

Opdrachtgever



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek
Berchemlei 115 2140 Borgerhout

Waterbouwkundig Laboratorium
Borgerhout

BIBLIOTHEEK



Inventarisatie voor de opmaak van laagwaterscenario's in het bekken van de Dender

Deelopdracht 1: Algemene Inventarisatie

Opdrachthouder



soresma

Britselei 23 bus 1 2000 Antwerpen
Tel: 03/221.55.00 fax: 03/221.55.01
e-mail : info@soresma.be



Eindrapport

Inventarisatie voor de opmaak van laagwaterscenario's in het bekken van de Dender

Deelopdracht 1 – Algemene Inventarisatie

Identificatienummer : 104736087/sve-dva

Datum	Status/beschrijving revisie	Paraaf
17-12-2002	Revisie 1	DVE
		SVE
		DVA

Opdrachtgever



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek
Berchemlei 115
2140 Borgerhout

Opdrachthouder



Inhoud

Inhoud	2
Lijst van Figuren	5
Lijst van Tabellen	10
Gebruikte afkortingen	13
1 Inleiding	14
2 Situering	15
3 Meetreeksen van waterstanden en debieten op de Dender	19
3.1 Inventarisatie beschikbare meetreeksen	19
3.2 Kwaliteitscontrole meetreeksen	22
3.2.1 Methodologie	22
3.2.2 Controle ontbrekende waarden en inventarisatie uitgevoerde werken	22
3.2.3 Controle consistentie	23
3.2.4 Akoestische debietmeter op de Dender te Dendermonde	23
3.2.5 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw te Denderbelle	24
3.2.6 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Aalst	25
3.2.7 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Teralfene	25
3.2.8 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Denderleeuw	26
3.2.9 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Pollare	26
3.2.10 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw te Idegem	26
3.2.11 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Geraardsbergen	27
3.2.12 Akoestische debietmeter op de Dender te Overboelare	27
3.2.13 Debietmeter op de Dender te Deux-Acren	28
3.3 Statistische analyse	29
3.3.1 Algemeen	29
3.3.2 Methodiek	29
3.3.2.1 Opmaak Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie	29
3.3.2.2 Kansverdelingen fitten o.b.v. de momentenmethode	30
3.3.2.3 Uitgebreide extreme waarden analyse	34
3.3.2.3.1 Selectie onafhankelijke waarden	34
3.3.2.3.2 Q-Q plots	35
3.3.2.3.3 Afleiden type verdeling en keuze drempel	35
3.3.2.3.4 Transformatie van 1/Q naar Q	35
3.3.2.3.5 Berekenen herhalingsperiode	36
3.3.2.4 Toepasbaarheid methodologie op waterpeilen	37
3.3.3 Afvoer op de Dender te Dendermonde	39
3.3.3.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode	39
3.3.3.2 Extreme waarden analyse	40
3.3.4 Waterpeil op de Dender te Denderbelle opwaarts stuw	44
3.3.4.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode	44
3.3.4.2 Extreme waarden analyse	45
3.3.5 Waterpeil op de Dender te Denderbelle Afwaarts stuw	49

3.3.5.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	49
3.3.5.2	Extreme waarden analyse.....	51
3.3.6	Waterpeil op de Dender te Aalst opwaarts stuw.....	55
3.3.6.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	55
3.3.6.2	Extreme waarden analyse.....	56
3.3.7	Waterpeil op de Dender te Aalst afwaarts stuw.....	57
3.3.7.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	57
3.3.7.2	Extreme waarden analyse.....	59
3.3.8	Waterpeil op de Dender te Teralfene opwaarts stuw.....	63
3.3.8.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	63
3.3.8.2	Extreme waarden analyse.....	65
3.3.9	Waterpeil op de Dender te Teralfene afwaarts stuw.....	66
3.3.9.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	66
3.3.9.2	Extreme waarden analyse.....	68
3.3.10	Waterpeil op de Dender te Pollare opwaarts stuw.....	69
3.3.10.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	69
3.3.10.2	Extreme waarden analyse.....	70
3.3.11	Waterpeil op de Dender te Pollare afwaarts stuw.....	71
3.3.11.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	71
3.3.11.2	Extreme waarden analyse.....	73
3.3.12	Waterpeil op de Dender te Idegem opwaarts stuw.....	74
3.3.12.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	74
3.3.12.2	Extreme waarden analyse.....	75
3.3.13	Waterpeil op de Dender te Idegem afwaarts stuw.....	76
3.3.13.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	76
3.3.13.2	Extreme waarden analyse.....	78
3.3.14	Waterpeil op de Dender te Geraardsbergen opwaarts stuw.....	79
3.3.14.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	79
3.3.14.2	Extreme waarden analyse.....	80
3.3.15	Waterpeil op de Dender te Geraardsbergen afwaarts stuw.....	81
3.3.15.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	81
3.3.15.2	Extreme waarden analyse.....	83
3.3.16	Afvoer op de Dender te Deux-Acren.....	84
3.3.16.1	Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode.....	84
3.3.16.2	Extreme waarden analyse.....	85
4	Captaties	88
4.1	Bevraging.....	88
4.2	Resultaten.....	88
4.3	Conclusie.....	91
5	Impact van de Scheepvaart	93
5.1	Gekanaliseerde Dender.....	93
5.2	Stuwen op de Dender.....	97
5.3	Scheepvaartbewegingen.....	98
5.4	Versast volume voor 2000.....	100
5.4.1	Vrachttransport.....	100
5.4.2	Pleziervaart.....	101
5.5	Lekverliezen.....	102
5.6	Kans op te lage waterstanden.....	104
5.7	Evolutie en planning op korte en lange termijn.....	110
6	Andere aspecten.....	111
6.1	Waterverbruik en –behoefte.....	111
6.1.1	Huishoudens.....	111

6.1.2	Landbouw	111
6.1.3	Industrie	113
6.1.4	Totaal.....	114
6.2	Waterproductie	116
6.2.1	Drinkwater	116
6.2.2	Grondwater	117
6.2.3	Oppervlaktewater.....	117
6.3	Afvalwater	118
6.3.1	RWZI's en KWZI's	118
6.3.2	Lozingspunten	118
6.3.3	Overstorten	119
6.3.4	Totale immissie in het oppervlaktewater.....	119
6.4	Hoogwater en wateroverlast	120
6.5	Watertekort en Verdroging.....	122
6.6	Pompgemalen.....	123
6.7	Inventarisatie van de meetnetten.....	125
6.7.1	Klimatologische Stations	125
6.7.1.1	Neerslag.....	125
6.7.1.2	Temperatuur.....	126
6.7.1.3	Evapotranspiratie	127
6.7.2	Hydrometrische stations	129
7	Referentielijst.....	130
	Bijlage A Afvoer- en peilmeetreeksen	132
	Bijlage B Controle meetreeksen	141
	Bijlage C Filterresultaten	145
	Bijlage D POT/MUT-selectie	148
	Bijlage E Schetsen van stuwen en sluizen (Callebaut, 2000)	153
	Bijlage F Bedieningsuren van de beweegbare kunstwerken.....	169
	Bijlage G Relevante lozingspunten (> 500 IE).....	171
	Bijlage H Vergunde grondwaterwinningen Klasse 1	174
	Bijlage I Overstorten in het bekken van de Dender	176
	Bijlage J Foto's	183
	Bijlage K Kaarten.....	194

Lijst van Figuren

Figuur 1 Histogram op de Dender te Dendermonde onder 8 m ³ /s	24
Figuur 2 Frequentiefuncties en dichtheidsfuncties (Uit: Ven Te Chow, 1999)	30
Figuur 3 Niveauverschil in waterpeil in het pand Denderbelle-Aalst	37
Figuur 4 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Dendermonde	39
Figuur 5 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Dendermonde	40
Figuur 6 Exponentiële Q-Q plot met betrouwbaarheidsintervallen voor de afvoermeetreeks op de Dender te Dendermonde	41
Figuur 7 Schatting optimale drempelwaarde waarboven verdeling fit voor de afvoermeetreeks op de Dender te Dendermonde	41
Figuur 8: Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Dendermonde	42
Figuur 9 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	44
Figuur 10 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	45
Figuur 11 Exponentiële Q-Q plot voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	46
Figuur 12 UH-schatter voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	46
Figuur 13 Hill-type regressie van de exponentiële verdeling voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	47
Figuur 14 Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	48
Figuur 15 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (Afwwaarts stuw)	49
Figuur 16 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (Afwwaarts stuw)	50
Figuur 17 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 4,13 mTAW op de Dender te Denderbelle (Afwwaarts stuw)	50
Figuur 18 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 4,13 mTAW op de Dender te Denderbelle (Afwwaarts stuw)	51
Figuur 19 Exponentiële Q-Q plot voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	52
Figuur 20 UH-schatter voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	52
Figuur 21 Hill-type regressie van de exponentiële verdeling voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	53
Figuur 22 Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	54
Figuur 23 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (opwaarts stuw)	55
Figuur 24 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (opwaarts stuw)	56
Figuur 25 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)	57
Figuur 26 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)	58

Figuur 27 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 4,13 mTAW op de Dender te Aalst (Afwarts stuw)	58
Figuur 28 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 4,13 mTAW op de Dender te Aalst (Afwarts stuw)	59
Figuur 29 Exponentiële Q-Q plot voor de waterpeilmmeetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)	60
Figuur 30 UH-schatter voor de waterpeilmmeetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw).....	60
Figuur 31 Hill-type regressie van de exponentiële verdeling voor de waterpeilmmeetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw).....	61
Figuur 32 Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Aalst (afwaarts stuw).....	62
Figuur 33 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)	63
Figuur 34 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)	64
Figuur 35 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 8,38 mTAW op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)	64
Figuur 36 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 8,38 mTAW op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)	65
Figuur 37 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw)	66
Figuur 38 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw)	67
Figuur 39 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 7,84 mTAW op de Dender te Teralfene (Afwarts stuw)	67
Figuur 40 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 7,84 mTAW op de Dender te Teralfene (Afwarts stuw).....	68
Figuur 41 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (opwaarts stuw)	69
Figuur 42 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (opwaarts stuw)	70
Figuur 43 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (afwaarts stuw)	71
Figuur 44 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (afwaarts stuw)	72
Figuur 45 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 10,55 mTAW op de Dender te Pollare (Afwarts stuw)	72
Figuur 46 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 10,55 mTAW op de Dender te Pollare (Afwarts stuw).....	73
Figuur 47 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (opwaarts stuw).....	74
Figuur 48 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (opwaarts stuw)	75
Figuur 49 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (afwaarts stuw).....	76
Figuur 50 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (afwaarts stuw)	77
Figuur 51 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 13 mTAW op de Dender te Idegem (Afwarts stuw)	77
Figuur 52 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 4,13 mTAW op de Dender te Idegem (Afwarts stuw).....	78
Figuur 53 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw)	79

Figuur 54 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw)	80
Figuur 55 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)	81
Figuur 56 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)	82
Figuur 57 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 15,34 mTAW op de Dender te Geraardsbergen (Afwaarts stuw)	82
Figuur 58 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 15,34 mTAW op de Dender te Geraardsbergen (Afwaarts stuw)	83
Figuur 59 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Deux-Acren	84
Figuur 60 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Deux-Acren	85
Figuur 61 Exponentiële Q-Q plot met betrouwbaarheidsintervallen voor de afvoermeetreeks op de Dender te Deux-Acren	86
Figuur 62 Schatting optimale drempelwaarde waarboven verdeling fit voor de afvoermeetreeks op de Dender te Deux-Acren	86
Figuur 63 Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Deux-Acren	87
Figuur 64 Lengteprofiel van de Dender (Ramon, 1968)	94
Figuur 65 Panden op de Dender (uit: vademecum-promotie binnenvaart Vlaanderen)	96
Figuur 66 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Dendermonde	105
Figuur 67 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Denderbelle	105
Figuur 68 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Aalst	106
Figuur 69 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Teralfene	106
Figuur 70 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Denderleeuw	107
Figuur 71 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Pollare	107
Figuur 72 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Idegem	108
Figuur 73 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Geraardsbergen	108
Figuur 74 Samenstelling van het verbruikte water door de landbouw (1998)	112
Figuur 75 Samenstelling van het verbruikte water door de industrie (1998)	114
Figuur 76 Samenstelling van het totaal verbruikte water over de periode 1991 tot 1998	116
Figuur 77 Aantal vergunde grondwateronttrekkingen, verdeeld per klasse (toestand oktober 2001)	117
Figuur 78 Vergund volume (m ³ /jaar) voor grondwater-onttrekkingen, verdeeld per klasse (toestand oktober 2001)	117
Figuur 79 Temporele relatie tussen AET (rt) en reële verdamping van het vrije wateroppervlak (et)	129
Figuur 80 Afvoermeetreeks (m ³ /s) op de Dender te Dendermonde	133
Figuur 81 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	133
Figuur 82 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	134
Figuur 83 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Aalst (opwaarts stuw)	134
Figuur 84 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)	135
Figuur 85 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)	135
Figuur 86 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw)	136
Figuur 87 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Denderleeuw (opwaarts stuw)	136
Figuur 88 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Denderleeuw (afwaarts stuw)	137
Figuur 89 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Pollare (opwaarts stuw)	137
Figuur 90 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Pollare (afwaarts stuw)	138
Figuur 91 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Idegem (opwaarts stuw)	138
Figuur 92 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Idegem (afwaarts stuw)	139
Figuur 93 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw) ...	139

Figuur 94 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)	140
Figuur 95 Afvoermeetreeks (m ³ /s) op de Dender te Deux-Acren.....	140
Figuur 96 Vergelijking waterpeilen tussen dendermonde en Geraardsbergen (afwaarts Aalst)	142
Figuur 97 Vergelijking waterpeilen tussen dendermonde en Geraardsbergen (opwaarts Aalst)	143
Figuur 98 Verschil in waterpeil tussen de AOSO en HIC-meetpunten in het pand Denderbelle-Aalst	144
Figuur 99 Filterresultaten voor de basisafvoer (m ³ /s) op de Dender te Dendermonde	146
Figuur 100 Filterresultaten voor de drie deelstromen op de Dender (m ³ /s) te Dendermonde	146
Figuur 101 Filterresultaten voor de basisafvoer (m ³ /s) op de Dender te Deux-Acren.....	147
Figuur 102 Filterresultaten voor de drie deelstromen op de Dender (m ³ /s) te Deux-Acren	147
Figuur 103 POT en MUT-selectie voor de afvoergegevens (m ³ /s) op de Dender te Dendermonde	149
Figuur 104 POT en MUT-selectie voor de waterpeilgegevens (mTAW) op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	149
Figuur 105 POT en MUT-selectie voor de waterpeilgegevens (mTAW) op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	150
Figuur 106 POT en MUT-selectie voor de waterpeilgegevens (mTAW) op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)	150
Figuur 107 POT en MUT-selectie voor de afvoergegevens (mTAW) op de Dender te Deux-Acren.....	151
Figuur 108 Details stuw te Dendermonde	154
Figuur 109 Bovenaanzicht sluis te Denderbelle	155
Figuur 110 Detail stuw te Denderbelle	156
Figuur 111 Bovenaanzicht sluis te Aalst	157
Figuur 112 Detail stuw te Aalst	158
Figuur 113 Bovenaanzicht sluis te Teralfene	159
Figuur 114 Detail stuw te Teralfene	160
Figuur 115 Bovenaanzicht sluis te Denderleeuw	161
Figuur 116 Detail stuw te Denderleeuw	162
Figuur 117 Bovenaanzicht sluis te Pollare	163
Figuur 118 Detail stuw te Pollare	164
Figuur 119 Bovenaanzicht sluis te Idegem	165
Figuur 120 Detail stuw te Idegem	166
Figuur 121 Bovenaanzicht sluis te Geraardsbergen	167
Figuur 122 Detail stuw te Geraardsbergen	168
Figuur 123 Sluis te Dendermonde	184
Figuur 124 Stuw te Dendermonde	184
Figuur 125 Sluis te Denderbelle	185
Figuur 126 Afwaartse sluisdeur te Denderbelle	185
Figuur 127 Stuw te Denderbelle.....	186
Figuur 128 Afwaartse sluisdeur te Aalst.....	186
Figuur 129 Sluis te Teralfene	187
Figuur 130 Stuw te Teralfene	187
Figuur 131 Sluis te Denderleeuw	188
Figuur 132 Afwaartse sluisdeur te Denderleeuw	188
Figuur 133 Stuwsluit te Pollare.....	189
Figuur 134 Afwaartse sluisdeur te Pollare	189
Figuur 135 Openen van sluisdeur te Pollare.....	190
Figuur 136 Sluis te Idegem	190
Figuur 137 Sluis te Geraardsbergen	191

Figuur 138 Grote Stuw te Geraardsbergen.....	191
Figuur 139 Kleine stuw te Geraardsbergen	192
Figuur 140 Opwaarste sluisdeur te Deux-Acren	192
Figuur 141 Akoestische debietmeter te Dendermonde.....	193
Figuur 142 Akoestische debietmeter te Overboelare.....	193

Lijst van Tabellen

Tabel 1 Waterlopen t.e.m. 2 ^{de} categorie in het bekken van de Dender	15
Tabel 2 Gemeenten in het stroomgebied van de Dender	17
Tabel 3 Overzicht beschikbare afvoer- en waterstandgegevens op de Dender	19
Tabel 4 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Dendermonde	39
Tabel 5 Afvoeren (m ³ /s) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Dendermonde	40
Tabel 6 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de hydrogramperiodes van de Dender te Dendermonde	40
Tabel 7 Herhalingsperiodes met hun corresponderende afvoeren op basis van de extreme waarden analyse van de afvoeren op de Dender te Dendermonde	42
Tabel 8 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	44
Tabel 9 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	45
Tabel 10 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de limnigramperiodes van de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	45
Tabel 11 Herhalingsperiodes met hun corresponderende waterpeilen op basis van de extreme waarden analyse van de waterpeilen op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)	47
Tabel 12 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	49
Tabel 13 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	51
Tabel 14 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de limnigramperiodes van de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	51
Tabel 15 Herhalingsperiodes met hun corresponderende waterpeilen op basis van de extreme waarden analyse van de waterpeilen op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)	53
Tabel 16 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Aalst (opwaarts stuw) (mTAW)	55
Tabel 17 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Aalst (opwaarts stuw)	56
Tabel 18 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Aalst (afwaarts stuw) (mTAW)	57
Tabel 19 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)	59
Tabel 20 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de limnigramperiodes van de Dender te Aalst (afwaarts stuw)	59
Tabel 21 Herhalingsperiodes met hun corresponderende waterpeilen op basis van de extreme waarden analyse van de waterpeilen op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)	61
Tabel 22 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw) (mTAW)	63
Tabel 23 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)	65
Tabel 24 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw) (mTAW)	66
Tabel 25 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw)	68

Tabel 26 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Pollare (opwaarts stuw) (mTAW).....	69
Tabel 27 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Pollare (opwaarts stuw)	70
Tabel 28 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Pollare (afwaarts stuw) (mTAW).....	71
Tabel 29 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Pollare (afwaarts stuw)	73
Tabel 30 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Idegem (opwaarts stuw) (mTAW).....	74
Tabel 31 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Idegem (opwaarts stuw)	75
Tabel 32 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Idegem (afwaarts stuw) (mTAW).....	76
Tabel 33 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Idegem (afwaarts stuw)	78
Tabel 34 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw) (mTAW).....	79
Tabel 35 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw)	80
Tabel 36 Onderschrijdingskans van de waterpeilen op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw) (mTAW).....	81
Tabel 37 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)	83
Tabel 38 Onderschrijdingskans van de afvoeren (m ³ /s) op de Dender te Deux-Acres.....	84
Tabel 39 Afvoeren (m ³ /s) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Deux-Acres	85
Tabel 40 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de hydrogramperiodes van de Dender te Deux-Acres.....	85
Tabel 41 Herhalingsperiodes met hun corresponderende afvoeren op basis van de extreme waarden analyse van de afvoeren op de Dender te Deux-Acres	87
Tabel 42 De vergunde watercapteerders langs de Dender	92
Tabel 43 Kenmerken van sluizen aanwezig op het Vlaamse deel van de Dender	93
Tabel 44 Dorpelpelen van de sluizen op het Vlaamse gedeelte van de Dender.....	93
Tabel 45 Verschillende panden op de Dender	94
Tabel 46 Geldende diepgang, vrije hoogte en klasse op de Dender	94
Tabel 47 Kenmerken van stuwen op het Vlaamse deel van de Dender	97
Tabel 48 Versast aantal vrachtschepen en vervoerde tonnen te Dendermonde (Callebaut, 2000)	98
Tabel 49 Versast aantal vrachtschepen en vervoerde tonnen te Geraardsbergen (Callebaut, 2000)	99
Tabel 50 Scheepvaartbewegingen door vrachtschepen aan de sluizen te Dendermonde, Denderbelle en Aalst gedurende het jaar 2000 (Degain, 2001)	99
Tabel 51 Scheepvaartbewegingen door pleziervaart aan de sluizen te Dendermonde, Aalst en Geraardsbergen gedurende het jaar 2000 (Degain, 2001).....	99
Tabel 52 Afmetingen van de sluizen op het Vlaamse deel van de Dender.....	100
Tabel 53 Versast volume door vrachtverkeer aan de sluizen op het Vlaamse deel van de Dender (2000)	101
Tabel 54 Versast volume door pleziervaart aan de sluizen te Geraardsbergen, Aalst en Dendermonde (2000).....	102
Tabel 55 Geschatte lekverliezen aan de sluizen langs de Dender (indicatieve waarden, relatief t.o.v. elkaar te interpreteren).....	104
Tabel 56 Overzicht van de baggerwerken in het Denderbekken	109

Tabel 57 Waterverbruik in het jaar 1998 (Denderbekken & Vlaanderen)	111
Tabel 58 Actief waterverbruik in het bekken van de Dender (1991)	113
Tabel 59 Passief waterverbruik in het bekken van de Dender (1991)	113
Tabel 60 Waterverbruik door industrie in het jaar 1991 tot 1998	114
Tabel 61 Totaal waterverbruik door de huishoudens, de landbouw en de industrie (1991 tot 1998)	115
Tabel 62 Samenstelling totaal waterverbruik (1991 tot 1998).....	115
Tabel 63 Bestaande en geplande KWZI 's en RWZI's in het bekken van de Dender.....	118
Tabel 64 KMI-neerslagstations in en rond het bekken van de Dender	125
Tabel 65 Thiessen coëfficiënten voor het bekken van de Dender	126
Tabel 66 Temperatuurstation in en rond het bekken van de Dender.....	127

Gebruikte afkortingen

AET	Actuele Evapotranspiratie
AMT	Afdeling Maritieme Toegang
AOSO	Administratie Ondersteunende Studies en Opdrachten
BWK	Biologische Waarderingskaart
ET	Evapotranspiratie
HIC	Hydrologisch Informatiecentrum
HCOV	Hydrologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen
IE	Inwoners Equivalent (150l/dag)
KMI	Koninklijk Meteorologisch instituut
KWZI	Kleinschalig Waterzuiveringsinstallatie
NOG	Van Nature Overstroombare Gebieden
PET	Potentiële Evapotranspiratie
ROG	Recent Overstroomde gebieden
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
TRP	Totaal Rioleringsplan
VIWC	Vlaams Integraal Wateroverleg Comité
VHA	Vlaamse Hydrografische Atlas
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij

1 Inleiding

De Administratie Waterwegen en Zeewezen is de uitvoerder van het strategisch project “Afstemmen van het waterpeilbeheer en het veiligheidsniveau van de zeekering op de principes van integraal waterbeheer en integraal kustzonebeheer”. Dit project past in de beleidsnota van minister Stevaert.

In dit strategisch project is eveneens een deelproject “zoetwaterbeheer tegen tekorten en tegen verdroging” vervat. Deze studie kadert in de uitwerking van dit deelproject. Het doel van het deelproject is het bepalen van maatregelen voor het waterpeilbeheer op de bevaarbare waterlopen om de beschikbare hoeveelheden zoetwater doelmatig te gebruiken en zo tegemoet te komen aan noden i.v.m. watertekorten en verdroging. In het deelproject worden problemen behandeld van watertekorten in de rivieren (oppervlaktewater) en in de omliggende valleigebieden. Hierbij wordt er een onderscheid gemaakt tussen effecten op langere termijn (vb. verdroging van natuurwaarden door een te laag waterpeil) en acute watertekorten (vb. onvoldoende diepgang voor de scheepvaart). Er wordt gezocht naar die maatregelen die de Administratie Waterwegen en Zeewezen als beheerder van de bevaarbare waterwegen en de kust kan uitvoeren door op een gefundeerde manier het waterpeilbeheer te voeren.

In deze studieopdracht “inventarisatie voor de opmaak van laagwatersscenario’s in het bekken van de Dender” worden de nodige gegevens verzameld die in een latere fase moeten toelaten om maatregelen tegen watertekorten en verdroging te bepalen. Deze opdracht bestaat uit 4 deelopdrachten:

1. Algemene inventarisatie
2. Opmaak van grondwaterstromingskaarten en kaarten met aanduiding van de kwel- en infiltratiegebieden
3. Opmaak van een waterbalans voor het bekken van de Dender
4. Uitvoeren van grondwaterpeilmetingen

In dit rapport worden de resultaten van deelopdracht 1 beschreven.

Deze deelopdracht omvat een uitgebreide (statistische) analyse van de waterpeil- en debietmeetreeksen, een beschrijving van de watercaptaties en de invloed van de scheepvaart op de Dender. In het kader van deze deelopdracht worden eveneens alle data verzameld die nodig zijn voor de opmaak van de waterbalans (deelopdracht 3).

2 Situering

Het stroomgebied van de Dender ligt zowel in Vlaanderen als in Wallonië, waar zich het bovenstrooms gebied bevindt.

Het Waalse gedeelte van het Denderbekken, maakt in principe geen deel uit van deze studie zodat het beschouwde gedeelte van de Dender zich situeert tussen de gewestgrens en Dendermonde.

De Dender wordt te Ath gevormd door de samenvloeiing van de Westelijke en Oostelijke Dender (40 mTAW). Deze laatste ontspringt ten noorden van Bergen (Erbfait) op een hoogte van 100 m, terwijl de Westelijke Dender op een hoogte van 60 à 70 m nabij Leuze-en-Hainnaut, ontspringt.

Van Ath stroomt de rivier over 65 km in noordelijke richting tot Dendermonde, waar deze snel stromende waterloop in de Schelde uitmondt. Op dit traject van de Dender zijn enkele belangrijke steden aanwezig zoals Geraardsbergen, Ninove en Aalst.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de waterlopen t.e.m. 2^{de} categorie die zich in het Vlaamse gedeelte van het Denderbekken bevinden. Uit deze tabel blijkt dat de Mark, Molenbeek (410/74001) en de Molenbeek (411/30000) de belangrijkste zijrivieren van de Dender zijn.

Tabel 1 Waterlopen t.e.m. 2^{de} categorie in het bekken van de Dender

Naam	VHA-nummer	Provinciaal nummer	categorie	Lengte (km)
Dender	410/12000		0	12,81
Arm Dender	410/61501		0	0,21
Dender	420/12000		0	2,26
Dender	423/12000		0	0,05
Schelde (Ringvaart)	484/00000		0	0,76
Rechtgetrokken Dender	484/51601		0	2,67
Schelde (Ringvaart)	810/00000		0	0,22
Totaal Bevaarbare Waterlopen				18,97
Mark	400/20000		1	5,54
Mark	401/20000		1	11,62
Mark	401/79001	O5125a	1	0,19
Molenbeek	410/74001	O5150	1	0,14
Molenbeek	411/30000	O5160	1	16,31
Totaal Waterlopen 1^{ste} categorie				33,81
Arebeek	400/48001		2	1,41
Bellebeek	400/35001		2	2,87
Berchembosbeek	421/86001	O5105	2	3,25
Beverbeek	401/69001		2	0,45
Borekensbeek	401/92001		2	1,94
Bosbroekbeek	401/58002		2	2,61
Broekbeek	411/42001	O5166	2	1,83
Dammersbeek	410/55001	O5189	2	5,13
De Rijt	420/58002	O5144	2	2,03
De Rijt	420/66001	O5137	2	1,48
Dommelbeek	423/35002	O5095	2	4,14
Gelebeek	410/31512	O5206	2	0,66
Grote Molenbeek	421/40001	O5112	2	1,74
Hernebeek	401/31001		2	4,11
Holbeek	431/52001	O5036	2	0,61

Naam	VHA-nummer	Provinciaal nummer	categorie	Lengte (km)
Hollebeek	401/56001		2	1,61
Kabbeek	420/47002	O5129	2	2,51
Kakebeek	411/65002	O5163	2	6,02
Kerlemeersbeek	422/86002		2	2,76
Klemhoutbeek	411/49002	O5165	2	2,51
Korte Lakebeek	410/35001	O5205	2	0,62
Larebeek	411/39001	O5167	2	1,74
Leibesbeek	401/62002		2	1,80
L'enfer Ceanebeek	400/34002		2	0,85
Moesbeek	410/31001	O5208	2	1,02
Molenbeek	410/39001	O5195	2	0,67
Molenbeek	410/41002	O5197	2	5,97
Molenbeek	420/33001	O5125	2	2,22
Molenbeek	421/46002	O5130	2	4,51
Molenbeek	423/33001	O5093	2	0,50
Molenbeek	423/61002	O5078	2	1,13
Molenbeek	431/21000	O5021	2	1,00
Mussenbeek	420/35002	O5131	2	1,68
Odra	400/32001		2	0,48
Okeibeek	422/88001		2	1,11
Oliemeersbeek	423/42002	O5094	2	0,95
Ophasseltbeek	411/45001	O5161	2	1,44
Oppembeek	420/59003	O5146	2	0,96
Oude Dender	423/50001	O5088	2	2,47
Oude Mark	401/80001		2	1,69
Parkbosbeek	411/67003	O5162	2	9,40
Prindaalbeek	421/74001	O5107	2	0,26
Ransbeek	420/39002	O5130	2	1,34
Remistebeek	411/34001	O5168	2	2,78
Rifrafbeek	400/55002		2	0,40
Riveau D'onscalle	400/41001		2	0,32
Scheibeek	400/66001		2	8,85
Schillebeeklokte	401/95002		2	1,68
Steenborrebeek	410/68002	O5185	2	1,14
Tembroekbeek	400/50002		2	1,70
Vagebeek	411/33001	O5169	2	0,45
Waterblokbeek	400/76002		2	0,82
Wijze Beek	401/87001		2	6,61
Wolfputbeek	421/30000	O5103	2	0,25
Zijam v 421/30000	421/61001	O5111	2	1,84
Waterloop zonder naam	401/74002		2	0,95
Waterloop zonder naam	401/82002		2	0,51
Waterloop zonder naam	401/91001		2	2,75
Waterloop zonder naam	410/34001	O5202	2	0,18
Waterloop zonder naam	410/37002	O5203	2	0,95
Waterloop zonder naam	410/56002	O5189a	2	0,12
Waterloop zonder naam	410/61002	O5189RQ	2	0,67
Waterloop zonder naam	410/62001	O5186	2	0,65
Waterloop zonder naam	410/70003	O5187	2	4,59
Waterloop zonder naam	410/75002	O5150a	2	3,45
Waterloop zonder naam	410/76003	O5150b	2	0,73
Waterloop zonder naam	411/81001	O5161a	2	0,26
Waterloop zonder naam	420/32001	O5153	2	0,93
Waterloop zonder naam	420/57512	B5133AB	2	1,41
Waterloop zonder naam	420/57513	B5133	2	3,28

Naam	VHA-nummer	Provinciaal nummer	categorie	Lengte (km)
Waterloop zonder naam	420/58513	O5144AB	2	1,31
Waterloop zonder naam	420/63003	O5142	2	1,64
Waterloop zonder naam	420/63003	O5145	2	5,02
Waterloop zonder naam	420/66512	O5137CBD	2	0,68
Waterloop zonder naam	420/67002	O5152	2	4,00
Waterloop zonder naam	420/68002	O5153	2	1,61
Waterloop zonder naam	420/74001	O5118	2	2,11
Waterloop zonder naam	420/75102	O5119	2	3,05
Waterloop zonder naam	421/63001	O5108	2	4,37
Waterloop zonder naam	423/44002	O5101	2	0,73
Waterloop zonder naam	423/45003	O5099	2	8,45
Waterloop zonder naam	423/63003	O5078a	2	1,08
Waterloop zonder naam	431/32001	O5043	2	0,80
Waterloop zonder naam	431/37001	O5041	2	0,13
Waterloop zonder naam	431/51001	O5038	2	0,94
Totaal Waterlopen 2^{de} categorie				177,67

In Tabel 2 worden de gemeenten aangegeven die volledig of gedeeltelijk in het Vlaamse gedeelte van het bekken van de Dender zijn gelegen. Per gemeente wordt de volledige oppervlakte aangegeven, alsook de oppervlakte van het gedeelte van de gemeente dat zich in het stroomgebied bevindt. Het aandeel van het gedeelte van de gemeente in het stroomgebied t.o.v. de volledige oppervlakte van die gemeente wordt eveneens vermeld. Tenslotte wordt het aandeel van de gemeente in het volledige stroomgebied aangegeven. Uit de tabel blijkt dat het Vlaams gedeelte van het bekken van de Dender hoofdzakelijk in de provincie Oost-Vlaanderen (62,6 %) gelegen is, terwijl de rest van het stroomgebied (37,4 %) zich over de provincie Vlaams-Brabant uitstrekt. De gemeentegrenzen worden op kaart 1 aangeduid.

Tabel 2 Gemeenten in het stroomgebied van de Dender

Naam	NIS-code	Oppervlakte gemeente (km ²)	Oppervlakte in stroomgebied (km ²)	Aandeel in totale oppervlakte (van gemeente)	Aandeel van de gemeente in stroomgebied	Provincie
Aalst	41002	78,58	78,36	99,7	11,1	Oost-Vlaanderen
Brakel	45059	114,10	17,46	15,3	2,5	Oost-Vlaanderen
Buggenhout	42004	51,25	4,07	7,9	0,6	Oost-Vlaanderen
Denderleeuw	41011	13,88	13,88	100,0	2,0	Oost-Vlaanderen
Dendermonde	42006	56,46	15,68	27,8	2,2	Oost-Vlaanderen
Erpe-Mere	41082	34,37	22,39	65,2	3,2	Oost-Vlaanderen
Geraardsbergen	41018	80,04	80,04	100,0	11,3	Oost-Vlaanderen
Haaltert	41024	30,55	30,55	100,0	4,3	Oost-Vlaanderen
Herzele	41027	95,71	32,75	34,2	4,6	Oost-Vlaanderen
Lebbeke	42011	27,36	26,32	96,2	3,7	Oost-Vlaanderen
Lede	41034	29,92	8,85	29,6	1,3	Oost-Vlaanderen
Lierde	45063	26,38	26,31	99,8	3,7	Oost-Vlaanderen
Ninove	41048	73,10	73,10	100,0	10,3	Oost-Vlaanderen
Wichelen	42026	23,21	0,73	3,1	0,1	Oost-Vlaanderen
Zottegem	41081	114,85	13,27	11,6	1,9	Oost-Vlaanderen
Totaal Oost-Vlaanderen			443,76	62,6 % van het stroomgebied		
Affligem	23105	17,99	17,99	100,0	2,5	Vlaams-Brabant
Asse	23002	50,23	18,97	37,8	2,7	Vlaams-Brabant
Bever	23009	19,22	19,20	99,9	2,7	Vlaams-Brabant

<i>Naam</i>	<i>NIS-code</i>	<i>Oppervlakte gemeente (km²)</i>	<i>Oppervlakte in stroomgebied (km²)</i>	<i>Aandeel in totale oppervlakte (van gemeente)</i>	<i>Aandeel van de gemeente in stroomgebied</i>	<i>Provincie</i>
Dilbeek	23016	124,36	22,23	17,9	3,1	Vlaams-Brabant
Galmaarden	23023	35,27	35,27	100,0	5,0	Vlaams-Brabant
Gooik	23024	80,51	26,47	32,9	3,7	Vlaams-Brabant
Herne	23032	44,73	41,54	92,9	5,9	Vlaams-Brabant
Lennik	23104	62,30	7,96	12,8	1,1	Vlaams-Brabant
Liedekerke	23044	10,09	10,09	100,0	1,4	Vlaams-Brabant
Merchtem	23052	36,92	3,22	8,7	0,5	Vlaams-Brabant
Opwijk	23060	39,89	12,26	30,7	1,7	Vlaams-Brabant
Pepingen	23064	35,98	3,41	9,5	0,5	Vlaams-Brabant
Roosdaal	23097	21,93	21,93	100,0	3,1	Vlaams-Brabant
Ternat	23086	24,68	24,68	100,0	3,5	Vlaams-Brabant
Totaal Vlaams-Brabant			265,22	37,4 % van het stroomgebied		

3 Meetreeksen van waterstanden en debieten op de Dender

3.1 Inventarisatie beschikbare meetreeksen

Alle beschikbare afvoer- en waterstandgegevens op het Vlaams gedeelte van de Dender worden weergegeven in Tabel 3. Naast de gegevensbron en de meetfrequentie wordt tevens de ontbrekende periode vermeld. De meetstations worden gelocaliseerd op kaart 7.

Tabel 3 Overzicht beschikbare afvoer- en waterstandgegevens op de Dender

Locatie	Meting	Gegevens		Bron	Meetfrequentie	Ontbrekende periode
		Van	Tot			
Dendermonde	Q	1/01/1993	25/06/2002	AMT	dag	25/05/2001-28/05/2001 20/12/2001-31/12/2001
Denderbelle opwaarts HIC: 26230111 AOSO: 04120900	H	1/01/1989	16/05/2002	HIC	dag	/
		23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/04/2001	22/05/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Denderbelle afwaarts HIC: 26270111 AOSO: 04121000	H	22/09/1988	16/05/2002	HIC	dag	23/2-23/3/1990 17/10-6/12/1990 11/6-29/6/1992 13/8-25/8/1992 1/1-1/2/1993 26/3/2000
		23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/04/2001	22/05/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Aalst opwaarts AOSO: 04110900	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/04/2001	22/05/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Aalst afwaarts HIC: 26370111 AOSO: 04111000	H	1/1/1988	02/06/2002	HIC	dag	2/6-20/6/1994 4/6-7/6/2000 10/6-25/6/2000 9/7-18/7/2000 22/11-27/12/2001
		23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/04/2001	23/05/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Terafene opwaarts	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel

3 Meetreeksen van waterstanden en debieten op de Dender

3.1 Inventarisatie beschikbare meetreeksen

Locatie	Meting	Gegevens		Bron	Meet-frequentie	Ontbrekende periode
		Van	Tot			
AOSO: 04100900		17/04/2001	22/05/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Teralfene afwaarts AOSO: 04101000	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/04/2001	22/05/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Denderleeuw opwaarts AOSO: 04090900	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
Denderleeuw afwaarts AOSO: 04091000	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
Pollare opwaarts AOSO: 04080900	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/4/2001	22/5/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Pollare afwaarts AOSO: 04081000	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/4/2001	22/5/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Idegem opwaarts AOSO: 04070900	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/4/2001	22/5/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Idegem afwaarts AOSO: 04071000	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/4/2001	22/5/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Geraardsbergen opwaarts AOSO: 04060900	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel
		17/4/2001	22/5/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Geraardsbergen	H	23/06/1996	7/10/1999	AOSO	dag	Veel

3 Meetreeksen van waterstanden en debieten op de Dender

3.1 Inventarisatie beschikbare meetreeksen

Locatie	Meting	Gegevens		Bron	Meet-frequentie	Ontbrekende periode
		Van	Tot			
afwaarts AOSO: 04061000		17/4/2001	22/5/2002	AOSO	uur	20/4-25/4/2001 19/6-21/8/2001 23/9-24/9/2001 21/11/2001 9/12-10/12/2001 18/4-16/5/2002
Overboelare HIC: 26880131	H	25/09/2001	16/05/2002	HIC	dag	11/1-12/1/2002
	Q	25/09/2001	9/03/2002	HIC	dag	11/1-13/1/2002 28/1-29/1/2002 9/2-10/2/2002
Deux-Acren	Q	1987	2000	SETHY	uur	/

* : Debietmeetstation te Deux-Acren situeert zich net opwaarts de Vlaams-Waalse grens, opwaarts de samenvloeiing van de Dender met de Mark.

Een voorwaarde om tot zinvolle statistische uitspraken te kunnen komen heeft betrekking op de lengte van de meetreeks. Het voorspellen van gebeurtenissen met een hoge herhalingsperiode heeft weinig zin indien de meetreeks kort is. In principe dienen de meetreeksen minstens een paar decennia lang te zijn wil men met enige zekerheid kunnen zeggen welke waterstanden of afvoeren overeenkomen met een herhalingsperiode van bv. 50 jaar. Daarom wordt er, conform het Bestek, gesteld dat er geen analyse zal uitgevoerd worden op meetreeksen, die korter zijn dan 5 jaar. De waterpeilm meetreeksen te Denderbelle (3 jaar) en de afvoerm meetreeks te Overboelare (<1 jaar) worden bijgevolg buiten beschouwing gelaten.

3.2 Kwaliteitscontrole meetreeksen

3.2.1 Methodologie

De kwaliteitscontrole heeft tot doel de beschikbare gegevens te valideren, en als dusdanig kwalitatieve en homogene meetreeksen te bekomen, die de basis vormen voor een adequate statistische analyse.

In eerste instantie zullen de ontbrekende waarden worden nagegaan. Ook de homogeniteit van de reeksen zal worden onderzocht. De homogeniteit kan in het gedrang komen indien meetstations verplaatst werden gedurende de meetperiode, of indien allerhande werken, die een invloed uitoefenen op het hydrologisch en hydraulisch regime, werden uitgevoerd. Indien heterogeniteit wordt vastgesteld wordt de meetreeks opgesplitst in onafhankelijke homogene reeksen. Verder zal ook de ruis worden weggewerkt en wordt er onderzocht of de verschillende meetreeksen consistent zijn.

De studie spitst zich toe op de laagwaterproblematiek. O.w.v. de trage recessie van de basisafvoer/peil volstaat het om met dagelijkse gegevens te werken. De meetreeksen met een uurlijkse meetfrequentie zullen omgezet worden naar dagelijkse gegevens, die het gemiddelde vormen van de dagelijkse.

Het valideren van de meetreeks valt eigenlijk uiteen in twee onderdelen:

- controle ontbrekende waarden:
 - voor korte perioden (tot 2 à 3 dagen) worden de ontbrekende waarden geïnterpoleerd tussen zijn naburige waarden (indien er geen neerslag gevallen is). Bij lagere afvoeren/waterpeilen is dit perfect te verantwoorden o.w.v. trage recessie van de basisafvoer. Voor hoge afvoeren geldt dit uiteraard niet altijd. Vermits men in deze studie enkel geïnteresseerd is in de laagste afvoeren/waterpeilen, kan men ook de hogere afvoeren interpoleren. Toch zal situatie per situatie bekeken worden of interpolatie mogelijk is. Indien dit niet het geval is, zal deze waarde buiten beschouwing worden gelaten.
 - voor langere perioden wordt het moeilijk de waarden te vervangen. Met deze periode wordt dan in principe geen rekening gehouden. Bij de selectie van de onafhankelijke minima (zie verder) wordt wel rekening gehouden met de totale onafhankelijke periode (waar de ontbrekende periode toe behoort), indien blijkt dat het minimum niet tot de ontbrekende periode kan behoren.
- wegwerken ruis:
 - verwijderen “sprongen”. Het is bekend dat er op de basisafvoer soms plotse en onnatuurlijke veranderingen in het waterpeil of debiet worden genoteerd, die niet het gevolg kunnen zijn van de neerslag. Het spreekt voor zich dat een neerwaartse sprong sterke gevolgen kan hebben op de resultaten van de statistische analyse. Deze foutieve waarden dienen verwijderd te worden. Deze sprong is meestal van korte duur zodat ze gemakkelijk kan verwijderd worden en vervangen door interpolatie tussen zijn naburige waarden.

3.2.2 Controle ontbrekende waarden en inventarisatie uitgevoerde werken

De ontbrekende waarden van de verschillende meetreeksen worden weergegeven in Tabel 3. Verder kan men stellen dat er gedurende de beschikbare meetperiode geen noemenswaardige werken uitgevoerd zijn, die een invloed kunnen uitoefenen op het hydraulisch regime van de waterloop. Voor een overzicht van de baggerwerken wordt er verwezen naar paragraaf “5.6 Kans op te lage waterstanden”.

3.2.3 Controle consistentie

In Figuur 96 en Figuur 97 van Bijlage B worden de dagelijkse waterpeilm meetreeksen van alle stations met elkaar vergeleken. Uit de figuren blijkt dat de waterstanden ter hoogte van de verschillende stuwen een gelijkmatig verloop kennen. De schommeling van de waterpeilen zijn het grootst ter hoogte van de meetstations, die zich in het opwaartse deel van de panden bevinden.

Wat opvalt uit de figuren is dat de verschillen in waterstanden binnen eenzelfde pand, d.i. opwaarts de afwaartse stuw en afwaarts de opwaartse stuw, vaak heel gering is. Dit komt vooral naar voor bij de lagere waterpeilen. In veel gevallen wordt er zelfs in het opwaartse deel van het pand een lager waterpeil genoteerd dan in het afwaartse deel van het pand. Dit is het geval voor de panden Denderbelle-Aalst, Teralfene-Denderleeuw, Denderleeuw-Pollare, en Pollare-Idegem.

Voor het pand tussen Denderbelle en Aalst kan men de vergelijking maken tussen de waarnemingen afkomstig van het HIC en die afkomstig van AOSO. De waterstanden worden nagenoeg op dezelfde locatie opgemeten. Figuur 98 in Bijlage B toont de verschillende opgetekende waterpeilen in het voorjaar van 1998 voor het betreffende pand. Deze figuur toont aan dat de AOSO en HIC meetpunten weinig met elkaar verschillen. Wel valt opnieuw de discrepantie op tussen de afwaartse en opwaartse waterstanden binnen het pand. Zo werd er eind februari 1998 afwaarts Aalst een waterpeil opgetekend dat tot 5 cm lager was dan het waterpeil opwaarts de stuw te Denderbelle. Dit heeft consequenties naar de statistische analyse toe. Zo zal het bijvoorbeeld niet mogelijk zijn om de afvoeren te berekenen, uitgaande van de waterpeilen binnen één pand (zie verder).

3.2.4 Akoestische debietmeter op de Dender te Dendermonde

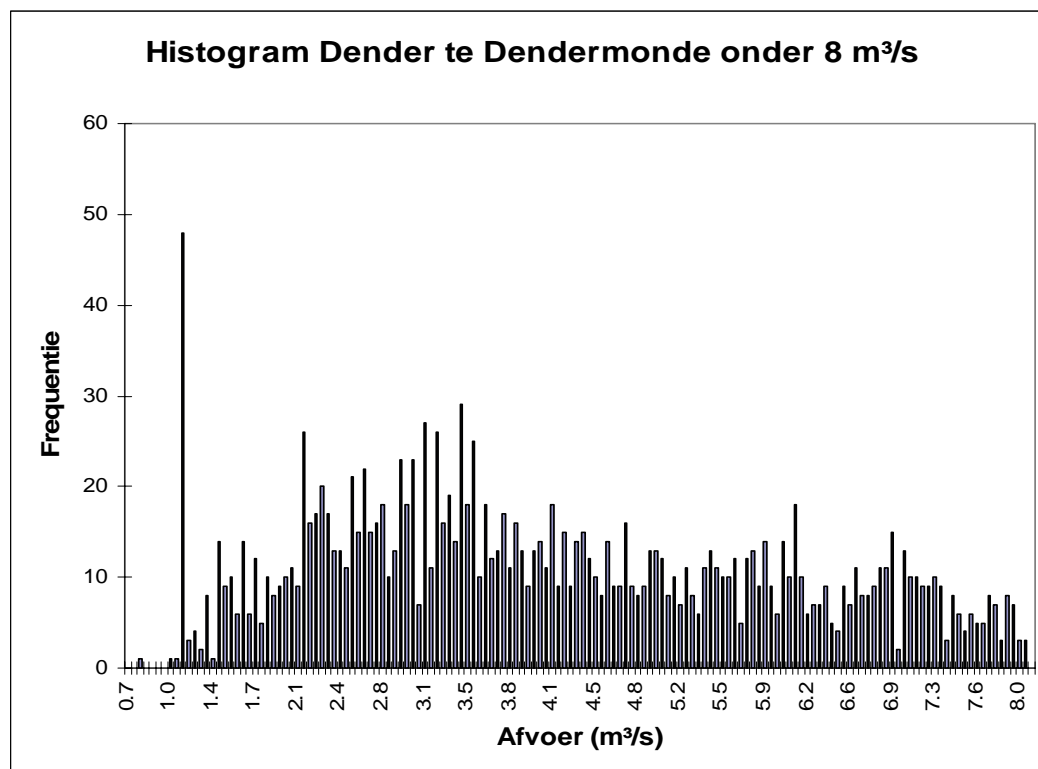
De afvoermeetreeks van de akoestische debietmeter (ADM) op de Dender te Dendermonde, opwaarts de stuw – en sluisconstructie wordt weergegeven in Figuur 80 van Bijlage A. Er zijn dagelijkse gegevens beschikbaar vanaf 1993 t.e.m. 25/05/2002.

De stuwregeling aan de stuwsluis in Dendermonde is vrij complex en afhankelijk van de afvoeren en waterpeilen te Aalst. Het normale streefpeil opwaarts de stuw bedraagt 3,82 mTAW. De stuw bestaat uit twee stuwelementen, die het waterpeil in de Dender en afvoer naar de Schelde volledig kunnen sturen. Het gemiddeld Zeescheldepeil varieert van 1,24 mTAW tot 5,20 mTAW. Wanneer het Zeescheldepeil hoger wordt dan het peil te Dendermonde is het regelingsregime zo ingesteld dat de twee stuwconstructies volledig toe zijn. Dit betekent dat het Denderwater wordt opgestuwd en niet in de Zeeschelde kan lozen. Dit kan gevolgen hebben ter hoogte van de ADM: bij opstuwing kan de ADM minder registreren dan in werkelijkheid zou zijn opgetreden.

Verder wordt er soms 's nachts Scheldewater ingelaten in de Dender. Dit gebeurt 2 à 3 maal per maand bij een lage tij golf. Op die manier wordt het pand gezuiverd van slib.

De ADM op de Dender te Dendermonde maakt gebruik van twee meetlijnen. Afhankelijk van de configuratie bedraagt de gemiddelde meetfout 2 tot 5 %. Echter, bij lage stroomsnelheden of aangetaste snelheidsprofielen, wordt de meetfout groter. De Dender wordt, in vergelijking met andere rivieren, gekenmerkt door lage stroomsnelheden (tussen 0,2 en 1,2 m/s). In principe worden sterk afwijkende signalen in de ADM geweerd. Toch wordt er vastgesteld dat de afvoermeetreeks te Dendermonde wordt bevolkt door een onnatuurlijk groot aantal afvoerwaarden van 1,1 m³/s. Dit wordt duidelijk geïllustreerd in Figuur 1. Deze figuur geeft de verdeling weer van de afvoeren met klassebreedte 0,05 m³/s onder 8 m³/s. Hieruit blijkt dat het debiet van 1,1 m³/s 47 keer voorkomt. Deze veelvoorkomende waarde is waarschijnlijk te wijten aan de beperkingen van de ADM, die snelheden onder een bepaalde drempel niet meer kan meten of foutief meet. Dit betekent dat afvoeren lager en gelijk aan 1,1 m³/s met de nodige omzichtigheid moeten benaderd worden. In de statistische analyse dient men hier dan ook

rekening mee te houden. Bij het fitten van de verdelingen onder $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ worden afwijkingen verwacht, omdat deze lage afvoeren waarschijnlijk geen weergave zijn van de werkelijk opgetreden afvoer. Om die reden wordt dan ook geen rekening gehouden met de onwaarschijnlijke afvoeren van $0 \text{ m}^3/\text{s}$ en $-0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, die respectievelijk optraden op 24/7/1996 en 17/7/1999.



Figuur 1 Histogram op de Dender te Dendermonde onder $8 \text{ m}^3/\text{s}$

3.2.5 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw te Denderbelle

De Waterpeilreeks op de Dender te Denderbelle, op- en afwaarts de stuw- en sluisconstructie, wordt weergegeven in Figuur 81 en Figuur 82 van Bijlage A. De stuwconstructie is 12,84 meter breed en het stuelelement bevat een met de hand bediende elektrische verticale schuif van 4,6 meter met bovenaan een wipschuif van 1,53 m voor de fijnregeling. De meetnauwkeurigheid bedraagt 1 cm.

Opwaarts stuw

Er zijn dagelijkse gegevens beschikbaar vanaf 1989 t.e.m. 16/5/2002, afkomstig van het HIC. De uurlijkse en dagelijkse gegevens afkomstig van AOSO zullen o.w.v. de korte lengte van de meetreeks en het groot aantal hiaten in de meetreeks niet verder gebruikt worden voor de statistische analyse.

De metingen worden beïnvloed door de stuw te Denderbelle, die een peil van 5,83 mTAW nastreeft.

Afwaarts stuw

Er zijn dagelijkse gegevens beschikbaar vanaf 22/9/1988 t.e.m. 16/5/2002, afkomstig van het HIC. De uurlijkse en dagelijkse gegevens afkomstig van AOSO zullen o.w.v. de korte lengte van de meetreeks en het groot aantal hiaten in de meetreeks niet verder gebruikt worden voor de statistische analyse.

De metingen worden beïnvloed door de stuw te Dendermonde, die een peil van 3,82 mTAW nastreeft.

3.2.6 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Aalst

Het stuwcomplex bevat twee doorstroomopeningen van respectievelijk 6,05 en 5,05 meter. De stuwen zijn voorzien van 16 verschuifbare balken met een vaste breedte van 0,25 meter. De overstortdrempel van de bovenste balk bedraagt 7,65 mTAW. Het normale peil ter hoogte van de stuwen bedraagt 7,61 mTAW. De meetreeksen worden respectievelijk voorgesteld in Figuur 83 en Figuur 84 van Bijlage A. De meetnauwkeurigheid bedraagt 1 cm.

Opwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit de figuur in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen opwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Aalst, die een peil van 7,61 mTAW nastreeft.

Afwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 1/1/1988 t.e.m. 02/06/2002, afkomstig van het HIC. De uurlijkse en dagelijkse gegevens afkomstig van AOSO zullen o.w.v. de lengte van en het groot aantal hiaten in de meetreeks niet verder gebruikt worden voor de statistische analyse.

De metingen afwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Denderbelle, die een normaal peil van 5,83 mTAW heeft.

3.2.7 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Teralfene

De Waterpeilreeks op de Dender te Teralfene, op- en afwaarts de stuw- en sluisconstructie, wordt weergegeven in respectievelijk Figuur 85 en Figuur 86 van Bijlage A. Het stuwcomplex bevat twee doorstroomopeningen van 5,19 meter. De stuwen zijn voorzien van 11 verschuifbare balken met een vaste breedte van 0,25 meter. De overstortdrempel van de bovenste balk bedraagt 8,30 mTAW. Het normale peil ter hoogte van de stuwen bedraagt 8,17 mTAW. De meetnauwkeurigheid bedraagt 1 cm.

Opwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit Figuur 85 in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen opwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Teralfene, die een peil van 8,17 mTAW nastreeft.

Afwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit Figuur 86 in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen afwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Aalst, die een normaal peil van 7,61 mTAW heeft.

3.2.8 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Denderleeuw

De waterpeilreeks op de Dender te Denderleeuw, op- en afwaarts de stuw- en sluisconstructie, wordt respectievelijk weergegeven in Figuur 87 en Figuur 88 van Bijlage A. Het stuwcomplex bevat twee doorstroomopeningen van respectievelijk 5,13 en 5,08 meter. De stuwen zijn voorzien van 18 verschuifbare balken met een vaste breedte van 0,25 meter. De overstortdrempel van de bovenste balk bedraagt 10,47 mTAW. Het normale peil ter hoogte van de stuwen bedraagt 10,37 mTAW. De meetnauwkeurigheid bedraagt 1 cm.

Er zijn minder dan 5 jaar gegevens beschikbaar. Deze reeks wordt dan ook niet nader toegelicht.

3.2.9 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Pollare

De Waterpeilreeks op de Dender te Pollare, op- en afwaarts de stuw – en sluisconstructie, wordt weergegeven in Figuur 89 en Figuur 90 van Bijlage A. Het stuwcomplex bevat twee doorstroomopeningen van respectievelijk 5,22 en 8,28 meter. De stuwen zijn voorzien van 18 verschuifbare balken met een vaste breedte van 0,25 meter. De overstortdrempel van de bovenste balk bedraagt 13,03 mTAW. Het normale peil ter hoogte van de stuwen bedraagt 12,88 mTAW. De meetnauwkeurigheid bedraagt 1 cm.

Opwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit de figuur in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen opwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Pollare, die een peil van 12,88 mTAW nastreeft.

Afwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit de figuur in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen afwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Denderleeuw, die een normaal peil van 10,37 mTAW heeft.

3.2.10 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw te Idegem

De Waterpeilreeks op de Dender te Idegem, op- en afwaarts de stuw – en sluisconstructie, wordt respectievelijk weergegeven in Figuur 91 en Figuur 92 van Bijlage A. De stuwconstructie bevat 2 doorstroomopeningen van respectievelijk 3,95 mTAW en 4,45 mTAW. De stuwen zijn elk voorzien van 5 verschuifbare balken. De onderste is 1,20 meter breed, de overige 0,70 meter. De bovenste balk reikt tot 15,59 mTAW. Het normale peil ter hoogte van de stuw bedraagt 15,23 mTAW. De meetnauwkeurigheid bedraagt 1 cm.

Opwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit de figuur in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen opwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Idegem, die een peil van 15,23 mTAW nastreeft.

Afwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit de figuur in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen afwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Pollare, die een normaal peil van 12,88 mTAW heeft.

3.2.11 Waterpeilen opwaarts en afwaarts stuw op de Dender te Geraardsbergen

De waterpeilreeks op de Dender te Geraardsbergen, op- en afwaarts de stuw – en sluisconstructie, wordt respectievelijk weergegeven in Figuur 93 en Figuur 94 van Bijlage A. Naast een sluis bevat het stuw/sluiscomplex twee stuwen. De grote stuw is 4,45 meter breed en is voorzien van 6 verschuifbare balken met een variabele breedte van 0,25 tot 0,97 meter. De overstortdrempel van de stuw bedraagt 17 mTAW. De kleine stuw bevat 4 doorstroomopeningen van respectievelijk 1,45 meter breedte. Elke opening is voorzien van 2 schoven. Het bovenste schof heeft een hoogte van 17,06 mTAW.

Het normale peil ter hoogte van de stuwen bedraagt 16,85 mTAW. De meetnauwkeurigheid bedraagt 1 cm.

Opwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit de figuur in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen opwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Geraardsbergen, die een peil van 16,85 mTAW nastreeft.

Afwaarts stuw

Er zijn dagelijkse peilgegevens beschikbaar vanaf 23/6/1996 t.e.m. 7/10/1999, en uurlijkse vanaf 17/4/2001 t.e.m. 22/5/2002.

Uit de figuur in Bijlage A blijkt dat de dagelijkse meetreeksen van een slechte kwaliteit zijn. Zo is de meetreeks met dagelijkse waarden 3,3 jaar lang. Indien men geen rekening houdt met de ontbrekende periodes houdt men slechts 3,0 jaar over.

De metingen afwaarts de stuw worden beïnvloed door de stuw te Idegem, die een normaal peil van 15,23 mTAW heeft.

3.2.12 Akoestische debietmeter op de Dender te Overboelare

Er zijn minder dan 5 jaar gegevens beschikbaar. Deze reeks wordt dan ook niet nader toegelicht.

3.2.13 Debietmeter op de Dender te Deux-Acres

De afvoermeetreeks op de Dender in Wallonië (Figuur 95 van Bijlage A) bevindt zich opwaarts de stuwsluis te Deux-Acres, opwaarts van de samenvloeiing van de Mark. Er zijn dagelijkse gegevens beschikbaar vanaf 1987 t.e.m. 2000.

De meetreeks bevat geen ontbrekende waarden. Gegevens over de stuwregeling aan de stuwsluis in Deux-Acres werden niet ter beschikking gesteld.

3.3 Statistische analyse

3.3.1 Algemeen

De statistische analyse heeft tot doel na te gaan hoe de afvoeren en waterpeilen in de Dender zich gedragen. De studie moet toelaten de kans van voorkomen te schatten van de extreem lage waterpeilen en afvoeren. De resultaten ervan vormen een adequaat hulpmiddel om laagwaterscenario's op een gefundeerde wijze af te bakenen en te analyseren.

3.3.2 Methodiek

3.3.2.1 Opmaak Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie

Een histogram geeft het aantal waarnemingen weer binnen een vooraf bepaalde klasse. Het geeft m.a.w. een indicatie van de spreiding van de voorkomende waarnemingen. Hiermee kan de relatieve en cumulatieve frequenties berekend worden. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 2. De relatieve frequentie wordt bekomen door het aantal waarnemingen binnen één klasse te delen door het totaal aantal waarnemingen. De relatieve frequentiefunctie wordt m.a.w. als volgt geformuleerd:

$$f_s(x_i) = n_i/n$$

met: n_i = het aantal waarnemingen in de klasse i
 n = totaal aantal waarnemingen

De cumulatieve frequentiecurve wordt dan:

$$F_s(x_i) = \sum_{j=1}^i f_s(x_j)$$

Vanuit de relatieve en cumulatieve frequentiecurve, die respectievelijk de kans weergeeft dat een bepaalde waarde wordt bereikt of onderschreden, kan men de transformatie maken naar de kansdichtheidsfunctie en de kansverdelingfunctie.

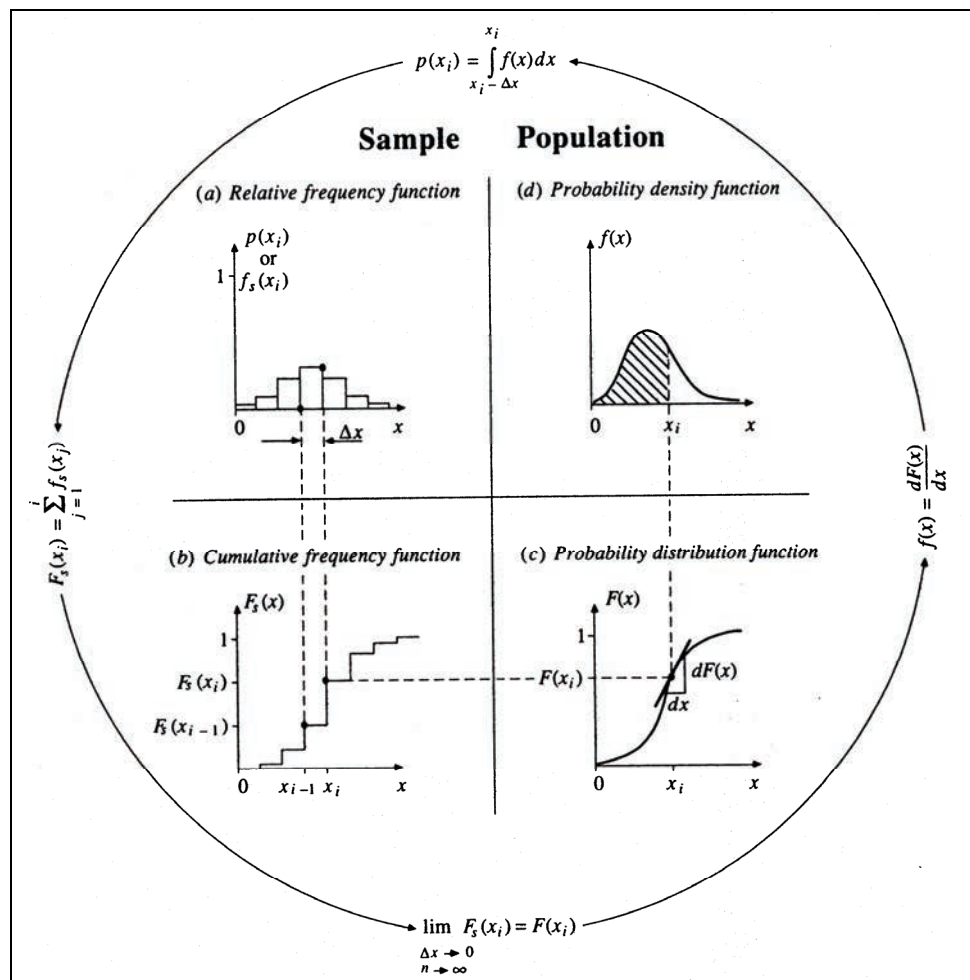
De kansdichtheidsfunctie wordt als volgt geformuleerd:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

met $F(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} F_s(x)$

Voor een gegeven waarde van x , $F(x)$ is de cumulatieve kans $P(X \leq x)$:

$$P(X \leq x) = F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du$$



Figuur 2 Frequentiefuncties en dichtheidsfuncties (Uit: Ven Te Chow, 1999)

Het aflijnen van de klassebreedte (x_{i-1}, x_i) vormt de eerste stap bij de opmaak van het histogram. Indien de klassebreedte te groot genomen wordt, worden er te weinig klassen geselecteerd om een representatief histogram te berekenen. Neemt men de klassebreedte te klein, bestaat het gevaar dat er te weinig waarden worden geselecteerd binnen de verschillende klassen.

Uit de cumulatieve kansverdelingsfunctie kunnen de percentieldebieten en percentielpeilen worden afgeleid. Percentieldebieten(peilen) geven de debieten(peilen) weer, die met een bepaalde kans (percentiel) worden over- of onderschreden.

3.3.2.2 Kansverdelingen fitten o.b.v. de momentenmethode

De Momentenmethode (MOM) is een techniek om schatters af te leiden van de parameters, gebaseerd op het laten overeenkomen van de populatiemomenten met de corresponderende verdelingsmomenten. Concreet betekent dit dat door het optimaal schatten van bepaalde parameters (gemiddelde, standaard deviatie,...) een verdeling kan worden afgeleid, die de cumulatieve frequentieverdeling het best benadert. Voor een gedetailleerde bespreking van de momentenmethode wordt er verwezen naar Ven Te Chow, 1999, p.363-365.

Door het laten overeenstemmen of fitten van een verdeling op de gekende kansverdelingsfunctie kan men nagaan hoe een bepaalde populatie zich gedraagt. Er zijn verschillende technieken om dit uit te voeren. Afhankelijk van de geselecteerde waarden binnen

de populatie (bv. minima) kan men a.d.h.v. afgeleide verdelingsfunctie voorspellingen doen naar de extreme waarden toe.

In deze studie zullen, voorafgaand aan de uitgebreide extreme waardenanalyse m.b.v. Q-Q plots (zie verder), verdelingen worden gefit op de cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige populatiedichtheid. Deze uitkomst geeft reeds een indicatie welke verdeling de volledige populatie volgt.

Volgende verdeling zullen worden onderzocht op hun degelijkheid:

- Normale verdeling;
- Lognormale verdeling;
- Exponentiële verdeling;
- Gamma verdeling;
- Extreme waarden verdeling Type I (Gumbel);
- Extreme waarden verdeling Type III (Weibull)

In wat volgt worden deze verdeling kort beschreven en wordt er toegelicht wat de beste schatters zijn van de momenten en hoe deze worden bekomen.

Normale verdeling

De normale verdeling is een symmetrische verdeling rond het gemiddelde. In het algemeen wordt de normale verdeling voor een variabele gebruikt, als:

- Er een sterke neiging is van de variabele om een centrale waarde aan te nemen;
- Positieve en negatieve afwijking rond de centrale waarde nagenoeg gelijk zijn;
- De kans van de afwijkingen snel kleiner wordt als de afwijkingen grote worden.

Uit bovenstaande kan men verwachten dat de waterpeilen op de waterlopen waar een constant waterpeil wordt nagestreefd, zoals op de Dender, mogelijk een normale verdeling zullen volgen.

De kansdichtheidsfunctie van de normale verdeling wordt gegeven door:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

met: μ : gemiddelde van de verdelingsfunctie
 σ : standaardafwijking van de verdelingsfunctie

De beste schatters met de momentenmethode zijn:

$$\mu = \bar{x}$$
$$\sigma = S_x$$

met \bar{x} : gemiddelde van de populatie
 S_x : standaarddeviatie van de populatie

Lognormale verdeling

Als x een grootte is van de normale verdeling, dan is $y=e^x$ een grootte van de lognormale verdeling.

De kansdichtheidsfunctie van de lognormale verdeling wordt dan gegeven door:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad x > 0$$

met: μ : gemiddelde van de verdelingsfunctie
 σ : standaardafwijking van de verdelingsfunctie

De beste schatters met de momentenmethode zijn:

$$\mu = \bar{y}$$

$$\sigma = s_y$$

met \bar{y} : gemiddelde van de populatie
 s_y : standaarddeviatie van de populatie

Exponentiële verdeling

De kansdichtheidsfunctie van de exponentiële verdeling wordt gegeven door:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

met: λ : exponentiële functieparameter

De beste schatters met de momentenmethode zijn:

$$\lambda = 1/\bar{x}$$

Gamma verdeling

Waar de exponentiële verdeling maar één parameter heeft, heeft de gamma verdeling er twee, α en β . Op die manier kan een grote variëteit aan vormen van kansdichtheidsfuncties worden gegenereerd. De gammaverdeling is eigenlijk een uitbreiding van de exponentiële verdeling met $\alpha = \lambda$ en $\beta = 1$.

De kansdichtheidsfunctie van de gamma-verdeling is:

$$f(x) = \frac{\alpha^\beta x^{\beta-1}}{\Gamma(\beta)} e^{-\alpha x} \quad x > 0$$

met: Γ : Gamma functie
 α : schaalparameter
 β : vormparameter

De beste schatters met de momentenmethode zijn:

$$\alpha = \bar{x} / s_x^2$$

$$\beta = \left(\frac{(\bar{x})^2}{s_x^2} \right)$$

met \bar{x} : gemiddelde van de populatie
 s_x : standaarddeviatie van de populatie

Extreme waarden verdeling

De extreme waarden verdeling wordt vaak gebruikt om extreme gebeurtenissen te modelleren. Er zijn drie soorten van extreme waarden verdelingen, zogenaamd Type I (EVI), Type II (EVII), Type III (EVIII) (ook GEV-verdelingen genoemd). De geldigheid van deze verdelingen vereist dat gewerkt wordt met de maximale waarde van een groot aantal waarden uit een zelfde populatie.

De EVI verdeling wordt ook wel de Gumbelverdeling genoemd, de EVII de Fréchetverdeling, en EVIII de Weibull verdeling.

Extreme waarden Type I verdeling of Gumbell verdeling

De kansdichtheidsfunctie van de EVI-verdeling is:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha}\right)\right) \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

met: μ : locatieparameter
 α : schaalparameter

De beste schatters met de momentenmethode zijn:

$$\mu = \sqrt{6} s_x$$
$$\alpha = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

met \bar{x} : gemiddelde van de populatie
 s_x : standaarddeviatie van de populatie

Extreme waarden Type III verdeling of Weibull verdeling

De kansdichtheidsfunctie van de 2 parameter Weibull-verdeling is:

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

met: α : schaalparameter
 β : vormparameter

Indien $\alpha=1$ en $\beta=1$ wordt de Weibull verdeling gereduceerd tot een exponentiële verdeling. Vaak wordt in de literatuur een Weibull verdeling gebruikt voor het inschatten van de extreme laagwaterafvoeren.

Het gemiddelde en de variantie van de verdeling wordt bepaald door de gamma functie. Via een iteratief proces kan dan de optimale schatters worden berekend.

Keuze drempel waaronder bepaalde verdeling fit

Het kiezen van een verdeling is belangrijk bij de extreme waardenanalyse. Want het is in het staartgedrag (meest extreme afvoeren en waterpeilen) dat de verschillende verdelingen van elkaar zullen verschillen.

Met de momentenmethode wordt een indicatie gegeven van welke verdeling of soort verdeling de beste fit teweegbrengt, m.a.w. welke verdeling de meest representatieve schatting heeft voor de extreme afvoeren en waterpeilen.

Indien blijkt dat met de volledige populatie geen goede fit wordt gerealiseerd, kan men gebruik maken van een bepaalde drempel waaronder de verdeling wordt gefit. Deze drempel wordt gelijkgesteld aan het gemiddelde van alle meetwaarden in de meetreeks.

Berekenen van de herhalingsperiode op basis van de momentenmethode

Aan de hand van de best passende verdeling kan in principe de herhalingsperiode van de laagwaterafvoeren en laagwaterpeilen geschat worden. De herhalingsperiode is een maat voor de kans van voorkomen van een bepaald fenomeen.

Het berekenen van de herhalingsperiode op basis van de volledige populatiedichtheid dient met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. Eigenlijk heeft de berekening van de herhalingsperiode - bij het niet toepassen van een onafhankelijkheids criterium - weinig zin. Het gevaar bestaat dat het basisprincipe van onafhankelijkheid niet meer wordt gehaald. Stel bijvoorbeeld dat er een periode van extreem laag water voorkomt die zich uitstrekt over 10

opeenvolgende dagen. En stel dat deze extreem lage periode zich slechts 1 keer voordoet gedurende 10 jaar, dan is de terugkeerperiode in feite 10 jaar, terwijl $10/10 = 1$ jaar wordt berekend op basis van de volledige populatie. Dit heeft tot gevolg dat de herhalingsperiodes voor een bepaalde waarde zullen worden onderschat.

Verder heeft het schatten van parameters via de momentenmethode, of 'maximum likelihood' methode enkele belangrijke nadelen t.o.v. de uitgebreide extreme waarden analyse (zie verder). Ondanks het feit dat er een goede fit wordt bekomen kan de extrapolatie voor de meest extreme waarden een grote vertekening teweegbrengen. De meest extreme gebeurtenissen kunnen dan worden onderschat of overschat.

Toch zal voor enkele karakteristieke herhalingsperiodes (5, 10, 25, 50, en 100 jaar) het waterpeil berekend en getabelleerd worden. Deze zijn louter illustratief en geven slechts een indicatie van de corresponderende waterpeilen en afvoeren. Herhalingsperiodes, afgeleid op basis van de uitgebreide onafhankelijke extreme waarden analyse, zijn een betere weergave van de werkelijkheid.

3.3.2.3 *Uitgebreide extreme waarden analyse*

Voor de extreme waarden analyse zal vertrokken worden vanuit de Algemene Methodologie, die door de KULeuven is opgesteld ("*Algemene methodologie voor het modelleren van de waterafvoer in bevaarbare waterlopen in Vlaanderen, 2000*"). Deze methode voor het inschatten van de kans op voorkomen van extreme rivier toestanden is echter gericht op de hoogwaterafvoeren. Essentiële aanpassingen zullen dan ook noodzakelijk zijn, zodoende de Algemene Methodologie toepasbaar te maken op de analyse van de minimale afvoeren en op waterpeilen.

In wat volgt zal nagegaan worden of de Algemene Methodologie, opgesteld voor hoge afvoeren, ook geldt voor lage afvoeren en waterpeilen. Op basis van deze analyse zal er een aanpak voorgesteld worden, die zal aanleunen bij de algemene principes van de Algemene Methodologie, doch waarvan de wiskundige en statistische fundamenteën zijn afgestemd op de huidige probleemstelling. De aanpak is gebaseerd op een nota m.b.t. 'laagwater extreme-waarden-analyse', opgesteld door de KULeuven op 30/08/2002 op bestelling van Soresma. De nota is gebaseerd op de tussentijdse bevindingen van de lopende studie 'Opstellen van een methodologie voor de opmaak van laagwaterstrategieën voor de bevaarbare waterwegen in Vlaanderen' voor AWZ-Waterbouwkundig Laboratorium.

De Algemene Methodologie voor hoogwaterafvoeren zelf zal slechts summier toegelicht worden. Voor een gedetailleerde bespreking van de Algemene Methodologie wordt er verwezen naar "*Algemene methodologie voor het modelleren van de waterafvoer in bevaarbare waterlopen in Vlaanderen, 2000*".

3.3.2.3.1 Selectie onafhankelijke waarden

De extreme waardenanalyse dient gebruik te maken van de onafhankelijke minimumwaarden. De selectie van de onafhankelijke minima is gebaseerd op de Peak Over Threshold (POT)-analyse, die de onafhankelijke piekafvoeren selecteren. Het afleiden van het onafhankelijke minimum (MUT: Minimum Under Threshold) gebeurt door het minimum tussen de twee onafhankelijke POT-waarden te bepalen. Vermits de geselecteerde maxima onafhankelijk zijn, kan men stellen dat het minimum (MUT) tussen deze twee maxima ook onafhankelijk zal zijn.

Om de POT-waarden te bepalen wordt gebruik gemaakt van een numeriek algoritme, door de KULeuven aangereikt. Dit programma maakt gebruik van de recessie constante van de oppervlakkig afstroming, een drempelwaarde en een minimale periode, die nodig is om de afvoer na het einde van de regenbui te doen dalen tot een aantal procent (linm-verhouding) van zijn maximale waarde. Om de onafhankelijke minima te bepalen wordt hetzelfde algoritme gebruikt. Alleen maakt men geen gebruik van de recessieconstante van de oppervlakkige

afvoer, maar van de recessieconstante van de hypodermische afstroming en de basisafvoer. De recessieconstante van deze deelstromen van de totale afvoer wordt bepaald m.b.v een filterprocedure, waarvan het algoritme door de KULeuven is opgesteld. Het algoritme filtert de totale afvoer in drie componenten: basisafvoer, oppervlakkige afvoer en hypodermische afstroming.

Eigenlijk dient de recessieconstante van de basisafvoer als scheidingscriterium voor de selectie van de MUT-waarden. De grootte van de recessieconstante van de basisafvoer (bv. 100 dagen) kan ertoe leiden dat er weinig POT-waarden zullen geselecteerd worden, wat de extreme waarden analyse van kortere meetreeksen, zoals op de Dender, bemoeilijkt. Er wordt daarom voor een minder streng criterium gekozen, door een kleinere recessieconstante te hanteren. Deze waarde bevindt zich tussen de recessieconstante van de hypodermische afstroming en de recessieconstante van de basisafvoer. De waarde mag zeker niet kleiner worden dan de som van de oppervlakkige en de hypodermische afstroming. De basisafvoer vangt immers aan nadat de hypodermische afstroming is beëindigd.

3.3.2.3.2 Q-Q plots

Een QQ-plot (Quantile-Quantile-plot) is een diagram waar empirische kwantielijntjes worden uitgezet tegenover theoretische. In dit onderdeel van de studie zullen, conform de Algemene Methodologie, drie verdelingsfuncties nader onderzocht worden:

- Exponentiële verdeling;
- Pareto verdeling;
- Weibull verdeling.

Bij het rangschikken van de MUT-waarden in de Q-Q plot stelt er zich een probleem. In tegenstelling tot de hoogwaterafvoeren, die onbegrensd zijn, zijn de laagwaterafvoeren en de laagwaterpeilen begrensd naar beneden toe. De verschillende verdelingsfuncties zijn echter onbegrensd (limietwaarde van de maxima of minima moet oneindig zijn), zowel naar boven als naar beneden toe. Dit betekent dat het niet mogelijk is om de te onderzoeken verdelingen te fitten op de geselecteerde onafhankelijk minima, en dat ook geen Q-Q plot kan gegenereerd worden.

Het probleem van de ondergrens van de MUT-waarden kan omzeild worden door de transformatie van MUT naar $1/MUT$ door te voeren. Door het omgekeerde van de geselecteerde minima te berekenen ($1/MUT$) worden de getransformeerde waarden onbegrensd. De ondergrens van $0 \text{ m}^3/\text{s}$ bij de MUT-waarden wordt nu een bovengrens van $+\infty$ bij $1/MUT$.

Om de grafische interpreteerbaarheid van de grafiek van te vergemakkelijken worden de $1/MUT$ -waarden van groot naar klein gesorteerd.

3.3.2.3.3 Afleiden type verdeling en keuze drempel

Het afleiden van de typeverdeling voor $1/MUT$ is afhankelijk van de extreme waarden index en de keuze van de drempel waaronder de verdeling opgaat. De theorie hieromtrent is analoog aan de Algemene Methodologie voor hoogwaterafvoeren.

3.3.2.3.4 Transformatie van $1/Q$ naar Q

Vanuit de verdelingsfunctie van $1/Q$ (of $1/H$) kunnen er nog geen uitspraken gedaan worden naar de kans op voorkomen van extreme riviertoestanden Q (of H). Hiervoor dient de oorspronkelijke transformatie teniet worden gedaan door opnieuw een transformatie uit te voeren van $1/Q$ naar Q .

Uit de literatuur blijkt dat een 1/Q-transformatie naar Q van zowel een Exponentiële verdeling als een Weibull verdeling resulteren in een Fréchet verdeling. De Fréchet-verdeling (ook wel extreme waarden verdeling typell genoemd) wordt als volgt geformuleerd:

$$G(x) = P[X \leq x] = \exp\left(-\frac{x^{-\tau}}{\beta}\right)$$

Stel een gegeven aantal onafhankelijke laagwaterdebieten X waarvoor een transformatie $Y = 1/X$ wordt doorgevoerd. Indien Y een exponentiële verdeling volgt dan geldt:

$$G(y) = P[Y \leq y] = 1 - \exp\left(-\frac{y - y_t}{\beta}\right)$$

$$P[X \leq x] = P[Y \geq y] = 1 - P[Y \leq y] = \exp\left(-\frac{y - y_t}{\beta}\right) = \exp\left(-\frac{x^{-1} - x_t^{-1}}{\beta}\right)$$

$$G(x) = P[X \leq x] = \exp\left(-\frac{x^{-1} - x_t^{-1}}{\beta}\right) = \exp\left(-\frac{x^{-1}}{\beta}\right) \exp\left(\frac{x_t^{-1}}{\beta}\right)$$

of niet-conditioneel voor debieten kleiner dan x_t :

$$G(x) = P[X \leq x | X \leq x_t] = \exp\left(-\frac{x^{-1}}{\beta}\right)$$

Deze laatste uitdrukking is de definitie van een Fréchet-verdeling voor $\tau=1$.

Indien Y nu een Weibull verdeling volgt dan geldt:

$$G(y) = P[Y \leq y] = 1 - \exp\left(-\frac{y^\tau}{\beta}\right) \quad \text{met} \quad \beta = \frac{x_t^\tau}{c}$$

$$G(x) = P[X \leq x] = \exp\left(-\frac{x^{-\tau}}{\beta}\right)$$

Deze uitdrukking is tevens de definitie van een Fréchet-verdeling.

De omgekeerde transformatie van een Pareto-verdeling blijkt als verdeling voor minima in de wereld niet frequent voor te komen. Deze verdeling zal dan ook niet verder behandeld worden.

Het transformeren van 1/Q naar Q impliceert dat de overschrijdingskans nu een onderschrijdingskans wordt.

3.3.2.3.5 Berekenen herhalingsperiode

De berekening van de herhalingsperiode (voor t beschouwde minima onder de drempel x_t in n jaren; $G(x)$ staat bij minima in de noemer i.p.v. $1-G(x)$) gebeurt als volgt:

Na transformatie van een exponentiële naar een Fréchet verdeling geldt:

$$T[\text{aantal jaren}] = \frac{n}{t} \frac{1}{G(x)} = \frac{n}{m \exp\left(\frac{x_t^{-1}}{\beta}\right)} \frac{1}{\exp\left(-\frac{x^{-1}}{\beta}\right)}$$

Na transformatie van een Weibull naar een Fréchet verdeling geldt:

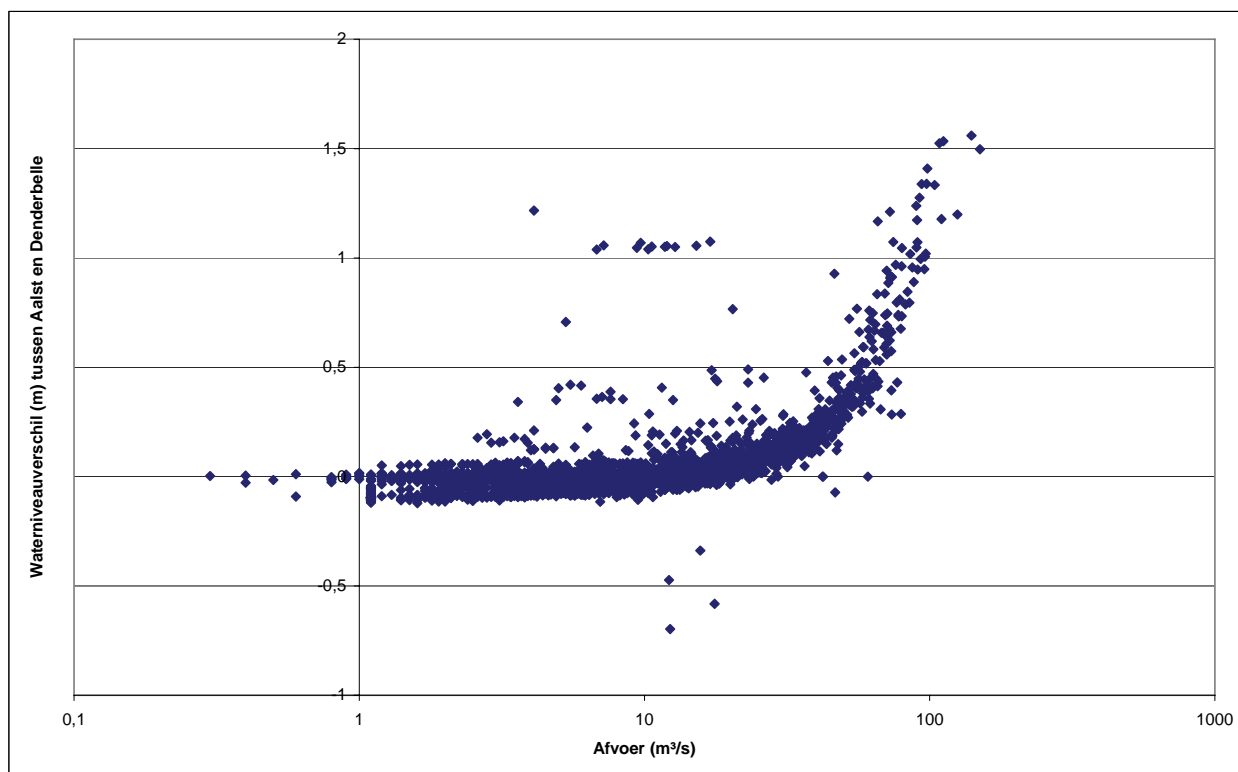
$$T[\text{aantal jaren}] = \frac{n}{t} \frac{1}{1 - G(x)} = \frac{n}{m \exp\left(\frac{x^{-\tau}}{\beta}\right)} \frac{1}{\exp\left(\frac{x^{-\tau}}{\beta}\right)}$$

3.3.2.4 Toepasbaarheid methodologie op waterpeilen

De waterpeilen dienen met de nodige omzichtigheid benaderd te worden. Men kan zich de vraag stellen of bovenstaande analyse op extreme laagwaterafvoeren ook opgaat voor extreme laagwaterpeilen. Een basisvoorwaarde om statistische analyses te kunnen uitvoeren is de onafhankelijkheid van de geselecteerde waarden. Bij de waterpeilen op de Dender, die worden gestuurd door de verschillende stuwregimes, is de onafhankelijkheid van de extreme waarden niet meer gewaarborgd. In eerste instantie lijkt het dan ook niet mogelijk een onafhankelijkheids criterium voorop te stellen voor de waterpeilen.

De mogelijkheid bestaat om de waterpeilen om te zetten naar debieten, en de analyse op de onafhankelijke waterafvoeren door te voeren. De omzetting kan o.a. gebeuren op basis van de waterpeilen opwaarts en afwaarts de stuw, en de ijningskromme van de stuw zelf. Vermits er geen ijningskrommes aanwezig zijn, is dit niet mogelijk.

Een tweede mogelijkheid is uit de opwaartse en afwaartse waterpeilen binnen één pand de verhanglijn te berekenen. De debieten worden afgeleid door de verhanglijn te fitten op deze waterpeilen. Op de berekende debieten zou dan de hierboven beschreven extreme waarden analyse kunnen worden toegepast. Hiervoor komt slechts één pand in aanmerking, nl. dat van Denderbelle-Aalst. De waterpeilm meetreeksen in het pand zijn kwalitatief goed en voldoende lang. Echter, uit hoofdstuk 3.2.3 blijkt dat ook deze analyse geen zin heeft. De opwaartse waterpeilen in het pand zijn immers vaak lager dan de afwaartse peilen. Dit wordt nog eens extra verduidelijkt a.d.h.v. Figuur 3, die de niveauverschillen in waterpeil tussen op de Dender tussen Denderbelle en Aalst. Deze figuur toont aan dat het berekenen van de verhanglijn geen zin heeft.



Figuur 3 Niveaueverschil in waterpeil in het pand Denderbelle-Aalst

Omdat de omzetting van waterpeilen naar afvoeren weinig oplevert, is toch gepoogd om rechtstreeks een analyse te doen op de waterpeilen. Men gaat er dan vanuit gegaan dat de waterpeilen schijnbaar onafhankelijk zijn, wat in werkelijkheid niet het geval is. Door de schijnbare onafhankelijkheid aan te nemen kan men stellen dat de waterhoogtevariëaties verlopen volgens een vast patroon. Afwaarts van de stuwen zullen de waterhoogten immers stijgen of dalen volgens het debiet. M.a.w. afwaarts van de stuwen is het immers vooral de afhankelijkheid met het debiet (via de verhanglijn), die het vast patroon bepaalt.

Verder gebeurt het stuwregelingsregime gebeurt volgens een vast patroon. De stuwwachter zal bijvoorbeeld een schotbalk enkel neerlaten of optrekken nadat een bepaald waterpeil is overschreden of onderschreden. Zo zullen ook de waterpeilen opwaarts van de stuwen een min of meer vast patroon vertonen.

Uitgaande van de schijnbare onafhankelijkheid van de waterpeilen kan de extreme waarden analyse worden toegepast. Dit gebeurt volledig gelijklopend met de analyse op de afvoeren. Het filteren van de deelstromen is hier uiteraard niet mogelijk. Daarom wordt dezelfde recessieconstante gehanteerd als deze van de dichtstbijzijnde limnigraaf. Met de limn-verhouding wordt geen rekening gehouden ($limn=1$) en de drempelwaarde wordt zodanig aangepast, dat er een voldoende aantal POTen MUT-waarden worden geselecteerd. Op de getransformeerde ($1/MUT$) waarden wordt dan de extreme waarden analyse uitgevoerd.

3.3.3 Afvoer op de Dender te Dendermonde

3.3.3.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

Volledige meetreeks

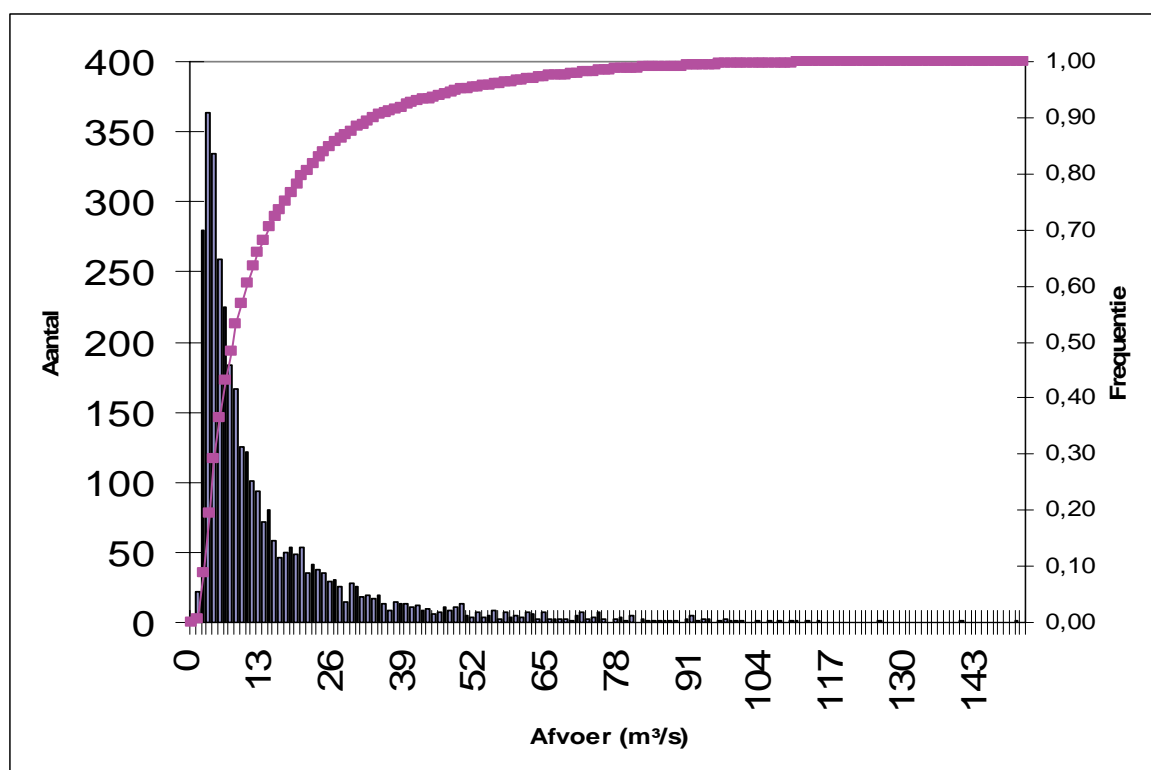
In Figuur 4 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 1 m³/s genomen. Zoals eerder aangehaald (zie Hoofdstuk 3.2.4) dient men de afvoeren kleiner en gelijk aan 1,1 m³/s met de nodige omzichtigheid benaderen.

De onderschrijdingskansen (percentieldebieten) van de debieten worden weergegeven in Tabel 4.

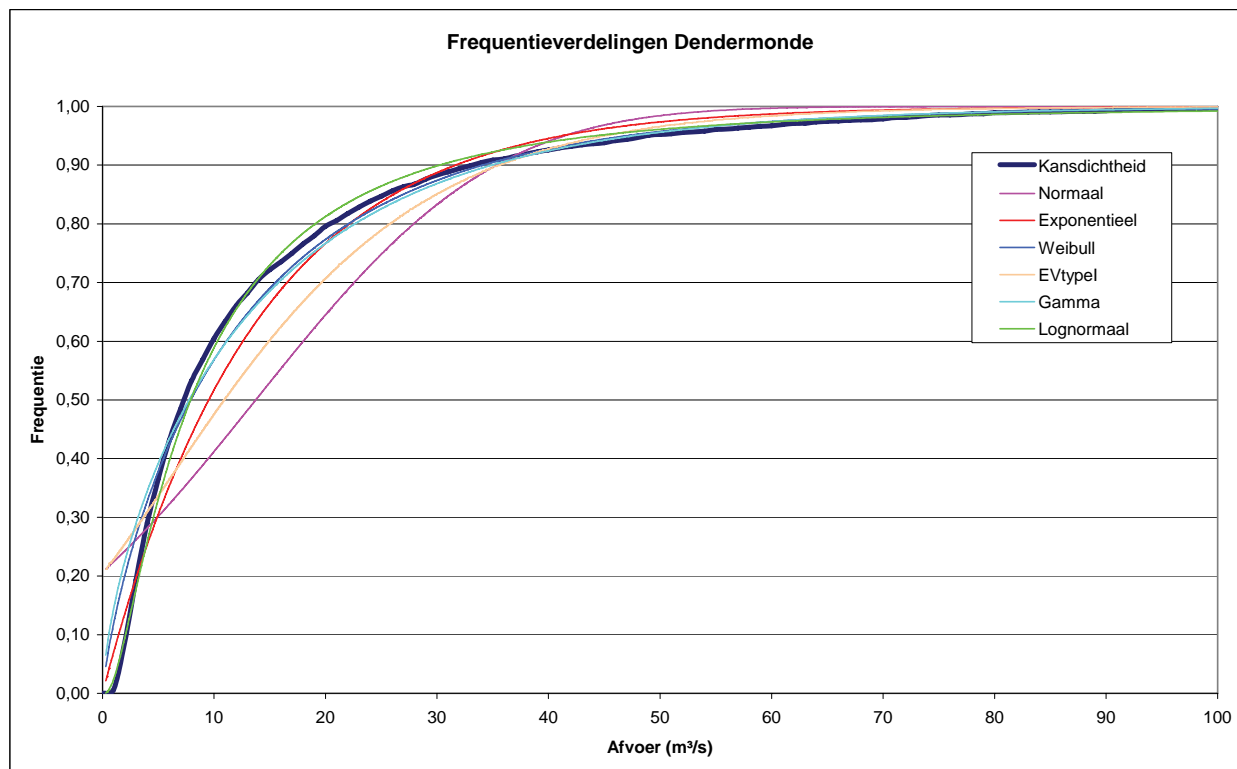
Tabel 4 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Dendermonde

Onderschrijdingskans (%)	Q1	Q5	Q10	Q25	Q50
Dender te Dendermonde	1	1,5	2	3,5	7,5

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 5. Uit de figuur blijkt dat de lognormale een goede fit teweegbrengt op de kansverdelingsfunctie.



Figuur 4 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Dendermonde



Figuur 5 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Dendermonde

Aan de hand van lognormale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 13. Zo komt de afvoer van 0,26 m³/s overeen met een herhalingsperiode van 10 jaar. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaalde afvoer, of een overschatting van de afvoeren voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 5 Afvoeren (m³/s) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Dendermonde

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Dendermonde	0,34	0,26	0,21	0,17	0,11

3.3.3.2 Extreme waarden analyse

De filterresultaten voor de afvoermetreeks op de Dender te Dendermonde worden weergegeven in Figuur 99 en Figuur 100 van Bijlage A. De recessieconstante van de basisafvoer en hypodermische afstroming is respectievelijk 60 en 4 dagen.

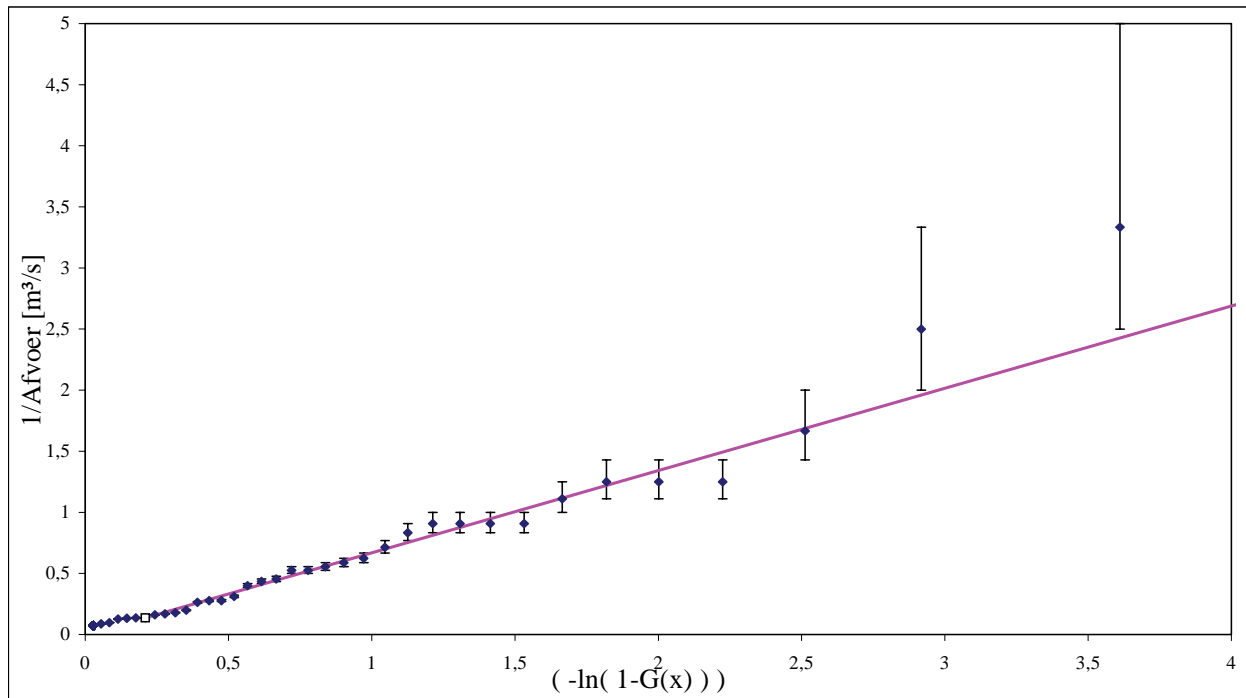
Tabel 6 geeft de gebruikte onafhankelijkheidscriteria weer voor de selectie van de hydrogramperiodes. De recessieconstante ter scheiding van de hydrogramperiodes werd vastgelegd op 50 dagen. De geselecteerde POT en MUT-waarden worden weergegeven in Figuur 103 van Bijlage D.

Tabel 6 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de hydrogramperiodes van de Dender te Dendermonde

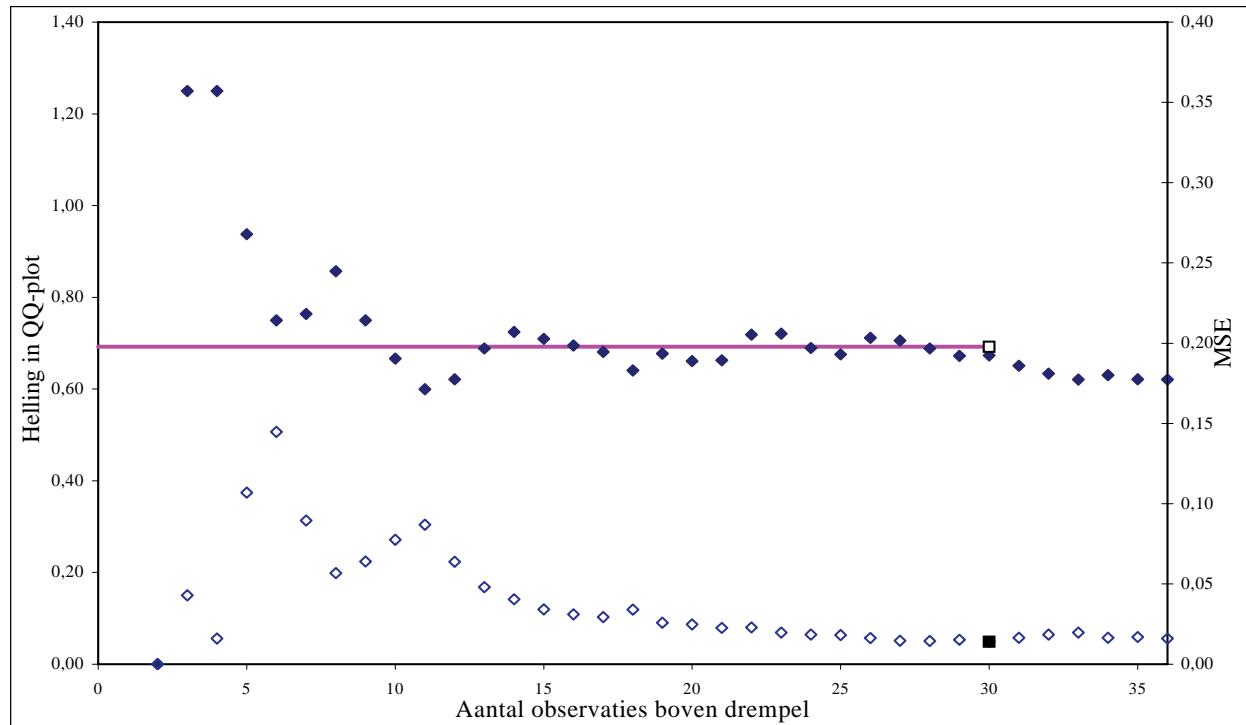
Limverh	0,30
Recessieconstante (dag)	50
Minimale piekhoogte (m ³ /s)	4

De Q-Q plot van 1/MUT en de Hill-schatter voor de exponentiële verdeling worden weergegeven in Figuur 6 en Figuur 7. De betrouwbaarheidsmarges in de exponentiële Q-Q plot

zijn gebaseerd op een schatting van de meetfout, o.a. via de vaststelling dat debieten kleiner dan 1,1 m³/s niet meer geregistreerd worden.



Figuur 6 Exponentiële Q-Q plot met betrouwbaarheidsintervallen voor de afvoermeeetreeks op de Dender te Dendermonde



Figuur 7 Schatting optimale drempelwaarde waarboven verdeling fit voor de afvoermeeetreeks op de Dender te Dendermonde

Uit deze figuren kan men duidelijk afleiden dat de 1/MUT-waarden een exponentiële verdeling volgen. Dit is te herkennen aan het lineaire verloop van de exponentiële Q-Q plot en het plateau in de Hill plot van de exponentiële verdeling.

Uit de Q-Q plot blijkt dat enkel de twee meest extreme maxima (1/MUT) niet dezelfde lineaire trend vertonen, alhoewel deze grenzen aan het betrouwbaarheidsinterval. Deze waarden stemmen overeen met afvoeren kleiner dan 1,1 m³/s. Zoals eerder aangehaald dienen deze waarden met de nodige omzichtigheid benaderd te worden o.w.v. de meetnauwkeurigheid van de akoestische debietmeter voor geringe afvoeren.

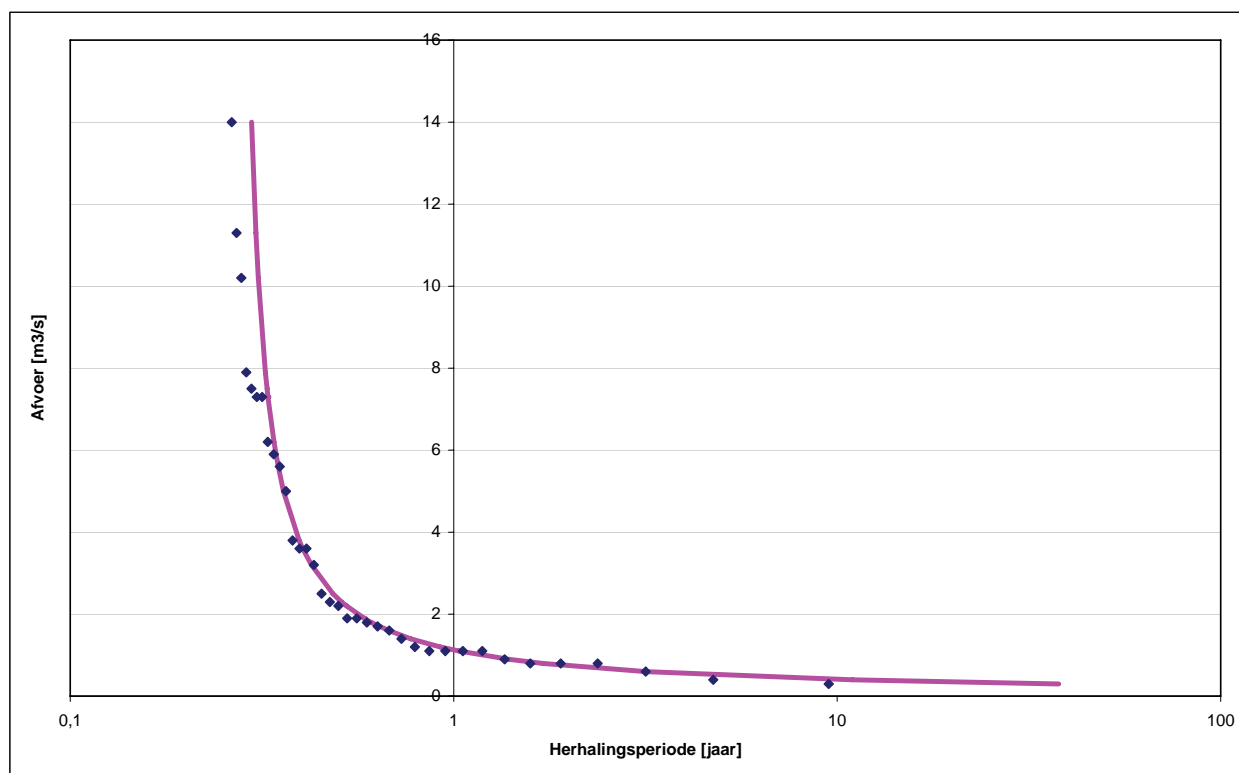
De optimale drempel waarboven de verdeling kan worden gefit wordt gevonden bij het ranknummer 30, en komt overeen met een helling (β) gelijk aan 0,67.

Vermits 1/MUT een exponentiële verdeling volgt zullen de onafhankelijk minima zelf een Fréchet-verdeling volgen.

Tabel 7 geeft een overzicht van de resultaten van de afgeijkte Fréchet verdeling. Zo stemt een minimale afvoer van 0,32 m³/s overeen met een herhalingsperiode van 25 jaar. O.w.v. de relatief beperkte lengte van de meetreeks (9,5 jaar) dienen de grotere herhalingsperiodes (vanaf 25 jaar) enkel als richtwaarde. Deze waarden zijn immers minder betrouwbaar t.g.v. de onzekerheid op de extrapolatie naar grotere herhalingsperiodes.

Tabel 7 Herhalingsperiodes met hun corresponderende afvoeren op basis van de extreme waarden analyse van de afvoeren op de Dender te Dendermonde

Herhalingsperiode (jaar)	Minimum debiet (m ³ /s) volgens de afgeijkte Fréchet verdeling
5	0,50
10	0,40
25	0,32
50	0,28
100	0,25



Figuur 8: Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Dendermonde

Wanneer Tabel 7 met Tabel 5 wordt vergeleken, wordt bevestigd dat de terugkeerperioden op basis van de volledige populatie (dus zonder toepassing van het onafhankelijkheidscriterium) de terugkeerperioden onderschatten. Voor een debiet van 0,25 m³/s, bijvoorbeeld, wordt een terugkeerperiode van 10 jaar gevonden i.p.v. de 100 jaar bij toepassing van een onafhankelijkheidscriterium (d.i. factor 10 verschil).

3.3.4 Waterpeil op de Dender te Denderbelle opwaarts stuw

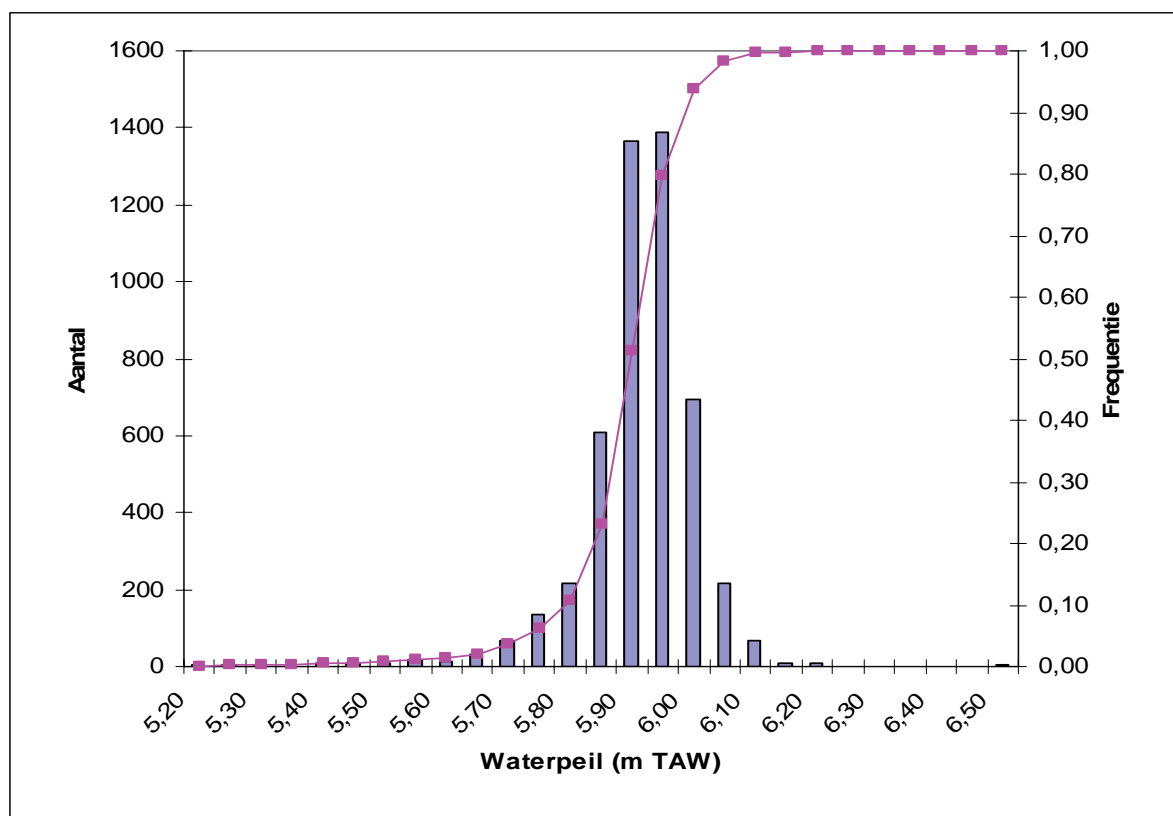
3.3.4.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

In Figuur 15 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 12.

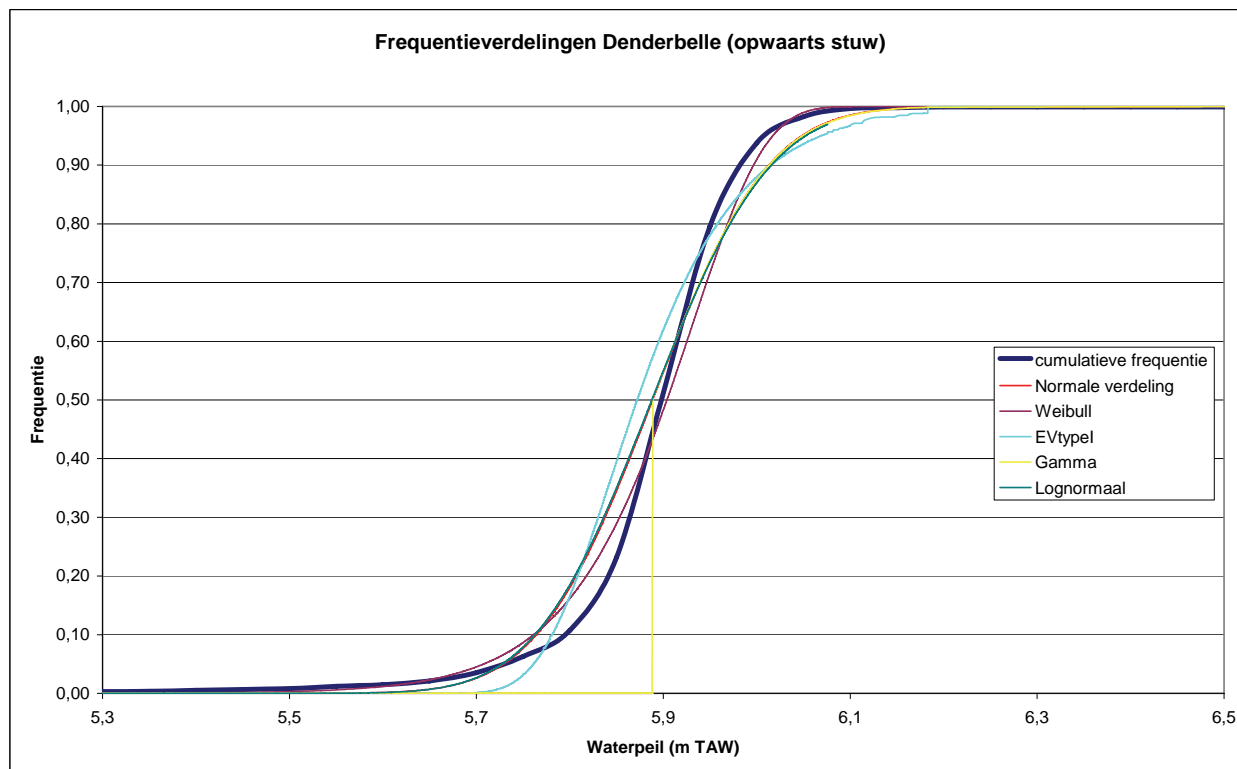
Tabel 8 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Denderbelle (Afwaarts stuw)	5,52	5,73	5,80	5,85	5,90

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 16. Uit de figuur blijkt zowel de Normale, Lognormale als de Weibull-verdeling goede overeenkomsten vertonen. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpeilen is groter dan 1 cm, de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. Hierdoor kunnen de peilverschillen bij laagwater als representatief beschouwd worden.



Figuur 9 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)



Figuur 10 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)

Aan de hand van Weibull verdeling werden vervolgens de herhalingsperiodes afgeleid, zoals weergegeven in Tabel 13. Zo komt het waterpeil van 5,34 mTAW met een herhalingsperiode van 10 jaar. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 9 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Denderbelle (Opwaarts stuw)	5,38	5,34	5,26	5,22	5,17

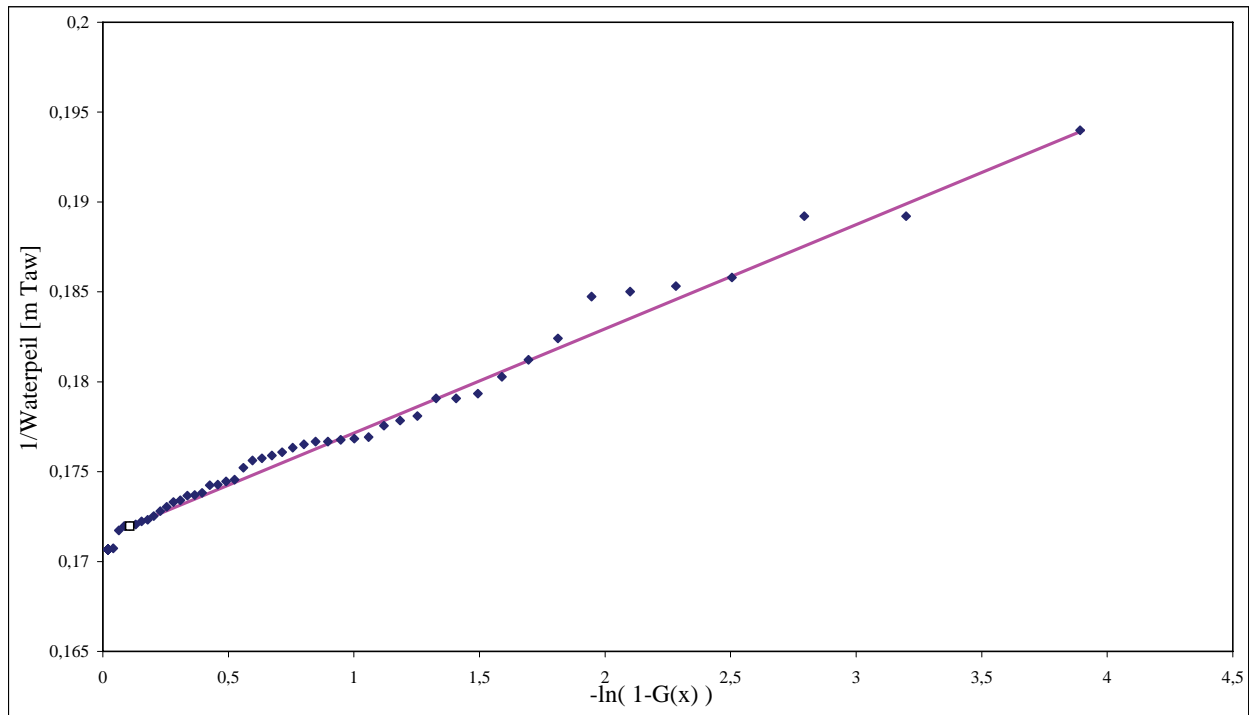
3.3.4.2 Extreme waarden analyse

Tabel 10 geeft de gebruikte onafhankelijkheidscriteria weer voor de selectie van de limnigramperiodes. De recessieconstante (50 dagen), die gebruikt werd ter scheiding van de limnigramperiodes op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw), komt overeen met de recessieconstante ter scheiding van de hydrogamperiodes op de Dender te Dendermonde. werd vastgelegd op 50 dagen. De geselecteerde POT en MUT-waarden worden weergegeven in Figuur 104 van Bijlage D.

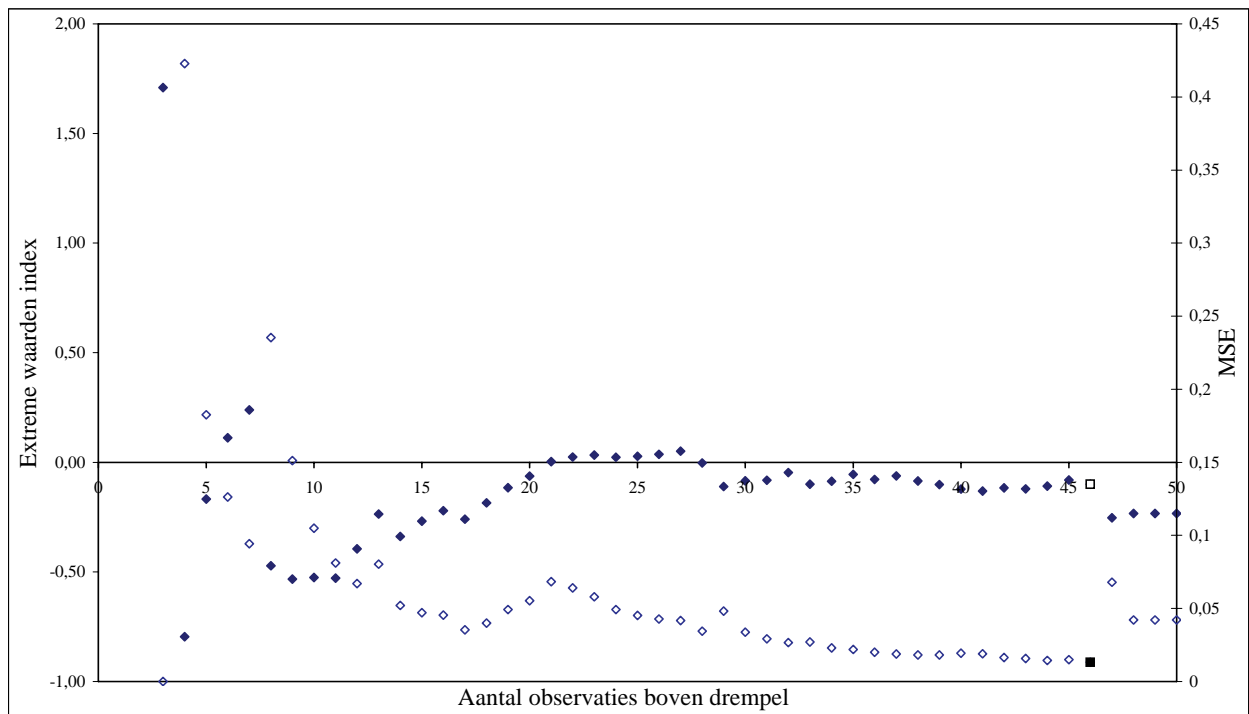
Tabel 10 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de limnigramperiodes van de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)

Limverh	1
Recessieconstante (dag)	50
Minimale piekhoogte (mTAW)	0,2

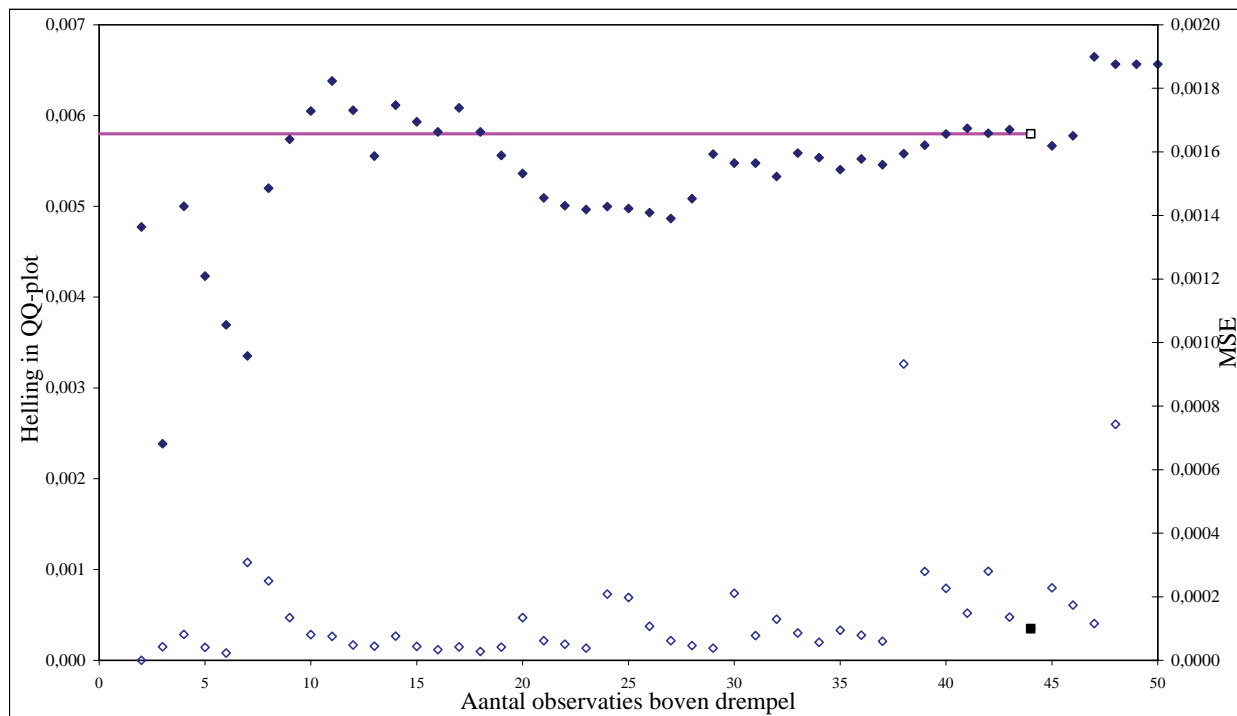
De Q-Q plot van $1/MUT$ en de UH-schatter voor de exponentiële verdeling worden weergegeven in Figuur 11 en Figuur 12. Figuur 13 toont de Hill-type regressie van de exponentiële verdeling.



Figuur 11 Exponentiële Q-Q plot voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)



Figuur 12 UH-schatter voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)



Figuur 13 Hill-type regressie van de exponentiële verdeling voor de waterpeilmeeetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)

Uit deze figuren kan men duidelijk afleiden dat de 1/MUT-waarden een exponentiële verdeling volgen. Immers, de exponentiële Q-Q plot vertoont een lineair gedrag, de UH-schatter schommelt rond nul, en de Hill-type regressie vertoont een plateau boven een bepaalde drempel.

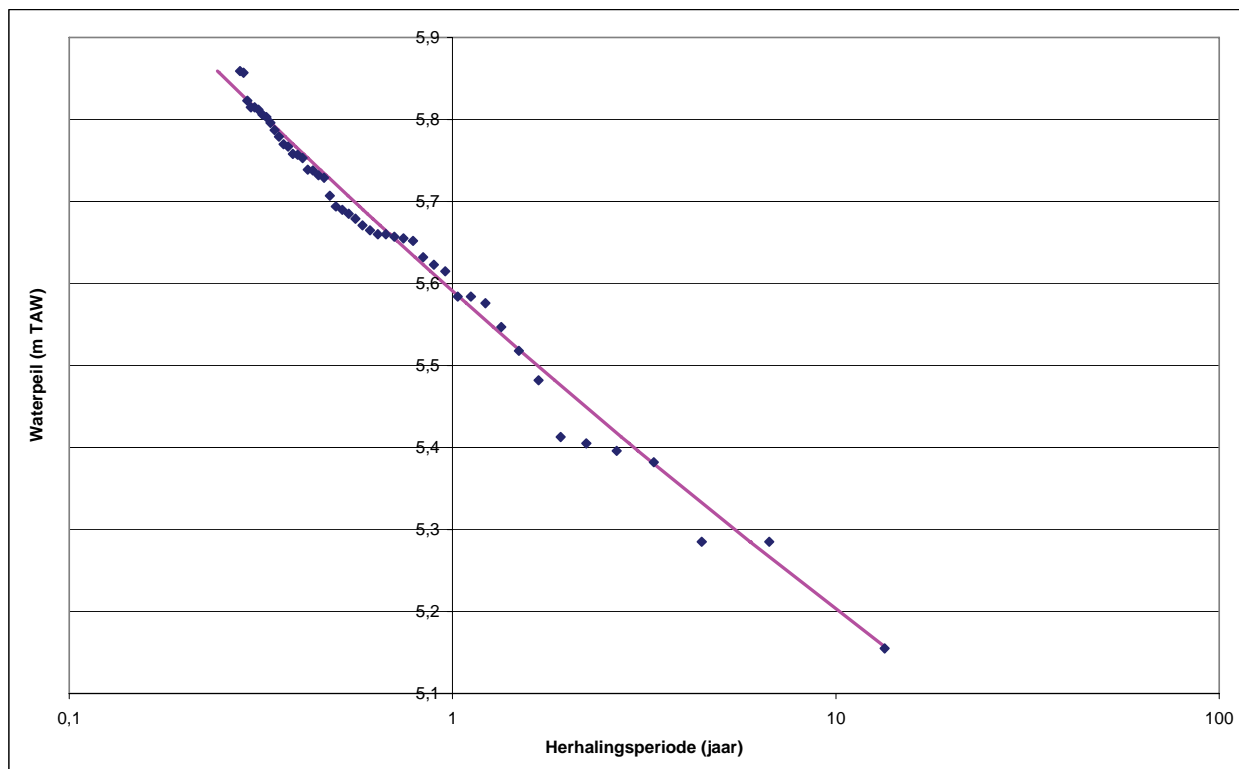
De optimale drempel waarboven de verdeling kan worden gefit wordt gevonden bij het ranknummer 44, en komt overeen met een helling (β) gelijk aan 0,0058.

Vermits 1/MUT een exponentiële verdeling volgt zullen de onafhankelijke minima zelf een Fréchet-verdeling volgen.

Tabel 11 geeft een overzicht van de resultaten van de afgeijkte Fréchet verdeling. Zo stemt een minimaal waterpeil 5,06 mTAW overeen met een herhalingsperiode van 25 jaar. O.w.v. de relatief beperkte lengte van de meetreeks (13,4 jaar) dienen de grotere herhalingsperiodes (vanaf 30 jaar) met de nodige omzichtigheid benaderd te worden. Deze waarden zijn immers minder betrouwbaar t.g.v. de onzekerheid op de extrapolatie naar grotere herhalingsperiodes.

Tabel 11 Herhalingsperiodes met hun corresponderende waterpeilen op basis van de extreme waarden analyse van de waterpeilen op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	Minimum waterpeil (mTAW) volgens de afgeijkte Fréchet verdeling
5	5,31
10	5,20
25	5,06
50	4,95
100	4,86



Figuur 14 Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)

3.3.5 Waterpeil op de Dender te Denderbelle Afwaarts stuw

3.3.5.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

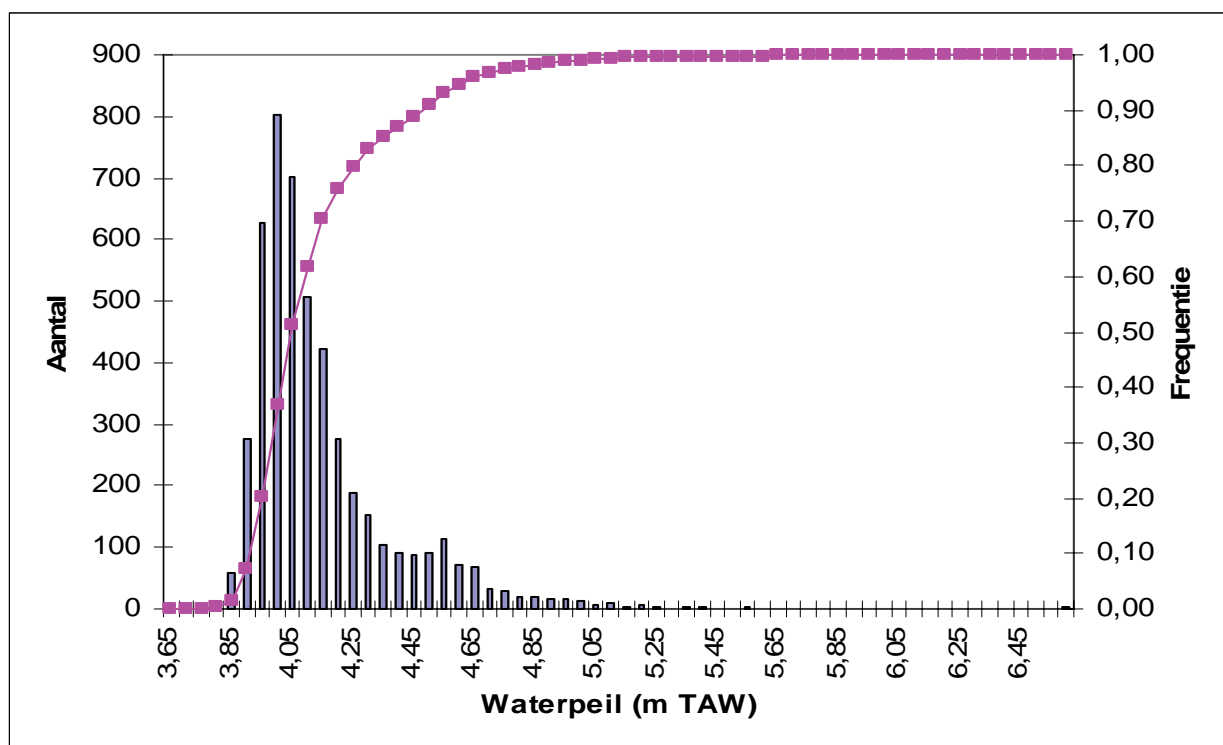
Volledige meetreeks

In Figuur 15 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 12 .

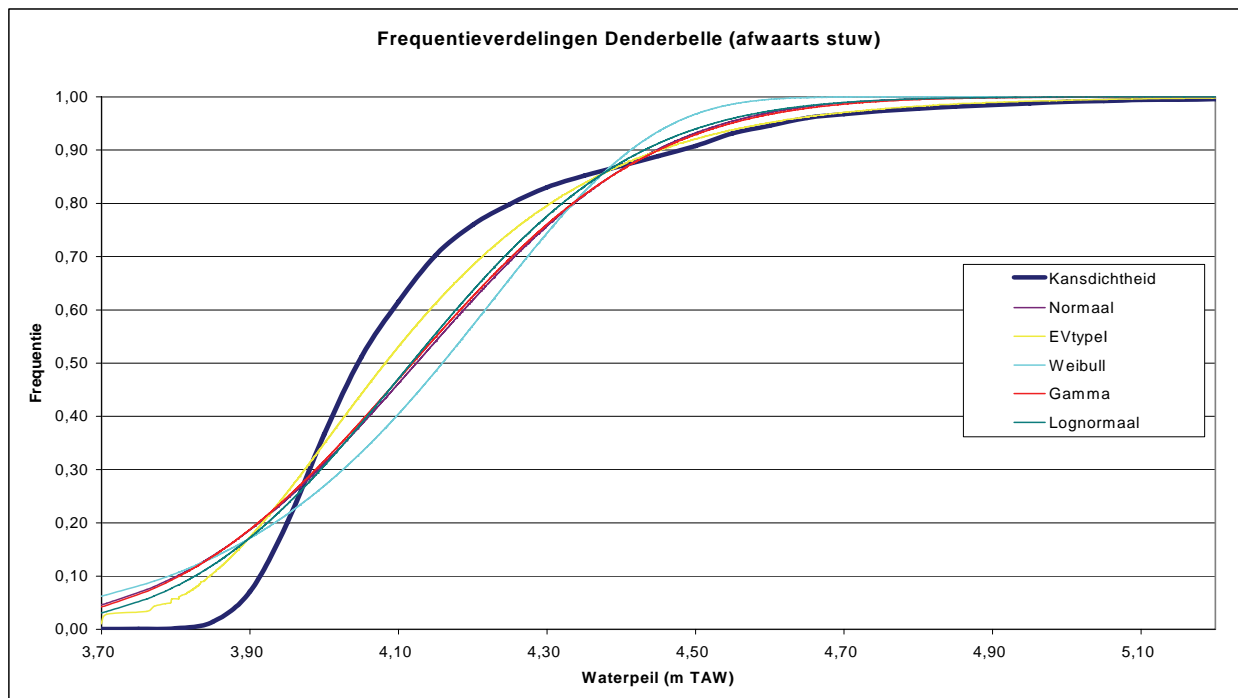
Tabel 12 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Denderbelle (Afwaarts stuw)	3,84	3,89	3,92	3,97	4,05

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 16. Uit de figuur blijkt duidelijk dat geen enkele goede overeenkomst wordt bekomen voor de lagere waterpeilen. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpelen nadert 1 cm. Hierdoor dienen de statische waterpeilverschillen bij laagwater met de nodige omzichtigheid benaderd worden.



Figuur 15 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (Afwaarts stuw)

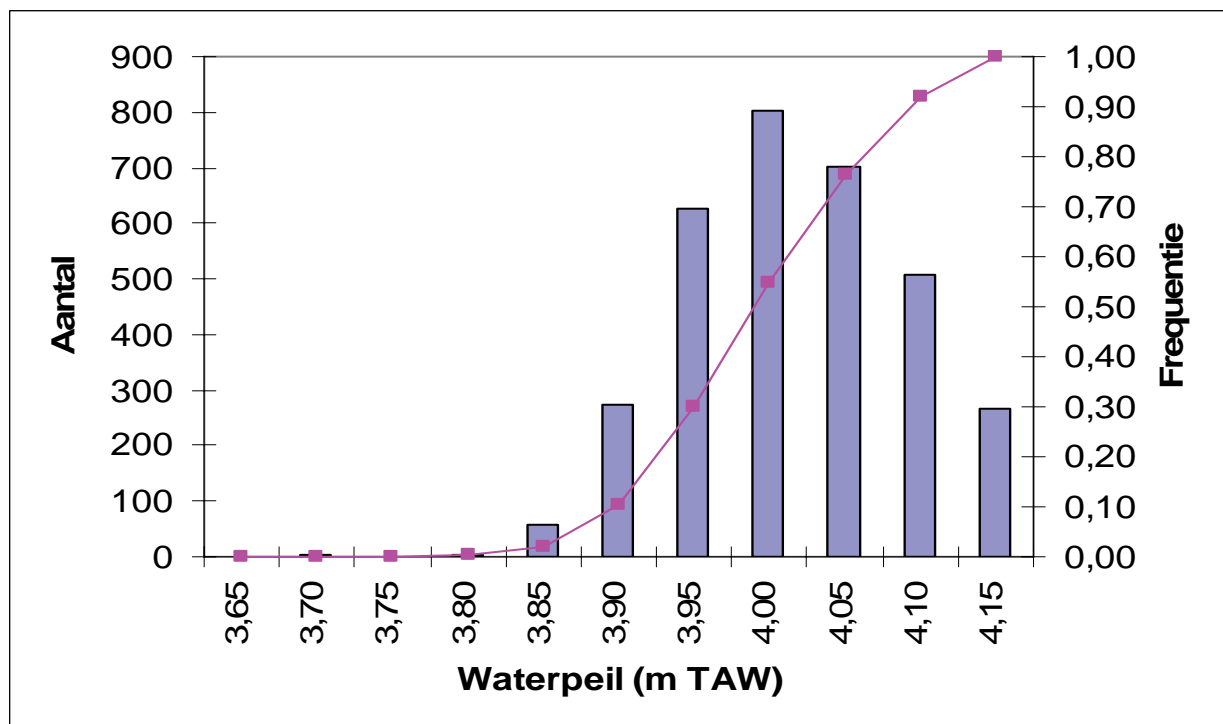


Figuur 16 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Denderbelle (Afwaarts stuw)

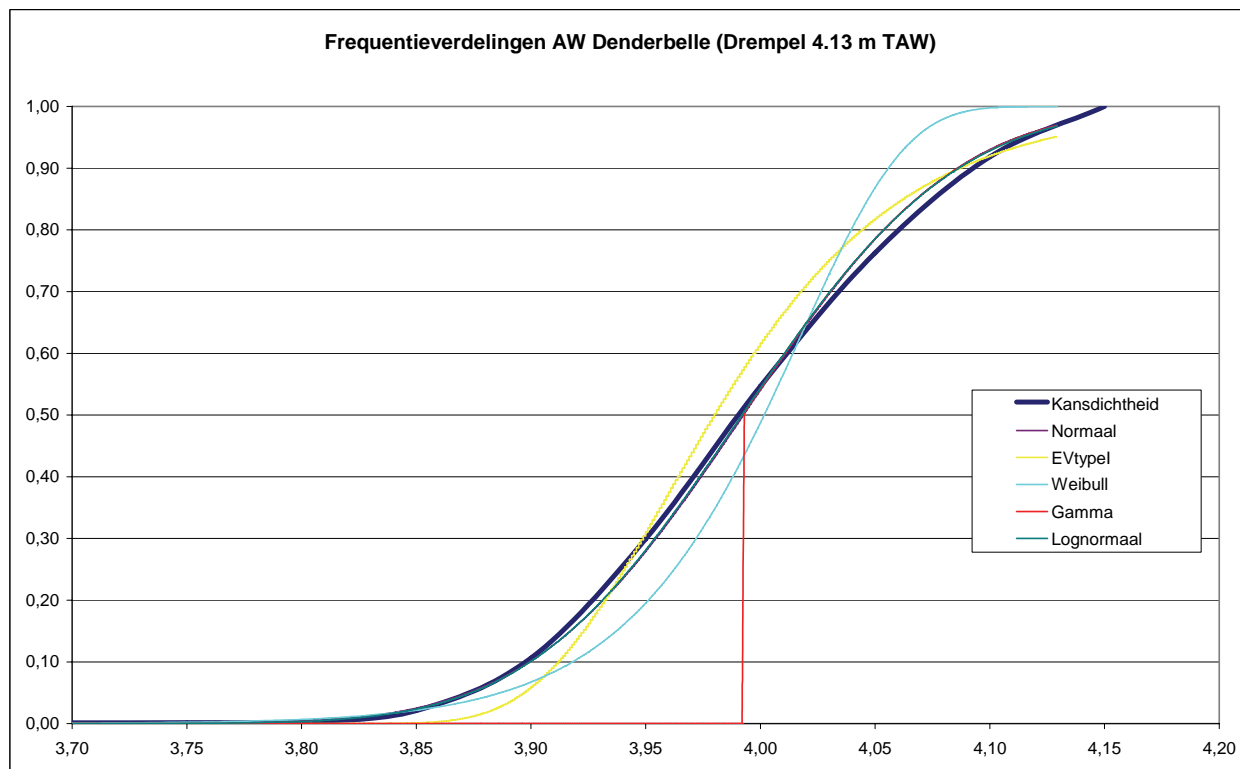
Meetreeks onder bepaalde drempel

Als drempel werd het gemiddelde van de meetreeks genomen, nl. 4,12 mTAW.

Het histogram met de cumulatieve kansdichtheidsfunctie, en de fitting van de verschillende verdelingen onder de drempel wordt respectievelijk weergegeven in Figuur 17 en Figuur 18.



Figuur 17 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 4,13 mTAW op de Dender te Denderbelle (Afwaarts stuw)



Figuur 18 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 4,13 mTAW op de Dender te Denderbelle (Afwarts stuw)

Uit Figuur 18 komt naar voor dat de normale en lognormale verdelingen het staartgedrag van de lage waterpeilen goed nabootsen. Aan de hand van de lognormale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 13. Zo komt een waterpeil van 3,38 mTAW overeen met een herhalingsperiode van tien jaar. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 13 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Denderbelle (Afwarts stuw)	3,42	3,38	3,33	3,30	3,27

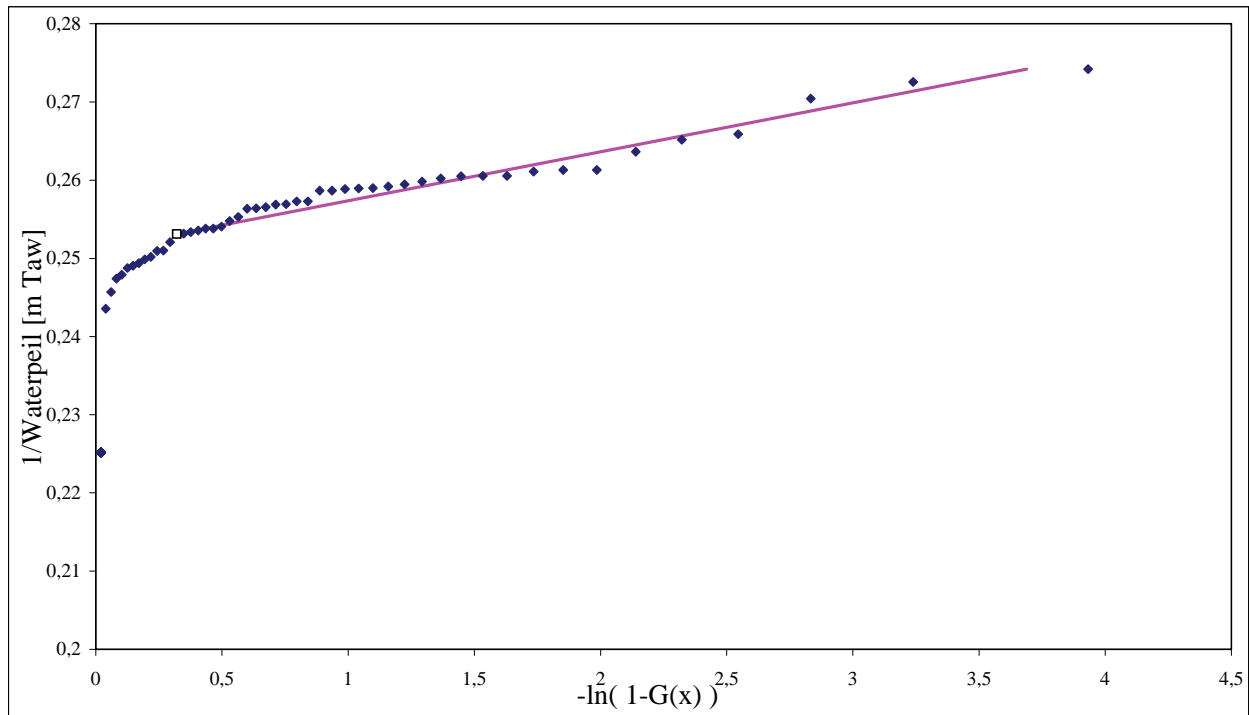
3.3.5.2 Extreme waarden analyse

Tabel 14 geeft de gebruikte onafhankelijkheidscriteria weer voor de selectie van de limnigramperiodes. De recessieconstante (50 dagen), die gebruikt werd ter scheiding van de limnigramperiodes op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw), komt overeen met de recessieconstante ter scheiding van de hydrogamperiodes op de Dender te Dendermonde. De geselecteerde POT en MUT-waarden worden weergegeven in Figuur 105 van Bijlage D.

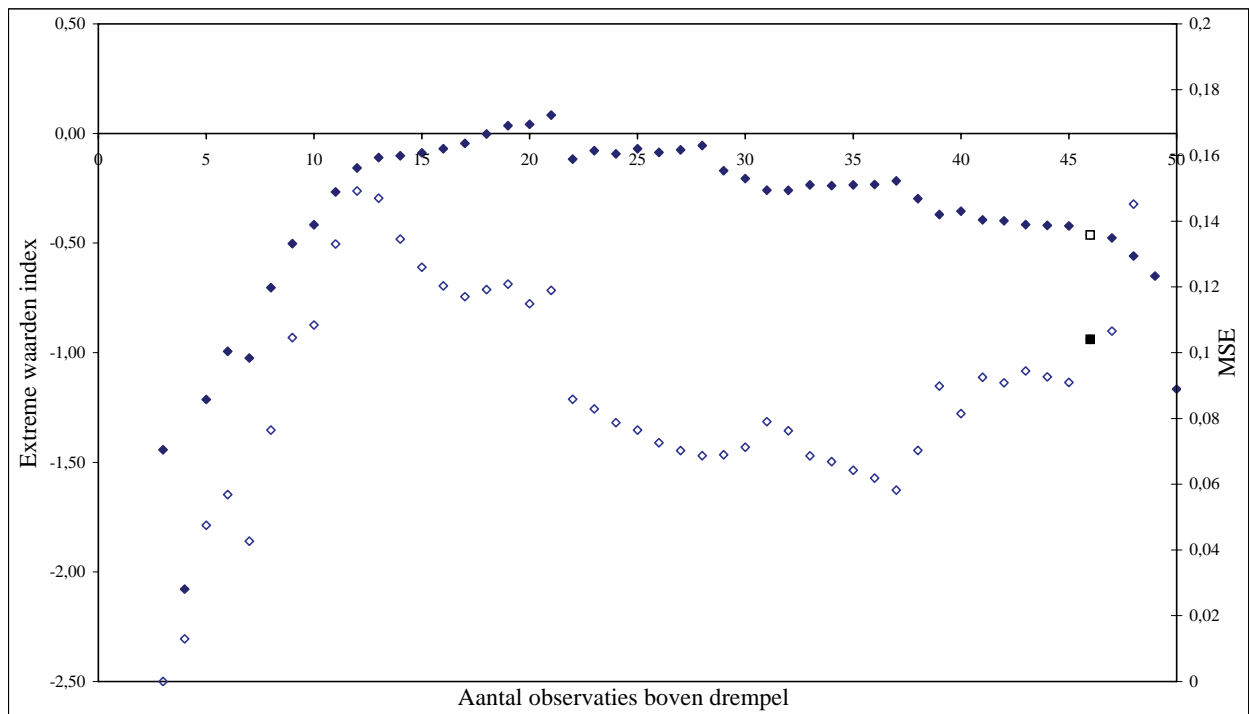
Tabel 14 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de limnigramperiodes van de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)

Limverh	1
Recessieconstante (dag)	50
Minimale piekhoogte (mTAW)	0,2

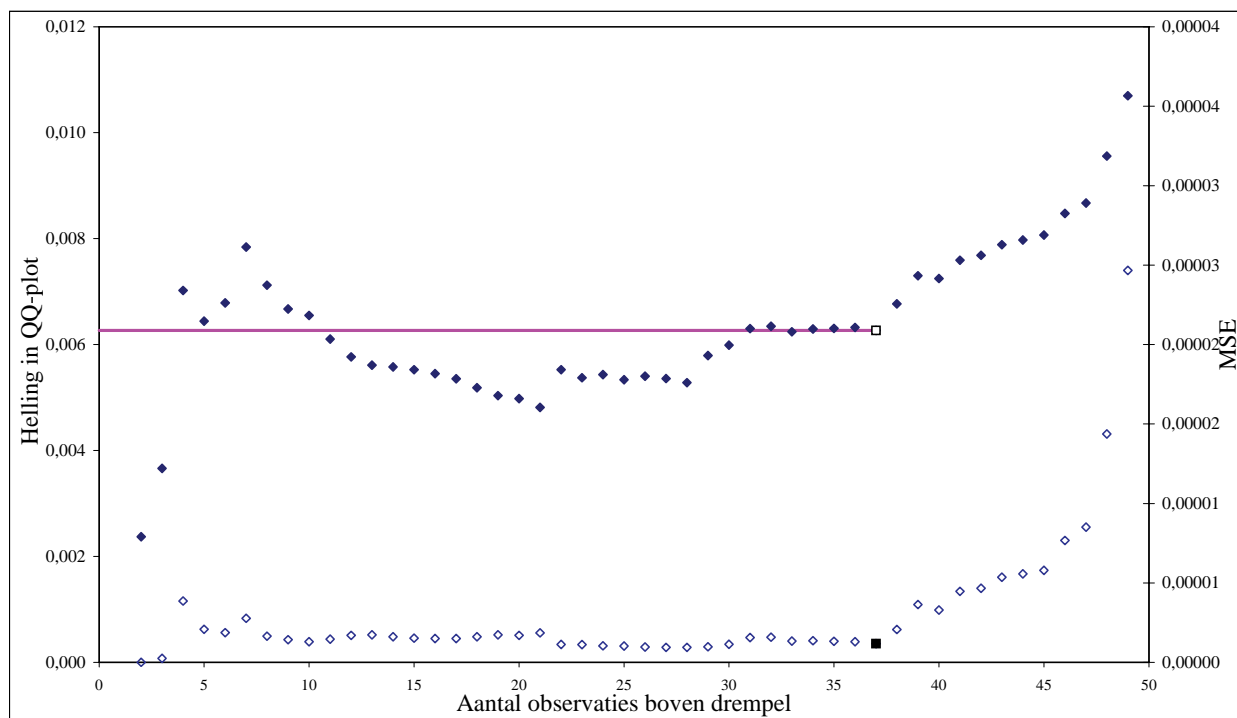
De Q-Q plot van 1/MUT en de UH-schatter voor de exponentiële verdeling worden weergegeven in Figuur 19 en Figuur 20. Figuur 21 toont de Hill-type regressie van de exponentiële verdeling.



Figuur 19 Exponentiële Q-Q plot voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)



Figuur 20 UH-schatter voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)



Figuur 21 Hill-type regressie van de exponentiële verdeling voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)

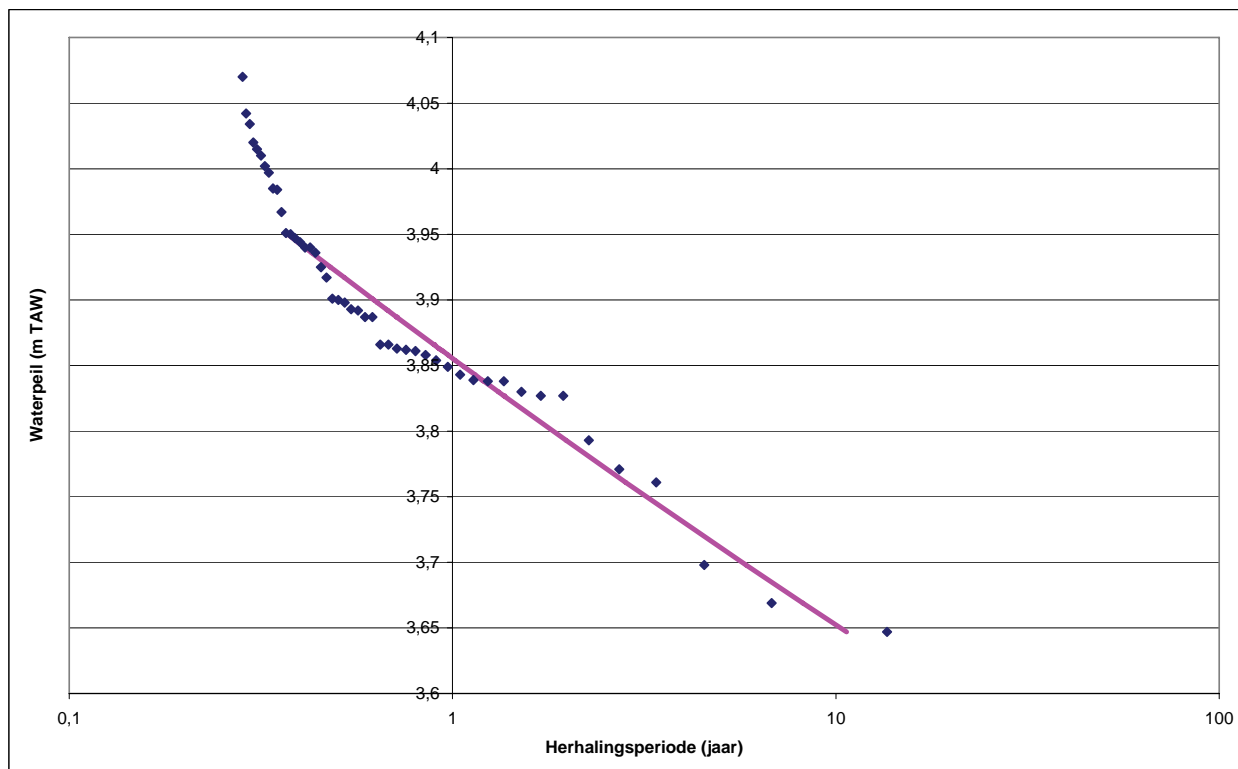
Uit deze figuren kan men duidelijk afleiden dat de 1/MUT-waarden een exponentiële verdeling volgen. Immers, de exponentiële Q-Q plot vertoont een lineair gedrag boven een welbepaalde drempel, de UH-schatter schommelt rond nul, en de Hill-type regressie vertoont een plateau. De optimale drempel waarboven de verdeling kan gefit wordt gevonden bij het ranknummer 37, en komt overeen met een helling (β) gelijk aan 0,0062.

Vermits 1/MUT een exponentiële verdeling volgt zullen de onafhankelijke minima zelf een Fréchet-verdeling volgen.

Tabel 15 geeft een overzicht van de resultaten van de afgeijkte Fréchet verdeling. Zo stemt een minimaal waterpeil van 3,58 mTAW overeen met een herhalingsperiode van 25 jaar. O.w.v. de relatief beperkte lengte van de meetreeks (13,6 jaar) dienen de grotere herhalingsperiodes (vanaf 30 jaar) met de nodige omzichtigheid benaderd te worden. Deze waarden zijn immers minder betrouwbaar t.g.v. de onzekerheid op de extrapolatie naar grotere herhalingsperiodes.

Tabel 15 Herhalingsperiodes met hun corresponderende waterpeilen op basis van de extreme waarden analyse van de waterpeilen op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	Minimum debiet (m ³ /s) volgens de afgeijkte Fréchet verdeling
5	3,71
10	3,65
25	3,58
50	3,52
100	3,47



Figuur 22 Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)

Wanneer Tabel 15 met Tabel 13 wordt vergeleken, wordt opnieuw bevestigd dat de terugkeerperioden op basis van de volledige populatie (dus zonder toepassing van het onafhankelijkheidscriterium) de terugkeerperioden onderschatten. Voor een waterpeil van 3,42 mTAW, bijvoorbeeld, wordt een terugkeerperiode van 5 jaar gevonden i.p.v. groter dan 100 jaar bij toepassing van een onafhankelijkheidscriterium.

3.3.6 Waterpeil op de Dender te Aalst opwaarts stuw

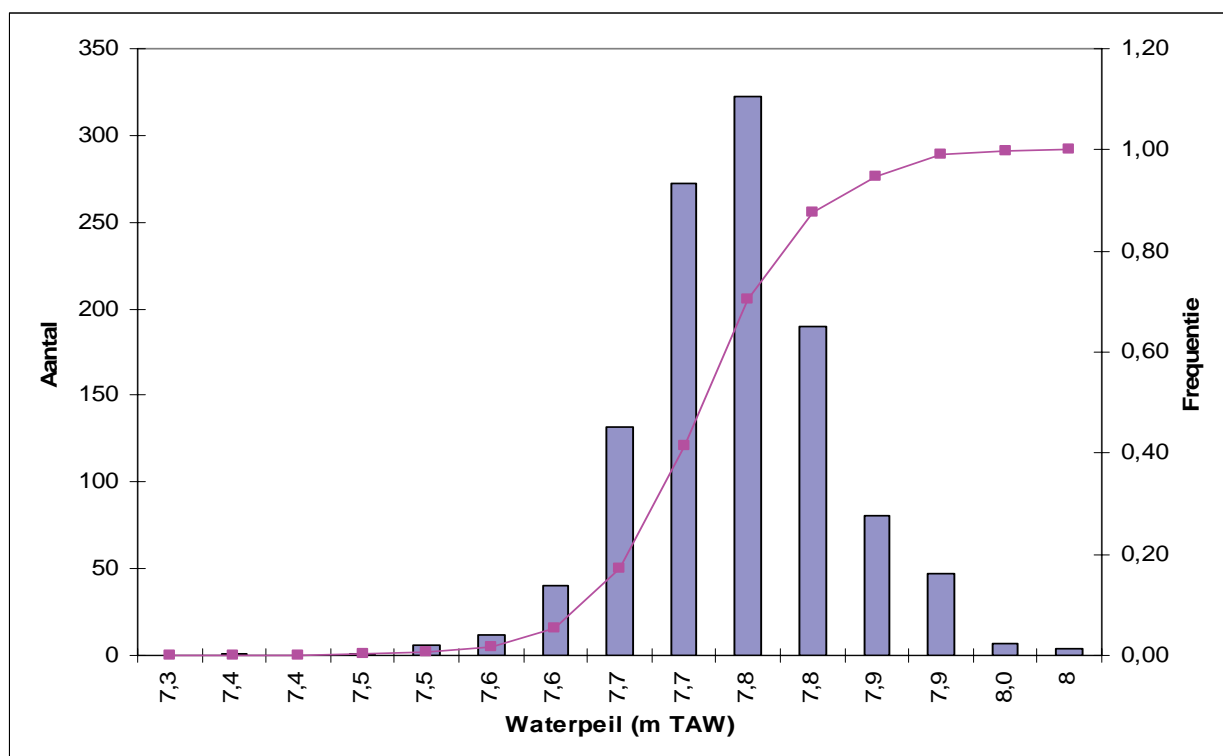
3.3.6.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

In Figuur 23 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (opwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 16.

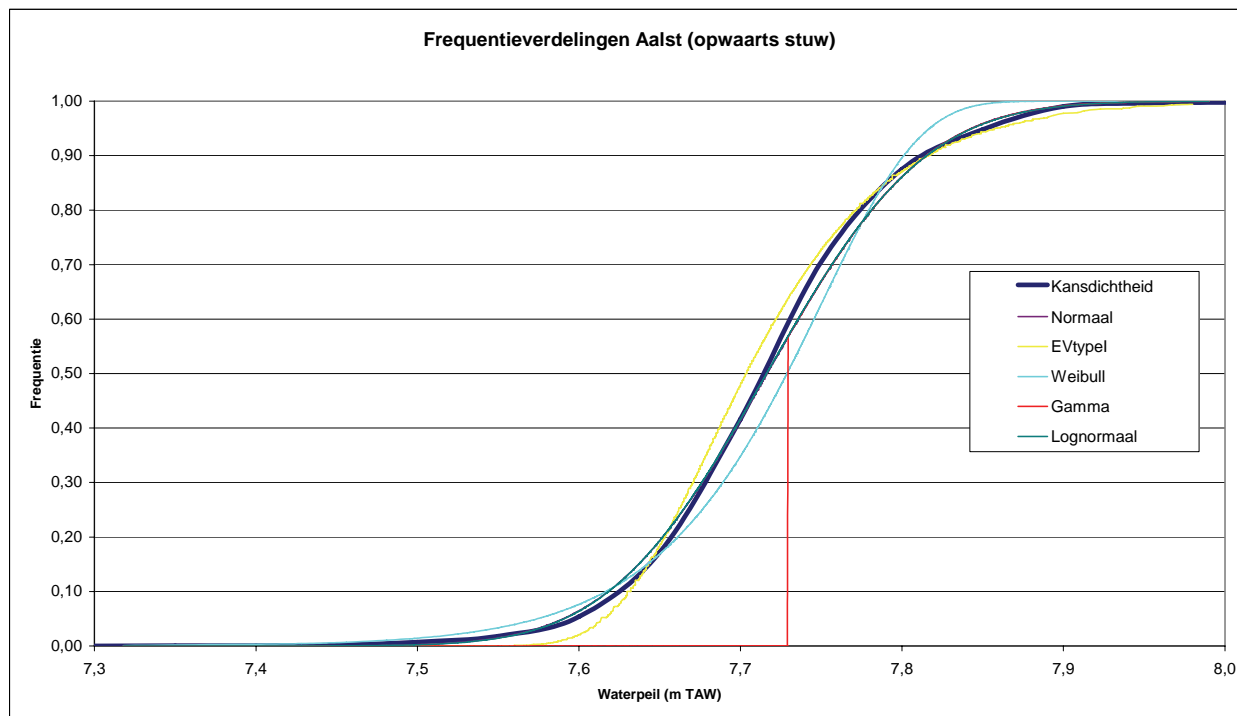
Tabel 16 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Aalst (opwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Aalst (Opwaarts stuw)	7,52	7,60	7,63	7,67	7,72

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 24. Uit de figuur blijkt dat met zowel de Normale en lognormale verdeling de beste fitting wordt bekomen. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpeilen is groter dan 1 cm, de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. Hierdoor kunnen de peilverschillen bij laagwater als representatief beschouwd worden.



Figuur 23 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (opwaarts stuw)



Figuur 24 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (opwaarts stuw)

Aan de hand van lognormale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 17. Zo komt het waterpeil van 7,46 mTAW overeen met een herhalingsperiode van tien jaar. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 17 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Aalst (opwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Aalst (Opwaarts stuw)	7,47	7,46	7,44	7,43	7,41

3.3.6.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeeetreeks opwaarts de stuw te Aalst te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren en alzo een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.7 Waterpeil op de Dender te Aalst afwaarts stuw

3.3.7.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

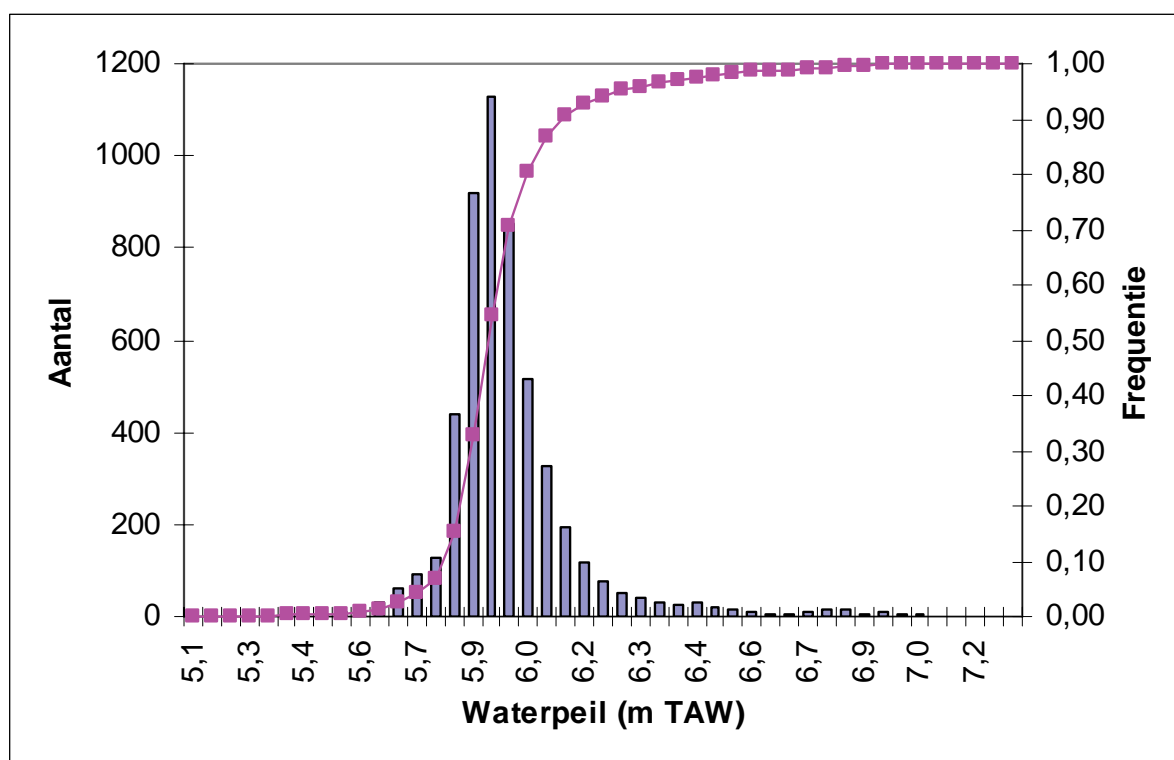
Volledige meetreeks

In Figuur 25 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 18.

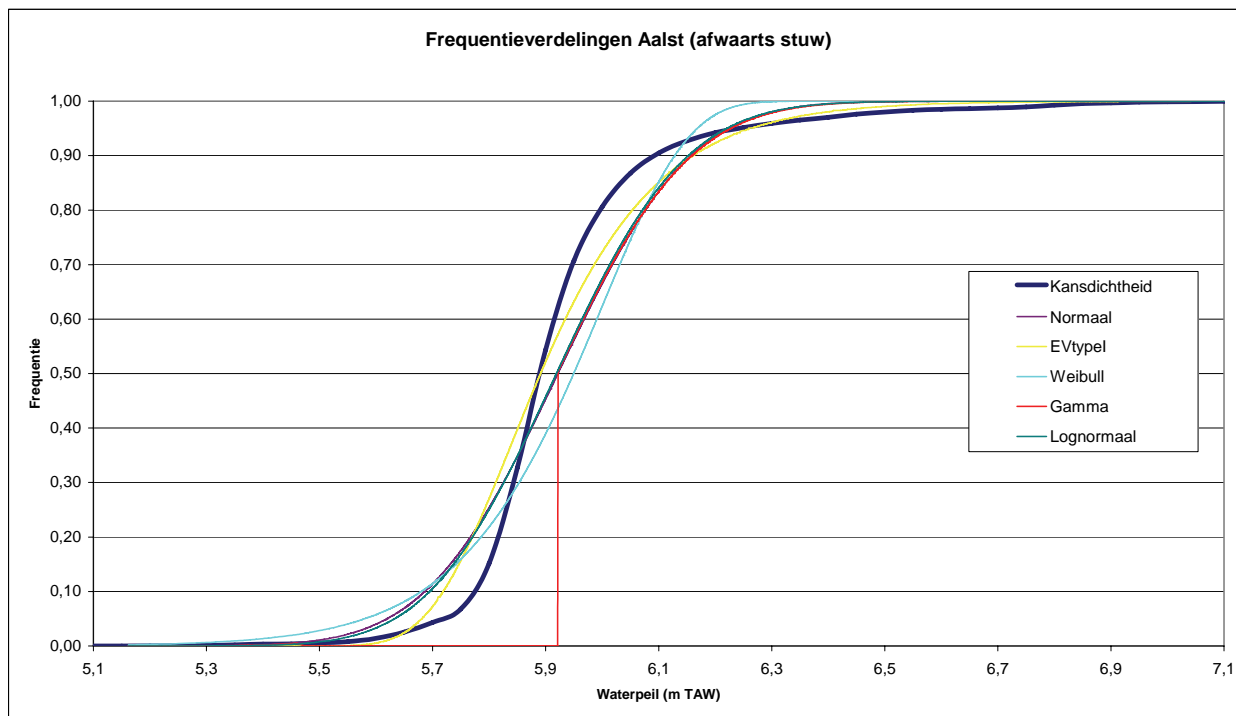
Tabel 18 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Aalst (afwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Aalst (Afwaarts stuw)	5,58	5,72	5,78	5,83	5,89

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 27. Uit de figuur blijkt dat geen van de gekozen verdelingen een goede fit bekommt. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpeilen is groter dan 1 cm, de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. Hierdoor kunnen de weergegeven peilverschillen bij laagwater als representatief beschouwd worden.



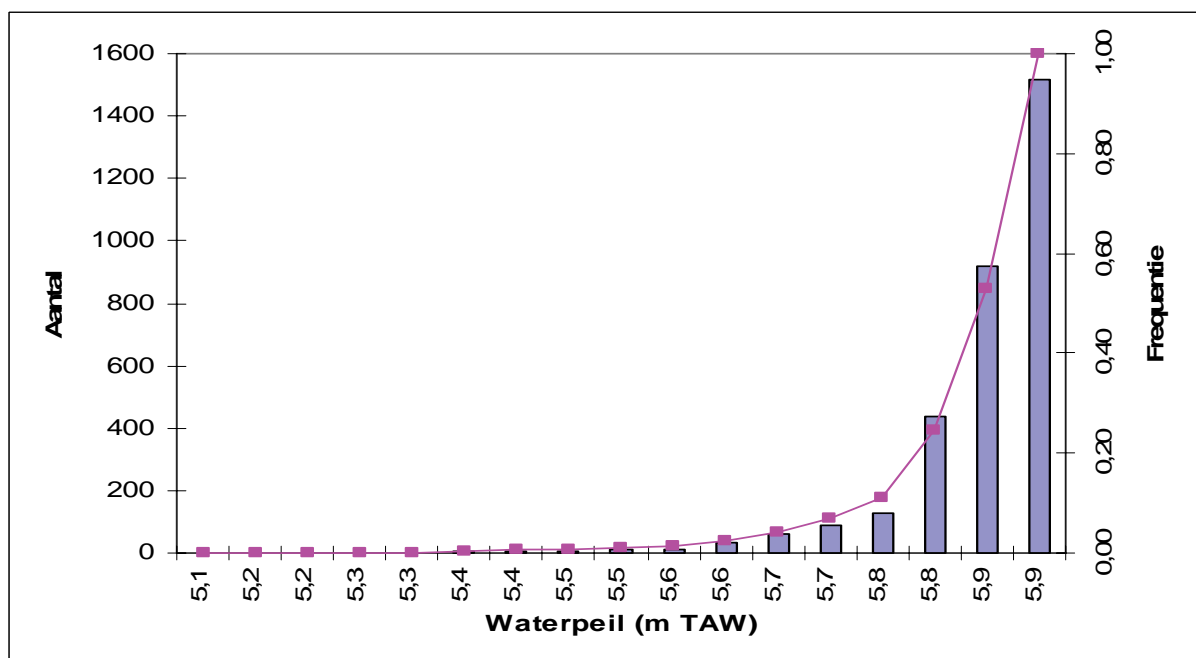
Figuur 25 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)



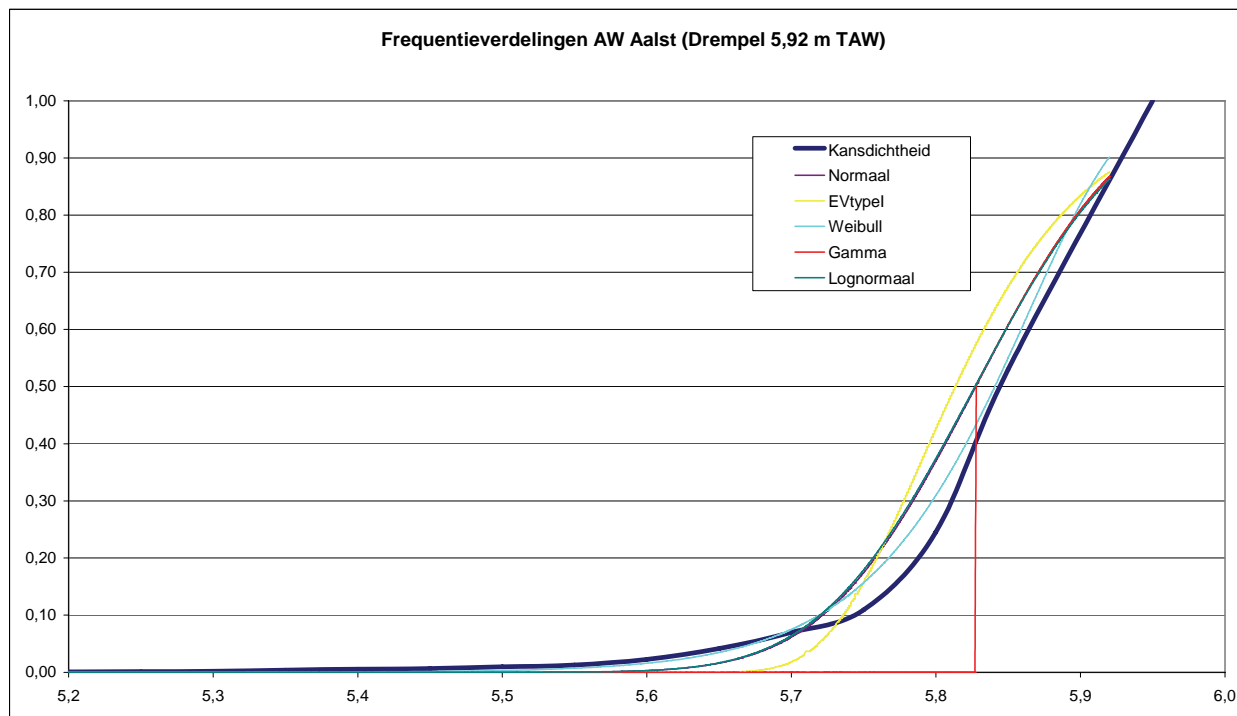
Figuur 26 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)

Meetreeks onder bepaalde drempel

Het gemiddelde peil ter hoogte van de stuw bedraagt 5,92 mTAW. Het histogram met de cumulatieve kansdichtheidfunctie, en de fitting van de verschillende verdelingen onder deze drempel worden respectievelijk weergegeven in Figuur 51 en Figuur 28. Uit deze figuren komt naar voor dat de Weibull verdeling goede overeenkomsten vertoont met de cumulatieve kansdichtheidfunctie.



Figuur 27 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 4,13 mTAW op de Dender te Aalst (Afwaarts stuw)



Figuur 28 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 4,13 mTAW op de Dender te Aalst (Afwaaarts stuw)

Aan de hand van de Weibull verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 19. Zo zal een waterpeil van 5,35 mTAW overeenkomen met een herhalingsperiode van tien jaar. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 19 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Aalst (Afwaaarts stuw)	5,39	5,35	5,30	5,26	5,22

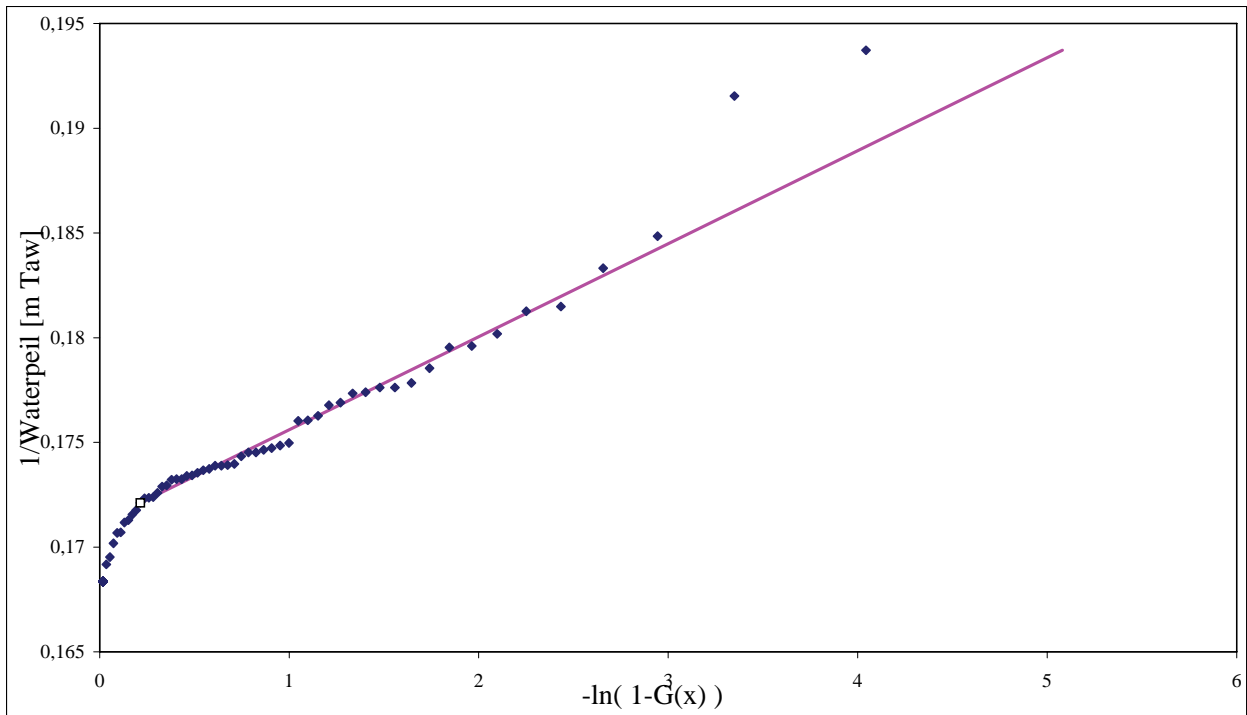
3.3.7.2 Extreme waarden analyse

Tabel 20 geeft de gebruikte onafhankelijkheidscriteria weer voor de selectie van de limnigramperiodes. De recessieconstante (50 dagen), die gebruikt werd ter scheiding van de limnigramperiodes op de Dender te Aalst (afwaarts stuw), wordt gelijkgesteld met de recessieconstante ter scheiding van de hydrogamperiodes op de Dender te Dendermonde. De geselecteerde POT en MUT-waarden worden weergegeven in Figuur 106 van Bijlage D.

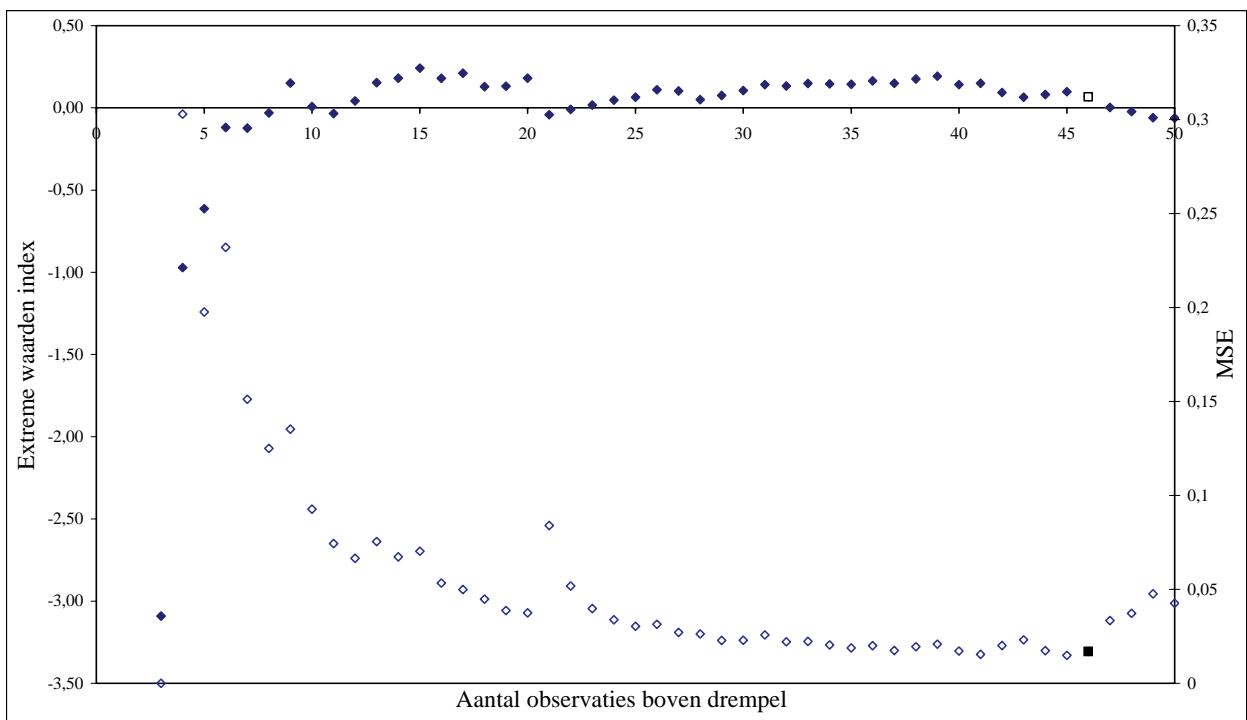
Tabel 20 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de limnigramperiodes van de Dender te Aalst (afwaarts stuw)

Limverh	1
Recessieconstante (dag)	50
Minimale piekhoogte (mTAW)	0,2

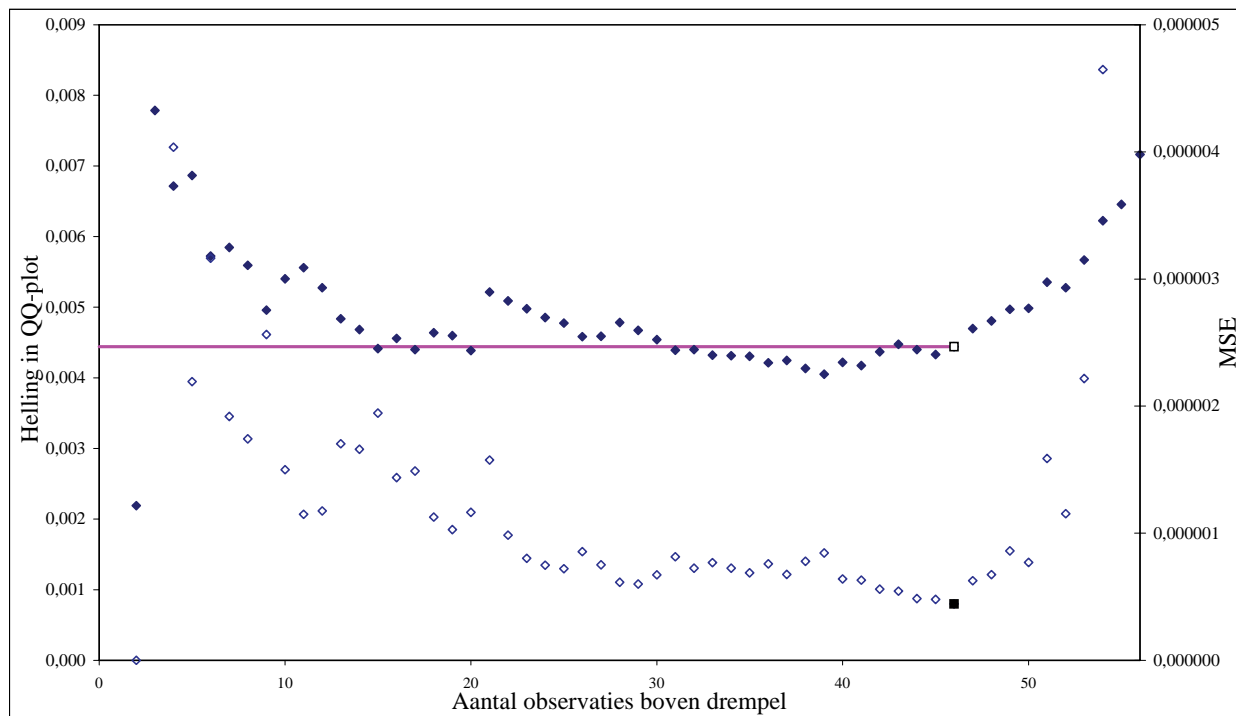
De Q-Q plot van 1/MUT en de UH-schatter voor de exponentiële verdeling worden weergegeven in Figuur 29 en Figuur 30. Figuur 31 toont de Hill-type regressie van de exponentiële verdeling.



Figuur 29 Exponentiële Q-Q plot voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)



Figuur 30 UH-schatter voor de waterpeilmeetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)



Figuur 31 Hill-type regressie van de exponentiële verdeling voor de waterpeilmeeetreeks op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)

Uit deze figuren kan men duidelijk afleiden dat de 1/MUT-waarden een exponentiële verdeling volgen. Immers, de exponentiële Q-Q plot vertoont een lineair gedrag boven een welbepaalde drempel, de UH-schatter schommelt rond nul, en de Hill-type regressie vertoont een plateau.

Uit de Q-Q plot blijkt dat enkel de twee meest extreme maxima (1/MUT) niet dezelfde lineaire trend vertonen. Dit is te wijten aan de twee meest extreme minima die merkkelijk lager liggen dan de rest van de populatie.

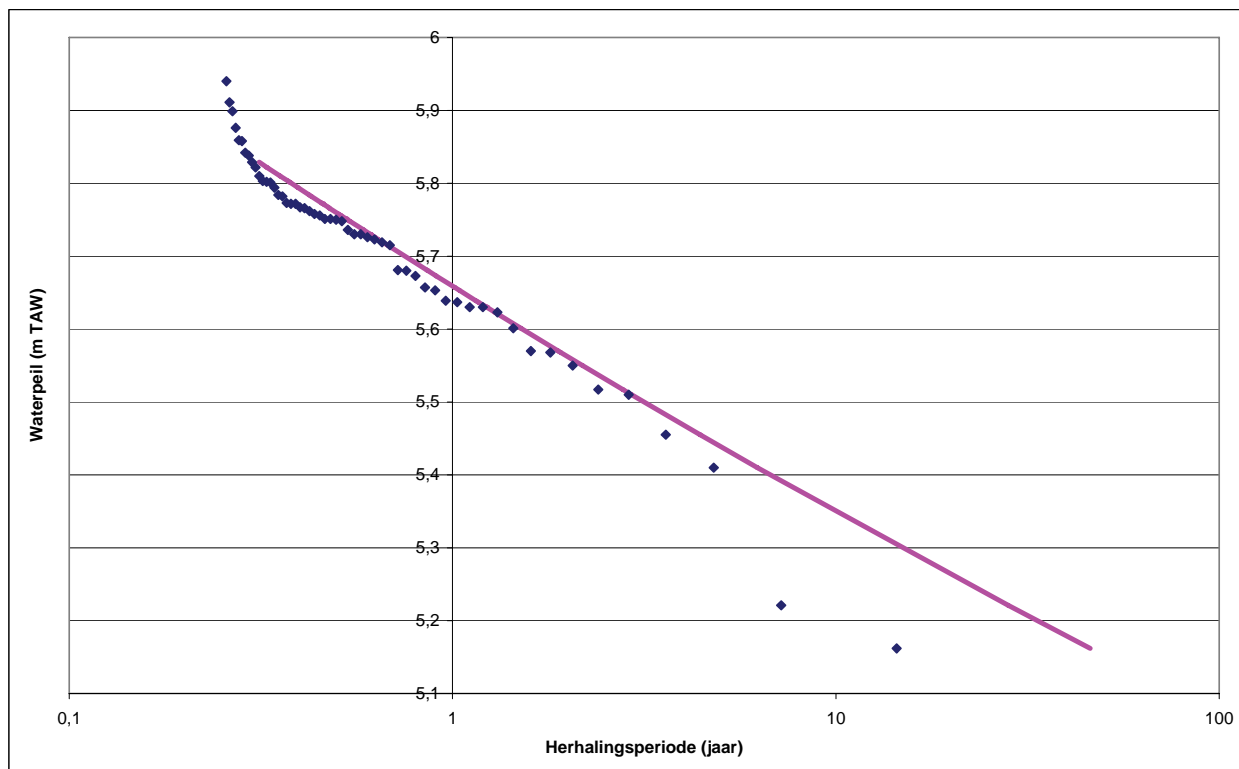
De optimale drempel waarboven de verdeling kan gefit wordt gevonden bij het ranknummer 46, en komt overeen met een helling (β) gelijk aan 0,0044.

Vermits 1/MUT een exponentiële verdeling volgt zullen de onafhankelijke minima zelf een Fréchet-verdeling volgen.

Tabel 21 geeft een overzicht van de resultaten van de afgeijkte Fréchet verdeling. Zo stemt een minimaal waterpeil van 5,24 mTAW overeen met een herhalingsperiode van 25 jaar. O.w.v. de relatief beperkte lengte van de meetreeks (14,4 jaar) dienen de grotere herhalingsperiodes (vanaf 30 jaar) met de nodige omzichtigheid benaderd te worden. Deze waarden zijn minder betrouwbaar t.g.v. de onzekerheid op de extrapolatie naar grotere herhalingsperiodes.

Tabel 21 Herhalingsperiodes met hun corresponderende waterpeilen op basis van de extreme waarden analyse van de waterpeilen op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	Minimum waterpeil (mTAW) volgens de afgeijkte Fréchet verdeling
5	5,44
10	5,35
25	5,24
50	5,15
100	5,07



Figuur 32 Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)

Wanneer Tabel 21 met Tabel 19 wordt vergeleken, wordt een sterke overeenkomst (verschillen kleiner dan 5 cm) vastgesteld voor kleinere herhalingsperiodes.

3.3.8 Waterpeil op de Dender te Teralfene opwaarts stuw

3.3.8.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

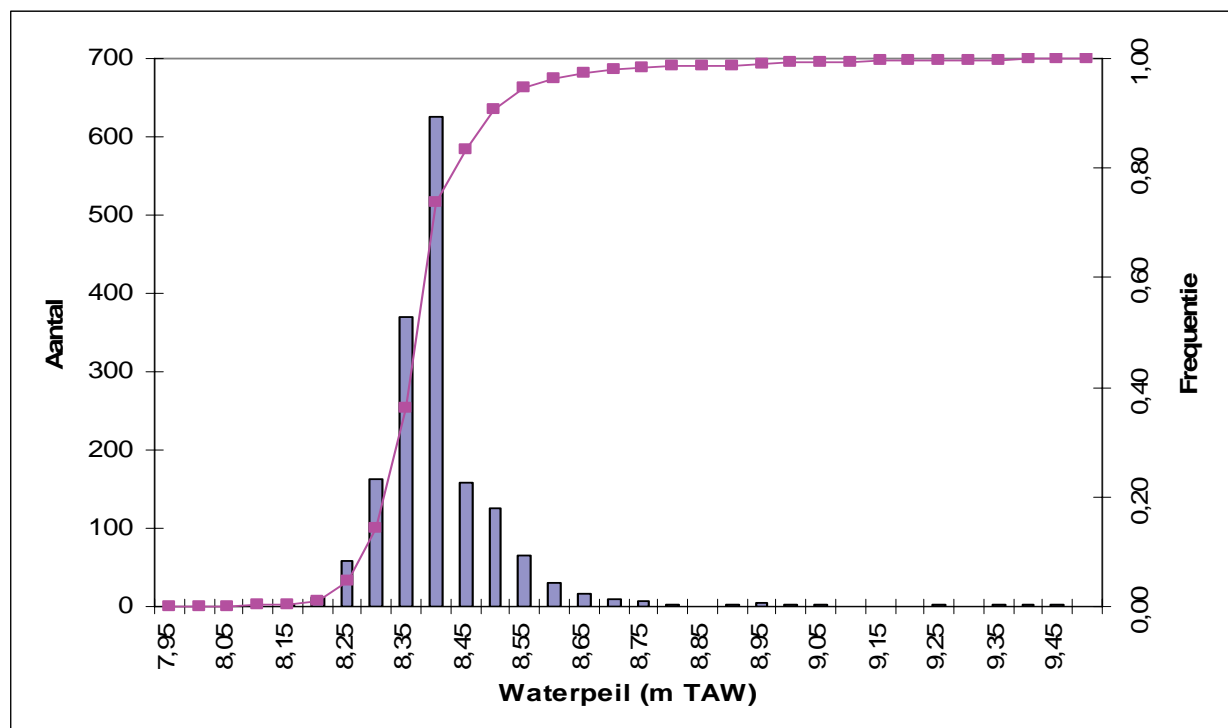
Volledige meetreeks

In Figuur 23 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 16.

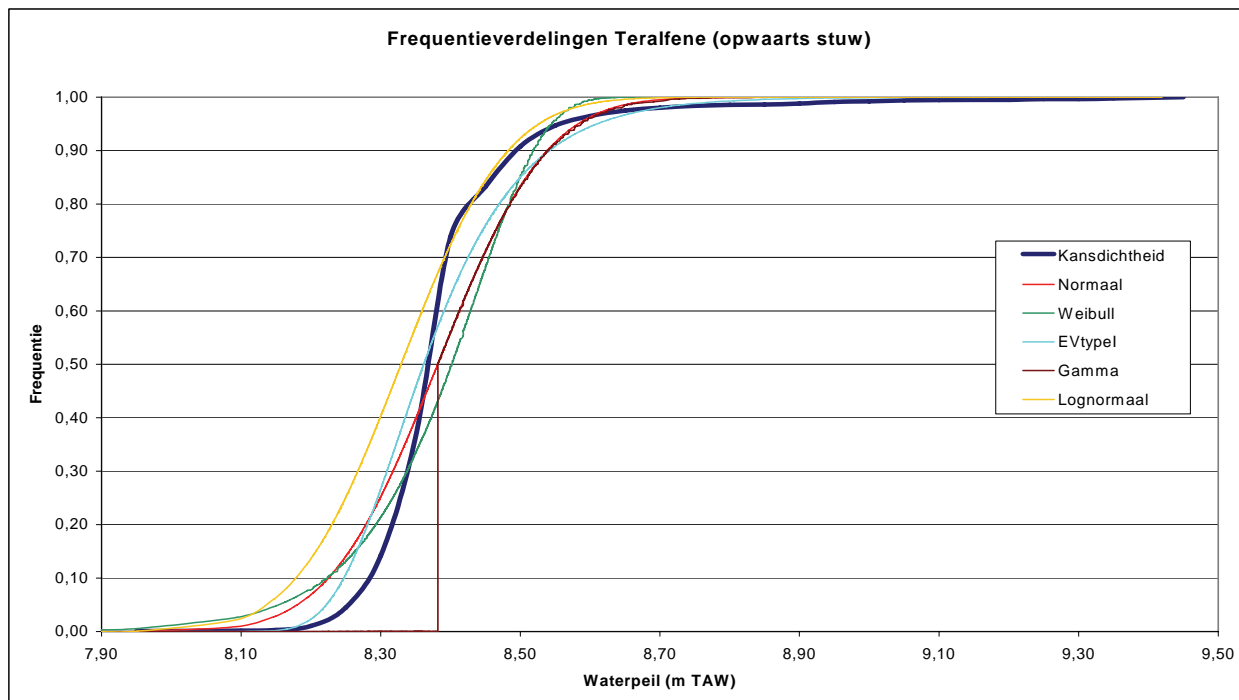
Tabel 22 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Teralfene (Opwaarts stuw)	8,20	8,26	8,29	8,34	8,36

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 24. Uit de figuur blijkt geen enkele van de gekozen verdelingen de kansdichtheidsfunctie benadert. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpeilen benadert 1 cm, de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. De peilverschillen bij laagwater dienen dan ook met de nodige omzichtigheid behandeld te worden.



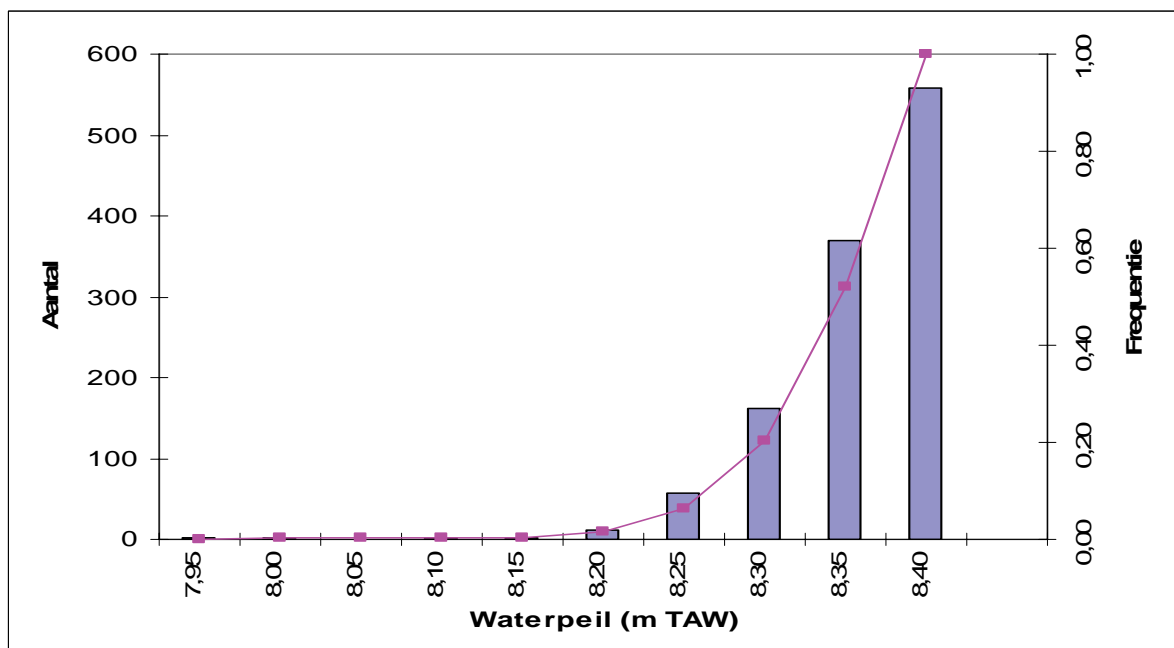
Figuur 33 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)



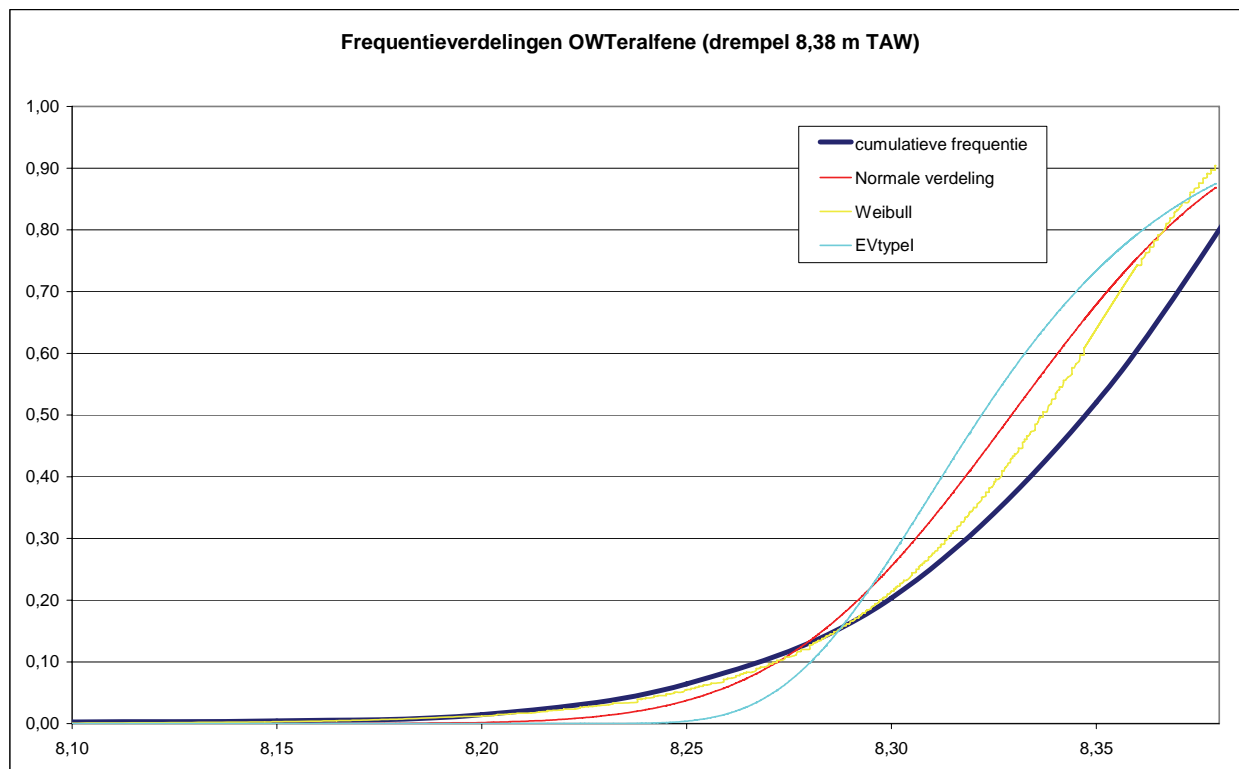
Figuur 34 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeksen op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)

Meetreeksen onder bepaalde drempel

Het gemiddelde peil ter hoogte van de stuw bedraagt 8,38 mTAW. Het histogram met de cumulatieve kansdichtheidsfunctie, en de fitting van de verschillende verdelingen onder deze drempel worden respectievelijk weergegeven in Figuur 39 en Figuur 40. Uit deze figuren komt naar voor dat de Weibull verdeling aanvaardbare overeenkomsten vertoont met de cumulatieve kansdichtheidsfunctie. Goede overeenkomsten worden gerealiseerd voor de laagste waterpeilen.



Figuur 35 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 8,38 mTAW op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)



Figuur 36 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 8,38 mTAW op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)

Aan de hand van Weibull verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 23. Zo zal het waterpeil van 8,07 mTAW zich eens om de tien jaar voordoen. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 23 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Teralfene (opwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Teralfene (Opwaarts stuw)	8,09	8,07	8,04	8,01	7,99

3.3.8.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeetreeks opwaarts de stuw te Teralfene te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren en alzo een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.9 Waterpeil op de Dender te Teralfene afwaarts stuw

3.3.9.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

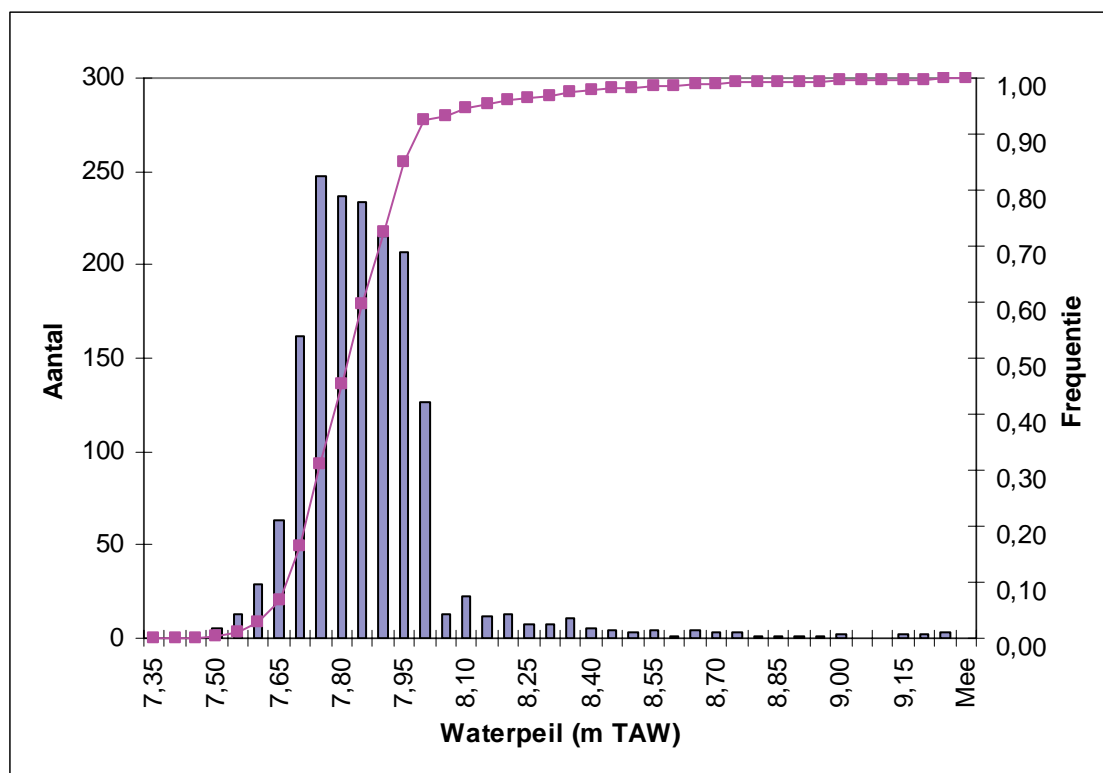
Volledige meetreeks

In Figuur 25 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 24.

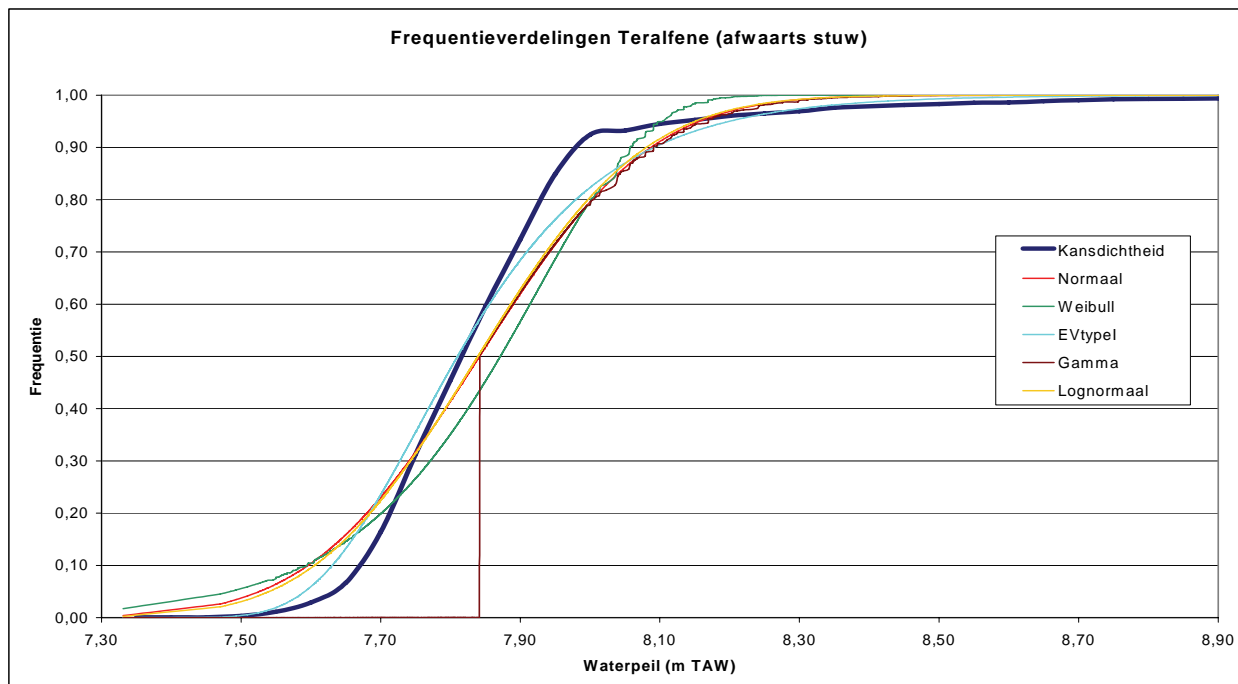
Tabel 24 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Teralfene (Afwaarts stuw)	7,54	7,64	7,68	7,73	7,82

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 26. Uit de figuur blijkt dat geen van de gekozen verdelingen een goede fit bekommt. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpeilen is groter dan de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. Dit impliceert representatieve peilverschillen bij laagwater.



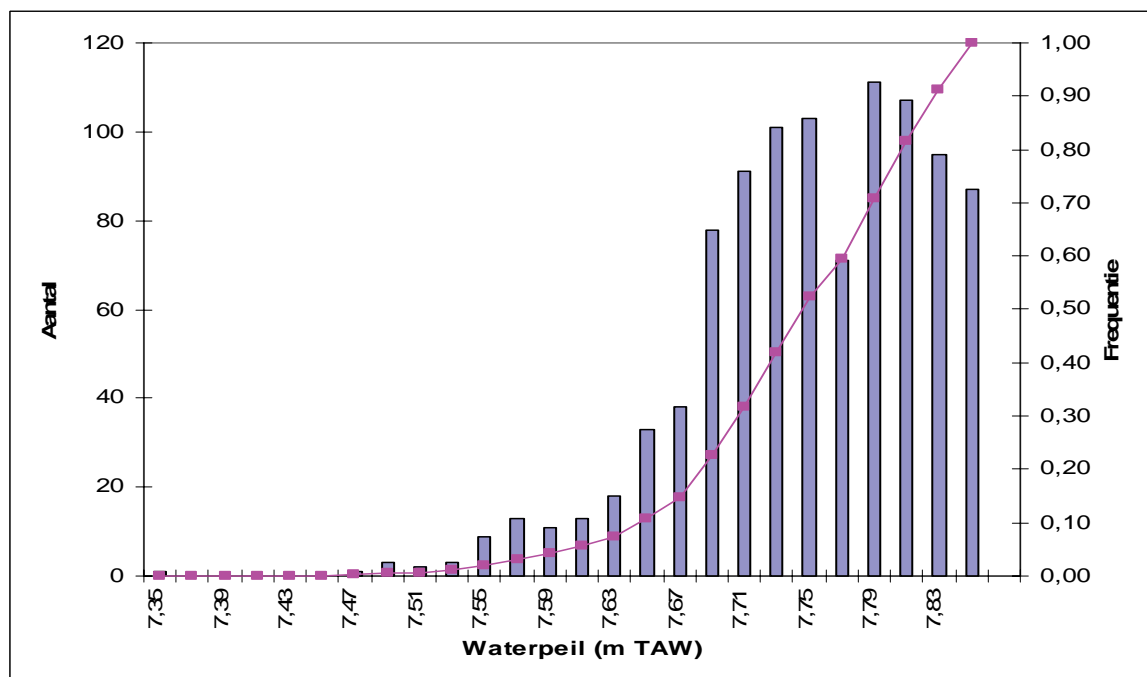
Figuur 37 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw)



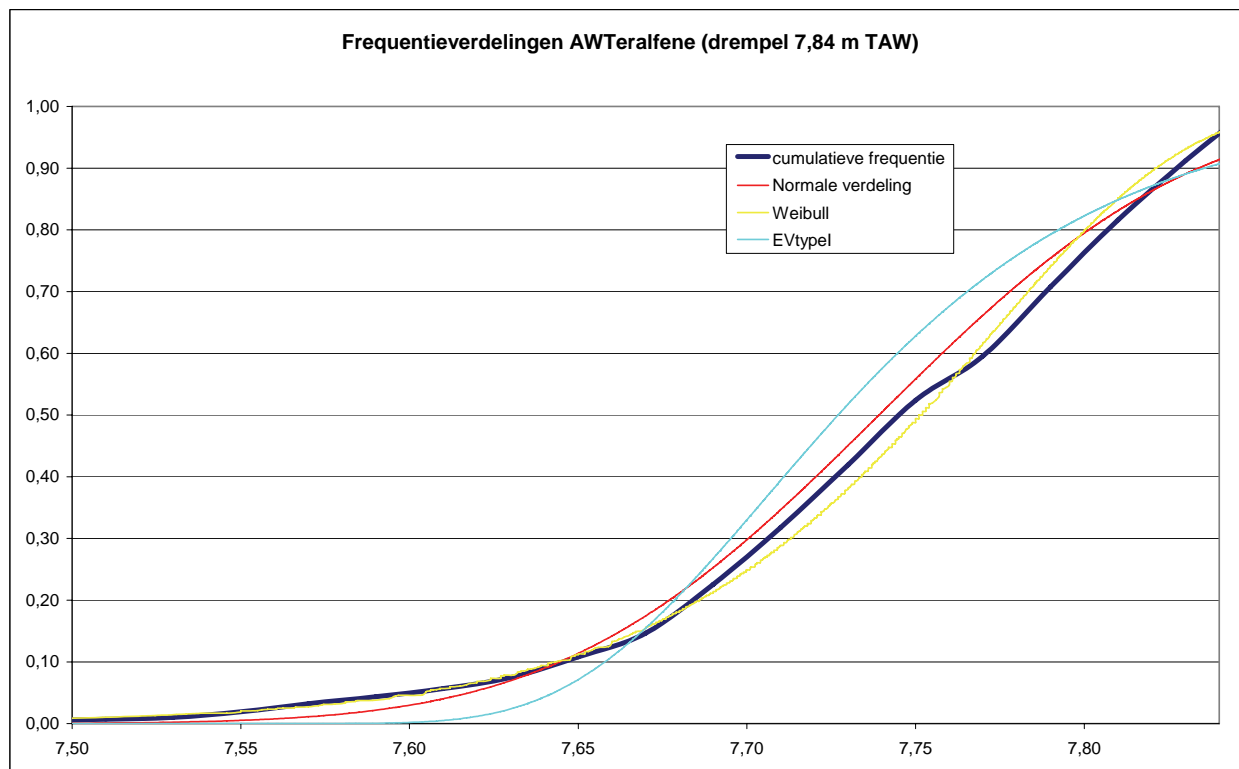
Figuur 38 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw)

Meetreeks onder bepaalde drempel

Het gemiddelde peil ter hoogte van de stuw bedraagt 7,84 mTAW. Het histogram met de cumulatieve kansdichtheidfunctie, en de fitting van de verschillende verdelingen onder deze drempel worden respectievelijk weergegeven in Figuur 39 en Figuur 40. Uit deze figuren komt naar voor dat de Weibull verdeling goede overeenkomsten vertoont met de cumulatieve kansdichtheidfunctie.



Figuur 39 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 7,84 mTAW op de Dender te Teralfene (Afwaarts stuw)



Figuur 40 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 7,84 mTAW op de Dender te Teralfene (Afwaarts stuw)

Aan de hand van de Weibull verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 25. Zo zal een waterpeil van 7,31 mTAW overeenstemmen met een herhalingsperiode van 10 jaar. De resultaten uit deze tabel dienen met de nodige omzichtigheid behandeld te worden, zeker voor hogere herhalingsperiodes. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 25 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Teralfene (Afwaarts stuw)	7,35	7,31	7,26	7,22	7,19

3.3.9.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeetreeks afwaarts de stuw te Teralfene te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren en alzo een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.10 Waterpeil op de Dender te Pollare opwaarts stuw

3.3.10.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

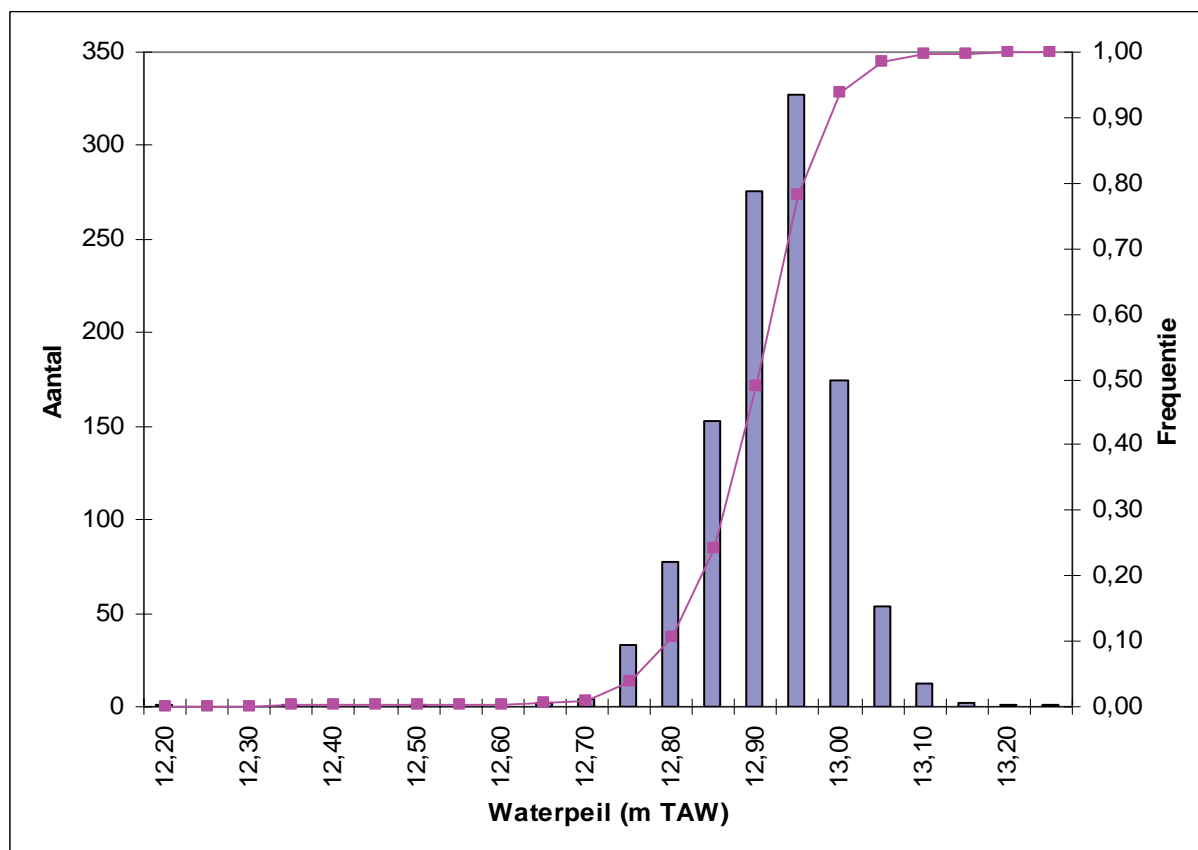
Volledige meetreeks

In Figuur 41 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (opwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 26.

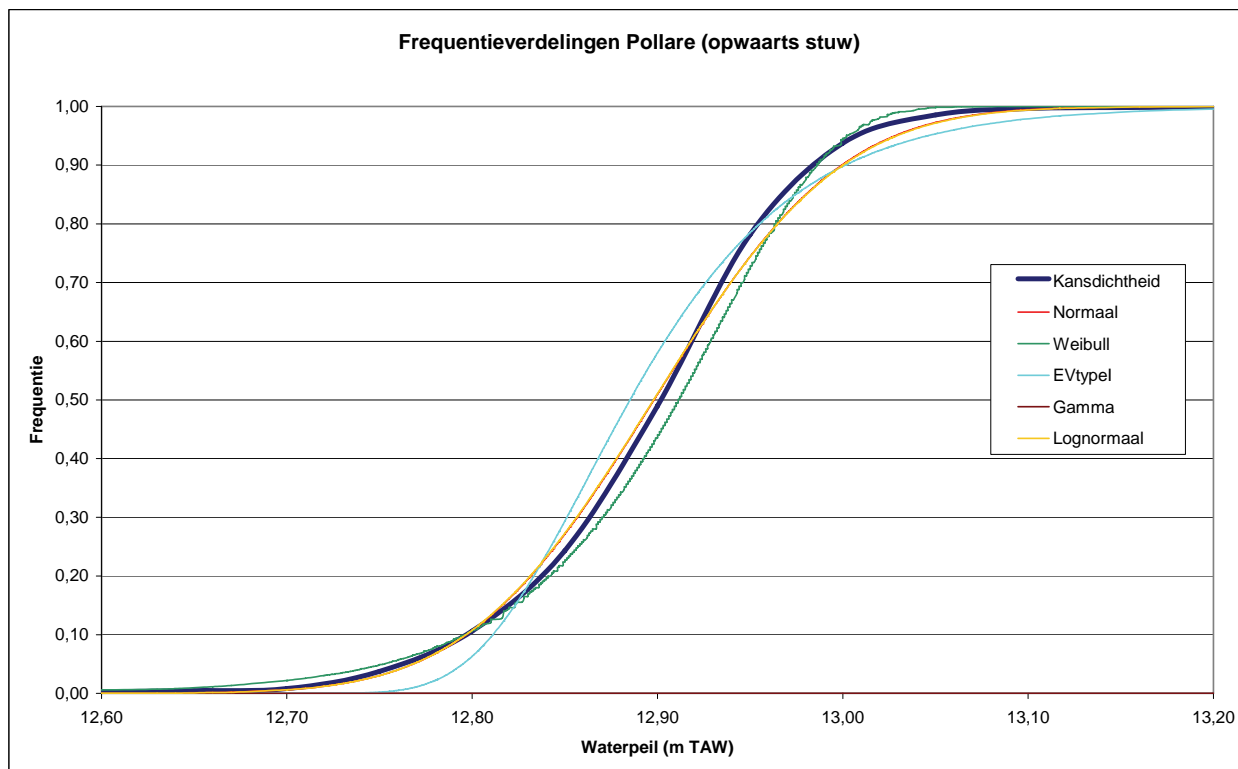
Tabel 26 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Pollare (opwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Pollare (Opwaarts stuw)	12,72	12,76	12,80	12,85	12,90

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 42. Uit de figuur blijkt dat de normale en lognormale verdelingen een goede fit geven van de kansverdelingsfunctie. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpeilen benadert 1 cm, de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. De peilverschillen bij laagwater dienen dan ook met de nodige omzichtigheid behandeld te worden.



Figuur 41 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (opwaarts stuw)



Figuur 42 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (opwaarts stuw)

Aan de hand van de normale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 27. Zo komt het waterpeil van 12,63 mTAW overeen met een herhalingsperiode van de tien jaar. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 27 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Pollare (opwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Pollare (Opwaarts stuw)	12,64	12,63	12,61	12,59	12,58

3.3.10.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeetreeks opwaarts de stuw te Pollare te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren, en een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.11 Waterpeil op de Dender te Pollare afwaarts stuw

3.3.11.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

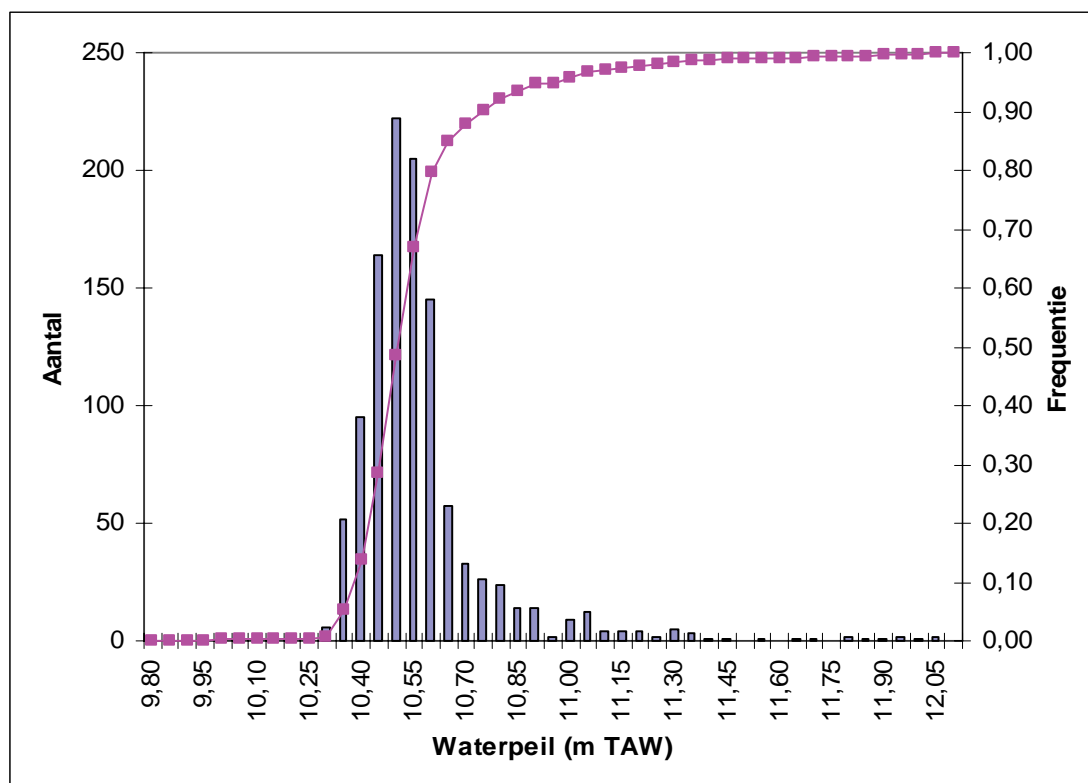
Volledige meetreeks

In Figuur 43 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (afwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 28.

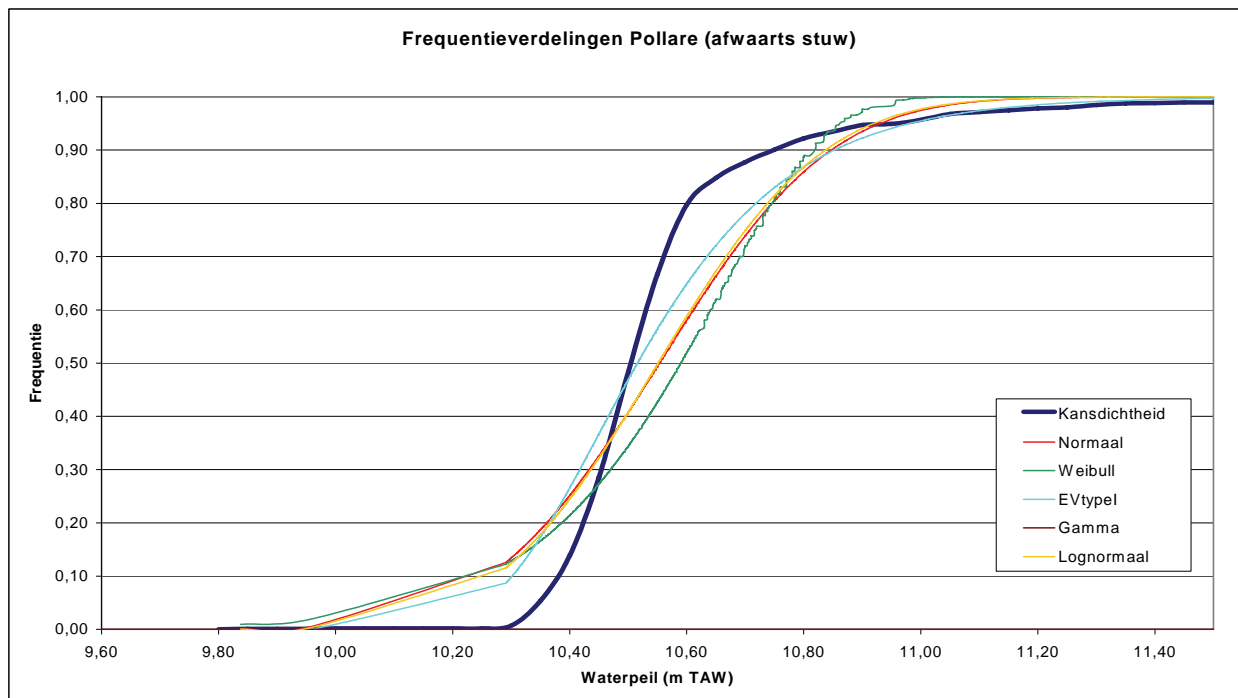
Tabel 28 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Pollare (afwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Pollare (Afwaarts stuw)	10,3	10,35	10,38	10,44	10,50

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 44. Uit de figuur blijkt dat geen van de gekozen verdelingen een goede fit bekommt. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentiëlepeilen benadert 1 cm, de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. De peilverschillen bij laagwater dienen dan ook met de nodige omzichtigheid behandeld te worden.



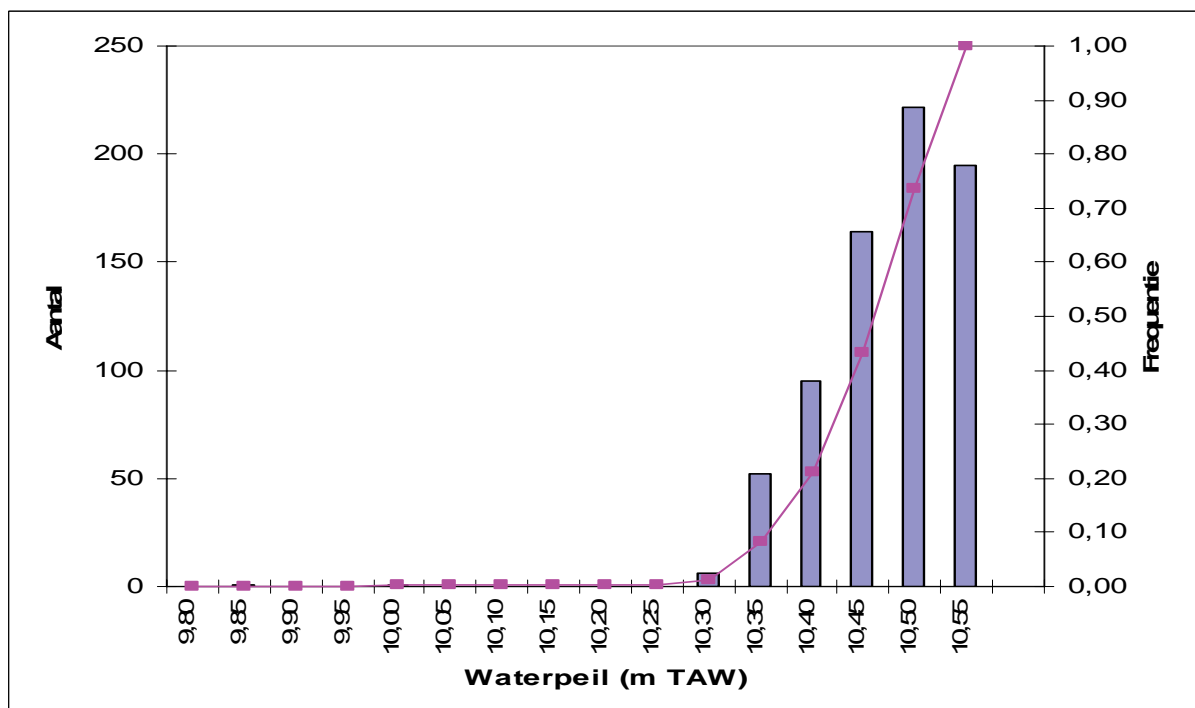
Figuur 43 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (afwaarts stuw)



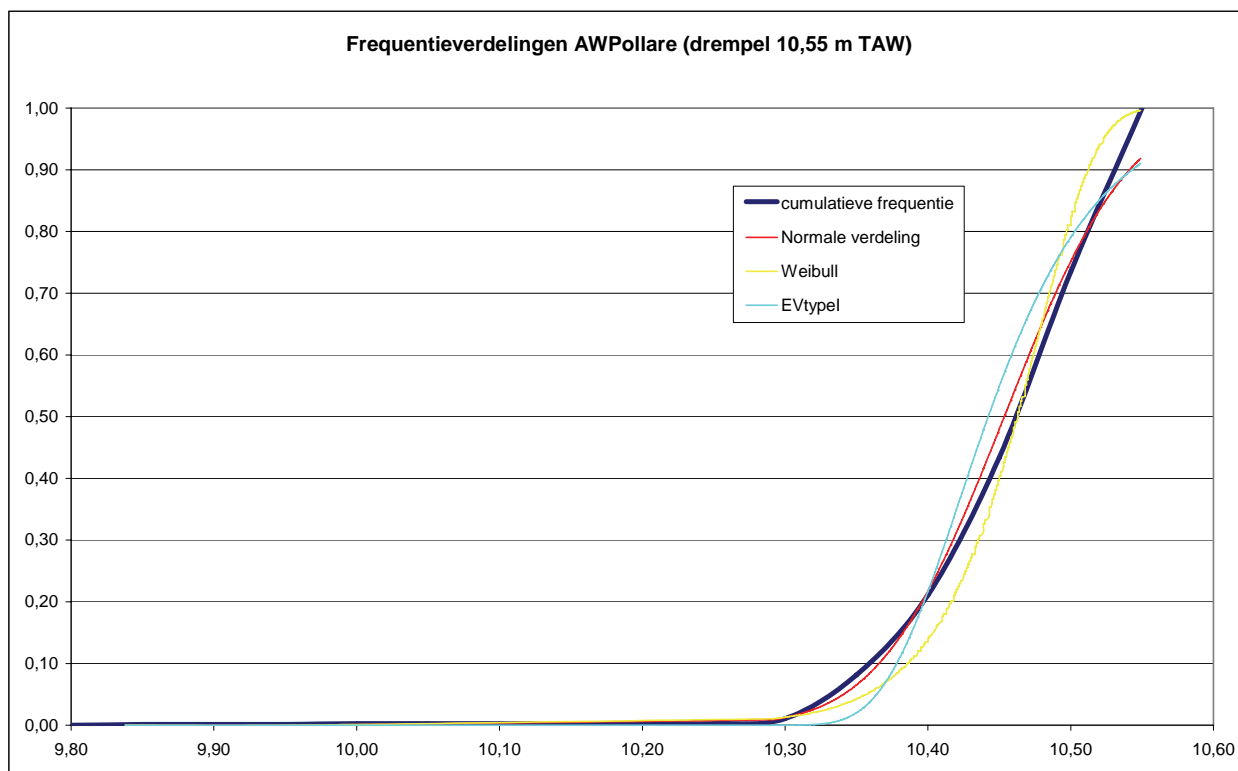
Figuur 44 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Pollare (afwaarts stuw)

Meetreeks onder bepaalde drempel

Het gemiddelde peil ter hoogte van de stuw bedraagt 10,55 mTAW. Het histogram met de cumulatieve kansdichtheidfunctie, en de fitting van de verschillende verdelingen onder deze drempel worden respectievelijk weergegeven in Figuur 49 en Figuur 45. Uit deze figuren komt naar voor dat de normale verdeling zeer goede overeenkomsten vertoont met de cumulatieve kansdichtheidfunctie.



Figuur 45 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 10,55 mTAW op de Dender te Pollare (Afwaarts stuw)



Figuur 46 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 10,55 mTAW op de Dender te Pollare (Afwaarts stuw)

Aan de hand van de Normale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 29. Zo zal een waterpeil van 10,22 mTAW zich eens om de tien jaar voordoen. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 29 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Pollare (afwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Pollare (Afwaarts stuw)	10,23	10,22	10,20	10,19	10,18

3.3.11.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeetreeks afwaarts de stuw te Pollare te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren en een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.12 Waterpeil op de Dender te Idegem opwaarts stuw

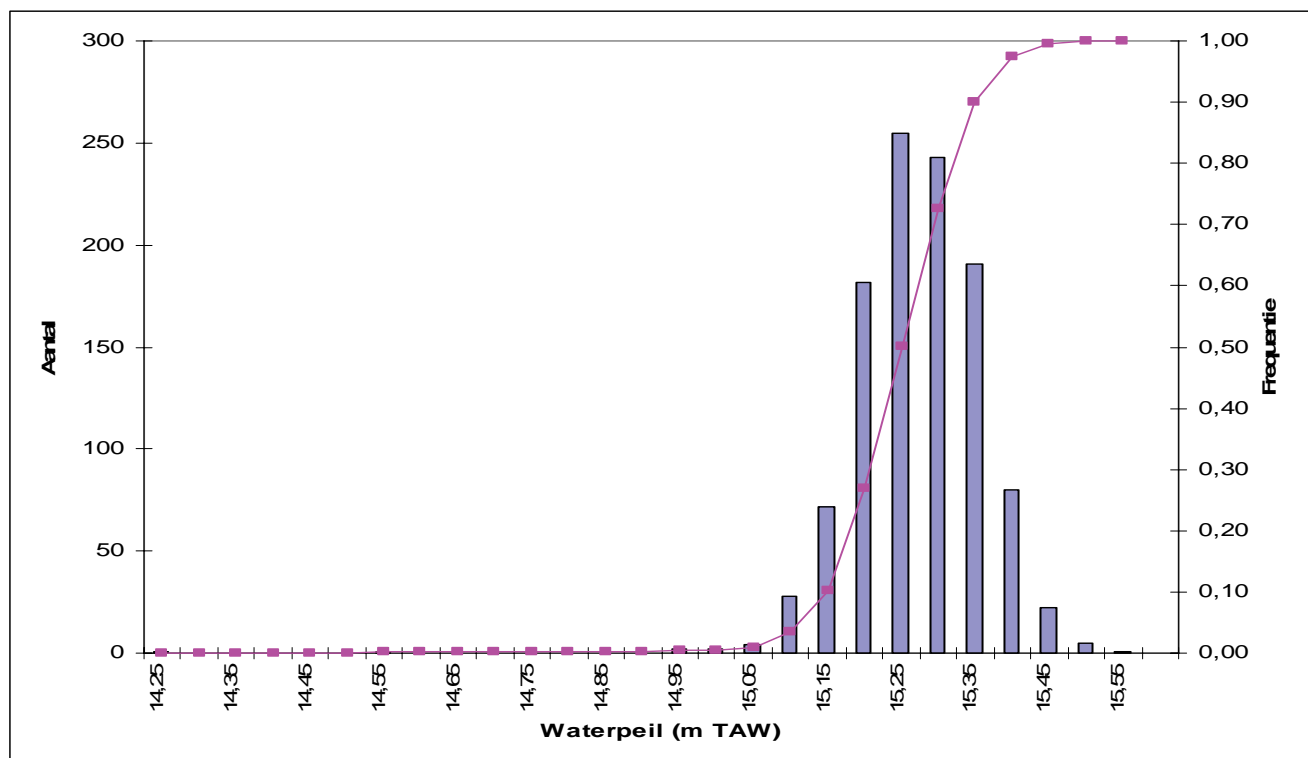
3.3.12.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

In Figuur 47 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (opwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 30.

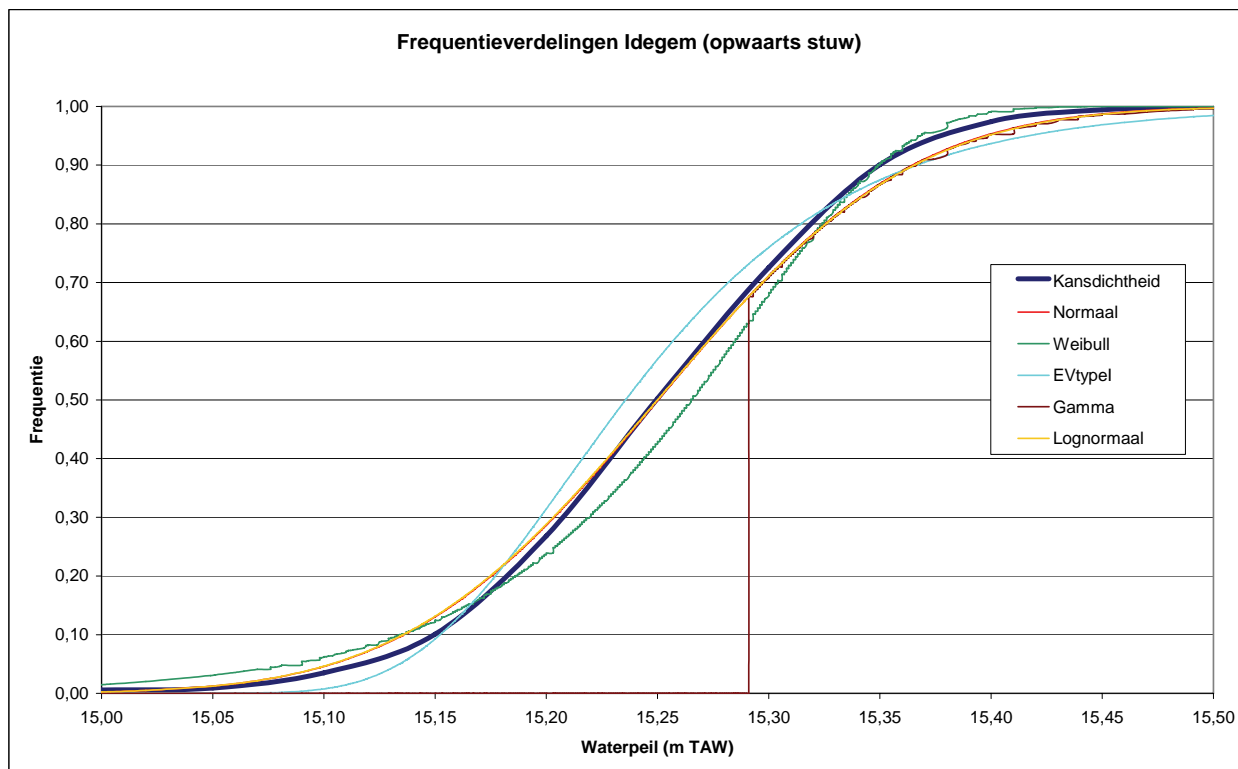
Tabel 30 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Idegem (opwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Idegem (Opwaarts stuw)	15,05	15,12	15,15	15,20	15,25

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 48. Uit de figuur blijkt dat met zowel de Normale en lognormale verdeling de beste fitting wordt bekomen. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentiëlepeilen is groter dan de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. Hierdoor kunnen de waterpeilverschillen als representatief beschouwd worden.



Figuur 47 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (opwaarts stuw)



Figuur 48 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (opwaarts stuw)

Aan de hand van lognormale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 31. Zo zal het waterpeil van 14,94 mTAW zich eens om de tien jaar voordoen. De resultaten uit deze tabel dienen, zoals eerder aangehaald, met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 31 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Idegem (opwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Idegem (Opwaarts stuw)	14,96	14,94	14,92	14,91	14,89

3.3.12.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeetreeks opwaarts de stuw te Idegem te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren en een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.13 Waterpeil op de Dender te Idegem afwaarts stuw

3.3.13.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

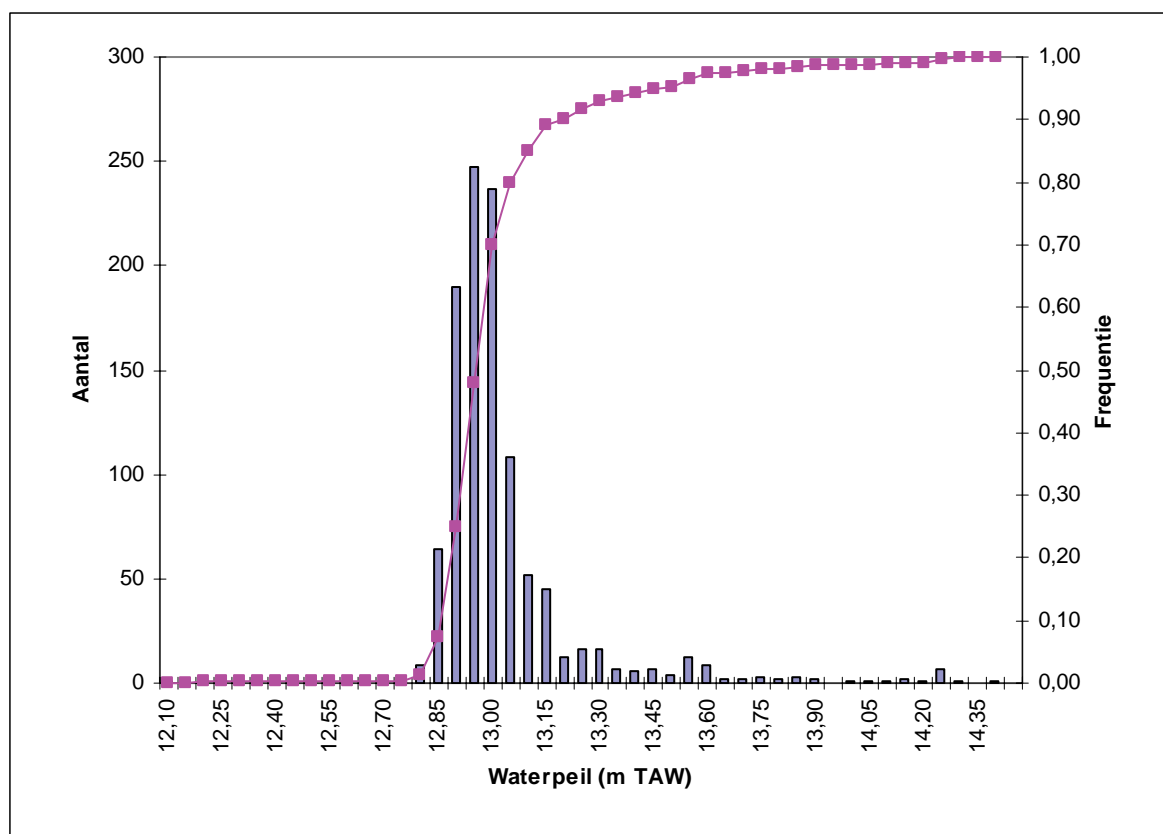
Volledige meetreeks

In Figuur 49 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (afwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 32.

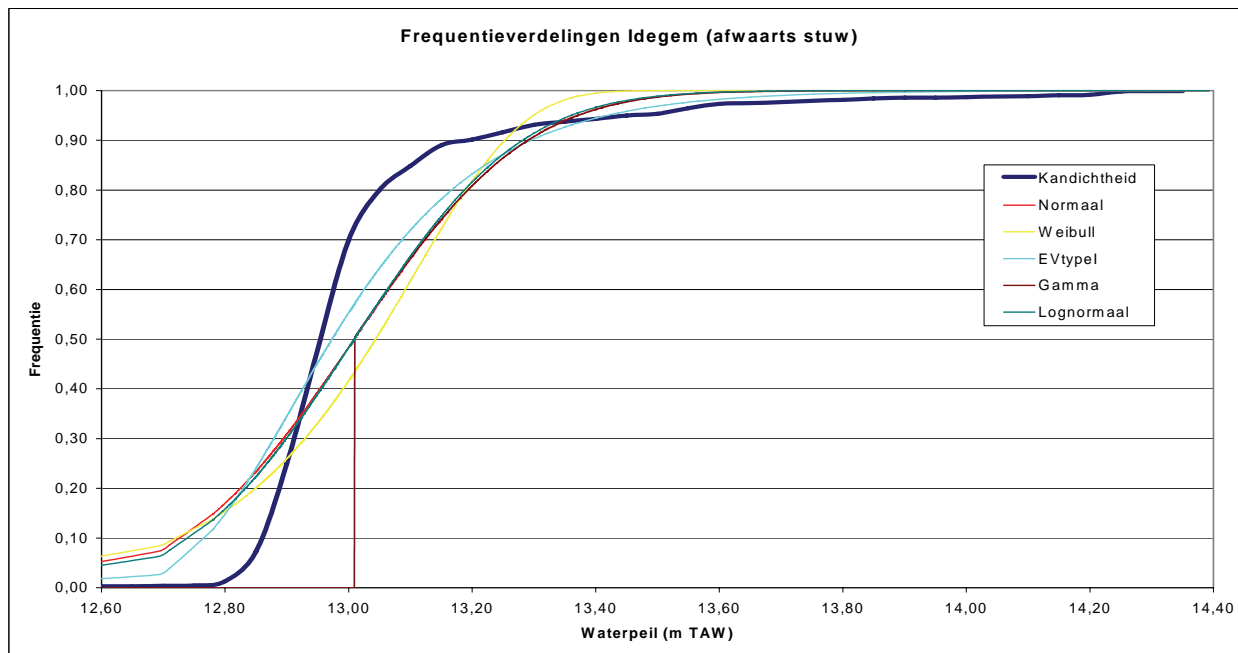
Tabel 32 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Idegem (afwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Idegem (Afwaarts stuw)	12,77	12,83	12,86	12,90	12,96

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 50. Uit de figuur blijkt dat geen van de gekozen verdelingen een goede fit bekommt. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentiëlepeilen benadert 1 cm, de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. De peilverschillen bij laagwater dienen dan ook met de nodige omzichtigheid behandeld te worden.



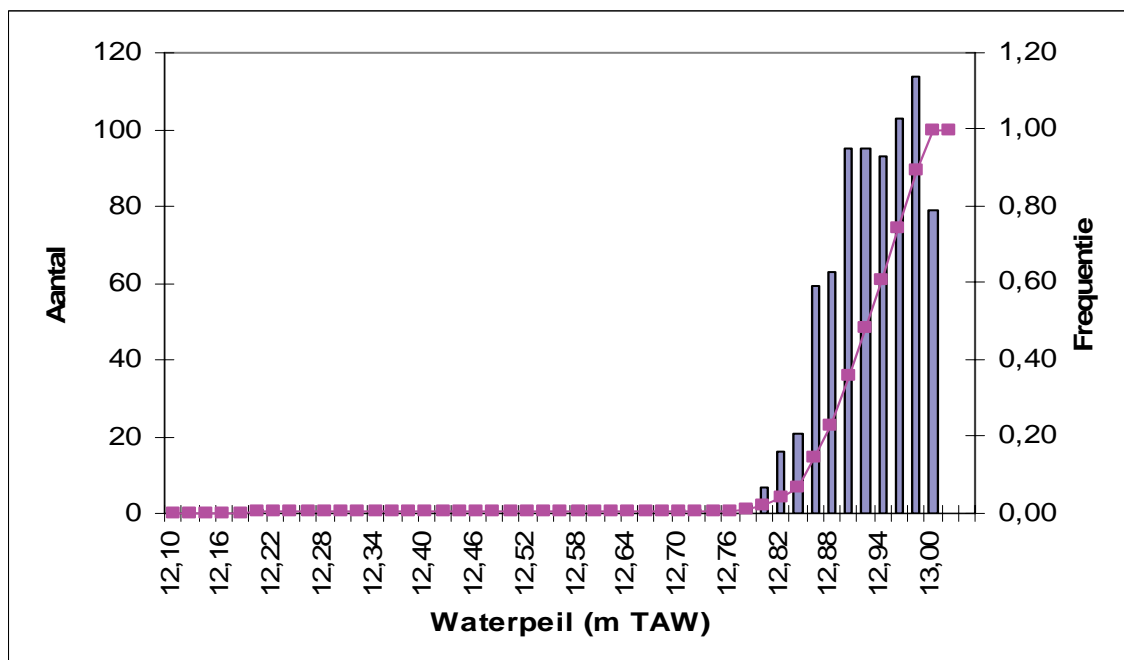
Figuur 49 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (afwaarts stuw)



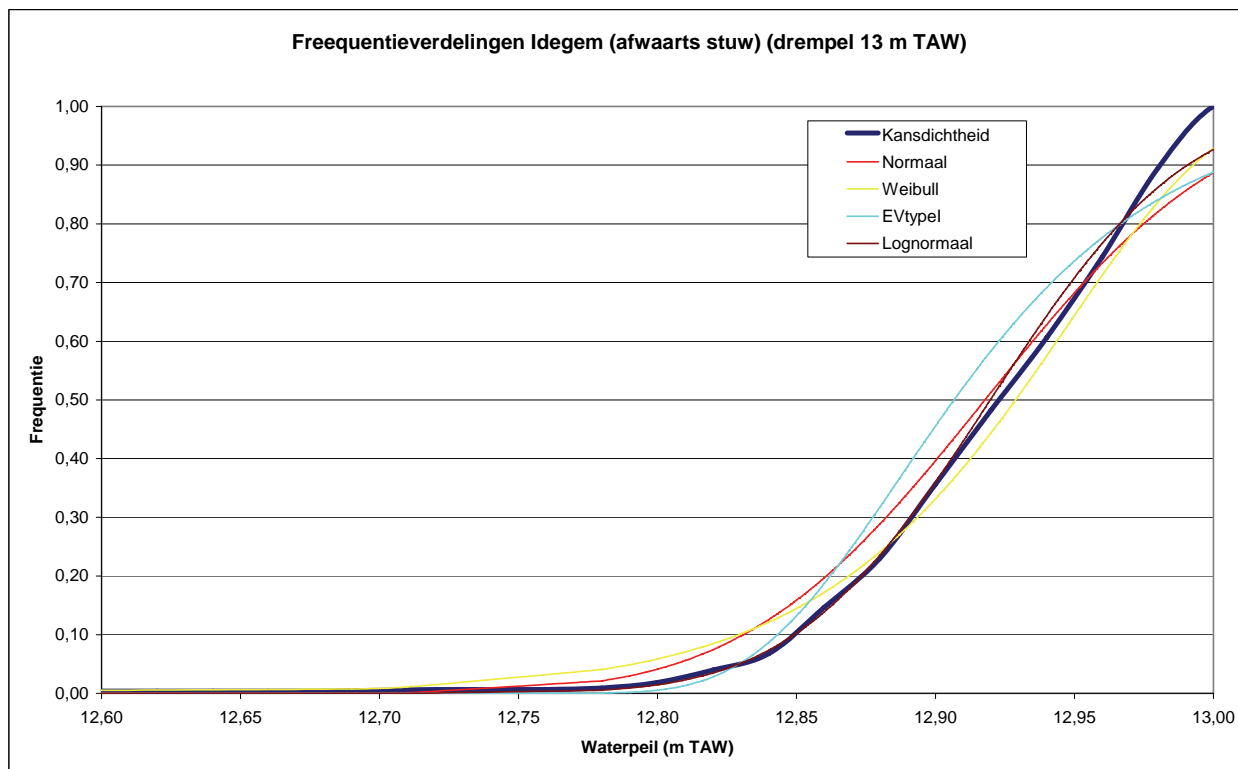
Figuur 50 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Idegem (afwaarts stuw)

Meetreeks onder bepaalde drempel

Het gemiddelde peil ter hoogte van de stuw Idegem bedraagt 13 mTAW. Het histogram met de cumulatieve kansdichtheidfunctie, en de fitting van de verschillende verdelingen onder deze drempel worden respectievelijk weergegeven in Figuur 51 en Figuur 52. Uit deze figuren komt naar voor dat de lognormale verdeling geschikt is om het gedrag afwaarts de stuw te Idegem na te bootsen.



Figuur 51 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 13 mTAW op de Dender te Idegem (Afwaarts stuw)



Figuur 52 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 4,13 mTAW op de Dender te Idegem (Afwaarts stuw)

Aan de hand van lognormale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 34. Zo zal het waterpeil van 12,73 mTAW zich eens om de tien jaar voordoen. De resultaten uit deze tabel dienen met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 33 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Idegem (afwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Idegem (afwaarts stuw)	12,74	12,73	12,72	12,71	12,70

3.3.13.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeetreeks afwaarts de stuw te Idegem te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren en een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.14 Waterpeil op de Dender te Geraardsbergen opwaarts stuw

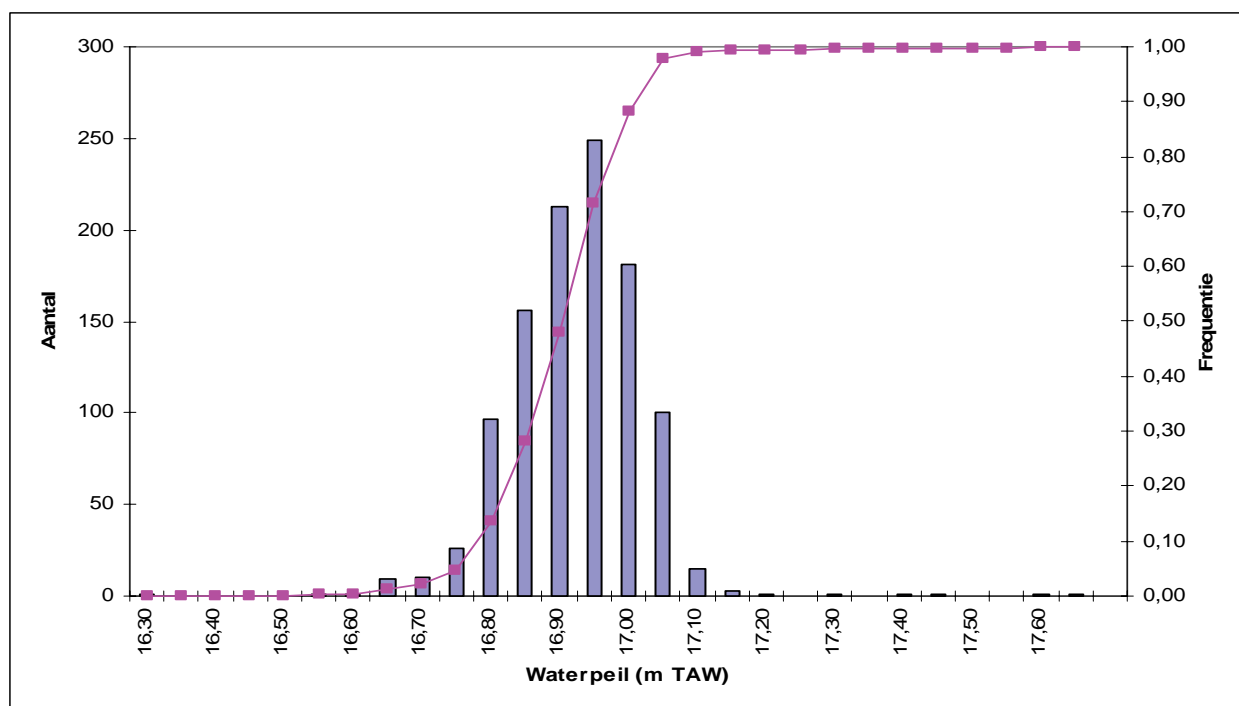
3.3.14.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

In Figuur 53 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 34.

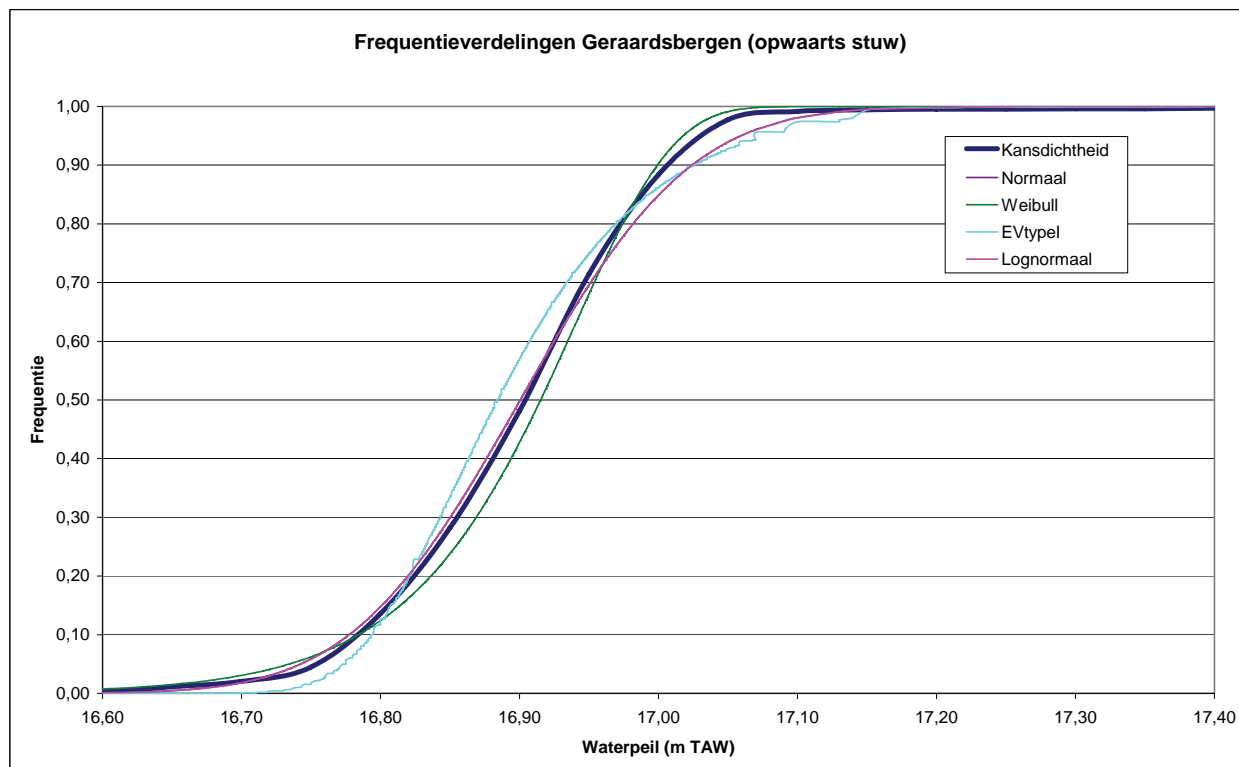
Tabel 34 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Gerradsbergen (opwaarts stuw)	16,64	16,75	16,78	16,83	16,90

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 54. Uit de figuur blijkt dat met zowel de Normale en lognormale verdeling de beste fitting wordt bekomen. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpelen is groter dan 1 cm. Hierdoor kunnen de statistische resultaten als representatief beschouwd worden.



Figuur 53 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw)



Figuur 54 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw)

Aan de hand van de lognormale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 35. Zo zal het waterpeil van 16,57 mTAW zich eens om de tien jaar voordoen. De resultaten uit deze tabel dienen met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 35 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw)	16,59	16,57	16,55	16,53	16,52

3.3.14.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeetreeks opwaarts de stuw te Geraardsbergen te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren en een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.15 Waterpeil op de Dender te Geraardsbergen afwaarts stuw

3.3.15.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

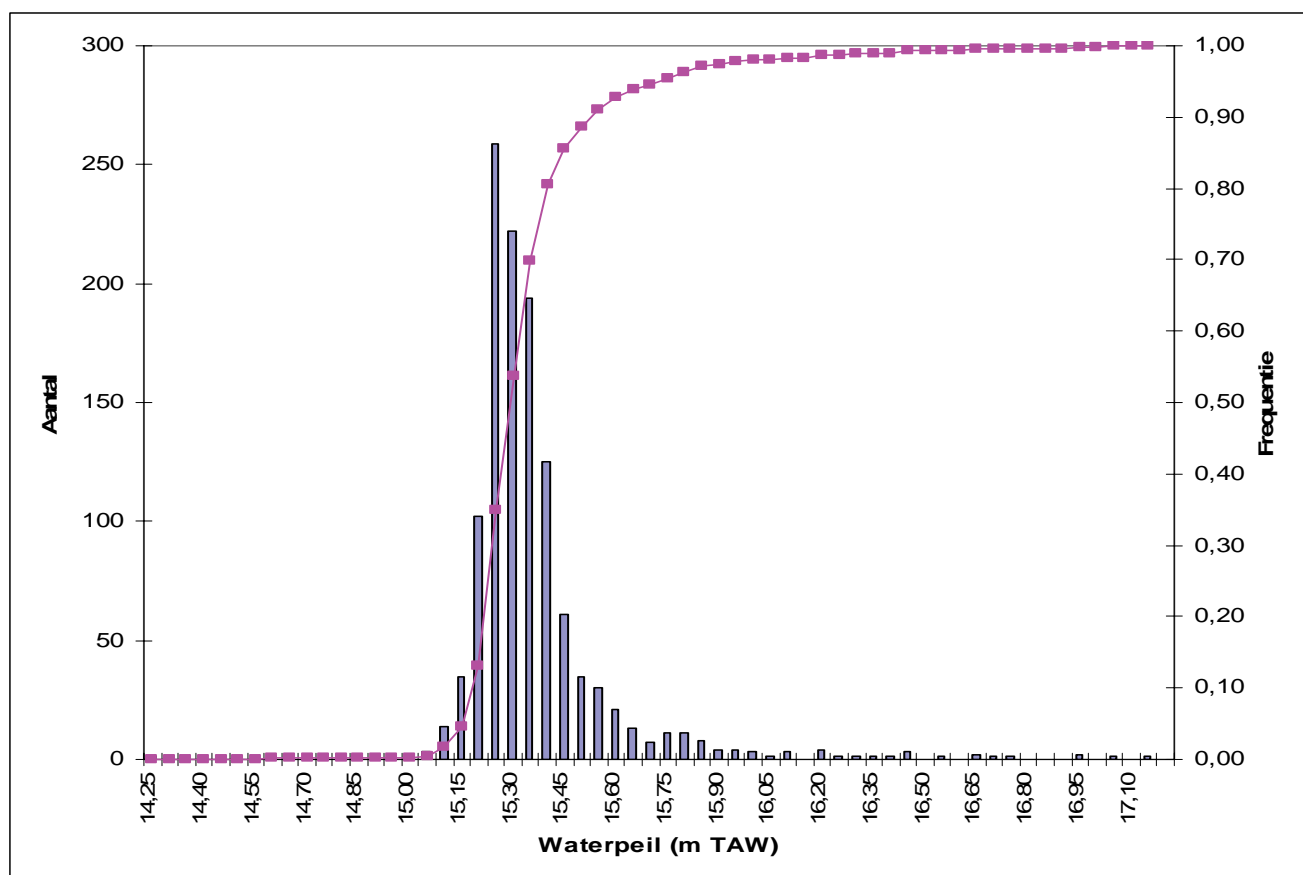
Volledige meetreeks

In Figuur 55 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw) weergegeven. Als klassebreedte werd 0,05 mTAW genomen. De onderschrijdingskansen (percentielwaterpeilen) van de waterpeilen worden weergegeven in Tabel 36.

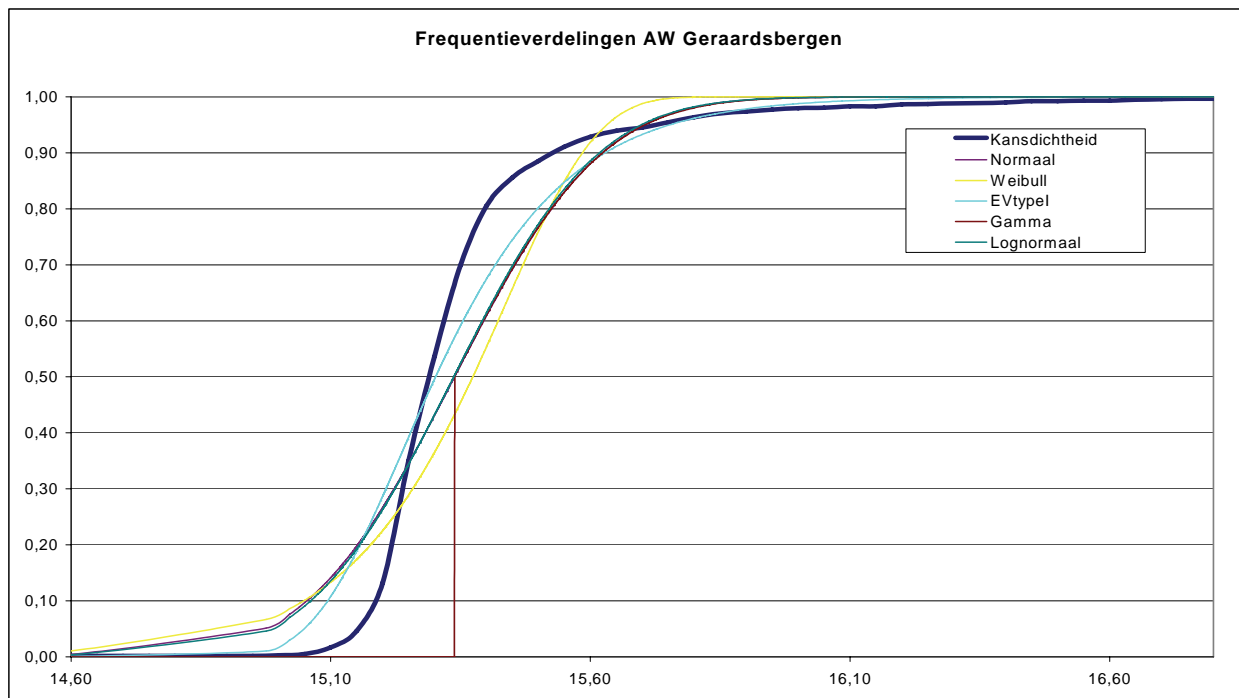
Tabel 36 Onderschrijdingskansen van de waterpeilen op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw) (mTAW)

Onderschrijdingskansen (%)	H1	H5	H10	H25	H50
Dender te Geraardsbergen (Afwaarts stuw)	15,07	15,11	15,18	15,22	15,29

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 56. Uit de figuur blijkt dat geen van de gekozen verdelingen een goede fit bekommt. Het verschil in waterhoogte tussen twee opeenvolgende percentielpeilen benadert 1 cm, de meetnauwkeurigheid van de limnimeter. Hierdoor dienen de peilverschillen bij laagwater met de nodige omzichtigheid benaderd te worden.



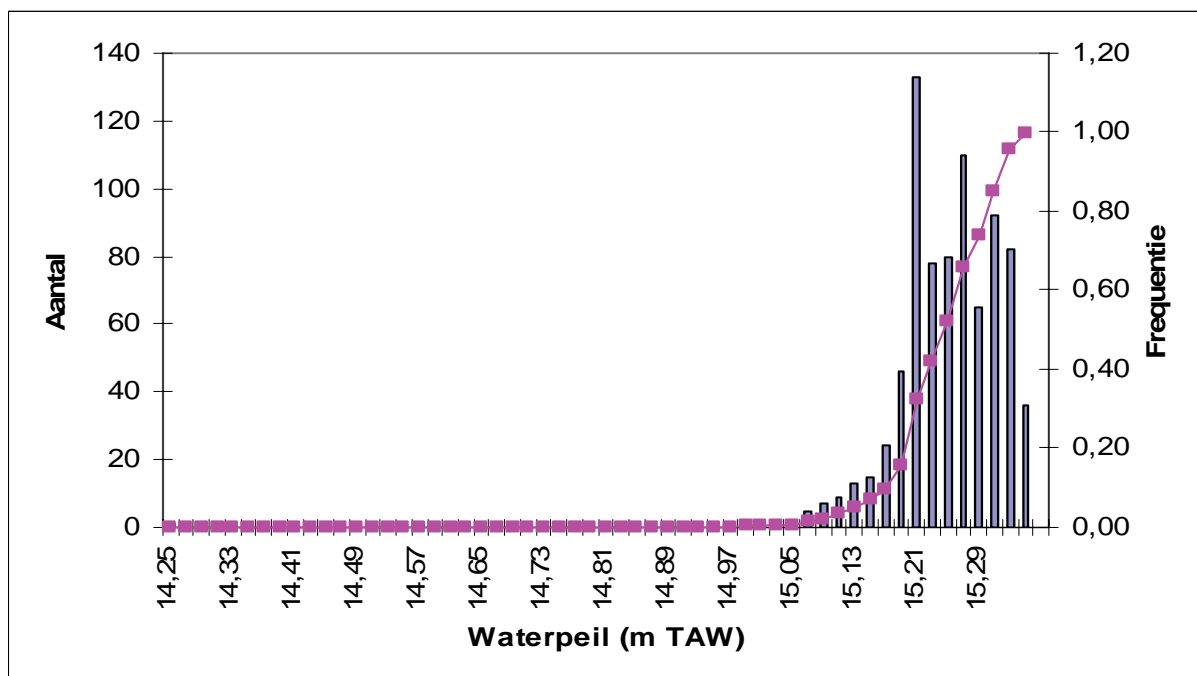
Figuur 55 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)



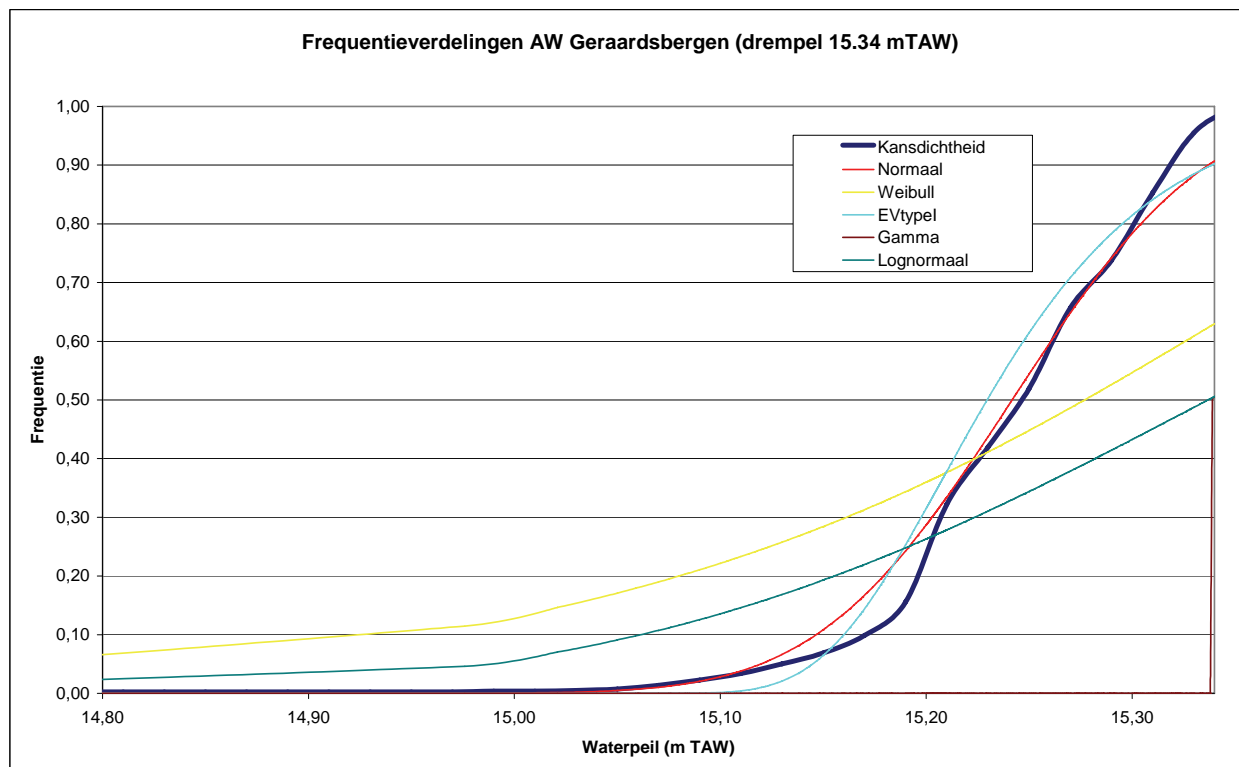
Figuur 56 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeksen op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)

Meetreeksen onder bepaalde drempel

Het gemiddelde peil ter hoogte van de stuw Geraardsbergen (afwaarts) is 15,34 mTAW. Het histogram met de cumulatieve kansdichtheidfunctie, en de fitting van de verschillende verdelingen onder deze drempel worden respectievelijk weergegeven in Figuur 57 en Figuur 58. Uit deze figuren komt naar voor dat de normale verdeling aanvaardbare overeenkomsten vertoont met de cumulatieve kansdichtheidsfunctie.



Figuur 57 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie onder de drempel van 15,34 mTAW op de Dender te Geraardsbergen (Afwaarts stuw)



Figuur 58 Fitting frequentieverdelingen onder drempel 15,34 mTAW op de Dender te Geraardsbergen (Afwaarts stuw)

Aan de hand van de normale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 35. Zo zal het waterpeil van 14,99 mTAW zich eens om de tien jaar voordoen. De resultaten uit deze tabel dienen met de nodige omzichtigheid behandeld te worden. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaald waterpeil, of een overschatting van de waterpeilen voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 37 Waterpeilen (mTAW) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)	15,00	14,99	14,97	14,95	14,94

3.3.15.2 Extreme waarden analyse

Uit de kwaliteitscontrole is gebleken dat de waterpeilmeetreeks afwaarts de stuw te Geraardsbergen te wensen overlaat. Verder is de meetreeks vrij kort. Het is dan ook onmogelijk een voldoende aantal representatieve onafhankelijke limnigramsequenties te selecteren, en een zinvolle extreme waarden analyse door te voeren.

3.3.16 Afvoer op de Dender te Deux-Acren

3.3.16.1 Histogram, cumulatieve kansdichtheidsfunctie en fitting met de momentenmethode

Volledige meetreeks

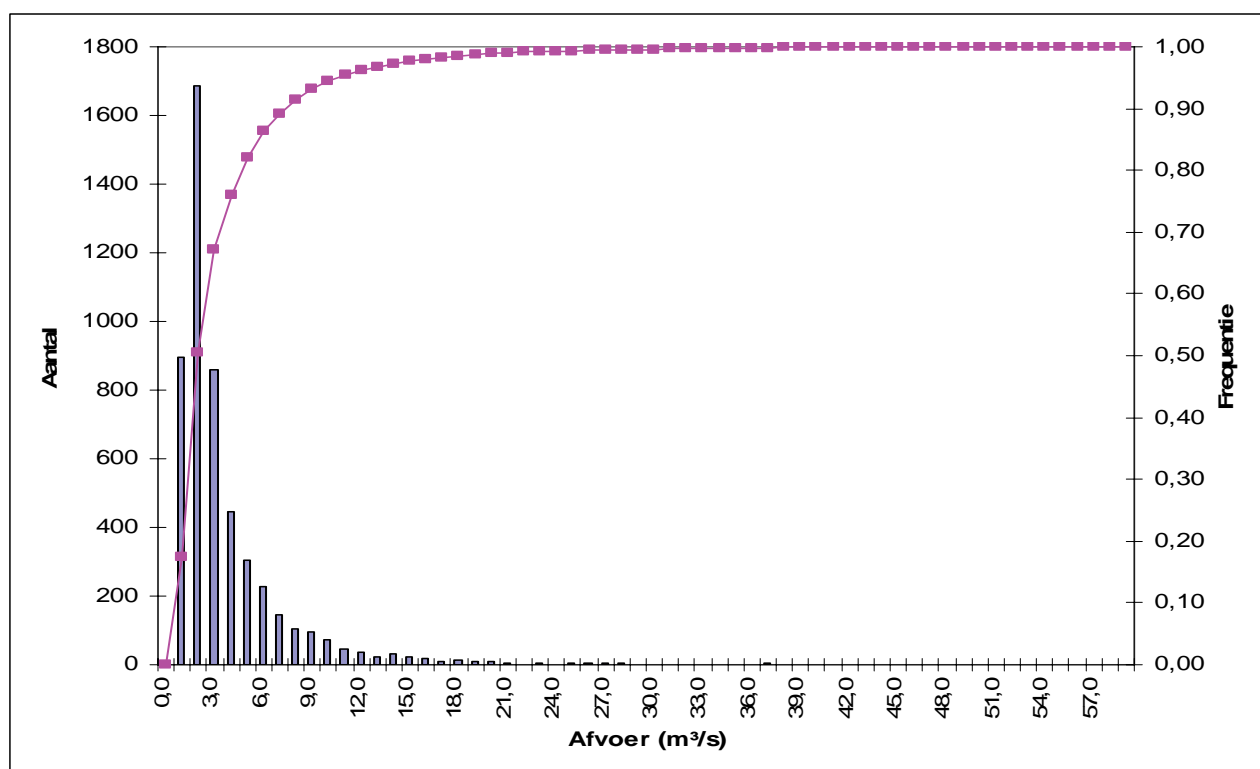
In Figuur 59 wordt het histogram en de cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Deux-Acren weergegeven. Als klassebreedte werd 1 m³/s genomen.

De onderschrijdingskansen (percentieldebieten) van de debieten worden weergegeven in Tabel 38.

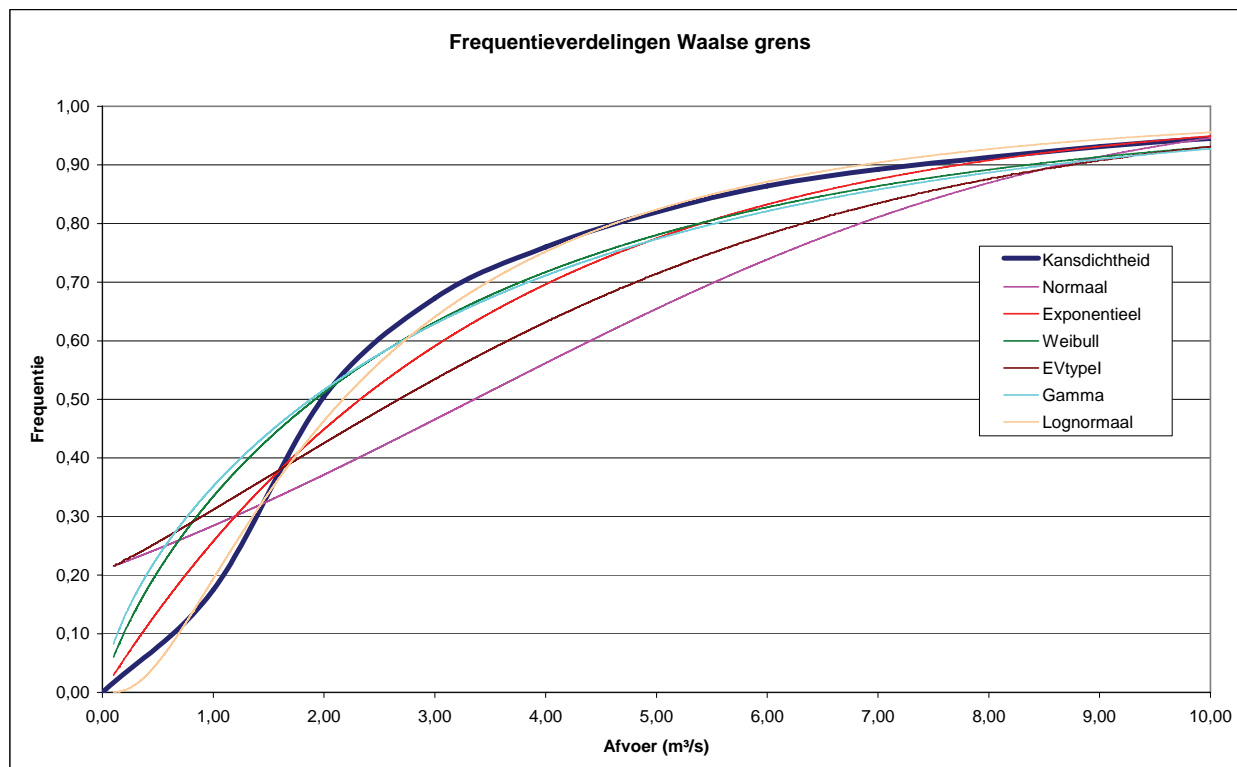
Tabel 38 Onderschrijdingskansen van de afvoeren (m³/s) op de Dender te Deux-Acren

Onderschrijdingskansen (%)	Q1	Q5	Q10	Q25	Q50
Dender te Dendermonde	0,5	0,8	1	1,7	2

Het resultaat van het fitten van de verschillende verdelingsfuncties m.b.v. de Momentenmethode wordt weergegeven in Figuur 60. Uit de figuur blijkt dat de lognormale een zeer goede fit teweegbrengt op de kansverdelingsfunctie.



Figuur 59 Histogram en cumulatieve kansdichtheidsfunctie van de volledige meetreeks op de Dender te Deux-Acren



Figuur 60 Fitting frequentieverdelingen van de volledige meetreeks op de Dender te Deux-Acren

Aan de hand van de lognormale verdeling kan men vervolgens de herhalingsperiodes afleiden, zoals weergegeven in Tabel 39. Zo zal de afvoer van 0,1 m³/s zich eens om de tien jaar voordoen. De resultaten uit deze tabel dienen met de nodige omzichtigheid behandeld te worden, zeker voor hogere herhalingsperiodes. De onafhankelijkheid van de populatiewaarden is niet gegarandeerd. Dit leidt tot een onderschatting van de herhalingsperiodes voor een bepaalde afoer, of een overschatting van de afvoeren voor een bepaalde herhalingsperiode.

Tabel 39 Afvoeren (m³/s) voor verschillende herhalingsperiodes op de Dender te Deux-Acren

Herhalingsperiode (jaar)	5	10	25	50	100
Dender te Deux-Acren	0,12	0,1	0,08	0,07	0,06

3.3.16.2 Extreme waarden analyse

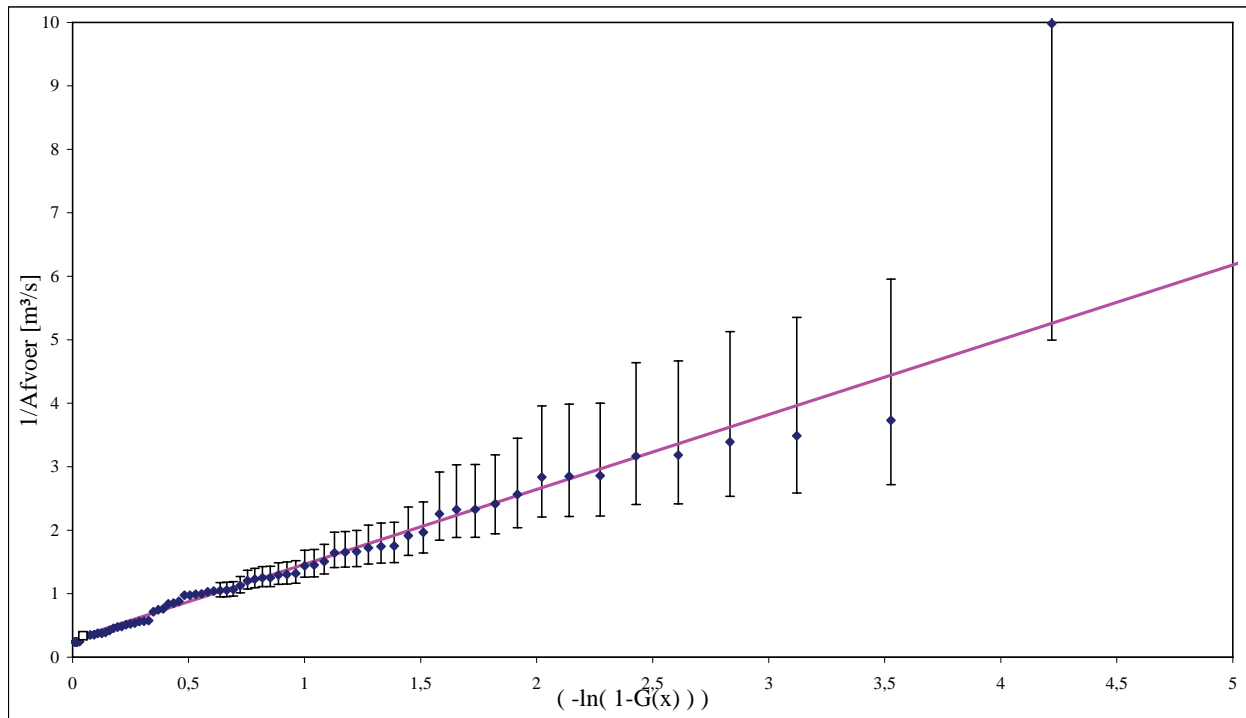
De filterresultaten voor de afvoermeeetreeks op de Dender te Deux-Acren worden weergegeven in Figuur 101 en Figuur 102 van Bijlage A. De recessieconstante van de basisafvoer en hypodermische afstroming is respectievelijk 50 en 3 dagen.

Tabel 40 geeft de gebruikte onafhankelijkheidscriteria weer voor de selectie van de hydrogramperiodes. De recessieconstante ter scheiding van de hydrogramperiodes werd vastgelegd op 40 dagen. De geselecteerde POT en MUT-waarden worden weergegeven in Figuur 107 van Bijlage D.

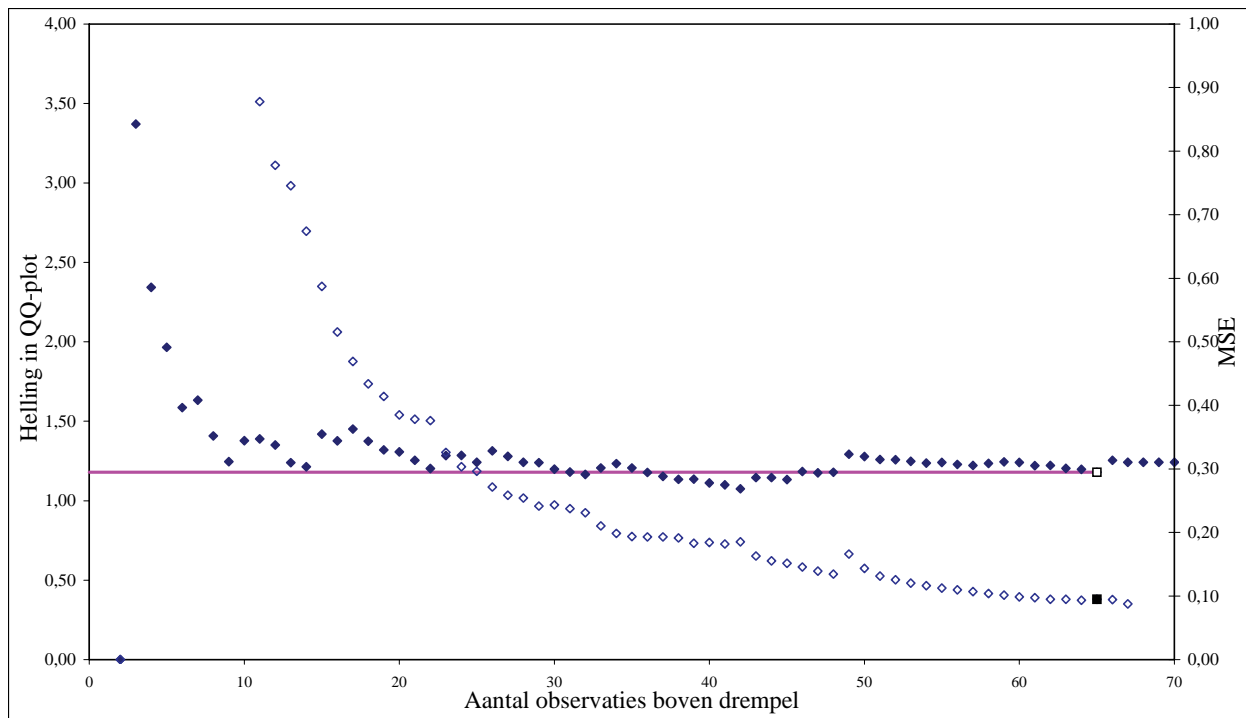
Tabel 40 Onafhankelijkheidscriteria voor de selectie van de hydrogramperiodes van de Dender te Deux-Acren

Limverh	0,30
Recessieconstante (dag)	40
Minimale piekhoogte (m ³ /s)	2

De Q-Q plot van 1/MUT en de Hill-schatter voor de exponentiële verdeling worden weergegeven in Figuur 61 en Figuur 62. De betrouwbaarheidsmarges in de exponentiële Q-Q plot zijn gebaseerd op een schatting van de meetfout.



Figuur 61 Exponentiële Q-Q plot met betrouwbaarheidsintervallen voor de afvoermetreeks op de Dender te Deux-Acren



Figuur 62 Schatting optimale drempelwaarde waarboven verdeling fit voor de afvoermetreeks op de Dender te Deux-Acren

Uit deze figuren kan men duidelijk afleiden dat de 1/MUT-waarden een exponentiële verdeling volgen. Dit is te herkennen aan het lineaire verloop van de exponentiële Q-Q plot en het plateau in de Hill plot van de exponentiële verdeling.

Uit de Q-Q plot blijkt dat enkel de meest extreme maxima (1/MUT) niet volledig dezelfde lineaire trend vertonen, alhoewel deze toch binnen het betrouwbaarheidsinterval vallen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de meetnauwkeurigheid van de debietmeter vermindert bij lagere afvoeren.

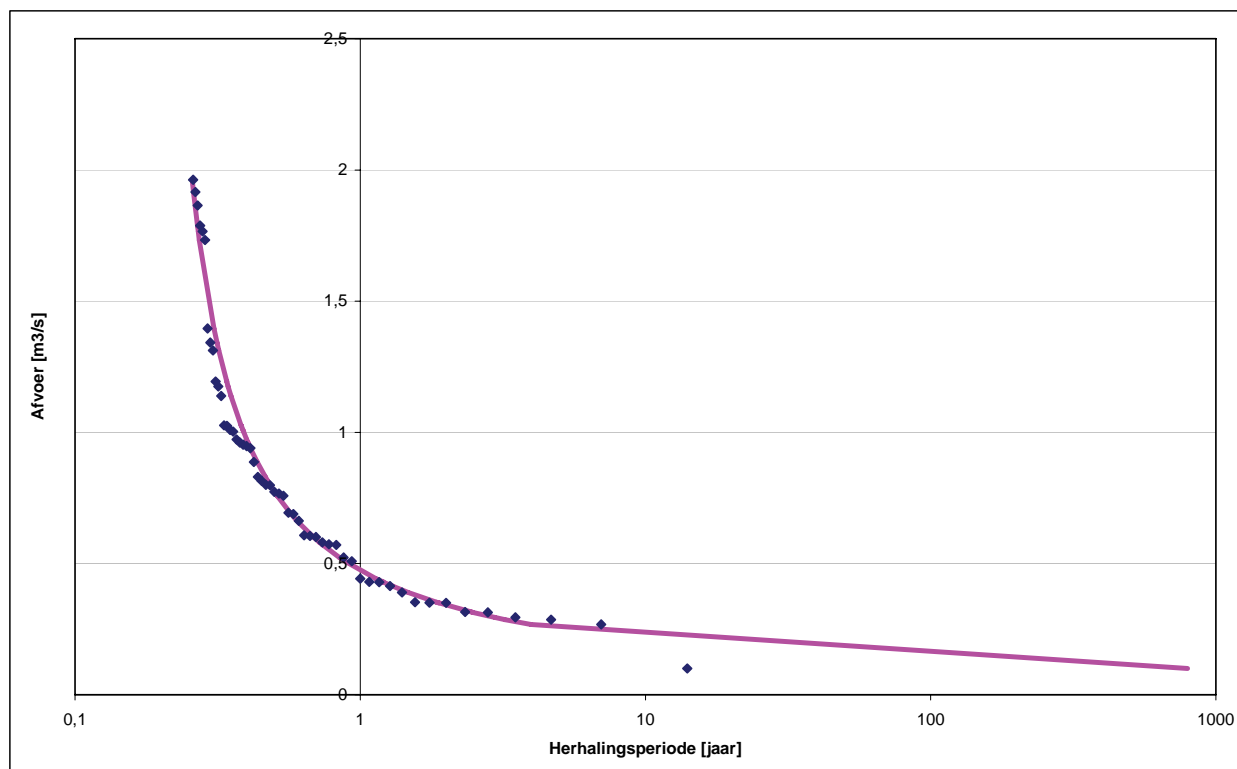
De optimale drempel waarboven de verdeling kan gefit wordt gevonden bij het ranknummer 65, en komt overeen met een helling (β) gelijk aan 1,18.

Vermits 1/MUT een exponentiële verdeling volgt zullen de onafhankelijk minima zelf een Fréchet-verdeling volgen.

Tabel 41 geeft een overzicht van de resultaten van de afgeijkte Fréchet verdeling. Zo stemt een minimale afvoer van 0,17 m³/s overeen met een herhalingsperiode van 25 jaar. O.w.v. de relatief beperkte lengte van de meetreeks (14 jaar) dienen de grotere herhalingsperiodes (vanaf 30 jaar) met de nodige omzichtigheid benaderd te worden. Deze waarden zijn minder betrouwbaar t.g.v. de onzekerheid op de extrapolatie naar grotere herhalingsperiodes.

Tabel 41 Herhalingsperiodes met hun corresponderende afvoeren op basis van de extreme waarden analyse van de afvoeren op de Dender te Deux-Acren

Herhalingsperiode (jaar)	Minimum debiet (m ³ /s) volgens de afgeijkte Fréchet verdeling
5	0,25
10	0,21
25	0,17
50	0,15
100	0,13



Figuur 63 Fréchet verdeling in relatie tot de herhalingsperiode van de gebeurtenis voor de afvoeren op de Dender te Deux-Acren

4 Captaties

4.1 Bevraging

Alle belangrijke capteerders (> 500 m³/jaar) van oppervlaktewater die zich in het Denderbekken bevinden, werden per brief gecontacteerd. Deze brief bevatte o.a. volgende vragen:

- Welke hoeveelheid water capteert u in werkelijkheid (jaarlijks en eventueel maandelijks van 1996 tot heden)?
- Wat is de frequentie waarmee u deze hoeveelheid capteert? Gebeurt dit continu, dagelijks, wekelijks, maandelijks, sporadisch, alleen tijdens de zomer, etc?
- Wordt het gecapteerde water door u opnieuw in dezelfde waterloop geloosd? Zo ja, na hoeveel tijd? Wat is de samenstelling van het geloosde water?
- Loost u water, dat afkomstig is uit andere waterlopen, in de Dender? Zo ja, in welke hoeveelheden, en met welke samenstelling?
- Welke zijn uw buffermogelijkheden om water op te slaan voor gebruik in droge periodes?
- Wat zijn uw vooruitzichten voor toekomstig gebruik? Wat zijn uw intenties?
- Welke minimale hoeveelheid water heeft u nodig in periodes van zeer lage waterstanden? (met verklaring)
- Zijn er mogelijkheden om deze minimale hoeveelheid te verminderen? Wat zijn de consequenties (financieel, materiaal, infrastructuur,...) hiervan?
- Werden u in het verleden reeds beperkingen opgelegd?
- Ondervindt u knelpunten m.b.t. het capteren van water?

Na onvolledig of onduidelijk antwoord of bij het uitblijven van een reactie, werden de capteerders, eventueel meermaals, telefonisch gecontacteerd.

4.2 Resultaten

Tabel 42 geeft een overzicht van alle vergunde oppervlaktewatercaptaties die zich langsheen de Dender bevinden. In deze tabel is o.a. de locatie, de gecapteerde hoeveelheid (1996 tot 2001), de captatiefrequentie en de aanwezigheid van een buffertank aangegeven.

Unalit nv

Het bedrijf Unalit te Geraardsbergen produceert zachte houtvezelplaten. Hiervoor wordt er continu Denderwater opgepompt, behalve tijdens een onderhoudsperiode van 3 weken in augustus. Het debiet van de aanvoerpomp bedraagt maximaal 120 m³/uur. Het opgepompte water wordt gestockeerd in een buffertank die voldoende water bevat voor 5 uur productie.

Het gecapteerde water wordt gebruikt en na zuivering terug in de Dender geloosd. De theoretische verblijftijd in de waterzuivering is 5 dagen. De lozing gebeurt eveneens continu.

De temperatuur van het geloosde water bedraagt 30 °C en heeft volgende samenstelling:

- Zwevende stoffen: 20 mg/l
- BOD: 3 mg/l
- COD: 100 mg/l
- N: 4 mg/l
- P: 5 mg/l

Deze gegevens zijn afkomstig van het bedrijf in kwestie.

Door toetsing aan de basiskwaliteitsnorm voor het oppervlaktewater blijkt dat het geloosde water teveel fosfor bevat en de COD-waarde te hoog is.

In de nabije toekomst worden er geen grote aanpassingen aan de productie- of waterzuiveringsinstallatie voorzien. Het jaarlijks gebruik zal dan ook ongeveer gelijk blijven aan het gebruik in 2001.

Per dag is er 1200 m³/dag nodig om de productie van proceswater te voorzien. De productie wordt echter dagelijks gepland zodat deze minimale hoeveelheid kan variëren.

Unalit nv ondervindt bij lage waterstanden van de Dender vaak captatiemoeilijkheden. Ook is het tijdens de winterperiode vaak moeilijk om de aanvoerleiding vrij te houden. Zware regenval geeft aanleiding tot snellere vervuiling van de filters.

Fabelta Ninove nv

De spinnerij/weverij Fabelta Ninove nv te Ninove pompt continu Denderwater op. Er wordt 345 dagen per jaar, 24 uur per dag, gecapteerd. De captatie bedraagt continu 80 m³/uur.

Na zuivering wordt het gebruikte water in de Dender geloosd. Het lozingswater voldoet aan de opgelegde normen. In de waterzuivering is een buffer van ongeveer 300 m³ aanwezig, teneinde eventuele technische problemen in de installatie op te vangen.

Het lager verbruik in 2001 (0,68 mlj m³) t.o.v. 1995 (1,23 mlj m³) is te danken aan de ingebruikname van recirculatiecircuits en de optimalisatie van het productieproces. In de nabije toekomst zal de gebruikte hoeveelheid echter niet verminderen.

Door het continue karakter van het productieproces van Fabelta is er continu proceswater nodig voor de afdelingen voorbereiding, spinnerij en wasserij. Ook het bluswatercircuit wordt permanent onder druk gehouden. De opgenomen hoeveelheid kan dan ook slechts kortstondig (2 à 6 uur) verminderd worden, daarna dient teruggekeerd te worden naar het nominaal debiet (80 m³/uur).

Fabelta ondervindt bij lage waterstanden van de Dender vaak captatiemoeilijkheden. Dit is vooral te wijten aan het peil van de aanzuigopening en niet zozeer het gevolg van watertekort. Het optreden van grote vervuiling (vaste deeltjes) wordt eveneens als een knelpunt beschouwd bij het capteren van water.

C.C.B. nv

Het cement- en betonbedrijf C.C.B. nv te Liedekerke pompt tegenwoordig geen Denderwater op. De productie is in 1999 stopgezet. De gebouwen en gronden met inbegrip van de constructie voor de watercapatie staan te koop. Enkele kandidaat-kopers toonden reeds interesse en zouden eventueel in de toekomst opnieuw water uit de Dender capteren.

Rendac nv (Animalia)

Het bedrijf Rendac nv te Denderleeuw dat slachtbijproducten en kadavers verwerkt, pompt bijna continu water uit de Dender. Vooraleer het gecapteerd water opnieuw in de Dender wordt geloosd, doorloopt een gedeelte van het water een zuiveringsproces. Het geloosde volume (0,4 mlj m³ à 0,5 mlj m³) is groter dan het gecapteerd volume (zie Tabel 42). Dit is te wijten aan water dat afkomstig is van de gebruikte grondstoffen en van het drinkwaternet. Rendac beschikt niet over buffermogelijkheden. Er wordt vermoed dat het verbruik in de toekomst ongeveer gelijk zal blijven. De huidige gebruikte hoeveelheid wordt als het minimum beschouwd.

Rendac ondervindt geen knelpunten m.b.t. het capteren van Denderwater.

Schotte nv

Het bedrijf Schotte nv te Erembodegem is sedert 1998 failliet. Er wordt dan ook geen water meer gecapteerd.

MYLUM Belgium nv

Het bedrijf MYLUM Belgium nv te Aalst pompt continu (365 dagen/jaar, 24 uur/24 uur) water uit de Dender. Het water wordt enkel gebruikt als koelwater en ondergaat slechts een lichte opwarming. Het water wordt quasi onmiddellijk teruggestort. De verblijftijd in de koelcircuits bedraagt slechts enkele minuten. In het koelwatersysteem is geen buffermogelijkheid aanwezig.

Het bufferen van (koel) Denderwater zou tot opwarming van het water in de buffertank leiden, zodat het koelend vermogen afneemt.

In het jaar 1999 zijn enkele installaties buiten gebruik gesteld. Dit resulteerde in een daling van de gecapteerde hoeveelheid van ± 16 mlj m^3 naar ± 8 mlj m^3 per jaar. Deze installaties zijn nog steeds aanwezig en kunnen eventueel terug opgestart worden. Er zijn echter geen plannen om deze in de nabije toekomst te heropstarten. De gecapteerde hoeveelheid zal dan ook in de nabije toekomst niet significant verhogen.

De minimale hoeveelheid is de hoeveelheid die heden wordt opgepompt. Om het koelproces efficiënter te laten verlopen werden er in het verleden meerdere studies uitgevoerd. Een kosten/baten-analyse wees uit dat er weinig tot geen alternatieven beschikbaar zijn om het koelproces te wijzigen.

MYLUM nv ondervindt bij de captatie soms problemen met modder/sediment dat zich vastzet op de filters zodat intensieve en frequente spoeling nodig blijkt.

Electrabel/Interstoomcentrale

De Interstoomcentrale van Electrabel te Aalst pompt tegenwoordig geen Denderwater op. In 1990 werd de oude, defecte centrale vervangen door een nieuwe. Deze laatste was operationeel tot 1997. Het gecapteerd water werd gebruikt als koelwater. Vanaf 1997 is de productie echter overgebracht naar de grootste afnemer, namelijk MYLUM Belgium nv (zie vorige paragraaf). Sindsdien wordt er geen water opgepompt. Deze situatie zal in de nabije toekomst niet wijzigen.

V.P.K. Oudegem papier nv

Het bedrijf V.P.K. Oudegem papier nv te Oudegem pompt continu water uit de Dender. Na een verblijftijd van 50 uur in het bedrijf wordt het terug geloosd in de Dender. Bij monsternamen op 7 mei 2002 was de samenstelling van het geloosde water als volgt (data afkomstig van het bedrijf in kwestie):

- Zevende stoffen: 29 mg/l
- BOD: <5 mg/l
- COD: 156 mg/l
- Cl: 444 mg/l
- N: 25 mg/l
- P: 0,93 mg/l

Indien de samenstelling van het geloosde water vergeleken wordt met de basiskwaliteitsnorm voor het oppervlaktewater dan ligt de COD-, Cl- en Stikstofwaarde te hoog. De hoeveelheid water dat in het bedrijf circuleert, wordt begroot op ongeveer 2.000 m^3 . Het gecapteerde water wordt, na filtering, aangewend als koelwater en sproeiwater. Daarna komt dit water in het productiewatercircuit terecht waar het gebruikt wordt om het papier op te lossen. Dit water is dan ook vervuild met papiervezel.

De minimale input van vers water die nodig is om de installaties operationeel te houden bedraagt ongeveer 130 m^3 /uur. Er worden in de toekomst geen grote stijgingen van het waterverbruik verwacht. De lozingsvergunning bedraagt 150 m^3 /uur. Dit limiteert de hoeveelheid water, dat kan gecapteerd worden.

De minimale hoeveelheid kan verminderd worden door hergebruik van gezuiverd afvalwater. Dit afvalwater bevat echter een grote hoeveelheid kalk, dat na verloop van tijd de sproeiers zou doen verstopen. Om dit tegen te gaan, zou het afvalwater moeten behandeld worden via reverse-osmose en ultrafiltratie, wat aanzienlijke kosten met zich zou meebrengen. Een andere mogelijkheid is het gebruik van drinkwater, maar dat heeft eveneens financiële consequenties. Ook staat het niet vast of de drinkwatermaatschappij in staat is om dergelijke hoeveelheid water over langere periode te leveren.

Regelmatig zijn er problemen bij het capteren. Het aanzuigpunt raakt regelmatig verstopt door stenen en ander vuil. Er moet steeds beroep gedaan worden op duikers om de aanzuigopening vrij te maken.

4.3 Conclusie

Het continu karakter van de productiesystemen bij de verschillende capteerders maakt het moeilijk om voor een bepaalde tijd de captatie te verminderen of stop te zetten. Enkel bij periodieke stopzetting van de productie (bv. onderhoudswerken) wordt de captatie eveneens onderbroken.

Slechts één bedrijf (Unalit) beschikt over een buffertank voordat het water wordt gebruikt. Fabelta Ninove beschikt eveneens over een buffermogelijkheid maar deze buffer bevat gebruikt water en kan dus niet meer voor het productieproces worden aangewend. Daar er bij de meeste bedrijven geen watervoorraad aanwezig is, zijn deze aangewezen op een continue aanvoer van water uit de Dender. Het opleggen van eventueel tijdelijke beperkingen aan de capteerders, kan dan ook de productie in het gedrang brengen.

Over het algemeen zijn er bij de captatie problemen door de aanwezigheid van vaste deeltjes die verantwoordelijk kunnen zijn voor de verstopping van de aanzuigopening.

4 Captaties

4.3 Conclusie

Tabel 42 De vergunde watercapteerders langsheen de Dender

Naam	ID	Straat en nummer	Gemeente	1996 (m³) (l/s)	1997 (m³) (l/s)	1998 (m³) (l/s)	1999 (m³) (l/s)	2000 (m³) (l/s)	2001 (m³) (l/s)	Captatie frequentie	Buffer	Status
Unalit nv	NV 48.382 (D1/19)	Gaverstraat 35	Geraardsbergen	246.472 7,82	305.099 9,67	304.027 9,64	291.619 9,25	257.128 8,15	118.155 3,75	bijna continu	Ja	operationeel
Fabela Ninove nv	NV 48.416 (D4/45)	Désiré de Bodtkaai 27	Ninove	970.265 30,77	929.577 29,48	972.757 30,85	705.007 22,36	699.581 22,18	680.179 21,57	continu	Ja (1)	operationeel
Electrabel/ Interstoomcentrale	NV 48.421 (D6/49)	Erembodegemstraat 4-6	Aalst	281.162 8,92	138.002 4,38	984 0,03	0 0,00	0 0,00	0 0,00	continu	Nee	buiten gebruik
Rendac nv (Animalia)	NV 48.485 (D5/31)	Fabriekstraat 2	Denderleeuw	225.307 7,14	295.884 9,38	284.445 9,02	355.288 11,27	351.742 11,15	249.399 7,91	bijna continu	Nee	operationeel
Schoitte nv	NV 48.969 (D6/01)	Kapellekensbaan 2	Erembodegem	115 0,00	62 0,00	0 0	0 0	0 0	0 0	n.v.t.	Nee	buiten gebruik
Amylum Belgium nv	NV 49.145 49.146 (D6/36)	Burchtstraat 10	Aalst	16.542.730 524,57	17.147.508 543,74	15.969.430 506,39	8.905.787 282,40	8.228.620 260,93	7.962.100 252,48	continu	Nee	operationeel
C.C.B. nv	NV 49.248 (D4/45)	Dendersstraat 25	Liedekerke	10.059 0,32	11.424 0,36	8.872 0,28	2.195 0,07	72 0,00	3 0,00	n.v.t.	Nee	buiten gebruik
V.P.K. Oudegem papier	NV 53.705 (D8/58)	Oudebaan 120	Oudegem	880.094 246,472	1.096.300 305,099	994.837 304,027	1.058.199 291,619	1.107.222 257,128	1.044.406 118,155	continu	Nee	operationeel
Totaal (m³)				19.156.204	19.923.856	18.535.352	11.318.095	10.644.365	10.054.242			

(1) Buffering in het circuit van de waterzuivering

5 Impact van de Scheepvaart

5.1 Gekanaliseerde Dender

De totale lengte van het gekanaliseerde deel van de Dender bedraagt 65 km. Hiervan is 48 km in Vlaanderen gelegen. Op de Dender zijn 24 sluisen aanwezig. De locatie van de 8 sluisen stroomafwaarts de gewestgrens worden aangegeven op kaart 1. Tabel 43 bevat de kenmerken van de sluisen die zich op Vlaamse bodem bevinden. Ze zijn gerangschikt van stroomopwaarts (Geraardsbergen) naar stroomafwaarts (Dendermonde). Uit deze tabel blijkt dat de sluis te Dendermonde klasse IV-schepen kan ontvangen, terwijl de sluis te Denderbelle klasse II-schepen kan ontvangen. Alle andere sluisen zijn gedimensioneerd op scheepvaartuigen van klasse I. Bijlage E bevat grondplannen van alle sluisen op het Vlaamse deel van de Dender. In Bijlage J zijn eveneens afbeeldingen van de verschillende sluisconstructies te vinden.

De afmetingen van een scheepvaarttuig van klasse I zijn 38,70 x 5,05 x 2,20 m. Zijn gemiddelde tonnenmaat bedraagt 364 ton (300 ton), terwijl het ruim 433 m³ groot is. Dit type wordt ook "Spits" genoemd.

Een voorbeeld van een klasse II-vaartuig is een "Kempenaar". De afmetingen van deze zijn 55 x 7,20 x 2,50 m. De gemiddelde tonnenmaat is 638 ton (600 ton). De gemiddelde ruiminhoud bedraagt 956 m³. Andere varianten zijn "Nieuw type Kempenaar" en "Canal du Nord Schip".

Een "R.H.K." is een vaartuig van klasse IV. Hij meet 80 x 9,50 x 2,50 m. De gemiddelde tonnemaat bedraagt 1378 ton (1350 ton) en het ruim is gemiddeld 1937 m³ groot.

Tabel 43 Kenmerken van sluisen aanwezig op het Vlaamse deel van de Dender

Oud nr.	Nr.	Klasse	Naam van de sluis	Afmetingen		Oppervlakte Schutkolk (m ²)	Verval (m)	Bediening Sluis	Bediening Bewegbare brug
				Lengte (m)	Breedte (m)				
B 16	DD1	I	Sluis Geraardsbergen	41,85	5,20	218	1,47	Handb.	-
B 17	DD2	I	Sluis Idegem	41,85	5,20	218	2,35	Handb.	Handb.
B 18	DD3	I	Sluis Pollare	41,85	5,20	218	2,51	Handb.	-
B 19	DD4	I	Sluis Denderleeuw	41,85	5,20	218	2,20	Handb.	Handb.
B 20	DD5	I	Sluis Teralfene	41,85	5,20	218	0,72	Handb.	Handb.
B 21	DD6	I	Sluis Aalst	41,85	5,20	218	1,62	Handb.	-
B 22	DD7	II	Sluis Denderbelle	55,00	7,50	413	2,03	Mechan.	-
B 23	DD8	IV	Sluis Dendermonde	168,00	16,00	2688	tijsluis	Mechan.	-

Elke sluis is eveneens begrensd in diepgang. Dit wordt vooral bepaald door de hoogte van de dorpelpeilen van de sluisdeuren. Via Dhr. Willy Callebaut werden de opgemeten dorpelpeilen verkregen. Deze worden aangegeven in Tabel 44.

Tabel 44 Dorpelpeilen van de sluisen op het Vlaamse gedeelte van de Dender

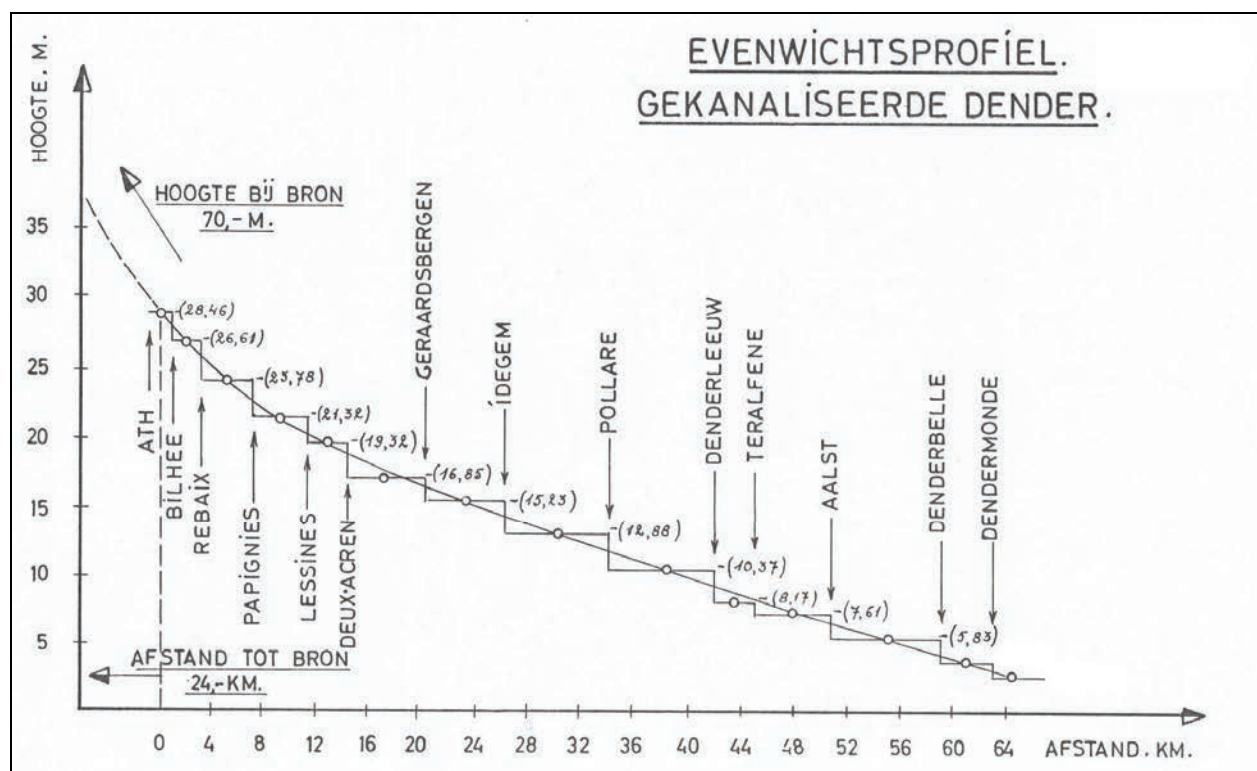
Naam van de sluis	Opwaartse dorpel (mTAW)	Afwaartse dorpel (mTAW)
Sluis Geraardsbergen	13,07	12,98
Sluis Idegem	10,77	10,55
Sluis Pollare	9,81	7,92
Sluis Denderleeuw	6,46	5,74
Sluis Teralfene	5,43	4,84
Sluis Aalst	3,19	3,11
Sluis Denderbelle	0,38	-0,12
Sluis Dendermonde	-1,95	-1,95

Op het Vlaams grondgebied is de Dender also opgedeeld in 8 panden. Tabel 45 en Figuur 64 geeft een overzicht van de lengte, normaal waterpeil en de minimale waterdiepte die kenmerkend zijn voor deze panden.

Tabel 45 Verschillende panden op de Dender

Pand	Lengte (km)	Normaal peil (mTAW)	Waterdiepte (m)
Deux-Acren - Geraardsbergen	14,8*	16,85	min. 2,5
Geraardsbergen – Idegem	6,2	15,23	min. 2,5
Idegem – Pollare	8,0	12,88	min. 2,5
Pollare – Denderleeuw	8,0	10,37	min. 2,5
Denderleeuw – Teralfene	2,7	8,17	min. 2,5
Teralfene - Aalst	6,1	7,61	min. 2,5
Aalst – Denderbelle	8,1	5,83	min. 2,5
Denderbelle - Dendermonde	5,3	3,80	min. 3,5

*waarvan 3,2 km in Vlaanderen



Figuur 64 Lengteprofiel van de Dender (Ramon, 1968)

Tabel 46 geeft een overzicht van de klasse, diepgang en vrije hoogte. De geldende capaciteit (klasse) wordt eveneens geïllustreerd in Figuur 65. Uit Tabel 46 en Figuur 65 blijkt dat de Dender te Dendermonde gec calibreerd is voor schepen tot 1350 ton. Opwaarts Dendermonde tot aan de sluis te Aalst kan de waterloop schepen ontvangen tot 600 ton. Stroomopwaarts de sluis te Aalst daalt de capaciteit tot 300 ton.

Tabel 46 Geldende diepgang, vrije hoogte en klasse op de Dender

Traject	Klasse	Diepgang (m)	Vrije Hoogte (m)
vanaf de grens van het Vlaamse Gewest tot en met de spoorbrug in Erembodegem	I	1,90	3,95
vanaf de spoorbrug in Erembodegem tot en met de sluis in Aalst	I	2,10	3,95

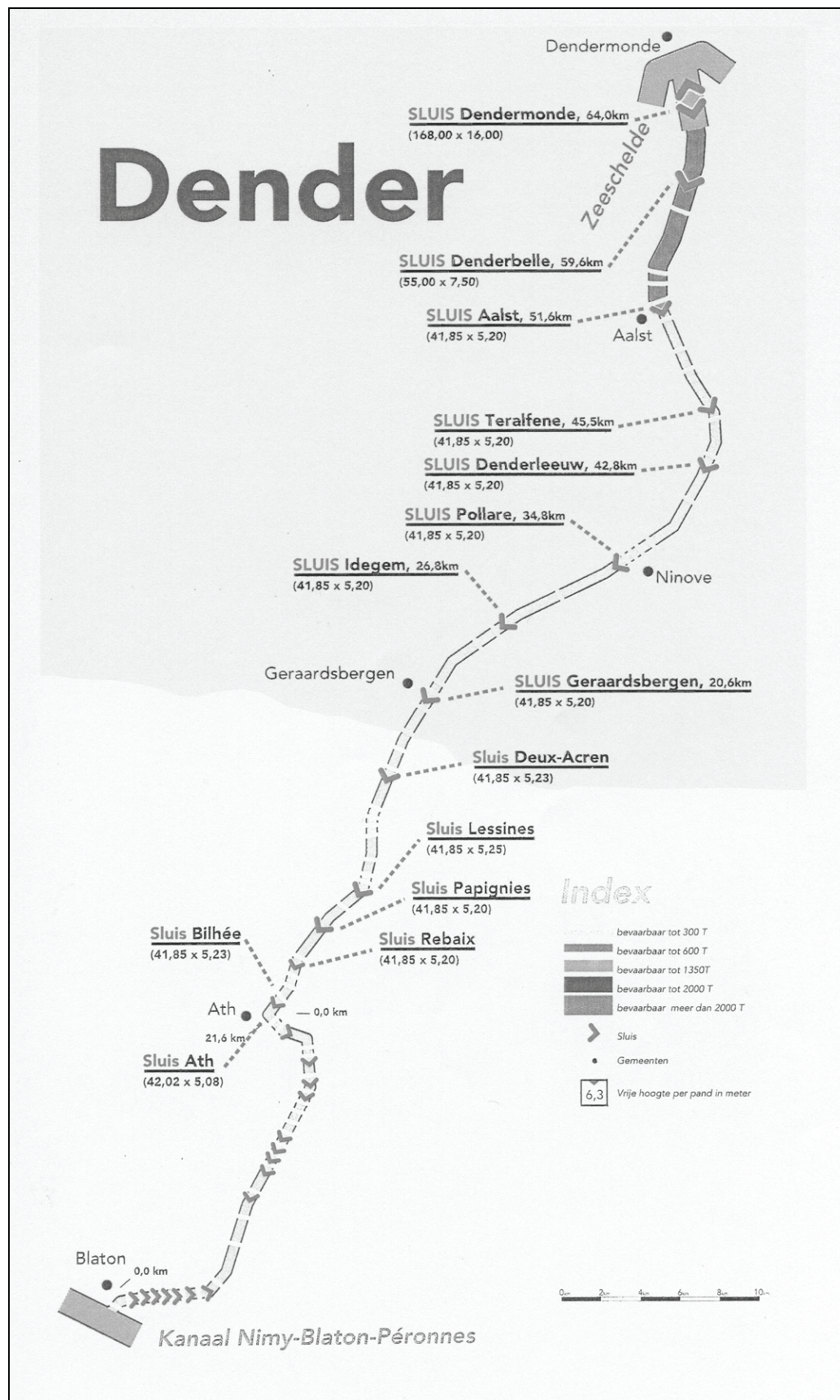
5 Impact van de Scheepvaart

5.1 Gekanaliseerde Dender

vanaf afwaarts de sluis in Aalst tot het begin van het gekalibreerd gedeelte in Dendermonde	II	2,30	5,06
vanaf het gekalibreerd gedeelte in Dendermonde tot en met de sluis in Dendermonde	IV	2,30	7,22
vanaf afwaarts de sluis in Dendermonde tot aan de Bovenschelde (tij)	IV	Veranderlijk (min. 2,50)	6,45

De afmetingen van de scheepvaarttuigen die de Dender kunnen opvaren wordt o.a. bepaald door de afmetingen van de sluisen. De maximum toelaatbare afmetingen zijn:

- Sluis in Dendermonde is voorzien voor schepen met een lengte van 165,0 m en een breedte van 15,80 m.
- Vanaf de sluis te Denderbelle tot aan de sluis in Aalst wordt de lengte beperkt tot 53,0 m en de breedte tot 7,30 m.
- Opwaarts de sluis te Aalst is de maximale toegelaten lengte 40,0 m en de maximum toegelaten breedte 5,0 m.



Figuur 65 Panden op de Dender (uit: vademecum-promotie binnenvaart Vlaanderen)

5.2 Stuwen op de Dender

Uit paragraaf "5.1 Gekanaliseerde Dender" blijkt dat er op het Vlaamse gedeelte van de Dender 8 sluisen aanwezig zijn. Deze verdelen de waterloop in evenveel panden. Teneinde het waterpeil in het opwaartse pand te kunnen regelen, is er, naast de sluis, steeds een stuwconstructie aanwezig. Er zijn op de Dender nog geen werken uitgevoerd om de vismigratie aan de sluisen te verbeteren. Hierdoor zijn enkel de stuwen verantwoordelijk voor een bepaald volume water dat via een by-pass naar het afwaartse pand vloeit.

Bijlage E (Figuur 108 tot Figuur 122) bevat voor de meeste sluisen een grondplan (bovenaanzicht) en een detailschets van de stuwconstructie en/of sluisopeningen. Van de sluisen en tevens van enkele stuwen, zijn afbeeldingen in Bijlage J te vinden.

In Tabel 47 worden de belangrijkste kenmerken van de stuwen die zich op het Vlaamse deel van de Dender bevinden, aangegeven.

Tabel 47 Kenmerken van stuwen op het Vlaamse deel van de Dender

Stuw	Aantal Openingen	Oever	Dorpelpeil (mTAW)	Maximum overstortpeil (mTAW)	Aantal balken schuiven	Hoogte Balken* (cm)	Breedte (m)	Werking*	Figuur Bijlage E
Dendermonde	1	LO	1,95	7,50	2	-	17,00	Elektro-mechanisch vanop afstand	Figuur 108
Denderbelle	1	RO	0,20	5,70	wipschuif	-	12,84	Elektro-mechanisch vanop afstand	Figuur 110
Aalst	2	LO	3,65	7,65	16	25	6,05	Elektro-mechanisch met kettingen	Figuur 112
		RO	3,65	7,65	16	25	5,05		
Teralfene	2	LO	5,55	8,30	11	25	5,19	Elektro-mechanisch met kettingen	Figuur 114
		RO	5,55	8,30	11	25	5,19		
Denderleeuw	2	LO	5,97	10,47	18	25	5,13	Elektro-mechanisch met kettingen	Figuur 116
		RO	5,97	10,47	18	25	5,08		
Pollare	2	LO	8,57	13,03	18	25	5,22	Elektro-mechanisch met kettingen	Figuur 118
		RO	8,53	13,03	18	25	8,23		
Idegem	2	LO	11,59	15,59	5	Var.	3,95	Elektro-mechanisch met kettingen	Figuur 120
		RO	11,59	15,59	5	Var.	4,45		
Geraardsbergen									
Kleine stuw	4	LO	14,66	17,06	2	1,20	1,45	Elektro-mechanisch	Figuur 122
Grote stuw	1	RO	13,30	17,00	6	Var.	4,45	met kettingen	

* in realiteit zijn niet alle balken even hoog

Var. : de hoogte van de balken is niet gelijk. De hoogte wordt aangegeven in de figuren in **bijlage**

Figuur 108 geeft enkele doorsneden van de stuw te Dendermonde. Het betreft een stuw met 2 hefschuiven. De breedte van de stuwopening bedraagt 17 m. Volgens de sluiswachter, bevindt zich momenteel in één van de stuwelementen een gat. De stuwconstructie heeft een elektro-mechanische werking.

De regeling van de stuw te Dendermonde is er steeds op gericht om:

- Een voldoende hoog waterpeil te garanderen voor de scheepvaart, alsook voor de stabiliteit van de dijken;
- Wateroverlast bij hoge afvoeren te vermijden of te voorkomen;
- Terugstroming van water uit de Schelde naar de Dender vermijden.

Volgens de sluiswachter te Dendermonde worden de sluisdeuren, wanneer een kleine tijgolf (bv. 4,40 m) wordt verwacht, opengezet. Dit gebeurt 2 à 3 maal per maand en 's nachts, om de scheepvaart niet te hinderen. Het openen van de sluisdeuren zorgt voor een opruiming van het slib in de vaargeul. Daar er in het verleden aan de sluis van Dendermonde geen watertekort is opgetreden, heeft het openstellen van de sluisdeuren, de regeling van het waterpeil niet tot doel.

Figuur 110 bevat een detailschets van de wipschuif te Denderbelle. In Bijlage J (Figuur 127) is eveneens een foto van deze stuwconstructie opgenomen. De dorpel van de stuw bevindt zich op 0,20 mTAW. De stuw is 5,50 m hoog en 12,84 m breed. Ze kan bij hoge waterstand in zijn geheel getrokken worden. De klepschuif, die zich in een uitsparing in de stuw bevindt, heeft een scharnierende werking. De onderzijde van deze schuif is d.m.v. een scharnier vastgemaakt aan de stuw. De bovenzijde wordt, naargelang het waterpeil, omhoog of omlaag getrokken. Deze stuwconstructie heeft een electro-mechanische werking en wordt manueel bediend/geregeld.

De stuwen vanaf Aalst tot en met Geraardsbergen zijn allen schotbalkstuwen. Ze worden manueel bediend waarbij gebruik wordt gemaakt van een elektromechanisch takelmechanisme met kettingen. Te Geraardsbergen is er naast een schotbalkstuw ook nog een stuw met schotten.

Bij lage debieten wordt er bovenop de schotbalken een "press-balk" geplaatst. Dit is een metalen schotbalk met groot gewicht. Hierdoor worden de onderliggende schotbalken tegen elkaar gedrukt zodat de lekverliezen aan de stuw verminderen.

5.3 Scheepvaartbewegingen

De Dender kan theoretisch fungeren als de verbindingsas tussen de Antwerpse Industriezones en havengebieden (via de Zeeschelde) en Noord-Frankrijk (via kanaal Pommeroeul, het kanaal Nimy-Blaton). In de praktijk wordt deze route echter bijna nooit gebruikt.

Tabel 50 bevat de scheepvaartbewegingen door vrachtschepen aan de sluisen op de Dender. Deze data zijn afkomstig van het jaarverslag "Scheepvaart 2000". De scheepvaartbewegingen aan de sluisen opwaarts Aalst werden echter weggelaten omdat daar volgens dhr. W. Callebaut de laatste jaren geen goederentransport meer is geweest. Uit deze tabel blijkt dat de meeste scheepvaartbewegingen door vrachtvervoer in 2000 werden geregistreerd aan de sluisen van Dendermonde en Denderbelle. Aan de sluisen afwaarts Aalst vertoont het vrachtvervoer een continue trend terwijl de trafiek aan de sluis van Aalst zich hoofdzakelijk concentreert tijdens de maanden mei tot september.

Tabel 51 bevat de scheepvaartbewegingen door pleziervaart in het jaar 2000 aan de sluisen te Dendermonde, Aalst en Geraardsbergen. Pleziervaart is een seizoenaal gegeven. De tabel bevat dan ook slechts de bewegingen tijdens de maanden mei tot oktober. Uit deze tabel blijkt dat door de sluis te Geraardsbergen de meeste pleziervaarttuigen geschut zijn. Voorts blijkt dat de pleziervaart zich vooral manifesteert in de maanden juni, juli en augustus.

De panden stroomopwaarts de sluis te Aalst worden hoofdzakelijk voor de pleziervaart gebruikt, terwijl de meer afwaartse panden economisch belangrijker zijn. Het bedrijf "De Kegel" dat zich opwaarts de Zeebergbruggen en de sluis te Aalst bevindt, is het meest opwaartse bedrijf dat de Dender gebruikt voor de aanvoer van (petroleum)producten.

De evolutie van de vrachtscheepvaartbewegingen en versaste tonnen aan de sluisen van Dendermonde en Geraardsbergen wordt aangegeven in Tabel 48 en Tabel 49. Uit Tabel 48 blijkt dat het aantal versaste schepen t.h.v. de sluis van Dendermonde in de periode 1975-1990 afneemt. Ook de vervoerde tonnen nemen in die periode af. Vanaf 1990 blijft het aantal schepen nagenoeg gelijk. Het aantal dat de Dender opvaart is echter quasi gelijk aan het aantal schepen dat de Dender afvaart.

Tabel 48 Versast aantal vrachtschepen en vervoerde tonnen te Dendermonde (Callebaut, 2000)

	1975		1980		1985		1990		1995		1999	
	aantal	ton	aantal	ton	aantal	ton	aantal	ton	aantal	ton	aantal	ton
Afvaart	2026	72971	1669	52156	1315	46284	1088	73851	1224	27520	1099	24208
Opvaart	1903	549009	1642	491178	1310	403572	1038	318020	1202	490965	1117	457059

Uit Tabel 49 blijkt dat zowel het aantal versaste vrachtschepen en de vervoerde tonnen te Geraardsbergen over de laatste dertig jaar stelselmatig afnemen. Tussen '75 en '80 deed zich een sterke terugval voor. In 1999 was de scheepvaart aan de sluis van Geraardsbergen bijna onbestaande.

Tabel 49 Versast aantal vrachtschepen en vervoerde tonnen te Geraardsbergen (Callebaut, 2000)

	1975		1980		1985		1990		1995		1999	
	aantal	ton	aantal	ton	aantal	ton	aantal	ton	aantal	ton	aantal	ton
Afvaart	416	87792	97	16876	42	7752	51	8302	18	3844	2	0
Opvaart	304	9933	74	5628	35	500	7	250	7	0	2	0

De maximale wachttijd aan de sluisen bedraagt 15 minuten. Dit geldt zowel voor de vrachtaart als voor de pleziervaart. Er wordt niet gewacht totdat er een minimaal aantal vaartuigen aanwezig zijn.

In Bijlage F wordt een overzicht gegeven van de bedieningstijden van de beweegbare kunstwerken die zich op de Dender bevinden.

Tabel 50 Scheepvaartbewegingen door vrachtschepen aan de sluisen te Dendermonde, Denderbelle en Aalst gedurende het jaar 2000 (Degain, 2001)

Maand	Dendermonde		Denderbelle		Aalst	
	opvaart	afvaart	opvaart	afvaart	opvaart	afvaart
januari	82	87	82	82	9	8
februari	96	98	100	97	0	0
maart	101	113	104	99	0	0
april	101	109	110	116	19	15
mei	102	114	105	108	23	17
juni	81	92	153	144	81	76
juli	65	64	125	94	80	61
augustus	95	105	151	143	72	74
september	92	105	119	130	23	35
oktober	102	119	120	113	29	19
november	92	101	88	88	25	28
december	79	88	84	82	13	16
Totaal	1088	1195	1341	1296	374	349
Algemeen Totaal	2283		2637		723	

Tabel 51 Scheepvaartbewegingen door pleziervaart aan de sluisen te Dendermonde, Aalst en Geraardsbergen gedurende het jaar 2000 (Degain, 2001)

Maand	Dendermonde	Aalst	Geraardsbergen
mei	32	26	30
juni	160	169	129
juli	132	138	170
augustus	121	115	161
oktober	48	25	39
Totaal	493	473	529

5.4 Versast volume voor 2000

De werking van de sluisen heeft als gevolg dat er steeds een hoeveelheid water van het opwaartse pand naar het afwaartse pand wordt versast. Op basis van het aantal schuttingen en de afmetingen van de sluis, kan dit volume bepaald worden. Het juiste aantal schuttingen is echter niet gekend, enkel het aantal scheepvaartbewegingen. Daar bepaalde scheepstypes, bv. pleziervaarttuigen, in groep kunnen geschut worden, is het aantal schuttingen slechts bij benadering te bepalen. Er wordt aangenomen dat pleziervaarttuigen gemiddeld per twee worden geschut (mondeline informatie Dhr. W. Callebaut).

In Tabel 43 wordt de lengte, breedte en verval eveneens per sluis aangegeven. Uit deze laatste tabel kan het versaste volume, zoals aangegeven in Tabel 52, per schutting berekend worden. De sluis te Dendermonde is echter een tijsluis. Dit impliceert dat het verval variabel is. Het gemiddeld Zeescheldepeil varieert er tussen 1,24 m en 5,20 m. De waterhoogte die gedurende de helft van het tij over- en onderschreden wordt, ligt rond de 2,80 m. Daar het normaal peil op het pand Denderbelle-Dendermonde 3,80 m bedraagt, is het verval aan de sluis te Dendermonde dus gemiddeld 1,00 m.

Tabel 52 Afmetingen van de sluisen op het Vlaamse deel van de Dender

Naam van de sluis	Lengte (m)	Breedte (m)	Oppervlakte Schutkolk (m ²)	Verval (m)	Volume (m ³)
Sluis Geraardsbergen	41,85	5,20	218	1,47	320
Sluis Idegem	41,85	5,20	218	2,35	512
Sluis Pollare	41,85	5,20	218	2,51	547
Sluis Denderleeuw	41,85	5,20	218	2,20	480
Sluis Teralfene	41,85	5,20	218	0,72	157
Sluis Aalst	41,85	5,20	218	1,62	353
Sluis Denderbelle	55,00	7,50	413	2,03	838
Sluis Dendermonde	168,00	16,00	2688	1,00*	2688

* Gemiddeld verval

5.4.1 Vrachtransport

In Tabel 50 wordt voor het jaar 2000 per sluis het aantal opvarende en afvarende vrachtschepen aangegeven. Het versaste volume dat met deze trafiek overeenstemt, is eenvoudig te benaderen voor de sluisen opwaarts Denderbelle (incl. Denderbelle). Deze sluisen laten namelijk niet toe om meerdere vrachtschepen tegelijk te versassen. De sluis te Dendermonde laat dit echter wel toe.

Tabel 53 geeft het versast volume door vrachtvervoer in het jaar 2000 per sluis aan. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het maximaal (theoretisch) volume en het volume op basis van het ideale alternerend verkeer. Bij het maximaal volume wordt verondersteld dat elk schip verantwoordelijk is voor één volume-eenheid (volume van sluis). Bij alternerend verkeer, wordt er afwisselend een opvarend en een afvarend vaartuig versast. Alzo wordt één volume-eenheid gebruikt voor het versassen van 2 vaartuigen. Daar er in Tabel 50 een onderscheid wordt gemaakt tussen het aantal opvarende en het aantal afvarende vrachtschepen, kan dit benaderd worden.

Het versaste volume per jaar in deze alternerende situatie is dan gelijk aan het product van het sluisvolume en de grootste van de waarde van het aantal opvarende en het aantal afvarende schepen of:

$$\Delta V_{\text{jaar}} = \Delta V_{\text{sluis}} * \text{MAX}(\#\text{opvarende schepen}; \#\text{afvarende schepen})$$

In Tabel 53 wordt eveneens het versast volume aangegeven indien er wordt aangenomen dat 10 % van de versassing vooraf wordt gegaan door een lege schutting.

Het werkelijk versast volume zal zich ergens tussen de maximale en de alternerende waarde bevinden.

Tabel 53 Versast volume door vrachtverkeer aan de sluisen op het Vlaamse deel van de Dender (2000)

Naam van de sluis	Maximaal (mlj m³)	Alternerend (mlj m³)	Alternerend met 10 % lege schuttingen (mlj m³)
Sluis Geraardsbergen	0	0	0
Sluis Idegem	0	0	0
Sluis Pollare	0	0	0
Sluis Denderleeuw	0	0	0
Sluis Teralfene	0	0	0
Sluis Aalst	0,255	0,132	0,145
Sluis Denderbelle	2,211	1,124	1,236
Sluis Dendermonde	6,137	3,212	3,533

Indien er wordt verondersteld dat er in de sluis van Dendermonde gemiddeld 1,5 vrachtschepen tegelijk worden gesluisd dan bedraagt het maximaal volume 4,091 mlj m³/jaar en het volume op basis van alternerend verkeer 2,141 mlj m³/jaar.

Uit Tabel 53 blijkt dat het versast volume aan de sluisen te Dendermonde en te Denderbelle significant groter is dan het volume aan de sluis te Aalst. Het versast volume t.g.v. het vrachtvervoer aan de sluisen opwaarts Aalst is gelijk aan nul daar er zich aan deze sluisen geen vrachtvervoer meer voordoet.

5.4.2 Pleziervaart

Tabel 51 bevat de aantal scheepvaartbewegingen door pleziervaart. Deze cijfers zijn enkel beschikbaar voor de sluisen te Geraardsbergen, Aalst en Dendermonde. Op basis van de waarden uit Tabel 51, zijn de waarden vermeld in Tabel 54, berekend. In deze tabel wordt er eveneens een onderscheid gemaakt tussen het maximaal volume en het volume op basis van alternerend verkeer. Er wordt eveneens berekend wat het versaste volume is indien de pleziervaartuigen gemiddeld per 2 worden versast. Daar er in de gegevens geen onderscheid wordt gemaakt tussen opvarend en afvarend verkeer dient het volume op basis van alternerend verkeer in dit geval als volgt bepaald te worden:

$$\Delta V_{\text{jaar}} = \Delta V_{\text{sluis}} * (\#\text{pleziervaartuigen} / 2)$$

In Tabel 54 wordt eveneens het versast volume aangegeven indien er wordt aangenomen dat 10 % van de versassing vooraf wordt gegaan door een lege schutting.

Tabel 54 Versast volume door pleziervaart aan de sluisen te Geraardsbergen, Aalst en Dendermonde (2000)

Naam van de sluis	Maximaal (mlj m ³)		Alternerend (mlj m ³)		Alternerend met 10 % lege schuttingen (mlj m ³)	
	per 1	per 2	per 1	per 2	per 1	per 2
Sluis Geraardsbergen	0,169	0,085	0,085	0,042	0,094	0,046
Sluis Aalst	0,167	0,084	0,084	0,042	0,092	0,046
Sluis Dendermonde	1,325	0,663	0,663	0,331	0,729	0,364

5.5 Lekverliezen

Met betrekking tot lekverliezen zijn er weinig tot geen data voorhanden. Dergelijke verliezen kunnen voor elke sluis bepaald worden door de daling van het waterpeil in de sluiscolk met gesloten deuren gedurende een bepaalde tijdspanne te meten. Op deze manier kunnen echter de verliezen aan de afzonderlijke sluisdeuren niet worden begroot.

Op basis van een terreinbezoek was het echter mogelijk om de verliezen te lokaliseren en om ze te begroten. Per sluis wordt voor elke sluisdeur het geschatte lekverlies aangegeven. Deze waarden mogen niet worden opgeteld om het lekverlies per sluis te bepalen. Het verlies aan een sluis is immers de ene keer te wijten aan de opwaartse deur, een andere keer aan de afwaartse deur.

Dendermonde

De sluis te Dendermonde (zie Figuur 123) is voorzien van hefdeuren. Deze worden elektro-mechanisch aangedreven. In normale toestand zijn beide sluisdeuren gesloten. Aan beide sluisdeuren zijn er zeer geringe lekken aanwezig. Ze bevinden zich aan de zijkanten en de onderkant van de sluisdeuren. Het lekverlies wordt voor zowel de opwaartse en de afwaartse sluisdeur op elk 50 l/s geschat.

Denderbelle

Uit Figuur 125 blijkt dat de stuwsluis te Denderbelle over metalen puntdeuren beschikt. De deuren worden elektro-mechanisch d.m.v. hydraulische vijzels aangedreven. De lekverliezen aan de afwaartse sluisdeur zijn vooral aan de zijkanten te vinden (zie Figuur 126). Het verlies kan begroot worden op ongeveer 200 l/s. Volgens de sluiswachter zijn de lekverliezen aan de opwaartse deur gelijkaardig.

Aalst

De stuwsluis te Aalst beschikt over houten puntdeuren. De lekverliezen aan de afwaartse deur zijn eerder beperkt (zie Figuur 128). Ze kunnen begroot worden op 50 l/s. Het streefpeil in het opwaartse pand is verhoogd. Hierdoor stort het water bij "normaal peil" over de sluisdeuren. Het overstortdebiet kan begroot worden op 500 l/s. Indien het opwaartse waterpeil iets lager is dan de streefwaarde (doordat bijvoorbeeld enkele balken zijn getrokken), doet dit zich niet meer voor. Daardoor varieert dit overstortend debiet zeer sterk van 0 tot $\pm 0,5$ m³/s of nog meer. Volgens de sluiswachter zijn de lekverliezen aan de opwaartse sluisdeur groter. Door een beschadigde drempel treedt er veel onderstroming op. Ook zijn er lekverliezen aan de zijkanten van de deur. Het verlies aan deze deur kan op 200 l/s worden begroot. In normale omstandigheden stort het water echter ook over de opwaartse sluisdeur.

Teralfene

De stuwsluis te Teralfene is afgebeeld op Figuur 129. De sluis is uitgerust met houten puntdeuren. De lekverliezen aan de afwaartse sluisdeur bevinden zich vooral aan de zijkanten. Er is een geringe onderstroming. Het verlies wordt begroot op 200 l/s. Aan de opwaartse sluisdeur is de onderstroming relatief groot, terwijl de verliezen aan de zijkanten gering zijn. Het verlies aan de opwaartse sluisdeur wordt geschat op ongeveer 300 l/s.

Denderleeuw

Figuur 131 toont de sluis te Denderleeuw. De sluis is uitgerust met houten puntdeuren. Het lekverlies aan beide sluisdeuren is vooral aan de zijkanten gesitueerd. Voor elke deur wordt het verlies op 100 l/s begroot. Zoals het geval is te Aalst, stort het water ook hier bij "normaal peil" over de sluisdeuren (zie Figuur 132). Het overstortdebiet kan voor elke deur begroot worden op 500 l/s.

Pollare

De stuwsluis te pollare is afgebeeld op Figuur 133. Deze sluis is eveneens uitgerust met houten puntdeuren. Aan de opwaartse sluisdeur is er een geringe onderstroming en een gering verlies aan de zijkanten. Het verlies wordt geschat op 150 l/s. In de afwaartse sluisdeur zijn er spleten/gaten aanwezig (zie Figuur 134). Een deel werd enkele jaren geleden voorlopig gerepareerd door de sluiswachter. De lekken bevinden zich dan ook hoofdzakelijk in de deur en ook aan de zijkanten. Het huidige totaal lekverlies aan de afwaartse deur wordt geschat op 200 l/s.

Idegem

Figuur 136 toont de sluis te Idegem. Deze sluis is eveneens uitgerust met houten puntdeuren. Het lekverlies aan de opwaartse sluisdeur wordt geschat op 300 l/s. De lekken situeren zich voornamelijk langs de zijkant. Er is eveneens een sterke onderstroming.

Geraardsbergen

De stuwsluis te Geraardsbergen wordt voorgesteld door Figuur 137. Deze sluis is eveneens uitgerust met houten puntdeuren. Aan de opwaartse deur is er relatief veel onderstroming. Het verlies wordt begroot op 300 l/s. De lekverliezen aan de afwaartse sluisdeur situeren zich vooral aan de zijkant van de deuren. Het verlies aan deze deur bedraagt ongeveer 150 l/s. Beide sluisdeuren worden zoveel mogelijk gesloten en het waterpeil in de sluis wordt op het peil van het opwaartse pand gehouden.

De vul- en leegloopvoorzieningen aan de sluisen op de Dender zijn niet overal gelijk:

- Dendermonde: Er zijn geen "verlaten" of een omloopriool aanwezig. Het gewenste waterpeil in de sluis wordt verkregen door het langzaam opheffen van de sluisdeuren.
- Denderbelle: Door middel van een omloopriool (linkeroever) wordt er hier water in of uit de sluis geleid. Er zijn eveneens geen "verlaten" aanwezig.
- Aalst-Geraardsbergen: Per sluisdeur zijn er twee "verlaten" aanwezig. Deze zijn ongeveer 0,80 m bij 0,80 m groot.

In Tabel 55 wordt een overzicht gegeven van de lekverliezen. De vermelde waarden zijn ruwe schattingen die d.m.v. observatie zijn bekomen. Het betreft dus geen afgeleide waarden uit meetgegevens. Het zijn indicatieve waarden en kunnen relatief t.o.v. elkaar worden geïnterpreteerd.

Tabel 55 Geschatte lekverliezen aan de sluizen langs de Dender (indicatieve waarden, relatief t.o.v. elkaar te interpreteren)

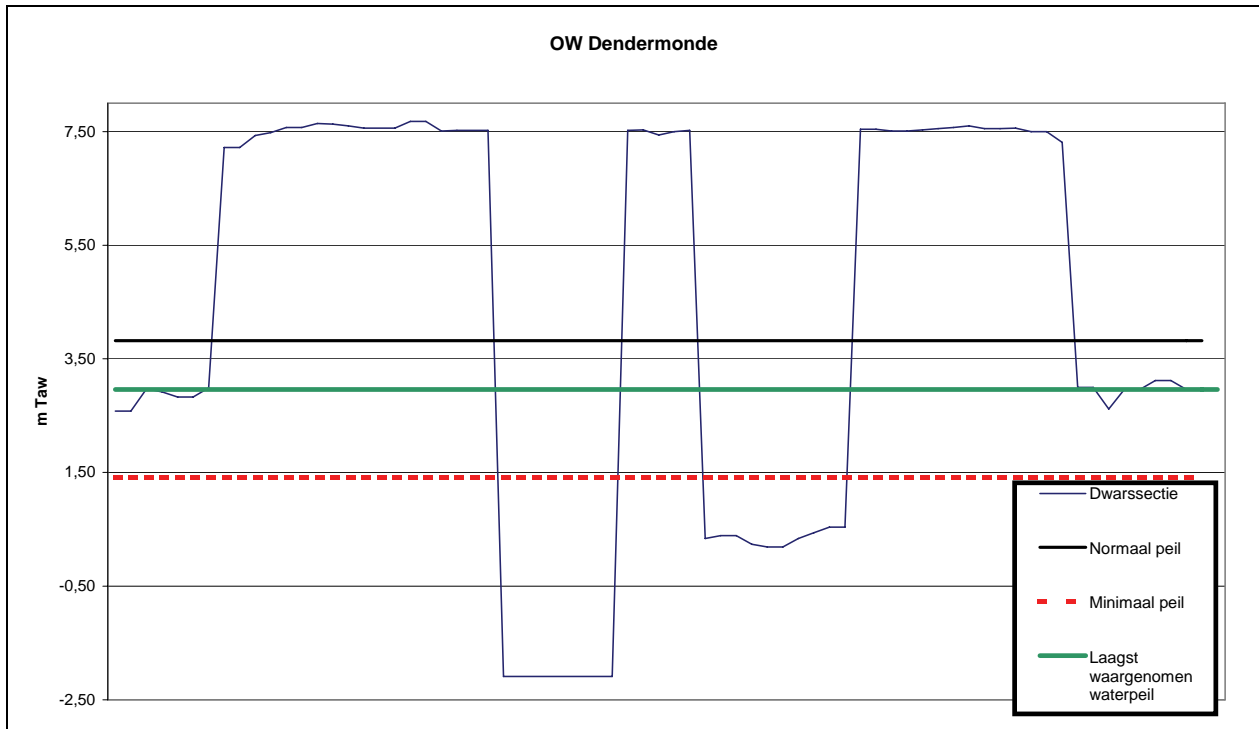
Sluis	Opwaartse deur		Afwaartse deur	
	Lekverlies (l/s)	Overstorting (l/s)	Lekverlies (l/s)	Overstorting (l/s)
Dendermonde	50	-	50	-
Denderbelle	200	-	200	-
Aalst	200	500	50	500
Teralfene	300	-	200	-
Denderleeuw	100	500	100	500
Pollare	150	-	200	-
Idegem	300	-	-	-
Geraardsbergen	300	-	150	-

5.6 Kans op te lage waterstanden

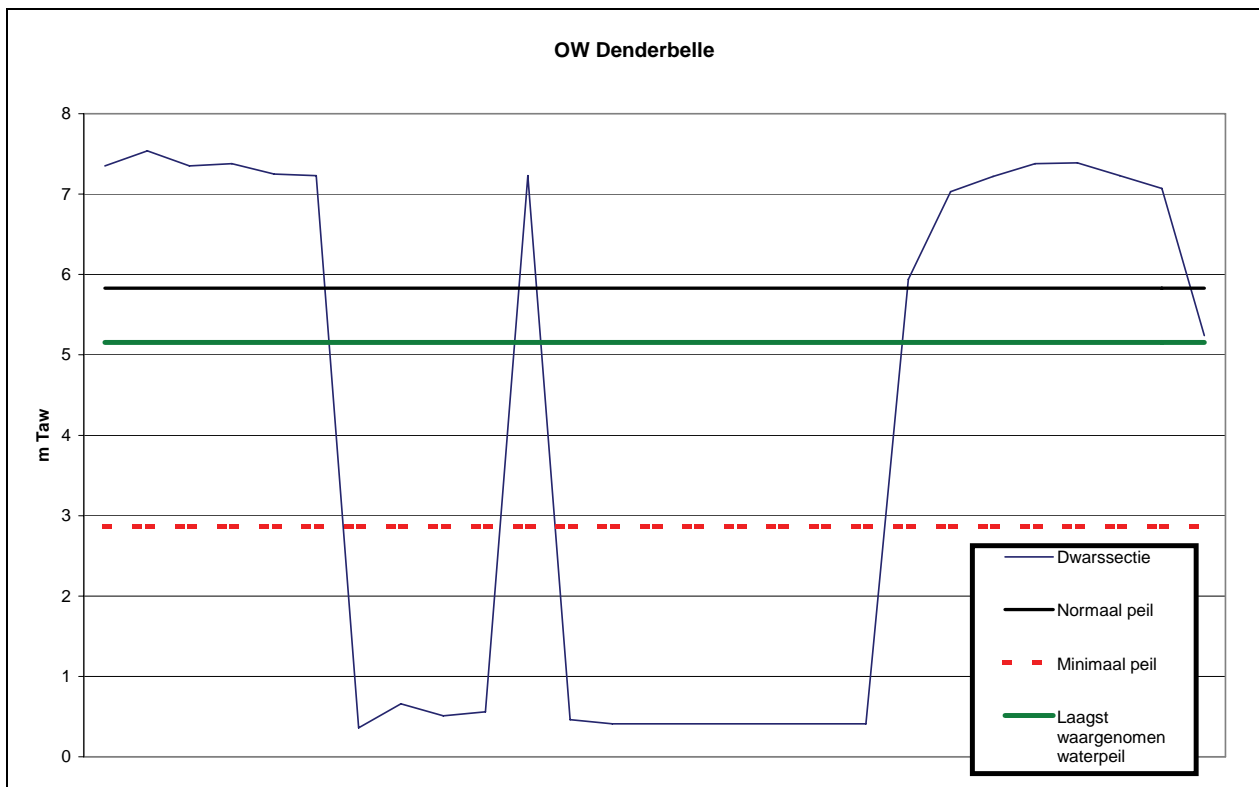
Figuur 66 tot Figuur 73 geven voor alle sluizen op het Vlaamse deel van de Dender, de dwarsdoorsnede opwaarts de sluis aan. Op deze figuren is het normaalpeil, het minimaal peil en het laagst waargenomen peil, aangeduid.

Het normaalpeil is het waterpeil dat in het pand wordt nagestreefd. Bij dit peil zijn er geen problemen voor de scheepvaart. In Tabel 45 wordt de minimale waterdiepte voor de scheepvaart per pand aangegeven. Het minimale waterpeil voor de scheepvaart werd verkregen door het bodempeil in de vaargeul met de minimale waterdiepte te vermeerderen. Uit de beschikbare meetreeksen werd de laagste waarde geselecteerd en eveneens op de figuren aangebracht. Op basis van deze drie waarden kan nagegaan worden of op deze plaatsen (opwaarts de sluizen) de scheepvaart bij laagwatersituaties in het gedrang komt.

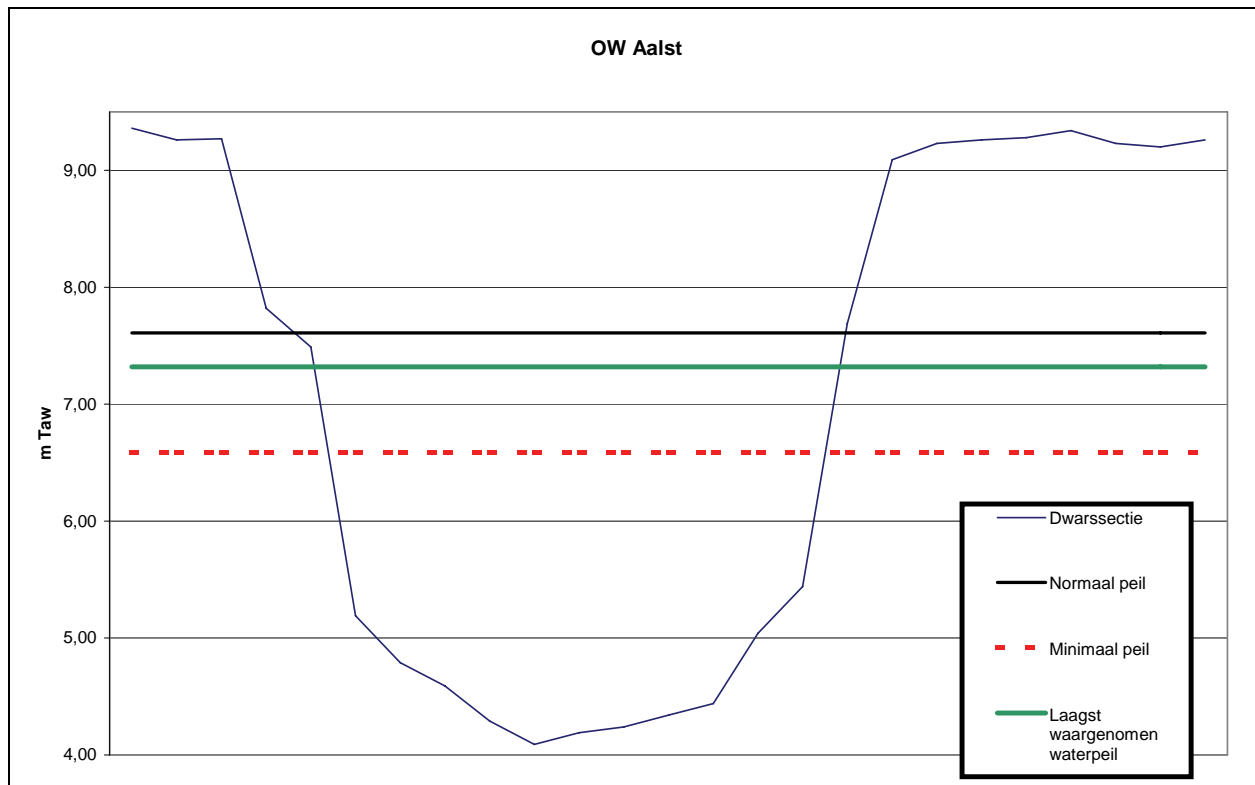
Uit deze figuren blijkt dat er bijna steeds voldoende water aanwezig is om scheepvaart mogelijk te maken. Enkel opwaarts de sluis te Idegem is het waterpeil ooit onder het minimaal peil gedaald. Deze waarde werd echter slechts op één dag opgetekend zodat een foute meting niet kan worden uitgesloten. Te Geraardsbergen ligt het laagst waargenomen waterpeil in de buurt van het minimaal peil. De grenswaarde werd echter nog niet onderschreden.



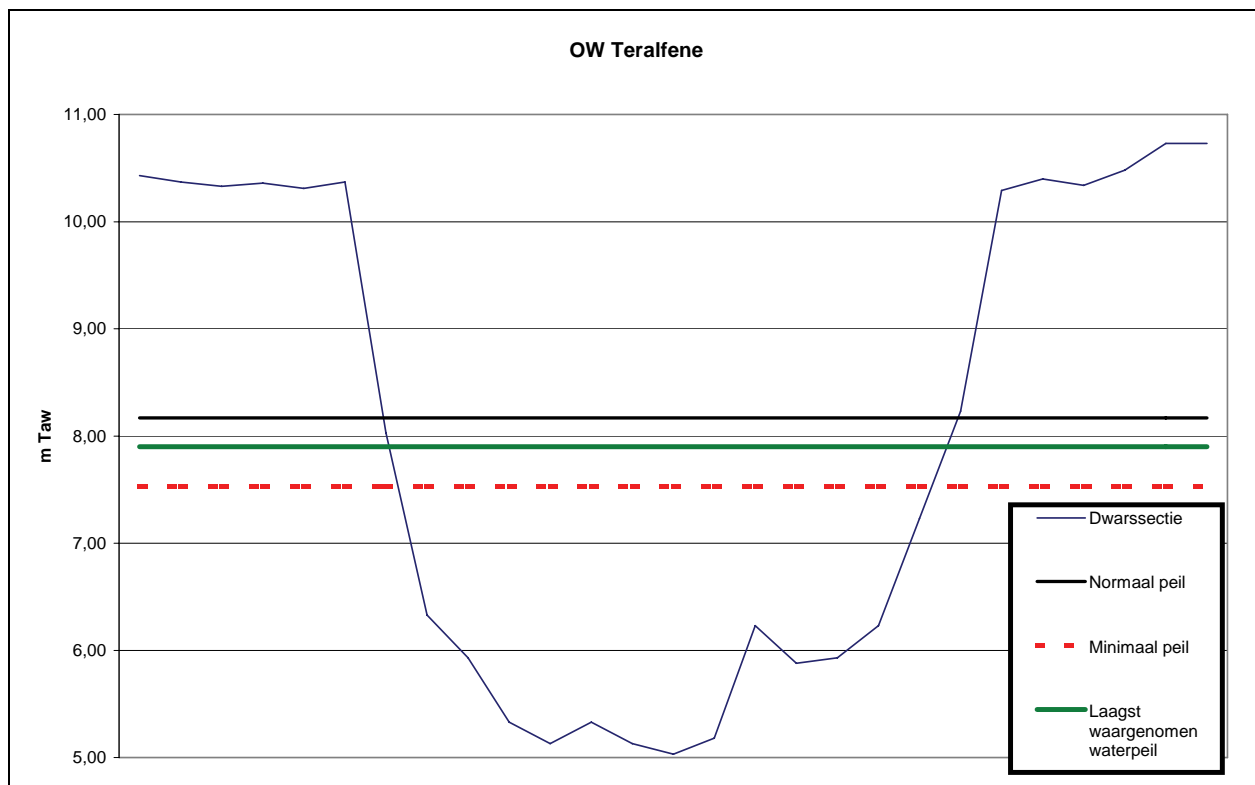
Figuur 66 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Dendermonde



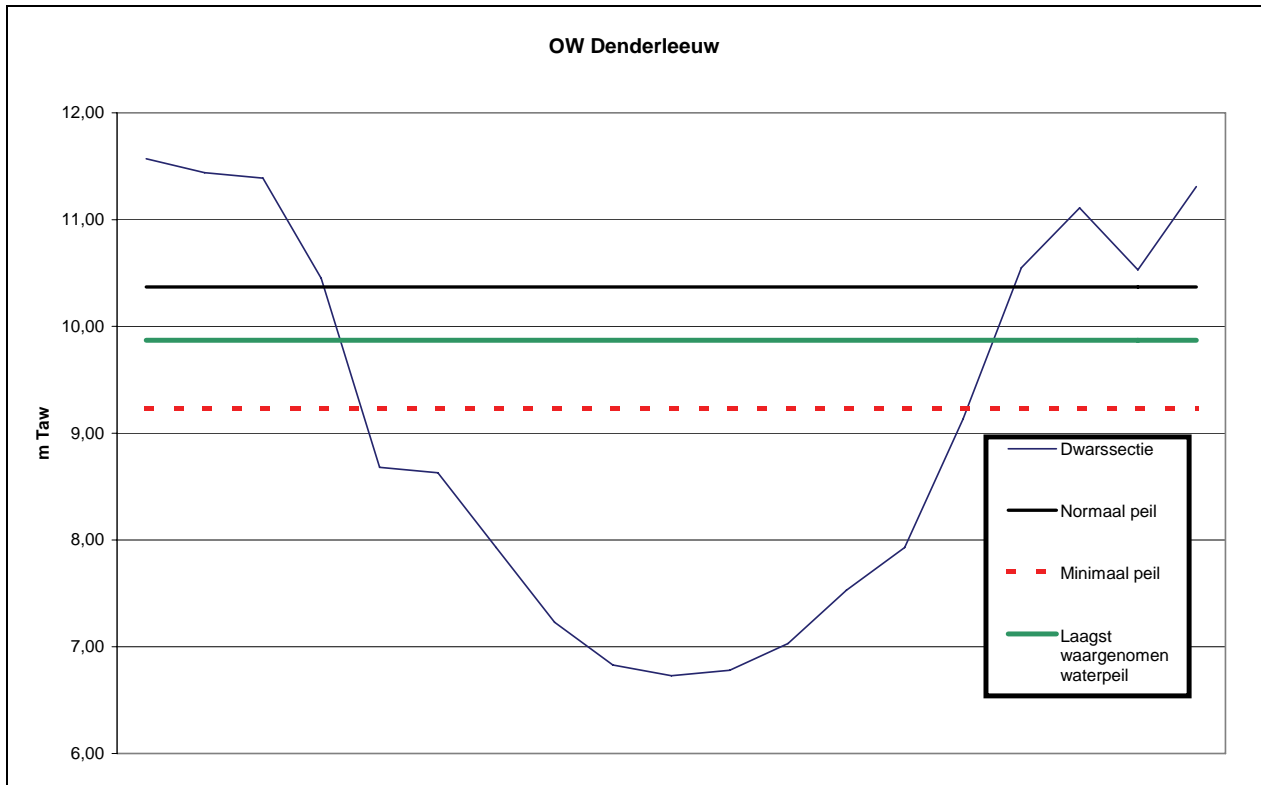
Figuur 67 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Denderbelle



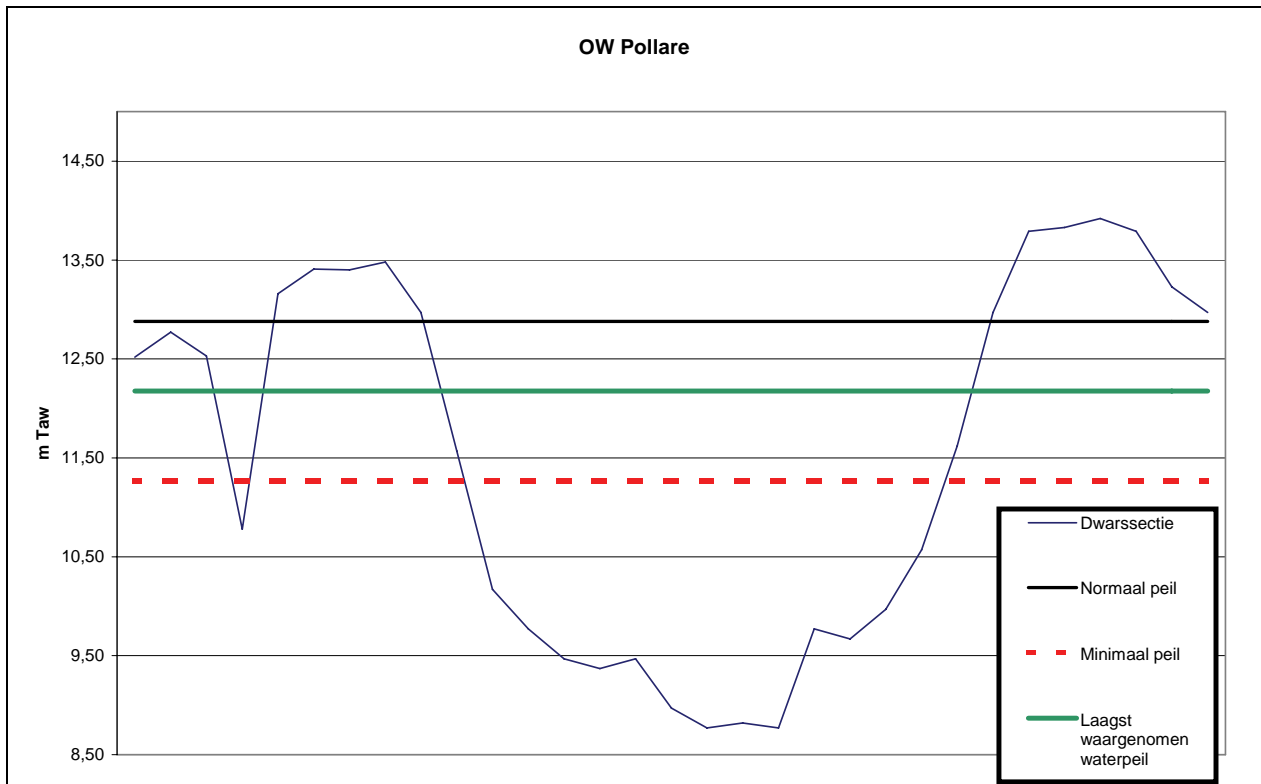
Figuur 68 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Aalst



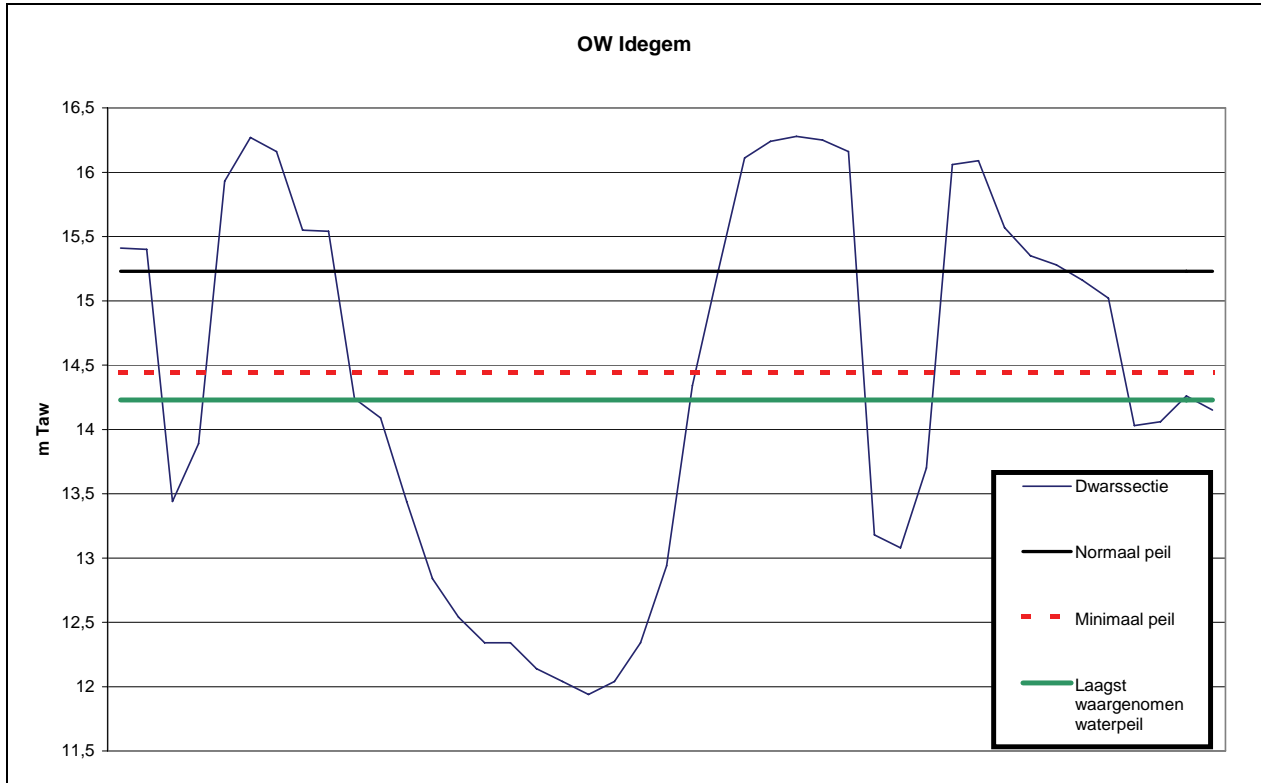
Figuur 69 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Teralfene



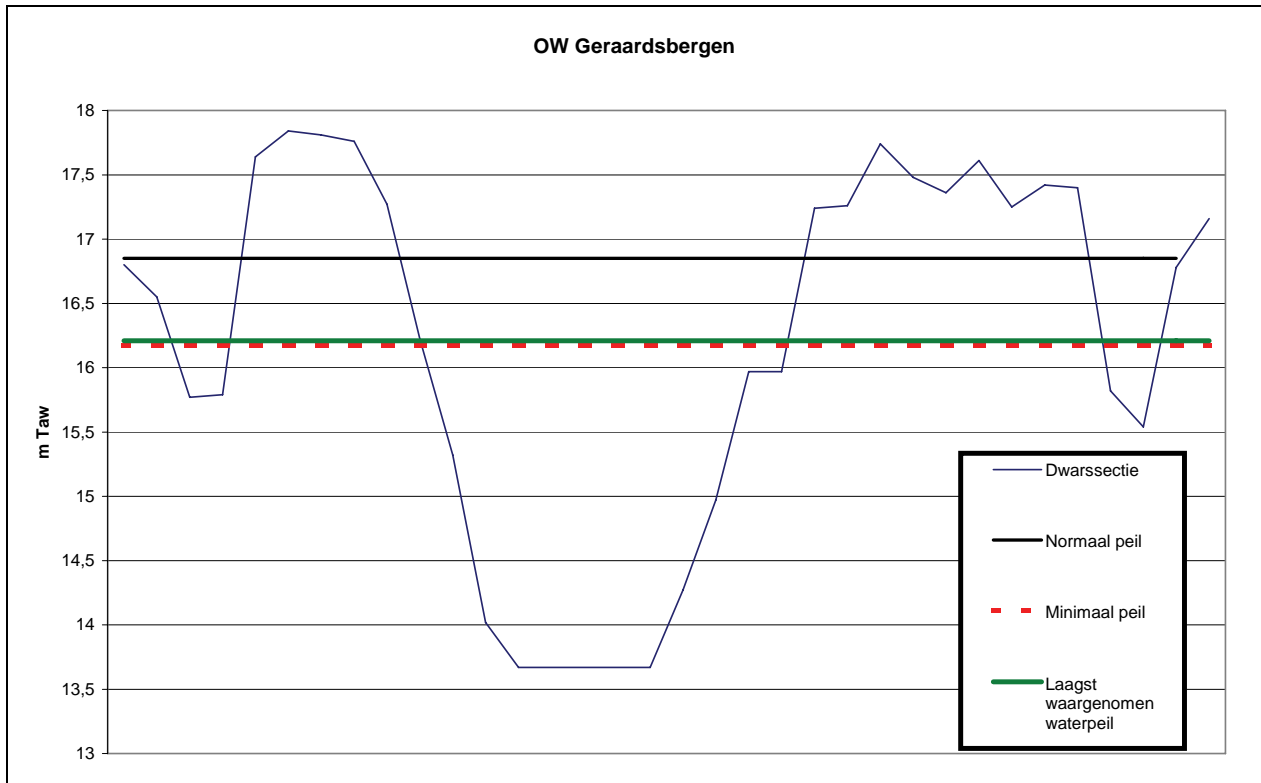
Figuur 70 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Denderleeuw



Figuur 71 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Pollare



Figuur 72 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Idegem



Figuur 73 Dwarsprofiel opwaarts de stuw te Geraardsbergen

In het paragraaf “3.3 Statistische analyse” zijn voor elke peilmeter opwaarts de stuw, met uitzondering van deze te Denderleeuw, de retourperioden bepaald. Voor de peilmeter te Denderbelle werd gebruik gemaakt van de uitgebreide extreme-waardenanalyse. Het laagst waargenomen peil (5,15 mTAW) komt dan overeen met een retourperiode van ongeveer 25 jaar. De retourperiodes aan de andere waterpeilmeters, opwaarts de stuwsluizen op de Dender, zijn bepaald d.m.v. de momentenmethode. Voor alle laagst waargenomen waterpeilen bedraagt de retourperiode meer dan 100 jaar.

De vaargeul die vereist is om de gewenste scheepvaart mogelijk te maken, wordt in stand gehouden door baggerwerken. De gegevens met betrekking tot de uitgevoerde baggerwerken op de Dender zijn samengebracht in Tabel 56. Deze zijn beschikbaar vanaf 1988.

De laatste jaren (reeds meer dan 5 jaar) wordt de vaargeul in de Dender in stand gehouden door de uitvoering van agitatiebaggerwerken (onder water ploegen). Aan de sluis in Dendermonde gebeurt dit op regelmatige basis. Om de 3 weken worden de afzettingen van de Zeeschelde in de inkom van de sluis van Dendermonde door agitatiebaggerwerken terug in de Zeeschelde verspreid.

Voor de volledige Dender (vanaf de grens met het Waalse gewest) wordt de vaargeul - door minimaal 1 keer per jaar agitatiebaggerwerken uit te voeren - vrij gehouden. Bij problemen (ophogingen) kan men steeds beroep doen op de firma die deze werken uitvoert. Het uitvoeren van baggerwerken op de Dender is momenteel niet mogelijk omdat er in het Denderbekken nog steeds geen stortplaats voor baggerspecie aan land beschikbaar is.

Tabel 56 Overzicht van de baggerwerken in het Denderbekken

Plaats en afstand van uitvoering	Tijdstip van laatste uitvoering	Hoeveelheden (m³)
Nieuwe dendermonding Vanaf opwaarts de sluis (profiel 10) tot aansluiting met oude Dender (profiel 47) (± 2.400 m)	1988	142.000
Afwaarts de sluis van Denderbelle Onmiddellijk afwaarts de sluis over een afstand van 150 m	1993	1.218
Opwaarts de sluis van Denderbelle Onmiddellijk opwaarts over een afstand van 95 m	1993	488
Zwaaikom in Wieze (255 m)	1989	5.570
Zwaaikom + losplaats Cemaco en Interbeton in Hofstade	1990	2478
Doortocht Aalst, tussen de St-Annabrug en de Zwarte hoekbrug (380 m)	1990	8.020
Zwaaikom in Aalst + losplaats Electrabel	1990	910
Tussen Aalst en Teralfene ter hoogte van km 46.600 (60 m)	1990	397
Opwaarts de sluis van Teralfene (105 m)	1994	1.600
Afwaarts de sluis in Denderleeuw (260 m)	1994	6.680
Opwaarts de sluis in Denderleeuw (100 m)	1994	1.387
Afwaarts de sluis in Idegem (70 m)	1994	1.084
Opwaarts de sluis in Idegem (65 m)	1994	1.800
Jachthaventjes in Schendelbeke (80 m)	1994	3.085
Afwaarts de sluis in Geraardsbergen (50 m)	1994	470
Opwaarts de sluis in Geraardsbergen (95 m)	1994	1.600
Algemeen totaal		178.787

5.7 Evolutie en planning op korte en lange termijn

In het verleden werden reeds enkel strategische doelstellingen geformuleerd. Zo moet het aandeel van de binnenvaart in het totaal van het goederenvervoer significant stijgen. Ook dient de biodiversiteit in en langs de waterwegen te verhogen. Eveneens moet er een visie ontwikkeld worden op de meervoudige functie van de waterweg en zijn aanhorigheden.

De Dender dient in het heden en de toekomst twee belangrijke functies te vervullen. Opwaarts de sluis te Aalst (Aalst-Geraardsbergen) dient er geconcentreerd te worden op alle vormen van recreatie (bv. pleziervaart, ...). Stroomafwaarts de sluis te Aalst (Aalst-Dendermonde) moet de transportfunctie van de waterloop primeren. Commerciële en industriële activiteit langs en op de Dender moet verder gepromoot en uitgebouwd worden. (Callebaut, 2000)

In de loop van het jaar 2002 wordt er een aanbesteding gepland voor de herbouw van de Zeebergbruggen te Aalst. Hierdoor zal de doorvaartbreedte toenemen tot 15,00 m. Nu bedraagt de breedte slechts 8,00 m. Na voltooiing van de werken, zal de doorvaart voor afvarende spitsen sterk verbeterd zijn.

In een volgende fase (na 2005-2006) wordt de stuwsluis van Aalst herbouwd. De nieuwe sluis, voorzien van een dubbele stuw en een vistrap, zal ongeveer 1 km stroomopwaarts de huidige locatie (afwaarts de spoorwegbrug te Erembodegem) worden gebouwd. Door de nieuwe sluis zullen 600 ton-schepen kunnen doorvaren tot aan de kades van Amylum en De Kegel (mondeline informatie W. Callebaut).

Daar de nieuwe sluis stroomopwaarts wordt gebouwd, zou de stuwsluis te Teralfene (verval = 72 cm) in de toekomst worden opgeheven (mondeline informatie sluiswachter Denderleeuw).

De zone voor calibratiewerken, die op het gewestplan langs de Dender is aangeduid, zal in de toekomst worden opgegeven.

6 Andere aspecten

6.1 Waterverbruik en –behoefte

De bespreking in deze paragraaf is gebaseerd op de studie “Prognose waterverbruik in Vlaanderen, 2001”, opgemaakt door WES/Ecolas.

6.1.1 Huishoudens

Tabel 57 geeft aan hoeveel water de huishoudens in het Denderbekken in totaal hebben verbruikt in het jaar 1998. Ook wordt er aangegeven wat het gemiddelde verbruik per inwoner per dag is in het bekken van de Dender. Ter vergelijking wordt in de tabel het gemiddeld dagverbruik per persoon over heel Vlaanderen vermeld.

Tabel 57 Waterverbruik in het jaar 1998 (Denderbekken & Vlaanderen)

	Totaal Denderbekken (mlj m³/jaar)	Gemiddeld per persoon Denderbekken (l/dag)	Gemiddeld per persoon Vlaanderen (l/dag)
Leidingwaterverbruik	11,028	85	104
Grondwaterverbruik	1,292	10	7
Hemelwaterverbruik	0,964	7	9
Totaal Waterverbruik	13,285	102	120

Uit Tabel 57 blijkt dat het leidingwaterverbruik in het Denderbekken per inwoner gevoelig lager ligt dan het Vlaams gemiddelde. Het hemelwaterverbruik ligt eveneens ook lager. Het grondwaterverbruik ligt echter hoger dan het Vlaams gemiddelde. Het totale waterverbruik per inwoner van het Denderbekken ligt 15 % lager dan het gemiddelde, berekend over heel Vlaanderen.

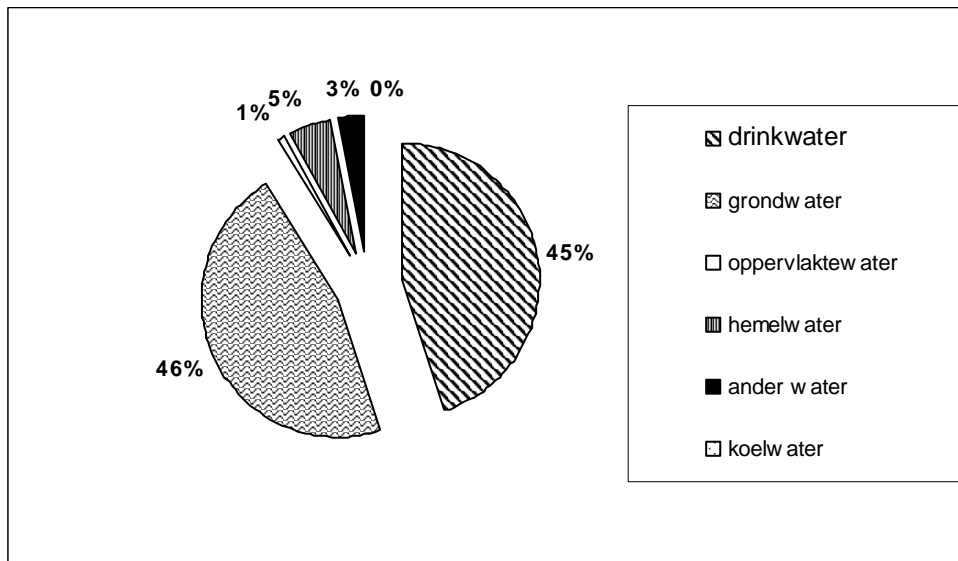
6.1.2 Landbouw

In Wes/Ecolas, 2001 is het verbruik door de landbouw bepaald op basis van de heffingendatabank van de VMM. Deze databank bevat echter (bij benadering) slechts de helft van landbouwbedrijven. Het volledige verbruik door de landbouw is dus moeilijk in te schatten.

In het bekken van de Dender is de rundveeteelt relatief belangrijk. Tuinbouw wordt in het stroomafwaartse deel van het bekken eveneens belangrijk. De samenstelling van het waterverbruik door de rundveeteelt wordt in Figuur 74 voorgesteld. Hieruit blijkt dat bijna de helft van het verbruikte water in deze sector wordt bekomen door grondwaterwinning. Het aandeel van het gebruikte drinkwater is ongeveer even groot.

6 Andere aspecten

6.1 Waterverbruik en -behoefte



Figuur 74 Samenstelling van het verbruikte water door de landbouw (1998)

Het rapport "Raming van het actief en passief watergebruik in de Land- en Tuinbouwsector per gemeente en per stroomgebied voor het Vlaamse Gewest" opgesteld door Hubrechts et al. dat dateert van 1993, brengt het verbruik van de land- en tuinbouwsector in kaart. Hierbij wordt deze sector onderverdeeld in volgende categorieën:

- Veeteelt
- Glastuinbouw
- Tuinbouw in volle grond
- Akkerbouw
- Weiland
- Agro-industrie
- Bosdomein
- Agglomeraties: geheel van bebouwde, geasfalteerde of gebetonneerde gebieden
- Andere landelijke zones: oppervlakte die niet wordt aangewend voor land- of bosbouw, noch voor de aanleg van wegen, noch voor het bouwen van huizen of het uitbaten van industrieterreinen. De rurale 'woeste gronden' en de urbane 'open ruimte' bv. parken, tuinen, ... behoren eveneens tot deze categorie

Het waterverbruik wordt berekend door de teeltoppervlakten of aantallen dieren te vermenigvuldigen met het specifiek waterverbruik. Voor de agro-industrie zijn bij het Nationaal Instituut voor de Statistiek reeds waterverbruikcijfers beschikbaar. Het waterverbruik door de cultuurgronden (tuinbouw in volle grond, weilanden en akkers) werd gesimuleerd op basis van het bodemtype en de specifieke teelt.

De gebruikte data heeft betrekking op het jaar 1991.

In het rapport wordt een onderscheid gemaakt tussen actief en passief waterverbruik. Het actief waterverbruik is het verbruik van water dat door toedoen van de mens wordt verbruikt. Zo maakt het watergebruik door beregening, hydrocultuur, veehouderij en de voedingsverwerkende nijverheid deel uit van het actief waterverbruik. Het passief waterverbruik is het verbruik via natuurlijke weg bv. bodem- en gewasverdamping.

Tabel 58 bevat het actief waterverbruik in het bekken van de Dender. Het actief waterverbruik wordt onderverdeeld in waterverbruik door de veestapel (0,75 milj m³/jaar), glastuinbouw (1,04

6 Andere aspecten

6.1 Waterverbruik en -behoefte

mlj m³/jaar) en de agro-industrie (1,94 mlj m³/jaar). Het totale actief waterverbruik per jaar bedraagt 3,73 mlj m³/jaar. Uit deze tabel blijkt dat het Denderbekken 6 % van het actief waterverbruik door de land- en tuinbouwsector in Vlaanderen vertegenwoordigt. Dit is in overeenstemming met het aandeel (5%) van het Denderbekken in de totale oppervlakte van Vlaanderen.

Tabel 58 Actief waterverbruik in het bekken van de Dender (1991)

	Veestapel (mlj m³/jaar)	Glastuinbouw (mlj m³/jaar)	Agro-industrie (mlj m³/jaar)	Totaal (mlj m³/jaar)
Denderbekken	0,75	1,04	1,94	3,73
Vlaanderen	26,85	23,14	14,06	64,05

Tabel 59 bevat het geraamde passief waterverbruik voor het Denderbekken. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het bosdomein, de agglomeratie en landelijke zone en cultuurgrond.

Het passief waterverbruik van het bosareaal is het verbruik van neerslag- en grondwater door bodemevaporatie of door gewastranspiratie onder natuurlijke omstandigheden. De raming voor het Denderbekken bedraagt 20,1 mlj m³/jaar en is rudimentair bepaald. Er wordt namelijk geen onderscheid gemaakt tussen loof- en naaldbos.

Het passief waterverbruik door de agglomeratie en de overige landelijke zone bedraagt 135,1 mlj m³/jaar. Het omvat het neerslagwater dat niet door oppervlakkige afstroming via rioleringskanalen of grachten en beken is afgevoerd, maar daarentegen is verdampt.

Het passief waterverbruik van de cultuurgronden omvat de natuurlijke verdamping door akkerbouw, vollegrondstuinbouw en weiland. Het wordt geschat op 167,2 mlj m³/jaar.

In totaal wordt er in het bekken van de Dender 322 mlj m³ per jaar (passief) verbruikt. Dit is ongeveer 5 % van het totale passieve waterverbruik in Vlaanderen.

Tabel 59 Passief waterverbruik in het bekken van de Dender (1991)

	Bosdomein (mlj m³/jaar)	Agglomeratie en landelijke zone (mlj m³/jaar)	Cultuurgrond (mlj m³/jaar)	Totaal (mlj m³/jaar)
Denderbekken	20,1	135,1	167,2	322,4
Vlaanderen	614,4	2894,5	3104,7	6613,5

Bij de opmaak van de waterbalans voor het bekken van de Dender (deelopdracht 3), kan het passief waterverbruik ingebracht worden als een deel van de evapotranspiratie.

Het huishoudelijk waterverbruik door de agrarische bevolking en de toeleveringsbedrijven (bv. kunstmestproducenten) worden bij de raming van het waterverbruik buiten beschouwing gelaten.

6.1.3 Industrie

In Wes/Ecolas, 2001 is het waterverbruik door de industrie berekend op basis van de databank voor heffing op waterverontreiniging. Deze wordt beheerd door de Vlaamse Milieumaatschappij. De databank is opgesplitst in een 'grootverbruikers-databank' en een 'kleinverbruikers-databank'. De kleinverbruikers hebben een verbruik van minder dan 500 m³/jaar. Dit onderscheid wordt gemaakt omwille van een andere heffingsregeling.

In wat volgt, wordt er onderscheid gemaakt tussen koelwaterverbruik en ander waterverbruik door de industrie. Het koelwater komt immers, na captatie en gebruik, bijna volledig opnieuw in de watercyclus terecht.

Tabel 60 geeft het waterverbruik door de industrie (met inbegrip van het koelwaterverbruik) in het bekken van de Dender aan. Ook wordt het totale waterverbruik door industrie aangegeven.

6 Andere aspecten

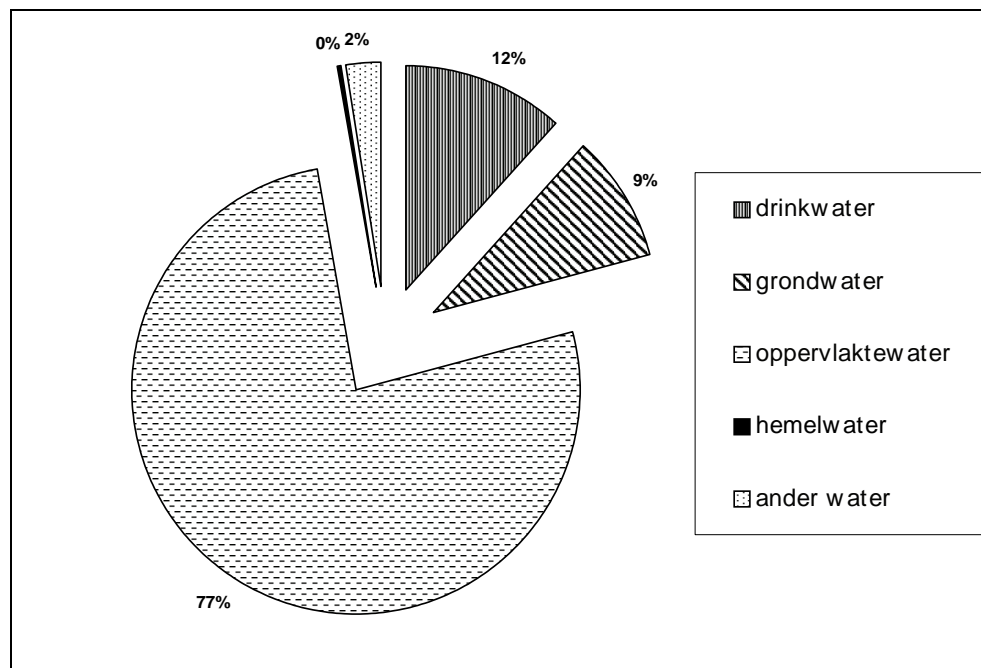
6.1 Waterverbruik en -behoefte

Tabel 60 Waterverbruik door industrie in het jaar 1991 tot 1998

jaar	Waterverbruik (mlj m ³ /jaar)	Koelwaterverbruik (mlj m ³ /jaar)	Totaal waterverbruik (mlj m ³ /jaar)
1991	10,025	13,008	23,033
1992	8,476	11,799	20,275
1993	8,158	11,883	20,041
1994	8,183	-	-
1995	6,039	13,982	20,021
1996	9,209	16,816	26,025
1997	7,710	17,288	24,998
1998	6,941	15,972	22,913

Uit Tabel 60 blijkt dat het gewoon waterverbruik in het bekken van de Dender gedaald is van 10 mlj m³/jaar naar 6,9 mlj m³/jaar. Het koelwaterverbruik lag de laatste jaren (1996-1998) hoger dan de andere jaren. De waarden voor het koelwaterverbruik en het totaal waterverbruik voor het jaar 1994 zijn weggelaten daar deze is wellicht niet correct zijn.

Figuur 75 geeft de samenstelling aan van het verbruikte water door de industrie in het jaar 1998. Uit deze figuur blijkt dat 77 % van het verbruikte water wordt gehaald uit oppervlaktewater. Dit is vooral te wijten aan het feit dat koelwater wordt gecapteerd uit oppervlaktewateren. Daarnaast wordt vooral drinkwater en grondwater aangewend voor de industriële activiteit. Hemelwater wordt bijna niet gebruikt.



Figuur 75 Samenstelling van het verbruikte water door de industrie (1998)

6.1.4 Totaal

Tabel 61 bevat het totaal waterverbruik in het Denderbekken voor de periode 1991 tot 1998 (Wes/Ecolas, 2001). Er wordt onderscheid gemaakt tussen het verbruik van de huishoudens, de landbouw en de industrie. Het koelwaterverbruik dat door de industrie wordt aangewend, is eveneens in het totaal opgenomen. Uit deze tabel blijkt dat het waterverbruik van de huishoudens, de landbouw en het koelwaterverbruik stijgt. De hoeveelheid water dat door de industrie wordt verbruikt (geen koelwater), daalt. De waarden voor het koelwaterverbruik en het totaal waterverbruik voor het jaar 1994 zijn opnieuw weggelaten.

6 Andere aspecten

6.1 Waterverbruik en -behoefte

Gemiddeld genomen bedraagt het totaal waterverbruik in het Denderbekken ruim 1 m³/s.

Tabel 61 Totaal waterverbruik door de huishoudens, de landbouw en de industrie (1991 tot 1998)

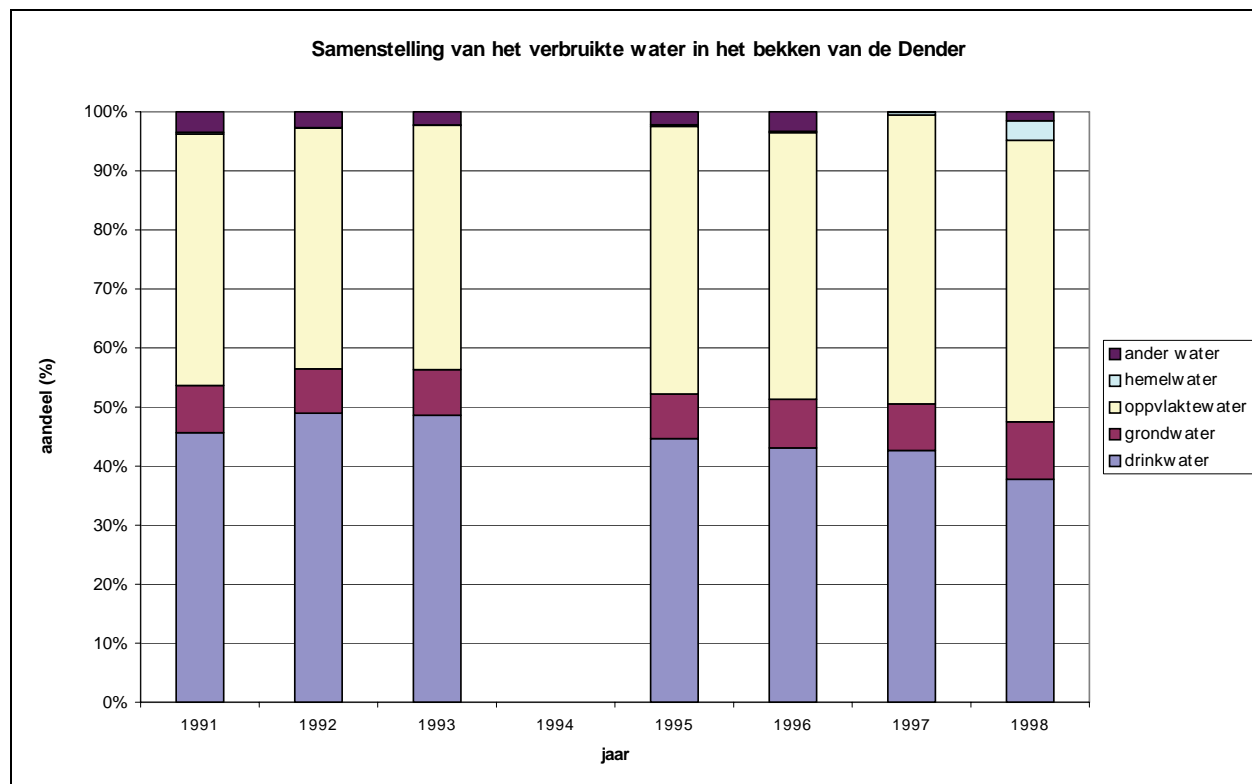
Jaar	Huishoudens (mlj m ³ /jaar)	Landbouw (mlj m ³ /jaar)	Industrie (mlj m ³ /jaar)	Koelwater (mlj m ³ /jaar)	Totaal (mlj m ³ /jaar)
1991	12,013	0,132	10,025	13,008	35,178
1992	11,744	0,241	8,476	11,799	32,260
1993	11,938	0,228	8,158	11,883	32,206
1994	12,588	0,361	8,183	-	-
1995	11,454	0,347	6,039	13,982	31,822
1996	14,000	0,456	9,209	16,816	40,481
1997	12,961	0,491	7,710	17,288	38,449
1998	13,285	0,973	6,941	15,972	37,171

Tabel 62 bevat de samenstelling van het totaal verbruikte water in het bekken van de Dender (Wes/Ecolas, 2001). Er wordt onderscheid gemaakt tussen drinkwater, grondwater, oppervlaktewater, hemelwater en ander water. Uit deze tabel blijkt dat het verbruik van grondwater, oppervlaktewater en hemelwater stijgt. De waarde voor het oppervlaktewater voor 1994 is opnieuw niet opgenomen in de tabel.

Tabel 62 Samenstelling totaal waterverbruik (1991 tot 1998)

Jaar	Drinkwater (mlj m ³ /jaar)	Grondwater (mlj m ³ /jaar)	Oppervlaktewater (mlj m ³ /jaar)	Hemelwater (mlj m ³ /jaar)	Ander water (mlj m ³ /jaar)
1991	16,064	2,820	14,968	0,100	1,226
1992	15,795	2,420	13,161	0,019	0,865
1993	15,662	2,475	13,337	0,018	0,714
1994	16,464	2,364	-	0,067	0,666
1995	14,212	2,411	14,416	0,094	0,689
1996	17,442	3,335	18,279	0,095	1,330
1997	16,406	3,031	18,816	0,173	0,023
1998	13,875	3,562	17,527	1,204	0,560

Figuur 76 geeft per jaar het procentueel aandeel van de samenstelling van het verbruikte water aan. Uit deze figuur blijkt dat het verbruik van drinkwater afneemt ten voordele van oppervlaktewater en hemelwater. Voorts blijkt ook dat het aandeel van het grondwater over de beschouwde periode quasi gelijk blijft. De waarden voor 1994 zijn opnieuw weggelaten.



Figuur 76 Samenstelling van het totaal verbruikte water over de periode 1991 tot 1998

6.2 Waterproductie

6.2.1 Drinkwater

Door de drinkwatermaatschappijen, wordt er in het bekken van de Dender geen water gewonnen. Het drinkwater moet dus worden aangevoerd vanuit andere bekken. Uit Tabel 62 blijkt dat deze aanvoer voor het jaar 1998 13,875 mlj m³ bedraagt.

Dit water wordt binnen het Denderbekken door volgende drinkwatermaatschappijen geleverd (toestand 2002):

- VMW¹: Bever, Galmaarden, Geraardsbergen, Gooik, Herne, Pepingen, Lennik, Roosdaal, Ninove, Denderleeuw en Merchtem
- TMVW²: Brakel, Zottegem, Erpe-Mere, Lede, Wichelen, Affligem, Liedekerke, Asse, Lebbeke, Buggenhout, Aalst en Dendermonde
- VMW/TMVW: Ternat, Lierde, Herzele, Haaltert en Opwijk
- IWVB³: Dilbeek

¹ VMW: Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening

² TMVW: Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Watervoorziening

³ IWVB: Intercommunale voor Waterbedeling in Vlaams-Brabant

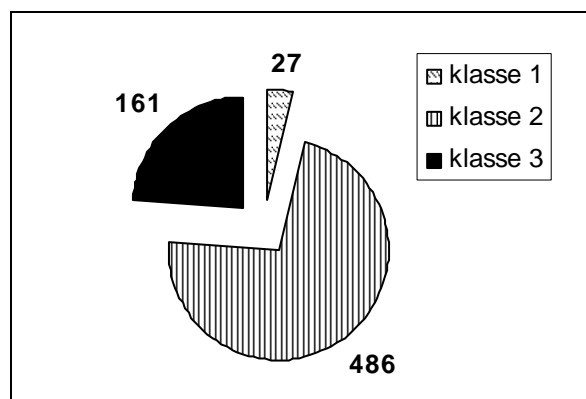
6.2.2 Grondwater

Uit Tabel 62 blijkt dat de hoeveelheid grondwater dat in het jaar 1998 in het bekken van de Dender werd verbruikt 3,562 miljard m³ bedraagt. Deze waarde werd bepaald op basis van metingen, de pompcapaciteit of op basis van het aantal dieren voor de landbouwsector. Uit de Databank Ondergrond Vlaanderen blijkt dat de totale vergunde hoeveelheid per jaar 5,782 miljard m³ bedraagt (toestand oktober 2001). In Bijlage G worden de belangrijkste grondwatervergunningen (klasse 1) getabelleerd. De locatie van de grondwateronttrekkingen wordt aangegeven op kaart 2. Uit deze kaart blijkt dat in het noordelijk deel van het bekken meer vergunningen zijn toegekend dan in de rest van het bekken. Dit gebied is echter ook het meest verstedelijkt. Voorts zijn de vergunde grondwateronttrekkingen in grotere mate in de hoger gelegen gebieden (randen) van het Denderbekken te vinden.

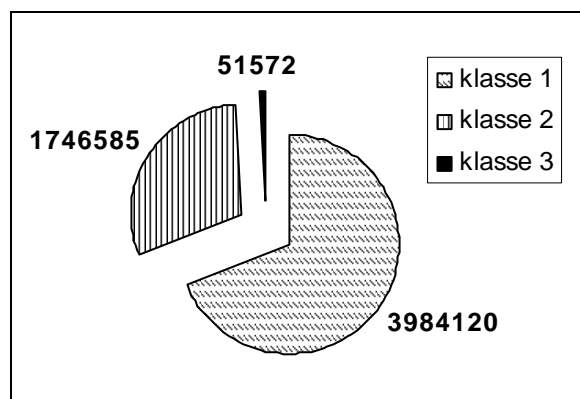
Sinds de introductie van de Vlarem-wetgeving worden de vergunningen ingedeeld in 3 klassen:

- Klasse 1: vergunningsplichtig, vergund debiet > 30.000 m³/jaar
- Klasse 2: vergunningsplichtig, vergund debiet tussen 500 en 30.000 m³/jaar
- Klasse 3: meldingsplichtig, vergund debiet tot 500 m³/jaar

Figuur 77 geeft het aantal vergunde grondwateronttrekkingen aan per klasse. Uit deze figuur blijkt dat de meeste onttrekkingen (72 %) behoren tot klasse 2. Ongeveer een kwart van de grondwaterwinningen (24 %) wordt gecatalogeerd als klasse 3. Slechts 4 % van de vergunningen behoren tot klasse 1.



Figuur 77 Aantal vergunde grondwateronttrekkingen, verdeeld per klasse (toestand oktober 2001)



Figuur 78 Vergund volume (m³/jaar) voor grondwateronttrekkingen, verdeeld per klasse (toestand oktober 2001)

Figuur 78 geeft het vergund volume per klasse aan. Uit deze figuur blijkt dat de vergunningen "klasse 1" verantwoordelijk zijn voor 69 % van het totaal vergund volume. Klasse 2 en klasse 3-vergunningen nemen respectievelijk 30 % en 1 % voor hun rekening.

In het Denderbekken zijn dus enkele vergunningen toegekend die toelaten een zeer groot volume op te pompen. Ze werden vooral toegekend aan de voedingsindustrie. Het grootste toegekend volume bedraagt 1 miljard m³/jaar. In de praktijk wordt echter dergelijke hoeveelheid niet opgepompt.

Het verschil tussen de werkelijk opgepompte en de vergunde hoeveelheden is voor een deel te wijten aan het feit dat er een reserve moet ingebouwd worden om (dag- en seizoenale) piekverbruiken te kunnen opvangen.

6.2.3 Oppervlaktewater

Uit Tabel 62 blijkt dat het totaal verbruikt volume oppervlaktewater in 1998, 17,527 mlj m³ (of ±0,55 m³/s) bedraagt. De belangrijkste capteerders worden in paragraaf "4 Captaties" besproken. In deze paragraaf wordt het gecapteerde volume oppervlaktewater geschat op 18,535 mlj m³ per jaar. De waarden zijn dan ook van dezelfde grootte-orde.

6.3 Afvalwater

6.3.1 RWZI's en KWZI's

Tabel 63 bevat de bestaande en geplande waterzuiveringsinstallaties in het bekken van de Dender. De locatie van deze installaties wordt op kaart 3 aangegeven. In het bekken zijn er 6 RWZI's aanwezig. Ze bevinden zich te Galmaarden (10000 IE), Liedekerke (70000 IE), Zandbergen (7000 IE), Aalst (80000 IE), Ninove (35000 IE) en Geraardsbergen (30000 IE). Uit de tabel blijkt dat er slechts één operationeel KWZI aanwezig is. Deze is gelegen te Sint-Maria-Lierde en heeft een ontwerpcapaciteit van 850 IE. Er zijn nog 8 KWZI's gepland.

Tabel 63 Bestaande en geplande KWZI 's en RWZI's in het bekken van de Dender

Naam	Nr	IP-Nr	Aard	Eigenaar	Lambert72		Ontwerpcapaciteit		Bouwjaar
					X (m)	Y (m)	IE	l/dag	
Godveerdegem	284	20411	KWZI	Aquafin	113988	172364	800	120000	-
Sint-Lievens-Esse	285	20685	KWZI	Aquafin	115955	173486	500	75000	-
Sint-Antelinks	176	94402	KWZI	Aquafin	118969	169851	1100	165000	-
Heldergem	202	96403	KWZI	Aquafin	120626	175275	1750	262500	-
Parike	211	96412	KWZI	Aquafin	110112	164799	1300	195000	-
Sint-Maria-Lierde	212	96413	KWZI	Aquafin	113516	167571	850	127500	2000
Lebbeke - Rooien	268	96706	KWZI	Aquafin	132606	185409	125	18750	-
Ninove - Rendestede	261	96712	KWZI	Aquafin	124001	166246	170	25500	-
Gook - Oetingen	405	20645	KWZI	Aquafin	128156	162110	1000	150000	-
Galmaarden	117	91009	RWZI	Aquafin	120209	160069	10000	1500000	1993
Liedekerke	174	94203A	RWZI	Aquafin	130407	175406	70000	10500000	1999
Zandbergen	169	94400	RWZI	Aquafin	121202	165953	7000	1050000	2000
Aalst	27		RWZI	VMM	127492	184254	80000	12000000	1987
Ninove	28		RWZI	VMM	126831	169842	35000	5250000	1986
Geraardsbergen	30		RWZI	VMM	115501	163323	30000	4500000	1999

6.3.2 Lozingspunten

De locatie van alle industriële en huishoudelijke lozingspunten wordt aangegeven op kaart 3. De belangrijkste (> 500 IE) worden eveneens opgesomd in de Bijlage G. De lozingspunten zijn in deze tabel gerangschikt naargelang de geloosd huidige vuilvracht. Uit deze tabel blijkt dat de relevante lozingspunten in de huidige toestand 30.631 m³/dag lozen. In de toekomst, na de volledige uitvoering van de TRP's⁴, zal dit volume oplopen tot 32.134 m³/dag.

Alle lozingspunten in het bekken van de Dender dragen in de huidige toestand per dag 40551 m³ bij. Na de volledige uitvoering van de TRP's, zal dit oplopen tot 44528 m³/dag.

Procentueel bedraagt het aandeel van de geïnventariseerde lozingspunten 44 à 49 % van de totale immisssie in het oppervlaktewater (zie paragraaf "Totale immisssie in het oppervlaktewater").

⁴ TRP: Totaal Rioleringsplan: Deze plannen werden eind de jaren '70 per gemeente opgesteld. Ze bevatten een visie voor de totale riolering van de gemeente. Ze omvatten 3 deelplannen nl. "rioleringsplan bestaande toestand", "principeplan regenweerafvoer" en een "technisch rioleringsplan".

6.3.3 Overstorten

De lijst met overstorten die door Aquafin nv wordt bijgehouden, is opgenomen in Bijlage I. Ze zijn eveneens aangegeven op kaart 3. Het betreft de toestand op 22 oktober 2001. De tabel bevat o.a de huishoudelijke en industriële IE's (Tc⁵), het maximaal overstortdebiet (in Te⁶), frequentie van overstorten (Tc) en de ontvangende waterloop. De vermelde debieten en frequentie zijn geschatte waarden die zich in de toekomst, rekening houdend met de gekende IP's, andere projecten en woonuitbreidingsgebieden, kunnen voordoen. De vermelde waarden geven in principe geen aanduiding van de huidige toestand. Uit deze tabel blijkt dat er weinig kwantitatieve gegevens (l/s) van de overstorten bekend zijn. Het aantal huishoudelijke IE's kan een aanduiding zijn van de grootte van het overstort. Dit getal vertelt echter niets over het aandeel regenwater in het overgestort volume. De duur van de werking van de overstorten is ook een belangrijke onbekende in het kwantificeren van het totaal overgestort volume. Een meetnet op overstorten kan terzake relevante informatie verschaffen.

In de hypothetische situatie dat er zich over het gehele bekken van de Dender een neerslagbui zou voordoen (met dezelfde karakteristieken als de composietbui met een retourperiode van 2 jaar waarmee de ontwerpberoeeningen werden uitgevoerd), dan zou de totale bijdrage (som van de maximale piekdebieten) van de gekende overstorten 107 m³/s bedragen in toestand E. Dit betekent niet dat er zich een afvoergolf met een debiet van 107 m³/s in de Dender zal voordoen, aangezien er een grote afvlakking zal optreden door de berging in de Dender en haar zijwaterlopen. Deze debietwaarde werd berekend op basis van een onvolledige inventaris m.b.v. toekomstige geschatte waarden.

6.3.4 Totale immissie in het oppervlaktewater

Volgens het AWPII Dender, lozen de huishoudens en de industrie gezamenlijk in het Denderbekken, direct of indirect, 90771 m³ afvalwater per dag. De huishoudens nemen 64324 m³ (71 %) voor hun rekening, terwijl door industriële activiteit 26447 m³ (29 %) in de waterlopen van het Denderbekken geloosd wordt. Voor de landbouwsector zijn geen cijfers bekend. Deze kwantificering gebeurde op basis van berekeningen, arbitraire waarden en waterkwaliteitsmodelleringen.

Het aandeel van het afvalwater dat terechtkomt in een RWZI bedraagt 55%, terwijl 29 % van het debiet afkomstig van huishoudens en 16 % van het debiet afkomstig van industriële activiteit ongezuiverd in het oppervlaktewater terechtkomt.

Uit bovenstaande blijkt dat per jaar 23,478 mlj m³ door de huishoudens in de waterloop wordt geloosd, terwijl de industrie verantwoordelijk is voor 9,653 mlj m³. In totaal bedraagt de immissie 30,131 mlj m³/jaar of ongeveer 1 m³/s.

⁵ Toestand c (Tc): Toestand na uitvoering van de projecten van alle gekende investeringsprogramma's en alle andere projecten die binnen de 5 jaar zullen uitgevoerd worden, m.i.v. alle woonuitbreidingsgebieden met betrekking tot die periode; dit zal echter specifiek per studie worden geëvalueerd en nader gespecificeerd. Open percelen in de bouwzone worden niet in rekening gebracht.

⁶ Toestand e (Te): Hierbij worden alle woonuitbreidingsgebieden in rekening gebracht, behalve deze die definitief niet zullen worden uitgevoerd; alle percelen in bouwzones worden opgevuld verondersteld. Per perceel zullen 3 IE's worden geteld.

6.4 Hoogwater en wateroverlast

De Dender is een typische regenrivier. De Dender reageert zeer snel op de neerslag. Dit wordt o.a. veroorzaakt door:

- De langwerpige vorm van het Denderbekken, waardoor weinig vertraging optreedt bij de afwatering van de deelstroomgebieden naar de Dender;
- De zeer geringe berging in de Dender zelf, aangezien in de Dender steeds een constant waterpeil wordt nagestreefd ten behoeve van de scheepvaart;
- Het feit dat de Dender over de gehele lengte “gekanaliseerd” of “gecalibreerd” is, waardoor minder weerstand optreedt en piekafvoeren sneller worden afgevoerd;
- De geringe bergingsmogelijkheden in de vallei van de Dender;
- De relatief belangrijke hellingen in het bekken, waardoor de runoff sneller tot afstroming komt.

De huidige en van nature overstroombare gebieden in Vlaanderen werden door ‘Ground for GIS’ (KULeuven, R&D) in kaart gebracht (2000). Deze studieopdracht gebeurde in opdracht van Aminor, afdeling Water, en kadert in de uitvoering van het Vlaamse Milieubeleidsplan 1997-2001.

Er werd in deze studie o.a. een inventarisatie gedaan van de recente overstroomde gebieden, of kortweg de ROG. Deze zones werden in essentie afgebakend en gekarakteriseerd aan de hand van een inventaris van de overstroomde gebieden gedurende de laatste 2 decennia. Hierbij werd beroep gedaan op:

- kaart-, foto- en beschrijvende archieven van en persoonsgebonden expertise in de Vlaamse overheid in het algemeen en bij de afdelingen, diensten en instituten vertegenwoordigd in de stuurgroep en begeleidingscommissie in het bijzonder,
- literatuurgegevens, inclusief resultaten van wetenschappelijk onderzoek en resultaten van een enquête en dataverzameling bij bekkencomités, provinciebesturen, afdelingen en diensten van de Vlaamse Administratie die niet vertegenwoordigd waren in stuurgroep of begeleidingscommissie.

Alhoewel in de studie gestreefd werd naar een inventaris van overstroomde gebieden voor de laatste 20 jaren, bestrijken de resultaten enkel de periode 1988-2000. Men kan er vanuit gaan dat de ROG's een goede voorstelling zijn van de meeste extreme situaties, zoals die zich de laatste jaren hebben voorgedaan.

De van nature overstroombare gebieden (NOG's) en de recent overstroomde gebieden (ROG's) zijn aangeduid op kaart 4. Uit deze kaart blijkt dat de ROG's zich quasi over de volledige lengte van de Dender bevinden, met uitzondering van de omgeving van Aalst. Ook zijn er ROG's aanwezig langs de Mark, de Molenbeek (411/30000) en de Molenbeek (431/21000) en de Bellebeek.

De periode december'93-januari'94 was gekenmerkt door een aanhoudende neerslag. Dit resulteerde dus niet in kortstondige piekdebieten. Kleinere zijwaterlopen konden aldus de neerslag zonder problemen afvoeren naar de Dender. Door de continue toevoer van water en de niet-permanente afwatering naar de Schelde steeg het waterpeil in de Dender aanzienlijk. Het hoogst debiet (98 m³/s) in deze periode werd genoteerd aan het Denderbellebroek. Te Geraardsbergen en Ninove trad de Dender buiten zijn oevers.

De overstromingen langs de onbevaarbare waterlopen waren geen direct gevolg van de aanhoudende neerslag maar eerder van het gevolg van het hoge waterpeil in de Dender. De zijwaterlopen konden onvoldoende afwateren naar de hoofdwaterloop.

De overstromingen van 1995 waren het gevolg van extreme weersomstandigheden. Toen overstroomden bijna alle valleigebieden langs de Dender.

6 Andere aspecten

6.4 Hoogwater en wateroverlast

Op 14 en 15 september 1998 was de wateroverlast veel kleiner en deden er zich slechts lokaal enkele problemen voor (Vlaamse Milieumaatschappij, 2000):

- De woonwijk Dries te Denderbelle kwam onder water te staan;
- Ontoereikend afwateren van de Vondelbeek zorgde voor wateroverlast in de Haagstraat te Sint-Gillis-Dendermonde

Tijdens de overstromingen van 1999 traden verschillende waterlopen in het Denderbekken buiten hun oevers:

- Mark/Molenbeek (Geraardsbergen)
- Bellebeek (Roosdaal/Liedekerke)
- Torensbeek (Aalst)
- Molenbeek (Aalst-noord)
- Vondelbeek/Steenbeek (Lebbeke/Dendermonde)

De belangrijkste oorzaken van de overstromingen zijn (Envico, 2001):

- Afwatering van de Dender naar de Schelde kan enkel bij laag tij.
- Versnelde afvoer door het toenemend aandeel verharde oppervlakte.
- Door de opdeling van de vallei in panden t.b.v. de scheepvaart, ligt het waterpeil op bepaalde plaatsen hoger dan het maaiveld van de aangrenzende valleigebieden.

Ook de oorzaken die in het begin van deze paragraaf werden aangehaald (waarom de Dender zo snel reageert op de neerslag), spelen hun rol in het overstromingsfenomeen.

De problematiek omtrent de afwatering te Aalst, meer bepaald te Hofstade en Gijzegem, wordt onderzocht. Het zuiveringsstation loost nu water in de Molenbeek. Een extra uitstroomconstructie van de Molenbeek naar de Dender, afwaarts Denderbelle, is eventueel een optie. Het effluent van de RWZI kan eventueel ook op een andere manier (rechtstreeks) naar de Dender afgevoerd worden (Callebaut, 2000).

Door toenemende bebouwing in de laatste decennia zijn er langs de Dender een groot aantal natuurlijke overstromingsgebieden verdwenen. Het Denderbellebroek dat behoort tot de polder van de Beneden-Dender, kan beschouwd worden als het enige volwaardige overstromingsgebied. Het heeft een oppervlakte van 170 ha. Er is een pompstation met vier vijzelpompen aanwezig zodat het overstromingsgebied na de wasperiode opnieuw kan leeggepompt worden. Dankzij de werking van het Denderbellebroek bleef Dendermonde de laatste tientallen jaren van wateroverlast gespaard.

In het bekken van de Dender zijn er eveneens nog enkele kleinere wachtbekkens aanwezig. Ze zijn gelegen langs de Bellebeek, de Molenbeek (Erpe-Mere) en de Vondelbeek-Steenbeek.

De stad Ninove heeft in juni 1999 besloten om enkele natuurlijke overstromingsgebieden aan te leggen langsheen onbevaarbare waterlopen zoals de Kabbeek, Beverbeek en Liefeningebeek (Denderbekkencomité, 1994 en De Milieuboot, 1997).

Door de K.U.Leuven, Laboratorium voor Hydraulica, werd in april 2002 een modelleringsstudie van de Dender afgewerkt. Het betreft een model van het Vlaamse gedeelte van de Dender (Deux-Acren tot Dendermonde). Het werd opgemaakt m.b.v. Mike11.

6.5 Watertekort en Verdroging

Uit “5.6 Kans op te lage waterstanden” blijkt dat tijdens droge periodes, er meestal voldoende water in de Dender aanwezig is om scheepvaart mogelijk te maken.

Bemaling en onttrekking van grondwater zijn de belangrijkste ingrepen van de mens die verdroging veroorzaken in de valleigebieden van de Dender. Deze verdroging kan op het terrein worden waargenomen. Men maakt een onderscheid tussen directe en indirecte effecten (naar Vermeersch, 2002).

Directe effecten

De waterhuishouding van een bepaald gebied (bv. kwelintensiteit, grondwaterstand, ...) is bepalend voor de aanwezigheid van bepaalde plantensoorten. Zo kan een afname van de kwelintensiteit in een bepaald gebied aanleiding geven tot het verlies van watergebonden vegetatie.

Aan de hand van de evolutie van het bodemgebruik kunnen directe verdrogingseffecten waargenomen worden:

- Natte hooilanden zijn vervangen door intensieve grasweiden. Dit is o.a. mogelijk door ontwatering d.m.v. pompgemalen;
- Inplanting van populieren in vochtige graslanden geeft aanleiding tot de ontwikkeling van een ruderaal vegetatie;
- ...

Deze effecten zijn o.a. waarneembaar in de Nuchten (Geraardsbergen). Daar beïnvloedt een uitgebreid grachtensysteem de waterhuishouding. Ook in de Molenbeekmeersen is het vochtig aspect sterk afgenomen en zijn gedurende de laatste decennia verschillende poelen verdwenen.

Indirecte effecten

Door verdroging kunnen nutriënten (fosfaat, nitraat, ..) makkelijker vrijkomen. Dit kan leiden tot het verlies van voedselarme levensgemeenschappen. Deze indirecte effecten kunnen opgespoord worden aan de hand van eutrofe vegetatietypen die zich ontwikkelen ten nadele van voedselarme en vochtige vegetatietypen. Zo moeten Elzenbroekbossen plaats ruimen voor ruigte-elzenbroekbossen. Stikstofminnende planten kunnen zich door toename van de voedingsstoffen in de bodem, sterk ontwikkelen. Dit leidt tot een verruiging van de kruidlaag. Dit is o.a. het geval in gedeelten van Sint-Onolfspolder, het gebied van de Oude Dender, de Molenbeekmeersen, de Pamelse Meersen, Denderbellebroek,...

De graslanden stroomopwaarts Teralfene blijken in het verleden waardevoller en natter te zijn geweest. Een brede strook langs de Dender werd er geklasseerd als natte tot zeer natte graslanden.

In de studie “Verkennde ecologische gebiedsvisie voor de Dendervallei-Omgevingsanalyse”, opgesteld door Sophie Vermeersch, Geert De Knijf en Kris Decler, worden de gebieden in de Dendervallei geselecteerd die het meest kwetsbaar zijn voor verdroging. Het betreft de Sint-Onolfspolder, het Osbroek, de Wellemeersen, Teralfene, de Dendervallei in Liedekerke, de Molenbeekmeersen, de Bruggemeersen, de Pamelse Meersen, de Phenixberg, de Kwaadbroeken, Appelterre, Zanbergen, de Nuchten, de Lestpolder, de Idegemse Meersen, de Gemene Meersen, Schendelbeke, de Gavers, de Boelaremeersen en Planken/Bauraing.

In het jaar 2000 werd door het Instituut voor Natuurbehoud een kwetsbaarheidskaart opgesteld. Als basis werd de Biologische Waarderingskaart (BWK) genomen. Ook de bodemkenmerken zijn gedeeltelijk bepalend voor de graad van kwetsbaarheid. Op kaart 5 is voor elke BWK-eenheid de kwetsbaarheid van de vegetatie m.b.t. verdroging aangegeven. De graad van kwetsbaarheid wordt aangegeven door verschillende klassen (niet kwetsbaar tot zeer

kwetsbaar). De meest kwetsbare gebieden zijn vooral gelegen langs de Bellebeek, de Mark en de Dender (Geraardsbergen-Ninove).

Door de VMM werd in het voorjaar van 1997 enkele waterstanden in het Denderbekken opgenomen. Toen werden er geen droogstanden of zeer lage waterstanden vastgesteld. In de zomerperiode van 1998 werden volgende lage waterstanden genoteerd (Vlaamse Milieumaatschappij, 2000):

- Grootbeek-Bieselinkbeek (432/41001): droogstand
- Molenbeek-Dode Dender (432/21000): lage waterstand van 10 cm
- Dorebeek (432/33001): lage waterstand van 10 cm
- Molenbeek (430/30000): lage waterstand van 10 cm
- Molenbeek-Vogelenzangbeek (423/33001): lage waterstand van 10 cm
- Larebeek (411/39001): lage waterstand van 10 cm
- Watermolenbeek (411/30000): droogstand
- Vagebeek (411/33001): droogstand
- Steenborrebeek (410/68002): droogstand
- Eetveldmeersbeek (401/54001): droogstand

Zoals reeds hierboven is vermeld, zijn er op de Dender zelf in de loop van de laatste decennia nagenoeg geen of slechts zeer uitzonderlijk problemen m.b.t. waterschaarste vastgesteld.

6.6 Pompgemalen

In de Dendervallei zijn 6 pompgemalen aanwezig (zie kaart 1 en kaart 5). Ze zijn gelegen in de Sint-Onolfsnyder (2), de Beneden-Dendernolder, de watering De Rijt, de watering Idegem-Appelterre en de watering De Gavergracht. In de polder van de Beneden-Dender wordt er eveneens nog een pompgemaal gepland. De pompgemalen worden beheerd door de polder of watering waarin ze gelegen zijn. De pompgemalen hebben een lagere grondwaterafel tot doel. Dit zorgt voor een makkelijkere exploitatie en betere opbrengsten op de ontwaterde gronden. De karakteristieke vegetatie in de ontwaterde gebieden is echter verdwenen.

Het pompgemaal dat zich in de Sint-Onolfsnyder (Sint-Onolfsdijk 7+ te Denermonde) bevindt, omvat 2 pompen met een debiet van elk 30 m³ per minuut. Deze pompen werden geplaatst door de firma Storck en zijn sinds 1956 in gebruik. In het jaar 2000 werd de installatie gerenoveerd en de elektrische sturing volledig vernieuwd. Het aanslagpeil wordt in de zomer ingesteld op 1,26 m en in de winter op 1,30 m. Het afslagpeil bedraagt in de zomer 1,11 m en in de winter 1,15 m. Het ontwaterde gebied bevindt zich, na de wijziging van de polderomschrijving in 1987, tussen de Schelde, de nieuwe Dender, de Midden-Dender, de Oude Dender, de waterloop S.077bis, de Donckstraat en de Noordlaan. Door de ingebruikname van het pompgemaal heeft men een aanzienlijke daling van het grondwaterpeil verwezenlijkt. Voorheen steeg het grondwaterpeil, vooral in de winterperiode, tot boven het maaiveld. De Polder Sint-Onolfs heeft eveneens een tweede pompgemaal in beheer (Sint-Onolfsdijk 45+). Omtrent deze installatie werden geen gegevens ontvangen.

Het pompgemaal in het Denderbellebroek zorgt voor het overpompen van het water dat na een wasperiode in het broek is geborgen. Het heeft dus in principe geen daling van het grondwaterpeil tot doel. De potpolder is volledig omgeven door een ringdijk met een hoogteligging van ongeveer 7 mTAW. De overloofdijk is 935 m lang. Deze werd in 1997 verhoogd van 5,8 mTAW tot 6,1 mTAW. Bij te hoge waterstanden van de Dender stroomt er water over deze dijk. Na de wasperiode worden de 4 pompen in werking gesteld. De aanslagpeilen van deze pompen bedragen: 3,15 mTAW, 3,20 mTAW, 3,25 mTAW en

3,30 mTAW. Het pompdebiet is voor elk van de 4 pompen identiek en bedraagt volgens Dhr. J. De Bièvre 5200 m³ per minuut. Dit komt overeen met 87 m³ per seconde (KUL, 2002). In werkelijkheid kan het broek, na een haast volledige vulling, in één etmaal nagenoeg geledigd worden.

De Paasbeek en de Steenbeek komen het Denderbellebroek binnen via stuwconstructies. Deze worden bij het vullen van het broek gesloten. Hierdoor ontstaat er wateroverlast langs deze waterlopen, buiten het Denderbellebroek. Om hieraan te verhelpen werd er enkele jaren geleden een verbindingswaterloop aangelegd tussen de Vondelbeek en de Steenbeek. Tevens werd er een nieuw pompgebouw gebouwd om het water van de Steenbeek, als de stuw is gesloten, in het Denderbellebroek te pompen.

Het pompgebouw dat zich in de watering De Gavergracht bevindt (Majoor van Lierdelaan 25A), zorgt voor het oppompen van het water van de Gavergracht naar de Dender. Het pompgebouw bestaat uit 2 pompen. Deze hebben een capaciteit van 500 m³ per uur. De Gavergracht loost oorspronkelijk gravitair in de Dender. In de jaren '60 traden er echter problemen op. De overwelfde benedenloop (op de terreinen van Union Match) raakte verstopt zodat de waterloop ingekort moest worden. Hierdoor was gravitaire lozing niet meer mogelijk. Volgens het bestuur van de watering zijn er veel problemen bij hoog water. Door de afwezigheid van voldoende bedijking in Henegouwen, komt het Denderwater dan in de Gavergracht terecht. Het debiet van de pompen is echter te klein om een dergelijk volume water over te pompen.

Het pompgebouw "De Nuchten" (watering Idegem-Apelterre") werd destijds in gebruik genomen teneinde het planten van bomen, t.b.v. de lucifer-industrie, mogelijk te maken. Volgens het bestuur van de watering heeft men de intentie om het pompgebouw af te schaffen en het gebied als natuurgebied te erkennen.

Er werd geen informatie aangaande de andere pompgemalen ontvangen.

6.7 Inventarisatie van de meetnetten

6.7.1 Klimatologische Stations

6.7.1.1 Neerslag

De neerslaghoeveelheden van een bepaald meetstation geven inzicht in de hoeveelheid neerslag die op deze plaats is gevallen in een bepaalde tijdsspanne. Uit de neerslaghoeveelheden van verschillende stations kan de grootteorde van de neerslag binnen het deelbekken bepaald worden.

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen pluviografen en pluviometers. Pluviometers leveren neerslagwaarden op dagbasis. Bij pluviografen is het mogelijk om neerslagwaarden met een uurlijkse of 2-minutelijkse frequentie te verkrijgen. De KMI-neerslagstations die zich in en rond het Denderbekken bevinden, zijn opgenomen in Tabel 64. Hun locatie is eveneens aangegeven op kaart 6.

Tabel 64 KMI-neerslagstations in en rond het bekken van de Dender

Naam	Nummer	Lambert72		Operationeel		Type
		X (m)	Y (m)	Van	Tot	
Dendermonde	BW53	131194	191156	01-01-51	heden	pluviometer
Zele (9240)	BW9	126746	194388	01-11-91	heden	pluviometer
Gijzegem	CL12	127586	185948	01-01-50	01-10-88	pluviometer
Mollem	CL13	139977	177998	01-05-80	01-12-90	pluviometer
Brussegem	CL13	141131	179047	01-04-91	heden	pluviometer
Asse Ter Heide	CL15	134881	179154	01-03-98	heden	pluviometer
Geraardsbergen	CL3	115378	162745	01-01-51	01-07-86	pluviometer
Sint-Maria-Latem	CL5	103441	175507	01-10-51	01-11-96	pluviometer
Sint-Maria-Latem	CL5	103441	175507	01-04-97	heden	pluviometer
Erembodegem	CL50	128277	178590	01-11-52	01-03-91	pluviometer
Pollare	CL51	124713	168717	01-01-51	heden	pluviometer
Geraardsbergen	CL52	115570	162218	01-01-51	01-01-98	pluviometer
Deftinge (Lierde)	CL52	112156	164312	01-01-51	heden	pluviometer
Lemberge-Merelbeke	CS20	108214	185819	01-01-51	heden	pluviometer
Melle	CS5	111721	185174	01-12-67	01-12-93	pluviometer
Melle (Automatisch)	CS90	111721	185174	01-03-94	heden	pluviograaf
Lessines	D2	112638	154976	01-01-51	01-03-61	pluviometer
Ellezelles	D5	101269	158407	01-01-51	01-05-83	pluviometer
Lessines	D51	112155	156061	01-01-52	heden	pluviometer
Stehoux (Tubize)	FL5	138257	151458	01-07-84	heden	pluviometer
Anderlecht	FL52	145066	167577	01-10-52	01-03-89	pluviometer
Lot	FL53	143042	161709	01-01-51	heden	pluviometer
Rebecq	FL7	135466	150229	01-04-77	01-07-84	pluviometer
Dilbeek	FS40	144287	170977	01-05-60	heden	pluviometer

De neerslag van de klimaatstations zijn puntneerslagen. Het is vrijwel onmogelijk dat zich over het gehele stroomgebied dezelfde neerslag-karakteristieken zouden voordoen, als voor één bepaalde locatie in het stroomgebied. Daarom dient de puntneerslag omgerekend te worden naar gebiedsneerslag. Hierbij dient men rekening te houden met de ruimtelijke verdeling van de neerslag. De omrekening van puntneerslagen naar gebiedsneerslagen zal steeds een

6 Andere aspecten

6.7 Inventarisatie van de meetnetten

benadering zijn en kan gebeuren door middel van de Thiessen polygoonmethode. Door middel van deze methode wordt de regio onderverdeeld in een aantal subregio's, elk gecentraliseerd over de neerslagstations, zodat alle punten in een subregio dicht bij hun centrale station zijn dan elk ander station. Bij elk station hoort er bijgevolg één subregio. Elke subregio is een veelhoek, ontstaan uit de snijpunten van de middelloodlijnen van het lijnstuk tussen twee klimaatstations.

$$N = 1/A \times \sum_{g=1}^G a_g n_g$$

met G = subregio

n_g = gemeten puntsneerslag

N = berekende gebiedsneerslag

A = totale oppervlakte

a_g = oppervlakte van een subregio ($\sum_{g=1}^G a_g = A$)

Op basis van de 13 operationele stations, zijn de Thiessen polygoonen berekend. Deze worden aangegeven in Tabel 65 en kaart 6. Uit de tabel blijkt dat het hoogste gewicht wordt gegeven aan de stations te Pollare (37,8 %), Asse Ter Heide (20,2 %) en Deftinge (17,2 %). Samen vertegenwoordigen ze 57,2 % van de oppervlakte van het Denderbekken.

Tabel 65 Thiessen coëfficiënten voor het bekken van de Dender

Naam	Nummer	oppervlakte (ha)	Thiessen Coëfficiënt (%)
Zelee	BW9	195	0,3
Dendermonde	BW53	6507	9,2
Brussegem	CL13	1386	2,0
Asse Ter Heide	CL15	14334	20,2
Pollare	CL51	26798	37,8
Deftinge (Lierde)	CL52	12166	17,2
Melle	CS90	728	1,0
Lessines	D51	4958	7,0
Stehoux	FL5	1501	2,1
Dilbeek	FS40	2360	3,3

De afgeleide coëfficiënten kunnen toegepast worden indien voor alle gewogen neerslagstations neerslagdata beschikbaar zijn. Van zodra er één of meerdere hiaten in de neerslagreeks aanwezig zijn, zal er een andere configuratie, en dus andere gewichttoekenning, moeten toegepast worden. Zo zullen voor de opmaak van de waterbalans slechts gegevens van 4 neerslagstations gebruikt worden (zie deelopdracht 3).

6.7.1.2 *Temperatuur*

In eerste instantie geven temperatuurgegevens een aanduiding voor periodes van vorst en sneeuwval. Deze twee parameters beïnvloeden de waterafvoer in belangrijke mate. In tweede instantie beïnvloedt de temperatuur de evapotranspiratie. De temperatuur is dan ook belangrijk bij de eventuele berekening van de evapotranspiratie.

Het KMI beschikt over een net van temperatuurmeetstations. De meeste stations registreren dagelijks de minimum- en maximumtemperatuur. In enkele stations wordt de temperatuur om de drie uur genoteerd.

6 Andere aspecten

6.7 Inventarisatie van de meetnetten

De temperatuurstations die zich in en rond het bekken van de Dender bevinden, zijn in Tabel 66 opgesomd. De locatie van deze stations wordt eveneens aangegeven op kaart 6.

Tabel 66 *Temperatuurstation in en rond het bekken van de Dender*

Naam	Nummer	Lambert72		Operationeel		Type
		X (m)	Y (m)	Van	Tot	
Zelee (9240)	BW9	126746	194388	01-08-92	heden	Min./Max. Thermometer
Geraardsbergen	CL3	115378	162745	01-12-53	01-07-86	Min./Max. Thermometer
Brussegem	CL13	141131	179047	01-04-91	heden	Min./Max. Thermometer
Mollem	CL13	139977	177998	01-05-80	01-12-90	Min./Max. Thermometer
Geraardsbergen	CL52	115570	162218	01-12-53	01-01-98	Min./Max. Thermometer
Deftinge (Lierde)	CL52	112156	164312	01-12-53	heden	Min./Max. Thermometer
Lessines	D2	112638	154976	01-12-53	01-03-61	Min./Max. Thermometer
Lessines	D51	112155	156061	01-12-53	01-09-77	Min./Max. Thermometer

6.7.1.3 *Evapotranspiratie*

Het kwantificeren van de evapotranspiratie is belangrijk om in te schatten hoeveel water er effectief ter beschikking wordt gesteld voor infiltratie of oppervlakkige afstroming. Deze gegevens zijn dan ook belangrijk voor het opstellen van een waterbalans.

Evapotranspiratie (ET) is de som van:

- evaporatie van het bodemoppervlak
- verdamping van geïntercepteerd water (neerslag dat terechtkomt op bladeren)
- transpiratie van water door planten
- gebruik van water door de planten om nieuw weefsel op te bouwen

De aanwezigheid van voldoende water in de bodem is een belangrijke parameter inzake ET. Indien er onvoldoende water aanwezig is, zal de transpiratie uitgaande van planten, afnemen. Een hogere windsnelheid verhoogt de ET. Indien er dagelijks ET-berekeningen worden uitgevoerd, kan de factor 'wind' belangrijk zijn. Indien de periode langer is (bv. maand) dan is het effect van de wind veel minder belangrijk omwille van uitmiddeling. Stralingsenergie is eveneens een belangrijke parameter voor de berekening van de ET.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen werkelijke en potentiële evapotranspiratie.

Tijdens periodes van droogte zal de werkelijke evapotranspiratie (AET: Actual Evapotranspiration) relatief laag zijn (er is immers een tekort aan water). Indien men bijkomend water aanvoert (bv. door irrigatie), zal de AET toenemen en tot een limietwaarde (maximum waarde) naderen. Deze limietwaarde is enkel nog afhankelijk van meteorologische factoren en parameters en is niet meer gelimiteerd door de beschikbare hoeveelheid water. Deze limietwaarde van de AET noemt men de potentiële evapotranspiratie (PET: Potential Evapotranspiration).

Bij definitie is de PET dus onafhankelijk van de aanwezige hoeveelheid water. Water is in dit geval geen limiterende factor. De AET hangt daarentegen wel af van de hoeveelheid water die er ter beschikking wordt gesteld door de neerslag en door de bodemwaterreserve. Deze evapotranspiratie is kleiner of hoogstens gelijk aan de maximaal mogelijke evapotranspiratie (PET).

De belangrijkste meteorologische factoren en parameters die bepalend zijn voor de PET zijn:

- De ter beschikking staande netto-stralingsenergie voor de evapotranspiratie d.i. de latente verdampingsenergie als gedeelte van de netto-stralingsenergie, naast de voelbare warmte die gebruikt wordt voor de opwarming van de atmosfeer.

- De temperatuur en de vochtigheid van de lucht
- De windsnelheid en -richting (advectie van relatief drogere of vochtige lucht)

De rechtstreekse meting van de hoeveelheden water die betrokken zijn bij de verdampings- en transpiratieprocessen levert nog steeds grote moeilijkheden op. De PET kan gemeten worden met o.a. atmometers en verdampingsbakken. De AET kan gemeten worden m.b.v. lysimeters. Dikwijls kan het toch nuttig zijn om zo'n metingen uit te voeren. Deze verschijnselen zijn namelijk gekenmerkt door een hoge complexiteit zodat zelfs met de meest geavanceerde berekeningsmethoden slechts benaderende waarden kunnen bekomen worden.

Deze berekeningmethoden maken gebruik van parameters zoals de temperatuur die makkelijker meetbaar zijn. Verschillende methoden zoals die van Thornthwaite, Hamon, Hargreaves, Penman-Montieth, ... zijn voorhanden.

Daar er in België verschillende stations zijn waarvoor de potentiële evapotranspiratie dagelijks wordt berekend, is het mogelijk om de PET-waarden om te zetten naar de werkelijke evapotranspiratie. Er zijn verschillende mogelijkheden om deze omzetting te doen. Eén ervan maakt gebruik van de Penman-methode. In deze methode worden enkele belangrijke parameters gebruikt: netto-stralingsenergie, het drogend vermogen van de lucht en van de luchtbeweging. Door opname van een tiental coëfficiënten in de Penman-vergelijking waaronder de temperatuur, windsnelheid, ... kan men de werkelijke evapotranspiratie berekenen.

Deze methode is niet alleen tijdrovend maar er worden eveneens hoge eisen gesteld aan de beschikbaarheid van de data. De correctheid van de te gebruiken coëfficiënten kan daarenboven nog niet voldoende worden gegarandeerd.

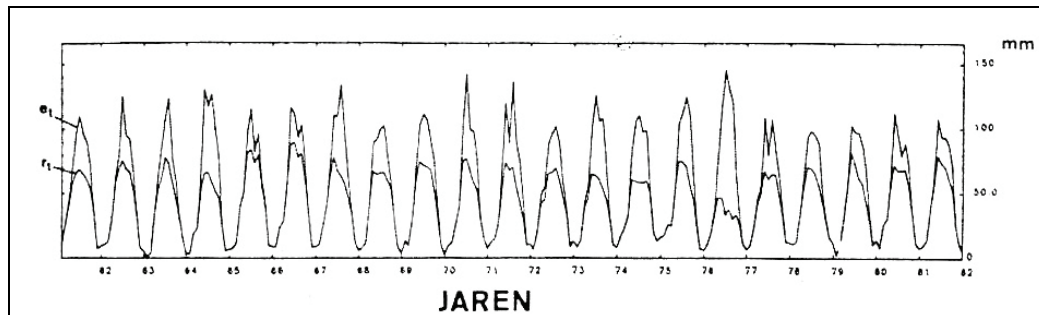
Men kan ook proberen om op basis van de gebiedskenmerken de AET rechtstreeks te gaan bepalen.

- *Op basis van berekende waarden*
Er wordt voor het deelbekken een inventaris opgemaakt van de verschillende bodemsoorten, het voorkomende bodemgebruik en het grondwaterpeil. Deze gegevens kunnen door middel van GIS-analyse gecombineerd worden. Voor de aanwezige combinaties kan de reële evapotranspiratie berekend worden en zodoende de gemiddelde AET voor het volledige stroomgebied bepaald worden. Deze methode is arbeidsintensief en de correcte berekening is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van een recente bodemgebruikskaart.
- *Op basis van satellietwaarnemingen*
Voor verdamping en daaraan gekoppelde zaken zoals bodemvochtgehalte, plantaardige productie en CO₂ inname kunnen energiebalans toepassingen worden gebruikt. De energiebalans van het landoppervlak bestaat uit 4 flux termen, waarbij de latente warmte flux voor verdamping als restterm wordt uitgerekend.
- *Op basis van gekende waarden uit de literatuur*
Indien men zich baseert op allerhande literatuurgegevens, die een bepaald bodemtype linken met een actuele evapotranspiratie, dient men uiterst voorzichtig om te springen met deze data. Internationale literatuurgegevens zijn bijvoorbeeld moeilijk te combineren met of te converteren naar de Belgische situatie, vermits het Belgisch bodemclassificatiesysteem verschilt met het systeem dat gebruikt wordt in andere landen.

Figuur 79 toont dat in België tijdens de wintermaanden, de AET gelijk is aan de PET. In deze periode van het jaar is er voldoende water beschikbaar voor de evapotranspiratie. Deze figuur, uitgewerkt in het kader de studie "Waterbalansen van het Vlaamse Gewest" (VUB), toont de temporele relatie tussen de werkelijke evapotranspiratie (r_t) en de reële verdamping van het vrije oppervlak (e_t). Deze laatste kan gelijk worden gesteld met de PET. Water is namelijk geen limiterende factor.

6 Andere aspecten

6.7 Inventarisatie van de meetnetten



Figuur 79 Temporele relatie tussen AET (r_t) en reële verdamping van het vrije wateroppervlak (e_t)

In het bekken van de Dender zijn geen Evapotranspiratiestations gelegen. De dichtstbij gelegen stations zijn deze te Ukkel (FS3) en Melle (CS90) De locatie wordt eveneens op kaart 6 aangegeven.

In de studie van Batelaan en De Smedt (1996), is geprobeerd een pragmatische methode te ontwikkelen om uit digitale gegevensbestanden o.a. een evapotranspiratiekaart af te leiden. De uitgewerkte methode is daarna toegepast op het Denderbekken.

In deze studie werden 3 situaties bestudeerd:

- toestand in 1986;
- toestand in 1992;
- toekomstige toestand, gebaseerd op de te verwachten landgebruikswijzigingen zoals beschreven in het Structuurplan Vlaanderen;

De gemiddelde, gesimuleerde verdamping voor het jaar 1986 over het volledige bekken bedraagt 517,3 mm/jaar. Voor het jaar 1992 bedraagt de actuele verdamping 518,2 mm/jaar. De verdamping over deze twee jaren is dan ook quasi gelijk. Rekening houdend met het landgebruik na de uitvoering van het RSV, bedraagt de verdamping 502,6 mm/jaar. Voor de berekening van deze laatste waarde is uitgegaan van dezelfde meteorologische omstandigheden zoals gebruikt voor de berekening van de jaren 1986 en 1992.

Deze verdampingswaarden komen goed overeen met de resultaten in Van der Beken et al. (1990). De gesimuleerde verdamping bedraagt volgens deze studie 504-552 mm/jaar.

In Tabel 59 (Hubrechts et al.) wordt het passief waterverbruik door de landbouw in het Denderbekken geschat op 322,4 mlj m³ per jaar of 454,4 mm/jaar. De actuele verdamping voor het jaar 1992 is volgens Batelaan en De Smedt (1996), 367,6 mlj m³ of 518,2 mm/jaar. Bij de berekening van het passief waterverbruik door de landbouw is er uiteraard geen rekening gehouden met de verdamping van het open wateroppervlak. Dit verklaart gedeeltelijk de lagere waarde.

Om de evapotranspiratie op maandbasis te berekenen kunnen de bovenvermelde jaarwaarden gekoppeld worden aan een gekozen verdeling. Deze verdeling kan opgesteld worden aan de hand van de potentiële evapotranspiratiewaarden voor het station te Ukkel of te Melle.

6.7.2 Hydrometrische stations

Voor een bespreking van de hydrometrische stations en hun meetreeksen, wordt er verwezen naar de paragraaf "3.1 Inventarisatie beschikbare meetreeksen".

7 Referentielijst

AMINAL, Afdeling Water (2002). Drinkwatervoorziening in Vlaanderen – situatie 2002

Batelaan, O., De Smedt, F. (1996), Onderzoek naar de impact van opties in het Structuurplan Vlaanderen op grondwatervoeding en naar de haalbaarheid van ingrepen met het oog op integrale waterbeheersing, studie i.o.v. AMINAL, afdeling Water

Callebaut, W. (2000). Startrappertering Omgevingsanalyse Dender, Afdeling Bovenschelde

Chow, V.T, Maidment, D.R., Mays, L.W., 1999. Applied Hydrology

Degain, M. (2000). Verslag Scheepvaart 1999 Afdeling Bovenschelde

Degain, M. (2001). Verslag Scheepvaart 2000 Afdeling Bovenschelde

Denderbekkencomité, werkgroep waterkwantiteit (1994). Overstromingszones in het Denderbekken, inventaris juli 1994

De Milieuboot (1997), De onbevaarbare waterlopen van 1^{ste} categorie in het bekken van de Dender

Envico (2001). Optimalisatie van de natuurwaarden langs de Dender door een aangepaste inrichting en beheer, studie i.o.v. AMINAL afdeling Natuur, buitendienst Oost-Vlaanderen

Gottschalk, L., Tallaksen, L., Perzyna, G (1996). Derivation of low flow distribution functions using recession curves, Journal of hydrology 194 (1997) 239-262

Hubrechts, L., Van der Velden, M., Feyen, J. (1993), Raming van het actief en passief watergebruik in de Land- en Tuinbouwsector per gemeente en per stroomgebied voor het Vlaamse Gewest

KUL, Laboratorium voor Hydraulica, Instituut voor Land- en Bosbeheer (2000). Algemene methodologie voor het modelleren van de waterafvoer in bevaarbare waterlopen in Vlaanderen

KUL (2002), Mike11 Dender model

Ramon R. (1968), Planologische studie van de Dender als rivier en scheepvaartweg in het kader van het richtplan voor de ontwikkeling en de ruimtelijke ordening van de Denderstreek

Van der Beken, A. en Huybrechts, W. (1990), De waterbalans van het Vlaams Gewest. Een rationaal waterbeheer via kennis van de waterbalans. Water, 50, p. 88-92

Vermeersch, S., De Knijf, G., Decler, K. (2002). Verkennende ecologische gebiedsvisie voor de Dendervallei (ontwerp)

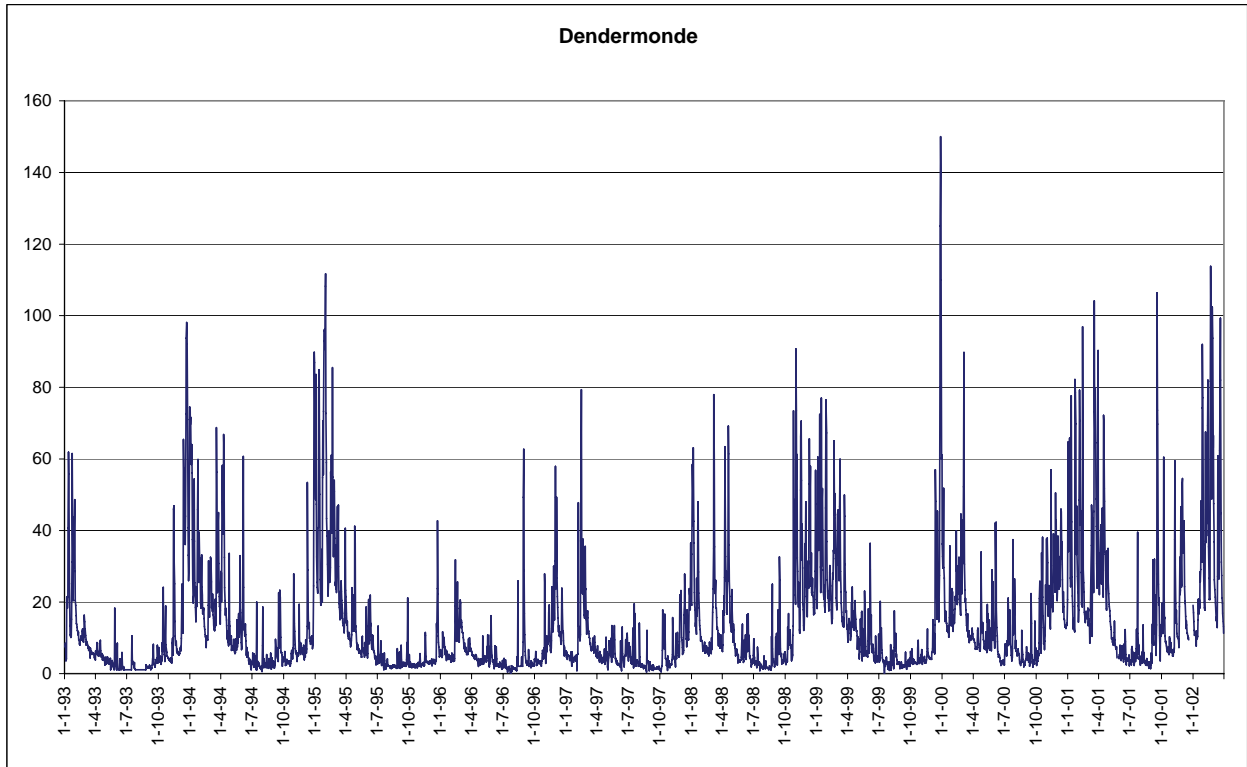
VIWC-subcomité watergebruik (1999). Waterbeleidsplan, bijdrage watergebruik

Vlaamse Milieumaatschappij (2000). Algemeen Waterkwaliteitsplan 2 Dender

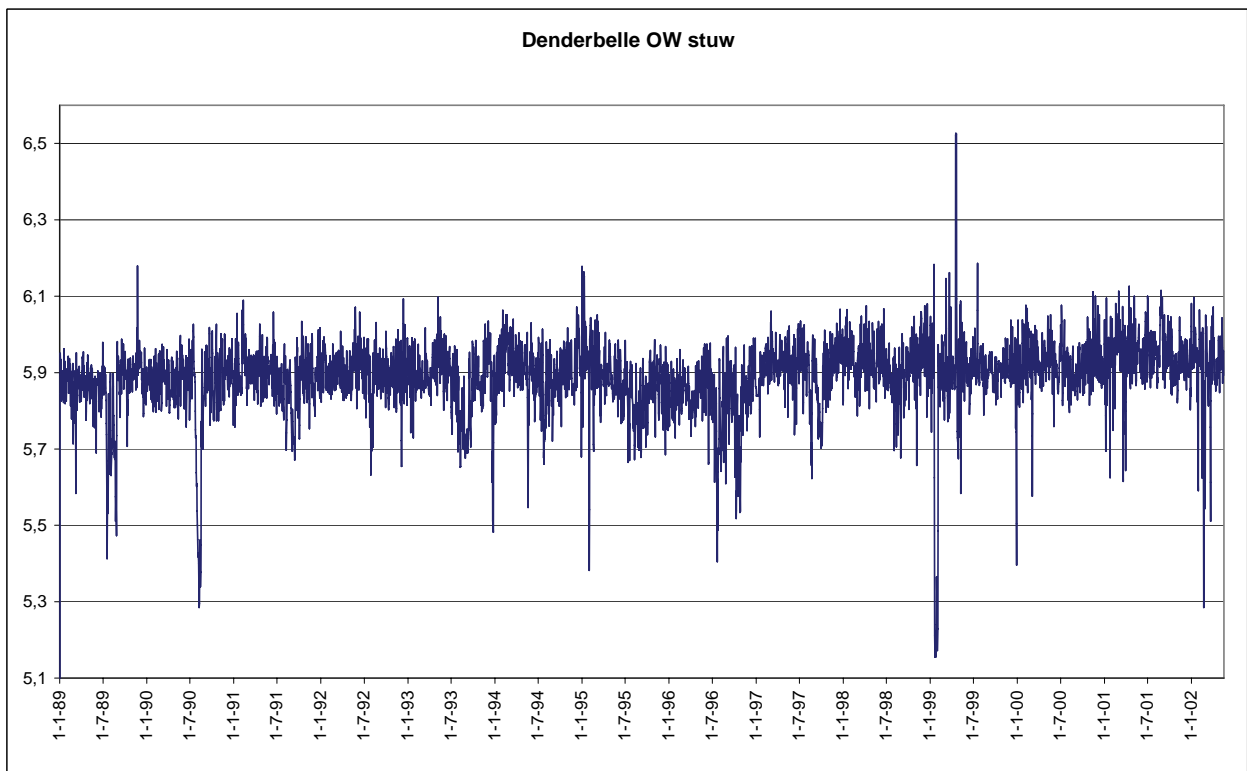
Wes/Ecolas (2001). Prognose waterverbruik in Vlaanderen, studie i.o.v. AMINAL, Afdeling Water

Website AWZ: <http://www.AWZ.be>

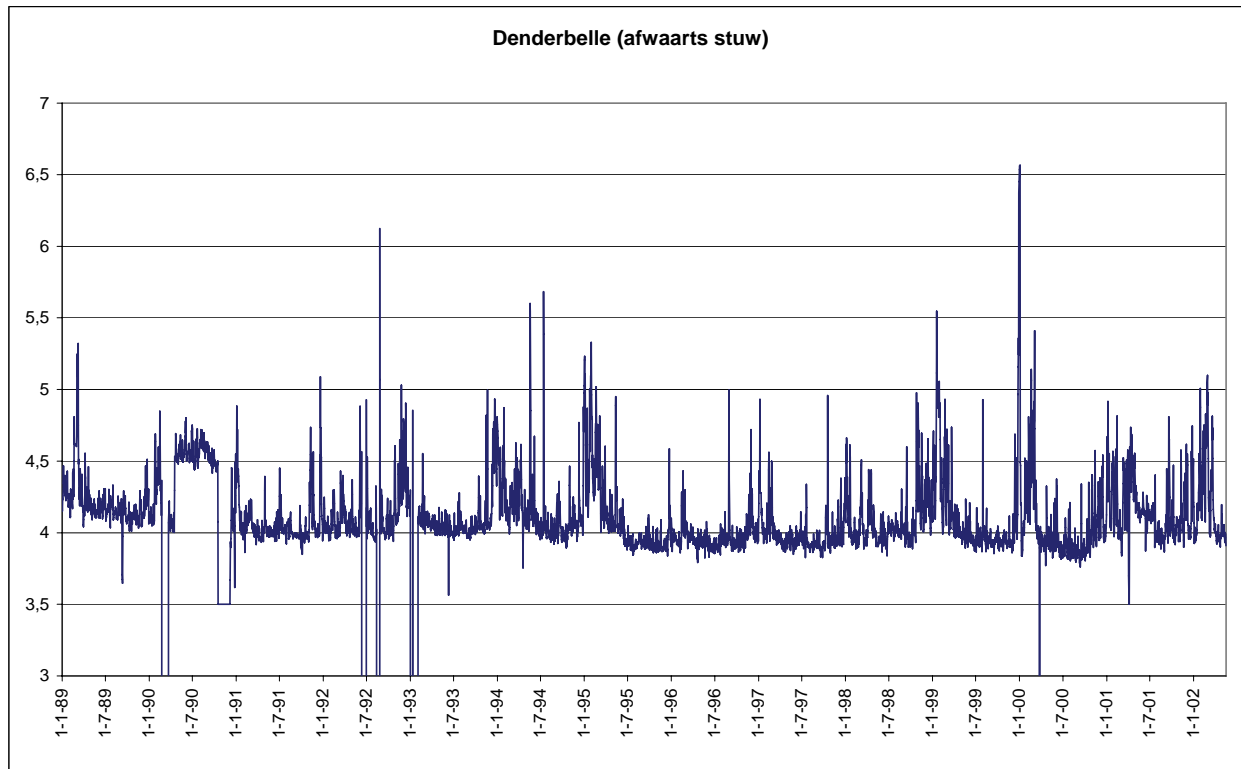
Bijlage A Afvoer- en peilmeetreeksen



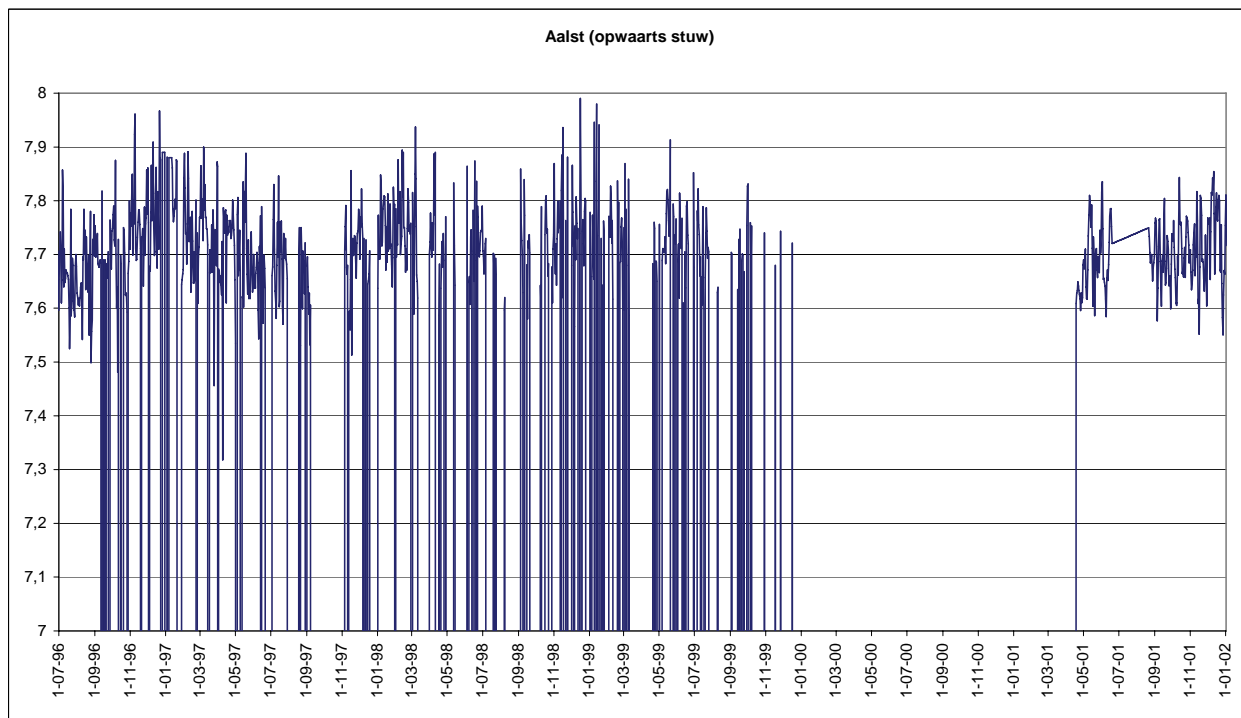
Figuur 80 Afvoermeetreeks (m³/s) op de Dender te Dendermonde



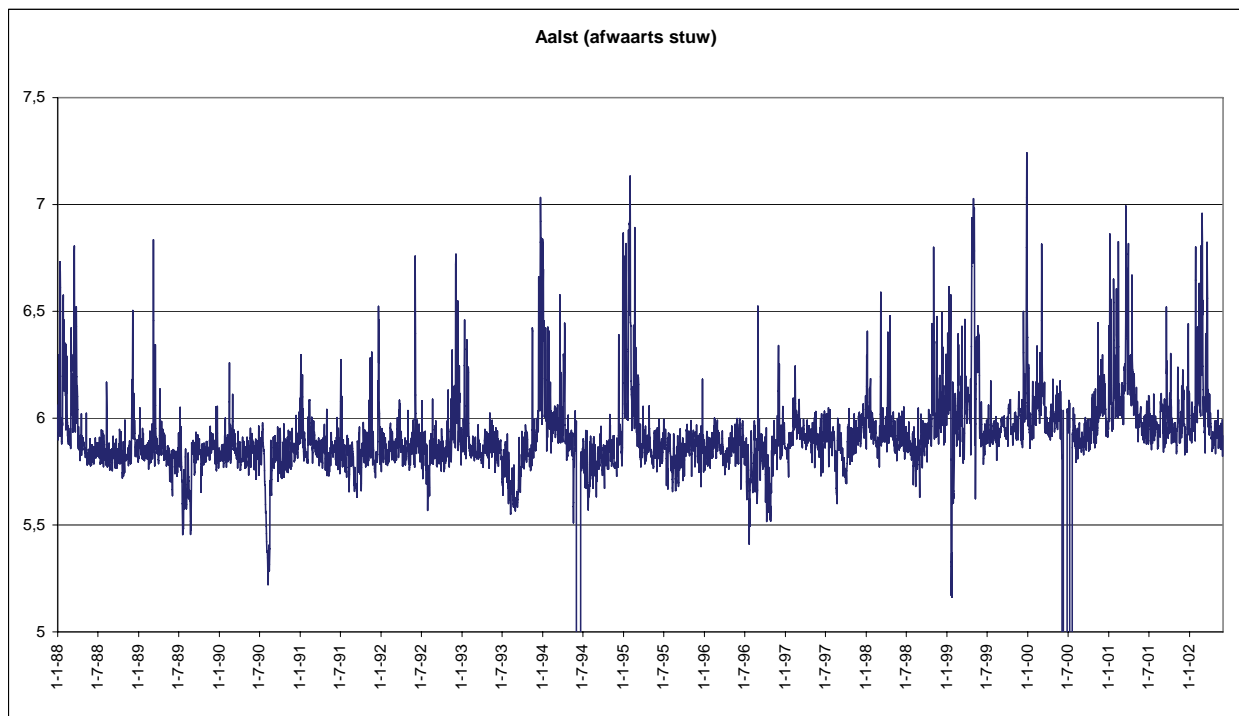
Figuur 81 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)



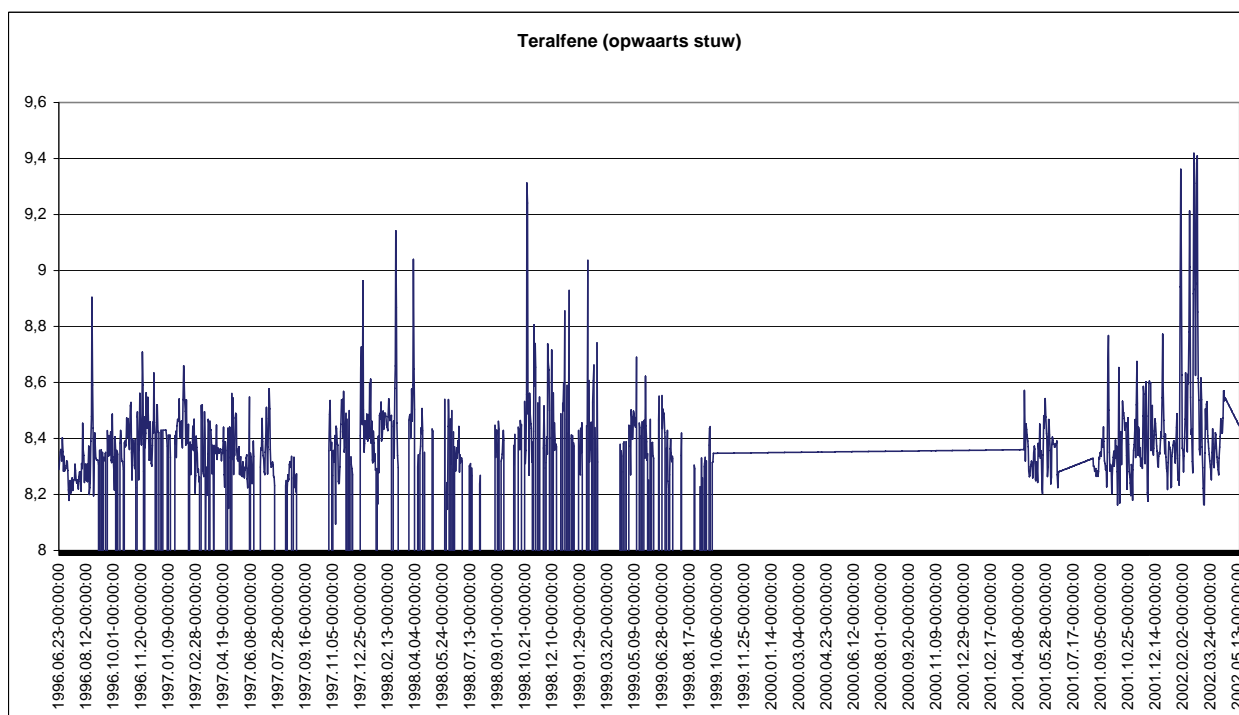
Figuur 82 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)



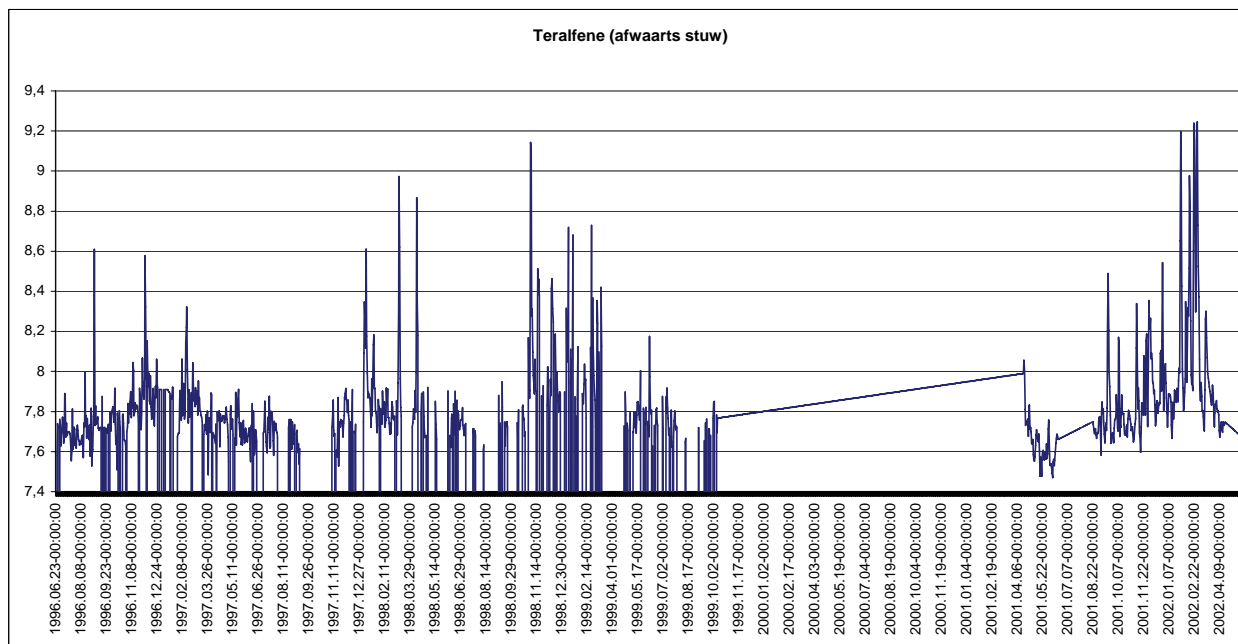
Figuur 83 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Aalst (opwaarts stuw)



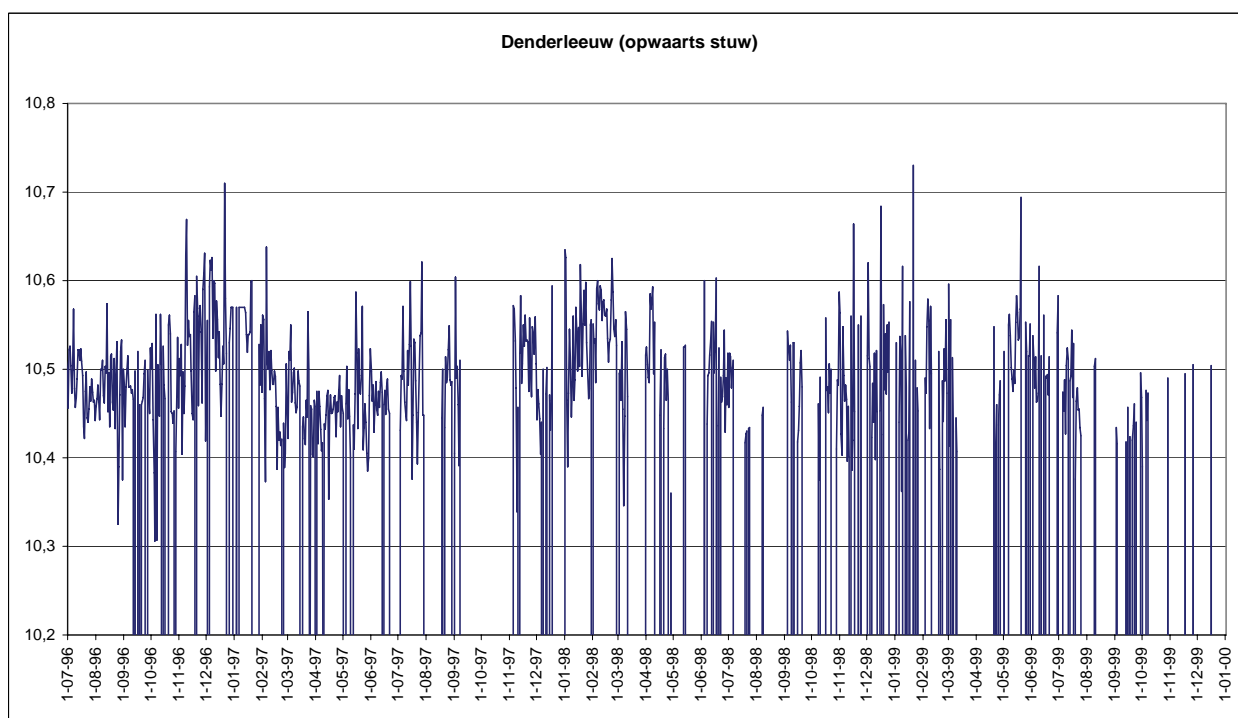
Figuur 84 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)



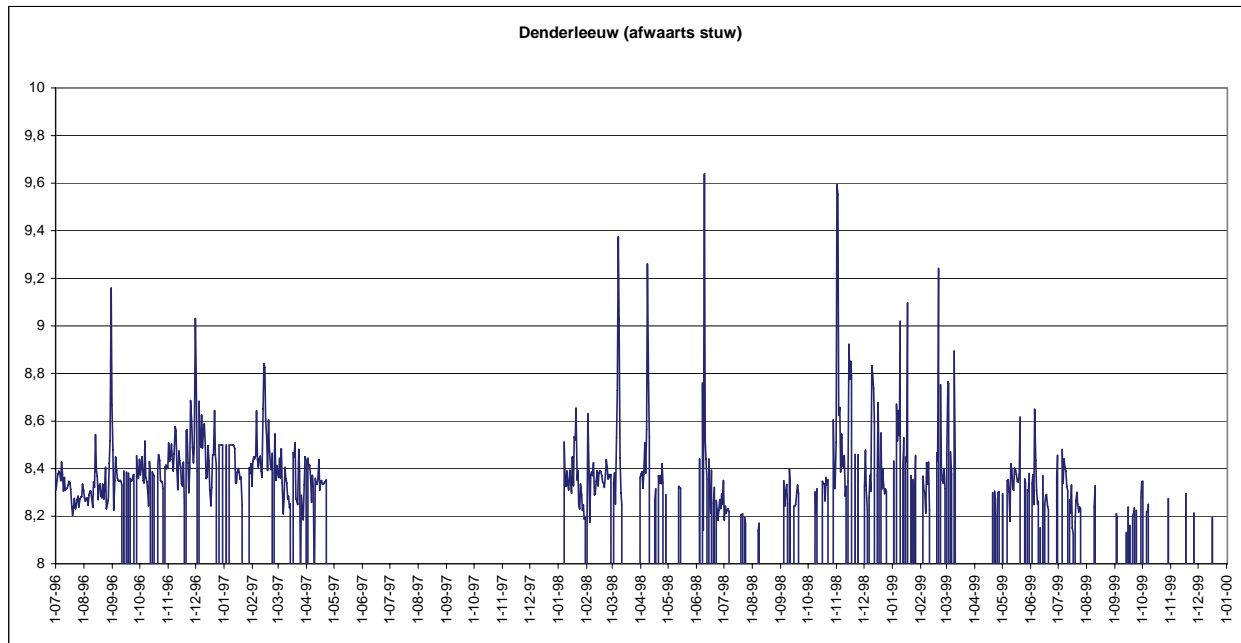
Figuur 85 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Terafene (opwaarts stuw)



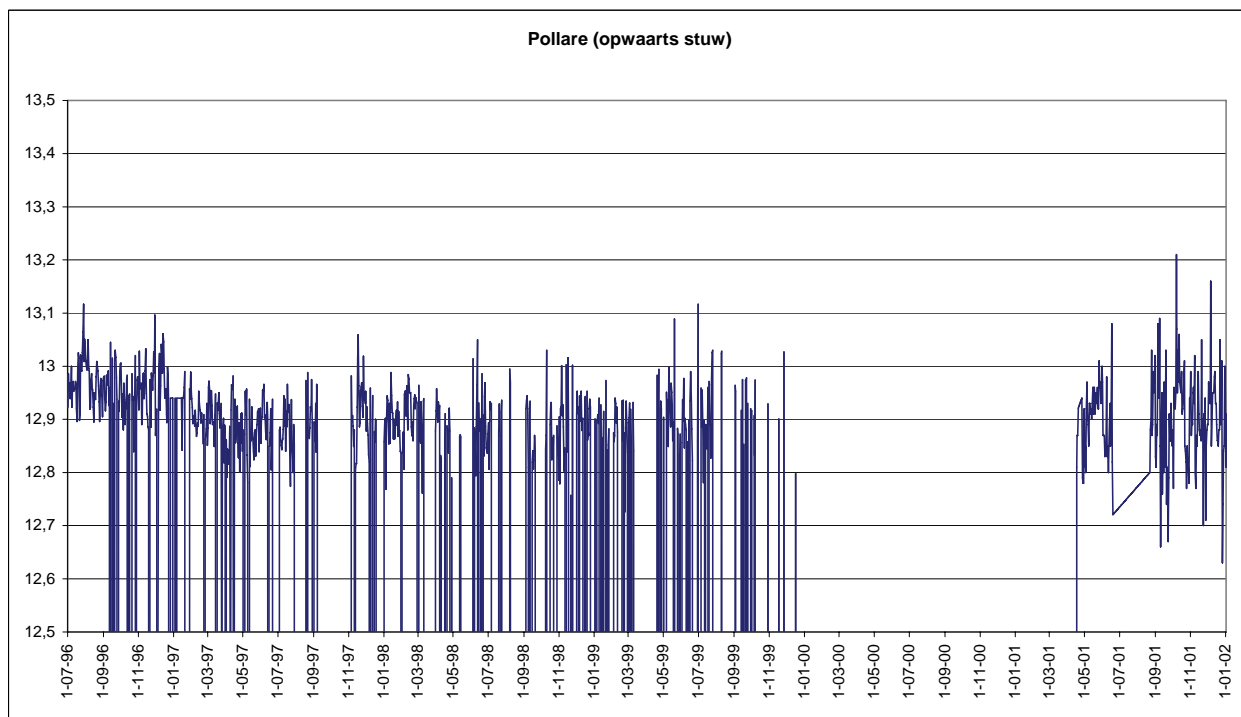
Figuur 86 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Teralfene (afwaarts stuw)



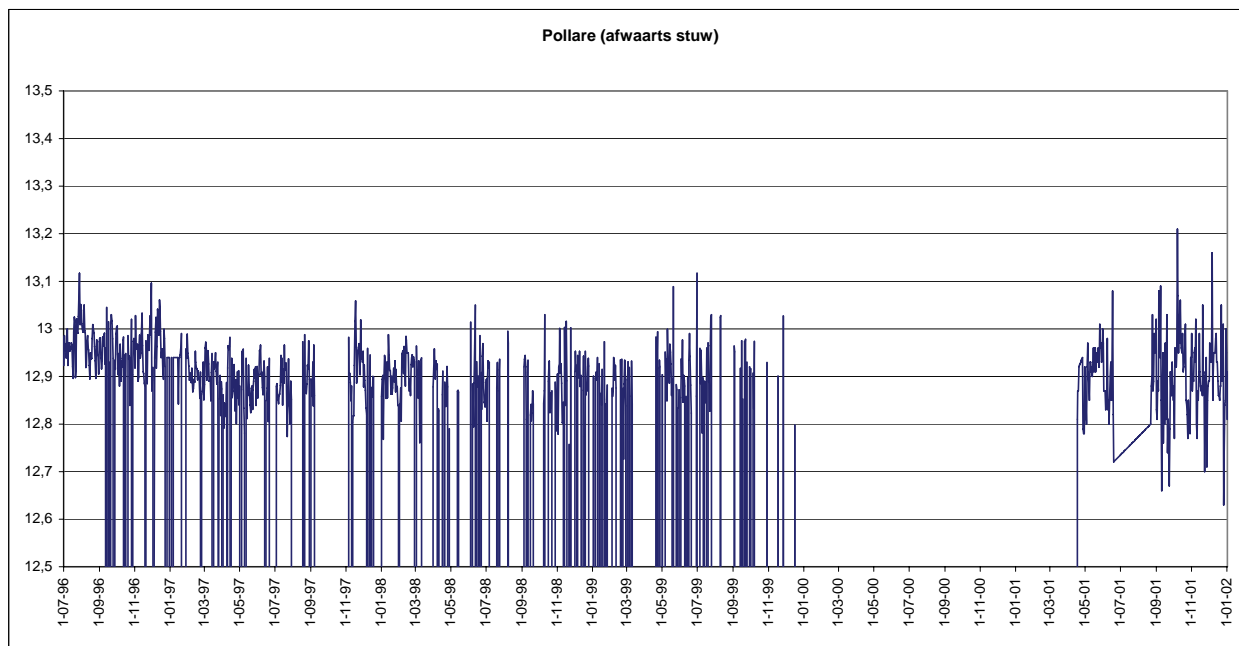
Figuur 87 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Denderleeuw (opwaarts stuw)



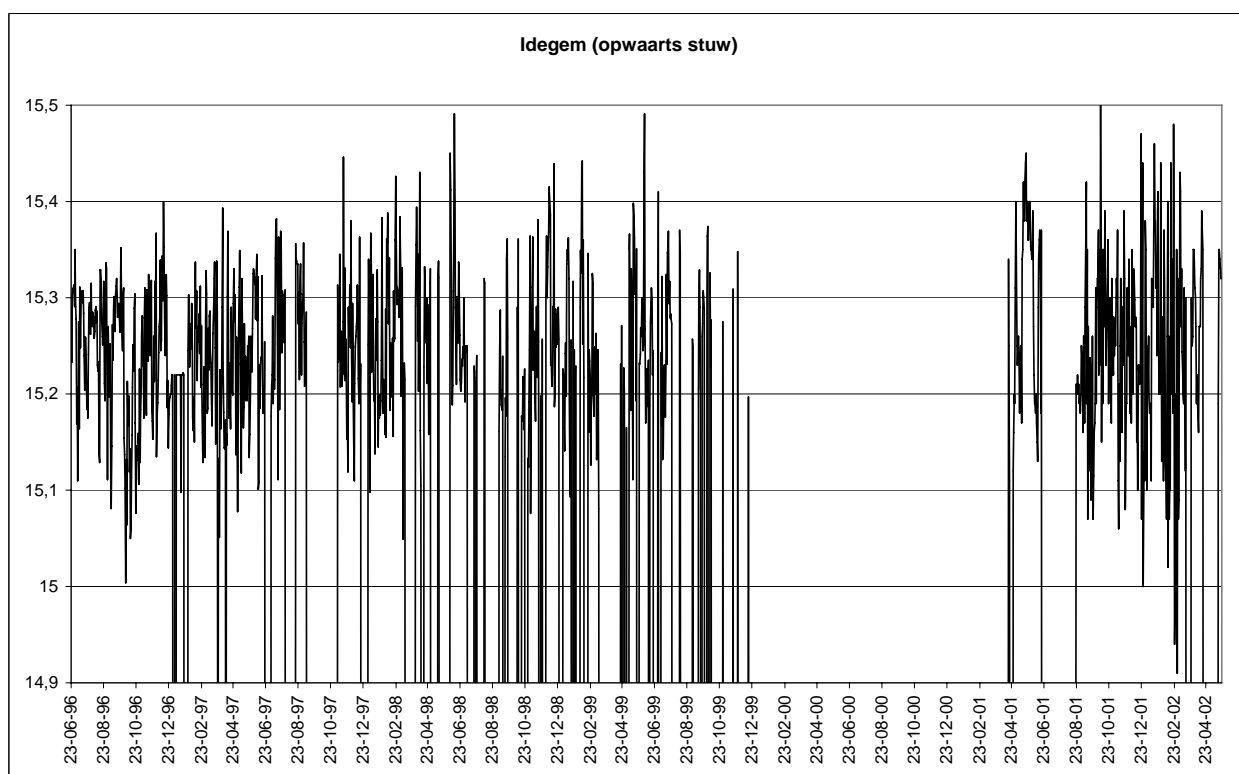
Figuur 88 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Denderleeuw (afwaarts stuw)



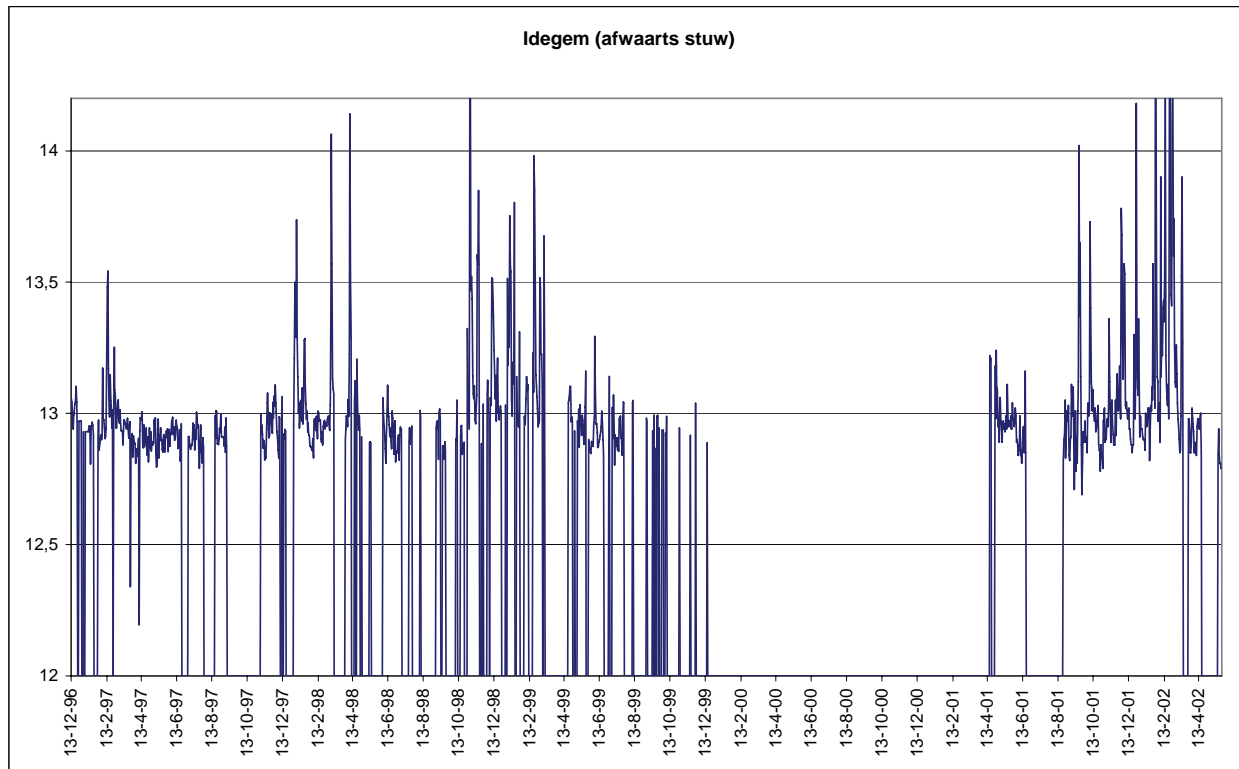
Figuur 89 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Pollare (opwaarts stuw)



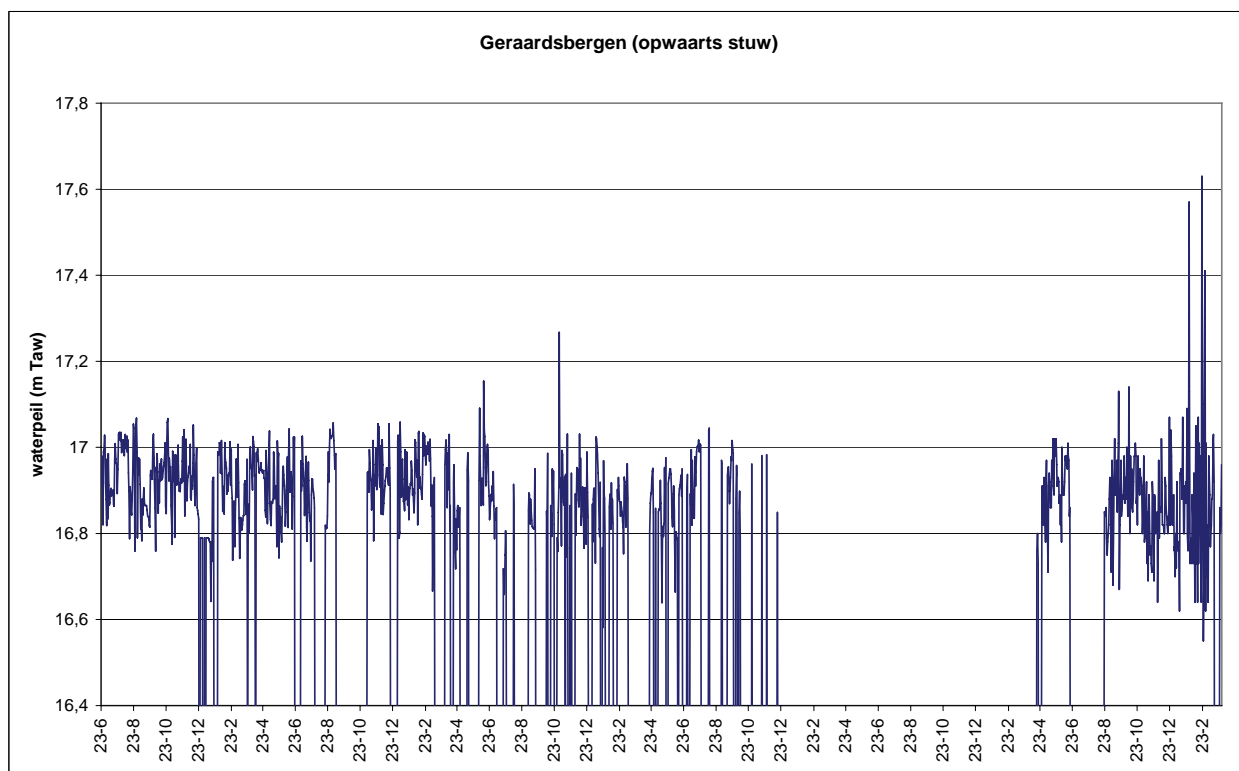
Figuur 90 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Pollare (afwaarts stuw)



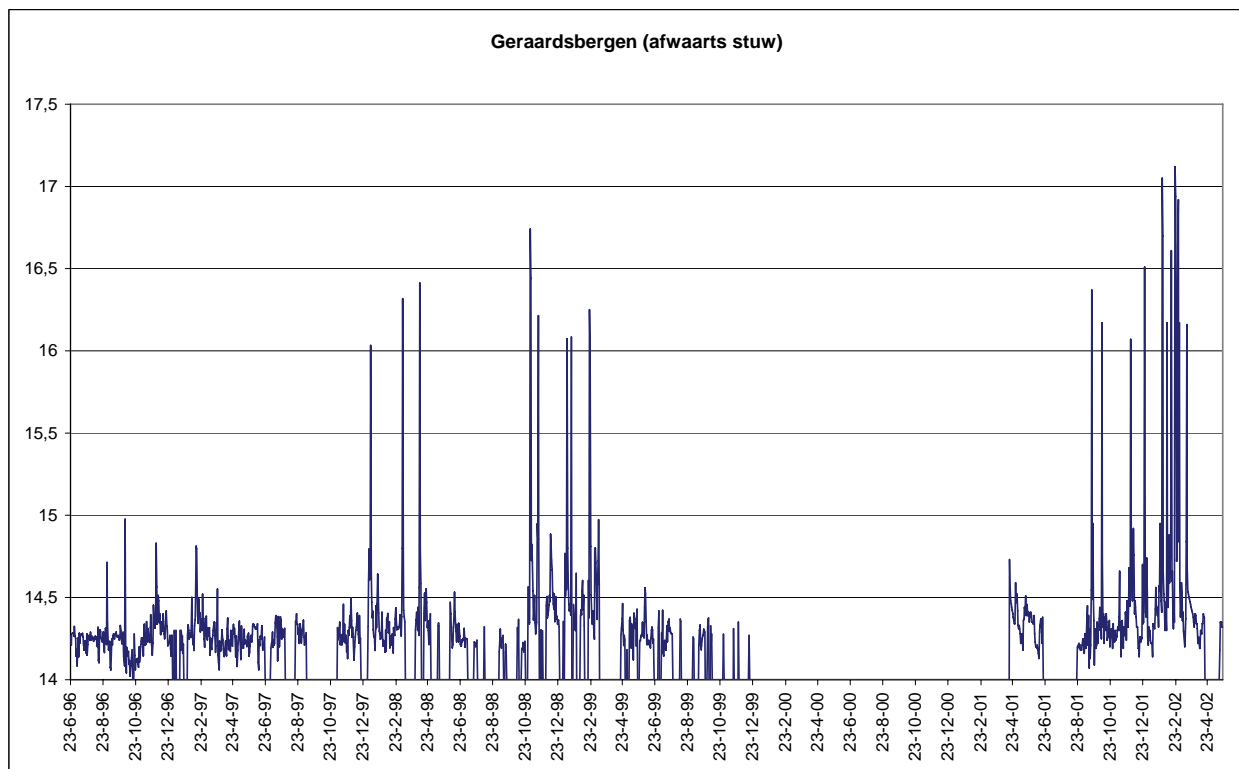
Figuur 91 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Idegem (opwaarts stuw)



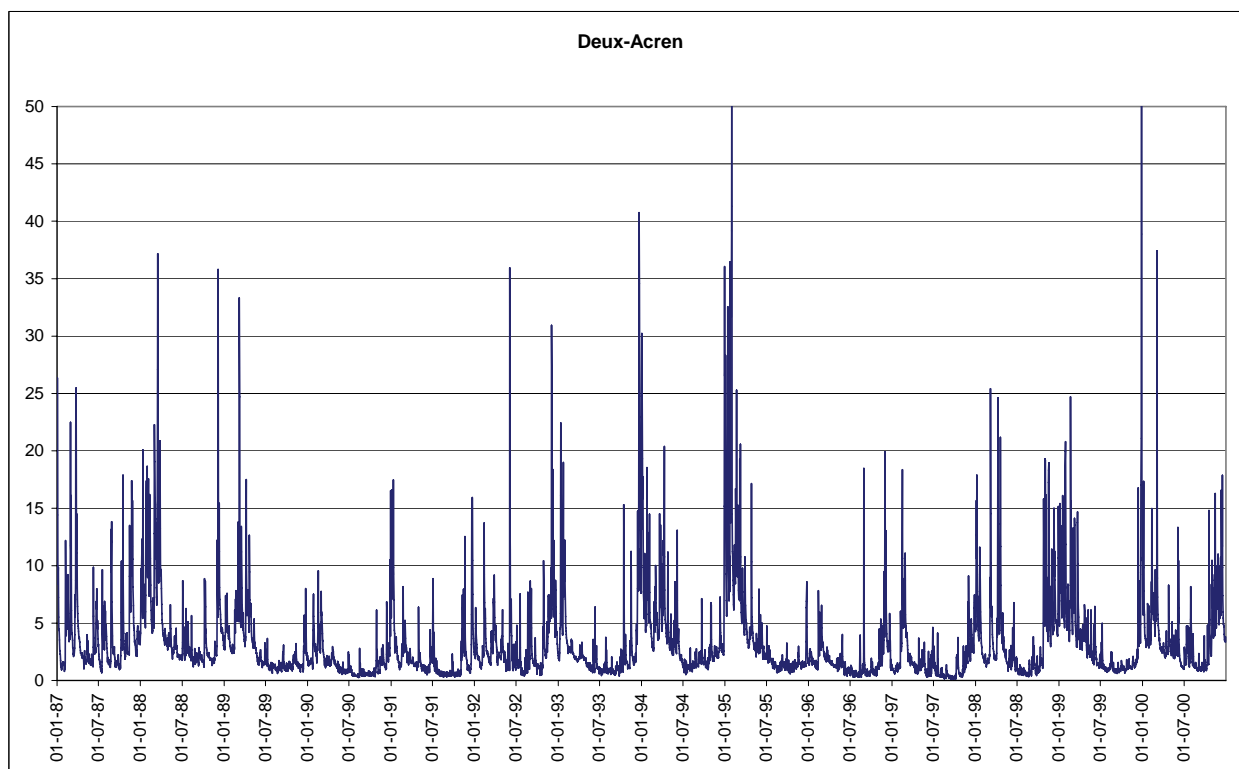
Figuur 92 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Idegem (afwaarts stuw)



Figuur 93 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Geraardsbergen (opwaarts stuw)

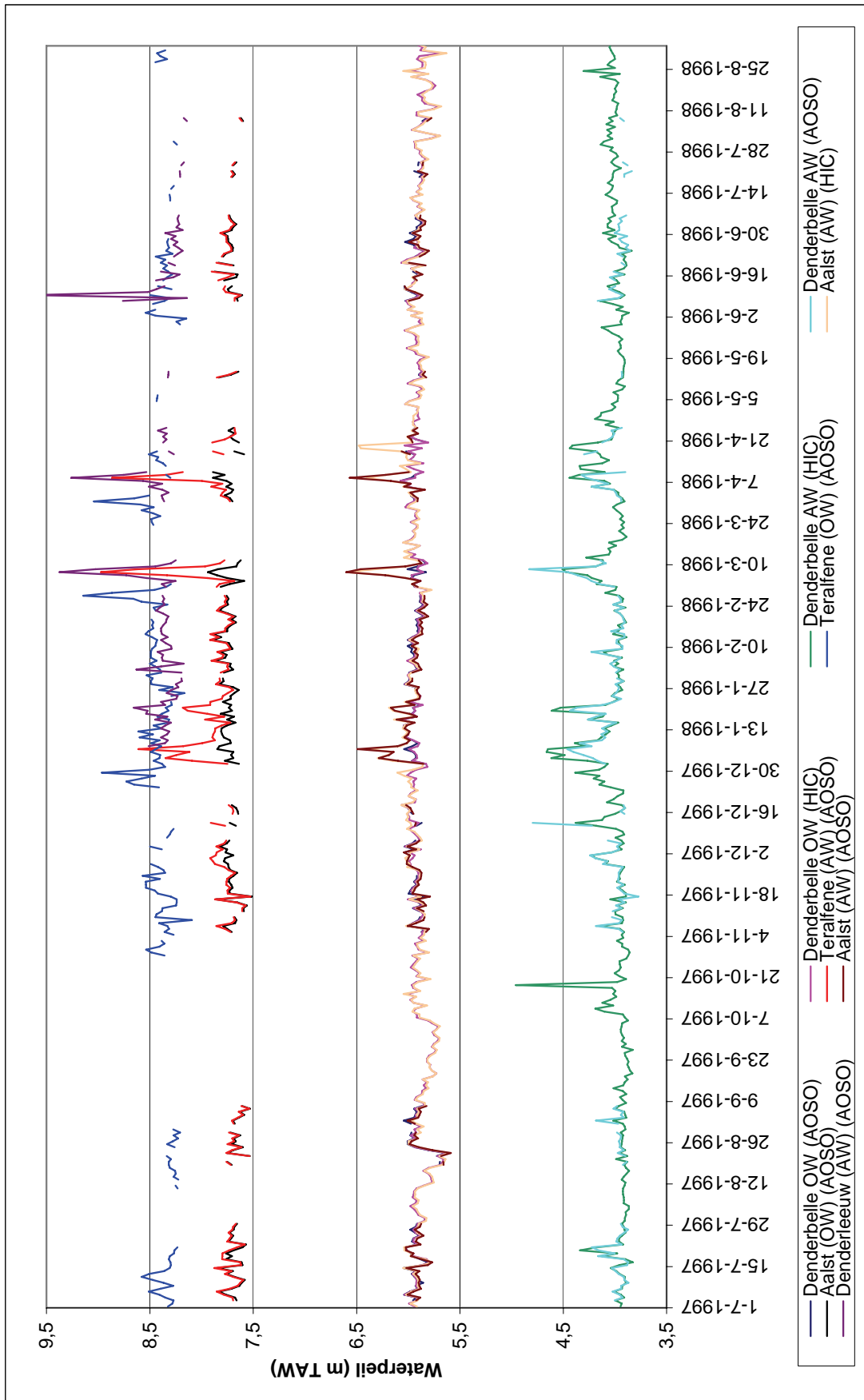


Figuur 94 Waterpeilmeetreeks (mTAW) op de Dender te Geraardsbergen (afwaarts stuw)

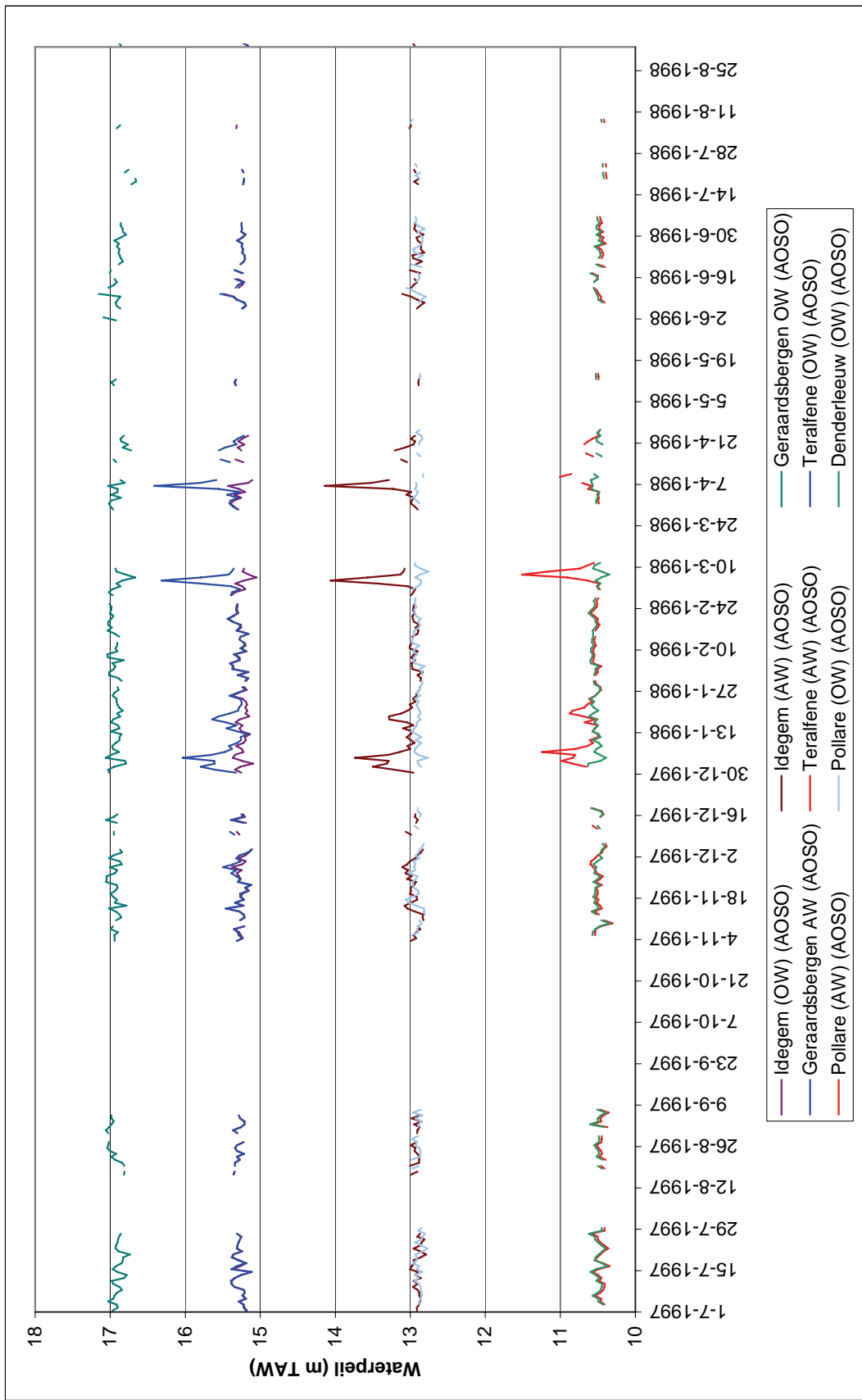


Figuur 95 Afvoermmeetreeks (m³/s) op de Dender te Deux-Acren

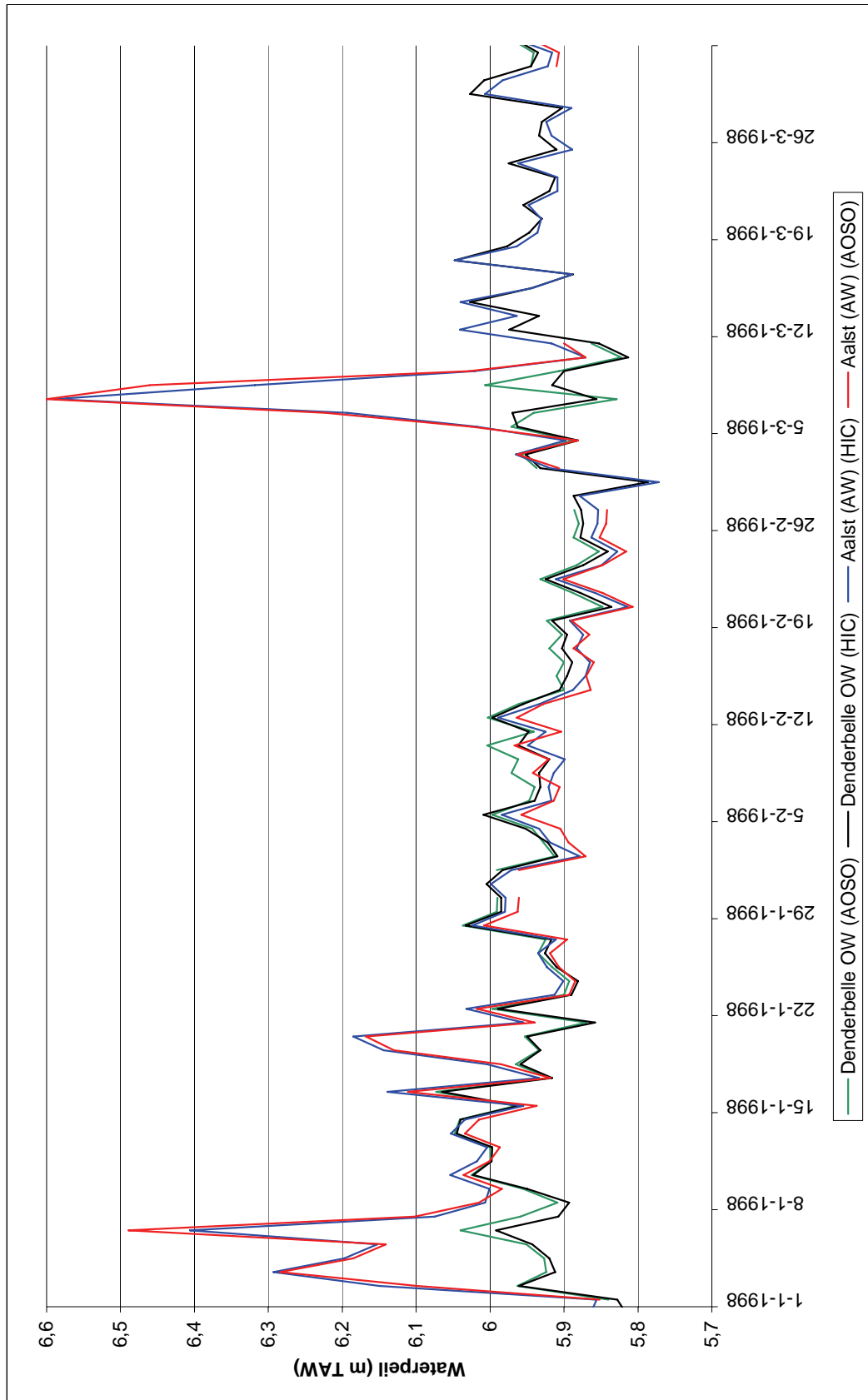
Bijlage B Controle meetreeksen



Figuur 96 Vergelijking waterpeilen tussen dendermonde en Geraardsbergen (afwaarts Aalst)

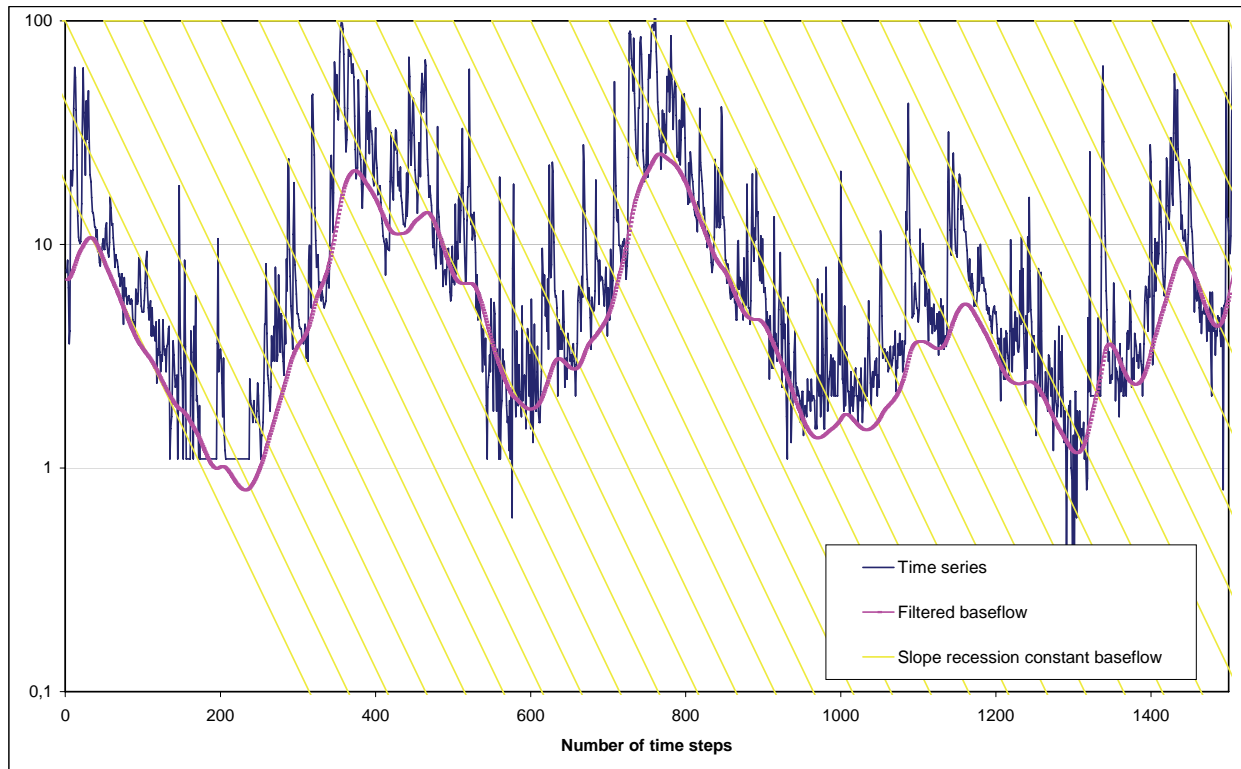


Figuur 97 Vergelijking waterpeilen tussen dendermonde en Geraardsbergen (opwaarts Aalst)

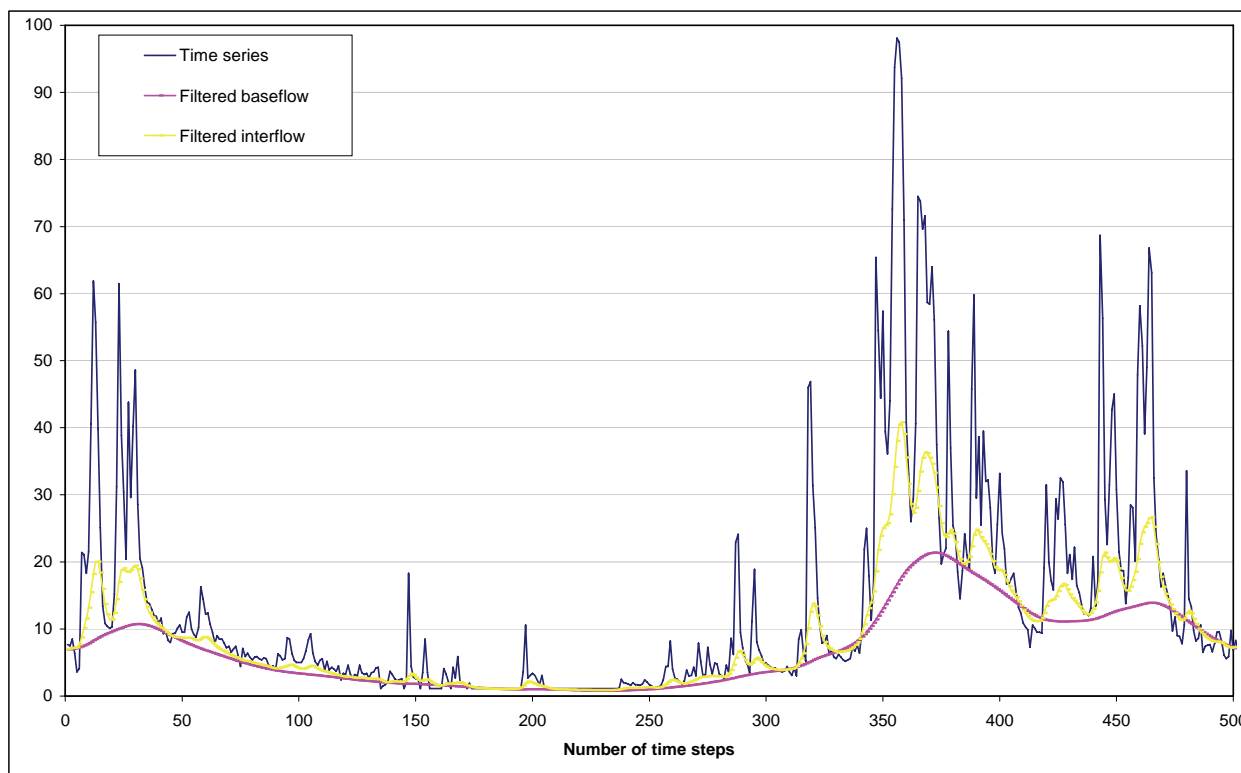


Figuur 98 Verschil in waterpeil tussen de AOSO en HIC-meetpunten in het pand Denderbelle-Aalst

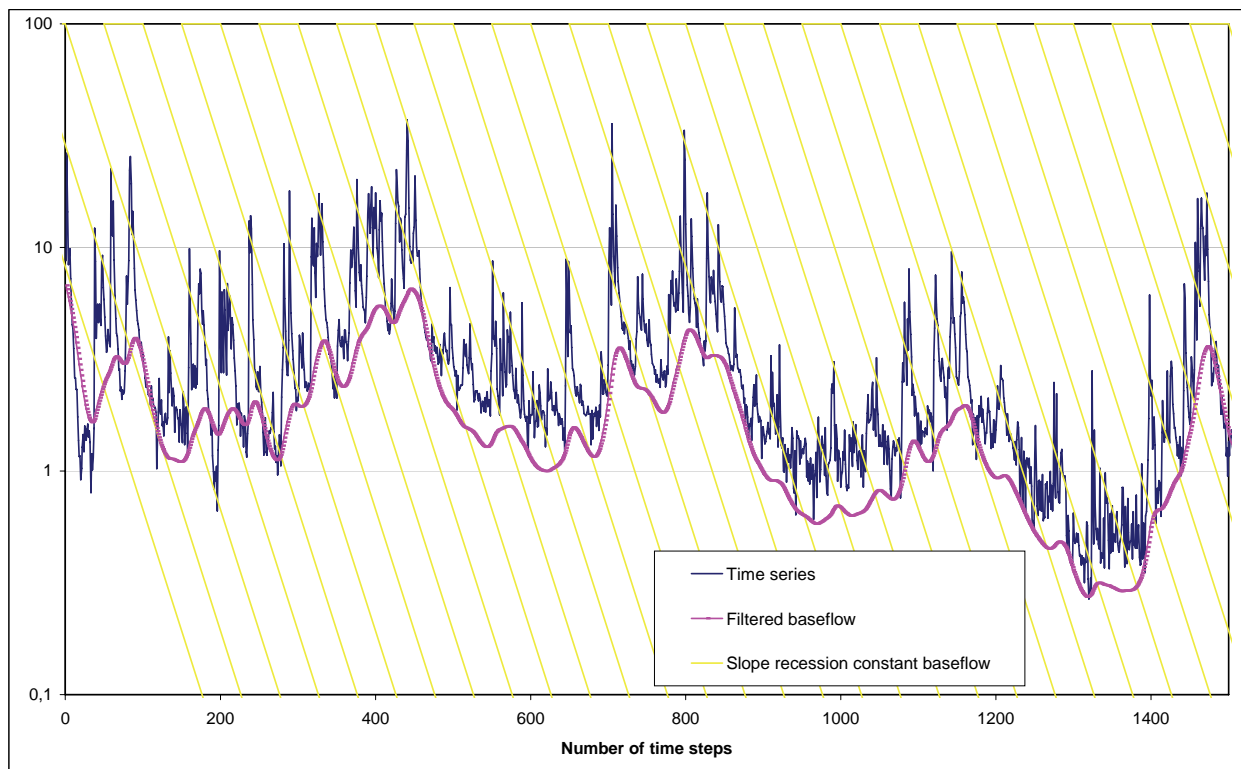
Bijlage C Filterresultaten



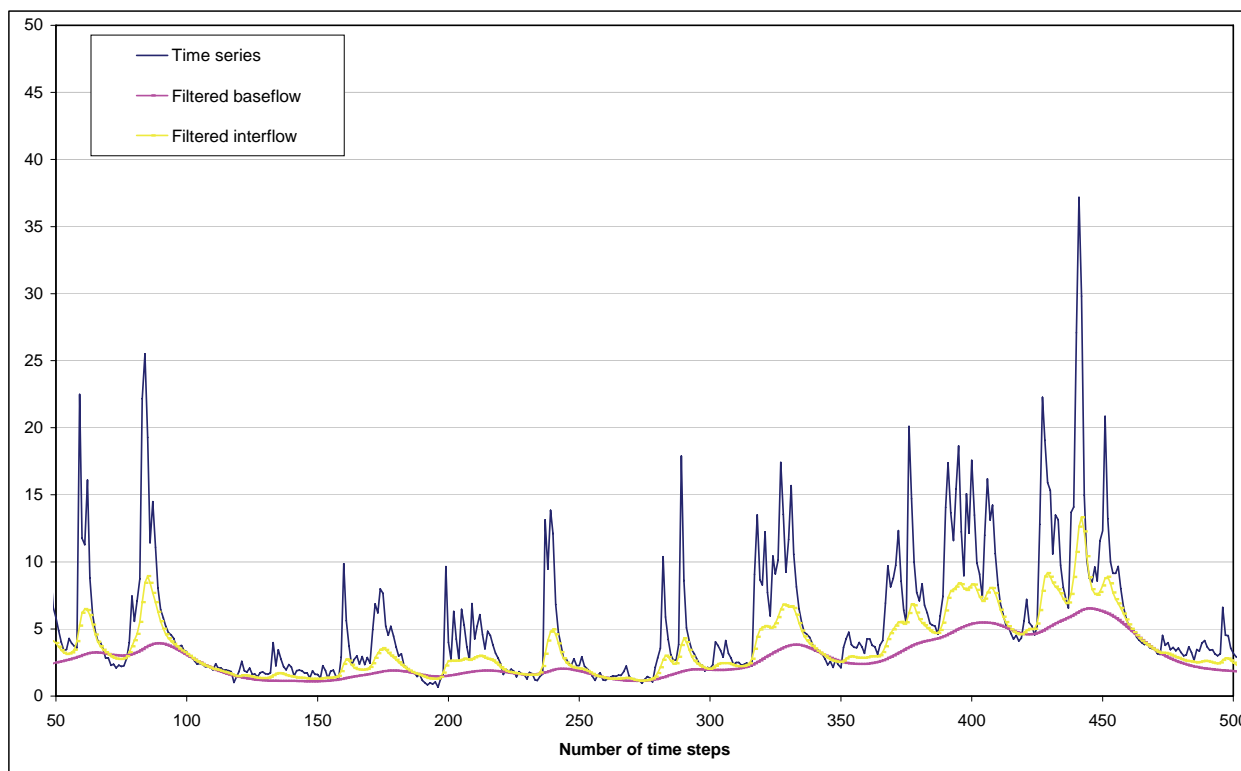
Figuur 99 Filterresultaten voor de basisafvoer (m³/s) op de Dender te Dendermonde



Figuur 100 Filterresultaten voor de drie deelstromen op de Dender (m³/s) te Dendermonde

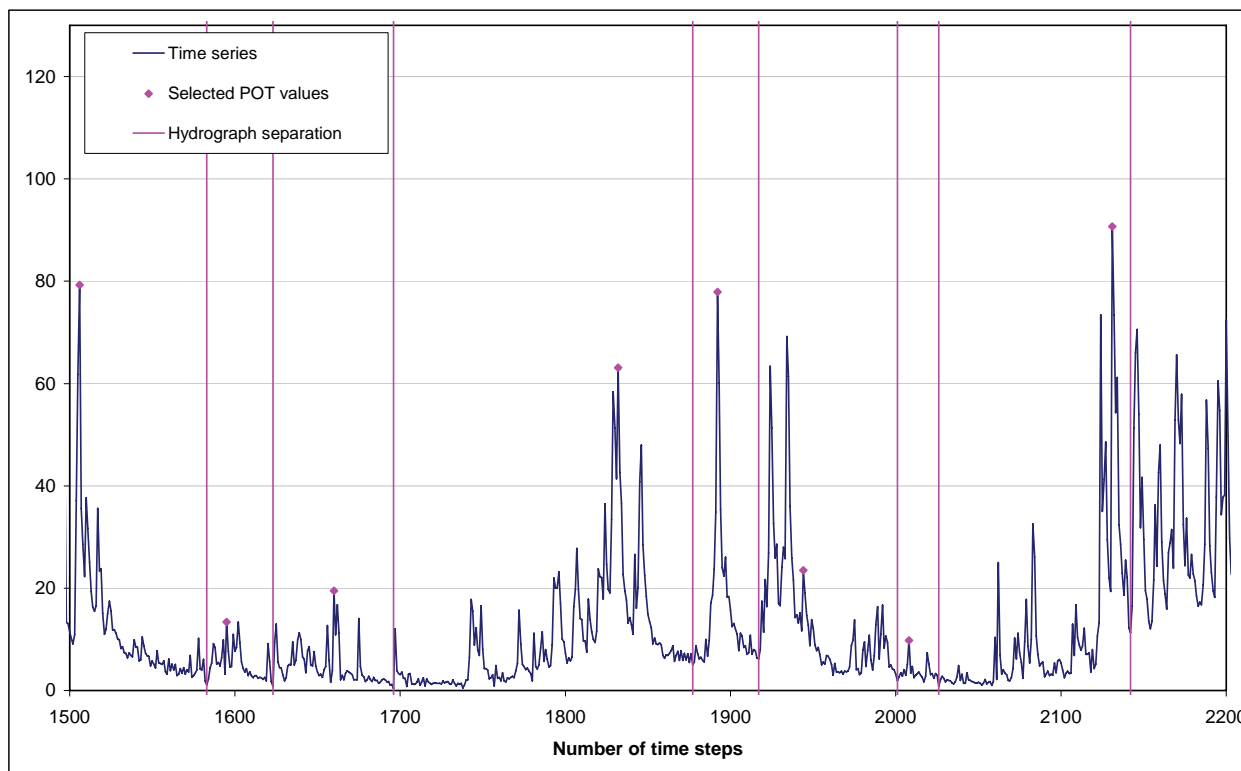


Figuur 101 Filterresultaten voor de basisafvoer (m³/s) op de Dender te Deux-Acres

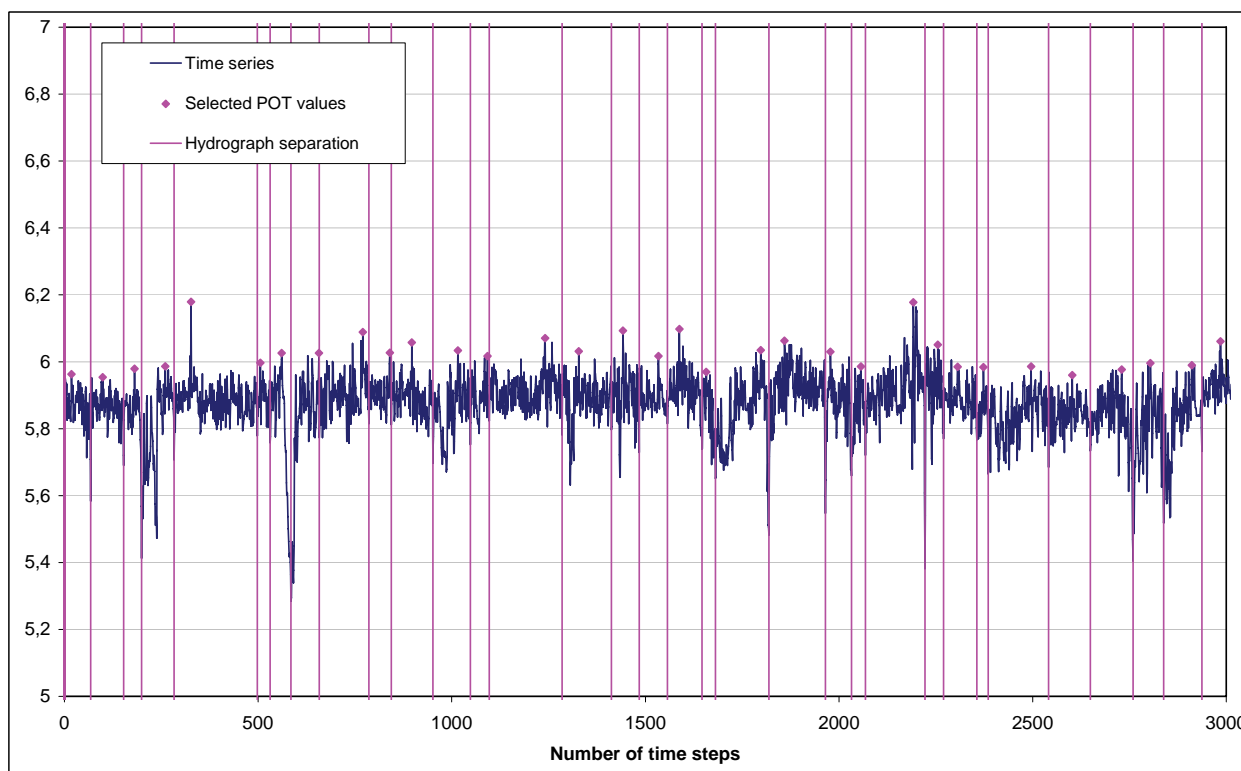


Figuur 102 Filterresultaten voor de drie deelstromen op de Dender (m³/s) te Deux-Acres

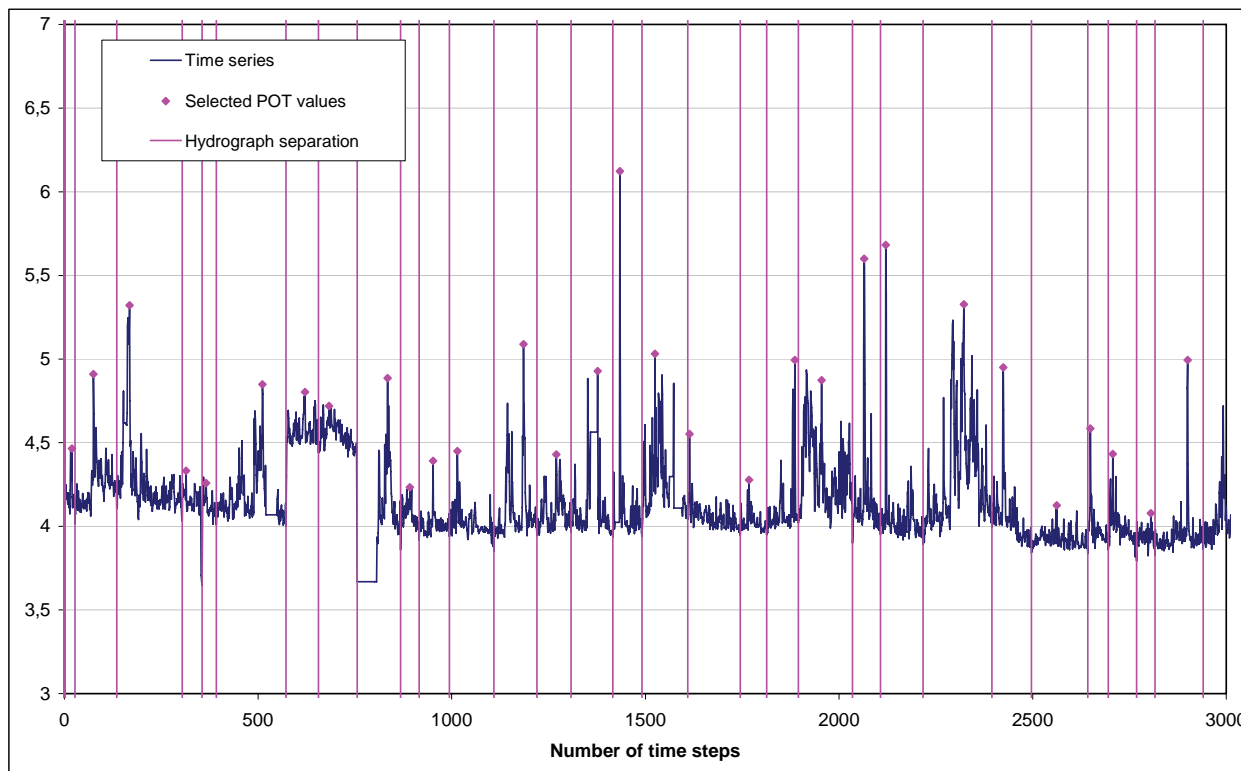
Bijlage D POT/MUT-selectie



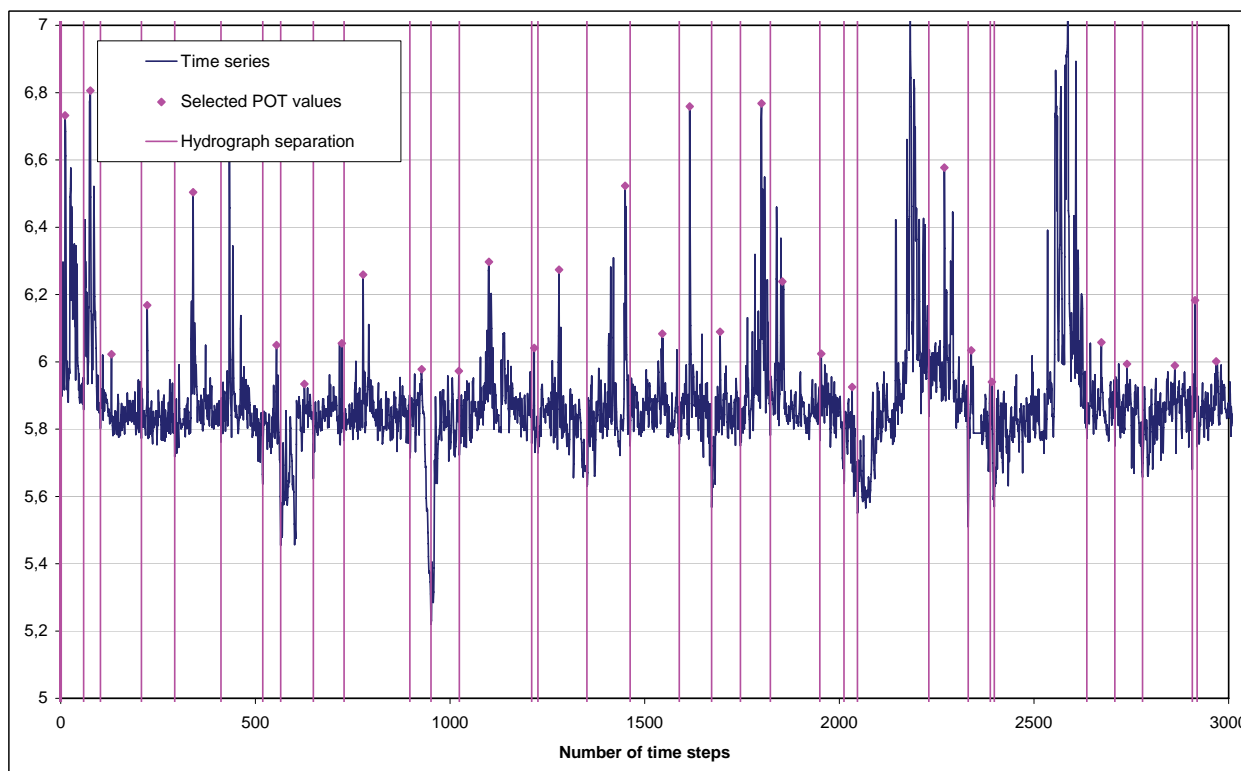
Figuur 103 POT en MUT-selectie voor de afvoergegevens (m^3/s) op de Dender te Dendermonde



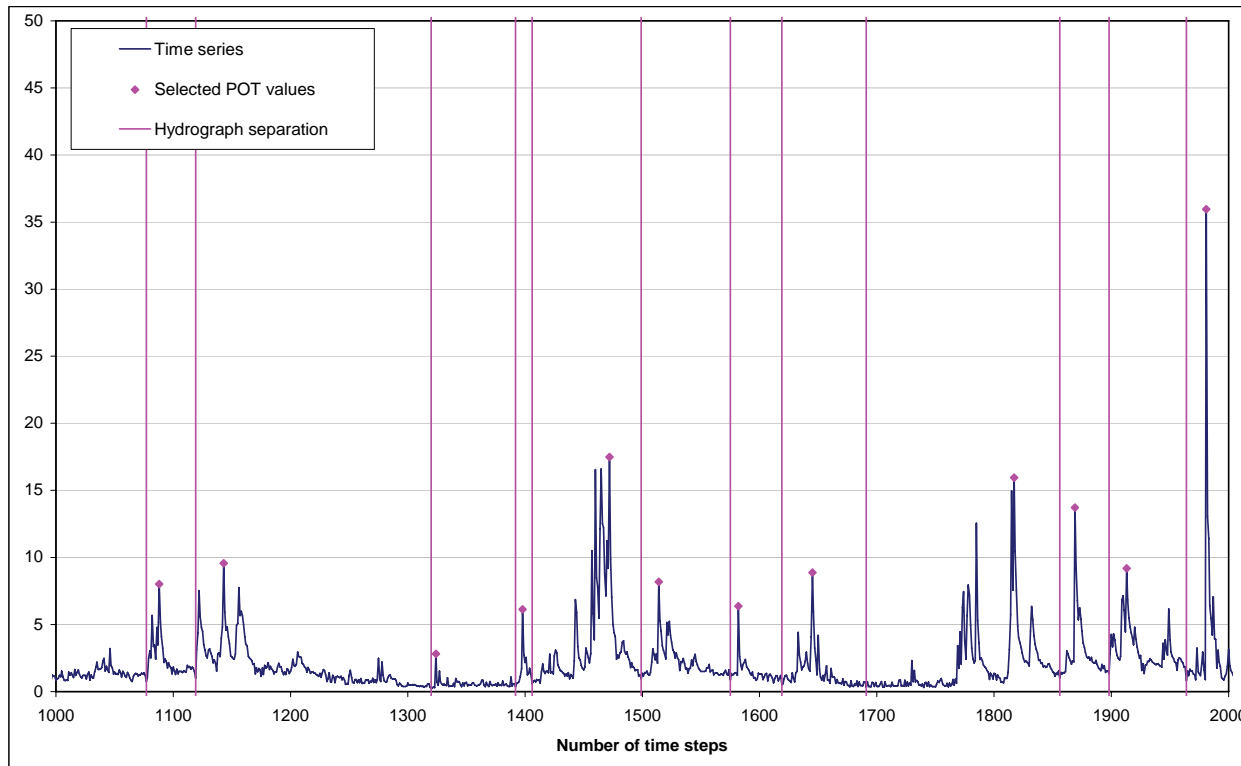
Figuur 104 POT en MUT-selectie voor de waterpeilgegevens (mTAW) op de Dender te Denderbelle (opwaarts stuw)



Figuur 105 POT en MUT-selectie voor de waterpeilgegevens (mTAW) op de Dender te Denderbelle (afwaarts stuw)

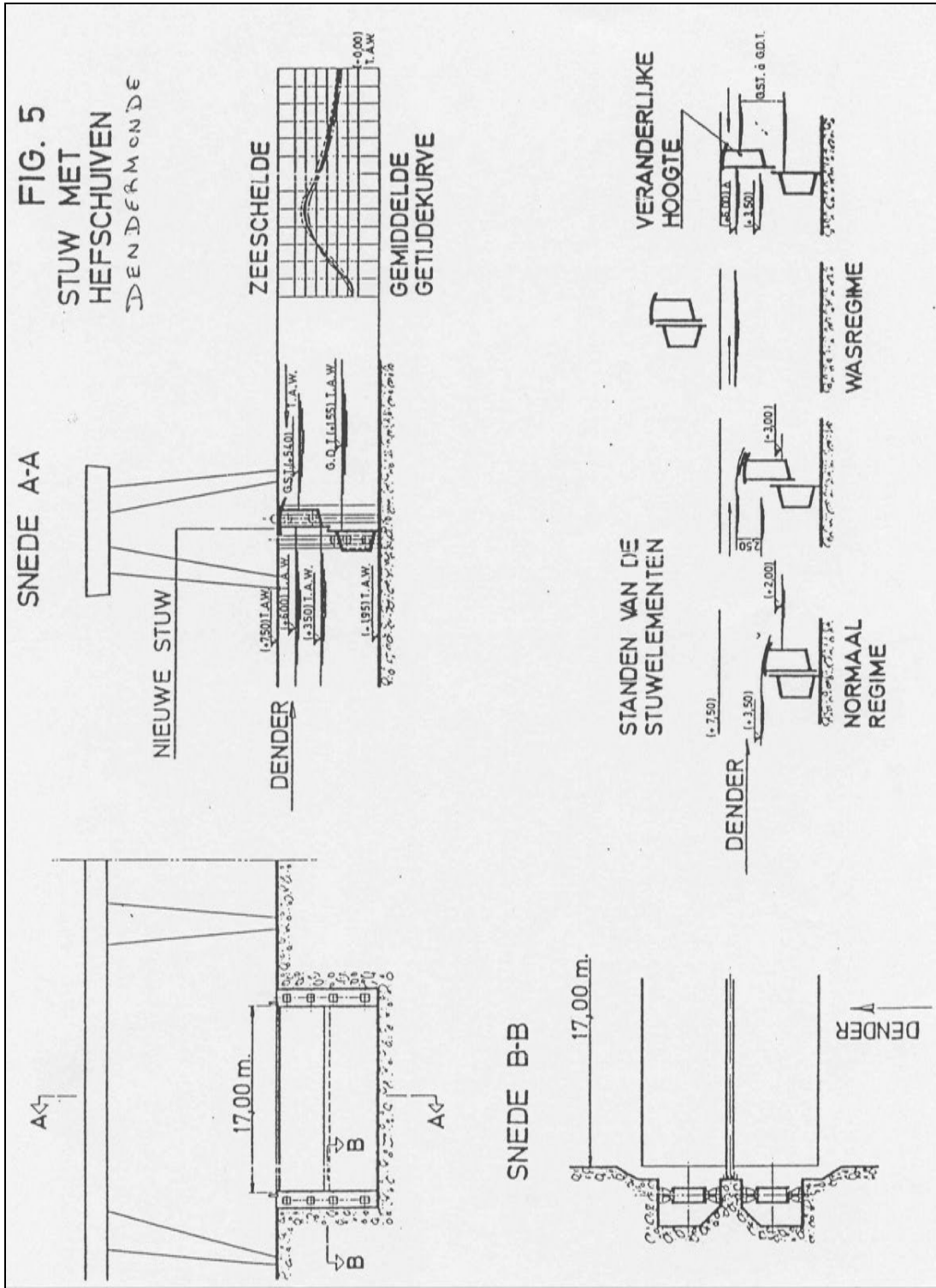


Figuur 106 POT en MUT-selectie voor de waterpeilgegevens (mTAW) op de Dender te Aalst (afwaarts stuw)



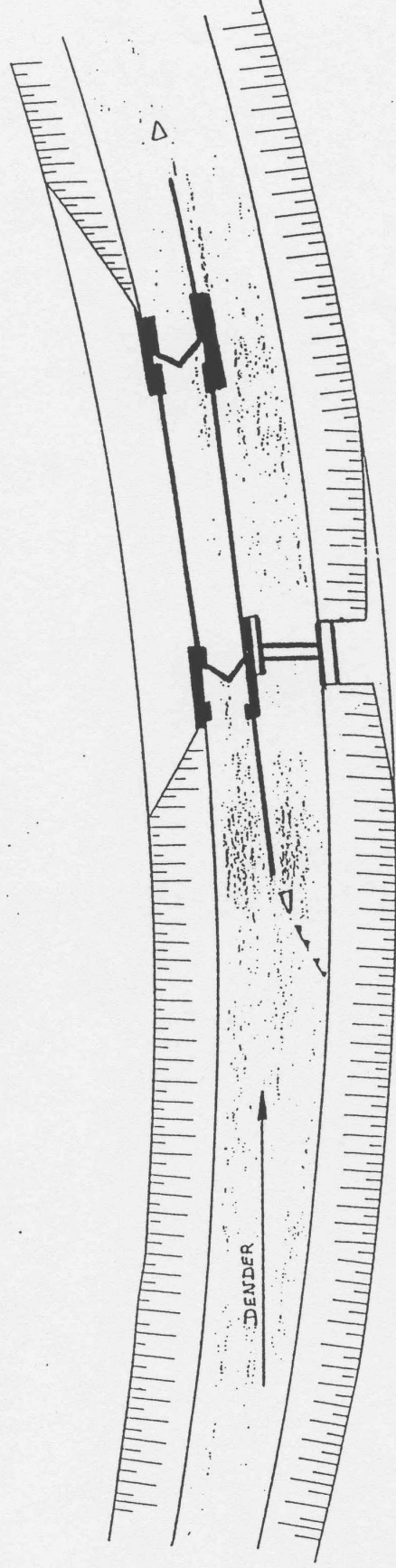
Figuur 107 POT en MUT-selectie voor de afvoergegevens (mTAW) op de Dender te Deux-Acren

Bijlage E Schetsen van stuwen en sluizen (Callebaut, 2000)



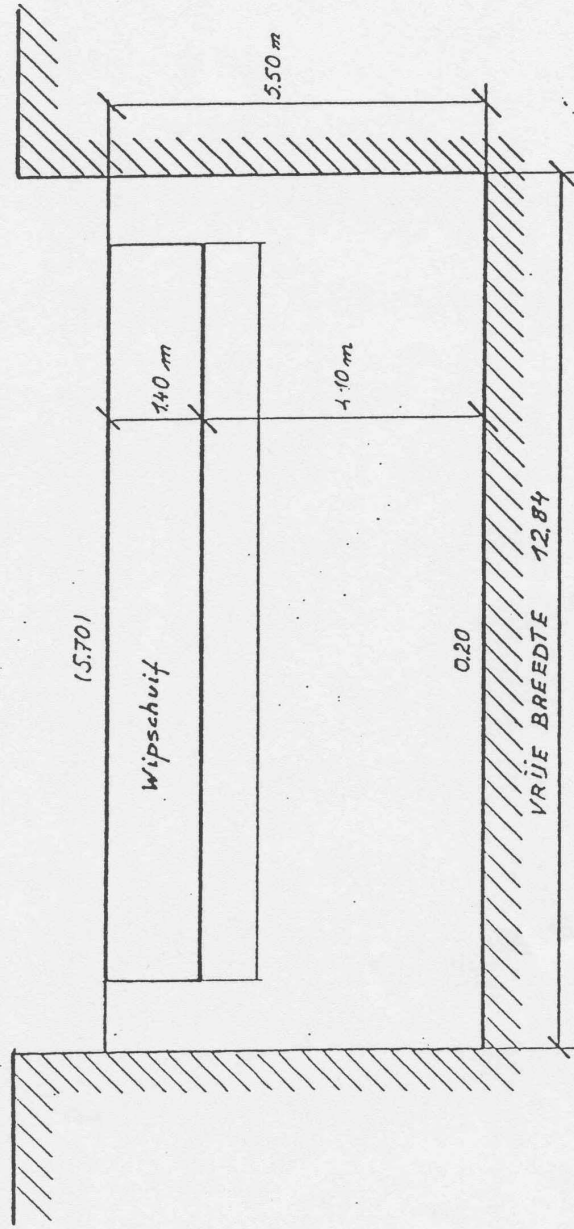
Figuur 108 Details stuw te Dendermonde

NIEUWE STUWESLUIS DENDERBELLE

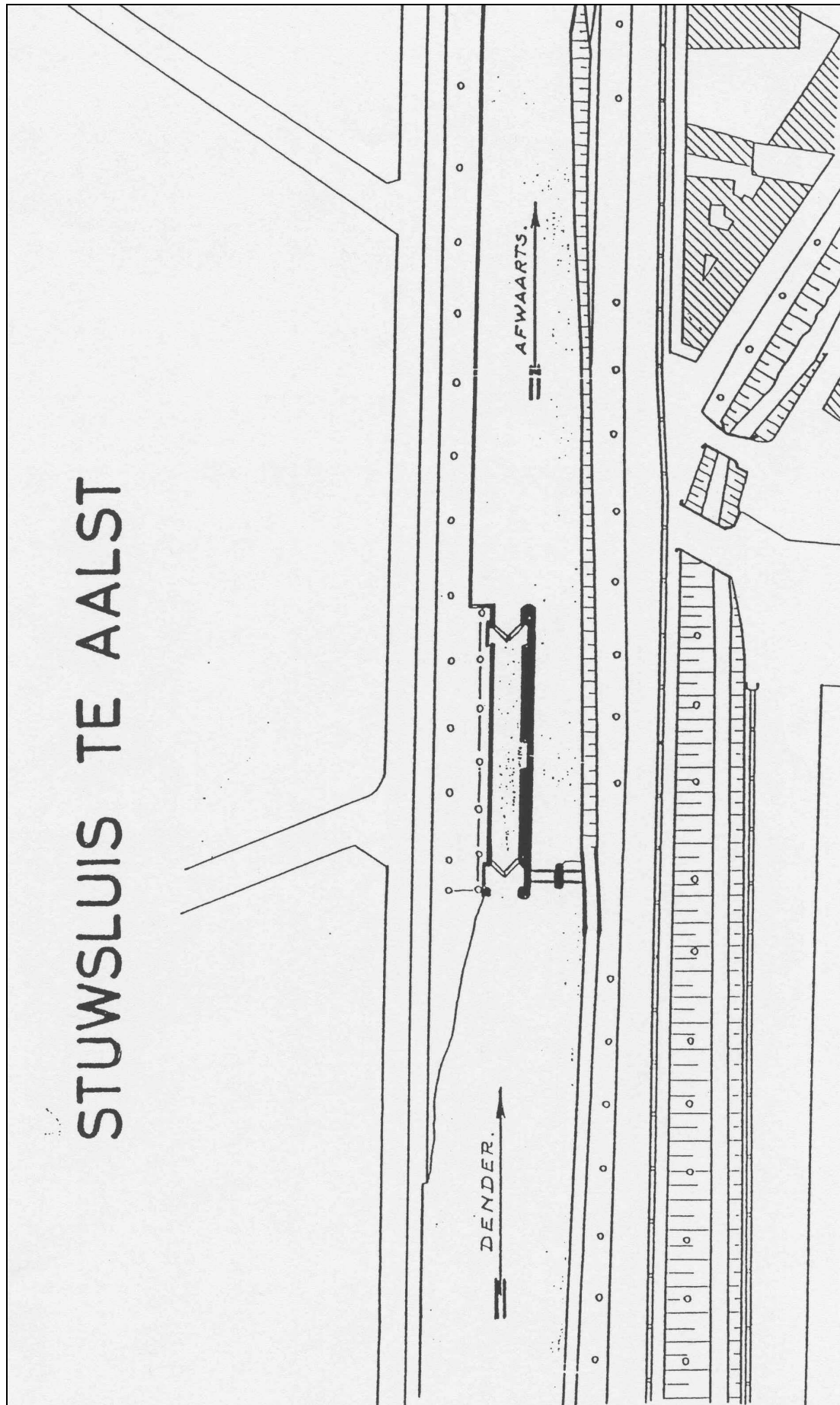


Figuur 109 Boveenaanzicht sluis te Denderbelle

STUW TE DENDERBELLE

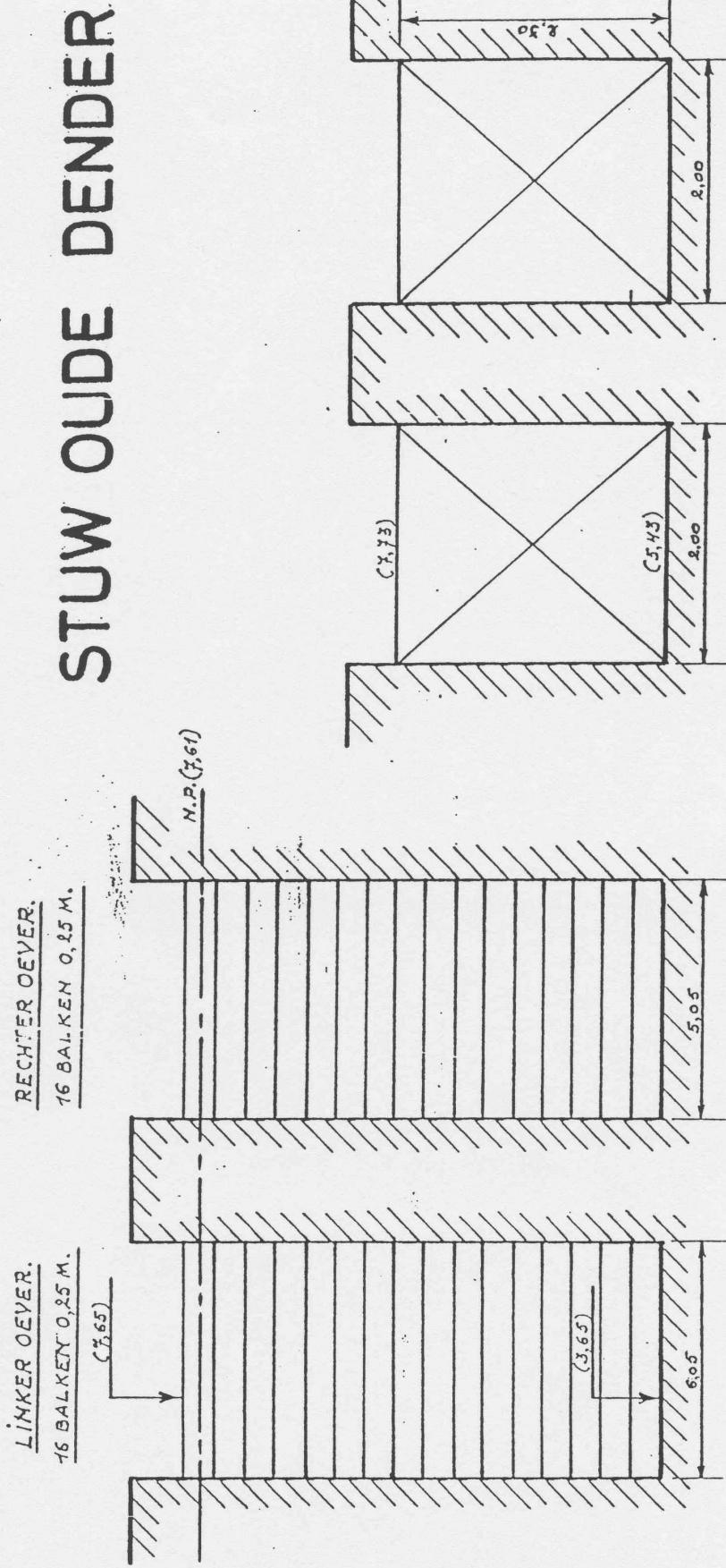


Figuur 110 Detail stuw te Denderbelle



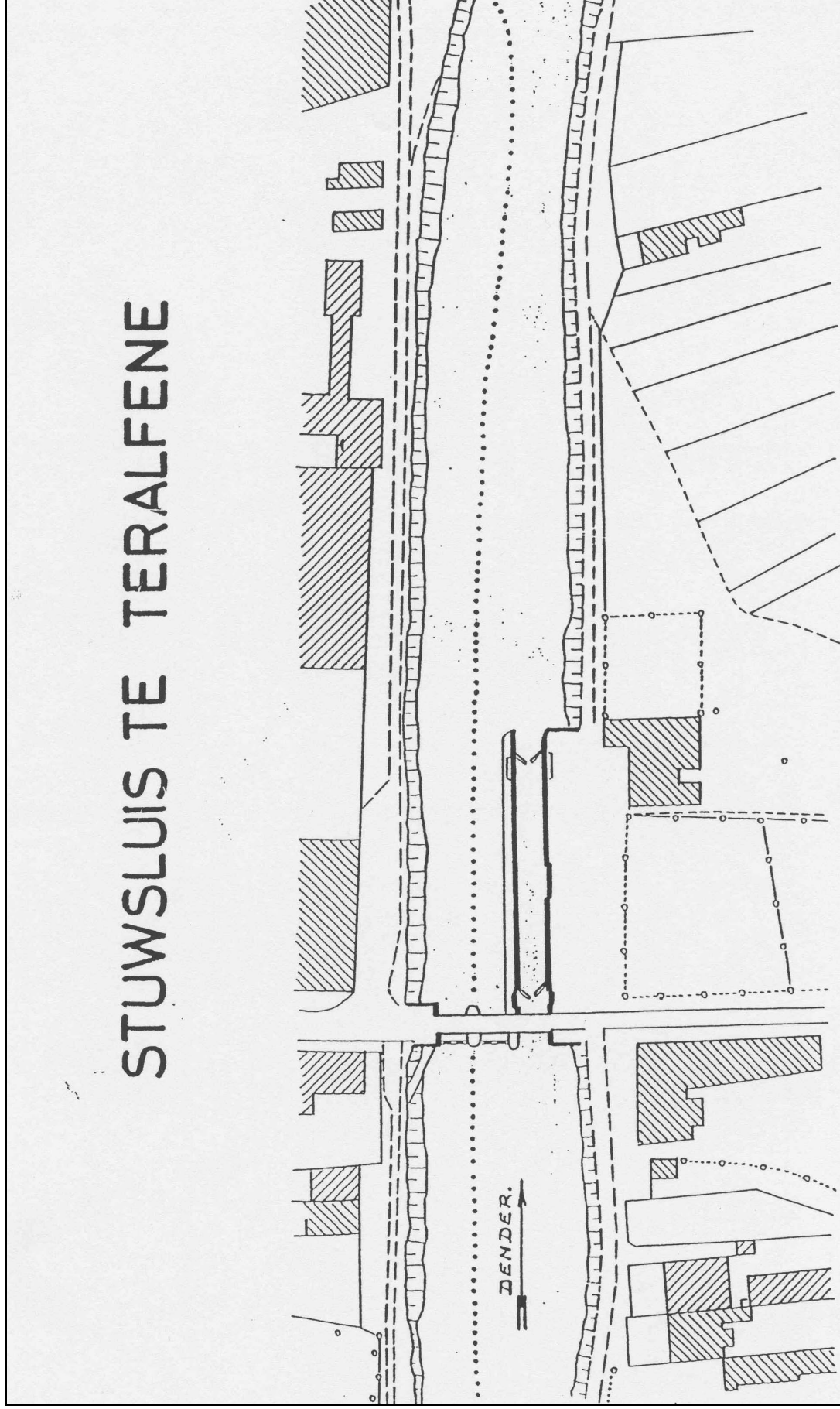
Figuur 111 Bovenaanzicht sluis te Aalst

STUWSLUIS TE AALST

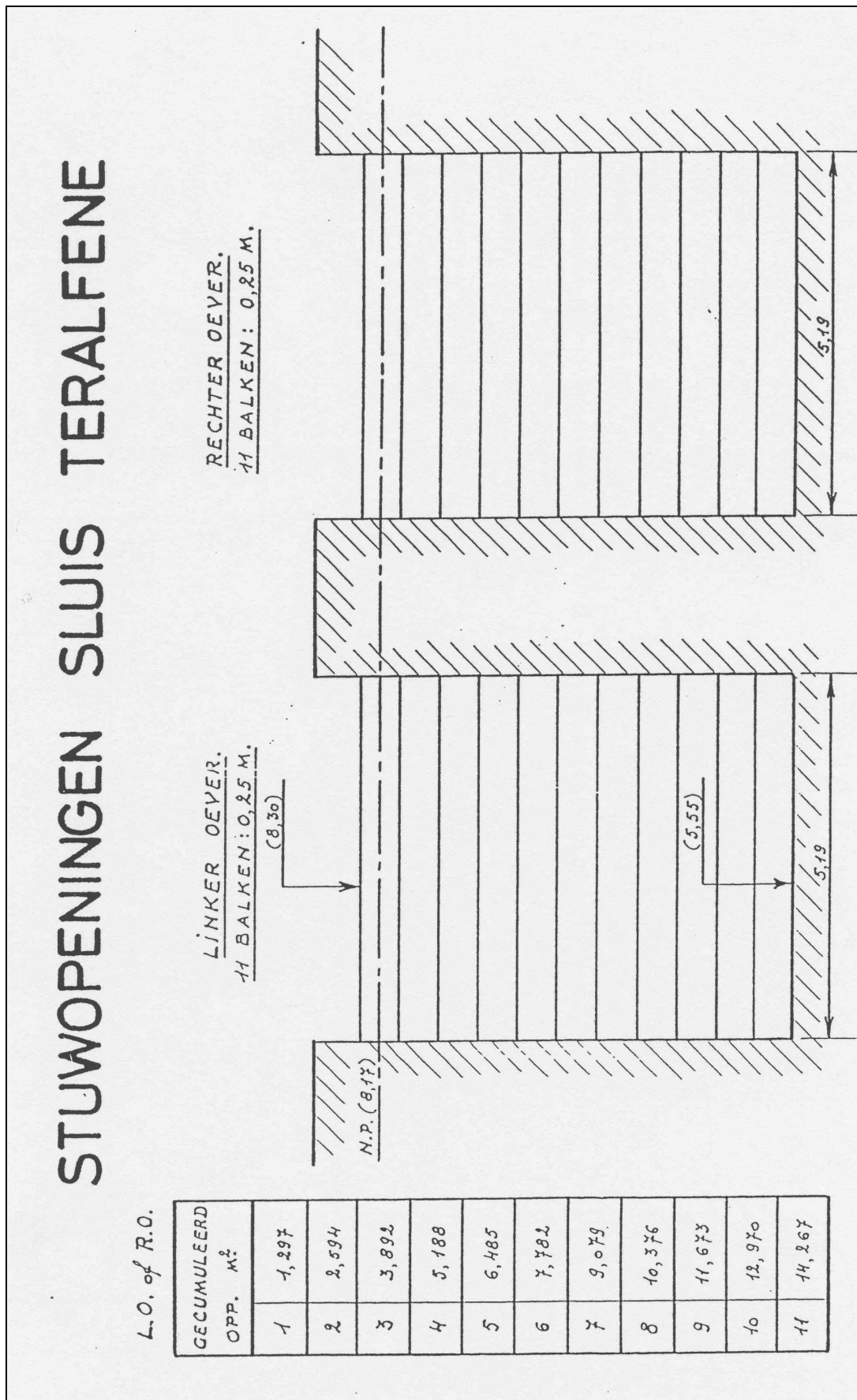


Figuur 112 Detail stuw te Aalst

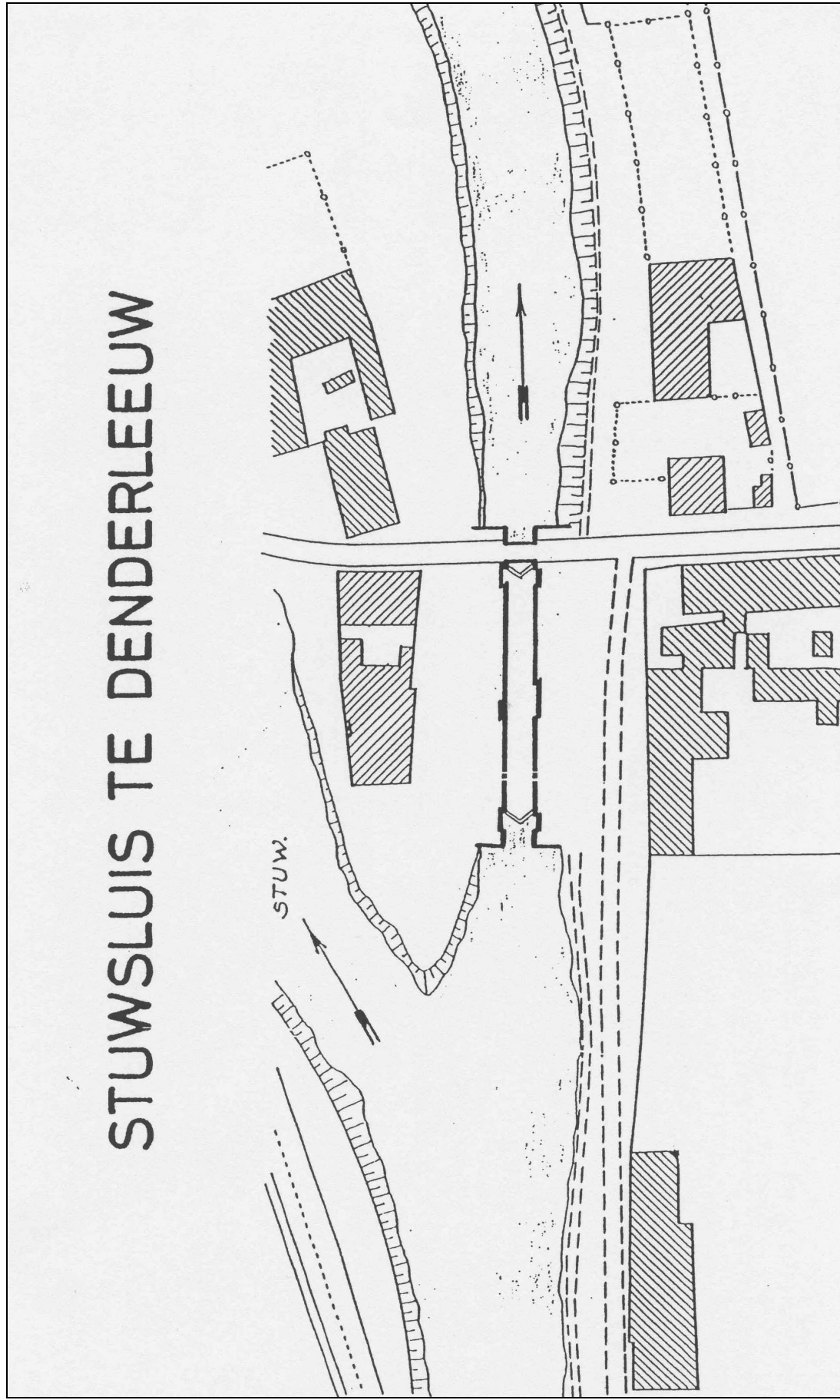
STUWSLUIS TE TERALFENE



Figuur 113 Bovenaanzicht sluis te Teralfene



Figuur 114 Detail stuw te Teralfene

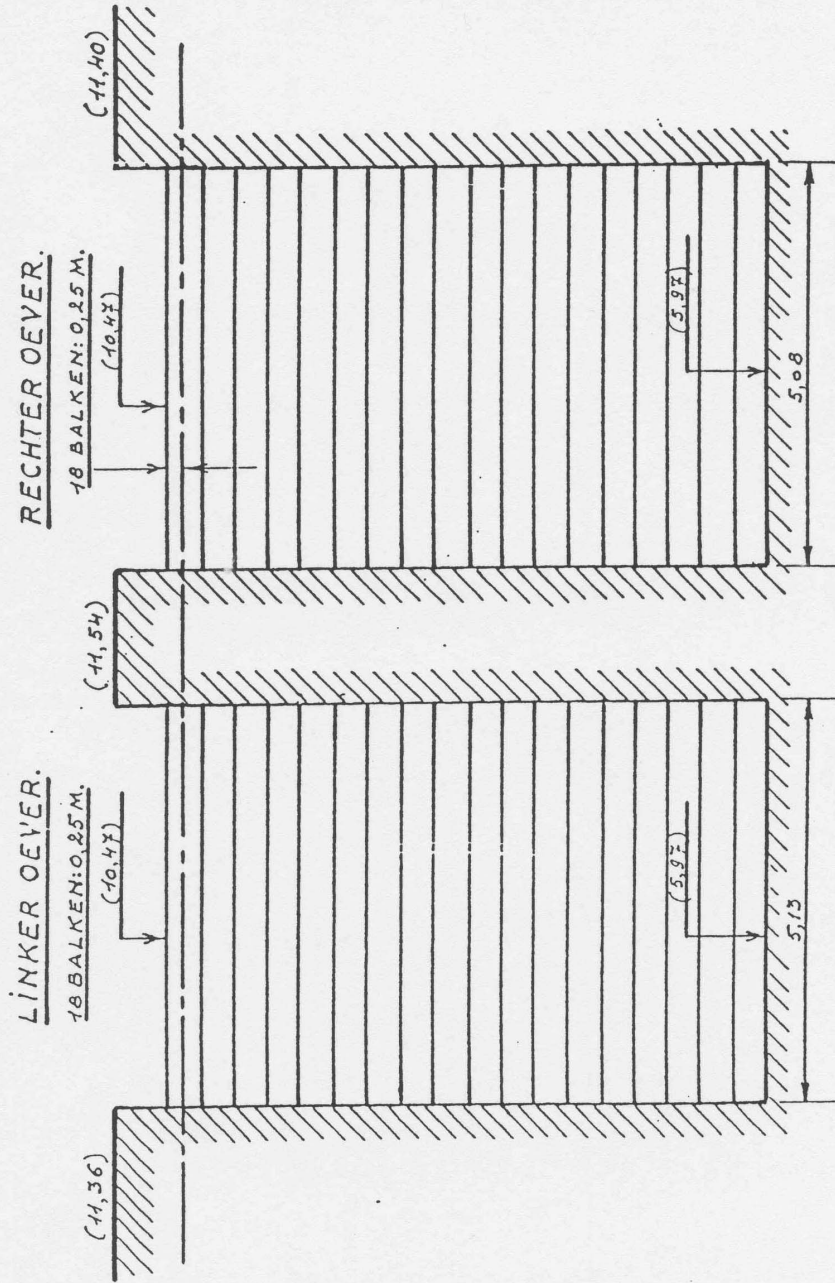


Figuur 115 Boveenaanzicht sluis te Denderleeuw

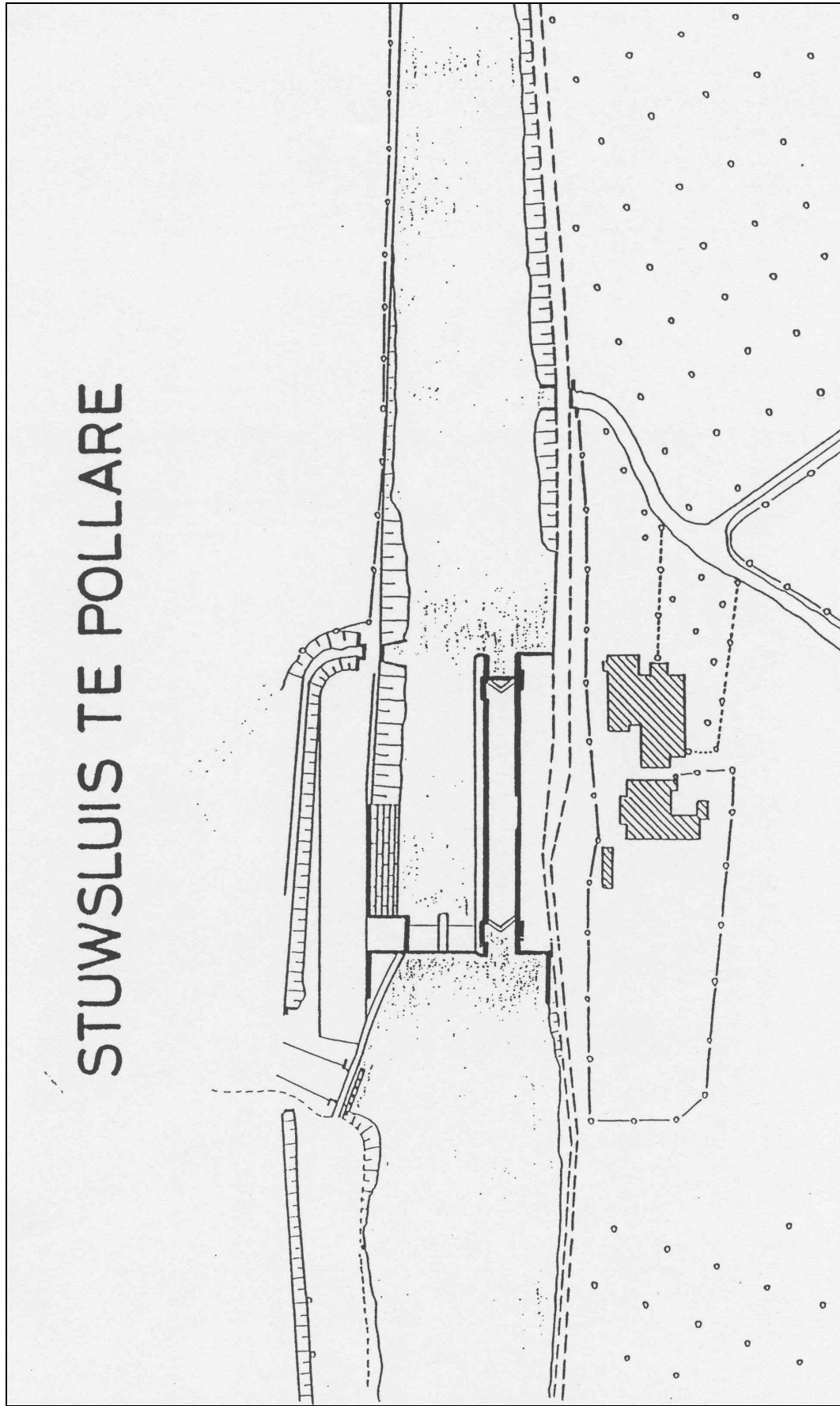
STUWOPENINGEN OP AFLEIDING TE DENDERLEEUW

GEaccumuleerde opp. m ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	1,28	2,56	3,84	5,13	6,41	7,69	8,97	10,26	11,54	12,82	14,10	15,39	16,67	17,95	19,23	20,52	21,80	23,08

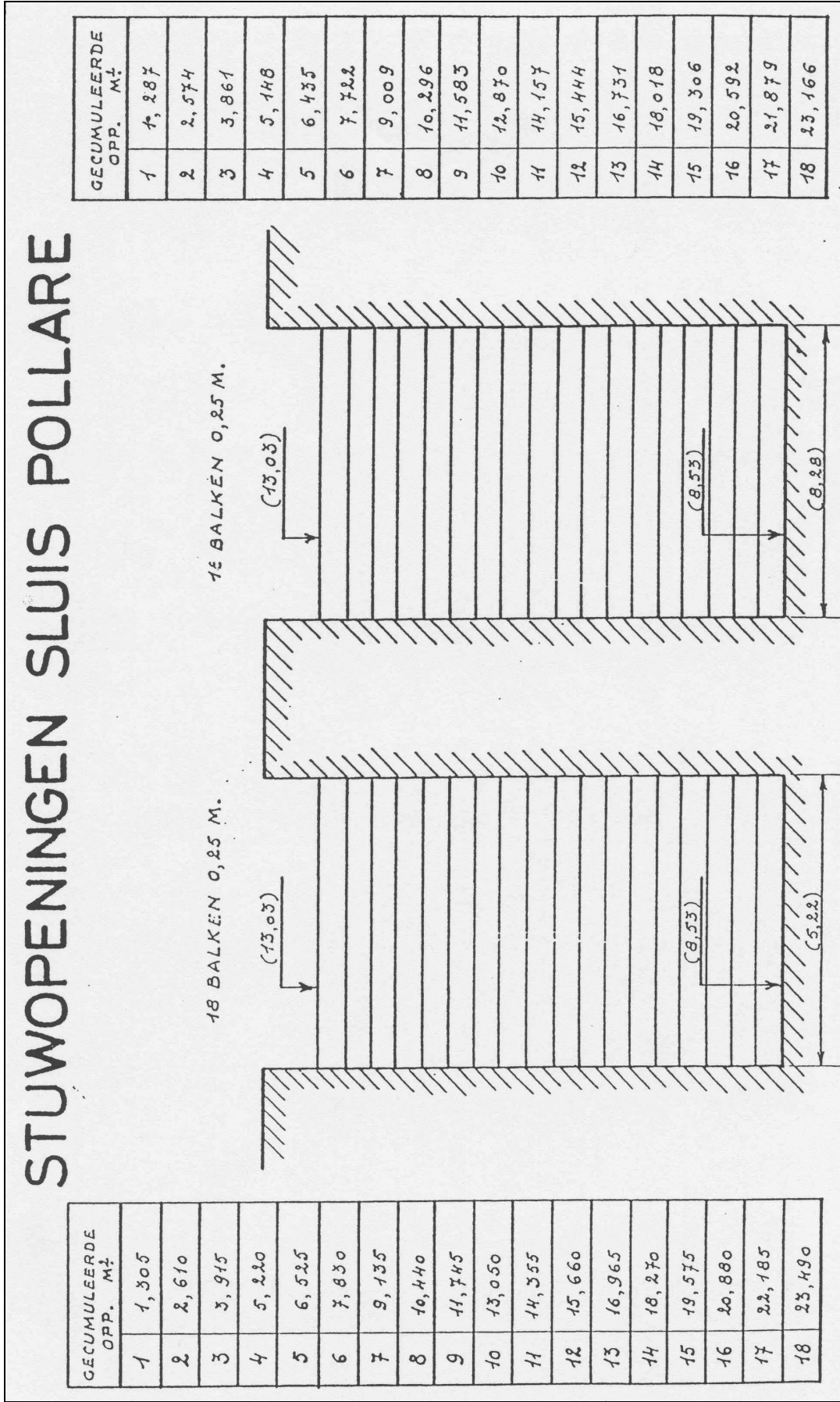
GEaccumuleerde opp. m ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	1,27	2,54	3,81	5,08	6,35	7,62	8,89	10,16	11,43	12,70	13,97	15,24	16,51	17,78	19,05	20,32	21,59	22,86



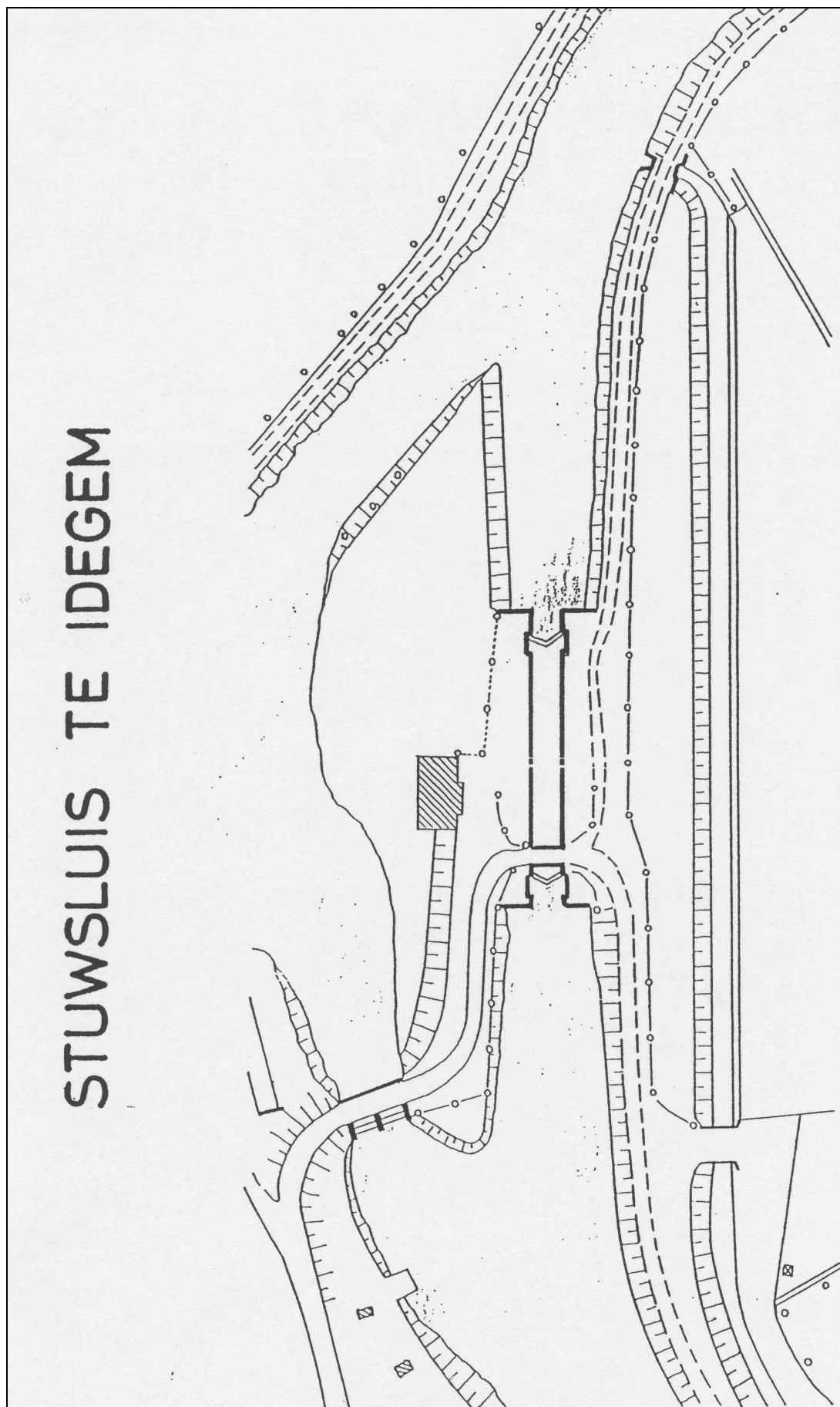
Figuur 116 Detail stuw te Denderleeuw



Figuur 117 Bovenaanzicht sluis te Pollare



Figuur 118 Detail stuw te Pollare



Figuur 119 Bovenaanzicht sluis te Idegem

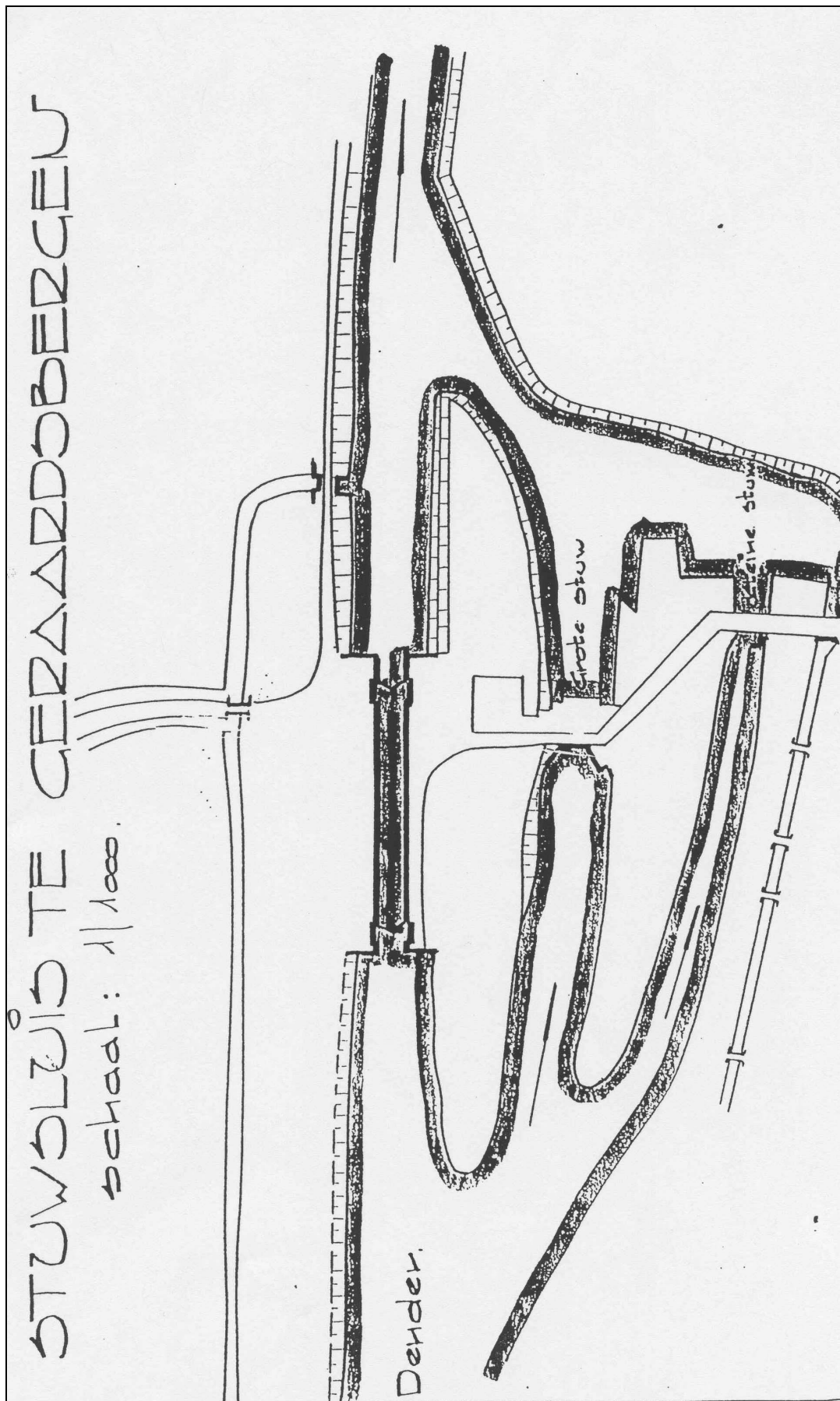
STUWOPENINGEN AFLEIDING IDEGEM

STUWOPENING	M. ²	TOTAAL.
1.	2,765	2,767
2.	2,765	5,530
3.	2,765	8,295
4.	2,765	11,060
5.	4,740	15,800

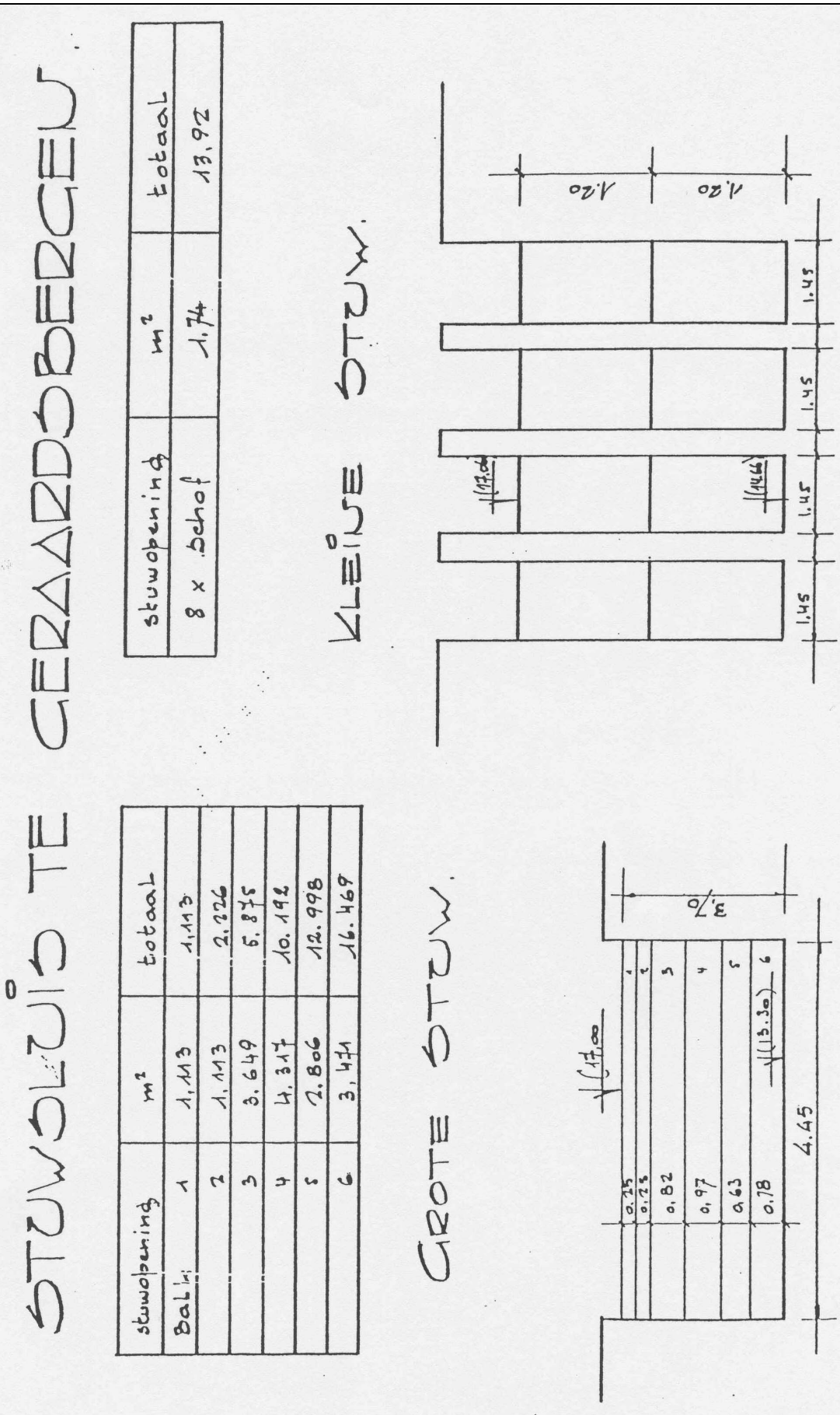
STUWOPENING	M. ²	TOTAAL.
1.	3,115	3,115
2.	3,115	6,230
3.	3,115	9,345
4.	3,115	12,460
5.	5,340	17,800



Figuur 120 Detail stuw te Idegem



Figuur 121 Bovenzicht sluis te Geraardsbergen



Figuur 122 Detail stuw te Geraardsbergen

Bijlage F Bedieningsuren van de beweegbare kunstwerken

Bijlage F Bedieningsuren van de beweegbare kunstwerken

	van 1/10 tot 15/3	van 16/3 tot 30/4	van 1/5 tot 30/9
Bedieningsuren kunstwerken Dender			
<u>Sluis Geraardsbergen tot en met sluis in Teralfene</u>			
maandag tot vrijdag	08.00 uur tot 18.00 uur	08.00 uur tot 19.00 uur	08.00 uur tot 19.00 uur
zaterdag	08.00 uur tot 17.00 uur	08.00 uur tot 17.00 uur	08.00 uur tot 19.00 uur
zon- en wettelijke feestdagen	geen bediening	geen bediening	10.00 uur tot 18.00 uur
<u>Erembodegembrug tot en met sluis Denderbelle</u>			
maandag tot zaterdag	06.00 uur tot 22.00 uur	06.00 uur tot 22.00 uur	06.00 uur tot 22.00 uur
zon- en wettelijke feestdagen	geen bediening	geen bediening	10.00 uur tot 18.00 uur
<u>Sluis Dendermonde</u>			
maandag tot zaterdag	06.00 uur tot 22.00 uur	06.00 uur tot 22.00 uur	06.00 uur tot 22.00 uur
zon- en wettelijke feestdagen	07.00 uur tot 13.00 uur	07.00 uur tot 13.00 uur	10.00 uur tot 18.00 uur
Geen bediening op 1 jan., Pasen, 25 december			

OPGELET : de Zwartehoekbrug, Sint-Annabrug en Zeebergbruggen in Aalst worden van maandag tot vrijdag

NIET bediend voor de scheepvaart :

- van 07.45 uur tot 08.15 uur
- van 12.00 uur tot 12.10 uur
- van 13.20 uur tot 13.30 uur
- van 17.00 uur tot 17.30 uur

Op 26 december begint de bediening om 09.00 uur

Op de vooravond van Pasen, op 24 december en op 31 december eindigt de bediening om 18.00 uur.

Bijlage G Relevante lozingspunten (> 500 IE)

ID	Lambert72		Vuilvracht (IE)	
	X (m)	Y (m)	Huidige	Bijkomende toekomstige
2058	127538	184609	72784	1549
93190	130380	175372	46651	630
1113	115542	163244	18111	1337
1807	126856	169730	18107	1018
33762	120254	160076	5318	883
115211	121229	165875	2974	43
1316	127992	166232	1642	844
112221	128958	169092	1568	341
33996	127359	177256	1492	
2149	124889	177201	1405	98
2154	124296	176924	1287	60
1865	127261	177043	1198	36
112288	113570	167580	1152	438
1892	123743	175480	1076	
112312	110065	164801	1066	51
1912	134943	179259	1052	
34105	120361	175333	1005	141
1920	133024	180632	991	
116522	130916	174258	955	3
1627	138419	169900	947	
1988	117874	175480	922	
1712	137267	177923	913	
2150	124387	177068	884	196
1887	125364	175836	861	62
112442	131943	189900	836	64
1141	118941	165500	831	182
94747	128357	162101	830	24
34031	137188	178754	747	
1647	138225	176961	745	
2026	113000	171641	729	162
1885	123644	175203	722	29
93247	135463	184811	720	145
15310	118457	159410	716	0
1707	134545	175361	713	58
2349	128881	183877	674	
1935	133617	182769	671	
1640	138679	175238	648	52
15196	125660	157435	643	96
1306	120206	168317	637	279
1583	138972	172373	637	176
1286	117340	170375	635	578
1728	134585	175777	626	295
60281	121344	177604	622	47
1107	115594	162220	587	0
2334	123308	178277	579	
1731	131877	177320	574	
60279	122479	181635	565	
1412	133538	171245	562	

ID	Lambert72		Vuilvracht (IE)	
	X (m)	Y (m)	Huidige	Bijkomende toekomstige
2267	131680	184194	542	
2254	132688	184154	516	
1417	133874	171601	515	59
1369	127399	168831	514	44
112230	129305	170738	507	
1881	122876	175045	502	
33983	127711	186618	500	
Totaal			204.206 IE 30.631 m³/dag	10.020 IE 1.503 m³/dag

Bijlage H Vergunde grondwaterwinningen Klasse 1

Bijlage H Vergunde grondwaterwinningen Klasse 1

Vergunningshouder	Adres	Lambert72		Begin	Einde	Volume (m³)		Putten	HCOV	Diepte	Gemeente
		X (m)	Y (m)			Dag	Jaar				
GATES EUROPE N.V.	Dokter Carlierlaan(ERE) 30,9320 EREMBODEGEM	128195	178225	20/04/1978	20/04/2005	420	100000	3	160	15	AALST
ANNAERT JOZEF	MONNIKENHOFBAAN 6.9310 HERDERSEM	129900	184000	17/01/1994	17/01/2014	96	35040	1	600	1	AALST
AMYLUM NV	Van Wambekekaai 10.9300 AALST	127120	180940	29/10/1976	19/08/2005	880	244000	1	1340		AALST
CENTRALE LINNENSERVICE	Vullaertstraat 73,8730 OEDELEM	127475	177525	3/09/1981	3/09/2005	700	148000	3	160	23	AALST
BONNETERIE BOSTEELS-DE SM	Erembodegemstraat 25,9300 AALST	127510	179730	26/03/1966	19/08/2005	120	43800	1	800	55	AALST
DENDERLAND-MARTIN	Nijverheidslaan 2 4.9308 AALST	127195	186345	4/05/1955	19/08/2005	150	54750	1	1340		AALST
DENDERLAND-MARTIN	Nijverheidslaan 2 4.9308 AALST	127195	186225	11/02/1963	19/08/2005	250	91250	1	1340		AALST
DENDERLAND-MARTIN	Nijverheidslaan 2 4.9308 AALST	127800	186575	5/04/1978	19/08/2005	3000	1000000	32	160		AALST
TUPPERWARE General Services	Pierre Corneliskaai 35,9300 AALST	126815	181960	16/05/1977	16/05/2005	100	36500	2	800		AALST
VERENIGDE PAPIER- EN KARTONFABRIEKEN	Oude Baan 120,9200 OUDEGEM	128995	189241	23/10/1997	23/10/2002	495	165000	9	600	23	DENDERMONDE
VERENIGDE PAPIER- EN KARTONFABRIEKEN	Oude Baan 120,9200 OUDEGEM	128996	189510	23/10/1997	23/10/2002	165	55000	2	800	50	DENDERMONDE
DE WOLF-COSYNS MALTINGS	Gentsestraat 80,9300 AALST	126198	180791	14/12/2000	31/08/2011	960	320000	10	800	23+48	AALST
LE COMPLETE	INDUSTRIEPARK WIJNGAARDVELD,9300 AALST	127275	183130	3/03/2001	3/03/2006	250	55000	2	1340	209	
AFFLIGEM BROUWERIJ BDS	Ringlaan 18,1745 OPWIJK	137520	184440	9/08/1972	20/08/2005	588	214620	5	600	7.5 - 33	OPWIJK
VAN CAMPENHOUT WILFRIED	Gevegemveldbaan 1.9310 MOORSEL	131540	183960	17/01/1994	17/01/2014	96	35040	1	800	23	AALST
DE CORTE FRANS	Kattenbroekstraat(MOO) 10.9310 MOORSEL	130470	182810	17/05/1993	17/05/2013	96	35040	1	800		AALST
DE MEERSMAN MARIE - JEANNE	ROSEBAAN 3.9310 MOORSEL	130100	182800	17/01/1994	17/01/2014	96	35040	1	600	20	AALST
DESSEAUX H.	ROBERT RAMLOTSTR. 89.9200 DENDERMONDE	130304	189417	1/02/1996	2/03/2004	1200	323000	32	600	20	DENDERMONDE
MOENS JOZEF	KAPITTELSTRAAT 41,9310 MOORSEL	130580	181100	17/01/1994	17/01/2014	96	35040	2	600		AALST
DESSEAUX H.	ROBERT RAMLOTSTR. 89.9200 DENDERMONDE	130318	189431	1/02/1996	2/03/2004	240	77000	6	800	60	DENDERMONDE
BARRY CALLEBAUT BELGIUM	Aalstersestraat 122,9280 LEBBEKE	130770	185522	14/08/2000	31/05/2008	330	90000	8	800	24-35-90	LEBBEKE
DESSEAUX H.	ROBERT RAMLOTSTR. 89.9200 DENDERMONDE	130380	189350	16/11/2000	19/07/2009	480	150000	2	1340	215-300	DENDERMONDE
EUROGALVA	Pamelstraat-Oost 500,9400 NINOVE	127490	170925	16/05/1980	16/05/2005	400	140000	6	160		NINOVE
CENTRALE LINNENSERVICE	Vullaertstraat 73,8730 OEDELEM	127475	177525	3/09/1981	3/09/2005	700	148000	3	160	23	AALST
COMPAGNIE DES CIMENTS BEL	OUDENSAARDSESTEENWEG,9400 VOORDE	118780	168730	9/07/1973	9/07/2005	200	73000	1	1340		NINOVE
PLASTUNI OPERATIONS	PAMELSTRAAT-OOST 421-425,9400 NINOVE	127230	170290	16/05/1980	16/05/2005	600	120000	2	1340	137-200	NINOVE
SUNCO	Nederwijk Oost 262,9400 NINOVE	126677	170043	22/04/1999	22/04/2004	640	160000	2	1340	172	

Bijlage I Overstorten in het bekken van de Dender

Bijlage I Overstorten in het bekken van de Dender

Naam overstort	Waterloop		Zone	Groep	Gemeente	Lambert72		Max. Overst. Debiet Te (l/s)	IE Tc		Vh opp Tc (ha)	Frequentie ontwerp Tc
	Vha-nummer	Naam				X (m)	Y (m)		Huis	Ind		
Aalst, OS Albrechtlaan 1	430/30000	MOLENBEEK	08	b	AALST	127890	181010	1580	864	283	13,3	7
Aalst, OS Bergekouter 1	430/30000	MOLENBEEK	08	b	AALST	128150	181260	3265	1872	0	7,8	1
Aalst, OS Brusselse Steenweg 1	423/68001	GRACHT NAAR DENDER	08	b	AALST	128750	179800	2378	2476	0	21,59	10
Aalst, OS Brusselse Steenweg 2	423/72001	GRACHT NAAR DENDER	08	b	AALST	128060	180330	1959	828	0	8,97	10
Aalst, OS De Vilanderstraat 1	433/31001	HOEZE BEEK	08	b	Aalst	127400	180420					
Aalst, OS Eendrachtstraat 1	433/12000	DENDER	08	b	AALST	126720	182150	3700	0	0	0	10
Aalst, OS Houtkaal 1	433/12000	DENDER	08	b	AALST	127050	181390	3339	4789	145	39,2	1
Aalst, OS Molenstraat 1	432/52002	JSBROEK BEEK	08	b	AALST	126550	184780	1079	1148	0	7,66	2
Aalst, OS Siesegemlaan 1	433/39002	SIEZEGEM BEEK	08	b	AALST	125830	180420	742	437	0	3,4	10
Aalst, OS Stationsplein 1	433/37001	EDIKVELDE BEEK	08	b	Aalst	126790	181450					
Aalst, OS Trigel 1	433/12000	DENDER	08	b	Aalst	126650	182200					
Aalst, OS Werf 1	433/12000	DENDER	08	b	Aalst	127080	181230					
Aalst, OS Wijngaardveld 1	433/12000	DENDER	08	b	HERDERSEM	127600	184100	0	0	0	0	0
Asse, OS Mazier 1	422/72003	WAALBOR(R)E JUS(S)ENBEEK	08	c	ASSE	137320	175820	716	442	0	5,35	7
Bever, OS Kamstraat 1	401/69001	PLASBEEK	#N/B	#N/B	BEVER	120060	156500					
Deftinge, OS Broekstraat 1	411/42001	BROEK BEEK	06	c	DEFTINGE	113750	164560	824	963	0	14,14	7
Deftinge, OS Watermolenstraat 1	411/42001	BROEK BEEK	06	c	DEFTINGE	112840	165390	659	382	17	7,17	6
Deftinge, OS Watermolenstraat 1	411/30000	MOLENBEEK	06	c	LIERDE	114340	164760	701	348	0	4,62	10
Dendermonde, OS Martelarenlaan 1	433/68001	VONDEL BEEK	17	b	Dendermonde	131580	191400	299	0	0	0	10
Denderwindeke, OS Kerkveld 1	421/69002	LAVENDEL BEEK	08	c	DENDERWINDEKE	126890	165740	2039	1606	0	9,95	7
Denderwindeke, OS Linkebeek 1	421/63001	LAVENDEL BEEK	08	c	DENDERWINDEKE	126090	165230	1380	1005	0	12,35	6
Dilbeek, OS Dansaertlaan 1	422/50001	STEENVOORD BEEK	#N/B	#N/B	DILBEEK	141750	172600	0	0	0	0	0
Dilbeek, OS Robert Dansaertlaan 1	422/50001	STEENVOORD BEEK	#N/B	#N/B	DILBEEK	141660	172890	356	458	0	5,27	7
Dilbeek, OS Smissenbosstraat 1	422/50001	SMISSEN BOS WATERLOOP	#N/B	#N/B	DILBEEK	141630	172810	0	0	0	0	0
Dilbeek, OS Turflaan 1	422/51002	STEENVOORD BEEK	#N/B	#N/B	DILBEEK	140750	171240	0	0	0	0	0
Dilbeek, OS Wolsemstraat 1	422/50001	STEENVOORD BEEK	#N/B	#N/B	DILBEEK	141710	172830	0	0	0	0	0
Haaltert+A383, OS Edestraat 1	433/33002	LAARBEEK	#N/B	#N/B	HAALTERT	123480	177780	831	877	0	9,49	7
Erembodegem, OS Gerstfens 1	423/12000	DENDER	08	b	AALST	128140	179160	1214	1499	0	12,19	10
Erembodegem, OS Groenstraat 1	423/68001	GRACHT NAAR DENDER	08	b	EREMBODEGEM	129360	179110	1274	1268	0	11,83	10

Bijlage I Overstorten in het bekken van de Dender

Naam overstort	Waterloop		Zone	Groep	Gemeente	Lambert72		Max. Overst. Debiet Te (l/s)	IE Tc		Vh opp Tc (ha)	Frequentie ontwerp Tc
	Vha-nummer	Naam				X (m)	Y (m)		Huis	Ind		
Erembodegem, OS Industrielaan 1	432/21000	MOLENBEEK	08	b	Aalst	127330	184240					
Erembodegem, OS Ninooissteenweg 1	423/59001	WILDEBEEK	08	b	DENDERLEEUEW	127810	177610	1079	421	4677	40,63	7
Erembodegem, OS Termurenlaan 1	423/12000	DENDER	08	b	Aalst	128000	179120					
Erepe, OS Bosstraat 1		MOLENBEEK	08	b	ERPE-MERE	121760	179300	365	0	0	0	8
Erepe, OS Gentssteenweg 1	431/21000	MOLENBEEK	08	b	ERPE-MERE	123090	181600	759	0	0	0	6
Erepe, OS Honegemstraat 1	431/21000	MOLENBEEK	08	b	ERPE-MERE	124110	182100	2	0	0	0	1
Erepe, OS Leedsesteenweg 1	433/40202	TORENSBEEK	08	b	ERPE-MERE	123580	182300	0	0	0	0	1
Erepe, OS Oudenaardesteenweg 1	431/21000	MOLENBEEK	08	b	ERPE-MERE	122530	181180	2238	0	0	0	6
Erepe, OS Rooseveltlaan 1	431/21000	MOLENBEEK	08	b	ERPE-MERE	122200	180100	427	0	0	0	6
Erwetegem, OS Smissenhoek 1	431/21000	MOLENBEEK	06	a	ERWETESEM	112150	170890	796	0	0	0	0
Erwetegem, OS Wijnhuizenstraat 1	431/21000	PLANKBEEK	06	a	SINT-GORIKS- OUDENHOVE	112140	171010	873	122	0	2,74	5
Everbeek-Beneden, OS Lessensestraat 1	410/41002	TERKLEPPEBEEK	06	c	GERAARDSBERGEN	110500	161460	764	380	0	5,5	7
Galmaarden, OS Geraardsbergsestraat 1	401/20000	MARK	06	c	GALMAARDEN	121650	160190	1573	0	0	0	10
Galmaarden, OS Munkbaan 1	401/20000	MARK	06	c	GALMAARDEN	123420	159920	0	754	0	0	0
Galmaarden, OS Stationstraat 1	401/20000	MARK	06	c	GALMAARDEN	120440	160140	453	0	0	0	10
Galmaarden, OS Werfstraat 2	401/20000	MARK	06	c	GALMAARDEN	121320	160400	464	308	0	3,81	9
Geraardsbergen, OS Begijnhofkaai 1		DENDER	06	c	Geraardsbergen	115500	162490					
Geraardsbergen, OS Molenstraat 1	410/34001		06	c	GERAARDSBERGEN	115630	162320	0	973	0	5,31	10
Geraardsbergen, OS Onkerzelestraat 1			06	c	ONKERZELE	118160	164060	0	240	0	0	99
Geraardsbergen, OS Zarlardingsestraat 1	410/41002	MOLENBEEK	06	c	GERAARDSBERGEN	112650	161600	849	0	0	0	7
Geraardsbergen, OS Zonnebloemstraat 1	410/12000	DENDER	06	c	SCHENDELBEKE	115530	163200	0	0	0	0	0
Gijzegem, OS Denderlandstraat 1	432/30000	MOLENBEEK	08	b	GIJZEGEM	128260	185150	800	874	19661	8,88	2
Hekelgem, OS Langestraat 1	430/50002	WEIMEERSBEEK	08	c	HEKELGEM	131700	179090	3212	3188	0	29,18	10
Hemelveerdegem, OS Keistraat 1	411/39001	LAREBEEK	06	c	LIERDE	114000	165990	354	439	0	10,09	3
Hemelveerdegem, OS Triepstraat 1	411/39001	LAREBEEK	06	c	LIERDE	112130	166490	2144	1535	0	26,72	7
Herne, OS Stationsstraat 1		MARK	8	c	HERNE	125770	157390	2066	1000	95	11,02	6
Hofstade, OS Hekkestraat 1	432/30000	MOLENBEEK	08	b	AALST	125730	183470	446	0	0	0	0
Hofstade, OS Molenstraat-Hoeksen 1	432/30000	MOLENBEEK	08	b	AALST	127130	184390	673	551	0	4,79	10
Hofstade, OS Vijverstraat 1	433/40202	TORENSBEEK	08	b	AALST	125730	183470	446	0	0	0	0

Bijlage I Overstorten in het bekken van de Dender

Naam overstort	Waterloop		Zone	Groep	Gemeente	Lambert72		Max. Overst. Debiet Te (l/s)	IE Tc		Frequentie ontwerp Tc	
	Vha-nummer	Naam				X (m)	Y (m)		Huis	Ind		Vh_opp Tc (ha)
Lebbeke, OS Baasrodestraat 1	433/68001	VONDELBEEK	#N/B	#N/B		133740	188540	541	900	0	8	5
Lebbeke, OS Grote Snijderstraat 1	433/84002	HEIBEEK	#N/B	#N/B		134370	188280	503	1112	0	5,03	9
Lebbeke, OS Rood Kruisstraat 1	433/68001	VONDELBEEK	#N/B	#N/B		133960	187300	1121	4298	278	29,78	10
Lebbeke, OS Rossevalstraat 1	433/68001	VONDELBEEK	#N/B	#N/B		133780	188040	380	900	0	8	5
Lebbeke, OS Stationsstraat 1	433/85002	KLEINE BEEK	#N/B	#N/B		133370	188110	816	948	0	12,14	10
Lede, OS Barrevoetsehoek 1	483/43002	GROOTE BEEK	#N/B	#N/B	WICHELEN	123120	185620	686	0	0	0	15
Lede, OS Bosstraat 1	432/50003	SPECHTMEERSBEEK	#N/B	#N/B	LEDE	124500	184440	0	0	0	0	0
Lede, OS Jezuitenstraat 1	432/43002	LEEDSCHEBEEK	#N/B	#N/B	WICHELEN	123740	185790	2371	0	0	0	15
Lede, OS Sasstraat 1	422/93002	SPECHTMEERSBEEK	#N/B	#N/B	ERPE-MERE	124300	182830	117	0	0	0	2
Liedekerke, OS Bedevaart 1	422/89001	HOLLEBEEK	8	c	LIEDEKERKE	131450	173340	1306	2477	0	20	7
Liedekerke, OS Scheifhoutstraat 1	422/89001	KRUISBEEK	8	c	LIEDEKERKE	131560	174680	273	625	0	4,84	7
Meerbeke, OS Brusselsesteenweg 1	421/97001	MOENSBROEKBEEK	08	c	MEERBEKE	127020	168630	712	1271	0	4,57	7
Meerbeke, OS Sint-Pietersstraat 1	421/97001	MOENSBROEKBEEK	08	c	MEERBEKE	126620	168290	589	916	0	7,58	7
Moerbeke, OS Wilgertaan 1	401/82002	HOLLEBEEK	06	c	GALMAARDEN	118300	160390	1075	394	10	9,87	7
Moorsele, OS Koebrugstraat 1	430/30000	MOLENBEEK	08	b	MOORSEL	130080	181550	2604	1917	0	20,96	1
Moorsele, OS Land Van Aalststraat 1	430/30000	MOLENBEEK	08	b	HEKELGEM	131500	181200	454	300	0	3,35	3
Nederboelare, OS Molenbeek 1			06	c	GERAARDSBERGEN	115550	163350					
Nederbrakel, OS Brusselsestraat 1	460/22000	ZWALMBEEK	06	a	NEDERBRAKEL	110030	164840	1089	0	0	0	12
Nieuwerkerken, OS Mereststraat 1	433/39002	SIEZEGEMBEEK	08	b	AALST	124600	179790	765	612	0	6,34	8
Nieuwerkerken, OS Molenstraat 1	632/22000	KELSBEEK	08	b	NIEUWERKERKEN	124920	180550	0	0	0	0	0
Nieuwerkerken, OS Raasbeekstraat 1	633/64002	RAASBEEK	08	b	NIEUWERKERKEN	125400	178530	1163	1573	0	18,77	6
Nieuwerkerken, OS Rijdentstraat 1	433/37001	EDIKSVELDBEEK	08	b	AALST	125180	179610	1094	1228	7	8,35	10
Nieuwerkerken, OS Rozenbosstraat 1		RAASBEEK	08	b	NIEUWERKERKEN	123840	179370					
Ninove, OS Elisabethlaan 1	420/33001	MOLENBEEK	08	c	NINOVE	124630	169530	1020	835	0	11,36	50
Ninove, OS Parklaan 1	420/12000	DENDER	08	c	NINOVE	125100	168900	364	1030	87	7,02	7
Ninove, OS Ring 1	420/12000	DENDER	08	c	NINOVE	126670	169480	1183	704	0	7,32	7
Okegem, OS F. Van der Perrekaai 1	423/44002		08	c	OKEGEM	128080	171630	1078	939	111	9,87	10
Okegem, OS Fonteinstraat 1	423/45003		08	c	OKEGEM	128380	172170	1208	832	0	11,02	9
Onkerzele, OS Bosstraat 1	410/68002	STEENBORREBEEK	06	c	ONKERZELE	118610	163610	186	136	0	1,784	7

Bijlage I Overstorten in het bekken van de Dender

Naam overstort	Waterloop		Zone	Groep	Gemeente	Lambert72		Max. Overst. Debiet Te (l/s)	IE Tc		Vh opp Tc (ha)	Frequentie ontwerp Tc
	Vha-nummer	Naam				X (m)	Y (m)		Huis	Ind		
Onkerzele, OS Kampstraat 1	410/62001	DUIVEBEEK	06	c	GERAARDSBERGEN	117320	164400	1194	0	0	0	7
Onkerzele, OS Onkerzelestraat 1	410/68002	STEENBORREBEEK	06	c	ONKERZELE	118500	164330	733	710	0	5,757	7
Opwijk, OS Beekveldstraat 1	433/71002	ASBEEK	#N/B	#N/B	OPWIJK	137650	184480	1866	1990	80	23,725	7
Opwijk, OS Poelstraat 1	433/68001	VONDELBEEK	#N/B	#N/B	OPWIJK	136830	186070	1331	2440	0	25,2	7
Pamel, OS Tenzuivenestraat 1	421/94003		#N/B	#N/B	PAMEL	129780	169540	931	559	0	6,74	7
Schendelbeke, OS Dammersbeek 1	410/55001	DAMMERSBEEK	06	c	SCHENDELBEKE	116990	164860	136	0	0	0	13
Schendelbeke, OS Industriepark 1	410/55001	DAMMERSBEEK	06	c	SCHENDELBEKE	115650	164520	3090	347	2466	23,24	10
Schendelbeke, OS Pijlekaartstraat 1	410/55001	DAMMERSBEEK	06	c	SCHENDELBEKE	116900	164470	1427	1022	0	13	99
Sint-Antelinks, OS Guchterstraat 1	420/33001	MOLENBEEK	08	b	SINT-ANTELINKS	118200	170130	305	159	0	2,93	1
Sint-Antelinks, OS Sint-Antelinksstraat 1	420/33001	MOLENBEEK	08	b	SINT-ANTELINKS	118850	169920	490	362	0	5,34	7
Sint-Gillis, OS Boonwijk 1	433/68001	VONDELBEEK	17	b	Dendermonde	131160	189930	1204	0	0	0	9
Sint-Gillis, OS Breestraat 2	433/88002	ASSENMEERSBEEK	17	b	Dendermonde	131590	189400	3158	1799	0	18,58	3
Sint-Gillis, OS Otterstraat 1	433/68001	VONDELBEEK	17	b	Dendermonde	131580	191400	299	0	0	0	10
Sint-Katharina-Lombeek, OS Processiestraat1	422/30000	BELLEBEEK	#N/B	#N/B	TERNAT	135030	173890	1513	1457	0	17,56	7
Sint-Katharina-Lombeek, OS Spoorwegbaan 1	422/96002	BOSBEEK	#N/B	#N/B	TERALFENE	132270	174730	770	1133	0	12,11	5
Sint-Maria-Lierde, OS Langemunte 1	411/45001	BROEKBEEK	06	c	SINT-MARIA-LIERDE	113500	167580	1195	733	0	8,6	10
Sint-Maria-Lierde, OS Langestraat 1	411/45001	BROEKBEEK	06	c	SINT-MARIA-LIERDE	112600	168300	287	124	0	2,31	10
Sint-Pieters-Kapelle, OS Brikstraat 1			02	a	SINT-PIETERS-KAPELLE	123700	155560	120	0	0	0	0
Sint-Pieters-Kapelle, OS Gainestraat 1	400/34002	L'ENFER CEANEBEEK	02	a	SINT-PIETERS-KAPELLE	126260	153880	447	0	0	0	10
Sint-Pieters-Kapelle, OS Halvemaanstraat 1	400/37002	RAESBEEK	02	a	SINT-PIETERS-KAPELLE	123140	155330	538	0	0	0	0
Sint-Pieters-Kapelle, OS PS Geraardsbergsesteenweg 1	400/20000	MARK	02	a	SINT-PIETERS-KAPELLE	125420	155300	522	0	0	0	99
Steenhuize-Wijnhuize, OS Eikestraat 1	420/33001	MOLENBEEK	08	b	STEENHUIZE-WIJNHUIZE	116440	169880	1007	509	0	7,56	7
Teralfene, OS Rozenlaan 1	423/57202	MAAIMEERSBEEK	#N/B	#N/B	TERALFENE	130800	175400	449	4611	0	30,95	99
Ternat, OS Broekstraat 1	422/30000	HUNSELBEEK	#N/B	#N/B	TERNAT	134560	174490	83	440	0	4,59	7
Ternat, OS Brusselstraat 1	422/50001	STEENVOORDBEEK	#N/B	#N/B	TERNAT	136800	173610	1069	1292	40	18,38	10
Ternat, OS Donkerstraat 1	422/73002	KEUREBEEK	#N/B	#N/B	TERNAT	136270	173750	353	462	0	5,47	7
Ternat, OS Kruikenburg 1	422/73002	KEUREBEEK	#N/B	#N/B	TERNAT	136230	173470	1165	775	39	10,57	10
Ternat, OS Verkenmeersstraat 1	422/73002	KEUREBEEK	#N/B	#N/B	TERNAT	135520	174240	839	1371	390	24,56	10
Ternat, OS Vitseroelstraat 1	422/68002	NIEUWE(R)MOLENBEEK	#N/B	#N/B	TERNAT	136650	174630	1122	24	883	19,26	10

Bijlage I Overstorten in het bekken van de Dender

Naam overstort	Waterloop		Zone	Groep	Gemeente	Lambert72		Max. Overst. Debiet Te (l/s)	IE Tc		Frequentie ontwerp Tc	
	Vha-nummer	Naam				X (m)	Y (m)		Huis	Ind		Vh_opp Tc (ha)
Ternat, OS Wijmenierlaan 1	422/73002	KEUREBEEK	#N/B	#N/B	TERNAT	136330	173990	689	634	120	7,45	7
Tollembeek, OS Hollestraat 1	401/54001	EETVELDMEERSBEEK	06	c	TOLLEMBEEK	123480	160260	0	0	0	0	99
Tollembeek, OS Modreilaan 1	401/44001	MARK	06	c	Tollembeek	123360	160050	1357	754	0	10,52	7
Tollembeek, OS Modreilaan 1	401/44001	NEMERKENDRIESBEEK	06	c	TOLLEMBEEK	123530	160260	0	0	0	0	99
Tollembeek, OS Molenveldbaan 1	401/56001	HOLLEBEEK	06	c	GALMAARDEN	122420	160340	0	55	0	0	99
Tollembeek, OS Smedries 1		MARK	06	c	Galmaarden	122370	160150	300	0	0	0	0
Tollembeek, OS Staterstraat 1	401/37001	HIELEBEEK	06	c	GALMAARDEN	124360	158970	436	398	0	3,76	7
Tollembeek, OS Vollezelestraat 1	401/20000	MARK	06	c	TOLLEMBEEK	124480	159300	0	0	0	0	99
Tollembeek, OS Vollezelestraat 2	401/34001	ASSENMEERSBEEK	06	c	VOLLEZELE	124590	159320	0	0	0	0	0
Viane, OS Akrenstraat 1	401/87001	HILLEBEEKLOKTE	06	c	VIANE	118160	159220	2400	0	0	0	10
Viane, OS Edingsweg 1	401/87001	WIJZE BEEK	06	c	GERAARDSBERGEN	118880	159160	688	656	0	6,3	9
Viane, OS Edingsweg 2	401/20000	MARK	06	c	GERAARDSBERGEN	118410	159670	1509	1325	19	13,8	7
Viane, OS Rietveld 1	401/89001	WIJZEBEEK	06	c	VIANE	117070	158880	127	0	0	0	0
Vollezele, OS Ninooisesteenweg 1	400/86002	BAKKERSGRACHT	06	c	VOLLEZELE	125760	160960	0	0	0	0	0
Zarlarding, OS Lindestraat 1	410/41002	MOLENBEEK	06	c	ZARLARDINGE	111900	161880	220	234	36	2,07	0
AALST, OS aaaaaa.	433/40111	/	08	b	Aalst	126650	183310					
GERAARDSBERGEN, OS aaaaaa.			06	c	Geraardsbergen	114720	161610					
GERAARDSBERGEN, OS aaaaaa.			06	c	Geraardsbergen	115410	163130					
LIEDEKERKE, OS Broekenbospad 1	6188	PALITSEBEEK	08	#N/B	LIEDEKERKE	129630	172610		882	233		
GERAARDSBERGEN, OS Rijtesstraat 1	6369		08	c	GERAARDSBERGEN	120498	165140		502	0		
SINT-MARIA-OUDEHOF, OS Klemhoutstraat 1	6095	OPHASSELTBEEK - BROEKBEEK - SOMPELSKOUTERBEEK	06	a	SINT-MARIA-OUDEHOF	111850	168730		278	0		
NINOVE, OS Lindenbergstraat 1	6314	EICHEMBEEK	08	c	NINOVE	123350	168650		252	0		
NINOVE, OS Terrasstraat 2	6314	EICHEMBEEK	08	c	NINOVE	123520	168660		73	0		
NINOVE, OS Eichenstraat 3	6241	DE RIJT - NUCHTERRIJTE	08	c	NINOVE	123610	168370		36	0		
LIEDEKERKE, OS Beginmeers 1	5951	DENDER	08	#N/B	LIEDEKERKE	130220	175140		106	21		
LIEDEKERKE, OS Stationsstraat 2	6211	OUDE DENDER	08	#N/B	LIEDEKERKE	130620	174680		2458	0		
LIEDEKERKE, OS Kasteelstraat 3	6141		08	#N/B	LIEDEKERKE	129740	173550		3545	1024		
OKEGEM, OS Neerbeekstraat 1	6102		08	c	OKEGEM	127839	172181		442	0		

Bijlage I Overstorten in het bekken van de Dender

Naam overstort	Waterloop		Zone	Groep	Gemeente	Lambert72		Max. Overst. Debiet Te (l/s)	IE Tc		Vh_opp Tc (ha)	Frequentie ontwerp Tc
	Vha-nummer	Naam				X (m)	Y (m)		Huis	Ind		
TERNAT, OS overstort Vianestraat 1	5956	HUNSELBEEK - BELLEBEEK - MOLENBEEK	08	#N/B	TERNAT	134690	172730		5300	0		
NINOVE, OS langgracht Dender 1	5951	DENDER	08	c	NINOVE	126890	170000		109	293		
GALMAARDEN, OS Overlaat Ninooftsesteenweg, Vollezele 1	5960	HERNEBEEK	06	c	GALMAARDEN	125700	162180		127	0		
GALMAARDEN, OS Groenstraat 1	5983	MOLENBEEK - BEVERBEEK - LEENBROEKBEEK	06	c	GALMAARDEN	124800	157980		238	0		
ASPELARE, OS Watermolenstraat 1	5983	MOLENBEEK - BEVERBEEK - LEENBROEKBEEK	08	c	ASPELARE	121260	170300		1537	0		
OUTER, OS Smid Lambrechtstraat 2	6299	MOLENBEEK - BEVERBEEK - LEENBROEKBEEK	08	c	OUTER	123980	170030		3534	0		
WIEZE, OS Kloosterstraat 2	6283	KLOOSTERBOS	08	#N/B	WIEZE	130100	185980		343	0		
HERDERSEM, OS Grote Baan-Aartstraat 3	6156	WINDGATBEEK - GROTE BEEK	08	b	HERDERSEM	129490	185280		1289	0		
HERDERSEM, OS Grote Baan-Aartstraat 4	6241	OUDE DENDER - PASBEEK MONICKHOFBOSBEEK	08	b	HERDERSEM	128570	185250		1289	0		
NINOVE, OS Neerstraat 1	6426	DE RIJT - NUCHTERRIJTJE	08	c	NINOVE	123190	166830		1429	882		
OPWIJK, OS Bunders 1	6376	KLUIJSBEEK	17	#N/B	OPWIJK	136418	185310		1029	0		
ASSE, OS Terlindenvijverweg 1	6104	WAALBOR(R)E IJ(S)ENBEEK	08	c	ASSE	138290	176700		3315	439		
HERNE, OS Edingsesteenweg 2	5986	MOLENBEEK -	06	#N/B	HERNE	125900	155880		32	0		
HAALTERT, OS Ankerstraat 1	5986	VOGELENZANGBEEK	08	#N/B	HAALTERT	124930	173160		704	0		
HAALTERT, OS Poel 2	5986	MOLENBEEK -	08	#N/B	HAALTERT	125400	173320		2008	0		
HAALTERT, OS Poel 3	5953	VOGELENZANGBEEK	08	#N/B	HAALTERT	125800	173270		153	0		
ERPE-MERE, OS Bergstraat 1	6140	MOLENBEEK - TER ERPEBEEK - WILLEBEEK - PLANKEBEEK	08	b	ERPE-MERE	122080	179370		1046	0		
DILBEEK, OS R. De Cuyperstraat 1	6140	STEENVOORDBEEK -	08	#N/B	DILBEEK	140860	173160		643	0		
DILBEEK, OS H. PlacUsstraat 2	6319	MOLENBEEK - WOLSEMMEK STEENVOORDBEEK -	08	#N/B	DILBEEK	141240	173120		919	0		
POLLARE, OS Nekkersput 1	6319	MOLENBEEK - WOLSEMMEK DE RIJT - IJZERMANSBEEK	08	c	POLLARE	124100	168110		382	0		

Bijlage J Foto's



Figuur 123 Sluis te Dendermonde



Figuur 124 Stuw te Dendermonde



Figuur 125 Sluis te Denderbelle



Figuur 126 Afwaartse sluisdeur te Denderbelle



Figuur 127 Stuw te Denderbelle



Figuur 128 Afwaartse sluisdeur te Aalst



Figuur 129 Sluis te Teralfene



Figuur 130 Stuw te Teralfene



Figuur 131 Sluis te Denderleeuw



Figuur 132 Afwaartse sluisdeur te Denderleeuw



Figuur 133 Stuwsluis te Pollare



Figuur 134 Afwaartse sluisdeur te Pollare



Figuur 135 Openen van sluisdeur te Pollare



Figuur 136 Sluis te Idegem



Figuur 137 Sluis te Geraardsbergen



Figuur 138 Grote Stuw te Geraardsbergen



Figuur 139 Kleine stuw te Geraardsbergen



Figuur 140 Opwaarste sluisdeur te Deux-Acren



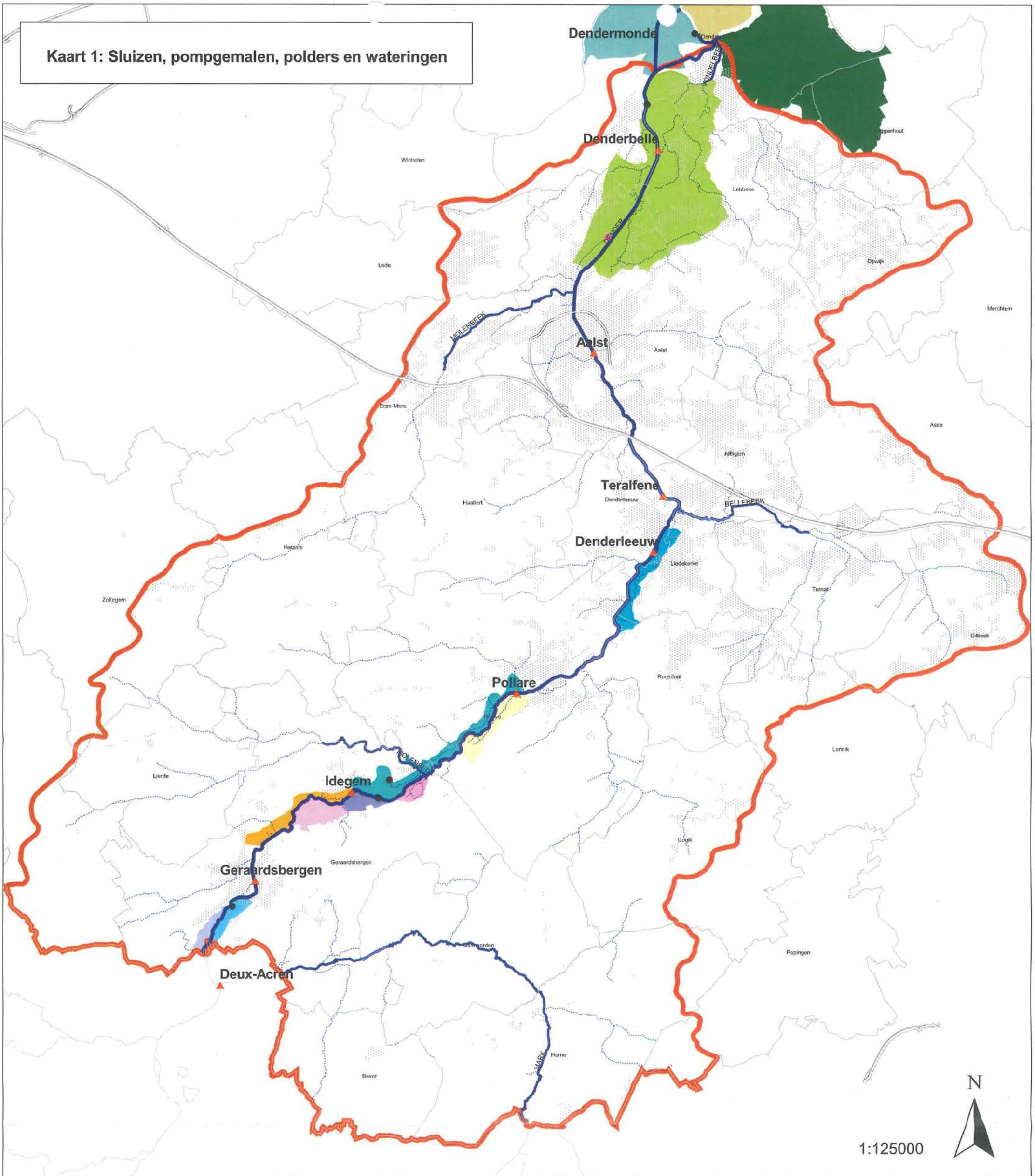
Figuur 141 Akoestische debietmeter te Dendermonde



Figuur 142 Akoestische debietmeter te Overboelare

Bijlage K Kaarten

Kaart 1: Sluizen, pompgemalen, polders en wateringen



Legende

Grens Denderbekken

Gemeentegrens

Sluis

Weg

Urban gebied

Waterloop

bevaarbaar

categorie 1

categorie 2

Pompgemaal

bestaand

gepland

Watering

De Gaver

De Gavergracht

De Kortelake

De Kwaadbroeken

De Lestpolder

De Rijt

Iddegem-Appelsterre

De Oude Dender

Schendelbeke

Polder

Sint-Onolfs

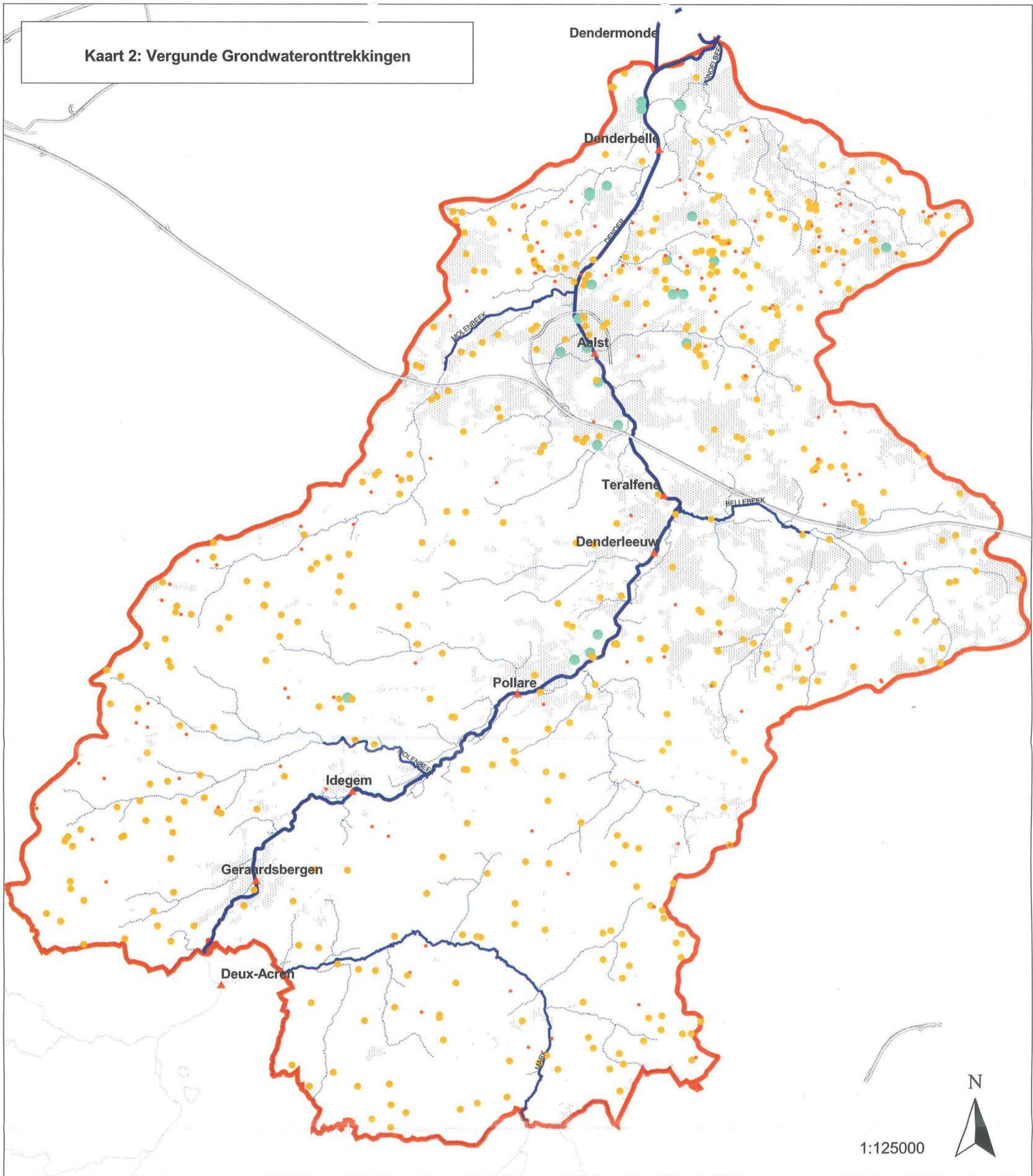
Beneden-Dender

Grembergen

Vlassenbroek



Kaart 2: Vergunde Grondwateronttrekkingen

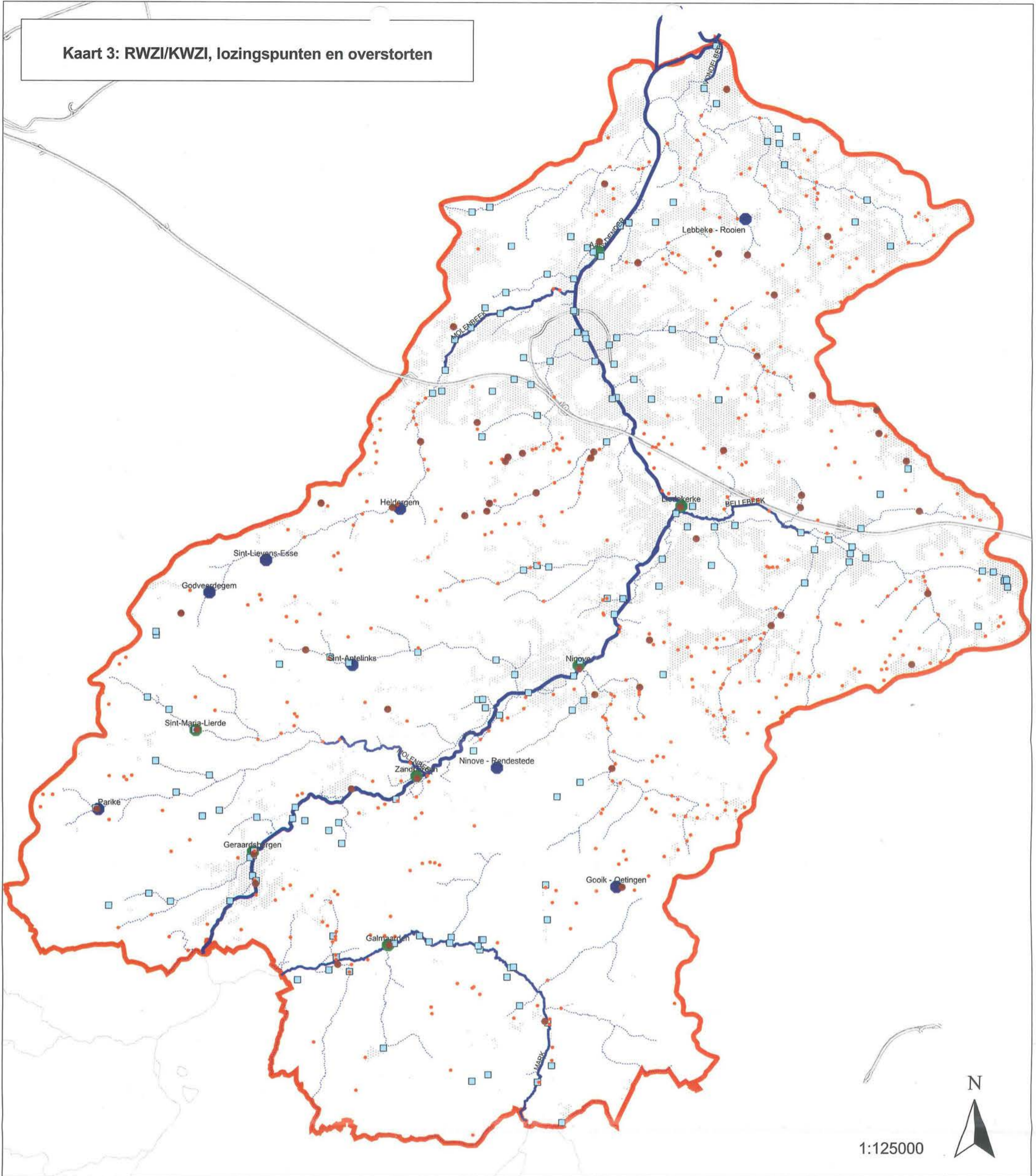


Legende

- Grens Denderbekken
- Waterloop
 - bevaarbaar
 - categorie 1
 - categorie 2
- Sluis
- Weg
- Urban gebied
- Vergunde grondwaterwinning**
 - klasse 3 (< 500 m³/jaar)
 - klasse 2
 - klasse 1 (> 30.000 m³/jaar)



Kaart 3: RWZI/KWZI, lozingspunten en overstorten



1:125000



Legende

 Grens Denderbekken



Waterloop
 bevaarbaar
 categorie 1
 categorie 2

RWZI/KWZI
 toekomstig
 bestaand

 Sluis

Lozingspunt

 Weg

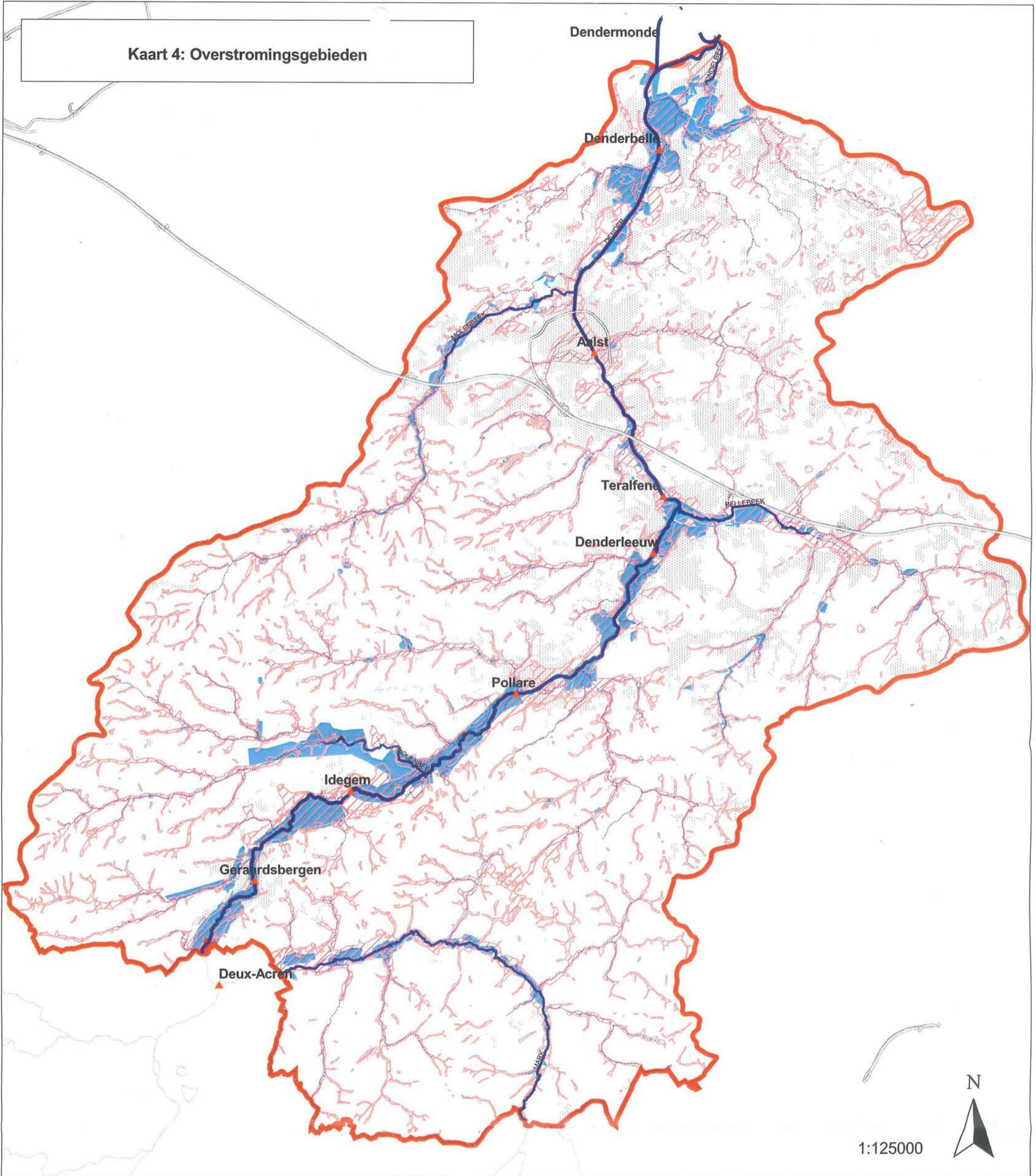
 > 500 IE
 < 500 IE

 Urban gebied

 Overstort



Kaart 4: Overstromingsgebieden




Legende

 Grens Denderbekken


Waterloop
 bevaarbaar
 categorie 1
 categorie 2

 Van Nature Overstroombare Gebieden (NOG)

 Recent Overstroomde Gebieden (ROG)

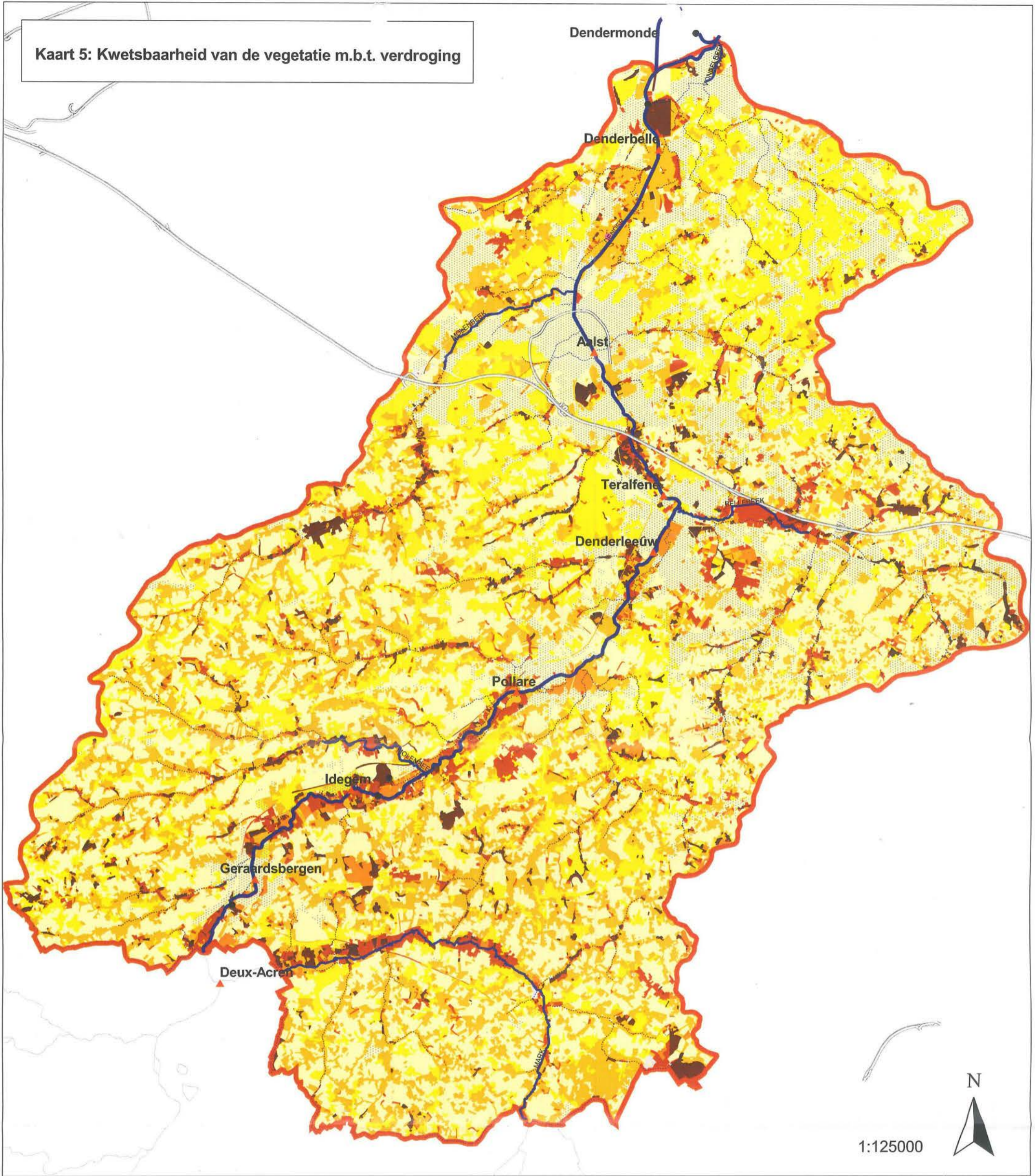
 Sluis

 Weg

 Urban gebied



Kaart 5: Kwetsbaarheid van de vegetatie m.b.t. verdroging



Legende

Grens Denderbekken

Waterloop
 bevaarbaar
 categorie 1
 categorie 2

Kwetsbaarheid van de vegetatie m.b.t. verdroging

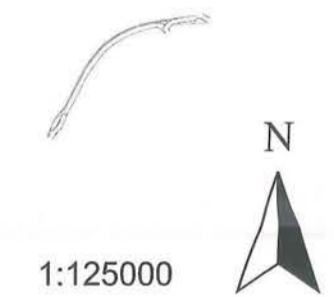
geen informatie
 niet kwetsbaar
 weinig kwetsbaar
 kwetsbaar
 zeer kwetsbaar

Sluis

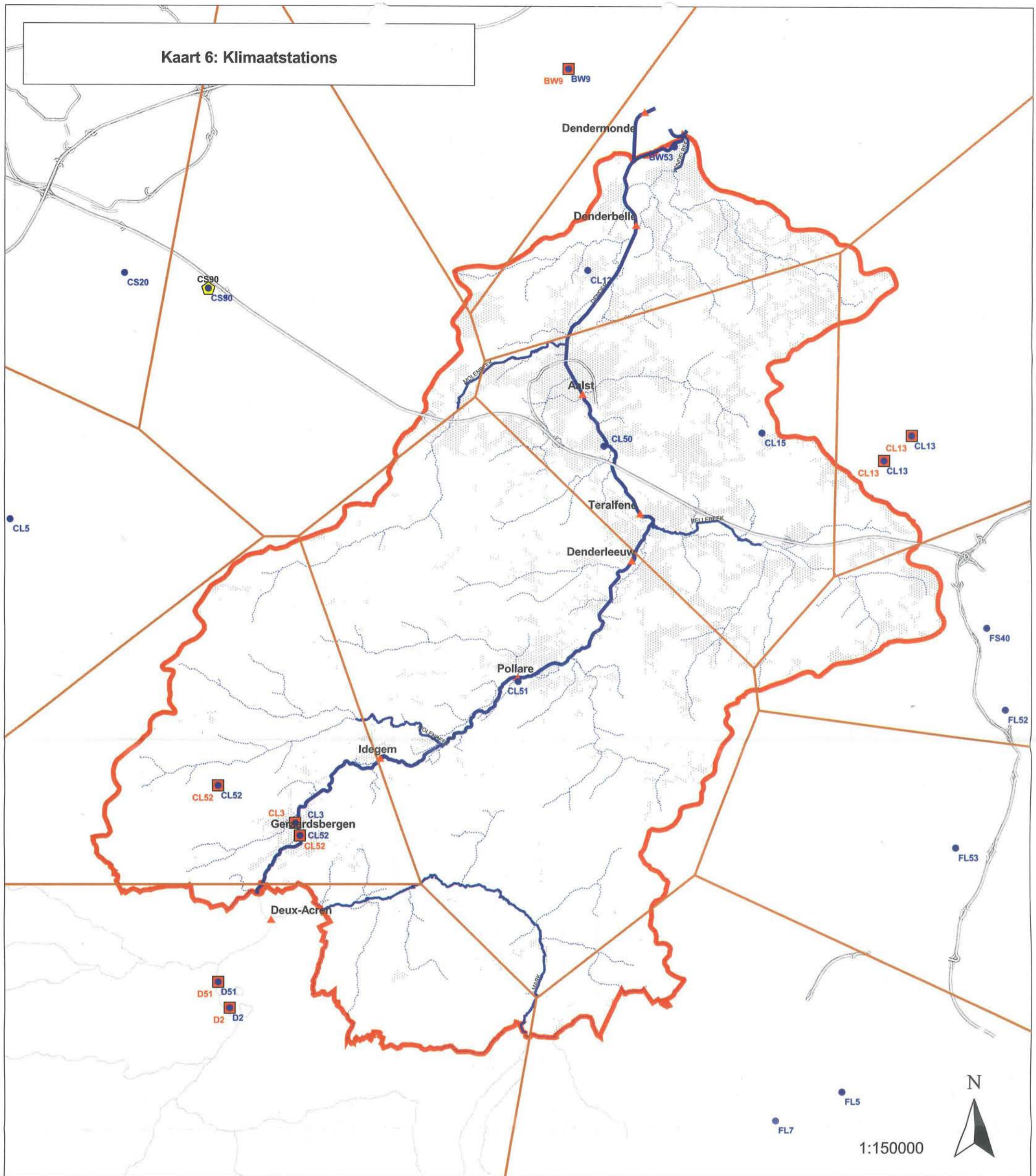
Pompgemaal
 bestaand
 gepland

Weg

Urban gebied



Kaart 6: Klimaatstations

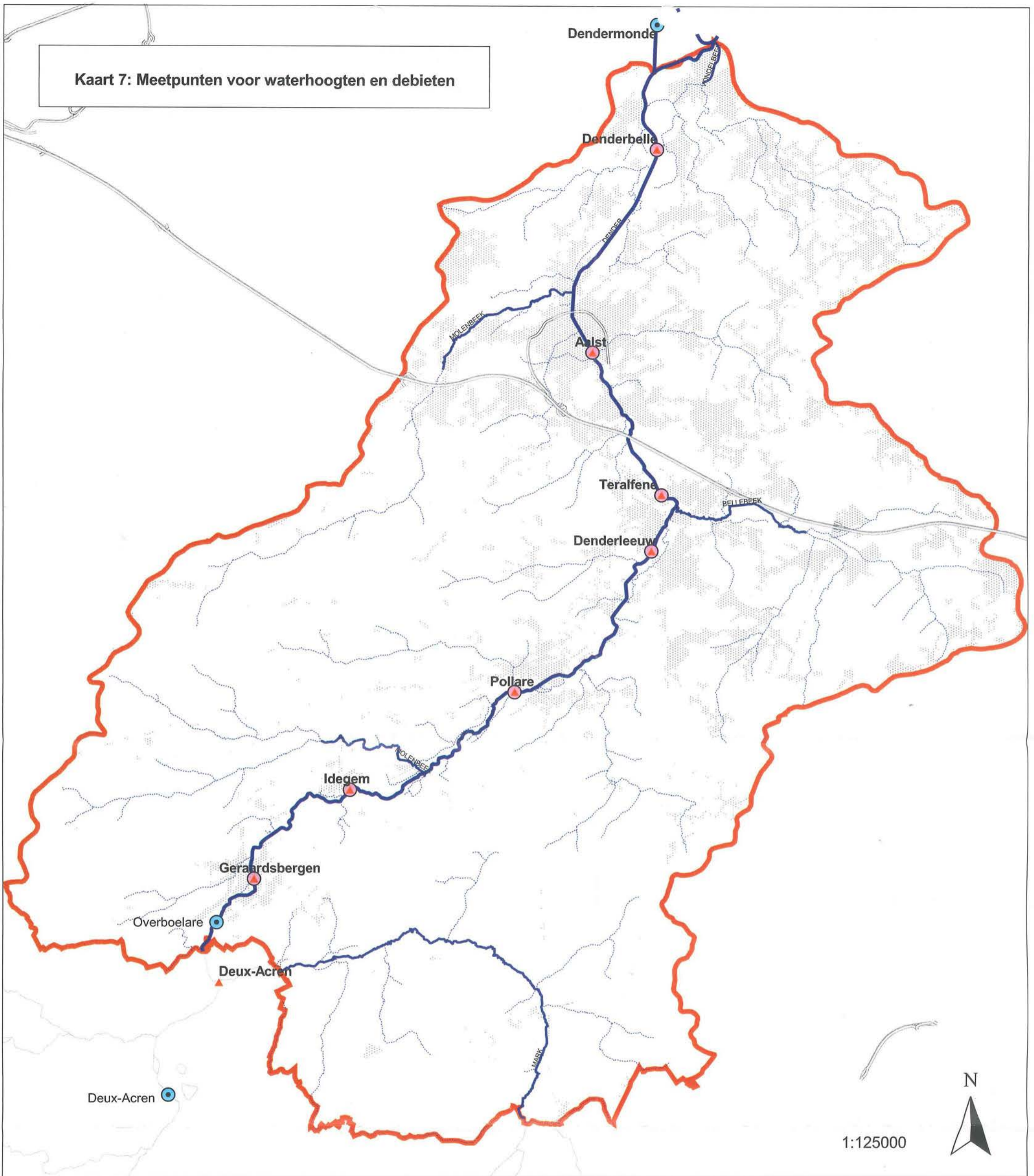


Legende

-  Grens Denderbekken
-  Thiessen polygoon
-  Sluis
-  Weg
-  Urban gebied
-  Waterloop
bevaarbaar
categorie 1
categorie 2
-  Neerslagstation KMI
-  Temperatuurstation KMI
-  Evapotranspiratiestation KMI



Kaart 7: Meetpunten voor waterhoogten en debieten



Legende


 Grens Denderbekken

Waterloop
 bevaarbaar
 categorie 1
 categorie 2

 Debietmeter
 Peilmeters (opwaarts en afwaarts stuwsluis)

 Sluis

 Weg

 Urban gebied

1:125000




soresma

Opdrachtgever



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek
Berchemlei 115 2140 Borgerhout



**Inventarisatie
voor de opmaak van laagwaterscenario's
in het bekken van de Dender**

**Deelopdracht 2:
Grondwatermodellering
Afbakening
kwel- en infiltratiegebieden**

Opdrachthouder



soresma

Britselei 23 bus 1 2000 Antwerpen
Tel: 03/221.55.00 fax: 03/221.55.01
e-mail : info@soresma.be



EINDRAPPORT

INVENTARISATIE VOOR DE OPMAAK VAN LAAGWATERSCENARIO'S IN HET BEKKEN VAN DE DENDER

Deelopdracht 2 - Grondwatermodellering en detectie van kwelgebieden in de valleien langs de Dender

Identificatienummer : 104736112/sab

Datum	Status/beschrijving revisie	Paraaf
Maart 2003	2	sab
		dve

Opdrachtgever



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek
Berchemlei 115
2140 Borgerhout

Opdrachthouder



INHOUD

INHOUD.....	1
1 DOELSTELLING	1
2 INLEIDENDE BEGRIPPEN.....	1
3 BESCHRIJVING VAN HET DENDERBEKKEN.....	1
3.1 SITUERING.....	1
3.2 TOPOGRAFIE	2
3.3 GEOLOGIE	2
3.4 ECOHYDROLOGIE.....	5
3.5 PEILGEGEVENS	7
3.6 INDICATIEVE KWELKAART OP BASIS VAN DE BODEMKAART	9
4 OPBOUW EN STABILISATIE VAN HET GRONDWATERMODEL	10
4.1 AFBAKENING VAN HET STUDIEGEBIED	10
4.2 HYDROGEOLOGISCHE SCHEMATISATIE	10
4.3 VOEDING VAN HET GRONDWATERMODEL.....	12
4.4 RANDVOORWAARDEN	13
4.5 STABILISATIE VAN HET MODEL	15
4.6 TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN VAN HET OPGEBOUWDE MODEL.....	18
5 RESULTATEN VOOR DE HUIDIGE SITUATIE.....	19
5.1 BEREKENING VAN DE GRONDWATERSTIJGHOOGTES VOOR DE HUIDIGE SITUATIE	19
5.2 AFBAKENING VAN KWEL- EN INFILTRATIEGEBIEDEN.....	19
5.3 AFBAKENING VAN KERNGEBIEDEN	20
5.4 EVALUATIE VAN DE GRONDWATERKWETSBAARHEID IN DE KERNGEBIEDEN.....	20
6 SCENARIO 1: DE INVLOED VAN GRONDWATERONTTREKKINGEN	22
7 CONCLUSIE	23
8 REFERENTIES.....	24
9 BIJLAGEN.....	25
BIJLAGE 1. SITUERING VAN HET DENDERBEKKEN	25
BIJLAGE 2. TOPOGRAFIE.....	25
BIJLAGE 3. GEOLOGIE.....	25
BIJLAGE 4. PEILGEGEVENS.....	25
BIJLAGE 5. INDICATIEVE KWELKAART	25
BIJLAGE 6. BOVENVLAK TERTIAIRE AFZETTINGEN	25

BIJLAGE 7.	ONDERGRENS FORMATIE VAN TIELT (= LAAG 4)	25
BIJLAGE 8.	NEERSLAGOVERSCHOT.....	25
BIJLAGE 9.	GRONDWATERWINNINGEN	25
BIJLAGE 10.	GEMODELLEERDE WATERLOPEN	25
BIJLAGE 11.	METHODE VOOR DE SCHEMATISATIE VAN DE GEOHYDROLOGISCHE OPBOUW.....	25
BIJLAGE 12.	ILLUSTRATIE VAN DE GEOHYDROLOGISCHE OPBOUW.....	25
BIJLAGE 13.	DOORLATENDHEDEN	25
BIJLAGE 14.	NIEUWE MODELGRENS	25
BIJLAGE 15.	STIJGHOOGTEN HUIDIGE SITUATIE	25
BIJLAGE 16.	LIGGING VAN KWEL- EN INFILTRATIEGEBIEDEN.....	25
BIJLAGE 17.	AFBAKENING VAN DE KERNGEBIEDEN	25
BIJLAGE 18.	SITUERING VAN DE KERNGEBIEDEN	25
BIJLAGE 19.	TOESTROMINGSTIJDEN.....	25
BIJLAGE 20.	GRONDWATERKWETSBAARHEIDSKAART.....	25
BIJLAGE 21.	SCENARIO 1: INVLOED VAN DE GRONDWATERWINNINGEN.....	25
BIJLAGE 22.	MODFLOW	25

1 Doelstelling

De doelstelling van deze deelopdracht is de detectie van kwelgebieden in de valleien langs de Dender voor de uitbouw van een grondwatermeetnet op basis van de resultaten van een stationair regionaal grondwatermodel.

2 Inleidende begrippen

Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Het interessegebied: het gebied dat onderzocht wordt op zijn grondwaterafhankelijkheid en kwelgevoeligheid. Dit interessegebied werd afgebakend door het opdrachtgevend bestuur en is aangeduid in Bijlage 1.
- Het studiegebied: de ruimere omgeving rond het interessegebied, waar de regionale grondwaterstroming wordt gereconstrueerd. De bepaling van de grenzen van dit gebied maakt deel uit van deze deelopdracht.
- Het (de) kerngebied(en): één of meerdere onderdelen van het interessegebied, waarop in een latere fase de aandacht kan worden geconcentreerd. De keuze van deze kerngebieden zal volgen uit de resultaten van de regionale grondwaterstromingsmodellering. Het is ook in deze kerngebieden dat grondwaterpeilmetingen uitgevoerd zullen worden.
-

3 Beschrijving van het Denderbekken

3.1 Situering

Het stroomgebied van de Dender is hoofdzakelijk gelegen in de provincie Oost-Vlaanderen. Het noordoostelijk deel van het bekken behoort tot de provincie Vlaams-Brabant. Het meest opwaartse gedeelte situeert zich in Wallonië en wordt niet besproken in deze studie. **Wanneer hierna verwezen wordt naar het stroomgebied of naar het Denderbekken wordt dus enkel het Vlaamse gedeelte bedoeld.** De oppervlakte van dit gebied bedraagt ca. 709 km². Het Denderbekken omvat het grondgebied van de gemeenten Bever, Galmaarden, Geraardsbergen, Lierde, Aalst, Affligem, Haaltert, Denderleeuw, Liedekerke, Ternat, Roosdaal en Ninove volledig en delen van Herne, Zottegem, Herzele, Erpe-Mere, Lede, Dendermonde, Lebbeke, Buggenhout, Merchtem, Opwijk, Asse, Dilbeek, Gooik, Lennik en Brakel. De Dender doorkruist dit gebied in noordoostelijke richting langs Geraardsbergen, Ninove, Aalst en mondt uit in de Schelde te Dendermonde. Het zuidelijk deel van het stroomgebied behoort tot de Vlaamse Ardennen. De bovenlopen van de Dender hebben hier smalle, sterk ingesneden beekdalen gevormd. Naarmate de Dender haar monding nadert, zijn deze kenmerken minder uitgesproken. Ter hoogte van haar monding bereikt de Dender de Vlaamse vallei. De situering van het Denderbekken wordt geïllustreerd in Bijlage 1.

3.2 Topografie

Op basis van de beschikbare gegevens kon het topografisch reliëf goed benaderd worden. Enerzijds is gebruik gemaakt van het puntenbestand van het NGI. Dit is gebaseerd op de hoogtelijnen van de topografische kaarten. Anderzijds werd door de opdrachtgever een DTM ter beschikking gesteld met resolutie 10 op 10 m voor een smalle strook langs de Dendervallei. Dit gebied wordt het interessegebied genoemd in deze studie en is weergegeven op de kaart in Bijlage 1.

Het stroomgebied wordt gekenmerkt door een uitgesproken topografie met aanzienlijke hoogteverschillen: van meer dan 100 mTAW (op de heuvels die de vallei van de Mark en de Molenbeek scheiden en nabij de stroomgebiedsgrens te Brakel) tot ca. 5 mTAW ter hoogte van de monding te Dendermonde. Op de hoger gelegen delen snijden de beken zich relatief diep in terwijl de benedenlopen eerder gekenmerkt worden door vlakke valleien. Dit wordt geïllustreerd in Bijlage 2 aan de hand van enkele profielen. De voornaamste waterlopen in het Denderbekken zijn weergegeven in Bijlage 1.

3.3 Geologie

In Bijlage 3 wordt de geologie van het modelgebied weergegeven. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de nieuwe geologische Tertiairkaarten van Geraardsbergen (kaartblad 30), Mechelen (kaartblad 23) en Gent. (kaartblad 22). Een gedeelte van het stroomgebied behoort tot kaartblad 31. Dit kaartblad is nog niet analoog beschikbaar. Op deze geologische kaarten vindt men de tertiaire geologische lagen terug, die dagzomen onder de quartaire deklaag. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de geologische lagen die in het modelgebied voorkomen. Voor elke geologische formatie wordt aangegeven: de ouderdom, de groep waartoe de formatie eventueel behoort, de leden waaruit de formatie is opgebouwd, de HCOV-code, de lithologische samenstelling en de doorlatendheid.

Tabel 1 De geologische lagen in het Denderbekken

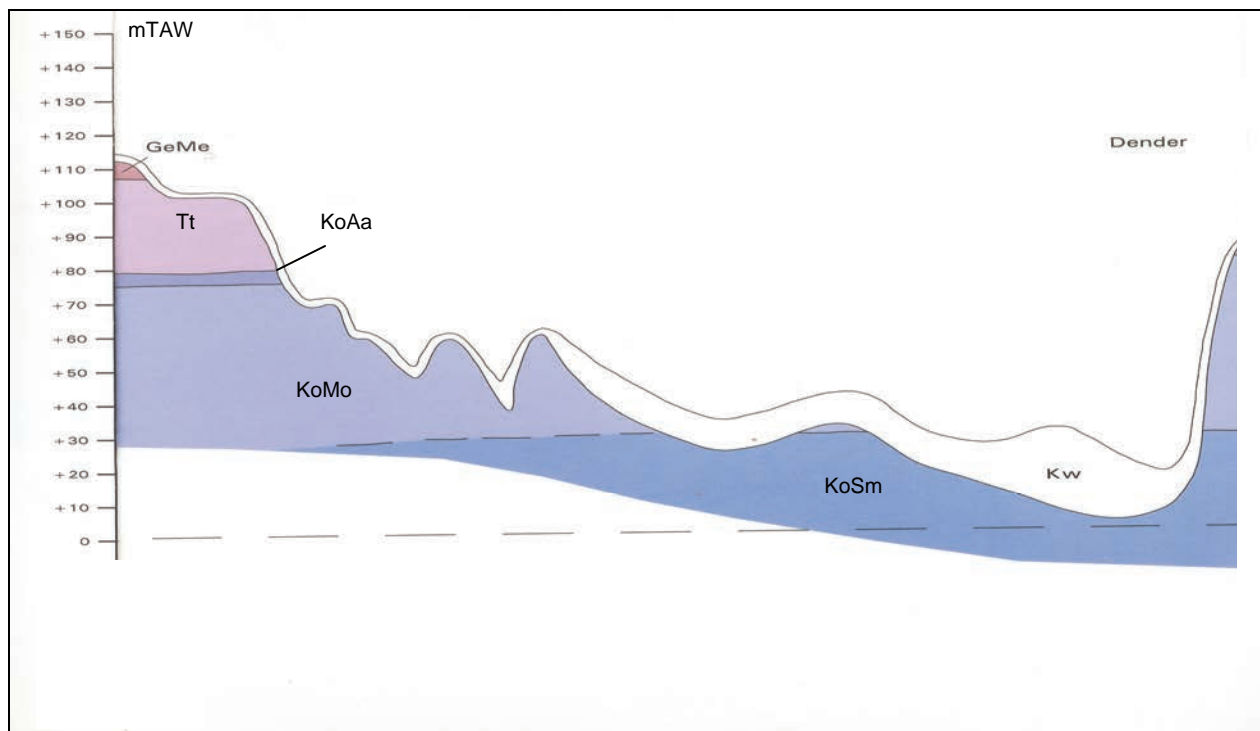
Tijd	Groep	Formatie	Lid	Legende	HCOV	Lithologie	Doorlatendheid
Eocene		Maldegem	Zomergem	MaZo	503	Klei	Zeer slecht
			Onderdale	MaOn	504	Zand	Slecht
			Ursel	MaUr	505	Klei	Zeer slecht
			Asse	Ma-As	505	Klei	Zeer slecht
			Wemmel	MaWe	611	Zand	Goed
	ZENNE	Lede		Ld	612	Zand	Goed
	IEPER	Gent	Vlierzele	GeVl	640	Zand	Goed
			Merelbeke	GeMe	702	Klei	Zeer slecht
		Tielt	Egem	TtEg	800	Zand	Goed
			Kortemark	TtKo	910	Silt	Weinig
		Kortrijk	Aalbeke	KoAa	921	Klei	Zeer slecht
			Moen	KoMo	922	Silt	Zeer slecht
			St.-Maur	KoSm	924	Stijve klei	Zeer slecht

De geologie wordt gedomineerd door de Dendervallei. In zijn loop door het studiegebied snijdt de Dender van zuid naar noord (van oud naar jong) de volgende Tertiaire formaties aan (onder het wisselende Quartaire dek): Formatie van Kortrijk, Formatie van Tielt, Formatie van Gent, Formatie van Lede, Formatie van Maldegem. De formaties hellen allemaal lichtjes naar het noordoosten. De hydrogeologische basis wordt gevormd door een ondoorlatende kleilaag van de Formatie van Kortrijk.

Tijdens het Pleistoceen (1,6 miljoen jaar tot 100.000 jaar geleden), waarin verschillende ijstijden en tussenijstijden mekaar hebben opgevolgd, heeft de Dender in meerdere stadia de vallei uitgeschuurd en weer opgevuld. Door de afwisseling van riviererosie en sedimentatie, gebonden aan de klimaatsschommelingen, heeft de Dender zich aanzienlijk kunnen insnijden en zijn terrassen gevormd. Door deze erosie is het Tertiaire substraat in grote mate aangetast.

In het zuiden van het studiegebied zijn bijna alle jonge Tertiaire formaties weggeërodeerd en kunnen deze enkel nog op heuveltoppen teruggevonden worden.

De heuvels in het stroomgebied worden aan de basis ingeleid door een smalle dagzoom van het lid van Aalbeke (Formatie van Kortrijk) en in belangrijkere mate door de dickere formatie van Tielt. De eigenlijke aanzet tot het reliëfrijke gedeelte van het landschap wordt dan gegeven door het lid van Merelbeke (Formatie van Gent); Hogerop zijn de hoogste heuvels opgebouwd uit het lid van Vlierzele (Formatie van Gent) en de formatie van Lede, en op de hoogste toppen uit de formatie van Maldegem. Deze structuur komt eveneens tot uiting in het profiel in Figuur 1.



Figuur 1 West-oost profiel van de geologische opbouw in het Denderbekken (nabij profiel 3 aangeduid in Bijlage 2)
Bron: Tertiair Geologische kaart van België (kaartblad 31; Geraardsbergen)

De Pleistocene rivierafzettingen bestaan hoofdzakelijk uit fijne tot zeer fijne zanden. Aan de basis is het Pleistocene rivierdal opgevuld met het meest grove materiaal, grind. Dit basisgrind wordt voornamelijk in het zuidelijke gedeelte van het studiegebied teruggevonden. Hierboven zijn de meer zandige materialen afgezet. Tijdens de laatste ijstijd zijn grote hoeveelheden leem en zeer fijn zand door de wind in het rivierdal afgezet. Het leemgehalte neemt toe in zuidelijk richting. Door de overheersend noordoostenwinden is voornamelijk de oostflank (lijzijde) van de Pleistocene vallei bedekt met een dik leempakket. Dit heeft een asymmetrische vallei tot gevolg, met een vrij steile valleiwand op de rechteroever en een zacht hellende op de linkeroever. Tijdens het Holoceen is het rivierdal verder opgevuld met de door de Dender aangebrachte sedimenten (alluviale sedimenten). Deze sedimenten bestaan uit klei, leem, zandige klei, tot zeer fijn zand. De alluviale sedimenten hebben bijgevolg een zeer heterogene samenstelling. Deze samenstelling is in grote mate bepaald door de stromingskracht van de Dender op het ogenblik van sedimentatie. Hoe trager het water stroomt hoe meer fijn materiaal sedimenteert. Wanneer de stroming eerder krachtig is, kan enkel het grovere materiaal bezinken. Hierdoor ontstaat het typische oeverwal-komgrondsysteem (Envico, 2001 en Toelichtingen bij de Tertiair Geologische Kaarten).

Hieronder wordt een beknopte beschrijving weergegeven van de belangrijkste eenheden binnen het stroomgebied, van jong naar oud, met aandacht voor de watervoerende eigenschappen (Bron: Toelichtingen bij de Tertiair Geologische Kaarten).

Quartair

De Tertiaire formaties en leden worden over het hele stroomgebied bedekt door een sterk in dikte wisselend Quartair dekpakket. De dikte van dit Quartaire dek verschilt sterk van plaats tot plaats. In het zuiden van het studiegebied is het Quartaire dek gemiddeld 15 à 20 meter dik. Op sommige plaatsen kan de dikte tot 30 meter bedragen. Meer naar het noorden neemt de dikte van het Quartair af en bedraagt nog ongeveer 5 à 10 meter. Over de doorlatendheid van deze quartaire afzettingen is weinig geweten. In de Dendervallei zijn de quartaire afzettingen zeer moeilijk te onderscheiden van het Tertiair dat bestaat uit het heterogene lid van Moen.

Formatie van Maldegem

Deze Formatie is opgebouwd uit de leden van Zomergem (grijsblauwe klei tot zware klei), Onderdale (donkergrijs lemig middelmatig fijn zand), Ursel (homogene grijsblauwe klei tot zware klei), Asse (glauconiethoudende klei met plaatselijk, vooral aan de basis, grof glauconietzand) en Wemmel (grijs glauconiethoudend fijn zand). Deze Formatie komt in het Denderbekken enkel voor op de hoger gelegen heuvels. Bij gebrek aan gegevens en boorbeschrijvingen wordt de Formatie van Maldegem meestal als één geheel beschouwd. Het is een slecht doorlatende, nauwelijks watervoerende laag met een gemiddelde dikte van 5 à 8 m.

Zenne Groep - Formatie van Lede

De Formatie van Lede bestaat uit kalk- en glauconiethoudend fijn zand. Kenmerkend zijn de drie, duidelijk fossielhoudende kalkzandsteenniveaus die van elkaar gescheiden zijn door zandige pakketjes. Deze laag is goed doorlatend doch weinig watervoerend, heeft een gemiddelde dikte van 5 m en komt enkel voor op de hoger gelegen delen in het Denderbekken en ter hoogte van de monding van de Dender.

Formatie van Gent

De Formatie van Gent is opgebouwd uit de leden van Vlierzele en Merelbeke. Het lid van Vlierzele bestaat voornamelijk uit fijn zand, duidelijk horizontaal of kruisgewijs gelaagd. Naar onder toe gaat het over in een meestal homogeen, kleilig zeer fijn zand, met kleine kleilensjes. Het is een goed doorlatende en watervoerende laag met een gemiddelde dikte van 5 m. De basis van de Formatie van Gent wordt gevormd door het lid van Merelbeke. Deze laag bestaat uit plastische klei, waarin interacties van dunne zandlensjes voorkomen, is niet watervoerend noch doorlatend en heeft een gemiddelde dikte van 5 m.

Formatie van Tielt

De Formatie van Tielt is samengesteld uit de leden van Egem en Kortemark maar wordt veelal als één geheel beschouwd. Deze Formatie bestaat uit een zeer fijn zand, maar gaat naar onder toe over in een heel fijnzandige, grove silt. Deze matig doorlatende en weinig watervoerende laag is gemiddeld 22 m dik.

Formatie van Kortrijk

Deze Formatie kan opgedeeld worden in de leden van Aalbeke, Moen, Saint-Maur. Het gehele pakket heeft een gemiddelde dikte van 90 m en rust voornamelijk op de Groep van Landen. Het Lid van Aalbeke is een homogene, fijnsiltige blauwe klei en is dus een niet doorlatende en niet watervoerende laag met een gemiddelde dikte van 8 m. Het Lid van Moen is een heterogene, siltige tot zandige afzetting met kleilagen. Het is een matig doorlatende en matig watervoerende laag met een gemiddelde dikte van 44 m. Het Lid van Saint-Maur bestaat uit een zeer fijne, siltige kei, is niet doorlatend en niet watervoerend.

3.4 Ecohydrologie

Er zijn drie recente studies beschikbaar die de natuurwaarden in de Dendervallei belichten. In het kader van een omgevingsanalyse van het Denderbekken werd een “Verkennde ecologische gebiedsvisie voor de Dendervallei” uitgewerkt door het Instituut voor Natuurbehoud in opdracht van en in samenwerking met de Administratie Waterwegen en Zeewezen (Vermeersch et. al, 2002). Het studiegebied bestaat uit verschillende deelgebiedjes die in de onmiddellijke omgeving van de Dender zelf liggen. In opdracht van AMINAL Afdeling Natuur (buitendienst Oost-Vlaanderen) werd door Envico de “Optimalisatie van de natuurwaarden langs de Dender door een aangepaste inrichting en beheer” besproken (Envico, 2001). Het aandachtsgebied voor deze studie is het volledige Denderbekken op Vlaams grondgebied. Een visie is enkel opgesteld voor valleigronden. De derde studie behelst het “Ontwerp van een ecosysteemvisie voor de vallei- en brongebieden van de bovenlopen van het Denderbekken” door UIA en VUB uitgevoerd in opdracht van AMINAL Afdeling Natuur (hoofdbestuur). Het besproken studiegebied situeert zich in de omgeving van de Molenbeek-Terkleppebeek en de Molenbeek-Ophasselbeek (UIA en VUB, 2002). Voor een nauwkeurigere beschrijving van het studiegebied voor iedere studie wordt verwezen naar de betreffende rapporten zelf. De tekst hieronder is beperkt tot enkele citaten uit deze studies die betrekking hebben op de waterhuishouding van het gebied.

“De Dendervallei wordt gekenmerkt door gronden die beïnvloed worden door een permanente grondwatertafel die gedurende een groot deel van het jaar op geringe diepte onder het maaiveld aanwezig is en soms aan de oppervlakte komt. Het grondwater is aan seizoenschommelingen onderhevig: het stijgt tijdens de winter om in het voorjaar zijn hoogste stand te bereiken, daarna daalt het om in de herfst zijn laagste stand te bekomen. Het grondwater wordt echter op een kunstmatige manier beïnvloed omdat tijdens de zomer, het waterpeil van de Dender op een hoog niveau gehouden wordt voor de scheepvaart en recreatievaart. Daarentegen wordt een deel van de broeken waaronder de Nuchten op een kunstmatige wijze ontwaterd door pompstations. In het studiegebied zijn vier pompgemalen aanwezig: aan de Sint-Onolfspolder; in het Denderbellebroek, in de Nuchten en in Geraardsbergen” (Vermeersch et al., 2002).

“De invloed van het pompgemaal op de waterstand in de sloten in het bos van de Nuchten is duidelijk merkbaar: zelfs in het voorjaar ligt het drainageniveau 1 à 2 meter onder het maaiveld” (Envico, 2001).

“Het brondebiet van de Dender (1 tot 2 m³/s) is klein in tegenstelling tot bvb. de Dijle (3 tot 5 m³/s). Anderzijds kent de Dender een grote piekafvoer bij hoge neerslag. In het Denderbekken is de ondergrond van de plateaus (vooral in het deel dat tot de Vlaamse Ardennen behoort) eerder kleiig. Door de (relatief) ondoorlatende lagen, het geringe areaal bos en de grotere verharde oppervlakte stroomt een belangrijk deel van de neerslag rechtstreeks af. Hierdoor is de snelle afvoercomponent in het systeem van de Dender van groter belang” (Envico, 2001).

“De waterhuishouding in het Denderbekken wordt in hoofdzaak bepaald door drie aspecten: infiltreren, uittreden, stilstaan. De infiltratie van regenwater in het Denderbekken vindt plaats op de plateaus. Het geïnfiltreerde water baant zich een weg doorheen de doorlatende, watervoerende lagen. Als het grondwater op een ondoorlatende laag stoot, zoekt het een weg naar de oppervlakte. Door de bijzondere samenstelling van dit uittredend grondwater komen op deze plaatsen specifieke planten voor. Bij puntsgewijze uittreding spreekt men van bronnen. In het Denderbekken zijn deze vooral te vinden op de heuvelflanken in het zuidelijk deel door het dagzomen van ondoorlatende lagen. Meerdere bronnen samen geven het ontstaan aan bronbeken. Op de overgang van het plateau naar de vallei komen vaak kwelzones voor. In de dikke leemlagen treedt het water niet langer puntsgewijs uit maar vormt een diffuse uitsijpelingszone. Deze zeer natte zones met permanente aanvoer van water worden vaak gedraineerd door aangelegde vijvers of grachten. Ook de natte komgronden worden meestal

door een intensief drainagenetwerk ontwaterd. Het stilstaande water beperkt zich hoofdzakelijk tot kunstmatig aangelegde vijvers. In de vallei zijn op eerder beperkte schaal oude meanders van de Dender aanwezig. Veelal gaat het om kleine wateroppervlaktes” (Envico, 2001)

“De lage komgronden worden gekenmerkt door hoge waterstanden en een kleiige bodemsamenstelling. Door de continue aanvoer van grondwater en de gebrekkige drainage worden ook tijdens de droogste perioden hoge grondwaterstanden genoteerd. De drogere gronden bevinden zich vlak bij de rivier. Deze gronden met grovere textuur (leem tot zandleem) bevinden zich op de iets hoger gelegen oeverwal. Het grondwater situeert zich er doorgaans dieper onder van het maaiveld. Tevens vertoont het een grotere variatie tussen de winter- en zomerperiode” (Envico, 2001).

Envico (2001) maakt onderscheid tussen de middenloop van de Dender (dit is het traject tussen Aalst en Geraardsbergen) en de benedenloop (dit is het traject tussen Dendermonde en Aalst).

Middenloop

“Stroomopwaarts van Aalst is het plateau vrij heuvelachtig en bestaat uit leembodems. De vallei wordt hierdoor op vele plaatsen geflankeerd door duidelijke topografische overgangen naar de plateaus. De gebieden met hoge natuurwaarden komen voornamelijk voor in deze overgangzones. Deze worden getypeerd door de aanwezigheid van bron- en kwelzones, die vaak onder bos liggen. De kwelzones liggen voornamelijk op de linkeroever, wat te wijten is aan de asymmetrische valleiwand die ontstond bij de eolische afzetting van de lemige deklaag. Op de steilere rechteroever komt het kwelsysteem minder tot uiting. De kwelzones op de linkeroever worden bijna allemaal doorsneden door de spoorlijn Geraardsbergen-Aalst. Deze kwelzones zijn erg kwetsbaar gezien de dunne watervoerende lagen. Door het vermoedelijke lokale karakter van de kwel is ook aandacht nodig voor de kwaliteit van de intrekgebieden. Ook in de natuurlijke overstromingsgebieden (komgronden) komen hoge natuurwaarden voor. Typisch voor de vallei is een vegetatieopbouw die enerzijds de vochtgradiënt weerspiegelt, maar die ook gestuurd wordt door het beheer. In vele gevallen zijn de komgronden in functie van landbouw, maar vooral van de populierenteelt, gedraineerd. Gezien de hoge natuurwaarden die ondanks deze menselijke ingrepen hebben standgehouden, is het mogelijk de typische stroomdalgraslanden en broekbossen te herstellen. Door de open structuur van de valleizone tussen Geraardsbergen en Ninove liggen daar de belangrijkste mogelijkheden voor herstel van het natuurlijke riviersysteem”.

Benedenloop

“Stroomafwaarts van Aalst is het landschap vrij vlak. Dit resulteert op ecologisch vlak in een verminderd voorkomen van bron- en kwelzones. Het leemgehalte, maar ook de dikte van de leemafzettingen is afgenomen ten opzichte van het stroomopwaartse deel. Doordat er minder kwel voorkomt en het leemgehalte lager is, gaat de flora over in varianten die minder kalkminnend zijn. Door de verminderde grondwatervoeding neemt het aandeel en het belang van het oppervlaktewater toe.

In de vallei worden de laagst gelegen gronden al snel door de mens ingericht als polders. Op deze wijze wordt het oppervlaktewaterregime sterk gestuurd in functie van de bestemming van de gronden. In principe zou zich van nature een evenwicht tussen regen-, oppervlakte- en grondwater instellen. Door het intensieve landbouwgebruik (drainage en bemesting) wordt dit evenwicht echter verstoord. Rondom de stedelijke kernen van Aalst en Dendermonde zijn er eveneens grote industriegebieden ontstaan waardoor delen van het valleisysteem voor goed vernietigd zijn. Verbindingen tussen vallei en plateau zijn moeilijk te maken door de sterke verstedelijking, maar ook door het ontbreken van belangrijke natuurgebieden op het plateau.”

De studie besluit als volgt: “Door de typische waterkwaliteit hebben kwelzones een bijzonder hoge ecologisch waarde. Voor het behoud van deze zones moet zowel binnen als buiten het valleigebied aandacht besteed worden. De waterkwaliteit wordt mee bepaald door de

activiteiten op het plateau, dat het intrekgebied van de kwelzones vormt. In de vallei kan kwel verdwijnen als er in de uittredingszones te veel invloed is van stagnerend of overstromend water. In de meeste komgronden zijn mogelijkheden om zowel de typische natuurwaarden verbonden aan kwel als de dynamiek ten gevolge van overstromingen te optimaliseren. Alvorens maatregelen in de waterhuishouding van een gebied genomen worden moet grondig nagegaan worden hoe beide mogelijkheden in de praktijk gecombineerd kunnen worden of één van beide uitgewerkt kan worden” (Envico, 2001).

3.5 Peilgegevens

De peilgegevens in het stroomgebied werden geïnventariseerd. In Bijlage 4 zijn de aanwezige peilbuizen aangeduid. De grens van het studiegebied is eveneens weergegeven op deze kaart. De motivatie achter de afbakening van deze grens wordt gegeven in paragraaf 4.1 en 4.5. De voornaamste bron van grondwaterstandmetingen is de databank ondergrond Vlaanderen. Deze kan geraadpleegd worden via internet. Uit de bevraging van deze databank bleken echter zeer weinig peilbuizen in het Denderbekken bruikbaar voor deze studie. De locaties van de peilbuizen zijn weergegeven in Bijlage 4 met de legende “Databank Ondergrond Vlaanderen”. Tabel 2 geeft een overzicht van de peilbuizen die gelegen zijn in het Denderbekken. Uit de laatste kolom blijkt dat de meeste peilputten niet bruikbaar zijn omdat de filter lager zit dan de hydrogeologische basis van het model, omdat ze niet binnen het studiegebied gelegen zijn of omdat er geen peilgegevens beschikbaar zijn. Er is slechts één peilput bruikbaar voor de toetsing van de berekende grondwaterstanden.

Het grondwatermeetnet

De bedoeling van het grondwatermeetnet is de systematische opvolging van het grondwater op kwalitatief en kwantitatief vlak. Op 23 januari 1984 gaf de toenmalige Gemeenschapsminister voor Waterbeleid, Leefmilieu en Onderwijs, Jan Lenssens, zijn akkoord voor de oprichting van een grondwatermeetnet dat principieel zou bestaan uit drie niveau's. Vanuit Provinciale Grondwatercommissies werden ad hoc werkgroepen opgestart om in eerste instantie het primaire meetnet te verwezenlijken. Dit werd opgesteld in samenwerking met de verschillende universiteiten, met de drinkwatermaatschappijen, met de Belgische Geologische Dienst en met de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu (A.R.O.L.) van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. In sommige provincies werd daarenboven het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (I.H.E.) bij de werkzaamheden betrokken.

Het primaire meetnet dient te bestaan uit een beperkte reeks putten, volledig gelegen buiten de antropogene invloedssfeer en zodanig geselecteerd dat ze gegevens kunnen verstrekken, die representatief zijn voor een bepaalde –qua ontginning belangrijke – watervoerende laag. De exploitatie van dit primaire meetnet moet dan toelaten een basistoestand van het grondwater in de verschillende aquifers vast te stellen en de natuurlijke evolutie ervan te volgen in de tijd.

Het secundair meetnet wordt uitgebouwd om een gedetailleerd beeld te verkrijgen van de grondwatersituatie en de evolutie daarvan in gebieden waar menselijke ingrepen het grondwaterpeil of de grondwaterkwaliteit beïnvloeden. In eerste instantie zal het te zoeken zijn rond grote winningen en in en rond probleemgebieden.

Het tertiaire meetnet moet sterk gedetailleerde gegevens kunnen verstrekken om die plaatsen waar door kortstondige, specifieke en erg lokale menselijke ingrepen veranderingen in de grondwatersituatie veroorzaakt werden, worden of kunnen worden. Het zal zich bvb. Situeren rond stortplaatsen en verontreinigende industrieën.

De doelstellingen van de meetnetten verschillen dus al naargelang het niveau van het net.

Anderzijds zijn een aantal peilbuisgegevens opgevraagd in verschillende natuurgebieden in het studiegebied. Het gaat hier telkens om meer lokaal gerichte projecten in de nabije omgeving van de waterlopen. Tabel 3 geeft een overzicht van de betreffende natuurgebieden en van de gegevens die ter beschikking gesteld konden worden.

Tabel 2 Peilbuizen in het Denderbekken uit de Databank Ondergrond Vlaanderen

Putcode	Aquifer	Xcoor	Ycoor	Maaiveld (m TAW)	Diepte (m)	Bruikbaar voor een toetsing van de berekende grondwaterstand ?
2-0025	1300	136060	174395	19.93	81.48	neen, dieper dan hydrologische basis van het model en buiten studiegebied
4-0003	1300	126340	182500	10	217.65	neen, dieper dan hydrologische basis van het model
4-0004	1300	129290	182385	10	262	neen, dieper dan hydrologische basis van het model
4-0035	0800	130830	190520	4.5	47	ja
4-0046	0800	134221	182853	45.49	50	neen, buiten studiegebied gelegen
4-0047	0612	134223	182851	45.47	24	neen, buiten studiegebied gelegen
4-0062	1013	112156	166527	35.09	63	neen, dieper dan hydrologische basis van het model
4-0066	1300	112829	161914	35.53	60.02	neen, dieper dan hydrologische basis van het model
4-0067	1013	130325	185708	10.79	145	neen, dieper dan hydrologische basis van het model
4-0068	1340	131606	190824	4.84	227.45	neen, dieper dan hydrologische basis van het model
4-0082	1013	126425	173520	24.01	89	neen, dieper dan hydrologische basis van het model
4-0083	1300	126425	173524	24.01	126.3	neen, dieper dan hydrologische basis van het model
4-0097	0100	130000	174690	9.5		neen, geen peilgegevens beschikbaar
4-0108	1300	115793	175005	0		neen, dieper dan hydrologische basis van het model en buiten studiegebied
4-0118	1300	125310	165800	0		neen, dieper dan hydrologische basis van het model

In het kader van de “Ecosysteemvisie van de bron- en valleigebieden van de bovenlopen van het Denderbekken” werd een grondwatermodellering uitgevoerd (resolutie 20 op 20m). Ook hier stelde zich het probleem van een gebrek aan peilgegevens. Er werd besloten om een aantal peilbuizen te plaatsen. De lokaties worden weergegeven in Bijlage 4 met de legende “VUB “ (UIA en VUB, 2002).

Tabel 3 Peilbuizen in natuurgebieden in het Denderbekken

Gebied	Gemeente(n)	Aantal	Beherende instantie	Meetperiode	Ontbrekende gegevens
Moenebroeken	Geraardsbergen	9	Natuurreservaten	1995 en 2000 en 2001	Lambertcoördinaten; diepte filter
Wellemeersen	Denderleeuw	45	Natuurreservaten - Beheerswerkgroep Wellemeersen	1991-2001	diepte filter
Honegem	Aalst, Lede, Erpemeere	10-tal	Wielewaal	1998-2001	geen
Osbroek	Erembodegem	25-tal	VLM	2001-2002	Lambertcoördinaten; diepte filter

De beschikbare gegevens zijn interessant om een beeld te vormen van de lokale grondwaterstanden maar dekken het Denderbekken onvoldoende voor de calibratie van een regionaal grondwatermodel. Het is namelijk onmogelijk om met de huidige beschikbare peilgegevens een realistisch isohypsenpatroon op te bouwen.

Alle peilbuizen zijn nabij de waterlopen gelegen en komen niet in aanmerking om de randvoorwaarden ter hoogte van de modelgrenzen in te schatten.

3.6 Indicatieve kwelkaart op basis van de bodemkaart

Bijlage 5 geeft het resultaat van een zeer vereenvoudigde wijze om kwelgebieden te bepalen. Hiertoe werden uit de digitale bodemkaart voor het Denderbekken de drainageklassen e, f, g en h geëxtraheerd en de bodems zonder profielontwikkeling. Deze methode baseert zich dus op morfologische kenmerken (gley- of roestverschijnselen) van de bodemprofielen en niet op de ruimtelijk hydrologische stromingssituatie. De term 'kwel' houdt in deze context eerder verband met de vochttoestand dan met het typische proces van opwaartse grondwaterstroming en leidt veelvuldig tot een foutieve afbakening van kwelgebieden. Een bepaling van de kwelgebieden door middel van modellering is daarom een beter alternatief.

De kaart in bijlage is dan ook louter indicatief bedoeld. Zij mag zeker niet als alternatief beschouwd worden voor de afbakening van kerngebieden en kan dan ook hoogstens voor een ruwe vergelijking gebruikt worden.

4 Opbouw en stabilisatie van het grondwatermodel

Het grondwatermodel voor het Denderbekken is opgebouwd met behulp van het programma MODFLOW (Userinterface Groundwater Vistas). In Bijlage 22 wordt enige theoretische achtergrond gegeven over de werking van de verschillende modules waaruit MODFLOW is opgebouwd.

4.1 Afbakening van het studiegebied

In Bijlage 3 werd het studiegebied voor de grondwatermodellering reeds weergegeven. Het studiegebied is gedefinieerd als de ruimere omgeving rond het interessegebied, waar de regionale grondwaterstroming wordt gereconstrueerd. Aanvankelijk werd voorzien de grenzen van het studiegebied overeenkomstig de waterscheidingen uit de Vlaamse Hydrografische Atlas vast te leggen. Uit de beschrijving van de geologie van het Denderbekken is gebleken dat er in het gebied verschillende heuvels gelegen zijn. De aanzet voor dit reliëf wordt gevormd door het slecht doorlatende lid van Merelbeke. Er mag verwacht worden dat talrijke interacties tussen grond- en oppervlaktewater plaatsvinden ter hoogte van deze heuvels aanleiding kunnen geven tot stabiliteitsproblemen tijdens de modellering. Uit Bijlage 3 blijkt duidelijk dat de meeste van deze heuvels niet tot het interessegebied behoren. In samenspraak met de opdrachtgever is beslist om de heuvels zoveel mogelijk te weren uit het model. Dit betekent dat de cellen op deze plaatsen geïnactiveerd worden. Om stabiliteitsredenen is het modelgebied in een latere fase van de studie nog verder verkleind (zie 4.5).

Het gehele model is 28,2 bij 40,1 km of 1.130,8 km² groot. De celgrootte is 100 bij 100 m en wordt constant gehouden voor het hele model. Het grid is opgebouwd uit 424 rijen en 310 kolommen met 4 modellagen. Het totaal aantal cellen bedraagt hierdoor 525.760. Een groot aantal cellen buiten het studiegebied is inactief. Het effectief gemodelleerde gebied (na stabilisatie) is daardoor heel wat kleiner (314 km²) en het aantal actieve cellen bedraagt 122.056.

4.2 Hydrogeologische schematisatie

In deze paragraaf wordt de werkwijze toegelicht waarmee het voorkomen van de verschillende geologische lagen geschematiseerd is tot een bruikbare input van het grondwatermodel. Deze werkwijze wordt geschematiseerd in Bijlage 11 en geïllustreerd aan de hand van enkele profielen in Bijlage 12. Deze profielen zijn gemaakt op basis van geëxporteerde gegevens uit MODFLOW.

De geologische opbouw is vereenvoudigd tot een afwisseling van goed doorlatende en slecht doorlatende lagen. Daartoe zijn meerdere opeenvolgende leden met gelijkaardige doorlatende en watervoerende eigenschappen gegroepeerd in één laag. Deze vereenvoudiging wordt in Tabel 4 voorgesteld. In de vijfde kolom is de gemiddelde dikte van de verschillende lagen gegeven. Deze heeft betrekking op die plaatsen waar de betreffende laag nog volledig aanwezig is. Hiermee worden dus die plaatsen bedoeld waar de betreffende laag nog bedekt wordt door een jongere laag. Op vele plaatsen in het Denderbekken heeft de uitschurende werking van de rivieren zodanig parten gespeeld dat bepaalde lagen geheel of gedeeltelijk weg geërodeerd zijn.

Tabel 4 Hydrogeologisch concept voor het studiegebied

Geologische benaming		Afkorting	Model- laag	Gemiddelde dikte (m)	Voorkomen in studiegebied	Doorlatend- heid
Formatie	Lid					
Quartair		Kw	Laag 1	Variabel	Deklaag	Variabel
Formatie van Lede		Ld	Laag 2	18	Voornamelijk aan monding Dender	Goed
Formatie van Gent	Lid van Vlierzele	GeVI				
	Lid van Merelbeke	GeMe	Laag 3	4.5	Afwaarts Lebbeke en westelijke modelrand	Slecht
Formatie van Tielt	Lid van Egem	TtEg	Laag 4	22.5	Afwaarts mondig Molenbeek 5021; modelranden en in Ninove- Geraardsbergen	Goed
	Lid van Kortegem	TtKo				
Formatie van Kortrijk	Lid van Aalbeke	KoAa	Laag 5	8	Volledig	Zeer slecht
	Lid van Moen	KoMo		>50		
	Lid van Saint-Maur	KoSm				

N.B.: De Formatie van Maldegem komt in het Denderbekken alleen voor op de toppen van de hogere heuvels. In het studiegebied is het voorkomen van deze Formatie verwaarloosbaar. Ze is dan ook niet opgenomen in de tabel.

De top van het model, en dus ook van de eerste laag, komt overeen met het niveau van het maaiveld of de topografie (DTM). Voor de opbouw van het Digitaal Terrein Model van deze studie werden volgende gegevens beschikbaar gesteld. Voor het interessegebied werd door de opdrachtgever een Digitaal Terrein model (DTM) met resolutie 10 op 10 m ter beschikking gesteld. Voor de delen van het te modelleren gebied, buiten het interessegebied, werd gebruik gemaakt van het DTM van het NGI met resolutie 50 op 50 m. Met behulp van de modules 3D-Analyst en Spatial Analyst (ArcView versie 3.2) is een "smoothing" uitgevoerd en een omzetting naar resolutie 100 op 100 m. Dit betekent dat de overgangen van de ene hoogtewaarde naar de andere niet plots maar geleidelijk gemaakt worden. Het tertiair oppervlak vormt de ondergrens van de eerste modellaag. Deze ondergrens is berekend als het maaiveld verminderd met de dikte van het quartaire dek en wordt gegeven in Bijlage 6.

Voor de opbouw van de onderliggende modellen werd allereerst een fictieve situatie opgebouwd in ArcView waarbij verondersteld werd dat alle lagen nog volledig aanwezig zijn. Als vertrekpunt is een zo goed mogelijke benadering van de basis van het lid van Aalbeke uit de formatie van Kortrijk opgebouwd in ArcView. Daartoe is gebruik gemaakt van de isohypsen van de basis van het lid van Aalbeke van het kaartblad Geraardsbergen. Voor de andere kaartbladen is dit isohypsenpatroon echter niet beschikbaar. Om de isohypsen te vervolledigen is gebruik gemaakt van:

- de beschikbare boorbeschrijvingen uit de Databank Ondergrond Vlaanderen
- het gegeven dat de lagen in het studiegebied een lichte helling naar het noordnoordoosten vertonen

Door de basis van het lid van Aalbeke te vermeerderen met de gemiddelde laagdikten, zijn de scheidingsvlakken tussen de verschillende lagen berekend. Deze scheidingsvlakken zijn gedeeltelijk fictief want ze mogen alleen toegepast worden op de plaatsen waar de lagen ook in werkelijkheid nog volledig aanwezig zijn, met andere woorden, daar waar het huidige bovenvlak van het tertiair hoger ligt. Op de andere plaatsen moeten de scheidingsvlakken berekend

worden vanuit het bovenzijde van het tertiair waarbij een minimumdikte van 1 m gerespecteerd moet worden. Het grondwatermodel MODFLOW is namelijk zodanig opgebouwd dat iedere laag over het volledige modelgebied móet voorkomen (een laagdikte van 0 m kan niet ingevoerd worden). Op de plaatsen waar de laag in realiteit niet meer aanwezig is, heeft ze de doorlatendheid gekregen van de oudere, onderliggende laag die in werkelijkheid wél aanwezig is op die plaats.

Ter illustratie van deze werkwijze wordt in Bijlage 7 de bodem van modellaag 4 (Formatie van Tielt) getoond.

4.3 Voeding van het grondwatermodel

De evapotranspiratie is een samenvoeging van evaporatie en transpiratie. Transpiratie is uitsluitend water dat door bodemvocht opname via de bladeren of naalden verdampt. Evaporatie is de verdamping van overige oppervlakten en van bladeren of naalden die door neerslag nat zijn geworden. Water dat door vegetatie wordt opgevangen voordat het de bodem bereikt en vervolgens verdampt, wordt interceptie genoemd. In plaats van de neerslag en de evapotranspiratie afzonderlijk in te voeren, kunnen deze ook gecombineerd ingevoerd worden onder de vorm van een neerslagoverschot. In onderstaande tabel is voor verschillende vormen van landgebruik de berekeningswijze voor het neerslagoverschot opgegeven. Door gebruik van deze tabel wordt het neerslagoverschot nu enkel bepaald door het landgebruikstype en het eenvoudig te berekenen langjarig gemiddelde neerslagcijfer.

Het studiegebied van de Dender is aan de hand van de bodemgebruikskaart opgedeeld in vlakken van gelijk neerslagoverschot. Daarbij is er een onderscheid gemaakt tussen verstedelijkte en niet-verstedelijkte gebieden. Binnen deze laatste groep wordt het landgebruik bos ook apart behandeld. Voor de opsplitsing van het gebied volgens deze landgebruikstypen is gebruik gemaakt van Corine Landuse. Onder verstedelijkte gebieden vallen volgende landgebruikstypen: aaneengesloten bebouwing; discontinue bebouwing; industrie- en handelszone; wegen en spoorwegen met bijhorende oppervlakten. Tabel 5 geeft een overzicht van de gebruikte formules per landgebruikstype. Tijdens de opbouw van het model is gewerkt vanuit de jaarlijkse neerslag in België voor een gemiddeld droog jaar. De gebieden met gelijk neerslagoverschot zijn aangeduid in Bijlage 8.

Tabel 5 Benadering van het neerslagoverschot

Landgebruik	Neerslag (mm/j)	Verdamping (mm/j)	Neerslagoverschot (mm/j)
Bos	$0.7 \times N = 525$	350	175
Verstedelijk	$N = 750$	500	250
Andere	$N = 750$	350	400

De opgegeven verdamping is de maximale verdamping, zonder rekening te houden met mogelijk optredend watertekort gedurende bepaalde perioden tijdens het jaar. Door de factor 0.7 wordt rekening gehouden met de interceptie van neerslag door de bladeren en houtige oppervlakten van de bomen. Dit water verdampt vervolgens zonder dat het de bodem bereikt. De opgegeven verdamping voor bossen is de transpiratie, dit is het bodemvocht dat via de bladeren verdampt. Voor de andere vormen van landgebruik betreft het interceptieverdamping + transpiratie. Bij verharding is ook de afvoer van neerslag over de verharding in de verdamping inbegrepen.

De waarden voor de verdamping zijn ontleend aan:

- Roestel, J.J.M. van, 1985. Transpiratie en interceptie van bossen. Een literatuurstudie. Project 'Bos en Water' van de Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap (SWNBL), Utrecht, 186p.
- Het collegedictaat Waterbeheersing stedelijke gebieden van Ir. F.H.M. van de Ven (TU Delft 1988).

4.4 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden kwantificeren de interactie met de omgeving. Volgende mogelijkheden zijn in MODFLOW aanwezig:

Rivieren, drains, infiltratie, evapotranspiratie, opgelegde grondwaterpotentialen, pompputten, schermwanden, opgelegde in- of uitstroming.

4.4.1 Modelgrens

De cellen buiten het studiegebied moeten geïnactiveerd worden. Daartoe worden zij gedefinieerd als “no flow boundaries”. Er wordt dus geen grondwaterstroming in deze cellen berekend. Ter hoogte van de modelgrenzen worden constante stijghoogten verondersteld. De grenzen worden daarom ingebracht als “constant head boundary”. De opgelegde stijghoogten worden doorgaans vastgelegd op basis van beschikbare of berekende isohypsenpatronen. Voor het Denderbekken kan echter geen isohypsenpatroon berekend worden bij gebrek aan bruikbare peilgegevens. De stijghoogten zijn dus geschat en zodanig dat de grondwaterstand zich in de hogere gebieden dieper onder het maaiveld bevindt dan in de lager gelegen gebieden en valleien. In een dal kan de grondwaterstand immers dichterbij het maaiveld komen dan op het hoogste punt van een heuvel.

Tabel 6 De grondwaterstanden ter hoogte van de modelgrens.

Maaiveld (m TAW)	Grondwaterstand (m – mv)	Maaiveld (m TAW)	Grondwaterstand (m – mv)
0 – 10	1	60 – 70	4
10 – 20	1.25	70 – 80	5
20 – 30	1.5	80 – 85	6
30 – 35	1.75	85 – 90	7
35 – 40	2	90 – 95	8
40 – 45	2.25	95 – 100	9
45 – 50	2.5	100 – 105	10
50 – 60	3	105 – 110	12.5
		> 110	15

4.4.2 Grondwaterwinningen

Voor een inventarisatie van de beschikbare gegevens omtrent het grondwaterverbruik en de grondwaterproductie in het Denderbekken wordt verwezen naar deelopdracht 1 van deze studie. Voor een waarheidsgetrouwe modellering van de grondwateronttrekkingen in het studiegebied moeten de werkelijk onttrokken debieten per put in de juiste lagen ingevoerd worden. Voor Vlaanderen zijn deze gegevens niet als dusdanig beschikbaar. De locatie van de putten is gekend met het bijhorende vergunde debiet en de filterdiepte. Op basis van de filterdiepte zijn de grondwaterwinningen in de verschillende modellagen ingebracht. In Bijlage 9 is de ligging van de winningen weergegeven per modellaag. De gegevens over de werkelijk onttrokken debieten zijn anoniem en dus niet bruikbaar als input voor het model. Volgende werkwijze is gevolgd om tot een realistische schatting te komen van de invloed van de grondwateronttrekkingen op de grondwaterstand in het studiegebied.

- Op het niveau van het ganse stroomgebied is een vergelijking gemaakt van het vergunde debiet (5,782 miljoen m³/jaar; toestand oktober 2001 uit Databank Ondergrond Vlaanderen) met het werkelijk onttrokken debiet (3,108 miljoen m³/jaar in 1999). Daaruit blijkt dat slechts een goede 50 % van het vergunde debiet ook werkelijk onttrokken wordt in het Denderbekken. Op basis van deze vergelijking is beslist om telkens de helft van het vergunde debiet in te voeren als onttrokken debiet in het grondwatermodel.

- Winningen met een vergunning voor minder dan 1000 m³/jaar zijn niet opgenomen in het model aangezien hun invloed verwaarloosbaar klein is (invloedszone is kleiner dan 1 cel in het model).
- Zelfs na halvering van het vergunde debiet bleken een aantal winningen nog steeds té groot te zijn in verhouding tot de watervoerendheid van het gebied. Het model werd in deze fase van de berekeningen als het ware leeggetrokken langs deze putten en slaagde er bijgevolg niet in om tot een oplossing te komen. In dit geval zijn: ofwel de eigenaars gecontacteerd om een realistischer debiet te bekomen, ofwel is het debiet verlaagd tot het debiet dat maximaal kan onttrokken worden op de betreffende locatie. Dit maximale debiet is op eenvoudige manier benaderd uit een schatting van de oppervlakte van de filters en de snelheid waarmee het grondwater de filter kan passeren (welke een functie is van de doorlatendheid van het gebied). In enkele gevallen bleek het bekomen cijfer veel lager te liggen dan het vergunde debiet. In dat geval is ervan uit gegaan dat de filter in werkelijkheid in een diepere, beter watervoerende laag zit (nog dieper dan de modelbasis). In het model zijn deze putten niet verwijderd om eventuele feedback te garanderen (mochten later meer gegevens ter beschikking komen omtrent de filterdiepte, de plaatselijke bodemopbouw). Het onttrokken debiet is op die plaatsen op 0 m³/jaar gezet. Cijfermatige gegevens hieromtrent worden niet opgenomen in het rapport omdat er afspraken gelden dat zij anoniem moeten blijven.

4.4.3 Infiltratie en/of drainage via waterlopen

De belangrijkste waterlopen worden ingevoerd in het model met het "RIVER package". Het doel van het RIVER package is de simulatie van de effecten van waterbeweging tussen oppervlaktewater en grondwater. Afhankelijk van de gradient tussen de grondwaterstand en het waterpeil in de waterloop zal de rivier water in het grondwatersysteem brengen (infiltrerende werking) of eruit onttrekken (drainerende werking). De voornaamste gegevens die het model nodig heeft zijn de bodemdiepte, het waterpeil en de conductance. Dit is een maat voor de interactie en weerstand tussen grondwater en oppervlaktewater en is ondermeer afhankelijk van de hoeveelheid slib in de waterloop.

De vereiste bathymetrische gegevens zijn uiteraard niet van alle waterlopen in het studiegebied beschikbaar. Iedere opgemeten waterloop is aan de hand van het lengteprofiel en de Access database van de kunstwerken (voor zover beschikbaar) verdeeld in panden met een quasi regelmatig verhang. Dit betekent meestal dat de waterloop ter hoogte van watermolens, bodemvallen en stuwen gesneden wordt. In het model zijn dan voor ieder pand de bodem- en waterpeilen ingegeven net op- en afwaarts deze kunstwerken. Voor de waterlopen die niet opgemeten zijn voor bodem- en waterpeil schattingen ingevoerd. Aanvankelijk werden alleen de waterlopen van eerste categorie en de grootste waterlopen van tweede categorie ingevoerd. Bijlage 10 geeft een overzicht van de ingevoerde waterlopen en of er al of niet opmetingen beschikbaar zijn. Deze werkwijze bleek onvoldoende afwatering van de bovenste lagen toe te laten. De berekende grondwaterstanden toonden een veel te sterke opbolling. Daarom is in een volgende fase het waterloppennet verdicht door de invoering van alle waterlopen van tweede en derde categorie.

De conductance wordt doorgaans via calibratie bepaald, wanneer voldoende peilgegevens beschikbaar zijn. Zoals hoger (paragraaf 3.5) al werd aangehaald, is een volwaardige calibratie van het model, door gebrek aan een degelijk isohypsenpatroon, onmogelijk. Het effect van de conductance is daarom geëvalueerd in een gevoeligheidsanalyse. Dit impliceert dat de invloed van verhogingen en verlagingen van de conductance op de berekende grondwaterstanden nagegaan wordt tot de contouren van de watertafel aan de verwachtingen tegemoet komen. De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd per waterloop (voor de Dender en de onbevaarbare waterlopen van eerste categorie) of per groep van waterlopen. De bekomen waarden liggen tussen 40 en 100 m²/dag.

Op de plaatsen met een minder dicht waterloppennet is de invloed van kleine grachten en greppels, die in deze zones instaan voor de oppervlakkige waterafvoer, gesimuleerd door het maaiveld te voorzien van een drainerende functie. Het "DRAIN package" is ontwikkeld om effecten van drainagesystemen te simuleren. De simulatie heeft zowel betrekking op open (grachten en sloten) als gesloten (drainagebuizen) systemen. De drains verwijderen water uit de watervoerende laag zolang de grondwaterstijghoogte hoger is dan de drainagediepte. Het debiet waarmee dit gebeurt, is recht evenredig met het verschil tussen de grondwaterstijghoogte en de drainagediepte. Bij grondwaterstijghoogten lager dan de drainagediepte heeft het pakket geen invloed.

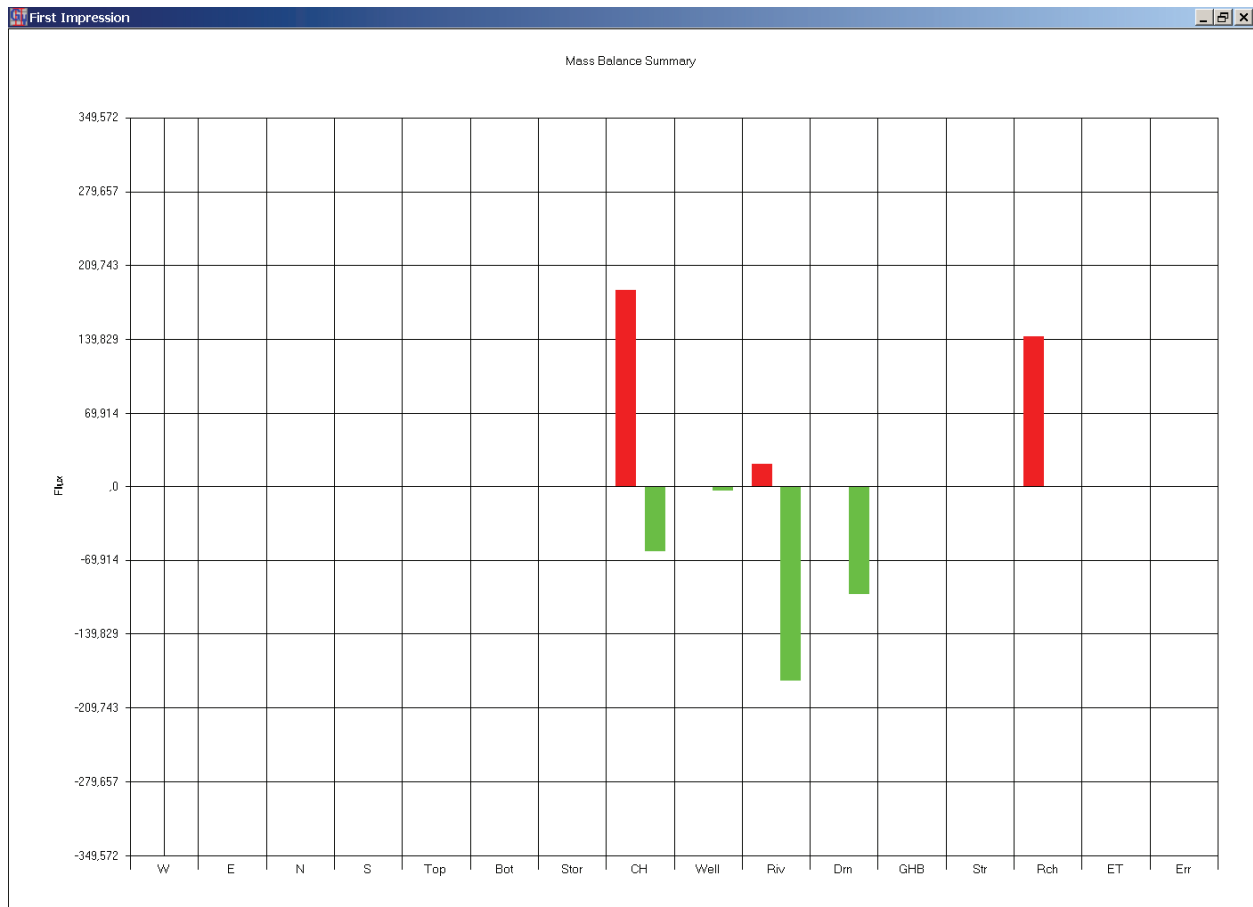
De invoer van dit plaatselijke drainagepakket is als laatste stap van de modelstabilisatie uitgevoerd (zie paragraaf 4.5). Dit impliceert dat het model zonder het drainagepakket over het algemeen al vrij realistische grondwaterstanden berekent. Het effect uit zich dan ook plaatselijk door een geringe daling van de berekende grondwaterstijghoogte in de bovenste laag van het model. Dit effect werd via een gevoeligheidsanalyse bekomen met een conductance van 40 m²/d en door het maaiveld als drainagebasis in te geven. De conductance is een maat voor de interactie en de weerstand tussen oppervlaktewater en grondwater. Hoe lager deze waarde, hoe minder gemakkelijk water door het drainagepakket zal worden afgevoerd. Met een conductance van 40 m²/dag en het maaiveld als drainagebasis wordt een realistische watertafel berekend én wordt voldoende weerstand geboden om te vermijden dat het drainagepakket zoveel water naar zich toe zou trekken dat de waterbalans uit evenwicht raakt.

4.5 Stabilisatie van het model

De steile hellingen in het Denderbekken, in combinatie met een geringe doorlatendheid, maken de modellering van dit gebied met een resolutie van 100 op 100 m niet eenvoudig. De gradiënten die overbrugd moeten worden, zijn plaatselijk zeer groot en leiden tot instabiliteiten. Zo kan bijvoorbeeld de aanzet van steile heuvels meestal niet goed genomen worden. Deze problemen veruitwendigen zich onder de vorm van irreëel hoge grondwaterstijghoogten op deze plaatsen (tot meer dan 100 m boven het maaiveld !). Daarnaast had het model ook vaak moeilijkheden om de watertafel voldoende te laten dalen naar de waterlopen tussen twee heuvels in.

De modelgrenzen zijn daarom aangepast om de steilste hellingen te weren uit het model. Dit bleek slechts beperkt mogelijk te zijn. In het zuiden van het Denderbekken te Geraardsbergen zijn enkele heuvels namelijk in het interessegebied gelegen en kunnen bijgevolg niet uit het model geweerd worden. Anderzijds is gebleken dat de rechteroever over quasi de volledige lengte van de Dender vrij steil is. Alle steile gebieden uit het model wegnippen, zou op meerdere plaatsen betekenen dat er van de rechteroever niets meer overblijft. De nieuwe modelgrens wordt getoond in Bijlage 14.

Er is gezocht naar alternatieve ingrepen om de resterende sterke gradiënten toch te kunnen overbruggen. Bij de evaluatie van de verschillende ingrepen en verfijningen is naast de invloed ervan op modelconvergentie en grondwaterstand ook rekening gehouden met het effect op de waterbalans. Ingrepen die onnatuurlijke verschuivingen in de waterbalans met zich meebrengen, zijn niet weerhouden. De waterbalans van het model van de huidige situatie is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 **Waterbalans model huidige situatie:** De flux is de hoeveelheid water in m³/d die het model verlaat (negatief; groen) of instroomt (positief; rood) ter hoogte van de modelgrenzen (CH) of via oppompingen (Well), via waterlopen (Riv) of drainagesystemen (dm). Het model wordt gevoed door middel van een neerslagoverschot (Rch).

Door een samenspel van volgende ingrepen zijn realistische resultaten bekomen:

- De hoogste heuveltoppen zijn uit het model geknipt (met uitzondering van de heuvel te Geraardsbergen in het interessegebied)
- De doorlatendheidswaarden zijn regionaal en lokaal verbeterd en verfijnd (zie hieronder).
- De conductance van de waterlopen is verfijnd (zie paragraaf 4.4.3)
- Op de plaatsen met een minder dicht waterloppennet is de invloed van kleine grachten en greppels, die in deze zones instaan voor de oppervlakkige waterafvoer, gesimuleerd door het maaiveld te voorzien van een drainerende functie (zie paragraaf 4.4.3).

De afijking van de doorlatendheidswaarden

Bij de opbouw van het model is gestart vanuit literatuurwaarden voor de verticale doorlatendheid (Toelichtingen bij de Tertiair Geologische Kaarten) en vanuit de gebruikte waarden in het gecalibreerde grondwatermodel van de bovenlopen (UIA en VUB; 2002). De formatie van Kortrijk alsook het lid van Merelbeke van de Formatie van Gent zijn zeer slecht doorlatend. Er wordt dan ook verwacht dat de horizontale grondwaterstroming sterker is dan de verticale en dat dit fenomeen zich voornamelijk in de quartaire deklaag en ter hoogte van de steile hellingen zal voordoen. De modelconvergentie verbetert inderdaad aanzienlijk wanneer de horizontale doorlatendheid tien keer groter wordt ingesteld dan de verticale in de eerste modellaag (de quartaire deklaag). De horizontale (resp. verticale) doorlatendheid varieert in laag 1 van 5 (resp. 0.5) tot 10 (resp. 1). Bovendien impliceert deze differentiatie van de doorlatendheidswaarden een goede weerspiegeling van de fysische kenmerken van de stroming in het gebied. In een ondergrond die bestaat uit een afwisseling van goede en zeer slecht doorlatende lagen is de horizontale stromingcomponent belangrijker dan de verticale. Een analoge differentiatie van de doorlatendheidswaarden in de onderliggende watervoerende lagen bracht geen noemenswaardige veranderingen en is dan ook niet weerhouden. Een belangrijke positieve invloed op de instabiliteiten ter hoogte van de aanzet van de steile hellingen, werd verkregen door een plaatselijke verfijning van de doorlatendheid ter hoogte van de hoger gelegen gebieden. Na een intensieve trial and error procedure is gebleken dat de steile overgangen goed genomen worden én dat realistische stijghoogten berekend worden bij een horizontale (resp. verticale) doorlatendheid van 5 (resp. 0.5) ter plaatse van de hoger gelegen gebieden (in lagen 2 tot en met 4). Om een mooie geleidelijke stijging van de watertafel te Geraardsbergen te kunnen berekenen, is aan het hoger gelegen gebied een iets hogere doorlatendheid gegeven (horizontaal 0.2 en verticaal 0.02). De bekomen doorlatendheidswaarden zijn weergegeven in Bijlage 13. De doorgevoerde verfijningen zorgen voor een goede modelconvergentie én voor het bekomen van realistische grondwaterstanden.

Tabel 7 Instelling van de doorlatendheid

Geologische benaming		Afkorting	Model- laag	Doorlatendheid (m/d)		
Formatie	Lid			Literatuur (verticaal)	Model boven- lopen (VUB)	Model
Quartair		Kw	Laag 1	Variabel	0.5	Variabel*
Formatie van Lede		Ld	Laag 2	2 4.25	-	35
Formatie van Gent	Lid van Vlierzele	GeVI		Laag 3	0.001	-
Formatie van Tielt	Lid van Egem	TtEg	Laag 4		2	-
	Lid van Kortegem	TtKo				
Formatie van Kortrijk	Lid van Aalbeke	KoAa	basis	0.001	0.05	0.05
	Lid van Moen	KoMo				
	Lid van Saint-Maur	KoSm				

Volgende doorlatendheden werden in laag 1 toegepast:

leemgronden $K_x=K_y=8\text{m/d}$ en $K_z=0.8\text{m/d}$;

zandleemgronden $K_x=K_y=5\text{ m/d}$ en $K_z=0.5\text{m/d}$;

alluvia en niet gedifferentieerde profielen $K_x=K_y=10\text{m/d}$ en $K_z=1\text{m/d}$.

4.6 Toepassingsmogelijkheden van het opgebouwde model

De hierboven beschreven werkwijze, voor de opbouw en de stabilisatie van het model, heeft ertoe geleid dat het model realistische grondwaterstijghoogten berekend. Er wordt evenwel op gewezen dat het model gemaakt is op regionale schaal. De resolutie (100 op 100m) is niet geschikt voor de analyse van lokale vraagstukken. Het model kon niet onderworpen worden aan een volwaardige calibratie bij gebrek aan voldoende peilgegevens en wordt dan ook beter niet gebruikt voor de voorspelling van absolute stijghoogten. Het model geeft wel een goede beschrijving van een bepaalde referentiesituatie en kan daarover interpretatieve kennis leveren. Zo leent deze wijze van modelleren zich goed voor de afbakening van kwel- en infiltratiegebieden op regionaal niveau en voor de evaluatie van effecten naar grondwatervoeding, kwellocatie, kweloppervlakte (zie paragraaf 5.2) en voor het testen van hypothesen. Zo zal bijvoorbeeld de invloed van grondwateronttrekkingen in beeld gebracht worden (zie paragraaf 6).

5 Resultaten voor de huidige situatie

5.1 Berekening van de grondwaterstijghoogtes voor de huidige situatie

De simulatie van de grondwaterstroming kan gebeuren in tijdsafhankelijke of in tijdsafhankelijke toestand. In dit project zal een tijdsafhankelijke simulatie worden uitgevoerd. De resultaten van het model geven de grondwaterpotentialen in elke rekencel, welke verder verwerkt kunnen worden tot afgeleide grootheden.

Bijlage 15 geeft de stijghoogten voor de huidige situatie weer. De grondwaterstroming in freatische watervoerende lagen is grotendeels topografisch bepaald. De grondwaterspiegel lijkt dan ook een afgevlakte versie van de topografie. De stijghoogte varieert van 70 tot 110 m TAW op de heuvels tot 1.4 (noorden) à 20 m TAW (zuiden) bij de monding van de zijwaterlopen in de Dender. Stroomopwaarts zijn de gradiënten duidelijk sterker dan stroomafwaarts. Algemeen kan gesteld worden dat de grondwaterstroming zuid-noord verloopt. De aanwezigheid van beken verstoort dit algemeen patroon echter. De convergerende isolijnen nabij de meeste waterlopen geven duidelijk de drainerende werking ervan weer (de grondwaterstroming verloopt loodrecht op de isohypsen).

5.2 Afbakening van kwel- en infiltratiegebieden

Een kwelgebied is in het modelconcept een locatie waar de grondwaterstand nabij het maaiveld gesitueerd is en waar er een opwaartse uittredende grondwaterstroming plaats vindt. Afhankelijk van de diepte van de herkomst van het uittredende water kan een onderscheid gemaakt worden tussen diepe en ondiepe kwel. Een infiltratiegebied is een gebied met een neerwaartse grondwaterstroming waar het volledige neerslagoverschot infiltreert en het grondwater aanvult.

De ligging van kwel- en infiltratiegebieden wordt bepaald door het verschil te maken tussen de berekende grondwaterstijghoogten in de bovenste doorlatende laag en een onderliggende doorlatende laag. Wanneer dit verschil een negatief getal oplevert, gaat het om een kwelgebied. Bij positieve getallen hebben we te maken met een infiltratiegebied. De absolute waarde van de bekomen stijghoogteverschillen geeft de intensiteit van de kwel weer. Deze methode laat toe een onderscheid te maken tussen diepe en ondiepe kwel.

In een groot deel van het Denderbekken is het quartaire dek het enige watervoerende pakket. In deze gebieden zal dan ook hoofdzakelijk ondiepe kwel optreden. Deze wordt berekend door de bepaling van de stijghoogteverschillen tussen het bovenste en onderste deel van het quartaire dek. Om deze berekening mogelijk te maken is de bovenste laag van het model in twee gesplitst (bovenste deel=laag 1a en onderste deel=laag 1b). Diepe kwel is voornamelijk te verwachten in het noordelijk deel van het studiegebied. Daar bevindt zich immers een dieper watervoerend pakket gevormd door de leden van Egem en Kortemark van de Formatie van Tielt en gescheiden van het quartaire dek door het slecht doorlatende Lid van Merelbeke. De diepe kwel is bepaald door de berekening van de stijghoogteverschillen tussen de bovenste (laag 1a) en de onderste modellaag (laag 4).

In Bijlage 16 is de ligging van kwel- en infiltratiegebieden weergegeven. Het is duidelijk dat de kwelgebieden hoofdzakelijk in de valleien langs de waterlopen gelegen zijn. De kwelintensiteit in het interessegebied langs de Dender is vrij laag. Dit is een gevolg van de stuwing van het waterpeil op de Dender. De gestuwde waterpeilen leggen een druk op de vallei die de kwel als het ware tegenwerkt. De kwel verdwijnt niet maar de intensiteit vermindert wel. De intensiteit

van de diepe kwel is duidelijk hoger dan van de ondiepe kwel. Dit valt vooral op voor het grondgebied Lebbeke.

De berekende kwelgebieden in het interessegebied langs de Dender stemmen vrij goed overeen met de aanduidingen op de indicatieve kwelkaart op basis van de bodemkaart (Bijlage 5). Dit geldt ook voor de kwelgebieden langs de andere waterlopen in het modelgebied. Over het totale modelgebied bekeken, blijkt de indicatieve kwelkaart echter tot een onderschatting van de kwelgebieden te leiden. Zo wordt het gebied in het noordoosten van het modelgebied op basis van de bodemkaart niet als een kwelgebied beschouwd terwijl het model hier wel een opwaartse grondwaterstroming berekent. Dit heeft voornamelijk te maken met het nuanceverschil waarmee de term “kwel” gedefinieerd wordt in beide methoden. De indicatieve kwel op basis van de bodemkaart baseert zich op morfologische kenmerken (gley- of roestverschijnselen) van de bodemprofielen en niet op de ruimtelijk hydrologische stromingssituatie. De term ‘kwel’ houdt in deze context eerder verband met de vochttoestand dan met het typische proces van opwaartse grondwaterstroming en leidt veelvuldig tot een foutieve afbakening van kwelgebieden. Een bepaling van de kwelgebieden door middel van modellering is daarom een beter alternatief.

5.3 Afbakening van kerngebieden

De kwelgebieden worden opgedeeld in een aantal deelkwelgebieden, verder kerngebieden genoemd, waarop in een latere fase de aandacht kan geconcentreerd worden. De afbakening is in eerste instantie gebaseerd op de ruimtelijke samenhang die de kwelgebieden vertonen langs de verschillende waterlopen. Er zijn 5 kerngebieden afgebakend in het interessegebied. Zij zijn weergegeven op de kaart in Bijlage 17. Ook het huidige landgebruik van de terreinen wordt in overweging genomen zodat verstedelijkte zones geen deel uitmaken van de kerngebieden. Een gedetailleerder beeld van de situering van de vijf gebieden wordt getoond in Bijlage 18.

5.4 Evaluatie van de grondwaterkwetsbaarheid in de kerngebieden

5.4.1 Toestromingstijden

Op basis van de berekende freatische grondwaterstanden kunnen de stroomlijnen met bijhorende stroomtijden binnen het grondwatersysteem berekend worden. De stroomlijnen lopen altijd van een infiltratiegebied naar een kwelgebied en zullen daarom de grootte en locatie van het voedingsgebied aanduiden. De stroomtijden geven de tijd aan die verstrijkt tussen het moment van infiltratie en de uittreding van een waterdruppel in een kwelgebied. Indirect geven de stroomlijnen en –tijden ook de gevoeligheid van een kwelgebied aan ten aanzien van verontreiniging of verdroging. Zo zal een gemiddeld korte stroomtijd van infiltratie- naar kwelgebied duiden op een relatief klein (lokaal) grondwatersysteem dat gemakkelijk door grondwaterwinningen of landgebruikveranderingen, uit evenwicht gebracht kan worden. Een lokaal systeem reageert ook sneller op veranderingen in de grondwatervoeding dan een regionaal systeem. Hierdoor neemt de kans toe met gemiddeld kortere stroomtijd en negatieve voedingsveranderingen dat het kwelgebied verdwijnt (verdroogt). Langere toestromingstijd komt de kwaliteit van het opwellend grondwater ten goede en komt zo ook de vegetatie ten goede.

Het model ter berekening van de stroomlijnen en –tijden is een zogenaamd “particle tracking” model MODPATH. Het principe hiervan is dat vanuit iedere cel van het gebied het pad van een waterdeeltje gevolgd wordt door middel van een continue berekening van zijn snelheid in grootte en richting. Met behulp van deze snelheidsvector kan men het waterdeeltje een stap laten zetten op zijn weg, waar men opnieuw de snelheidsvector berekent. Door de x,y en z coördinaten van de punten op de afgelegde weg en de verlopen tijd te registreren krijgt men een volledig beeld van de baan van het deeltje.

Voor ieder kerngebied werd het infiltratiegebied (lees: het deel van het infiltratiegebied dat binnen de modelgrens gelegen is) berekend en werd een kaart met toestromingstijden – ingedeeld in klassen 0-2.5 jaar, 2.5– 5 jaar, 5 – 10 jaar, 10 tot 25 jaar en meer dan 25 jaar geproduceerd met het GIS Arcview. Deze kaart wordt getoond in Bijlage 19.

De toestromingstijden zijn berekend vanuit het opgebouwde grondwatermodel. Dit model omvat het volledige grondwaterbekken niet. Om een goed handelbaar en stabiel model te bekomen zijn de heuveltoppen zoveel mogelijk geweerd uit het model. Bijgevolg worden de infiltratiegebieden van de kerngebieden niet volledig gemodelleerd. De berekende toestromingstijden hebben dan ook slechts betrekking op het laatste deel van de stroombanen en zijn dus een onderschatting van de werkelijke toestromingstijd. De berekende tijden zijn bijgevolg niet geschikt om als absolute vergelijkingsbasis voor de kwetsbaarheid tussen de verschillende kerngebieden te gebruiken.

5.4.2 Grondwaterkwetsbaarheidskaart

De grondwaterkwetsbaarheidskaart van het Vlaamse Gewest gaat uit van volgende definitie: “de grondwaterkwetsbaarheidskaart is de kaart van de risicograad van verontreiniging van het grondwater in de bovenste waterlaag door stoffen, die van op de bodem in de grond dringen, enkel rekening houdend met statische parameters” (Bron: databank ondergrond Vlaanderen). Bijlage 20 toont de grondwaterkwetsbaarheidskaart in het modelgebied en bevat een kopie van de informatie die over de kaart gegeven wordt in de Databank Ondergrond Vlaanderen.

Tabel 8 vat de beschikbare gegevens over de grondwaterkwetsbaarheid per kerngebied samen.

Tabel 8 Kwetsbaarheid van de kerngebieden in de Dendervallei

Kerngebied	Oppervlakte (ha)	Gemiddelde toestromingstijd (jaar)	Kwetsbaarheid op basis van grondwaterkwetsbaarheidskaart
1	766	8.3*	Zeer kwetsbaar
2	198	6.8*	Weinig kwetsbaar (noord) - matig kwetsbaar (zuid)
3	264	10.5*	Matig kwetsbaar
4	340	12.5*	Matig kwetsbaar (noord) - zeer kwetsbaar (zuid)
5	532	7.3*	Zeer kwetsbaar (noordoost en centraal) - matig kwetsbaar (zuidwest)

* Deze toestromingstijden zijn berekend vanuit het opgebouwde grondwatermodel. Dit model omvat het volledige grondwaterbekken niet. Om een goed handelbaar en stabiel model te bekomen zijn de heuveltoppen zoveel mogelijk geweerd uit het model. Bijgevolg worden de infiltratiegebieden van de kerngebieden niet volledig gemodelleerd. De berekende toestromingstijden hebben dan ook slechts betrekking op het laatste deel van de stroombanen en zijn dus een onderschatting van de werkelijke toestromingstijd.

6 Scenario 1: de invloed van grondwateronttrekkingen

Dit scenario wordt berekend om de invloed van de grondwateronttrekkingen in beeld te brengen. Uit de waterbalans van de huidige situatie is reeds gebleken dat het aandeel van de grondwateronttrekkingen zeer klein is (zie 4.5). Door de geringe doorlatendheid van het gebied kunnen geen grote hoeveelheden grondwater onttrokken worden. Desalniettemin is het interessant om de invloed van de oppompingen in het interessegebied na te gaan. Grondwaterwinningen in infiltratiegebieden verminderen immers de hoeveelheid water dat naar de diepere lagen kan doordringen en bijgevolg wordt het volume uittredende water in de kwelzones negatief beïnvloed.

In Bijlage 21 wordt de berekende invloedstraal van de aanwezige grondwaterwinningen gegeven. Dit resultaat werd bekomen door de vergelijking te maken van de berekende grondwaterstanden uit het model voor de huidige situatie (met grondwaterwinningen) enerzijds en uit het model voor scenario 1 (zonder onttrekkingen) anderzijds.

Zoals verwacht, ondermeer op basis van het aandeel van de oppompingen in de waterbalans, is de invloed van de meeste winningen verwaarloosbaar. Slechts plaatselijk reikt de invloed verder dan de celgrens van de cel waarin de winning gelegen is. De zwaarste onttrekkingen bevinden zich vrij dicht bij de Dender in de noordelijke helft van het Denderbekken. De belangrijkste onttrekking bevindt zich in Aalst met een invloedstraal van ca. 800 m.

7 Conclusie

De doelstelling van deze deelopdracht is de detectie van kwelgebieden in de valleien langs de Dender voor de uitbouw van een grondwatermeetnet op basis van de resultaten van een stationair regionaal grondwatermodel.

Om een goed handelbaar en stabiel model te bekomen, zijn de hoogste heuveltoppen uit het model geweerd. Door de geringe doorlatendheid in het gebied is de horizontale grondwaterstroming van groter belang dan de verticale. Realistische grondwaterstanden, kwellocaties en –intensiteiten werden dan ook pas berekend nadat de gepaste verhoudingen tussen de verticale en horizontale doorlatendheid in het model werden toegekend. Een groot deel van het studiegebied wordt in meer of mindere mate gevoed door opwellend grondwater. Diepe kwel komt voornamelijk voor in het noorden van het Denderbekken. In het centrum en zuiden van het studiegebied treedt voornamelijk ondiepe kwel op.

Bij gebrek aan voldoende peilbuisgegevens kon het model niet optimaal geverifieerd worden. Meer meetgegevens zijn wenselijk en zelfs noodzakelijk om hoogkwalitatieve resultaten te leveren. Het verder uitbouwen van het meetnet in het gebied is essentieel om de kwaliteit van dit en volgend onderzoek te verhogen. Er werden vijf kerngebieden afgebakend voor de uitbouw van een regionaal grondwatermeetnet. Er wordt verwezen naar deelrapport 4 voor een verdere toelichting bij de voorbereiding, installatie en beheer van dit meetnet.

De invloed van de grondwaterwinningen is in de meeste gevallen verwaarloosbaar op regionale schaal. De belangrijkste winning heeft een invloedstraal van ca. 800 m.

8 Referenties

Website Databank Ondergrond Vlaanderen: <http://dov.vlaanderen.be> (mei 2002)

Callebaut, W. (2000). Startrappertering Omgevingsanalyse Dender, Afdeling Bovenschelde.

Vermeersch, S., De Knijf G., Decler K. (2002). Verkennende ecologische gebiedsvisie voor de Dendervalei (ontwerp), verslag van het Instituut voor Natuurbehoud uitgevoerd in opdracht van en in samenwerking met de Administratie Waterwegen en Zeewezen.

Envico (2001). Optimalisatie van de natuurwaarden langs de Dender door een aangepaste inrichting en beheer, studie door Envico NV uitgevoerd in opdracht van AMINAL afdeling Natuur (buitendienst Oost-Vlaanderen).

U.I.A., onderzoeksproep ecosysteembeheer en VUB, dienst hydrologie. Ecosysteemvisie van de bovenlopen van de Dender (2002). Studie in opdracht van AMINAL afdeling Natuur (hoofdbestuur).

Topografische opmetingen van de waterlopen in het Denderbekken. Beschikbaar gesteld door AMINAL, afdeling Water (hoofdbestuur) en Provinciebestuur Oost-Vlaanderen.

De Geyter, G.G., eindredactie (1999). Toelichtingen bij de geologische kaart van België, Vlaams Gewest, Kaartblad 30: Geraardsbergen, BGD/ANRE, Brussel.

De Geyter, G.G., eindredactie (1996). Toelichtingen bij de geologische kaart van België, Vlaams Gewest, Kaartblad 22: Gent, BGD/ANRE, Brussel.

Beschikbaar gesteld door OC-GIS Vlaanderen:

- Digitale vectoriële versie van de Vlaamse Hydrografische Atlas (VHA)
- Digitale vectoriële versie van de Bodemkaart
- Digitale vectoriële versie van de Tertiair Geologische Kaart
- Digitale vectoriële versie van Corine Landcover
- NGI-puntenbestand van de topografie in Vlaanderen
- Grondwaterkwetsbaarheidskaart

9 Bijlagen

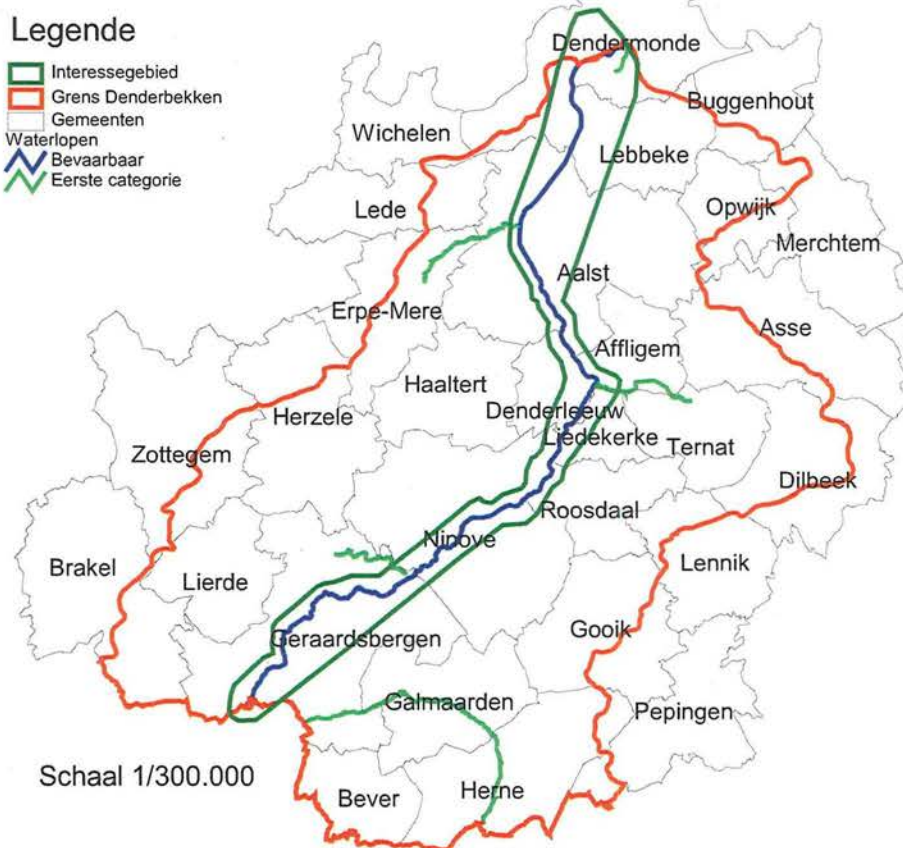
<i>Bijlage 1.</i>	<i>Situering van het Denderbekken</i>
<i>Bijlage 2.</i>	<i>Topografie</i>
<i>Bijlage 3.</i>	<i>Geologie</i>
<i>Bijlage 4.</i>	<i>Peilgegevens</i>
<i>Bijlage 5.</i>	<i>Indicatieve kwelkaart</i>
<i>Bijlage 6.</i>	<i>Bovenvlak Tertiaire afzettingen</i>
<i>Bijlage 7.</i>	<i>Ondergrens Formatie van Tielt (= laag 4)</i>
<i>Bijlage 8.</i>	<i>Neerslagoverschot</i>
<i>Bijlage 9.</i>	<i>Grondwaterwinnings</i>
<i>Bijlage 10.</i>	<i>Gemodelleerde waterlopen</i>
<i>Bijlage 11.</i>	<i>Methode voor de schematisatie van de geohydrologische opbouw</i>
<i>Bijlage 12.</i>	<i>Illustratie van de geohydrologische opbouw</i>
<i>Bijlage 13.</i>	<i>Doorlatendheden</i>
<i>Bijlage 14.</i>	<i>Nieuwe modelgrens</i>
<i>Bijlage 15.</i>	<i>Stijghoogten huidige situatie</i>
<i>Bijlage 16.</i>	<i>Ligging van kwel- en infiltratiegebieden</i>
<i>Bijlage 17.</i>	<i>Afbakening van de kerngebieden</i>
<i>Bijlage 18.</i>	<i>Situering van de kerngebieden</i>
<i>Bijlage 19.</i>	<i>Toestromingstijden</i>
<i>Bijlage 20.</i>	<i>Grondwaterkwetsbaarheidskaart</i>
<i>Bijlage 21.</i>	<i>Scenario 1: invloed van de grondwaterwinnings</i>
<i>Bijlage 22.</i>	<i>MODFLOW</i>

BIJLAGE 1

Bijlage 1: Het Denderbekken

Legende

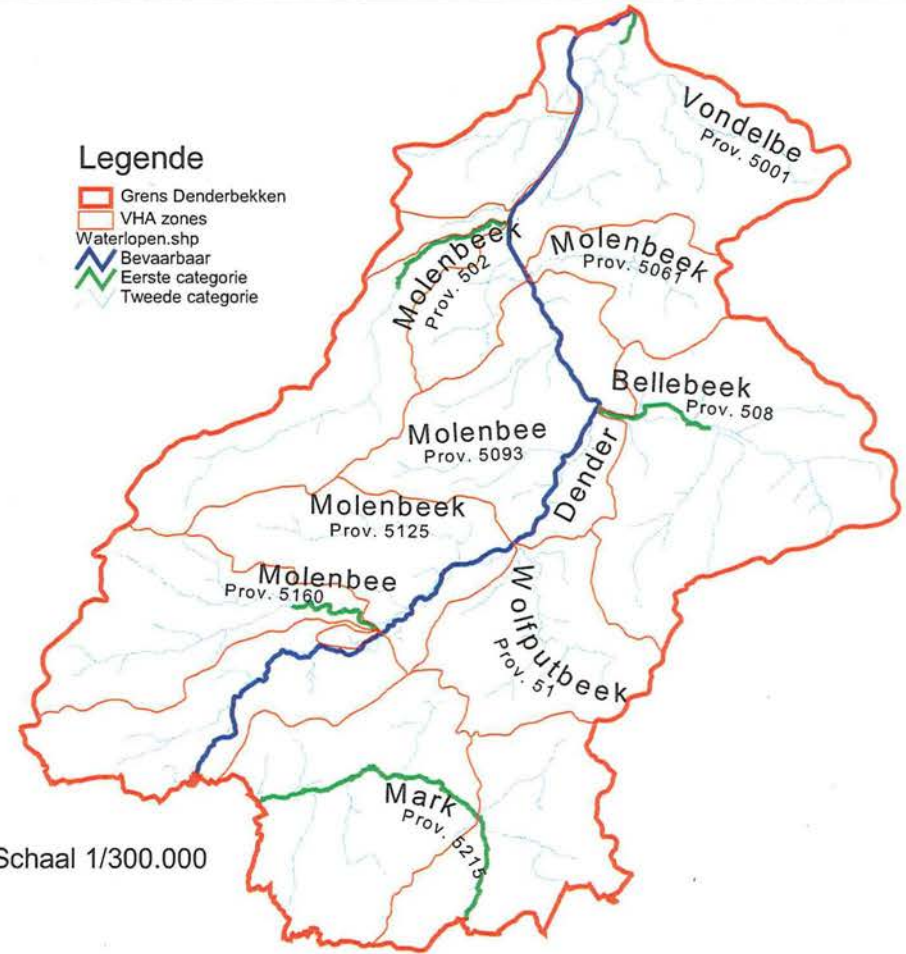
-  Interessegebied
-  Grens Denderbekken
-  Gemeenten
-  Waterlopen
-  Bevaarbaar
-  Eerste categorie



Schaal 1/300.000



Legende

-  Grens Denderbekken
-  VHA zones
-  Waterlopen.shp
-  Bevaarbaar
-  Eerste categorie
-  Tweede categorie



Schaal 1/300.000

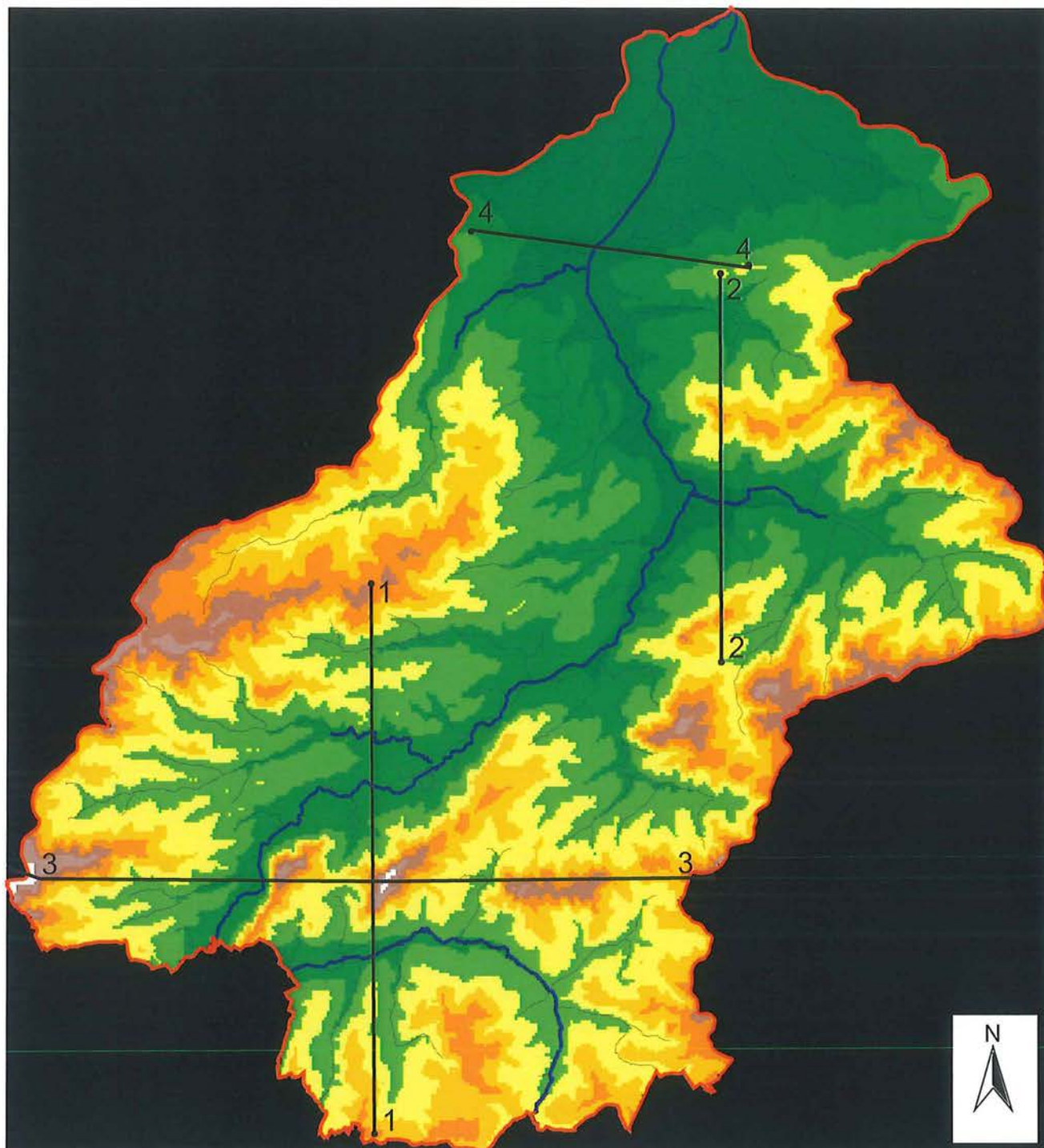
Legende

-  Grens Denderbekken.shp
-  Provincies

Schaal 1/2.000.000



BIJLAGE 2



Legende

Grens Denderbekken

Waterlopen

Bevaarbaar en eerste categorie

Tweede categorie

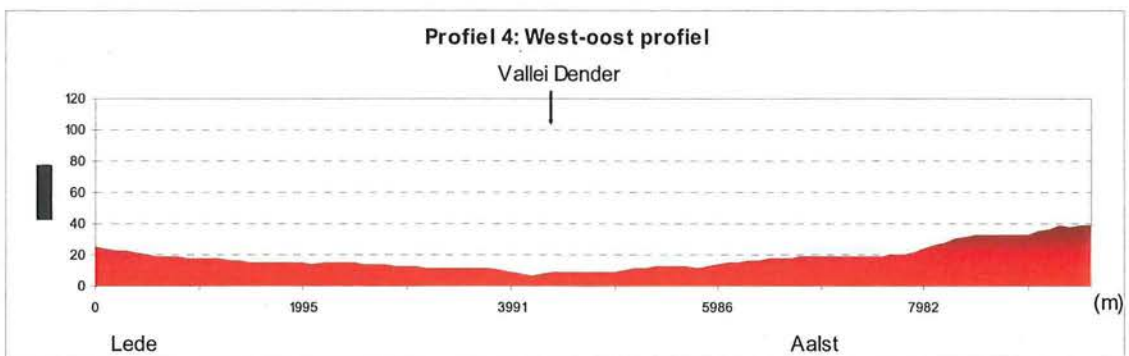
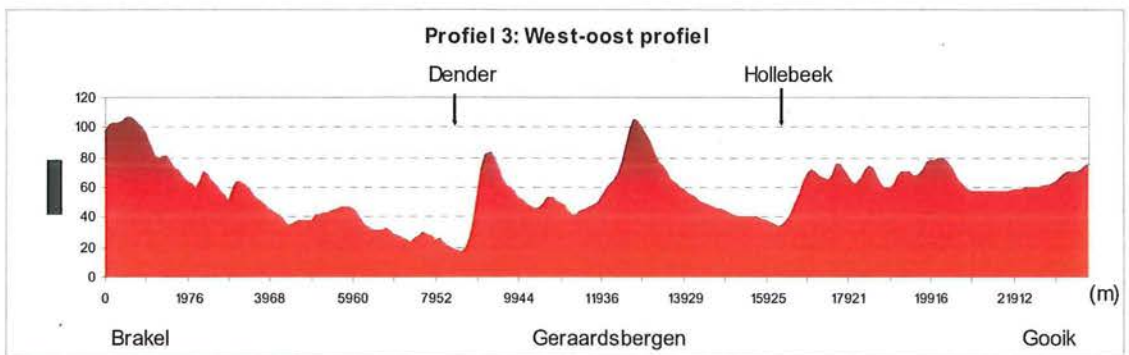
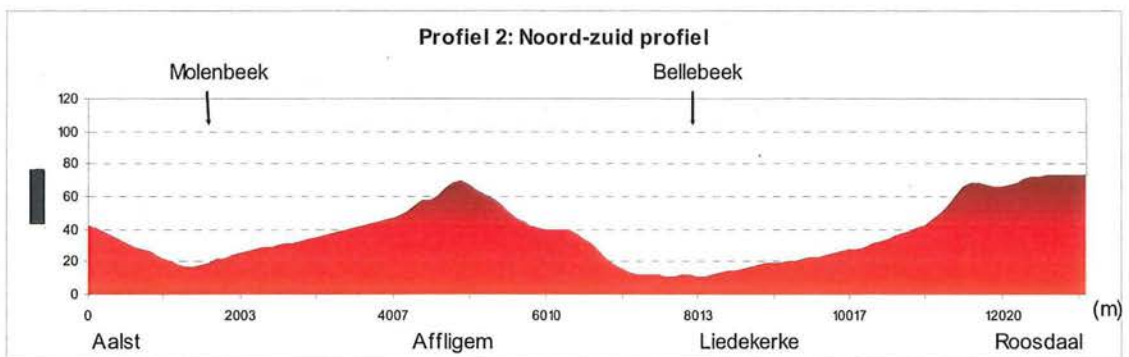
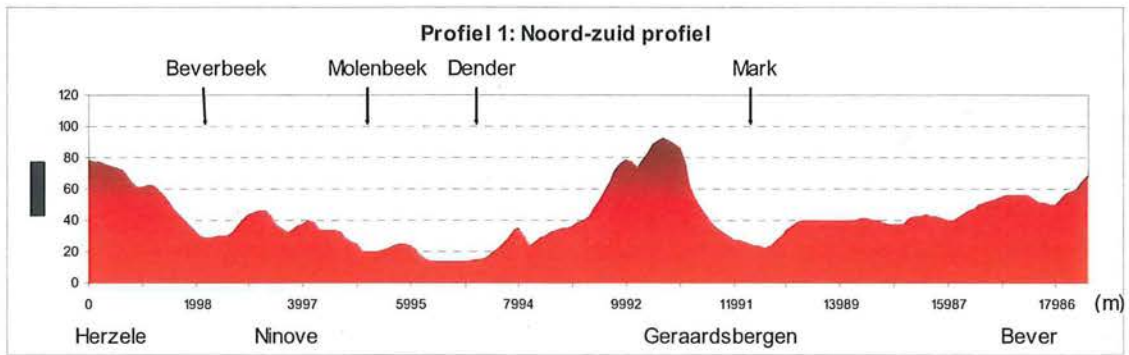
Ligging profiel

Topografie (m TAW)

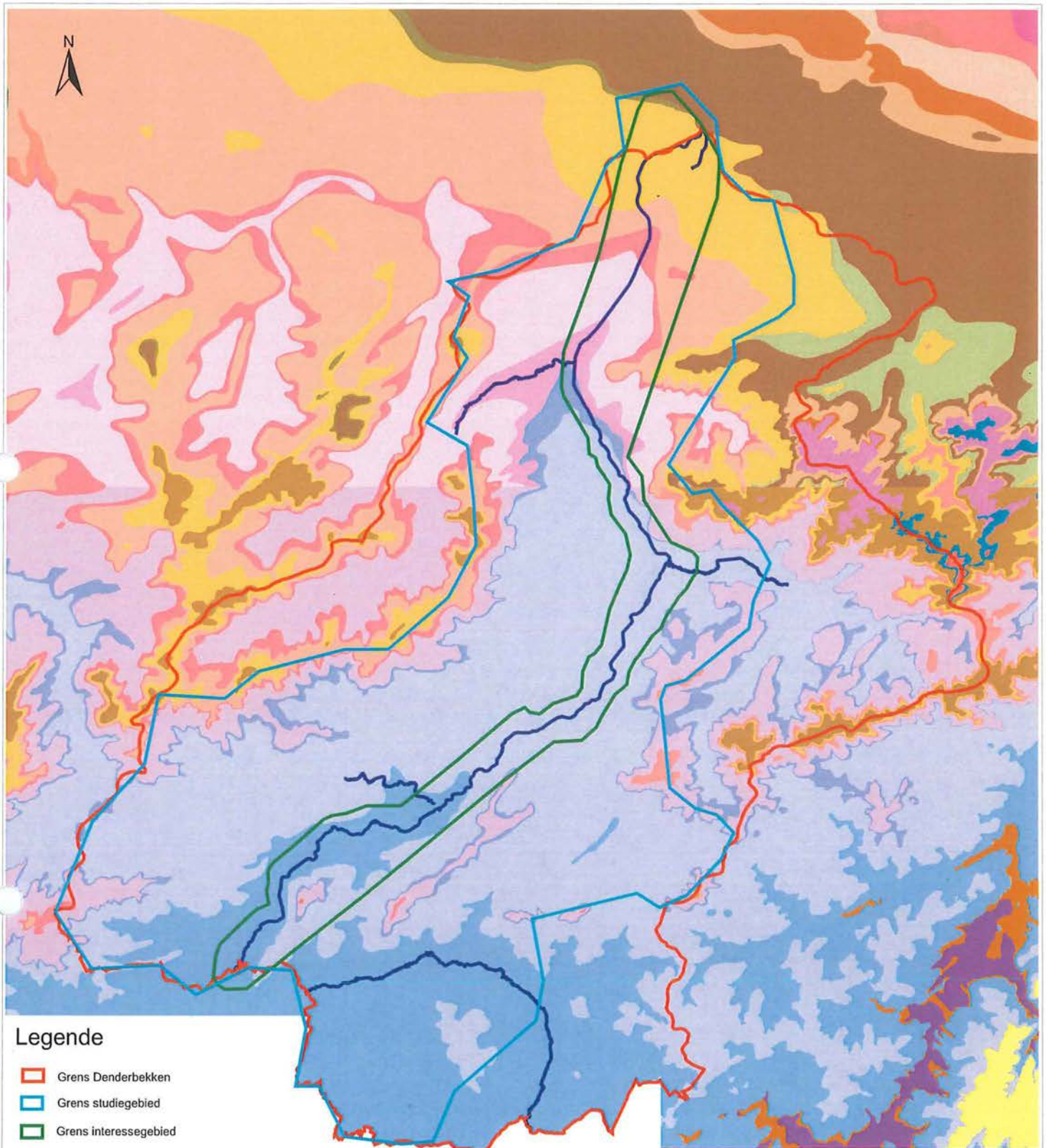
	3 - 15,24
	15,24 - 27,48
	27,48 - 39,72
	39,72 - 51,96
	51,96 - 64,2
	64,2 - 76,44
	76,44 - 88,68
	88,68 - 100,92
	100,92 - 113,16
	No Data

Resolutie 100 m op 100 m
(Verwerking vanuit puntenbestand NGI van OC GIS Vlaanderen)

Bijlage 2: Topografie van het studiegebied aan de hand van profielen



BIJLAGE 3



Legende

- ▭ Grens Denderbekken
- ▭ Grens studiegebied
- ▭ Grens interessegebied
- ▭ Waterlopen (Bevaarbaar en 1e Categorie)

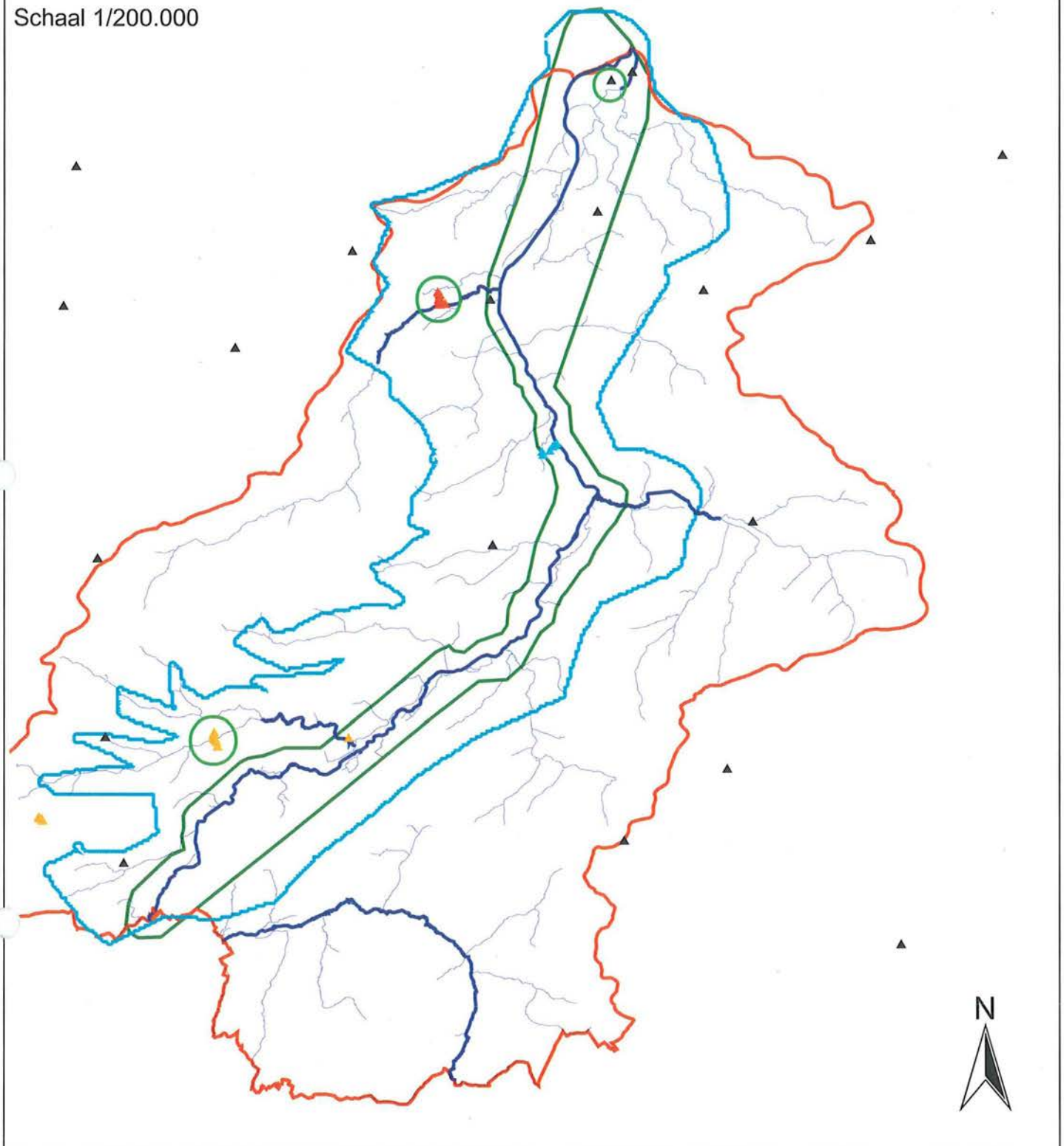
Tertiair Geologische Kaart (Beschikbaar gesteld door OC-GIS Vlaanderen)

- | | | | | |
|--|---|--|---|--|
| ▭ F. Maldegem | ▭ F. Lede | ▭ F. Gent | ▭ F. Tielt | ▭ F. Kortrijk |
| ▭ L. Zomergem | | ▭ L. Vlierzele | ▭ L. Egem | ▭ L. Aalbeke |
| ▭ L. Onderdale | | ▭ L. Pittem | ▭ L. Kortemark | ▭ L. Moen |
| ▭ L. Ursel | | ▭ L. Merelbeke | | ▭ L. Saint-Maur |
| ▭ L. Asse | | | | ▭ L. Mont-Héribu |
| ▭ L. Wemmel | | | | |


BIJLAGE 4


Bijlage 4: Peilgegevens in het Denderbekken


Schaal 1/200.000




Legende


 Peilbuizen binnen de modelgrens met gekende ligging, diepte filter en meetreeks

 Studiegebied (nieuwe modelgrens stabilisatiefase)


 Grens Denderbekken


 Interessegebied

Peilputten in het Denderbekken


 Databank Ondergrond Vlaanderen


 VUB

 Wellemeersen

 Honegem

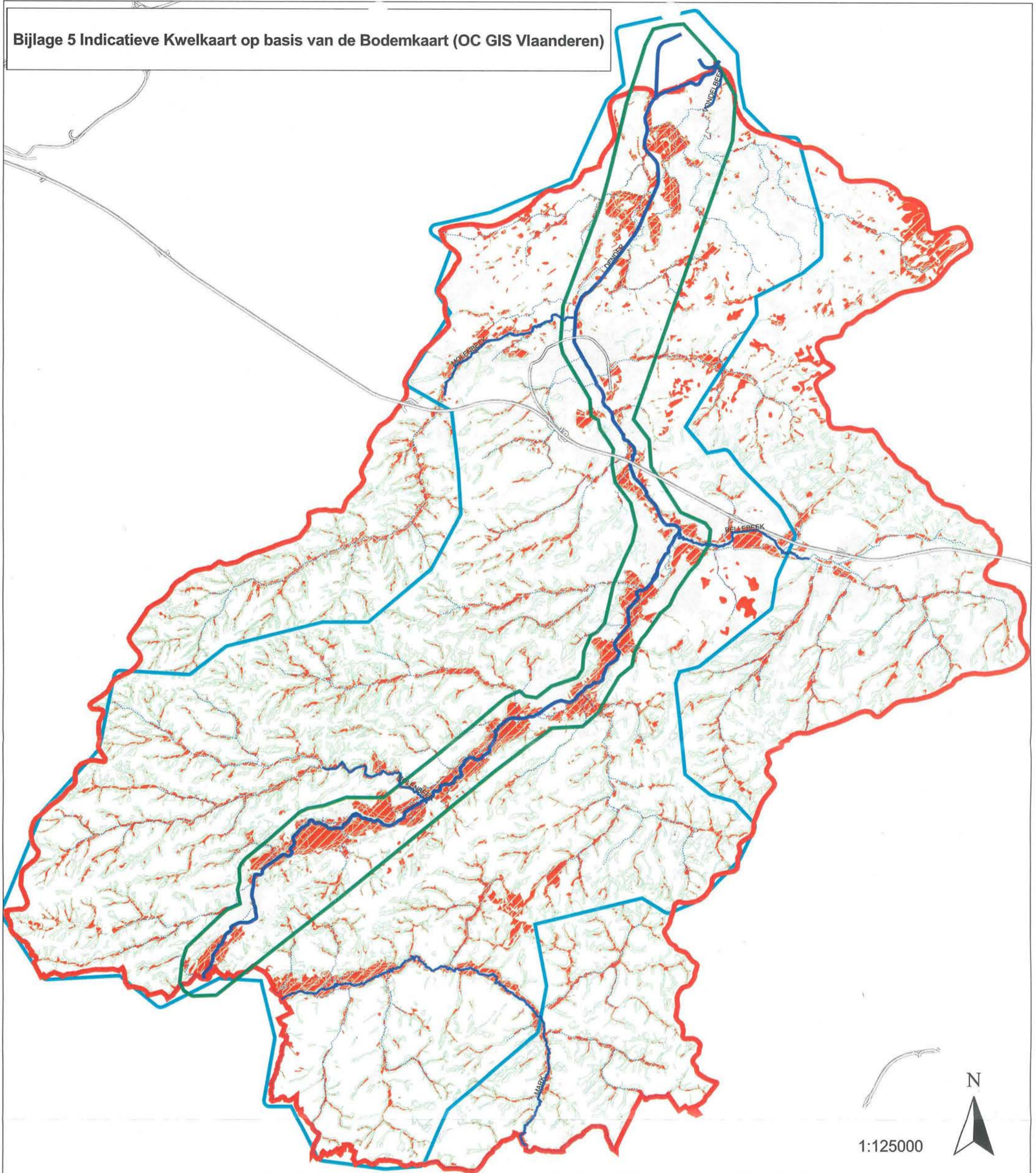
Waterlopen

 Bevaarbaar en eerste categorie

 Tweede categorie

BIJLAGE 5

Bijlage 5 Indicatieve Kwelkaart op basis van de Bodemkaart (OC GIS Vlaanderen)



Legende

- Interessegebied
- Grens Denderbekken
- Studiegebied

- Waterloop**
- bevaarbaar
 - categorie 1
 - categorie 2

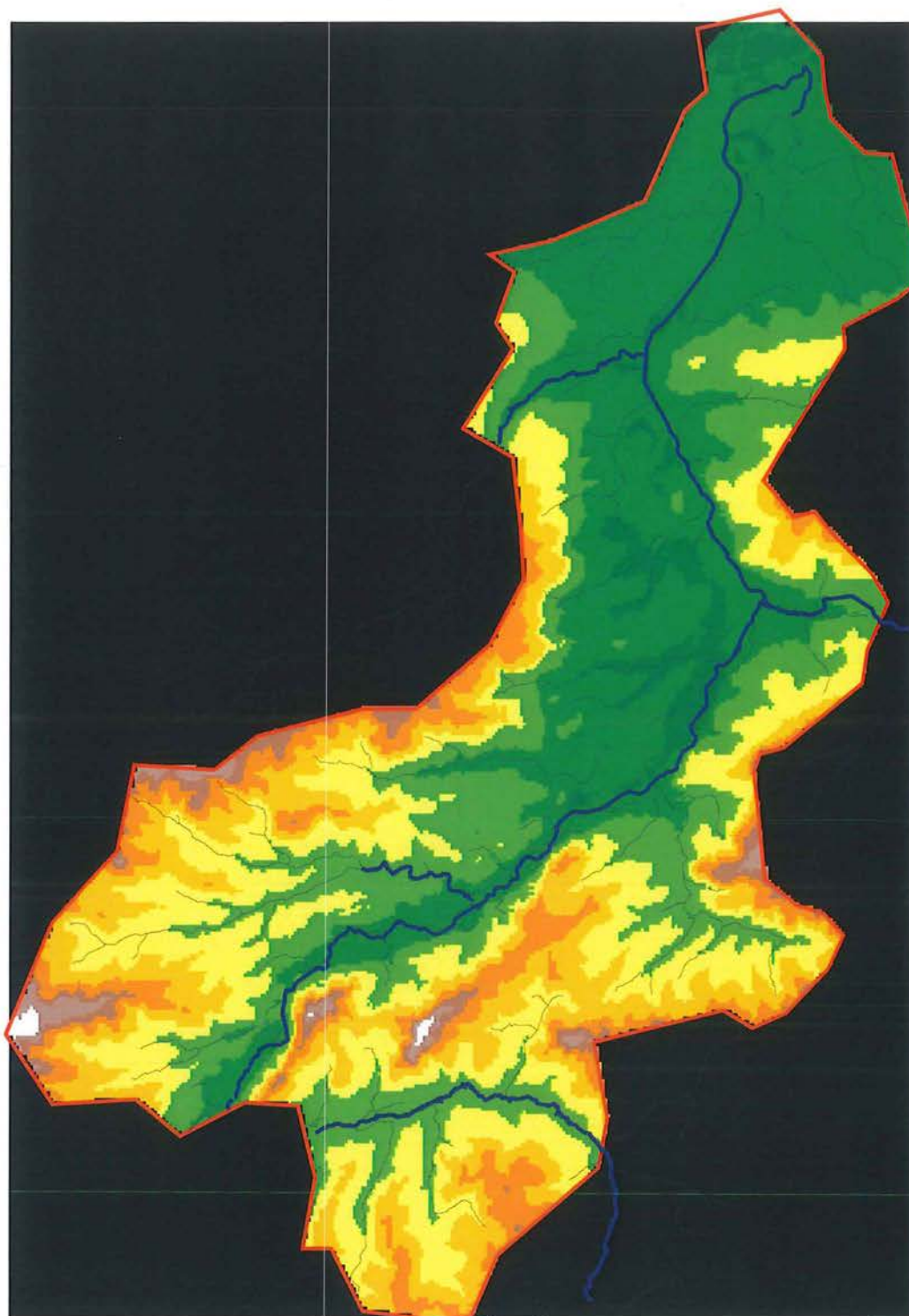
Weg

- Bodem zonder profielontwikkeling
- Drainageklasse e, f, g, h
- Urbaan gebied

BIJLAGE 6

Bijlage 6: Bovenvlak tertiaire afzettingen


Schaal 1/200.000




Legende

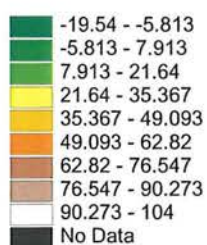
 Studiegebied

Waterlopen

 Bevaarbaar en eerste categorie

 Tweede categorie

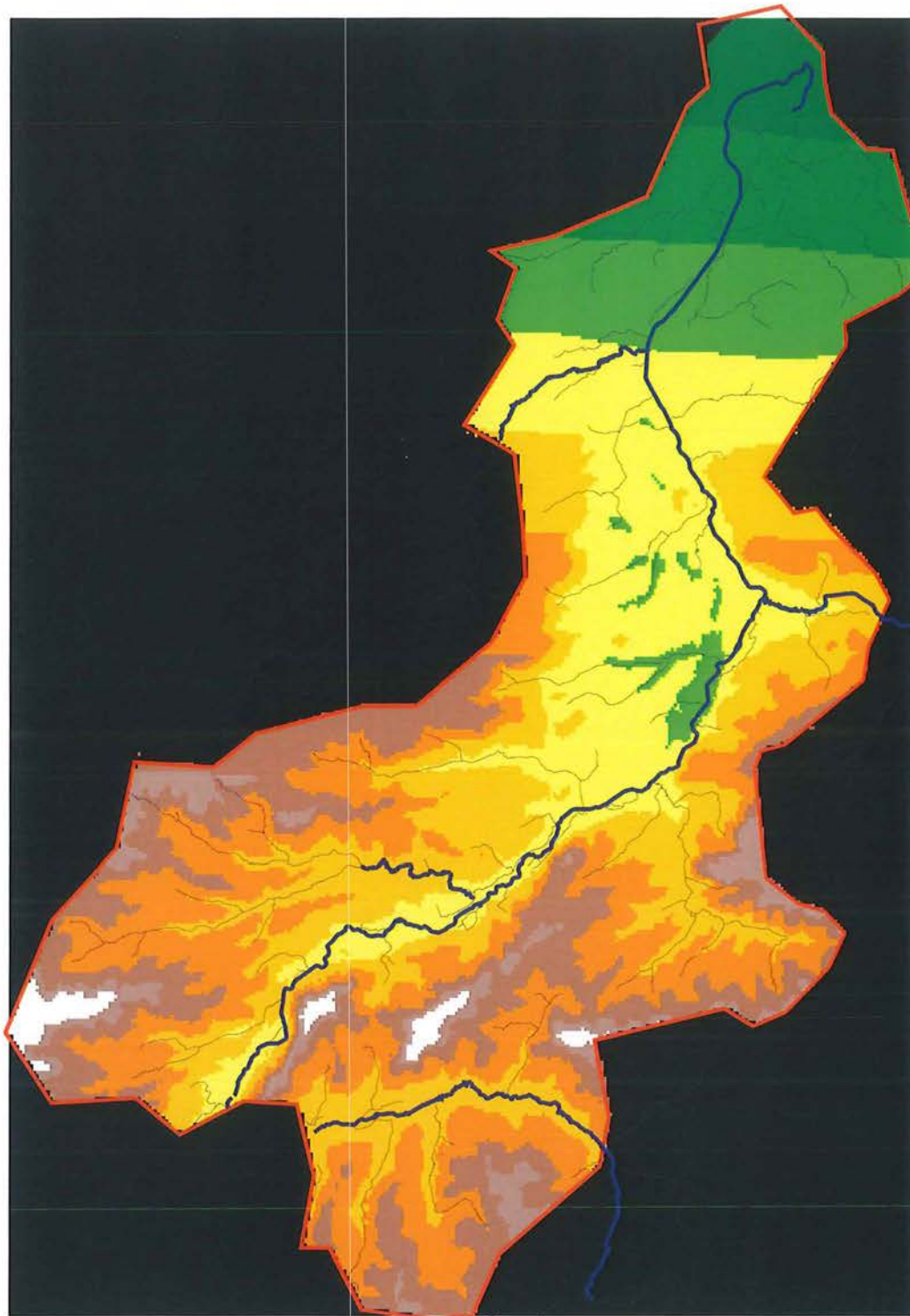
Bovenvlak tertiaire afzettingen (mTAW)



BIJLAGE 7

Bijlage 7: Ondergrens Formatie van Tielt (= laag 4)


Schaal 1/200.000




Legende

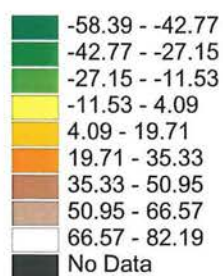
 Studiegebied

Waterlopen

 Bevaarbaar en eerste categorie

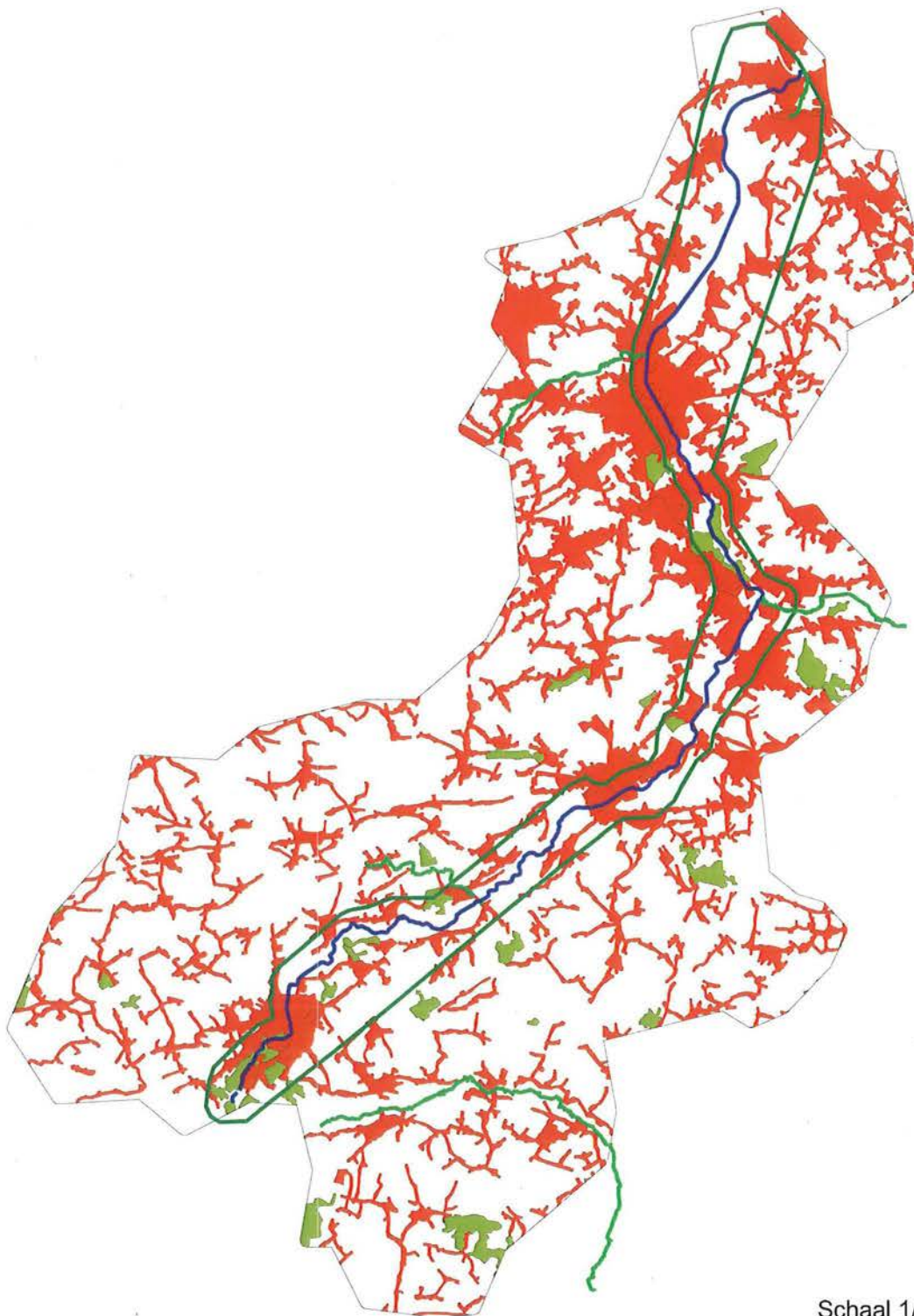
 Tweede categorie

Ondergrens Formatie van Tielt (m TAW)



BIJLAGE 8

Bijlage 8 Gebieden met gelijk neerslagoverschot



Schaal 1/200.000



Legende

-  Studiegebied
-  Interessegebied
- Waterlopen
-  Bevaarbaar
-  Eerste categorie

Gebieden met gelijk neerslagoverschot volgens landgebruik

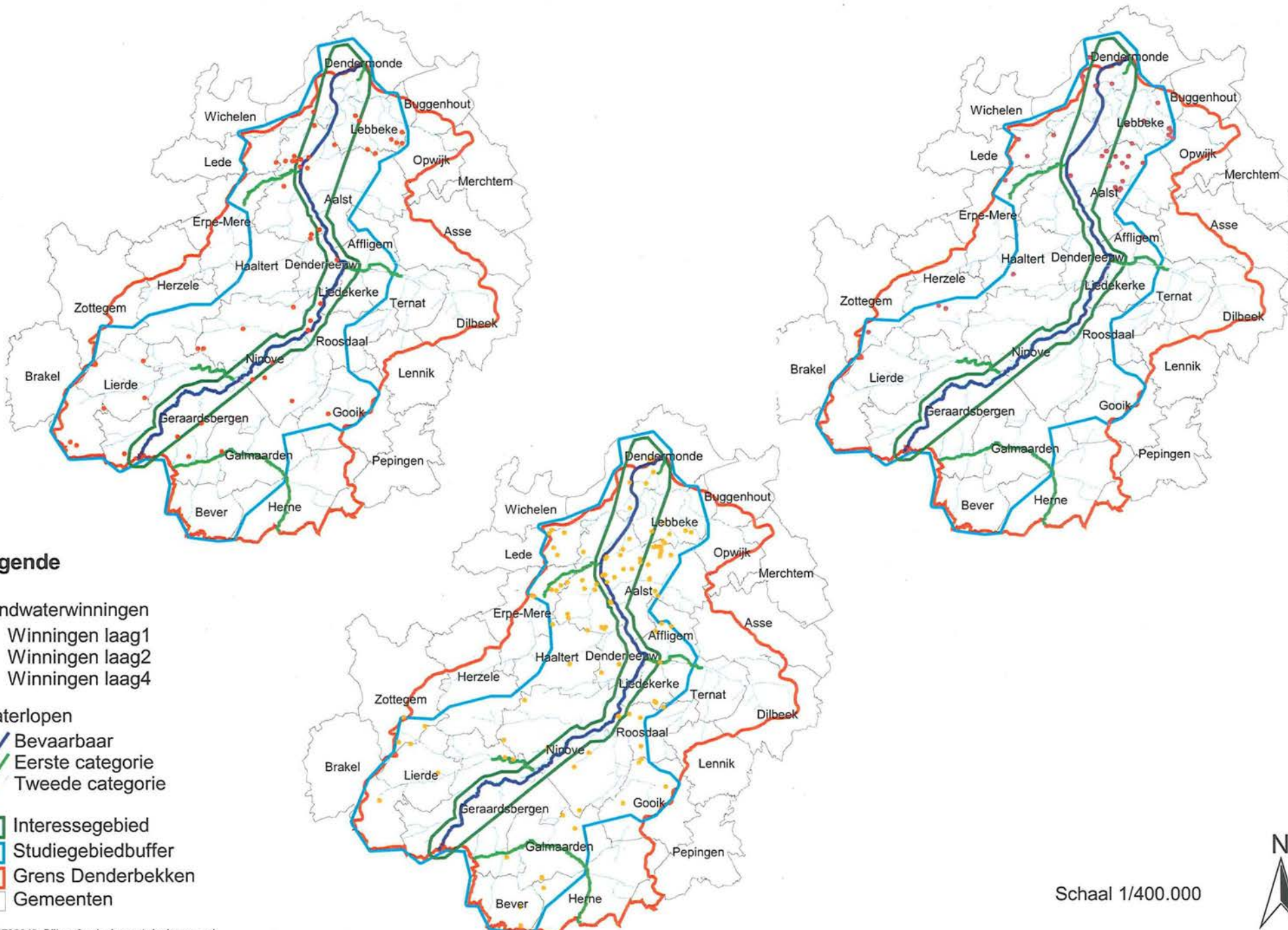
(Bron: Corine Landuse OC GIS vlaanderen)

-  Bos: groepering van 311 loofbossen
312 naaldbossen
313 gemengde bossen
324 overgangsbos
-  Verhard: groepering van 111 aaneengesloten bebouwing
112 discontinue bebouwing
121 industrie- of handelszones
122 wegen en spoorwegen met bijhorende oppervlakken
124 luchthavens
133 constructieplaatsen
142 sport- en recreatiegebieden
-  Andere

ID: 104736049_Bijlage8_neerslagoverschot
(quartair.apr)

BIJLAGE 9

Bijlage 9 Grondwaterwinningen in het studiegebied



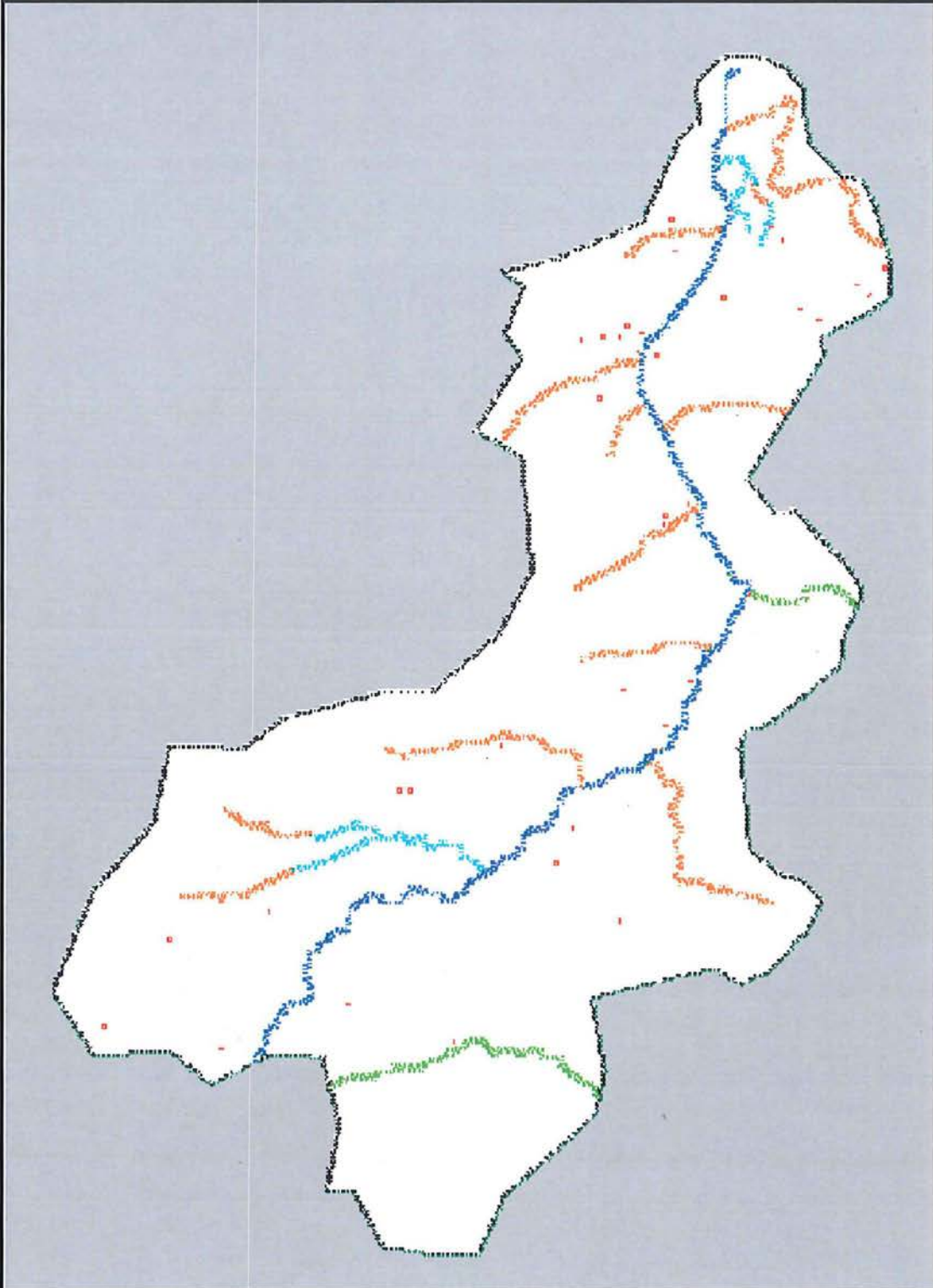
BIJLAGE 10

Bijlage 10: Gemodelleerde waterlopen

Bijlage 10 Gemodelleerde waterlopen

De oranje waterlopen zijn op basis van schattingen ingevoerd in het model.

De rode sterretjes zijn grondwaterwinningen in de bovenste modellaag.



BIJLAGE 11

Stap A1

De basis van het lid van Aalbeke wordt berekend uit :

- Isohypsen (kaartblad 30 van de geologische kaart van België);
- Boorgegevens (uit de Databank Ondergrond Vlaanderen);
- Het gegeven dat de lagen een vrij constante helling naar het NNO vertonen (uit: toelichting bij de geologische kaart van België).

Basis Lid van Aalbeke

Stap A2

De scheidingsvlakken tussen de verschillende lagen worden berekend vanuit :

- De basis van het Lid van Aalbeke;
- Gemiddelde laagdikte zoals aangegeven in de toelichting bij de geologische kaarten;
- De veronderstelling dat alle lagen overal nog volledig aanwezig zijn.

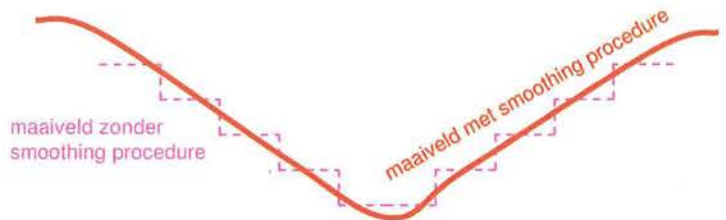
Laag 2	Ld GeVI	18 m
Laag 3	GeMe	4,5 m
Laag 4	TiEg TiKo	22,5 m
Laag 5	KoAa KoMo KoSm	8 m

Basis van het lid van Aalbeke

Stap B1

Het terreinmodel is opgebouwd uit :

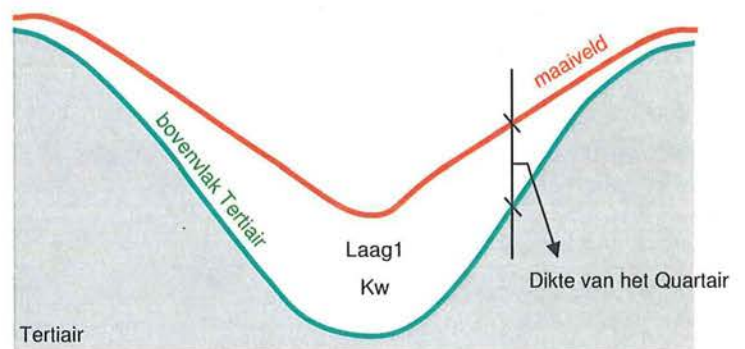
- DTM afkomstig van het NGI (buiten het interessegebied);
- DTM afkomstig van AWZ (binnen het interessegebied);
- De hoogtesprongen zijn verzacht d.m.v. een smoothing procedure



Stap B2

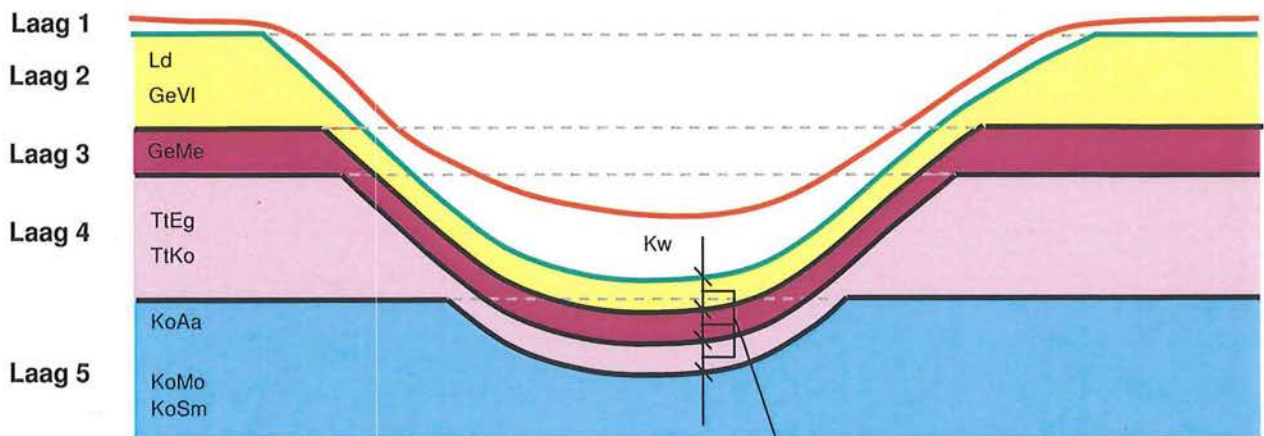
Bovenvlak van het Tertiair wordt berekend uit :

- Isopachenkaarten van het quartair (kaartblad 22, 23 en 30 – geologische kaart van België);
- Eigen inschatting voor kaartblad 31 (isopachen nog niet beschikbaar op de geologische kaart van België);
- Maaiveld met smoothing procedure



Combinatie van A2 en B2:

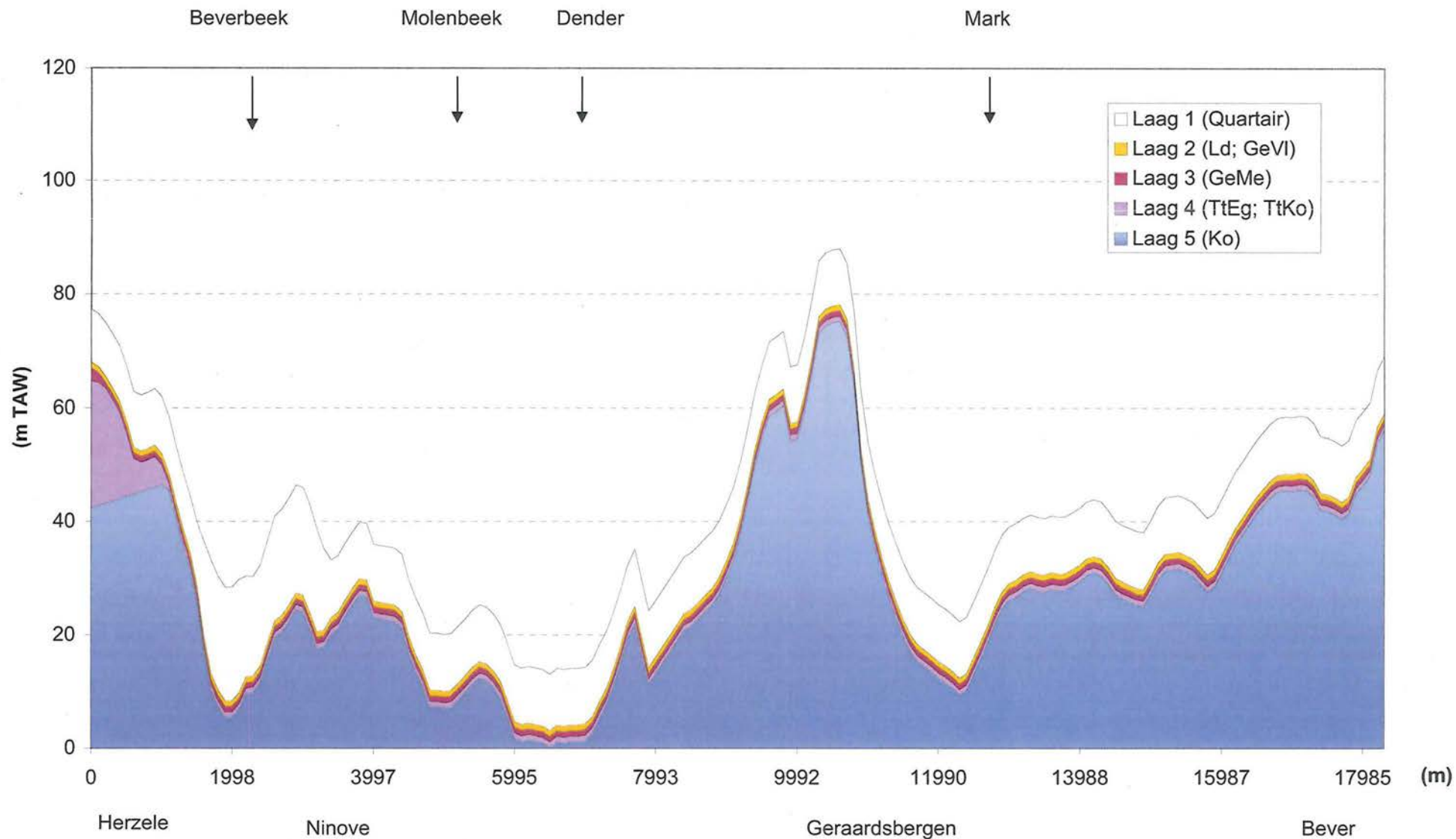
Op de plaatsen waar het bovenvlak van het Tertiair (berekend uit B2) lager gelegen is dan een scheidingsvlak (berekend uit A2), wordt het scheidingsvlak ingesneden met het bovenvlak van het Tertiair.



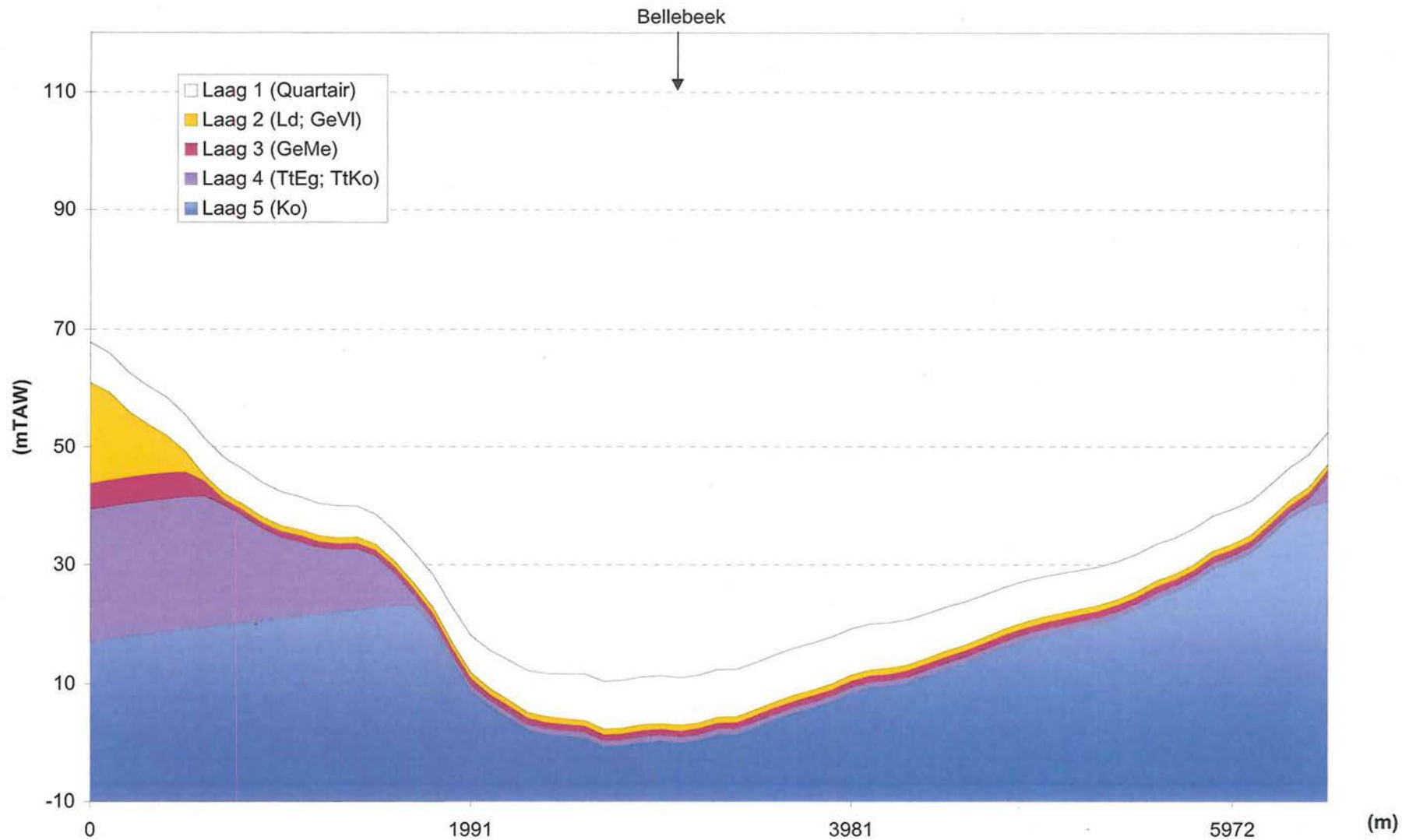
In werkelijkheid zijn deze lagen hier niet aanwezig. Om vlot te kunnen rekenen in Modflow is echter een minimale laagdikte van 1 m vereist.

BIJLAGE 12

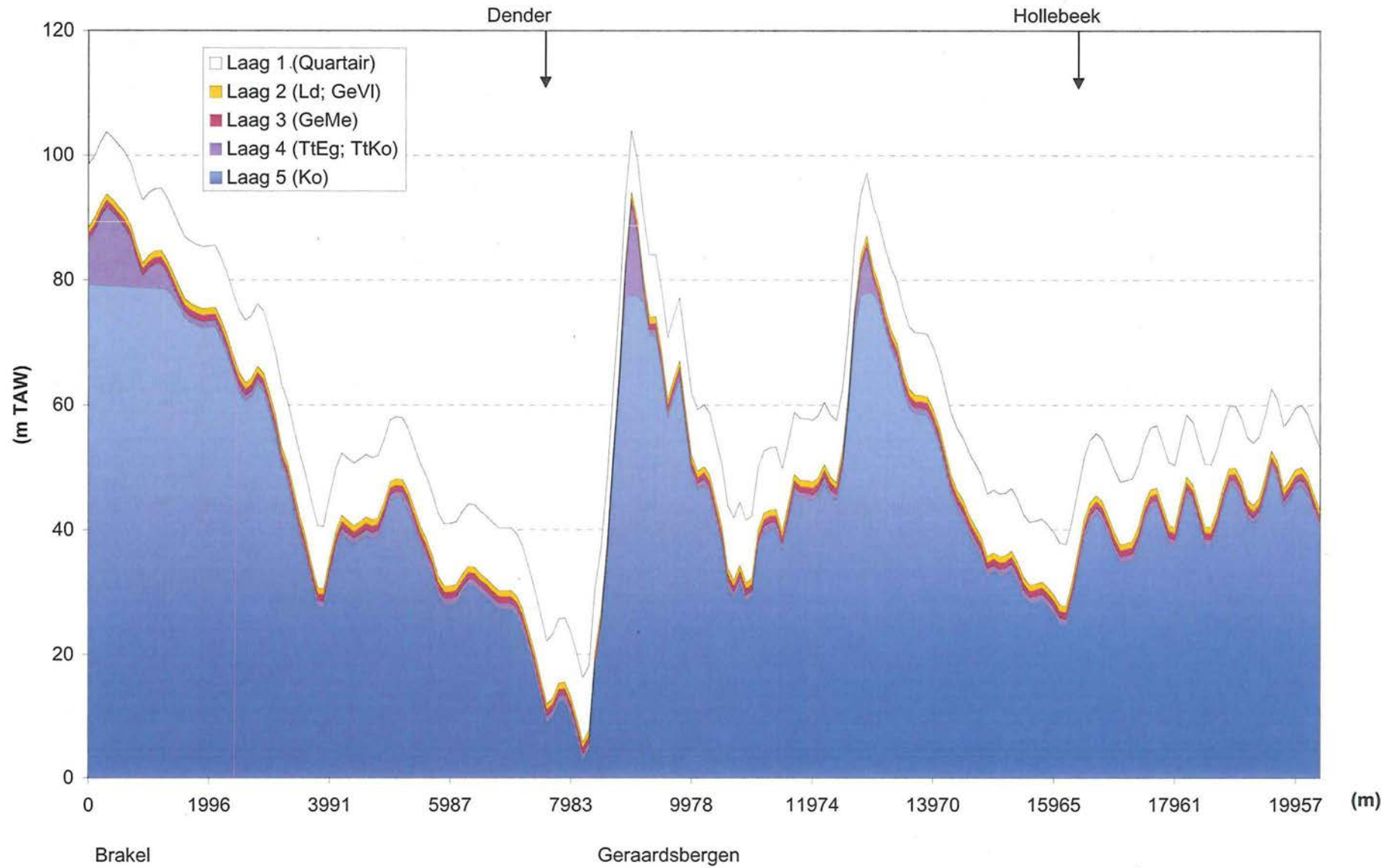
Profiel 1: Noord-zuid profiel



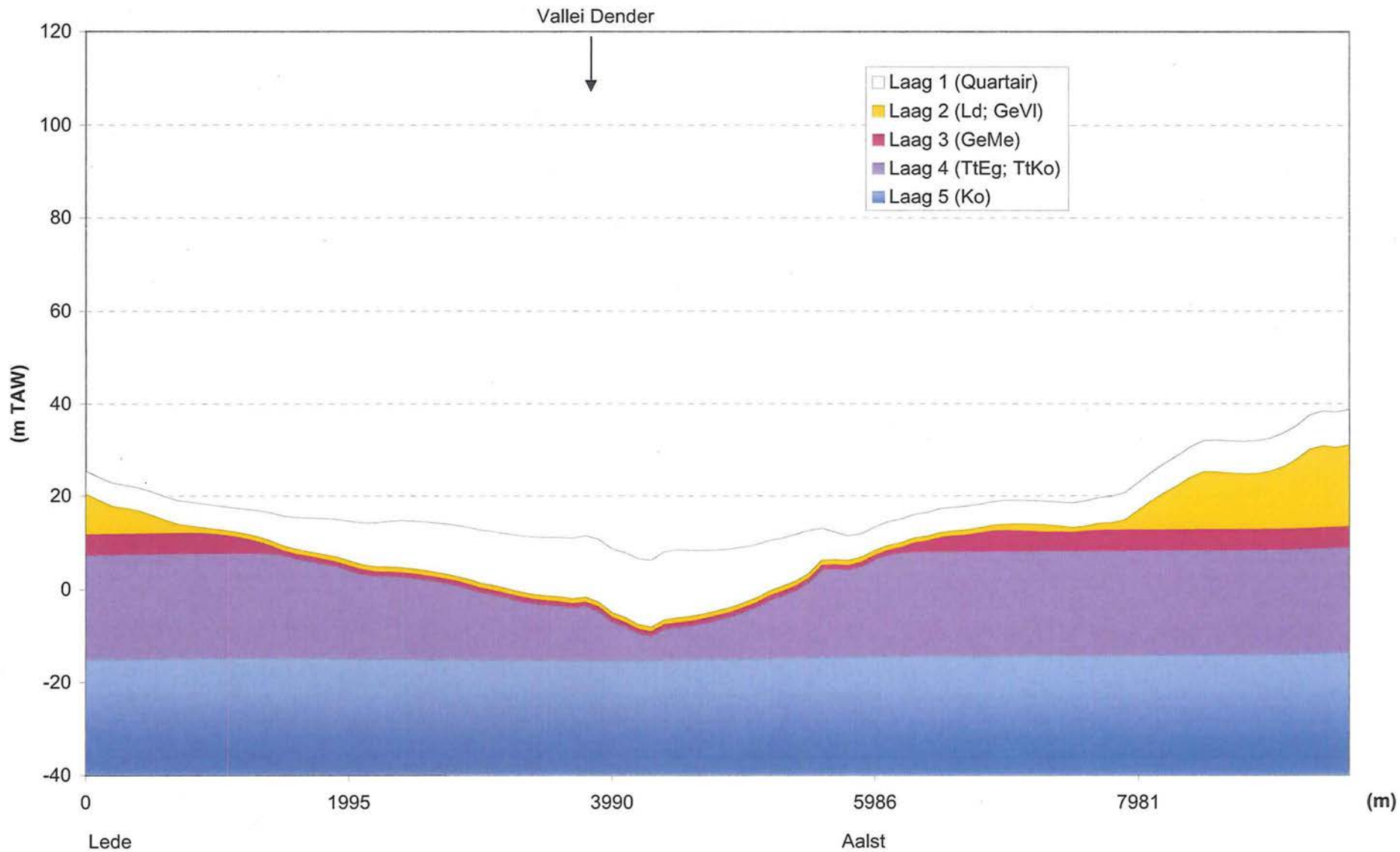
Profiel 2: Noord-zuid profiel (beperkt tot vallei Bellebeek)



Profiel 3: West-oost profiel



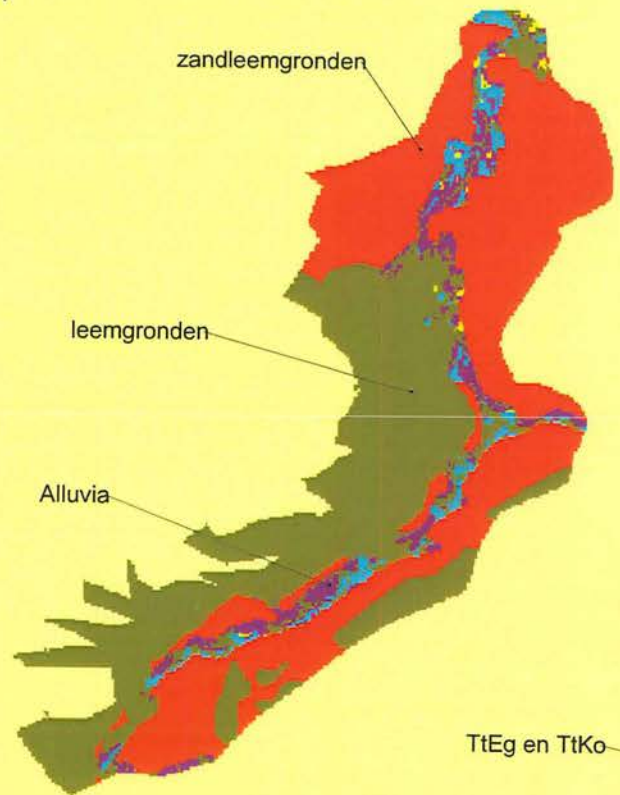
Profiel 4: West-oost profiel



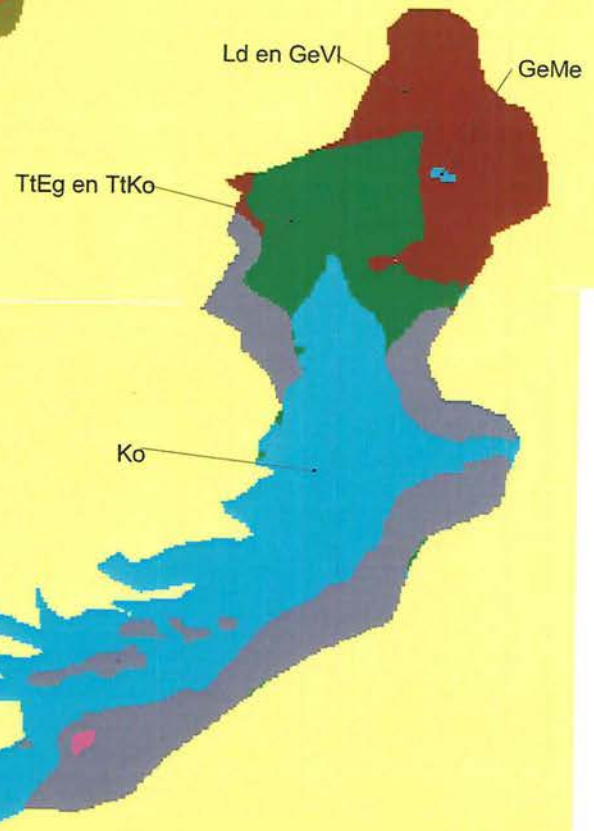
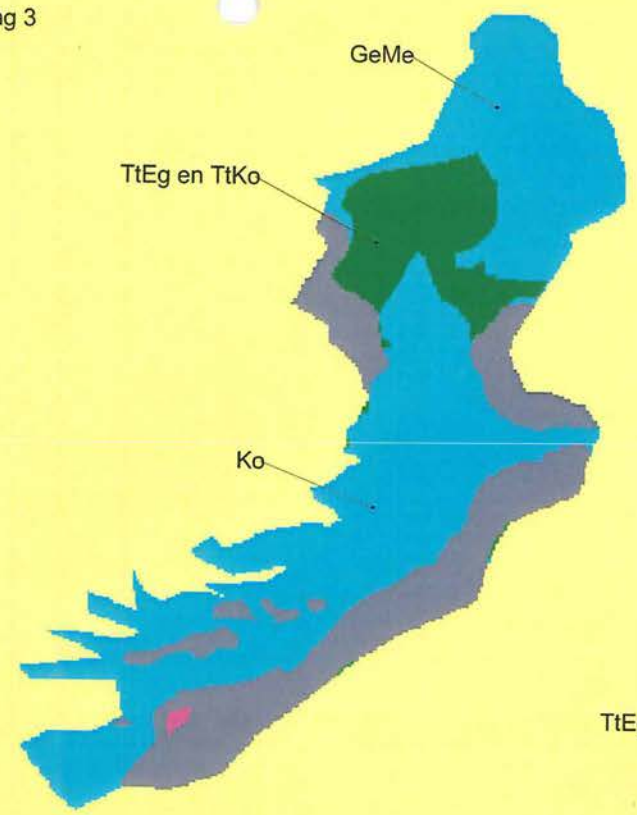
BIJLAGE 13

Bijlage 13: Doorlatendheidszones per modellaag

Laag 1



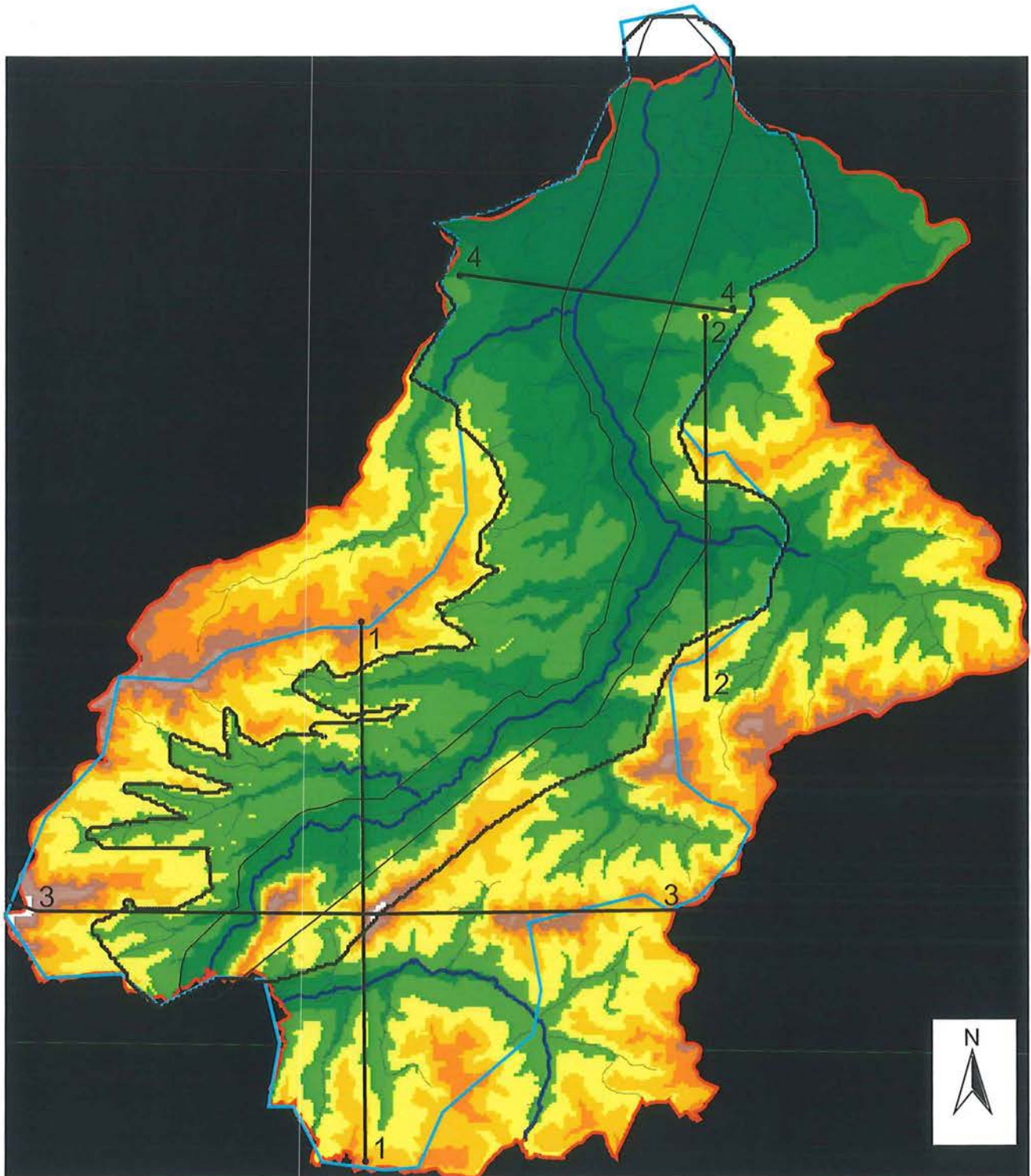
Laag 3



Laag 2

Laag 4

BIJLAGE 14



Legende

- ▭ Grens Denderbekken
- ▭ Oude modelgrens (afgebakend voor de modelopbouw)
- Nieuwe modelgrens (afgebakend tijdens de stabilisatiefase)

Waterlopen

- ~ Bevaarbaar en eerste categorie
- ~ Tweede categorie

Ligging profiel

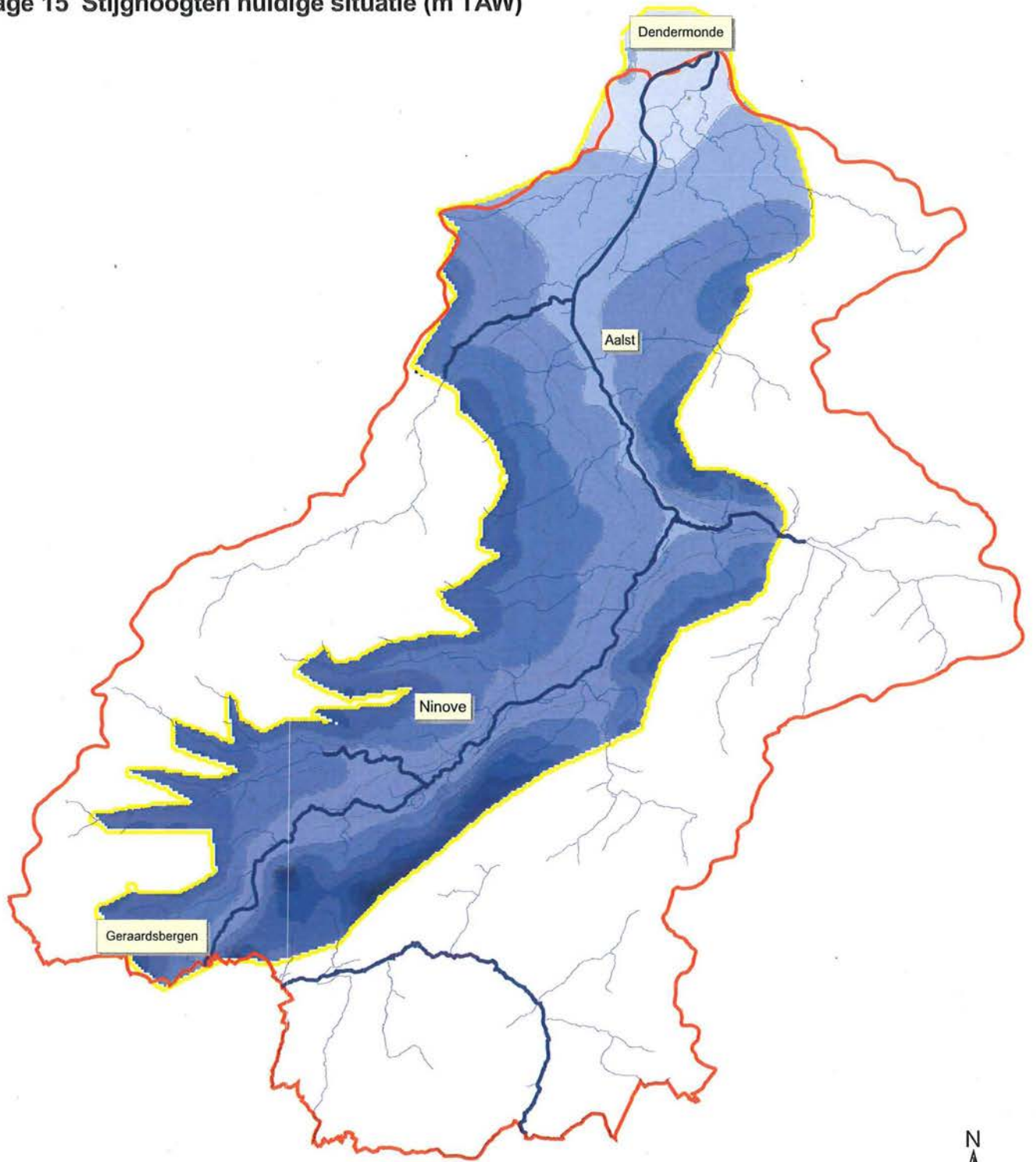
Topografie (m TAW)

	3 - 15.24
	15.24 - 27.48
	27.48 - 39.72
	39.72 - 51.96
	51.96 - 64.2
	64.2 - 76.44
	76.44 - 88.68
	88.68 - 100.92
	100.92 - 113.16
	No Data

Resolutie 100 m op 100 m
(Verwerking vanuit puntenbestand NGI van OC GIS Vlaanderen)

BIJLAGE 15

Bijlage 15 Stijghoogten huidige situatie (m TAW)

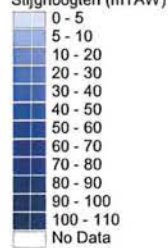


Schaal 1/200.000

Legende

- Grens Denderbekken
- Modelgrens
- Hoofdwaterlopen
 - Bevaarbaar
 - Onbevaarbaar eerste categorie
 - Onbevaarbaar tweede categorie

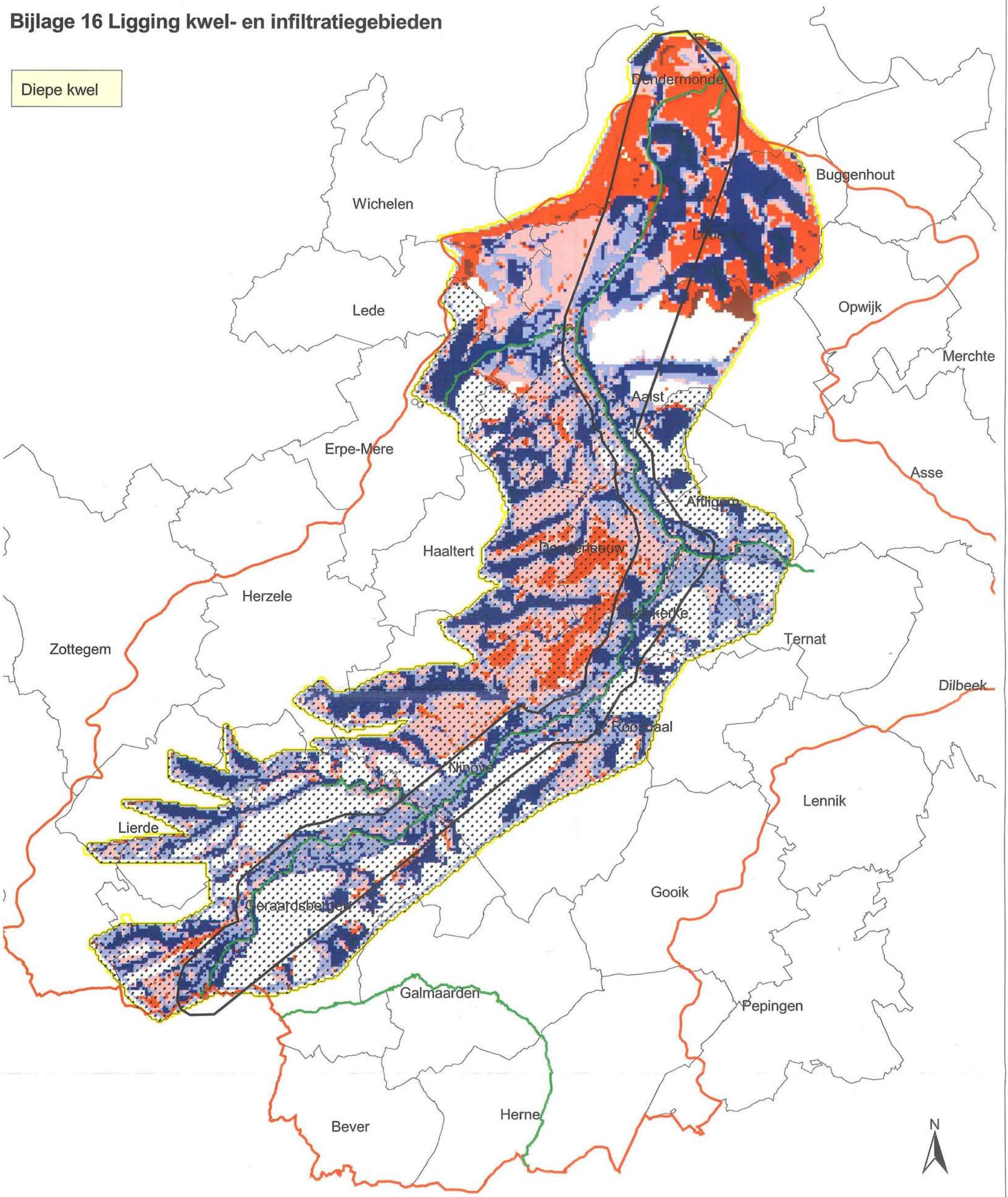
Stijghoogten (mTAW)



BIJLAGE 16

Bijlage 16 Ligging kwel- en infiltratiegebieden

Diepe kwel



Legende

- Waterlopen (bevaarbaar en onbevaarbaar 1e categorie)
- Grens Denderbekken
- Modelgrens
- Interessegebied
- Gemeenten
- Gebieden waar kwartaire dek enig watervoerend pakket is. De berekende stijghoogteverschillen vertegenwoordigen hier ondiepe kwel.

Stijghoogteverschillen (m)
Kwel (-) en infiltratie (+)

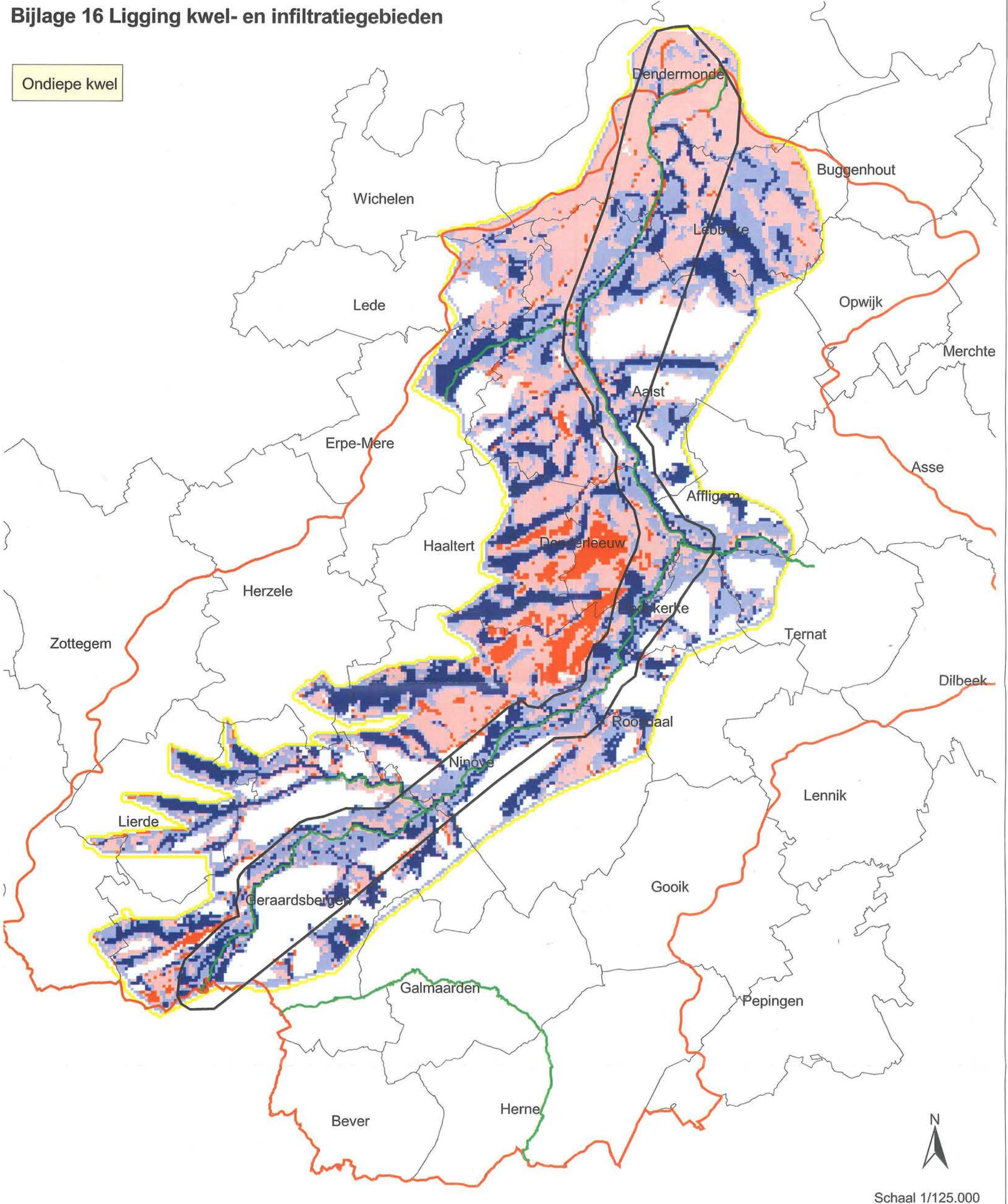
	-0.5 - -0.1
	-0.1 - -0.01
	-0.01 - 0
	0 - 0.01
	0.01 - 0.1
	0.1 - 0.5

De witte vlekken in het modelgebied duiden op infiltratie. De grondwater tafel bevindt zich dieper dan de onderkant van de bovenste modellaag. Deze laag valt droog. Er kunnen dan geen stijghoogteverschillen berekend worden.

Schaal 1/125.000

Bijlage 16 Ligging kwel- en infiltratiegebieden

Ondiepe kwel



Legende

- Waterlopen (bevaarbaar en onbevaarbaar 1e categorie)
- Grens Denderbekken
- Modelgrens
- Interessegebied
- Gemeenten

Stijghoogteverschillen (m) Kwel (-) en infiltratie (+)

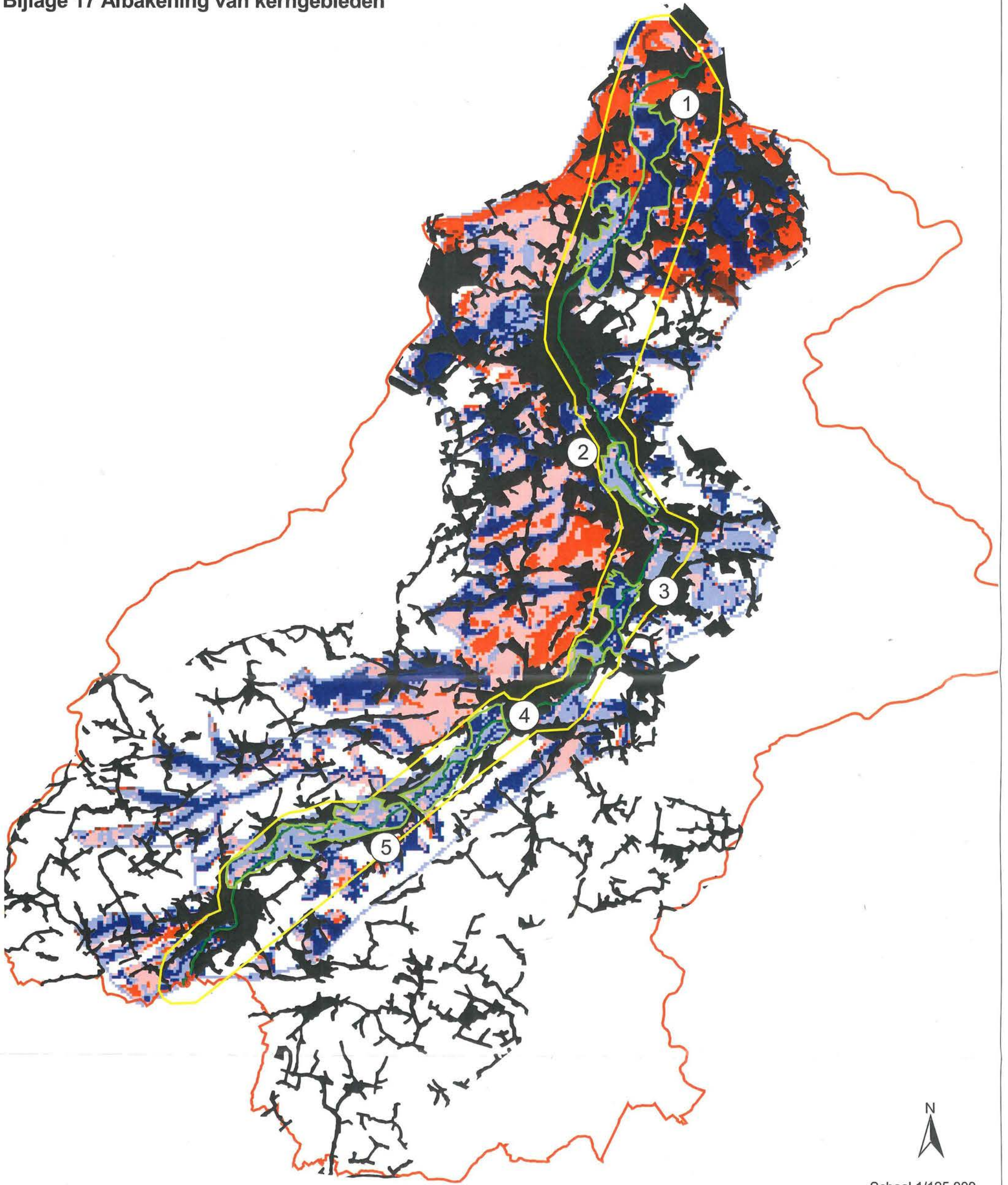
- 0.4 - -0.1
- 0.1 - -0.01
- 0.01 - 0
- 0 - 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 0.15

De witte vlekken in het modelgebied duiden op infiltratie. De grondwatertafel bevindt zich dieper dan de onderkant van de bovenste modellaag. Deze laag valt droog. Er kunnen dan geen stijghoogteverschillen berekend worden.

Schaal 1/125.000

BIJLAGE 17

Bijlage 17 Afbakening van kerngebieden









Schaal 1/125.000

Legende

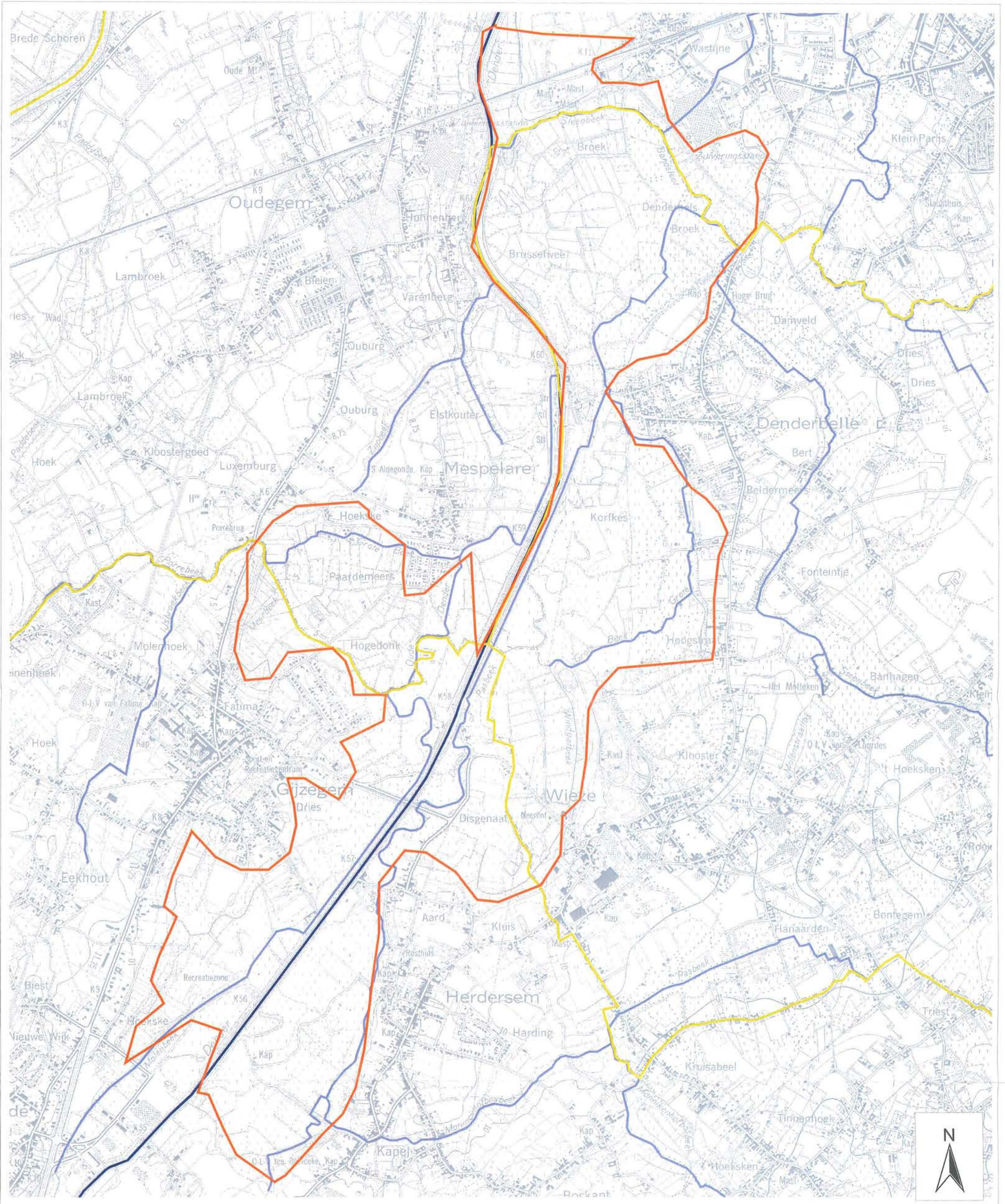
-  Waterlopen (bevaarbaar en onbevaarbaar 1e categorie)
-  Grens Denderbekken
-  Interessegebied
-  Kerngebieden
-  Verstedelijkt gebied

Stijghoogteverschillen (m) : laag 1a - laag5 Kwel (-) en infiltratie (+)

-  -0.5 - -0.1
-  -0.1 - -0.01
-  -0.01 - 0
-  0 - 0.01
-  0.01 - 0.1
-  0.1 - 0.5

De witte vlekken in het modelgebied duiden op infiltratie. De grondwatertafel bevindt zich dieper dan de onderkant van de bovenste modellaag. Deze laag valt droog. Er kunnen dan geen stijghoogteverschillen berekend worden.

BIJLAGE 18



Legende

- Kerngebied 1
- Gemeentegrenzen

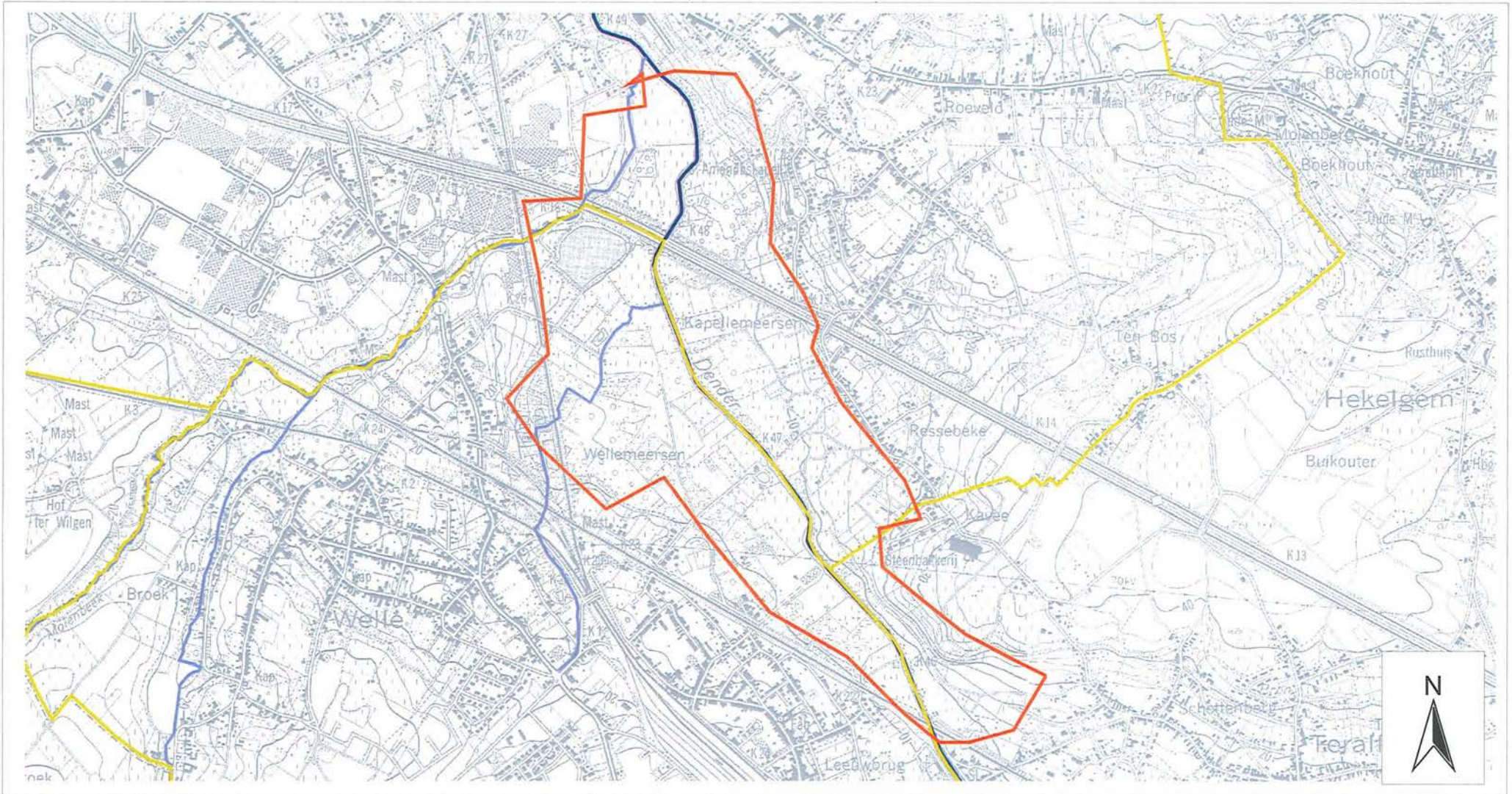
Waterlopen



- Bevaarbaar
- Onbevaarbaar 1e cat
- Onbevaarbaar 2e cat

Schaal 1/20.000



Bijlage 18 Kerngebied 2

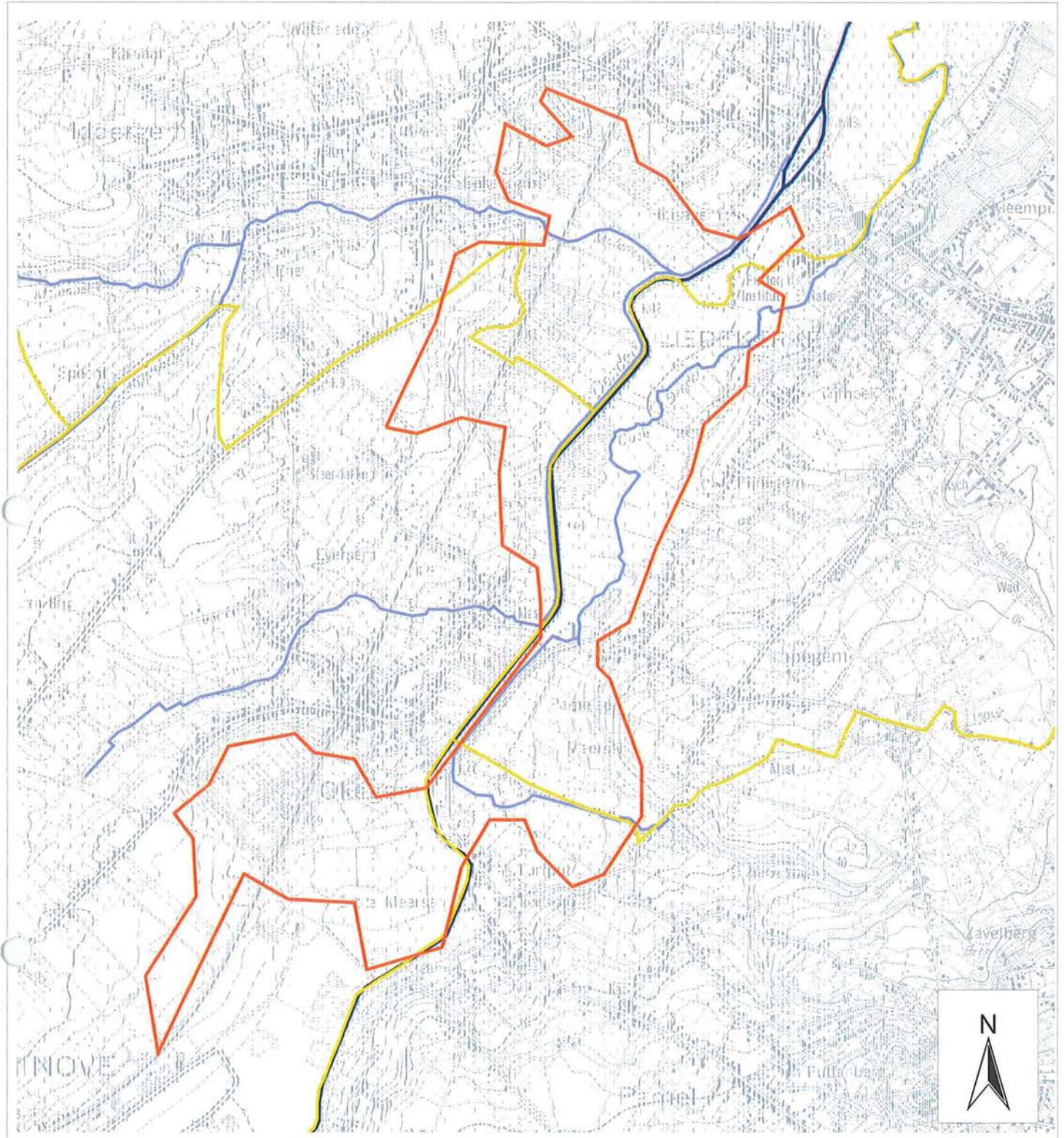


- Legende**
-  Kerngebied 2
 -  Gemeentegrenzen


- Waterlopen
-  Bevaarbaar
 -  Onbevaarbaar 1e cat
 -  Onbevaarbaar 2e cat

Schaal 1/20.000

Bijlage 18 Kerngebied 3



Legende

 Kerngebied 3

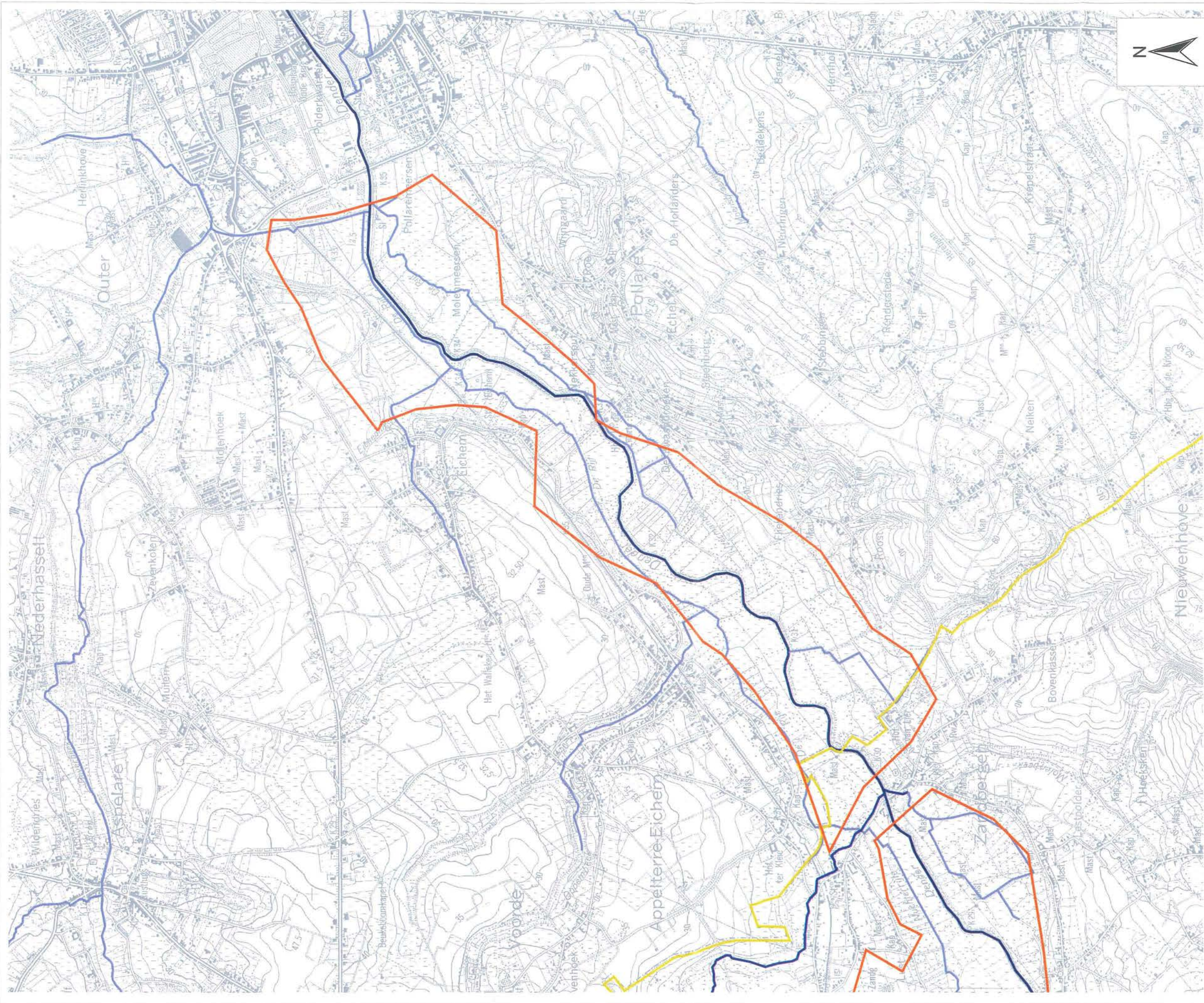
 Gemeentegrenzen

Waterlopen

 Bevaarbaar
 Onbevaarbaar 1e cat
 Onbevaarbaar 2e cat

Schaal 1/20.000

Bijlage 18 Kerngebied 4

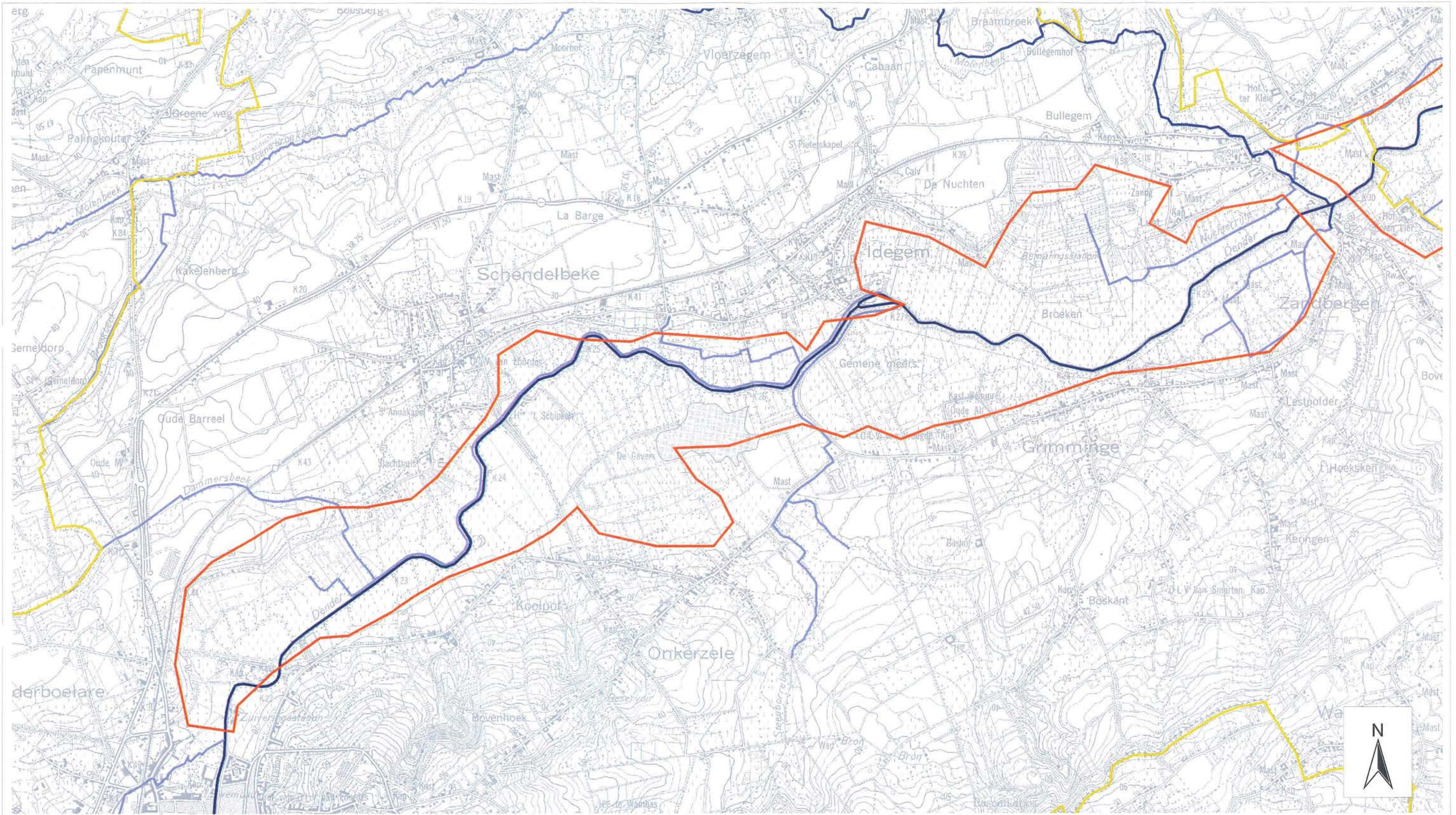


Legende

- Kerngebied 4
- Gemeentegrenzen
- Waterlopen
- Bevaarbaar
- Onbevaarbaar 1e cat
- Onbevaarbaar 2e cat

Schaal 1/20.000

id. 104736sab (kerngebieden.apr)

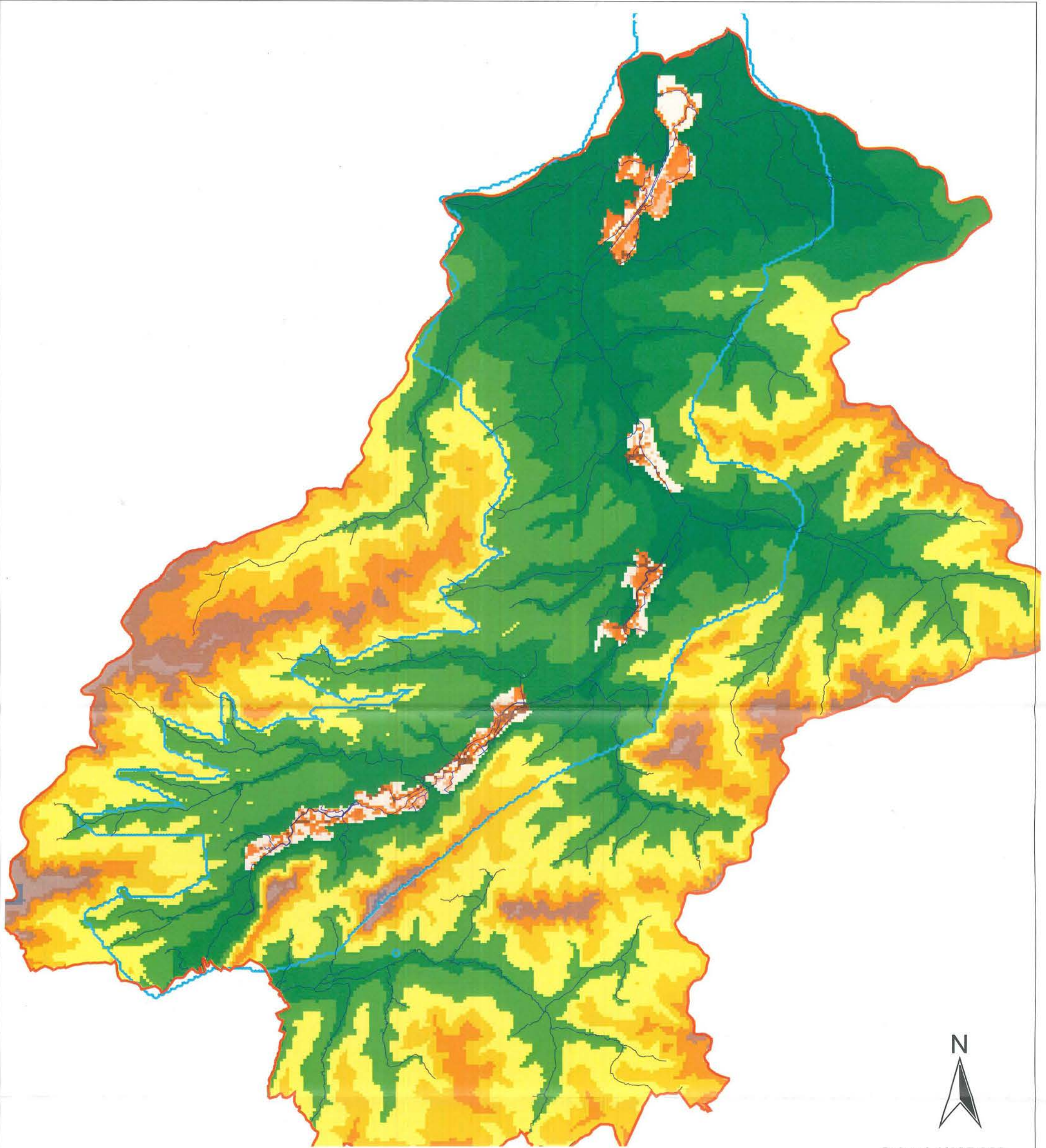


- Legende**
- Kerngebied 5
 - Gemeentegrenzen

- Waterloopen**
- ≡ Bevaarbaar
 - ≡ Onbevaarbaar 1e cat
 - ≡ Onbevaarbaar 2e cat

Schaal 1/20.000

BIJLAGE 19








Schaal 1/125.000










Legende

-  Grens Denderbekken
-  Modelgrens
-  Waterlopen

Reistijd (jaren)

-  0 - 2.5
-  2.5 - 5
-  5 - 10
-  10 - 25
-  25 - 273.62

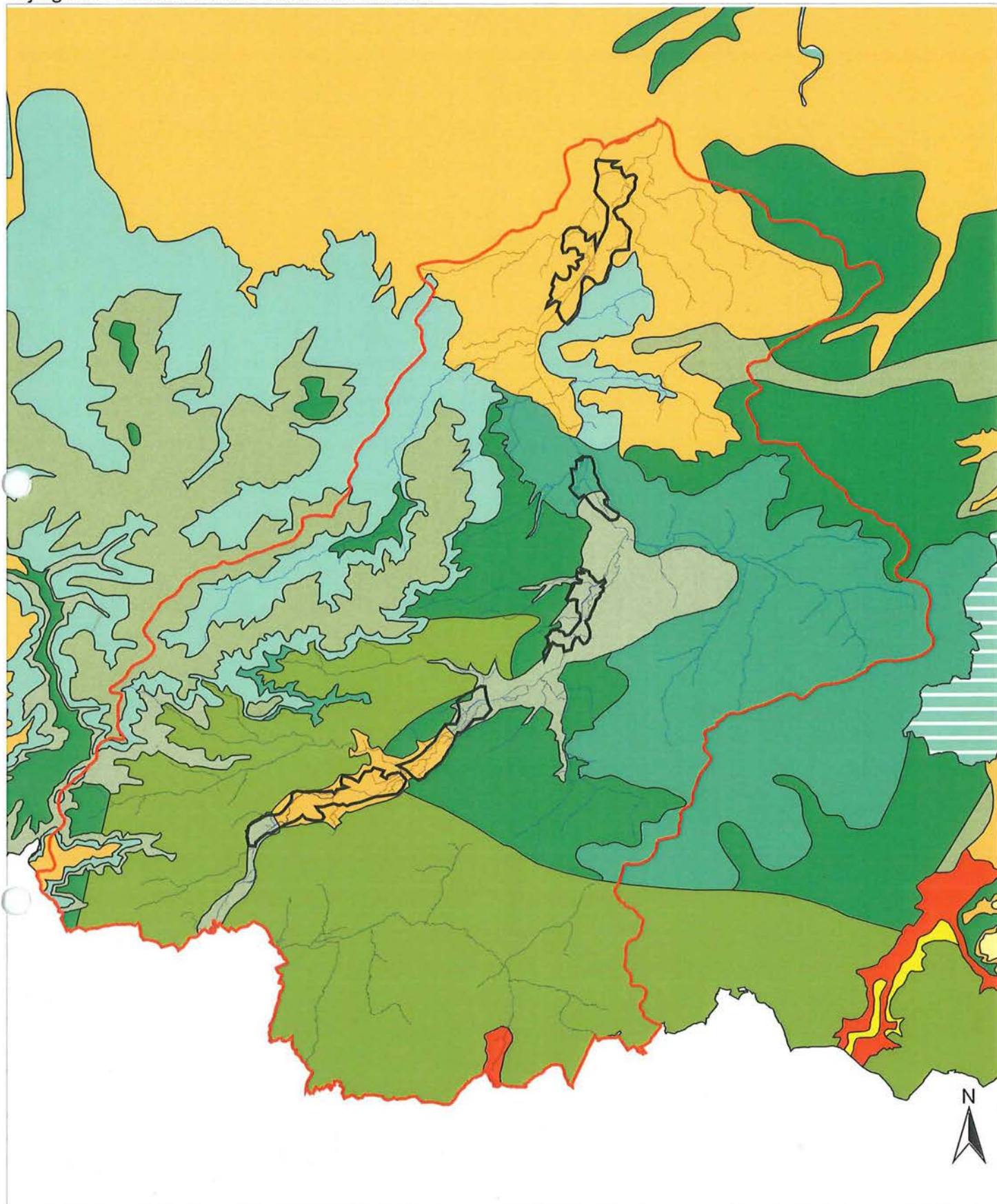
Topografie (m TAW)

-  3 - 15.24
-  15.24 - 27.48
-  27.48 - 39.72
-  39.72 - 51.96
-  51.96 - 64.2
-  64.2 - 76.44
-  76.44 - 88.68
-  88.68 - 100.92
-  100.92 - 113.16

De berekende toestromingstijden hebben betrekking op het laatste deel van de stroombanen (met name het deel dat binnen het modelgebied valt) en zijn dus een onderschatting van de werkelijke toestromingstijden.

BIJLAGE 20

Bijlage 20 Grondwaterkwetsbaarheidskaart



Legende

- Kerngebieden
- Grens Denderbekken
- Waterlopen

Grondwaterkwetsbaarheid in de kerngebieden

- Ca1 (zeer kwetsbaar)
- Da1 (matig kwetsbaar)
- Db (weinig kwetsbaar)

Schaal 1/200.000

id. 104736sab (reistijd.apr)

Verantwoordelijke administratie:	Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer (AMINAL), Afdeling Water
Ruimtelijke bedekking:	Vlaanderen
Originele bron:	In opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (i.h.b. de toenmalige dienst Water-en bodembeleid): Limburg : D. De Coster en P. De Smedt o.l.v. Prof. Dr. T. Van Autenboer - 1986 Antwerpen : E. Van Dyck, Ph. Van Burm, B. De Vliegheer en E. Pieters o.l.v. Prof. Dr. W. De Breuck - 1986 Vlaams-Brabant : Y. Baeten en P. De Smedt o.l.v. Prof. Dr. W. Loy - 1986 West-Vlaanderen : Y. Baeten o.l.v. Prof. Dr. W. Loy - 1987 Oost-Vlaanderen : E. Van Dyck en M. Steyaert o.l.v. Prof. Dr. W. De Breuck - 1987
Schaal:	1/100.000 (gedrukte kaart) - 1/10.000 (werkset)
Projectie:	Lambert 72
Meer info:	Grondwaterkwetsbaarheidskaart

Grondwaterkwetsbaarheidskaart

Bij de opmaak van de grondwaterkwetsbaarheidskaart van het Vlaamse gewest werd uitgegaan van de volgende definitie : " de grondwaterkwetsbaarheidskaart is de kaart van de risicograad van verontreiniging van het grondwater in de bovenste waterlaag door stoffen, die van op de bodem in de grond dringen, enkel rekening houdend met statische parameters".

De basisprincipes

* Als watervoerende laag werd de verzadigde zone beschouwd van een formatie, die een dikte en uitbreiding heeft die voldoende groot zijn om er op een economisch verantwoorde wijze water aan te onttrekken. Wat dat laatste betreft werd geëist dat er minimaal 4m³ per uur uit gewonnen moet kunnen worden . In de praktijk leidt dit soms tot misverstanden. Inderdaad, de kaart geeft een idee van de eerste economisch interessante waterlaag die in vele gevallen niet overeenkomt met de laag die men bv. bij graafwerken als eerste aansnijdt.

* Het tweede belangrijk punt is dat de kaarten opgemaakt zijn voor verontreinigingen vanop het bodemoppervlak en enkel rekening houdend met statische factoren. M.a.w. ze zijn vooral een weergave van het gevaar van doorstromen - en dan in het bijzonder in verticale richting - van verontreinigende stoffen meegevoerd door het insijpelende water of van verontreinigende vloeistoffen vanaf het oppervlak tot in de verzadigde zone doorheen de bodem en de onverzadigde zone. Met factoren zoals de aard en de omvang van de verontreiniging, de verspreiding ervan door stroming van het verontreinigd water onder de heersende hydrogeologische omstandigheden, alsook met de wisselwerking tussen de verontreinigende stof en de formatie werd dus geen rekening gehouden. Practisch gezien werd uitgegaan van de omvang en de aard van de watervoerende lagen en van de deklagen, samen met hun hydraulische parameters, in het bijzonder de aard en de waarde van de doorlatendheid.

De graden van kwetsbaarheid

De kaart is dus gebaseerd op drie factoren : de watervoerende laag, de deklaag en de onverzadigde zone. Die werden dan ingedeeld in een aantal klassen, ieder met een bepaalde index, waarna de uiteindelijke kwetsbaarheidsschaal opgesteld werd aan de hand van combinaties van de verschillende indices.

1. de watervoerende laag

Bepalend bij de indeling van de watervoerende lagen waren de aard van het gesteente, de doorlatendheid en de wijze waarop een verontreiniging zich zou gedragen. Op die manier kwam men tot vier klassen :

- * krijt, kalksteen, mergel, zandsteen
- * grind
- * zand
- * leemhoudend zand, kleihoudend zand

2. de deklaag

Als deklaag beschouwde men de laag die boven de watervoerende laag voorkomt. Om voldoende bescherming te bieden moet die deklaag minimaal 5 meter dik zijn, en dat rekening houdend met

bouwwerken, kanalen, grachten, en dergelijke meer. Is de deklaag minder dan 5 m dik, dan werd ze beschouwd als zijnde onbestaand. De indeling werd ook hier bepaald door de aard van het gesteente, samen met de dikte en de doorlatendheid. Men onderscheidde drie klassen :

- * geen deklaag (minder dan 5 meter en/of zandig)
- * een lemige deklaag
- * een kleïge deklaag

3. de onverzadigde zone

Bij afwezigheid van een deklaag hield men rekening met de onverzadigde zone die dan als bescherming van het grondwater moest dienen. Op basis van de dikte ervan onderscheidde men twee klassen

- * minder dan 10 meter dik
- * meer dan 10 meter dik

4. De kwetsbaarheidsschaal

Op basis van de combinatie van bovenstaande indices kwam men tot vijf kwetsbaarheidsgraden, elk door een eigen kleur op de vermelde kaart weergegeven :

- * uiterst kwetsbaar (rood)
- * zeer kwetsbaar (oranje)
- * kwetsbaar (geel)
- * matig kwetsbaar (lichtgroen)
- * weinig kwetsbaar (donkergroen)

Het gebruik in de praktijk

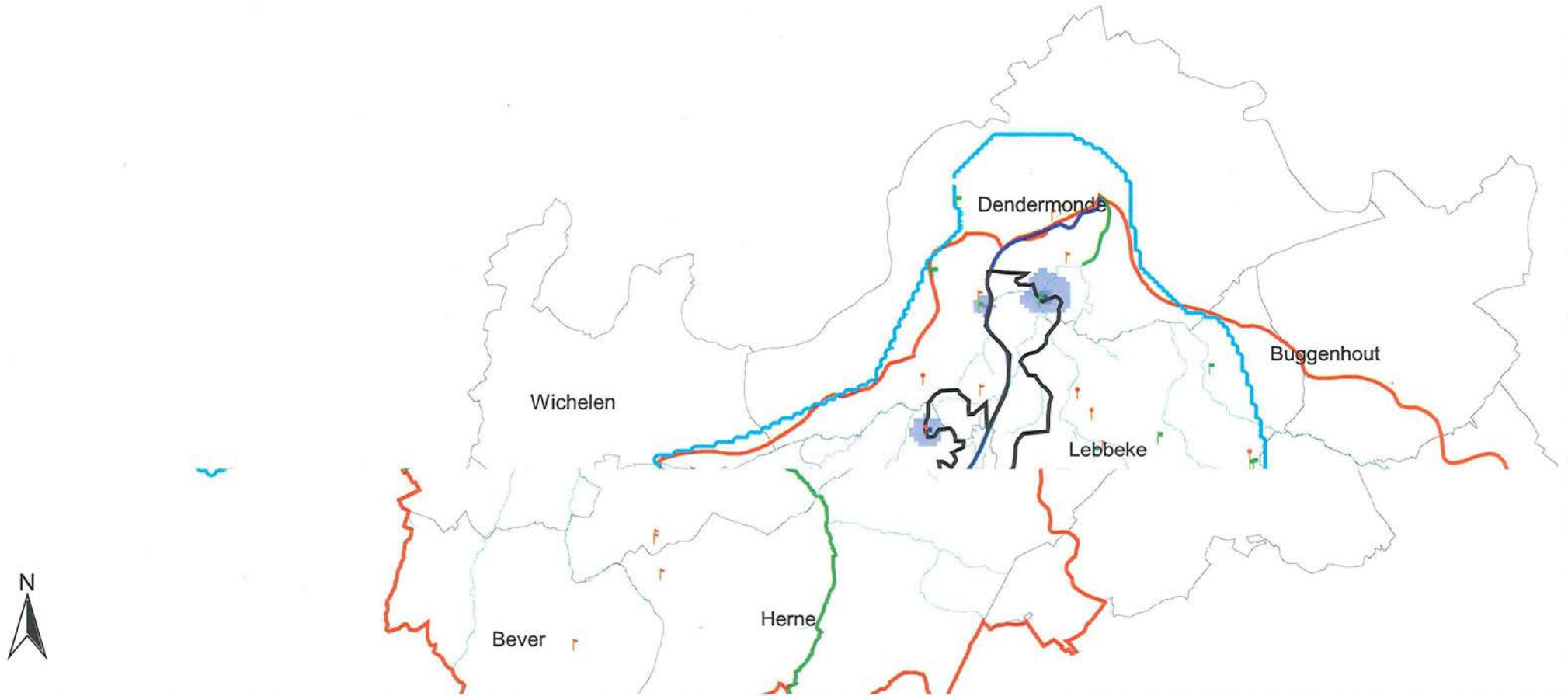
Op de kaart werd vermeld :

"De huidige kaarten hebben tot doel de gebruiker een globaal beeld te verschaffen met het oog op een regionale planning. Voor de evaluatie van de ingrepen die een verontreiniging kunnen veroorzaken, gelden deze kaarten als een richtlijn voor de uitvoering van de nodige studies terzake."

De kwetsbaarheidskaart van het grondwater kan dus wel worden gebruikt om een eerste idee te krijgen van de haalbaarheid van een bepaalde ingreep, maar ze mogen in geen geval gebruikt worden als het enige criterium om te beslissen of een beoogde activiteit een gevaar kan vormen voor de kwaliteit van het grondwater of niet. Noch de schaal, noch de gebruikte methodiek laten toe ze aan te wenden met het oog op een pasklaar antwoord. Bijkomend onderzoek, waarbij o.m. de dynamische en hydrochemische factoren in overweging genomen worden, zal dus steeds noodzakelijk blijven.

BIJLAGE 21

Bijlage 21 Scenario 1: invloed van de grondwaterwinningen



Legende

Grondwaterstandsstijging (m) ten opzichte van de huidige situatie door geen grondwater meer op te pompen



Grondwaterwinningen huidige situatie

- In modellaag1 (Quartaire dek)
- In modellaag2 (Formatie van Lede en Lid van Vlierzele van Formatie van Gent)
- In modellaag4 (Leden van Egem en Kortemark van de Formatie van Tielt)

Hoofdwaterlopen

- Bevaarbaar
- Onbevaarbaar 1e categorie
- Onbevaarbaar 2e categorie
- Modelgebied
- Grens Denderbekken
- Gemeenten
- Kerngebieden

Schaal 1/125.000

id. 104736/sab (scenario1.apr)

BIJLAGE 22

BIJLAGE 22: MODELLERING GRONDWATER

Het model MODFLOW (McDonald en Harbaugh, 1983) is een numeriek grondwaterstromingsmodel dat modulair is opgebouwd. Het model bestaat uit een hoofdprogramma en een serie van onafhankelijke modules. Elke module heeft betrekking op een specifiek onderdeel van geohydrologische systeem. Zo bestaan er modules voor de stroming van of naar een drain, voor de evapotranspiratie, voor neerslag, voor onttrekkingen etc.

De in het model gebruikte oplossingsmethode is de eindige differentie methode. De keuze voor de differentie methode heeft tot gevolg dat een te modelleren gebied ten behoeve van de berekeningen wordt opgebouwd uit rechthoekige en/of vierkante elementen, welke in het navolgende cellen worden genoemd.

De afzonderlijke modules worden hieronder toegelicht:

Basismodule

In de basismodule wordt een aantal algemene gegevens over het te modelleren gebied ingevoerd, zoals het aantal rijen en kolommen in het grid, het aantal watervoerende en waterscheidende lagen, de beginvoorwaarden van de berekeningen en de modules die in de berekening worden meegenomen.

Blokgecentreerde stromingsmodule

In deze module wordt aangegeven of de watervoerende lagen freatisch dan wel spanningswater bevatten. De afmetingen van de cellen wordt aangegeven. De geohydrologische eigenschappen van de lagen, zoals het doorlaatvermogen, verticale weerstand en de bergingscoëfficiënten dienen hier te worden opgegeven. Het doorlaatvermogen en de verticale weerstand kunnen per cel worden gedefinieerd.

Riviermodule

Een rivier, plas of watergang kan zowel grondwater uit de omgeving draineren als water infiltreren. Deze wisselwerking tussen oppervlaktewater en grondwater kan in het model worden verdisconteerd door toepassing van de riviermodule. Als een rivier, plas of watergang met een vast peil in een cel van het model valt, wordt dit aangegeven in de riviermodule. Hierbij worden bodemhoogte van de rivier, het doorlatend vermogen van de rivierbodem naar het watervoerend pakket en het waterpeil van het oppervlaktewater aangegeven.

Drainagemodule

De drainagemodule komt vrijwel overeen met de riviermodule. Het verschil is dat bij toepassing van de drainagemodule een waterloop geen water kan infiltreren. De drainagebasis dient derhalve te worden opgegeven. Droogvallende watergangen en drainages worden in de drainagemodule ondergebracht.

Neerslagmodule

Met deze module wordt de neerslag of het neerslagoverschot (neerslag min verdamping) in het gebied in het model gebracht. Als de verdampingsmodule niet wordt gebruikt, wordt het neerslagoverschot ingebracht.

Verdampingsmodule

De verdamping als functie van de diepte van de grondwaterstand kan via deze module worden meegenomen.

Putmodule

In deze module dient plaats, diepte en onttrekkingsdebiet van eventuele grondwateronttrekkingen te worden opgegeven. Infiltratie door middel van putten kan ook via deze module worden ingebracht.

Algemene grensstijghoogte module

Hiermee kunnen stijghoogten buiten de rand van het modelgebied worden vastgelegd. De buitenste celrand van model staat daardoor onder invloed van een toe- of afvoer van grondwater over de modelrand, welke afhankelijk is van de vastgelegde stijghoogte en de doorlatendheid buiten het modelgebied. Door deze randvoorwaarden buiten het modelgebied te leggen, kunnen wijzigingen in de grondwaterstand tot buiten de rand van het modelgebied worden geëxtrapoleerd.

Opdrachtgever



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek
Berchemlei 115 2140 Borgerhout



Inventarisatie voor de opmaak van laagwaterscenario's in het bekken van de Dender

Deelopdracht 3:
Waterbalans

Opdrachthouder



soresma

Britselei 23 bus 1 2000 Antwerpen
Tel: 03/221.55.00 fax: 03/221.55.01
e-mail : info@soresma.be



EINDRAPPORT

INVENTARISATIE VOOR DE OPMAAK VAN LAAGWATERSCENARIO'S IN HET BEKKEN VAN DE DENDER

Deelopdracht 3 - Waterbalans

Identificatienummer : 104736088/dva

Datum	Status/beschrijving revisie	Paraaf	
12 december 2002	Revisie 1	dve	
		dve	
		dva	

Opdrachtgever



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek
Berchemlei 115
2140 Borgerhout

Opdrachthouder



INHOUD

INHOUD	2
LIJST VAN TABELLEN	3
LIJST VAN FIGUREN	4
1 Inleiding	5
2 Waterbalans	6
3 Opbouw	7
3.1 Algemeen	7
3.2 Neerslag	9
3.3 Evapotranspiratie	9
3.4 Afvoer	10
4 Resultaten	15
4.1 Jaarlijkse waterbalans	15
4.1.1 Evapotranspiratie	15
4.1.2 Afvoer	15
4.1.3 Restterm en sluitfout	17
4.2 Maandelijkse waterbalans (1996)	19
4.2.1 Evapotranspiratie	19
4.2.2 Afvoer	19
4.2.3 Restterm	20
4.3 Vergelijkende studie	21
5 Beschikbaar zoetwater per inwoner	23
5.1 Aanbod	23
5.2 Verbruik	24
6 Referentielijst	26

LIJST VAN TABELLEN

<i>Tabel 1 Gebruikte neerslagmeetreeksen voor de berekening van de Thiessenneerslag</i>	<i>9</i>
<i>Tabel 2 Gebruikte thiessencoëfficiënten voor de periode 1993-1998</i>	<i>9</i>
<i>Tabel 3 Gebruikte parameters voor de opsplitsing van de totale afvoer in deelstromen</i>	<i>11</i>
<i>Tabel 4 Resultaten van de jaarlijkse waterbalans over de periode 1993 tot 1998</i>	<i>15</i>
<i>Tabel 5 Aandeel van het verbruikt drinkwater en grondwater in de basisafvoer</i>	<i>16</i>
<i>Tabel 6 Aangepaste restterm en sluitfout versus oorspronkelijke restterm en sluitfout.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabel 7 Resultaten van de maandelijkse waterbalans voor het jaar 1996.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabel 8 Aangepaste restterm versus oorspronkelijke restterm.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabel 9 Gemiddelde resultaten maandelijkse waterbalansen</i>	<i>21</i>
<i>Tabel 10 Aanvoer via de Dender te Deux-Acres</i>	<i>23</i>
<i>Tabel 11 Totaal aanbod zoetwater in het Vlaamse deel van het bekken van de Dender (mlj m³/jaar).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabel 12 Aanbod zoetwater per inwoner in het Vlaamse deel van het bekken van de Dender (m³/jaar).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabel 13 Verbruik van zoetwater in het bekken van de Dender (mlj m³/jaar)</i>	<i>25</i>

LIJST VAN FIGUREN

<i>Figuur 1</i> schematische voorstelling watersysteem (Uit: <i>Het watersysteem in het bekken van de Dender, AMINAL Afdeling Water, 2000</i>).....	6
<i>Figuur 2</i> Procentuele verdeling van de jaarlijkse evapotranspiratie in 1996 (Ukkel).....	10
<i>Figuur 3</i> Voorbeeld van de gefilterde basisafvoer voor de Dender te Dendermonde	12
<i>Figuur 4</i> Voorbeeld van een resultaat van de gefilterde deelstromen voor de Dender te Dendermonde.....	12
<i>Figuur 5</i> Voorbeeld van de gefilterde basisafvoer voor de Dender te Deux-Acren	13
<i>Figuur 6</i> Voorbeeld van een resultaat van de gefilterde deelstromen voor de Dender te Deux-Acren.....	13
<i>Figuur 7</i> Grafische weergave van de jaarlijks waterbalans.....	18
<i>Figuur 8</i> Grafische weergave van de maandelijkse waterbalans	21

1 Inleiding

De Administratie Waterwegen en Zeewezen is de uitvoerder van het strategisch project 'Afstemmen van het waterpeilbeheer en het veiligheidsniveau van de zeewering op de principes van integraal waterbeheer en integraal kustzonebeheer'. Dit project past in de beleidsnota van minister Stevaert.

In dit strategisch project is eveneens een deelproject "zoetwaterbeheer tegen tekorten en tegen verdroging" vervat. Deze studie kadert in de uitwerking van dit deelproject. Het doel van het deelproject is het bepalen van maatregelen voor het waterpeilbeheer op de bevaarbare waterlopen om de beschikbare hoeveelheden zoetwater doelmatig te gebruiken en zo tegemoet te komen aan noden i.v.m. watertekorten en verdroging. In het deelproject worden problemen behandeld van watertekorten in de rivieren (oppervlaktewater) en in de omliggende valleigebieden. Hierbij wordt er een onderscheid gemaakt tussen effecten op langere termijn (vb. verdroging van natuurwaarden door een te laag waterpeil) en acute watertekorten (vb. onvoldoende diepgang voor de scheepvaart). Er wordt gezocht naar die maatregelen die de Administratie Waterwegen en Zeewezen als beheerder van de bevaarbare waterwegen en de kust kan uitvoeren door op een gefundeerde manier het waterpeilbeheer te voeren.

In deze studieopdracht "inventarisatie voor de opmaak van laagwatersscenario's in het bekken van de Dender" worden de nodige gegevens verzameld die in een latere fase moeten toelaten om maatregelen tegen watertekorten en verdroging te bepalen. Deze opdracht bestaat uit 4 deelopdrachten:

1. Algemene inventarisatie
2. Opmaak van grondwaterstromingskaarten en kaarten met aanduiding van de kwel- en infiltratiegebieden
3. Opmaak van een waterbalans voor het bekken van de Dender
4. Uitvoeren van grondwaterpeilmetingen

In dit rapport worden de resultaten van deelopdracht 3 beschreven.

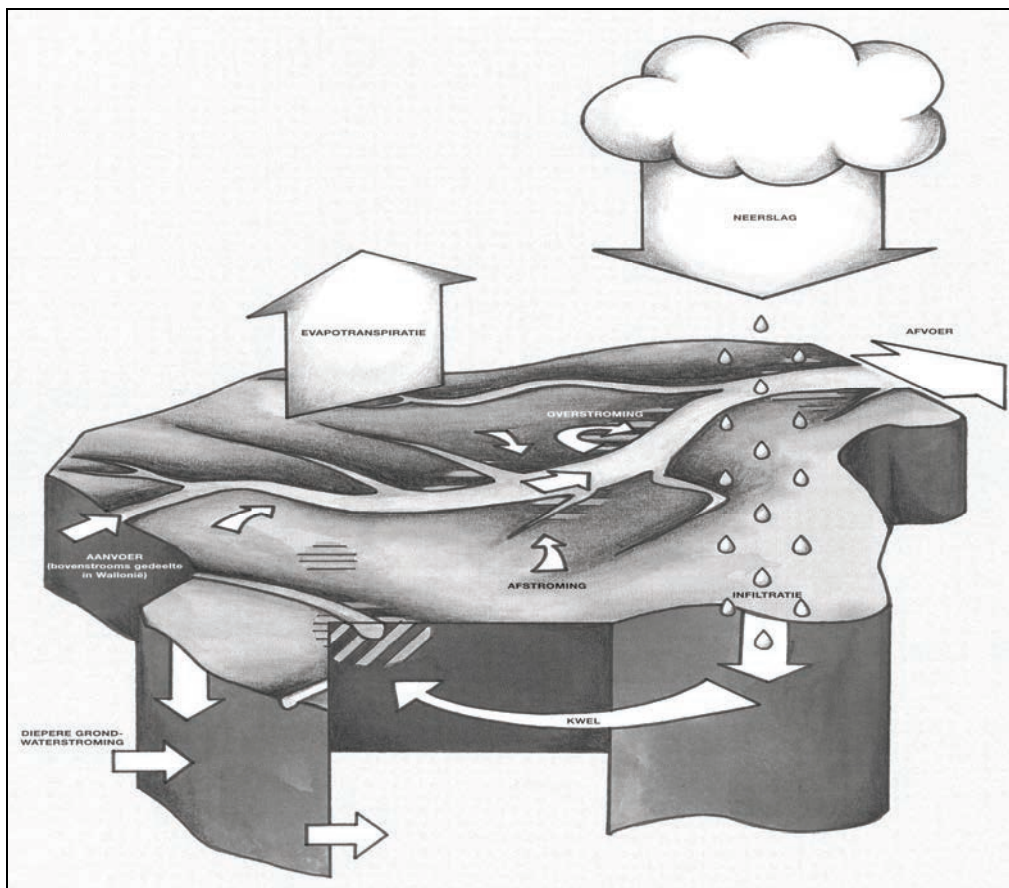
Deze deelopdracht omvat de opmaak van een waterbalans voor het Vlaamse deel van het bekken van de Dender.

2 Waterbalans

Bij de typering van het bekken is de kennis van de waterbalans een belangrijk gegeven. De waterbalans karakteriseert immers de kringloop van het water in het bekken (zie Figuur 1). Het is dan ook belangrijk inzicht te hebben in de natuurlijke bestemming en verdeling van het water in het bekken. Op die manier kan men niet alleen het totale beschikbare volume aan water bepalen, maar wordt het ook mogelijk een bepaalde toestand in het bekken te evalueren, en probleempunten te detecteren.

Zo is het opstellen van een waterbalans nuttig bij o.a. het ontwerp, beheer en afweging van drinkwaterreservoirs, het beheer van grondwaterwinningen, vastleggingen van ontginningslimieten, de spreiding in de tijd van afvalwaterlozingen, het begroten van watertransferten tussen verschillende geografische en administratieve regio's, en het bepalen van risico-factoren in het natuurbehoud.

In deze studie wordt o.a. een waterbalans opgesteld om een inschatting te kunnen maken van de gemiddeld beschikbare hoeveelheid zoetwater per inwoner. Het geschatte aanbod kan dan geconfronteerd worden met de actuele vraag.



Figuur 1 schematische voorstelling watersysteem (Uit: Het watersysteem in het bekken van de Dender, AMINAL Afdeling Water, 2000)

Een waterbalans vormt m.a.w. een belangrijk beslissingsondersteunend instrument, om verschillende ingrepen, die tot doel hebben het gebruik van de watervoorraden te optimaliseren, te verantwoorden.

3 Opbouw

3.1 Algemeen

De verdeling van de watervolumes in het bekken kan zowel in de ruimte als in de tijd neergeschreven worden in een waterbalansvergelijking. Deze waterbalans kan eenvoudig tot heel complex worden opgesteld. Alles hangt af van welke gegevens beschikbaar zijn, en wat men met de waterbalans wil doen.

Men maakt een onderscheid tussen twee soorten balansen: (1) een “klassieke” (omgevings-)waterbalans waarbij de neerslag die in het stroomgebied is gevallen verdeeld wordt over een aantal posten, en (2) een sectorale balans waar de waterbehoeften van de verschillende sectoren vergeleken wordt met de beschikbaarheid aan water.

De opmaak van een sectorale waterbalans hoort thuis bij de sectorale analyse, waar de verschillende sectoren worden getypeerd, en waar de behoeften en knelpunten van elke sector wordt gekwantificeerd.

In het kader van deze studie wordt een klassieke waterbalans opgesteld. Zo'n waterbalans kan als volgt worden weergegeven:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \text{input} - \text{output}$$

Met $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ = verandering van de waterberging

Volgende factoren spelen hierbij een rol:

- Neerslag;
- Evapotranspiratie;
- Infiltratie;
- Kwel;
- Afvoer in en naar van de waterloop;
- Berging van het oppervlaktewater;
- Ge(ver)bruik door captaties;
- Ge(ver)bruik van het grondwater

Alzo kan de waterbalans als volgt geformuleerd worden:

$$P = ET + Q + V \pm \Delta S$$

met $R = V \pm \Delta S$

Met 'P' de neerslag, 'ET' de actuele evapotranspiratie, 'Q' de afvoer, 'ΔS' de verandering in de waterberging en 'V' de nettoverliezen en –winsten van grond- of oppervlaktewater via andere wegen als bovengenoemde (in –en uitstroming van het grond- of oppervlaktewater van of naar aangrenzende bekkens, percolatie naar dieper GW, ...). Samen vormen 'V' en 'ΔS' de restterm 'R'.

Bij het opstellen van een waterbalans zijn er twee aspecten waarin een keuze zal moeten gemaakt worden, nl. het ruimtelijk schaalniveau en de tijdsbasis. Onder schaalniveau onderscheiden we drie ruimtelijke onderverdelingen:

- bekkenniveau;
- niveau deelstroomgebied;
- valleigebied (eventueel nog verder onder te verdelen).

In deze studie wordt een waterbalans opgesteld die representatief is voor het volledige Denderbekken.

De tijdbasis kan onderverdeeld worden volgens:

- verschillende jaren (bv. decade);
- jaar;
- seizoen (vb. zomer);
- maand;
- 'droogteperiode' of 'periode van watertekort', tegenover 'periode van wateroverlast' (één maand of enkele weken);
- dag.

De tijdbasis die men kiest is afhankelijk van welke gegevens er voorhanden zijn en wat de problematiek is in het stroomgebied. Op bekkenniveau geven de resultaten van een waterbalans op jaarbasis reeds voldoende informatie om de kringloop te kwantificeren. Voor een karakteristiek jaar (bv. nat of droog jaar) kan de waterbalans ook opgesplitst worden per maand.

Het opstellen van een waterbalans wordt bemoeilijkt door het feit dat bepaalde termen in de waterbalansvergelijking moeilijk kwantificeerbaar zijn. Sommige termen worden dan ook onrechtstreeks bepaald. Sommige deeltermen zijn te verwaarlozen in de algemene waterbalansvergelijking waardoor deze niet in rekening hoeven gebracht te worden.

Er wordt een waterbalans opgesteld voor een gebied dat ongeveer samenvalt met het Vlaamse gedeelte van het Denderbekken. Daar er echter gebruik wordt gemaakt van de debietmeter te Deux-Acres (Wallonië), opwaarts de instroming van de Mark, omvat het beschouwde gebied het Vlaamse gedeelte van het Denderbekken (70934 ha), aangevuld met het Waals gedeelte van het stroomgebied van de Mark (4215 ha).

Bij de opbouw van een waterbalans is de kennis van de neerslag, de evapotranspiratie en het debiet onontbeerlijk. Deze data dienen voor de beschouwde periode steeds beschikbaar te zijn. Door het Waterbouwkundig Laboratorium werden neerslagmeetreeksen van slechts enkele jaren (1993 tot 1998) ter beschikking gesteld. De debietgegevens te Dendermonde zijn beschikbaar van 1993 tot 2002. De meetreeks van de akoestische debietmeter te Deux-Acres werd voor deze studie van 1987 tot 2000 opgevraagd. Voor de evapotranspiratie wordt een tijdsafhankelijke (constante) waarde gebruikt. Bij de opmaak van de waterbalans vormen de neerslagdata aldus een limiterende factor. De te beschouwen periode beperkt zich van 1993 tot 1998.

In eerste instantie wordt er een waterbalans opgesteld op jaarbasis voor de periode 1993-1998. Nadien volgt de maandelijks waterbalans voor het droge jaar 1996. Uit de beschikbare neerslagreeksen werd dit jaar gekozen omdat er zich tijdens deze periode enkele maanden met lage neerslagwaarden hebben voorgedaan. Op die manier kan men nagaan wat de invloed is van dergelijke droge periodes op de waterbalansvergelijking.

3.2 Neerslag

De neerslaggegevens worden rechtstreeks gemeten met pluviometers of pluviografen. Dit zijn echter puntneerslagen. Om een inschatting te maken van de bekkengemiddelde neerslag zijn er verschillende conversiemethoden mogelijk. Interpolatietechnieken, zoals de Thiessenpolygoonmethode en de Kriging-analyse, zijn hiervoor geschikt.

De neerslagmeetreeksen, die voor deze studie door het Waterbouwkundig Laboratorium beschikbaar werden gesteld, worden aangegeven in Tabel 1. Deze reeksen zijn gevalideerd. Op basis van deze gegevens werd de dagelijkse Thiessenneerslag voor het Vlaamse gedeelte van het Denderbekken berekend (periode 1/1/1993 tot 31/12/1998). Deze coëfficiënten worden aangegeven in Tabel 2.

Tabel 1 Gebruikte neerslagmeetreeksen voor de berekening van de Thiessenneerslag

Nummer	Naam	Eigenaar	Beheerder	Frequentie	Van	Tot
FL53	Lot	HIC	KMI	dag	01-01-1991	01-07-1998
BW53	Dendermonde	HIC	KMI	dag	01-01-1990	31-12-1998
CL51	Pollare	HIC	KMI	dag	01-01-1991	31-12-1998
CL52	Geraardsbergen	HIC	KMI	dag	01-01-1990	31-12-1998

Tabel 2 Gebruikte thiessencoëfficiënten voor de periode 1993-1998

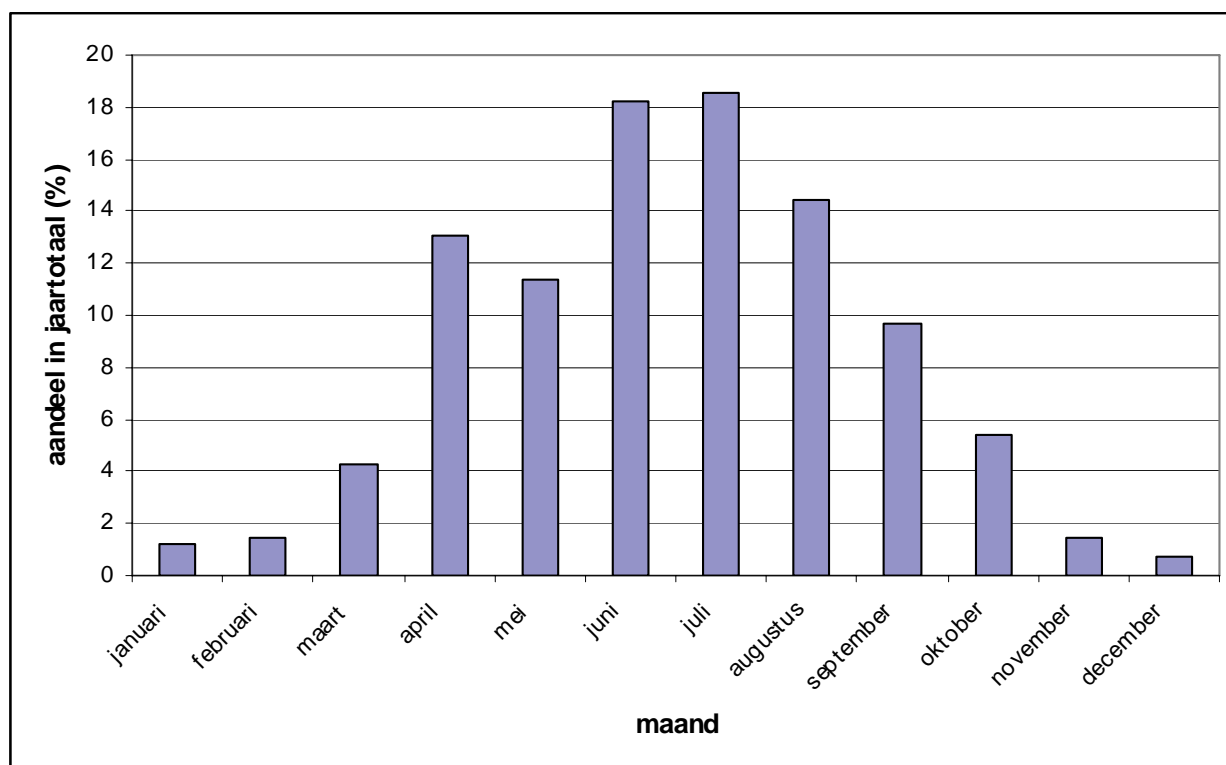
Periode	BW53	CL51	CL52	FL53
01/01/93 - 31/07/93	0,20	0,47	0,28	0,05
01/08/93 - 31/08/93	0,20	0,52	0,28	0,00
01/09/93 - 31/07/96	0,20	0,47	0,28	0,05
01/08/96 - 31/01/97	0,20	0,52	0,28	0,00
01/02/97 - 31/05/97	0,20	0,52	0,28	0,00
01/06/97 - 31/08/97	0,20	0,47	0,28	0,05
01/09/97 - 30/09/97	0,20	0,52	0,28	0,00
01/10/97 - 31/10/97	0,20	0,47	0,28	0,05
01/11/97 - 30/11/97	0,20	0,52	0,28	0,00
01/12/97 - 31/12/97	0,20	0,47	0,28	0,05
01/01/98 - 31/01/98	0,20	0,52	0,28	0,00
01/02/98 - 30/06/98	0,20	0,47	0,28	0,05
01/07/98 - 31/12/98	0,20	0,52	0,28	0,00

3.3 Evapotranspiratie

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen werkelijke en potentiële evapotranspiratie. De potentiële evapotranspiratie (PET) is de verdamping van het vrije wateroppervlak. Water is in dit geval geen limiterende factor. De werkelijke evapotranspiratie (AET) hangt daarentegen wel af van de hoeveelheid water die er ter beschikking wordt gesteld door de neerslag en door de bodemwaterreserve. Deze evapotranspiratie is kleiner of hoogstens gelijk aan de maximaal mogelijke evapotranspiratie (PET).

Door Batelaan en De Smedt (zie deelopdracht 1) is er een actuele evapotranspiratiekaart voor het bekken van de Dender opgesteld voor de jaren 1986 en 1992. Deze kaart werd afgeleid uit de landgebruikskaart, de bodemkaart en de kwel- en infiltratiekaart, gebruik makend van gemiddelde meteorologische gegevens (periode 1970-1994). Alzo werd voor het jaar 1986 een

waarde bekomen van 517,3 mm/jaar. Voor het jaar 1992 bedroeg de AET 518,2 mm/jaar. Daar beide waarden quasi gelijk zijn, is voor de opmaak van de waterbalans gebruik gemaakt van het gemiddelde van beide waarden (d.i. 517,8 mm/jaar). Deze waarde is aldus een constante waarde. In werkelijkheid is deze waarde echter niet alleen ruimtelijk variabel doch ook tijdsafhankelijk. De evapotranspiratie zal over verschillende jaren variëren. Normaliter is de actuele evapotranspiratie in drogere jaren en nattere jaren respectievelijk groter en lager dan de gemiddelde waarde. De constante waarde geeft echter een goede indicatie van de gebiedsgemiddelde verdamping, rekening houdend met verschillende gebiedsfactoren. Om de evapotranspiratie in 1996 op maandbasis te berekenen, wordt de gemiddelde jaarlijkse actuele evapotranspiratie gekoppeld aan een gekozen verdeling. Deze verdeling, zoals weergegeven in Figuur 2, is gebaseerd op het verloop van de potentiële evapotranspiratiewaarden gedurende 1996 te Ukkel.



Figuur 2 Procentuele verdeling van de jaarlijkse evapotranspiratie in 1996 (Ukkel)

3.4 Afvoer

Er wordt bij het opstellen van de waterbalans geopteerd om rechtstreeks gebruik te maken van de beschikbare meetreeks ter hoogte van een debietmeter. Het voordeel hierbij is dat men de totale afvoer Q , die een deelterm van de waterbalansvergelijking vormt, onmiddellijk kent. Op basis van de totale afvoermeetreeks kan men vrij vlug de verschillende deelafvoeren, zoals de basisafvoer en de oppervlakkige afstroming, afleiden. Op die manier verkrijgt men een realistisch beeld van hoe snel en in welke mate het bekken reageert.

De verhouding van de oppervlakkige afvoer tot de neerslaghoeveelheid vormt een inschatting van de afvoercoëfficiënt. Wijzigingen in het bodemgebruik, zoals bijvoorbeeld een toenemende urbanisatie, zal de afvoercoëfficiënt doen vergroten, en dan ook verstrekkende gevolgen hebben op het afstromingsgedrag naar en de overstromingsfrequentie van de waterloop.

De afvoergegevens zijn afkomstig van de dagelijks geregistreerde afvoeren van de debietmeters te Dendermonde en te Deux-Acren. Het afgevoerd volume, geregistreerd t.h.v. de debietmeter te Dendermonde, is representatief voor het volledige Denderbekken. Teneinde enkel het Vlaams gedeelte (70934 ha) van het bekken van de Dender in rekening te brengen, moet de geregistreerde afvoer t.h.v. de gewestgrens in mindering worden gebracht. Dichtbij deze grens zijn er debietmeters te Overboelare en te Deux-Acren. Daar de debietmeter te Overboelare nog maar recentelijk (september 2001) operationeel is, dient gebruik te worden gemaakt van de meetreeks te Deux-Acren in Wallonië. Deze debietmeter bevindt zich aan de stuwsluis te Deux-Acren, opwaarts de instroming van de Mark. Het gebied waarvoor een waterbalans wordt opgesteld, omvat dus naast het Vlaams gedeelte van het Denderbekken ook een gedeelte (4215 ha) van het stroomgebied van de Mark, dat zich in Wallonië bevindt. Alzo is het te beschouwen gebied 75149 ha groot.

Een filterprocedure werd gebruikt om de totale afvoer van beide debietmeters op te splitsen in de snelle oppervlakkige afvoer, de hypodermische afstroming en de basisafvoer. De snelle oppervlakkige afstroming en de hypodermische afstroming vormen de totale oppervlakkige afstroming.

Het eigenlijke doel van filteren van de deelstromen is de recessieconstanten te bepalen, die nodig zijn voor de afijking van een hydrologisch model:

- tijdconstante voor oppervlakkige afvoer;
- tijdconstante van de hypodermische afstroming;
- tijdconstante van de basisafvoer.

Volgende filter is in het kader van deze studie gebruikt (Nathan & McMahon, 1990; Chapman, 1991):

$$f(t) = a f(t-1) + b (y(t) - ;y(t-1))$$

$$b(t)=y(t) - f(t)$$

$$=; b(t-1) +c (1-;) (f(t) + f(t-1))$$

met ;=exp(-1/K).

Ze kan aangewend worden om een deelstroom b(t) met een recessieconstante K uit de tijdreeks van het totale debiet y(t) te filteren.

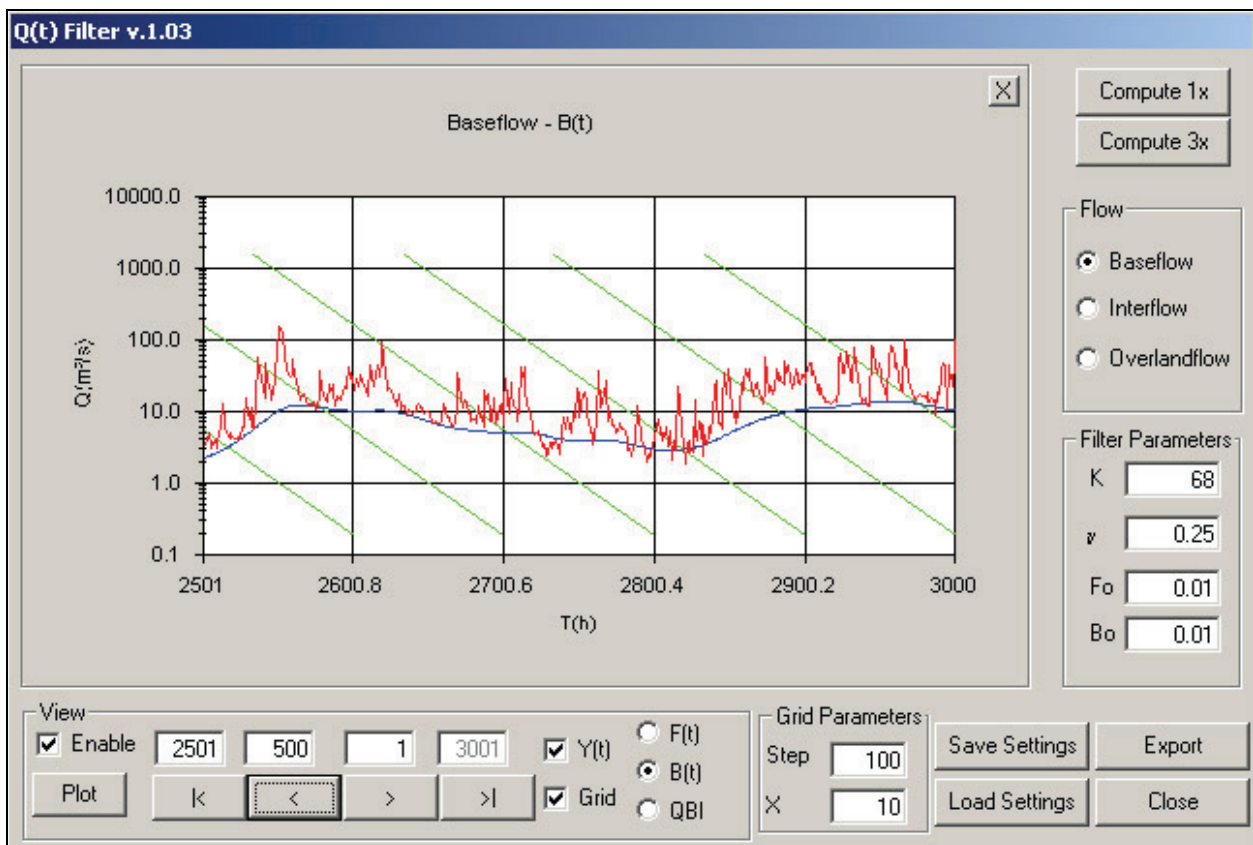
Het iteratief afleiden van de recessieconstanten leidt op die manier tot de verschillende deelstromen. Voor meer informatie omtrent deze techniek wordt er verwezen naar de studie 'Algemene methodologie voor het modelleren van de waterafvoer in bevaarbare waterlopen in Vlaanderen (2000)', die de KUL in opdracht van AWZ, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek, heeft opgemaakt.

Een voorbeeld van de resultaten van zo'n filterprocedure, toegepast op de afvoerreeksen te Dendermonde en Deux-Acren, is weergegeven in Figuur 3 tot Figuur 6. In Figuur 3 en Figuur 5 wordt een voorbeeld gegeven van de gefilterde basisafvoer. In deze figuren en Tabel 3 zijn eveneens de gebruikte filterparameters af te lezen. De parameters K en v bepalen hoofdzakelijk de opsplitsing in deelstromen. K is de recessieconstante. Deze parameter regelt de helling van de deelstroom. Parameter v geeft het aandeel van de deelstroom t.o.v. de totale stroom aan. Deze regelt m.a.w. de grootte-orde van de deelstroom.

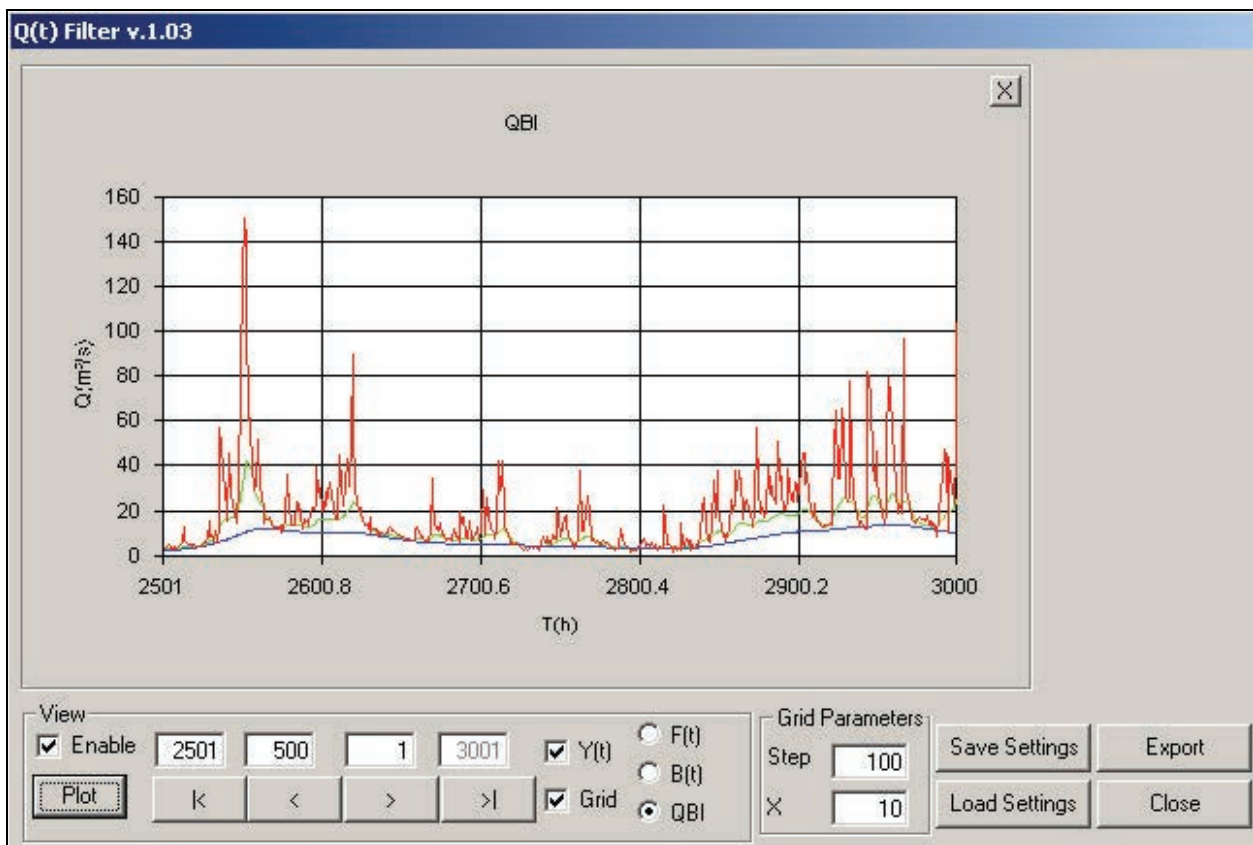
Tabel 3 Gebruikte parameters voor de opsplitsing van de totale afvoer in deelstromen

Debietmeter	Baseflow		Interflow	
	K	v	K	v
Dendermonde	68	0,250	8	0,260
Deux-Acren	72	0,270	10	0,280

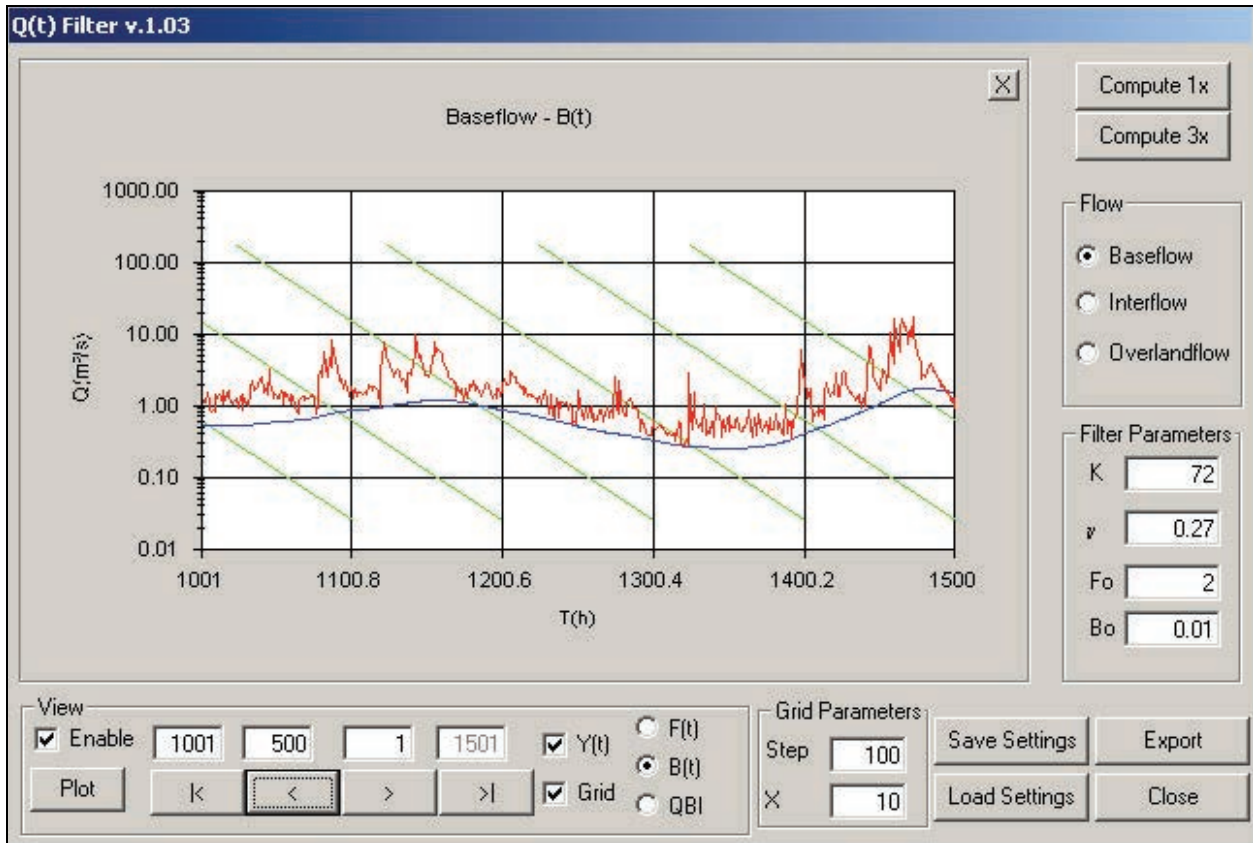
In Figuur 4 en Figuur 6 wordt de totale afvoer opgesplitst in verschillende deelstromen (basisafvoer, hypodermische en oppervlakkige afstroming).



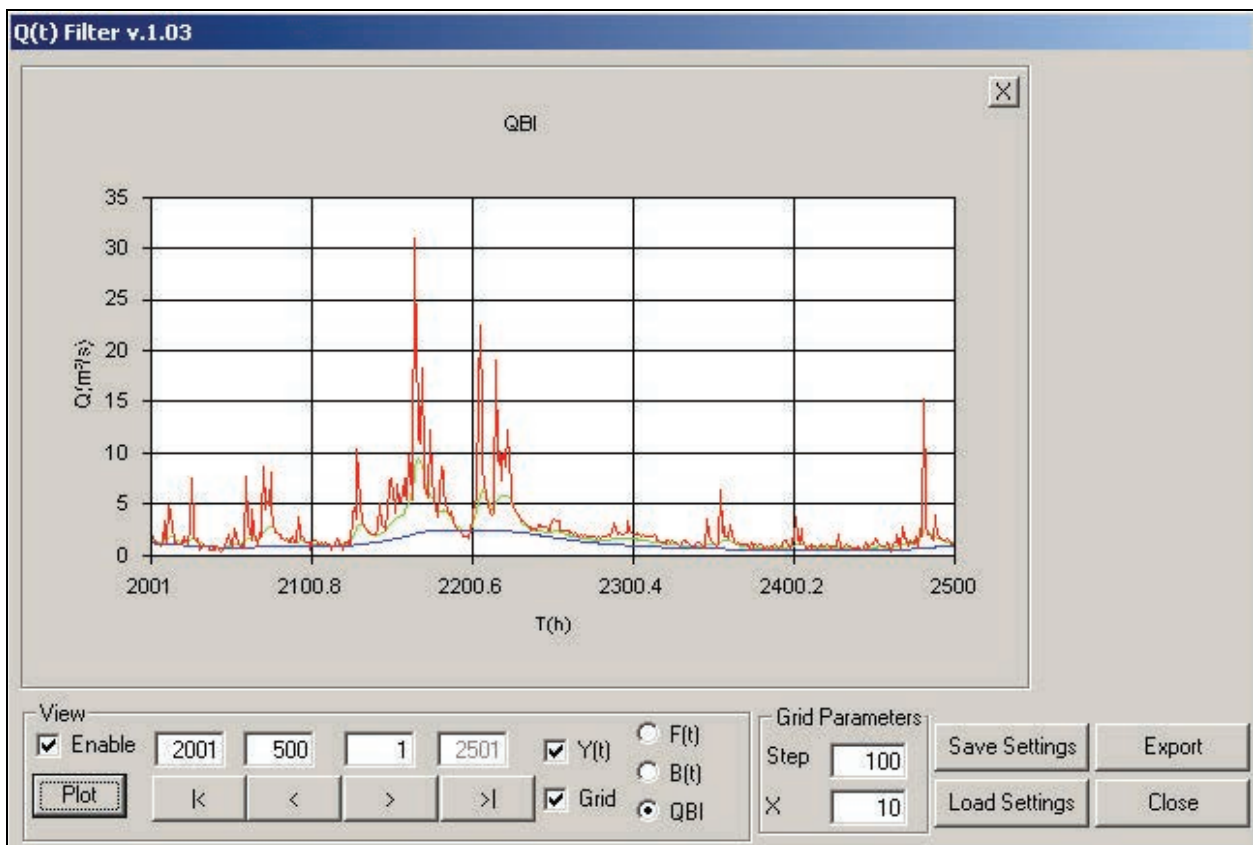
Figuur 3 Voorbeeld van de gefilterde basisafvoer voor de Dender te Dendermonde



Figuur 4 Voorbeeld van een resultaat van de gefilterde deelstromen voor de Dender te Dendermonde



Figuur 5 Voorbeeld van de gefilterde basisafvoer voor de Dender te Deux-Acren



Figuur 6 Voorbeeld van een resultaat van de gefilterde deelstromen voor de Dender te Deux-Acren

De basisafvoer vertegenwoordigt in een natuurlijke situatie vooral de voeding van de waterloop door kwelstroming. Daarnaast wordt de deelterm 'basisafvoer', die wordt afgeleid uit gemeten afvoeren, in min of meer belangrijke mate beïnvloed door:

- lozingen van afvalwater en effluent van RWZI's;
- captaties van oppervlaktewater;
- onttrekkingen en winning van grondwater.

Al deze aspecten voeden of onttrekken hetzij rechtstreeks, hetzij onrechtstreeks de basisafvoer. De onttrekkingen van het oppervlaktewater ten behoeve van de landbouw, industrie of drinkwater komt onder één of andere vorm opnieuw in de watercyclus terecht. Dit kan ofwel rechtstreeks, door het gecapteerde water direct terug te storten, ofwel onrechtstreeks, via infiltratie, de afvalwatercyclus, ed.

Ook het onttrokken water door grondwaterwinningen komt onder de één of andere vorm opnieuw in het watersysteem terecht. Enkel indien er grondwater getransporteerd wordt van of naar een ander bekken, zal dit een winst- of verliesterm uitdrukken ('V') van de waterbalans, en dus niet rechtstreeks bijdragen tot de basisafvoer.

Het effluent van de RWZI's en lozingen, zal een al dan niet significante invloed uitoefenen op de basisafvoer.

Het begroten van deze termen, die een positieve of negatieve bijdrage kunnen leveren tot de basisafvoer in de Dender, is niet evident. Sommige gegevens zijn niet of slechts gebrekkig gekend, andere vallen moeilijk te begroten.

Daarom wordt de basisafvoer in de globale waterbalansvergelijking in eerste instantie niet verder opgesplitst. Wel wordt getracht om de verschillende deeltermen van de basisafvoer 'kwalitatief' te beschrijven. Hiermee wordt bedoeld dat er zal worden nagegaan welke factoren in welke mate het verloop van de basisafvoer zullen beïnvloeden. Waar mogelijk wordt vermeld wat de relatieve bijdrage is van de verschillende deeltermen. Deze bespreking wordt gestaafd met cijfermateriaal, voor zover die voorhanden zijn.

De restterm in de waterbalans omvat o.a. de infiltratie naar de diepere grondlagen, het transport van de diepere grondlagen van en naar aangrenzende bekkens, ed. Deze term omvat eigenlijk alle verlies- of winsttermen, die geen invloed uitoefenen op de gekende basisafvoer.

Ook de verandering in waterberging zit vervat onder de restterm. Op jaarbasis kan de verandering in waterberging gelijk gesteld worden aan nul. Men kan er immers vanuit gaan dat per jaar het geborgen volume van begin januari en dat van eind december nagenoeg gelijk zijn. Voor de verschillende maanden binnen één jaar is dit uiteraard niet het geval. De verandering in waterberging zal derhalve een belangrijke factor van de restterm uitmaken.

Naast de aangehaalde winst –of verliestermen, en de verandering in waterberging, zitten in de restterm ook de mogelijke foutenbronnen vervat. De restterm drukt derhalve een onzekerheid uit. Mogelijke foutenbronnen zijn:

- metingen waterpeil, omzetting waterpeil naar debiet via ijkingskromme;
- meetfout neerslag;
- onzekerheid Thiessenneerslag;
- omzetting potentiële naar actuele evapotranspiratie;
- keuze van de parameters in de filterprocedure.

Op basis van de restterm kan de sluitfout worden berekend. Deze sluitfout geeft het belang van de restterm in de totale neerslag aan. Een kleine waarde duidt op relatief kleine restterm (t.o.v. de totale neerslag).

4 Resultaten

4.1 Jaarlijkse waterbalans

4.1.1 Evapotranspiratie

De resultaten van de jaarlijkse waterbalans van het Vlaamse gedeelte van het Denderbekken voor de periode 1993 tot 1998 worden weergegeven in Tabel 4 en Figuur 7. Uit de tabel en de figuur blijkt dat gemiddeld 65 % van de neerslag evapotranspireert. Meer dan de helft van de gevallen neerslag verdwijnt uit het bekken door evapotranspiratie. In het jaar 1998 bedroeg de evapotranspiratie 54 % van de neerslaghoeveelheid, terwijl in 1996 ongeveer 80 % van de totale neerslag is geëvapotranspireerd.

Tabel 4 Resultaten van de jaarlijkse waterbalans over de periode 1993 tot 1998

Jaar	Neerslag (mm)	AET (mm)	Afvoer				Restterm (mm)	Sluitfout (%)
			Totale Afvoer (mm)	Basisafvoer (mm)	Opp. Afstroming (mm)	Hyp. Afstroming (mm)		
1993	816	518	289	112	116	61	10	1
1994	892	518	425	198	147	80	-51	6
1995	772	518	399	180	141	78	-145	19
1996	647	518	223	91	83	48	-93	14
1997	704	518	238	106	84	48	-52	7
1998	962	518	482	197	180	104	-37	4
gem. (mm)	799	518	342	147	125	70	-61	
gem. (%)	100	65	43	18	16	9		9

4.1.2 Afvoer

De totale afvoer ter hoogte van de akoestische debietmeter te Dendermonde (verminderd met de totale afvoer te Deux-Acren) bedraagt gemiddeld 43 % van de neerslaghoeveelheid. Het relatief aandeel van de totale afvoer tot de hoeveelheid neerslag schommelt tussen 34 % (1996 en 1997) en 52 % (1995). Het natste jaar in de beschouwde periode (1998) resulteert in de grootste totale jaarlijkse afvoer, namelijk 482 mm, terwijl de droge jaren (1996 en 1997) resulteren in een jaarafvoer van respectievelijk 223 mm en 238 mm. De totale jaarafvoer in de droge jaren bedraagt dus minder dan de helft van de afvoer tijdens het natste jaar (1998). Het droogste jaar (1996) is gekenmerkt door een totale afvoer die slechts 46 % van de gemiddelde jaarlijkse afvoer bedraagt. In dat jaar bedroeg de totale afvoer 35 % van de neerslag en de evapotranspiratie 80 % van de neerslag. De totale afvoer en het water dat ter beschikking wordt gesteld van de evapotranspiratie, is niet enkel afkomstig van de neerslag zodat de som van de totale afvoer en evapotranspiratie groter kan zijn dan de neerslaghoeveelheid.

In Tabel 4 en Figuur 7 wordt de totale afvoer opgesplitst in drie deelstromen: basisafvoer, oppervlakkige afstroming en hypodermische afstroming. De oppervlakkige afstroming en de hypodermische afstroming vormen samen de totale oppervlakkige afvoer. De basisafvoer bedraagt gemiddeld 147 mm. Dit is ongeveer 43 % van de totale afvoer. Het aandeel van de basisafvoer t.o.v. de totale afvoer schommelt tussen 39 % (1993) en 47 % (1994). De gemiddelde totale oppervlakkige afvoer bedraagt 195 mm of 57 % van de totale afvoer. Het aandeel van de totale oppervlakkige afvoer varieert tussen 53 % (1994) en 61 % (1993). Gemiddeld wordt een vierde van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid oppervlakkig afgevoerd, terwijl 18 % van de neerslag aan de basisafvoer bijdraagt.

Het feit dat de Dender zeer snel reageert op neerslag wordt alzo weerspiegeld in de kleinere basisafvoer en de grotere totale oppervlakkige afvoer.

De natte jaren zijn gekenmerkt door een grote basisafvoer. Zo bedraagt de basisafvoer in het jaar 1998 197 mm. Dit is ongeveer het dubbele van de basisafvoer in het jaar 1996 (91 mm). De grotere oppervlakkige afstroming in dit natte jaar is het gevolg van een hogere afvoercoëfficiënt tijdens de extreme stormen die zich hebben voorgedaan. De bodem geraakt vlugger verzadigd of de infiltratiecapaciteit van de bodem wordt overschreden. Hierdoor zal het neerslagwater sneller oppervlakkig afstromen.

De basisafvoer wordt gevoed door kwelstroming. Verder kunnen grondwaterwinningen, captaties, en lozingen van afvalwater en effluënten van RWZI's een bijdrage leveren aan de basisafvoer. In Tabel 5 wordt het aandeel van het drinkwater (geleverd door drinkwatermaatschappij) en het grondwater in de basisafvoer aangegeven (zie ook deelopdracht 1). Hierbij wordt verondersteld dat het verbruikt drink- en grondwater integraal in de Dender wordt geloosd.

Tabel 5 Aandeel van het verbruikt drinkwater en grondwater in de basisafvoer

Jaar	Verbruikt drinkwater		Aandeel verbruikt drinkwater in basisafvoer (%)	Verbruikt grondwater		Aandeel verbruikt grondwater in basisafvoer (%)
	(mlj m ³)	(mm)		(mlj m ³)	(mm)	
1993	15,662	22	20	2,475	3	3
1994	16,464	23	12	2,364	3	2
1995	14,212	20	11	2,411	3	2
1996	17,442	25	27	3,335	5	5
1997	16,406	23	22	3,031	4	4
1998	13,875	20	10	3,562	5	3
Gemiddeld	15,677	22	15	2,475	4	3

Uit Tabel 5 blijkt dat het aandeel van het verbruikt drinkwater in de basisafvoer aanzienlijk is. In droge jaren (bv. 1996) loopt het aandeel op tot ruim een kwart van de basisafvoer. In nattere jaren (bv. 1998) is het aandeel veel kleiner, maar toch niet verwaarloosbaar (10 %). Dit verschil is quasi volledig te wijten aan het feit dat de totale afvoer veel geringer is in drogere jaren. Het drinkwaterverbruik zelf blijft namelijk over de beschouwde periode ongeveer gelijk. Gemiddeld over de periode 1993 – 1998 draagt het verbruikt drinkwater voor 15 % bij in de basisafvoer.

Het aandeel van het verbruikte grondwater in de basisafvoer is aanzienlijk kleiner dan het aandeel van het verbruikt drinkwater. Dit is te verklaren door het feit dat er in het bekken van de Dender geen grondwater wordt gewonnen t.b.v. de drinkwatervoorziening. Gemiddeld draagt het verbruikt grondwater slechts 3 % bij in de basisafvoer. Het (droge) jaar 1996 is gekenmerkt door het grootste aandeel (5 %), terwijl het aandeel voor het jaar 1995 ongeveer 2 % bedraagt. Gemiddeld kan gesteld worden dat ongeveer een vijfde van de basisafvoer bestaat uit verbruikt drink- en grondwater.

4.1.3 Restterm en sluitfout

Zoals reeds vermeld, wordt er in het bekken van de Dender geen water gewonnen ten behoeve van de drinkwaterproductie. Alle drinkwater wordt aangevoerd uit naburige bekkens. De lozing van dit gebiedsvreemde verbruikte drinkwater draagt bij tot de geregistreerde afvoer te Dendermonde. Dit brengt een verschuiving van de waterbalansvergelijking met zich mee. Er zal meer water afgevoerd worden dan dat er door de gebiedsneerslag kan geproduceerd worden. De negatieve restterm verklaart gedeeltelijk dit surplus aan water.

In Tabel 6 wordt de restterm aangepast in de veronderstelling dat het drinkwater in het Denderbekken zelf zou worden geproduceerd (opgepompt of gecapteerd). De restterm is vermeerderd met de hoeveelheid verbruikt drinkwater. Uit de tabel blijkt dat voor bijna alle jaren (met uitzondering van het jaar 1993), de restterm en de sluitfout, in absolute waarde, kleiner wordt. De aangepaste sluitfout bedraagt over de beschouwde periode gemiddeld 5 % tegenover 9 % voor de oorspronkelijke sluitfout.

Tabel 6 Aangepaste restterm en sluitfout versus oorspronkelijke restterm en sluitfout

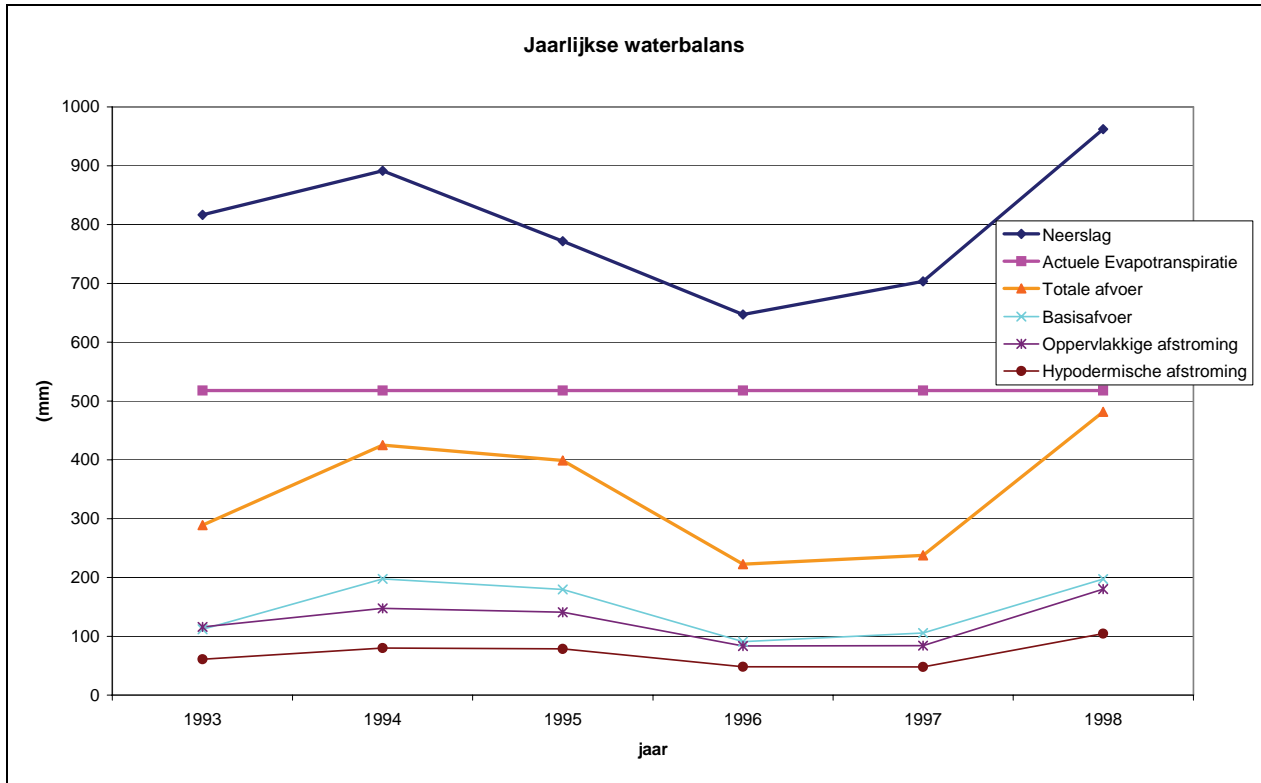
Jaar	Oorspronkelijk		Aangepast	
	Restterm (mm)	Sluitfout (%)	Restterm (mm)	Sluitfout (%)
1993	10	1	32	4
1994	-51	6	-28	3
1995	-145	19	-125	16
1996	-93	14	-69	11
1997	-52	7	-29	4
1998	-37	4	-18	2
Gemiddeld	-61	9	-39	5

In de aangepaste sluitfout zitten niet alleen de onzekerheden en foutbronnen vervat, doch ook de nettowinsten of –verliezen, die niet bijdragen tot de basisafvoer.

De belangrijkste verliesterm, die moeilijk te begroten is, vormt de infiltratie naar de diepere grondwaterlagen. De infiltratie is één van de grootste onderdelen van de restterm.

Bovendien is er de onzekerheid inzake de actuele evapotranspiratie. Zoals eerder aangehaald is de actuele evapotranspiratie geen constante (zoals in de waterbalans aangenomen). In zonnige jaren zal de evapotranspiratie groter zijn dan in jaren met weinig zonne-uren. Mogelijk afwijkingen tot 10% zijn zeker niet uitgesloten.

Verder wordt als foutenbron ook de onzekerheid van de berekende Thiessenneerslag aangehaald. Tevens dient men ook rekening te houden met de verandering in berging. Vooral bij de overgang van droge naar natte jaren of omgekeerd is deze factor niet te verwaarlozen.



Figuur 7 Grafische weergave van de jaarlijks waterbalans

4.2 Maandelijke waterbalans (1996)

4.2.1 Evapotranspiratie

De resultaten van de maandelijke waterbalans worden weergegeven in Tabel 7 en Figuur 8. De evapotranspiratie is duidelijk seizoensgebonden. In de zomermaanden bereikt de AET zijn grootste waarden. Tijdens de maanden juni (94 mm) en juli (96 mm) is de evapotranspiratie zelfs groter dan de neerslag. Ook tijdens de extreem droge maand april (68 mm) is dit het geval. Tijdens de wintermaanden is de AET zeer klein tot onbestaande. Wanneer er een neerslagdeficiet is, zal de geborgen hoeveelheid water in de ondergrond verder aangesproken worden. De bijdrage tot de basisafvoer en de basisafvoer zelf zal dan ook verminderen. Het is duidelijk dat de verandering in waterberging op maandbasis een grote rol speelt in de waterbalansvergelijking.

Tabel 7 Resultaten van de maandelijke waterbalans voor het jaar 1996

Maand	Neerslag (mm)	AET (mm)	Afvoer				Restterm (mm)
			Totale Afvoer (mm)	Basisafvoer (mm)	Opp. Afstroming (mm)	Hyp. Afstroming (mm)	
januari	17	6	14	7	4	3	-3
februari	67	8	28	8	13	6	31
maart	23	22	21	10	7	5	-20
april	4	68	9	7	1	1	-73
mei	74	59	13	5	5	3	2
juni	34	94	7	4	2	1	-67
juli	39	96	4	3	1	0	-61
augustus	160	75	20	4	12	4	65
september	40	50	10	7	0	4	-21
oktober	40	28	16	7	7	2	-4
november	118	7	38	11	17	10	72
december	32	4	42	17	14	11	-14
Gem. (mm)	54	43	19	8	7	4	-8
Gem. (%)	100	80	34	14	13	7	-

4.2.2 Afvoer

De variatie in neerslag en evapotranspiratie resulteert uiteraard in variaties in de totale afvoer. Deze totale afvoer bedraagt gemiddeld 19 mm/maand.

Tijdens de droge maanden juni en juli bedraagt de totale afvoer respectievelijk 7 en 4 mm. Tijdens de maand april was de afvoer 9 mm groot. Het aandeel van de totale oppervlakkige afvoer (hypodermische afstroming + oppervlakkige afstroming) in de totale afvoer tijdens de maanden juni en juli bedraagt respectievelijk 43 % en 25 %. Tijdens de maand april bedraagt dit aandeel 20 %. Tijdens de droge periodes wordt de afvoer vooral bepaald door de basisafvoer. De oppervlakkige afvoer, die wordt waargenomen na korte, intense periodes van neerslag, beslaat op maandbasis slechts een fractie van de totale afvoer.

Tijdens de natste maanden van dat jaar (augustus en november) is het aandeel van de oppervlakkige afvoer in de totale afvoer respectievelijk 80% en 71 %. De bodem geraakt vlugger verzadigd of de infiltratiecapaciteit van de bodem wordt overschreden. Hierdoor zal het neerslagwater sneller oppervlakkig afstromen. Relatief gezien is de oppervlakkige afvoer tijdens de natste maanden tot 4 keer groter dan tijdens de droogste maanden.

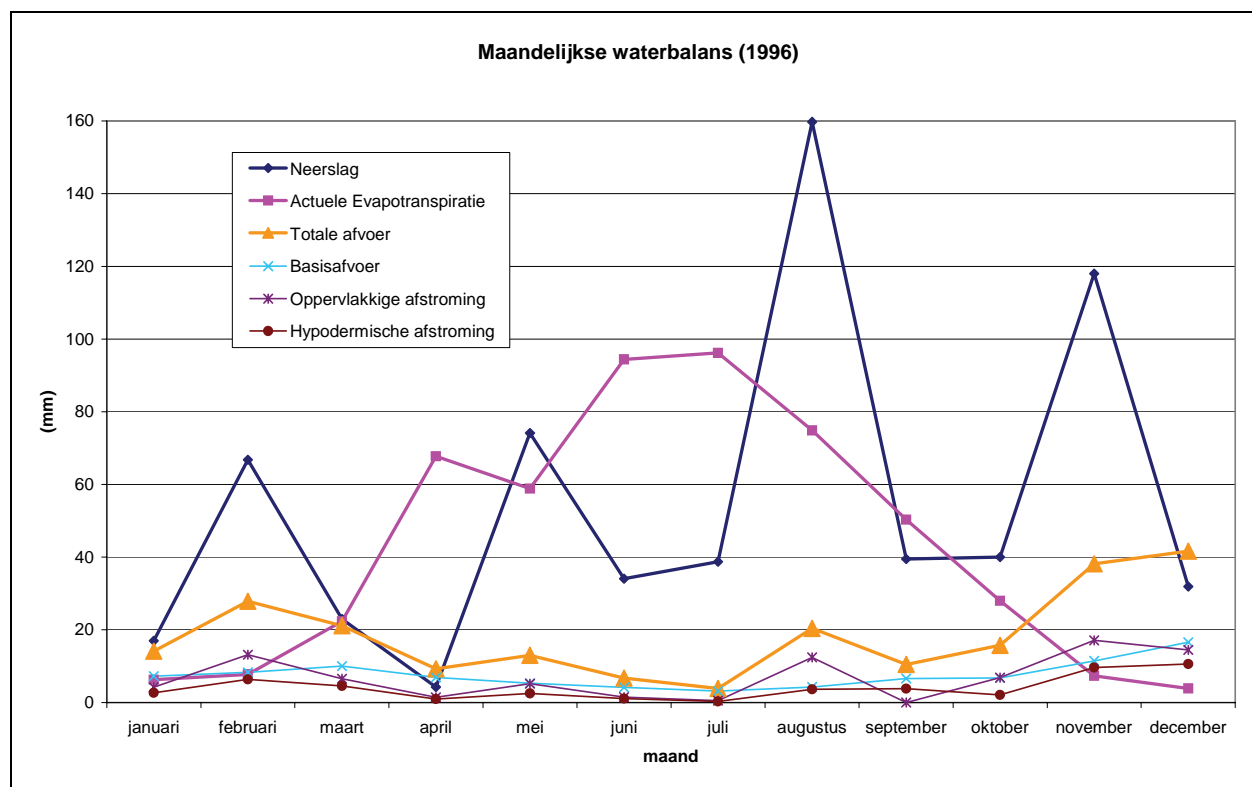
4.2.3 Restterm

Opnieuw kan, zoals bij de waterbalans op jaarbasis, de hoeveelheid verbruikt (gebiedsvreemd) drinkwater in rekening worden gebracht. Er wordt aangenomen dat het verbruikte drinkwater over de verschillende maanden nagenoeg constant blijft en het water integraal in het oppervlaktewater wordt geloosd. Alzo dient de restterm verhoogt te worden met 2 mm/maand. De oorspronkelijke en aangepaste restterm wordt aangegeven in Tabel 8. Uit deze tabel blijkt dat door de aanpassing de gemiddelde restterm, in absolute waarde, kleiner wordt.

Tabel 8 Aangepaste restterm versus oorspronkelijke restterm

<i>Jaar</i>	<i>Oorspronkelijk Restterm (mm)</i>	<i>Aangepast Restterm (mm)</i>
januari	-3	-1
februari	31	33
maart	-20	-18
april	-73	-71
mei	2	4
juni	-67	-65
juli	-61	-59
augustus	65	67
september	-21	-19
oktober	-4	-2
november	72	74
december	-14	-12
Gemiddeld	-8	-6

In tegenstelling tot de waterbalans op jaarbasis is de verandering in waterberging ΔS op maandbasis niet te verwaarlozen. Een deel van de gevallen neerslaghoeveelheid zal infiltreren en worden geborgen in de bodem. Onder natte omstandigheden zal er verhoudingsgewijs meer water geborgen worden in de ondergrond, en kan de bergingscapaciteit van de bodem zelfs overschreden worden, zoals de maanden augustus en november. Onder droge condities zal er minder water infiltreren, en dus minder water geborgen worden. De planten zullen hun vocht halen uit het surplus aan geborgen water tijdens de vorige periode. De voorraad water in de bergingszone van de bodem zal geleidelijk aan slinken, tot het hemelwater het opnieuw aanvult. De verandering in waterberging, die deel uitmaakt van de restterm, verklaart de positieve en negatieve waarden in de resttermen gedurende de verschillende maanden (Tabel 7 en Tabel 8). Negatieve waarden zullen vooral voorkomen in de droge maanden, zoals de maanden april, juni en juli. In die periode is er een neerslagdeficiet, waardoor er geen extra water zal geborgen worden in de ondergrond. In augustus en november duiden de hoge (positieve) waarden op een neerslagoverschot. De maximale bergingscapaciteit is in deze maanden overschreden.



Figuur 8 Grafische weergave van de maandelijkse waterbalans

4.3 Vergelijkende studie

In de studie "Modellen integraal waterbeheer Vlaams Gewest (1990)", opgesteld door de VUB/RUG/KUL wordt een waterbalans voor de Dender te Denderbelle opgesteld. Er werd een waterbalans opgesteld voor een gemiddelde maand, berekend over de periode 1951-1985. De verschillende deeltermen worden aangegeven in Tabel 9. In deze tabel worden eveneens ter vergelijking de deeltermen, zoals die in dit rapport voor het droog jaar 1996 zijn bepaald, aangegeven.

Tabel 9 Gemiddelde resultaten maandelijkse waterbalansen

	Neerslag	AET	Afvoer			Infiltratie	Restterm
			Totaal	Basis	Totale oppervlakkige afvoer		
Periode 1951-1985							
Waarde (mm)	64	46	19	13	6	6	/
Aandeel in de neerslag (%)	100	72	30	20	9	-	/
Aandeel in de totale afvoer (%)			100	68	32	-	/
Droog jaar 1996							
Waarde (mm)	54	43	19	8	11	/	-8
Aandeel in de neerslag (%)	100	80	34	14	20	/	-
Aandeel in de totale afvoer (%)			100	42	58	/	-

Uit Tabel 9 blijkt dat er in het droge jaar 1996 gemiddeld minder neerslag is gevallen dan er gemiddeld in de periode 1951-1985 is gevallen. In 1996 lag de gemiddelde maandelijkse evapotranspiratie iets lager dan het gemiddelde berekend in de AROL-studie. Het aandeel in de

neerslag bedroeg in het jaar 1996 80 %, tegenover 72 % over de periode 1951-1985. Deze waarden zijn gemakkelijk te verklaren door het droge karakter van het jaar 1996.

De gemiddelde maandelijkse afvoer bedraagt in beide gevallen 19 mm. Dit vertegenwoordigt in beide gevallen ongeveer een derde van de neerslag. Daar het jaar 1996 als droog jaar is geselecteerd, kan een lagere waarde voor de totale afvoer verwacht worden. Het droge jaar 1996 was echter het “minst natte jaar” van de periode 1993-1998 zodat een vergelijkbare waarde voor de gemiddelde maandelijkse afvoer in dat jaar niet onlogisch is. Ook werden in beide studies een andere methodologie gebruikt om de totale afvoer te berekenen.

Het aandeel van de basisafvoer in de totale afvoer is in het jaar 1996 significant lager dan over de periode 1951-1985. Het omgekeerde geldt voor de oppervlakkige afvoer.

De restterm, die hoofdzakelijk de infiltratie vertegenwoordigt, is voor het jaar 1996 negatief (-8 mm), terwijl de gemiddelde infiltratie over de periode 1951-1985 zes mm bedraagt. Dit is te verklaren door het feit dat er in het jaar 1996 een tekort was aan water. De grondwatervoorraad is gedurende dat jaar aangesproken, terwijl in een gemiddelde maand in de periode 1951-1985 de grondwaterreserve werd aangevuld.

5 Beschikbaar zoetwater per inwoner

Eén van de belangrijkste aspecten in het integraal waterbeheer is het beheer van het beschikbare zoetwater. Hierna wordt er nagegaan in welke mate in het bekken van de Dender voldoende zoetwater aanwezig is om aan de vraag naar zoetwater te voldoen.

5.1 Aanbod

Het zoetwater dat zich in het bekken van de Dender bevindt, is afkomstig van 3 bronnen:

- Netto-neerslag
- Aanvoer via waterlopen (Dender)
- Aanvoer via drinkwatermaatschappijen

In wat volgt worden deze bronnen voor de periode 1993-1998 en voor het jaar 1996 begroot. Het totale aanbod wordt gevormd door de som van de drie deelbronnen.

Netto-neerslag

In het bekken van de Dender (Vlaams gedeelte) valt er over de beschouwde periode (1993-1998) gemiddeld 799 mm. Hiervan evapotranspireert er 65 %. Alzo bedraagt de netto-neerslag 342 mm of 243 mlj m³/jaar. In het droge jaar 1996 bedroeg de netto-neerslag 129 mm of 92 mlj m³.

Aanvoer via de Dender

Uit Wallonië wordt er via de Dender zoetwater naar het Vlaamse gedeelte van het Denderbekken aangevoerd. In Tabel 10 wordt per jaar het totaal aangevoerde volume aangegeven (debietmeter te Deux-Acren). Uit deze tabel blijkt dat er in de periode 1993-1998 gemiddeld 103 mlj. m³ per jaar vanuit Wallonië wordt aangevoerd. Voor het droge jaar 1996 bedraagt de aanvoer 59 mlj m³.

Tabel 10 Aanvoer via de Dender te Deux-Acren

Jaar	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Gemiddeld
Volume (mlj m ³)	96	133	155	59	56	120	103

Aanvoer via drinkwatermaatschappijen

Gemiddeld over de beschouwde periode (1993-1998) draagt het drinkwater 22 mm of 16 mlj. m³ per jaar bij in het totale aanbod. In het droge jaar 1996 bedraagt het drinkwateraanbod 25 mm of 17 mlj. m³.

Totaal

Het totale aanbod zoetwater wordt aangegeven in Tabel 11. Uit deze tabel blijkt dat er over de periode 1993-1998 gemiddeld 318 mlj. m³ zoetwater per jaar in het Vlaams gedeelte van het bekken van de Dender beschikbaar is. Voor het droge jaar 1996 bedraagt het beschikbaar volume slechts 205 mlj. m³. Deze lagere waarde is voornamelijk te wijten aan de lagere netto-neerslag.

Tabel 11 Totaal aanbod zoetwater in het Vlaamse deel van het bekken van de Dender (mlj m³/jaar)

Bron	1996	Gemiddeld
Netto-neerslag	92	1993
Aanvoer via de Dender	96	103
Aanvoer via de drinkwatermaatschappijen	17	16
Totaal	205	318

Volgens de studie "Prognose waterverbruik" uitgevoerd door WES/Ecolas, zijn er in het Vlaams gedeelte van het Denderbekken 356953 inwoners¹ (1999). Er wordt aangenomen dat het aantal inwoners in de periode 1993-1998 ongeveer gelijk is aan het cijfer van het jaar 1999. Hieruit volgt dat er per jaar en per inwoner gemiddeld 892 m³ zoetwater beschikbaar is (847 m³ excl. drinkwater). Voor het jaar 1996 bedraagt het beschikbare volume zoetwater ongeveer 574 m³ per inwoner (526 m³ excl. drinkwater).

Tabel 12 Aanbod zoetwater per inwoner in het Vlaamse deel van het bekken van de Dender (m³/jaar)

Bron	1996	Gemiddeld
Netto-neerslag	258	558
Aanvoer via de Dender	269	289
Aanvoer via de drinkwatermaatschappijen	48	45
Totaal	574	892

Door het Waterbouwkundig Laboratorium werd in het kader van de opmaak van het VIWC Waterbeleidsplan de gemiddelde beschikbare hoeveelheid zoetwater per inwoner in Vlaanderen berekend. Volgens deze studie zou er per inwoner en per jaar 541 m³ zoetwater beschikbaar zijn. Deze waarde werd berekend over de periode 1994 tot 1996.

Daar er in dit waterbeleidsplan wordt aangenomen dat Vlaanderen zelfbedruipend is, werd de netto-neerslag als enige zoetwaterbron beschouwd. De toevoer van zoetwater via de waterlopen wordt aldus verwaarloosd.

In het Vlaams gedeelte van het bekken van de Dender bedraagt de netto-neerslag gemiddeld over de beschouwde periode (1993-1998) 558 m³ per jaar. Dit is quasi gelijk aan het Vlaams gemiddelde. Over de periode 1994-1996 bedraagt de netto-neerslag 502 m³. Deze waarde ligt ongeveer 10 % lager dan het Vlaams gemiddelde.

In het rapport "Het milieu in Europa: de tweede balans", gepubliceerd door het Europees Milieuagentschap (1998), wordt een beschikbare hoeveelheid zoetwater kleiner dan 2000 m³/jaar/inwoner als "zeer weinig" omschreven. Er zou dan, volgens het rapport, onvoldoende voeding van het grondwater zijn om lokale en/of globale verdrogingseffecten te vermijden.

5.2 Verbruik

In deelopdracht 1 wordt aangegeven hoe groot het totale verbruik van zoetwater per jaar is. In Tabel 13 wordt het zoetwaterverbruik voor het droge jaar 1996 en voor de periode 1993-1998 (gemiddeld) aangegeven. In de tabel wordt een algemeen totaal aangegeven en anderzijds ook het totale verbruik zonder het verbruikte oppervlaktewater. Het oppervlaktewater wordt voor het overgrote deel gebruikt als koelwater. Na gebruik wordt het opnieuw en bijna integraal in het oppervlaktewater geloosd. In principe staat de geloosde hoeveelheid water dan opnieuw ter

¹ Dit werd bepaald op basis van de statistische sectoren. De sectoren, die niet volledig tot het bekken behoren, werden opgedeeld. Het aantal inwoners werd dan pro rata aan het bekken toegekend.

beschikking voor andere watercapteerders. Het volume zoetwater, dat in het Denderbekken verbruikt wordt, is dus niet éénduidig te bepalen. In elk geval zal de waarde gemiddeld groter zijn dan 22,20 mlj. m³ per jaar ("Totaal zonder oppervlaktewater") en kleiner of gelijk aan 40,48 mlj. m³ ("Totaal").

Tabel 13 Verbruik van zoetwater in het bekken van de Dender (mlj m³/jaar)

	<i>Drinkwater</i>	<i>Grondwater</i>	<i>Oppervlaktewater</i>	<i>Hemelwater</i>	<i>Ander water</i>	<i>Totaal zonder oppervlaktewater</i>	<i>Totaal</i>
1996	17,44	3,34	18,28	0,09	1,33	22,20	40,48
gemiddeld	15,52	2,96	16,48	0,32	0,66	19,46	35,94

Gemiddeld bedraagt de totale vraag (verbruik) van zoetwater 35,94 mlj. m³ (101 m³ per inwoner per jaar). Dit is ongeveer 11 % van het totaal aanbod. Indien er hierbij geen rekening wordt gehouden met de aanvoer door de drinkwatermaatschappijen dan stijgt de totale vraag tot 12 % van het aanbod.

In het droge jaar 1996 ligt de vraag naar zoetwater boven het gemiddelde. Daar er in dat jaar 205 mlj m³ zoetwater beschikbaar was, omvat de totale vraag 20 % (113 m³ per inwoner per jaar) van het beschikbare zoetwater. Zonder de aanvoer door de drinkwatermaatschappijen stijgt het aandeel tot 21,5 % van het aanbod.

Alzo kan aangenomen worden dat het aanbod van zoetwater de vraag ruimschoots overstijgt. Echter moet er in principe nog rekening worden gehouden met het zoetwater dat niet kan verbruikt worden. Zo dient er steeds een bepaald volume in de Dender aanwezig te zijn teneinde de economische activiteit mogelijk te maken. Het waterpeil in de Dender moet voldoende hoog zijn zodat de scheepvaart niet belemmerd wordt.

Er wordt eveneens een bepaald waterpeil aangehouden om de stabiliteit van de dijken te waarborgen.

Het verbruik van zoetwater door huishoudens, industrie en landbouw bedraagt slechts een deel van het nodige water in het bekken. Een ander deel van het aanbod is nodig om de heersende watersysteem (m.i.v. ecologische waarden) van het bekken in stand te houden. Zo is er om bepaalde natte gebieden in hun huidige staat te bewaren en om verdroging tegen te gaan, eveneens een bepaalde hoeveelheid zoetwater nodig.

6 Referentielijst

AMINAL, Afdeling Water (2000). Het watersysteem in het bekken van de Dender

Batelaan, O., De Smedt, F. (1996). Onderzoek naar de impact van opties in het Structuurplan Vlaanderen op grondwatervoeding en naar de haalbaarheid van ingrepen met het oog op integrale waterbeheersing, studie i.o.v. AMINAL, afdeling Water

VUB/RUG/KUL (1990). Modellen Integraal Waterbeheer Vlaams Gewest, studie in opdracht van AROL

Wes/Ecolas (2001). Prognose waterverbruik in Vlaanderen, studie i.o.v. AMINAL, Afdeling Water

Opdrachtgever



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek
Berchemlei 115 2140 Borgerhout



Inventarisatie voor de opmaak van laagwaterscenario's in het bekken van de Dender

**Deelopdracht 4:
Plaatsing van piëzometers
langs de Dender**

Opdrachthouder



soresma

Britselei 23 bus 1 2000 Antwerpen
Tel: 03/221.55.00 fax: 03/221.55.01
e-mail : info@soresma.be



**INVENTARISATIE VOOR DE OPMAAK VAN
LAAGWATERSCENARIO'S IN HET BEKKEN VAN
DE DENDER**

**DEELOPDRACHT 4
PLAATSEN VAN PIËZOMETERS LANGS DE
DENDER**

Identificatienummer : 104736148/dva

Datum	Status/beschrijving revisie	Paraaf	
mei 2006	Revisie 1	dve	
		dva	

Opdrachtgever



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek
Berchemlei 115
2140 Borgerhout

Opdrachthouder



Inhoud

Inhoud	2
Lijst van Tabellen	4
Lijst van figuren	5
1 Inleiding	7
2 Voorstel tot plaatsen van piëzometers	8
2.1 Doelstelling	8
2.2 Inventarisatie van bestaande gegevens	8
2.2.1 Geïnventariseerde elementen	8
2.2.2 Grondwatermodellering	9
2.2.3 Het bestaande meetnet	9
2.3 Voorstel voor de uitbreiding van het meetnet	9
2.3.1 Afbakening van de kerngebieden	9
2.3.2 Voorstel voor de plaatsing van de piëzometers	11
2.3.3 Voorstel voor plaatsing oppervlaktewatermeetpunten	15
2.3.4 Perceelseigenaars	15
2.3.5 Staalnames	16
3 Plaatsing van de piëzometers	17
3.1 Bereikbaarheid van de meetraaien	17
3.2 Veldwerkzaamheden	18
3.3 Registratie van het grondwaterpeil	19
4 Topografische opmeting	20
5 Analyse van de grondwaterpeilmetingen	22
5.1 Inleiding	22
5.2 Beschikbare peilgegevens	22
5.2.1 Oppervlaktewater	22
5.2.2 Grondwater	23
5.3 Controle en validatie waterpeilmetingen	24
5.3.1 Oppervlaktewater	24
5.3.2 Grondwater	26
5.4 Verwerking van de beschikbare gegevens	27
5.4.1 Neerslag	27
5.4.2 Waterpeilen	28
5.5 Karakteristieken van de grondwaterdynamiek	31
5.5.1 Meetraai Ia	31
5.5.2 Meetraai IIa	34
5.5.3 Meetraai IIIa	36
5.5.4 Meetraai IIIb	38
5.5.5 Meetraai IVa	39
5.5.6 Meetraai IVb	40
5.5.7 Meetraai Va	42
5.6 Besluit grondwaterdynamiek	44

6	Analyse van de grondwaterkwaliteit	45
6.1	Doel	45
6.2	Bemonsteringsprocedure.....	45
6.2.1	Vorbereiding	45
6.2.2	Kationen	45
6.2.3	Anionen	46
6.3	Laboratoriumanalyse	46
6.4	Betrouwbaarheid van de stalen	47
6.5	Gegevensverwerking	47
6.5.1	Ordinatie	47
6.5.2	Clusteranalyse.....	49
6.5.3	Grafische voorstelling	53
6.6	Vlarem II-normen	57
6.7	Grondwaterkwaliteit (geografisch)	58
6.8	Conclusie	58
7	Referentielijst	60
8	Boorbeschrijvingen	62
9	Technische specificaties drukmeters	63
10	Hydrologische Variabelen waterpeilmetingen	64
11	correlatie.....	66
11.1	Correlatie.....	66
11.2	Correlatiecoëfficiënt	66
11.3	Kruiscorrelatie	67
12	Basisvormen stiff-diagrammen	68
13	Analyseresultaten grondwaterstalen	69
14	Figuren Analyse waterpeilmetingen	71
15	Kaartmateriaal	73
15.1	Kaartmateriaal m.b.t. het voorstel voor de plaatsing van piëzometers.....	73
15.2	Kaartmateriaal m.b.t. de plaatsing/locatie van piëzometers.....	73
15.3	Kaartmateriaal m.b.t. de analyse van de grondwaterkwaliteit	73

Lijst van Tabellen

Tabel 1 Nummer, locatie en oppervlakte van de kerngebieden	9
Tabel 2 Voorstel plaatsing piëzometers	15
Tabel 3 Geplaatste drukmeters	19
Tabel 4 Coördinaten van de geplaatste piëzometers.....	20
Tabel 5 Waterpeilmeters op de Dender	23
Tabel 6 Locatie van meetraaien t.o.v. waterpeilmeters.....	23
Tabel 7 Oppervlaktewatermeetreeksen voor elke meetraai.....	26
Tabel 8 Gewijzigde waarden op basis van de vergelijking met andere waarden.....	27
Tabel 9 Aangevulde waarden op basis van de vergelijking met automatisch gemeten meetreeks.....	27
Tabel 10 Beschrijving van de te berekenen hydrologische variabelen	28
Tabel 11 Gemiddelde waarden per parameters voor elk type grondwater	52
Tabel 12 Vlare II-normen voor de geanalyseerde parameters.....	57

Lijst van figuren

Figuur 5-1:	Kruiscorrelatie grondwater/oppervlaktewater t.h.v. meetraai Ia.....	33
Figuur 5-2:	Topografische kaart t.h.v. meetraai IIa (links versie 1991-2002 ; rechts versie 1978-1993).....	34
Figuur 5-3:	Ligging afwateringsgracht t.o.v. piëzometers in meetraai IIIa.....	37
Figuur 5-4:	Kruiscorrelatie grondwater/oppervlaktewater t.h.v. meetraai Va.....	43
Figuur 6-1:	Principle Components Analysis (parameters).....	48
Figuur 6-2:	Dendrogram van de parameters.....	49
Figuur 6-3:	Dendrogram van de stalen.....	50
Figuur 6-4:	Gemiddelde waarden per parameters voor elk type grondwater.....	52
Figuur 6-5:	Stiff-diagrammen per grondwatertype (gemiddelde waarden).....	54
Figuur 6-6:	Piper-diagram van alle zomerstalen en winterstalen (gemiddeld).....	55
Figuur 6-7:	Van Wirdum-diagram van alle zomerstalen en winterstalen (gemiddeld).....	56
Figuur 11-1:	Patronen in de puntenwolk.....	66
Figuur 11-2:	Positieve en negatieve correlatie.....	66
Figuur 14-1:	Beschikbaarheid meetgegevens oppervlaktewaterpeilen.....	71
Figuur 14-2:	Beschikbaarheid meetgegevens grondwaterpeilen.....	71
Figuur 14-3:	Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (niet-gevalideerd).....	71
Figuur 14-4:	Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (gevalideerd).....	71
Figuur 14-5:	Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (gevalideerd en uitgemiddeld).....	71
Figuur 14-6:	Histogram van de verschillen tussen de waterpeilen afwaarts de stuwsluis te Teralfene en de waterpeilen opwaarts de stuwsluis te Aalst over de beschikbare meetperiode (excl. foutieve waarden).....	71
Figuur 14-7:	Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai Ia enerzijds en Dendermonde (opwaarts stuw) en Denderbelle (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001).....	71
Figuur 14-8:	Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IIa enerzijds en Aalst (opwaarts stuw) en Teralfene (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001).....	71
Figuur 14-9:	Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IIIa enerzijds en Denderleeuw (opwaarts stuw) en Pollare (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001).....	71
Figuur 14-10:	Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IIIb enerzijds en Denderleeuw (opwaarts stuw) en Pollare (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001).....	71
Figuur 14-11:	Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IVa enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001).....	71
Figuur 14-12:	Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IVb enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001).....	71
Figuur 14-13:	Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai Va enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001).....	71
Figuur 14-14:	Oppervlaktewaterpeilmeetreeksen afwaarts Teralfene en opwaarts Aalst en de verschaalde meetreeksen t.h.v. meetraai IIa.....	71
Figuur 14-15:	Grondwaterpeilen - automatische registratie (niet gevalideerd).....	71
Figuur 14-16:	Grondwaterpeilen - automatische registratie (gevalideerd).....	71
Figuur 14-17:	Grondwaterpeilen - automatische registratie (gevalideerd en uitgemiddeld).....	71

Figuur 14-18: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2003) m.v.v. Normalen en Extremen	71
Figuur 14-19: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2004) m.v.v. Normalen en Extremen	71
Figuur 14-20: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2005) m.v.v. Normalen en Extremen	71
Figuur 14-21: Grondwaterpeilen in meetraai Ia (handmatige metingen).....	71
Figuur 14-22: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer Ia.1O.....	71
Figuur 14-23: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai Ia (dwarsprofiel).....	71
Figuur 14-24: Stijghoogteverschillen meetraai Ia.....	71
Figuur 14-25: Grondwaterpeilen in meetraai IIa (handmatige metingen).....	71
Figuur 14-26: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IIa.1O.....	71
Figuur 14-27: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIa (dwarsprofiel).....	71
Figuur 14-28: Stijghoogteverschillen meetraai IIa.....	71
Figuur 14-29: Grondwaterpeilen in meetraai IIIa (handmatige metingen).....	71
Figuur 14-30: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IIIa.1O.....	71
Figuur 14-31: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIIa (dwarsprofiel).....	71
Figuur 14-32: Stijghoogteverschillen meetraai IIIa.....	71
Figuur 14-33: Grondwaterpeilen in meetraai IIIb (handmatige metingen).....	71
Figuur 14-34: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IIIb.1O.....	72
Figuur 14-35: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIIb (dwarsprofiel).....	72
Figuur 14-36: Stijghoogteverschillen meetraai IIIb.....	72
Figuur 14-37: Grondwaterpeilen in meetraai IVa (handmatige metingen).....	72
Figuur 14-38: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IVa.1O.....	72
Figuur 14-39: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IVa (dwarsprofiel).....	72
Figuur 14-40: Grondwaterpeilen in meetraai IVb (handmatige metingen).....	72
Figuur 14-41: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IVb.1O.....	72
Figuur 14-42: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IVb (dwarsprofiel).....	72
Figuur 14-43: Stijghoogteverschillen meetraai IVb.....	72
Figuur 14-44: Grondwaterpeilen in meetraai Va (handmatige metingen).....	72
Figuur 14-45: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer Va.1O.....	72
Figuur 14-46: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai Va (dwarsprofiel).....	72
Figuur 14-47: Stijghoogteverschillen meetraai Va.....	72

1 INLEIDING

De Administratie Waterwegen en Zeewezen is de uitvoerder van het strategisch project 'Afstemmen van het waterpeilbeheer en het veiligheidsniveau van de zeewering op de principes van integraal waterbeheer en integraal kustzonebeheer'. Dit project past in een beleidsnota van toenmalig minister Stevaert.

In dit strategisch project is eveneens een deelproject "zoetwaterbeheer tegen tekorten en tegen verdroging" vervat. Deze studie kadert in de uitwerking van dit deelproject. Het doel van het deelproject is het bepalen van maatregelen voor het waterpeilbeheer op de bevaarbare waterlopen om de beschikbare hoeveelheden zoetwater doelmatig te gebruiken en zo tegemoet te komen aan noden i.v.m. watertekorten en verdroging. In het deelproject worden problemen behandeld van watertekorten in de rivieren (oppervlaktewater) en in de omliggende valleigebieden. Hierbij wordt er een onderscheid gemaakt tussen effecten op langere termijn (vb. verdroging van natuurwaarden door een te laag waterpeil) en acute watertekorten (vb. onvoldoende diepgang voor de scheepvaart). Er wordt gezocht naar die maatregelen die de Administratie Waterwegen en Zeewezen als beheerder van de bevaarbare waterwegen en de kust kan uitvoeren door op een gefundeerde manier het waterpeilbeheer te voeren.

In deze studieopdracht "inventarisatie voor de opmaak van laagwaterscenario's in het bekken van de Dender" worden de nodige gegevens verzameld die in een latere fase moeten toelaten om maatregelen tegen watertekorten en verdroging te bepalen. Deze opdracht bestaat uit 4 deelopdrachten:

1. Algemene inventarisatie
2. Opmaak van grondwaterstromingskaarten en kaarten met aanduiding van de kwel- en infiltratiegebieden
3. Opmaak van een waterbalans voor het bekken van de Dender
4. Uitvoeren van grondwaterpeilmetingen

In dit rapport worden de resultaten van deelopdracht 4: (voorstel tot) plaatsen van piëzometers, en de uitvoering en analyse van (grond)waterpeilmetingen beschreven.

2 VOORSTEL TOT PLAATSEN VAN PIËZOMETERS

2.1 Doelstelling

De doelstelling van deze deelopdracht is de opmaak van een voorstel voor de verdere uitbouw van een lokaal grondwatermeetnet op basis van de verzameling en interpretatie van bestaande gegevens.

Bij de uitvoering hiervan is onderscheid gemaakt tussen:

- **Interessegebied:** het natuurgebied of ecologisch waardevol landschap dat wordt onderzocht op zijn grondwaterafhankelijkheid en kwelgevoeligheid. Dit interessegebied werd afgebakend door de opdrachtgever en is weergegeven in kaart 1.
- **Modelgebied:** de ruimere omgeving rond het interessegebied, waar de regionale grondwaterstroming werd gereconstrueerd in een grondwatermodel (zie deelopdracht 2). Dit gebied is eveneens weergegeven in kaart 1.
- **Kerngebied(en):** één of meerdere onderdelen van het interessegebied, waarop in een latere fase de aandacht kan worden geconcentreerd. Het is in deze kerngebieden dat grondwaterpeilmetingen uitgevoerd zullen worden. De afbakening van de kerngebieden is reeds gebeurd in deelopdracht 2.

2.2 Inventarisatie van bestaande gegevens

Er wordt benadrukt dat deze inventarisatie niet als een doel op zich wordt beschouwd. De uitwerking is aangepakt in functie van de plaatsing van de piëzometers.

2.2.1 Geïnventariseerde elementen

De bodemkarakteristieken, het landgebruik en de NOG's bevatten relevante informatie m.b.t. het plaatsen van piëzometers. Kaart 2 geeft de bodemkenmerken voor het volledige Denderbekken aan. Hiervoor is gebruik gemaakt van de digitale bodemkaart zoals die bij het OC-Gis Vlaanderen verkrijgbaar is. Het landgebruik binnen het interessegebied wordt aangegeven d.m.v. kaart 3. Hiervoor werd eveneens data gebruikt van het OC-Gis Vlaanderen, namelijk CORINE-landcover. De afbakening van de vallei wordt voorgesteld d.m.v. de van nature overstroombare gebieden (NOG). Deze overstromingsgebieden werden door 'Ground for GIS' (KULeuven, R&D), in opdracht van AMINAL, Afdeling Water, in kaart gebracht. De NOG's worden aangegeven op kaart 4, bijgevoegd bij deelopdracht 1.

Door het Instituut voor Natuurbehoud werd een kwetsbaarheidskaart opgemaakt (2000). Uit deze kaart werd de kwetsbaarheid van de flora m.b.t. verdroging geselecteerd. Deze kaart is eveneens opgenomen in deelopdracht 1 (kaart 5). Hieruit blijkt dat bepaalde zones in de vallei van de Dender kwetsbaar tot zeer kwetsbaar zijn.

Op basis van de Biologische Waarderingskaart (zie kaart 4) kan ook een beeld van de vochttoestand van een bepaald gebied verkregen worden. Hiervoor wordt voor elke BWK-eenheid, de geassocieerde vochtklasse afgeleid. Merk op dat het resultaat slechts een aanduiding van een vochttoestand is. De eigenlijke kwel(stroming) kan also niet worden afgebakend. Hiervoor is het grondwatermodel het meest aangewezen instrument (zie deelopdracht 2).

Het gewestplan (kaart 5) bevat relevante informatie m.b.t. de bestemming van het bekken van de Dender. Op basis van deze kaart kan de beschermingsgraad die de bevoegde overheid aan bepaalde gebieden heeft toegekend, worden achterhaald.

Op kaart 6 wordt het reliëf in het interessegebied weergegeven. Dit DTM heeft een resolutie van 10 m op 10 m en werd door het WLH ter beschikking gesteld.

De vergunde grondwaterwinningen worden aangegeven op kaart 2 van deelopdracht 1. Deze data zijn afkomstig uit de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV). Er wordt een onderscheid gemaakt tussen 3 klassen:

- Klasse 1: vergunningsplichtig, vergund debiet > 30.000 m³/jaar
- Klasse 2: vergunningsplichtig, vergund debiet tussen 500 en 30.000 m³/jaar
- Klasse 3: meldingsplichtig, vergund debiet tot 500 m³/jaar

De grondwateronttrekkingen en pompgemalen worden eveneens op de detailkaarten van de kerngebieden (kaart 8 tot 12) aangeduid. Het gemeten grondwaterpeil mag immers niet beïnvloed worden door antropogene ingrepen. Zo is het niet gewenst dat er zich in de nabije omgeving van een piëzometer, een grondwateronttrekking of een pompgemaal bevindt.

2.2.2 Grondwatermodellering

De resultaten van het grondwatermodel dat in deze studie is uitgevoerd (zie deelopdracht 2) zijn aangewend om de kerngebieden af te bakenen. De kerngebieden werden eveneens in deelopdracht 2 gedefinieerd. Voor een beschrijving van het grondwatermodel en de methodologie voor de afbakening van de kerngebieden wordt dan ook naar deelopdracht 2 verwezen.

2.2.3 Het bestaande meetnet

Alle bestaande piëzometers in het studiegebied zijn opgevraagd. De aanwezige piëzometers worden aangeduid op kaart 7 en op de detailkaarten van de kerngebieden.

2.3 Voorstel voor de uitbreiding van het meetnet

Om een lokale grondwatermodellering uit te werken, dient het huidige meetnet aangevuld te worden met extra piëzometers. Enkel in bepaalde, geselecteerde kerngebieden worden extra piëzometers voorzien. In het voorstel wordt een voldoende grote ruimtelijke spreiding nagestreefd teneinde de resultaten van het meetnet te kunnen gebruiken voor de calibratie van een lokaal grondwatermodel. Verder wordt er rekening gehouden met de toegankelijkheid van het terrein, het landgebruik (geen woongebied), ...

Naast grondwaterpeilmetingen worden ook oppervlaktewaterpeilmetingen uitgevoerd.

2.3.1 Afbakening van de kerngebieden

In deelopdracht 2 zijn binnen het interessegebied (zie kaart 7) vijf kerngebieden afgebakend. Deze gebieden worden aangegeven in Tabel 1. Merk op dat de ligging van de kwelgebieden en dus ook van de kerngebieden, sterke overeenkomsten vertoont met de ligging van de vochtige tot natte gebieden uit de Biologische Waarderingskaart (kaart 4).

Tabel 1 Nummer, locatie en oppervlakte van de kerngebieden

Nummer	Betrokken gemeenten	Oppervlakte (ha)
I	Lebbeke, Dendermonde, Aalst	766
II	Denderleeuw, Aalst, Affligem	198
III	Liedekerke, Denderleeuw, Ninove	264
IV	Ninove	340
V	Geraardsbergen	532

Deze kerngebieden worden hierna getypeerd. De bestemming volgens het gewestplan, de kwetsbaarheid voor verdroging van de vegetatie, het bodemtype en het reliëf worden aangegeven. Er wordt eveneens aangegeven of er in het kerngebied al piëzometers aanwezig zijn.

Kerngebied I (kaart 8)

Uit kaart 5 blijkt dat het grootste gedeelte van kerngebied I volgens het gewestplan als “landschappelijk waardevol agrarisch gebied” is ingekleurd. Er zijn eveneens enkele natuurgebieden, al dan niet met wetenschappelijke waarde, in dit gebied aanwezig. Deze bevinden zich meestal aan de grens van het kerngebied. De flora in het gebied is overwegend “weinig tot niet kwetsbaar voor verdroging”. Enkel het Denderbellebroek (noordelijk gedeelte) is “zeer kwetsbaar”. De bodem bestaat hoofdzakelijk uit Vochtig en Nat Zandleem. Er komen eveneens grote zones met Natte Klei voor. Het reliëf op beide oevers is gelijkaardig. De hoogteligging van het gebied varieert tussen 0 en 10 mTAW, waarbij het noordelijk gedeelte lager ligt dan het zuidelijk gedeelte. Het Denderbellebroek is ingericht als gecontroleerd overstromingsgebied. Tijdens periodes van grote afvoer wordt het broek met Denderwater gevuld. Deze praktijk zal ongetwijfeld ook een invloed hebben op het grondwaterpeil. In het kerngebied zijn geen piëzometers aanwezig.

Kerngebied II (kaart 9)

Kerngebied II heeft overwegend “natuurreserveaat of natuurgebied met wetenschappelijke waarde” als bestemming. Daarnaast zijn er nog zones die als “natuurgebied” zijn ingekleurd. De Wellemeersen en de Kapellemeersen bestrijken een groot gedeelte van het kerngebied. De flora in deze meersen is “kwetsbaar tot zeer kwetsbaar” voor verdroging. Het kerngebied bevindt zich tussen de stuwsluizen van Aalst en Teralfene. In deelopdracht 1 is reeds vermeld dat in de toekomst de stuwsluis van Aalst meer opwaarts zal herbouwd worden. Zo kan de sluis te Teralfene afgeschaft worden. Deze werken zullen uiteraard een invloed hebben op de oppervlaktewaterstanden, alsook op de grondwaterstanden in dit deel van de Dendervallei. In dit gebied is er langs de Dender vooral Vochtige en Natte Klei aanwezig. Verder van de Dender verwijderd, komt vooral Natte Klei voor. Het reliëf op linkeroever (Wellemeersen) is nagenoeg vlak (ca. 9 mTAW). Op rechteroever kent de topografie een stijgend verloop. Binnen de perimeters van het kerngebied blijft de stijging eerder beperkt (9 tot 20 mTAW; d.i. 3,7 %). In de Wellemeersen zijn er piëzometers aanwezig. Daar heeft de vzw Natuurreserveaten-Beheerswerkgroep Wellemeersen op linkeroever 45 piëzometers in hun beheer.

Kerngebied III (kaart 10)

Het noordelijk gedeelte van kerngebied III bestaat uit “natuurgebieden”, al dan niet met wetenschappelijke waarde, terwijl het zuidelijk gedeelte - dat niet langs de Dender is gelegen - ingekleurd is als “landschappelijk waardevol agrarisch gebied”. In dit kerngebied komen zeer kwetsbare gebieden voor verdroging voor. Deze zijn echter niet altijd aaneengesloten. De bodem langs de Dender is hoofdzakelijk Natte Klei. In het gebied komt er eveneens Natte en Droge Leem voor. De oevers in dit gedeelte van de Dendervallei zijn qua reliëf vergelijkbaar. De hoogteligging bevindt zich tussen de 9 en 11 mTAW. Op sommige plaatsen, aan de grens van het gebied, loopt het reliëf op tot 30 mTAW. Er zijn geen piëzometers in dit kerngebied aanwezig. Volgens Dhr. W. Callebaut bestaan er plannen om in dit kerngebied op rechteroever, ten noorden van de Pamelse Meersen, een overstromingsgebied in te richten.

Kerngebied IV (kaart 11)

Kerngebied IV heeft bijna volledig de bestemming “natuurgebied” gekregen. In dit gebied komen zeer kwetsbare gebieden voor verdroging voor. Deze zijn echter niet altijd aaneengesloten. Langs de Dender bestaat de bodem uit Nat Zandleem en Natte Leem. Verder van de waterloop verwijderd, is er Natte Klei aanwezig. In het noordelijk gedeelte van het kerngebied is het reliëf op de oevers niet vergelijkbaar. De rechteroever is er gekenmerkt door een relatief vlak verloop, terwijl de linkeroever op bepaalde plaatsen over 250 m van 11 mTAW naar 27 mTAW stijgt (hellingsgraad: 6,4 %). De rest van het kerngebied is nagenoeg vlak (12 à 13 mTAW). Er zijn geen piëzometers in dit kerngebied aanwezig.

Kerngebied V (kaart 12)

Kerngebied V is eveneens in belangrijke mate ingekleurd als “natuureservaat of natuurgebied met wetenschappelijke waarde” of “natuurgebied”. Het kerngebied wordt echter opgesplitst door een zone voor dag- en verblijfrecreatie. In dit gebied komen kwetsbare gebieden voor verdroging voor. Deze zijn echter niet altijd aaneengesloten. Langs de Dender bestaat de bodem uit Vochtig en Natte Leem. Daarnaast komt er ook Natte (zwarte) Klei voor. Het reliëf op beide oevers is vergelijkbaar. De hoogte varieert tussen 14 en 18 mTAW. Er zijn geen piëzometers in dit kerngebied aanwezig.

2.3.2 Voorstel voor de plaatsing van de piëzometers

Om de relatie oppervlaktewater/grondwater na te gaan, is het aangewezen dat de meetraai dwars op de lengteas van de waterloop worden geplaatst en dat piëzometers in de meetraai volgens een logaritmisch verloop ten opzichte van de waterloop worden gezet. Voor grotere waterlopen kunnen bijvoorbeeld volgende afstanden (van de piëzometers tot de waterloop) in de meetraai worden aangenomen: 5; 10; 20; 50; 100 en 200 m. Deze afstanden werden o.a. door Soresma toegepast bij de uitbouw van een grondwatermeetnet in de Demervallei. Deze afstanden zullen echter per meetraai worden vastgelegd. De lengte van de meetraai is afhankelijk van de locatie, de valleibreedte en de mogelijkheid voor het plaatsen van piëzometers.

Eenzijds is het van belang een goede meting te verkrijgen van de freatische grondwaterstand. Anderzijds is het ook zinvol om de sub-freatische stijghoogten te kennen. Dit laat toe om de mogelijke invloed van diepere grondwaterlagen op de kwelintensiteit te achterhalen. Om zowel freatische als sub-freatische stijghoogten te kennen, wordt aangeraden koppels van piëzometers te plaatsen. Een koppel piëzometers bestaat uit een diepe en een ondiepe piëzometer die vlak naast elkaar geplaatst worden in twee verschillende boorgaten. De plaatsing van de filters volgens de diepte is mede afhankelijk van de plaatselijke geologische opbouw. Daarom is een nauwkeurige boorbeschrijving bij de plaatsing van de piëzometers zeer belangrijk. Om eventuele stijghoogteverschillen goed te kunnen meten wordt de lengte van de filter best niet meer dan 0.5 m genomen. Indien dit zinvol blijkt uit de profielopbouw wordt de filter van de freatische piëzometers op een diepte tussen 2.0 en 2.5 m –mv. geplaatst. Het is vereist dat de bovenkant van de filter steeds minimaal 0.5 m onder de actuele grondwaterstand geplaatst moet worden. De filter van sub-freatische piëzometers wordt doorgaans geplaatst op een diepte tussen 4.5 en 5.0 m –mv., indien dit zinvol blijkt uit de profielopbouw. Aangezien het plaatsen van piëzometers tot een diepte van 5 m relatief zware inspanningen vergt, worden de sub-freatische piëzometers beperkt tot een deel van de boorlocaties. Over het algemeen worden sub-freatische piëzometers geplaatst op bv. 10, 50 en 200 m afstand ten opzichte van de waterloop. Deze afstanden werden eveneens door Soresma toegepast bij de uitbouw van een grondwatermeetnet in de Demervallei.

In elk geval dient er steeds een koppel piëzometers (diep en ondiep) aan de rand van de vallei te worden geplaatst. Daar is de drainerende werking van de waterloop zeer klein. Deze piëzometers zijn dan ook een referentie t.o.v. andere piëzometers in de meetraai.

Als beide oevers ongeveer dezelfde kenmerken (reliëf, bodem,...) vertonen, is het niet nodig om beide oevers van de waterloop te bemeten.

In wat volgt, zal per kerngebied de locatie van de meetraai en de inplanting van piëzometers in de meetraai worden geëvalueerd. Er wordt o.a. aandacht besteed aan de bereikbaarheid, de aanwezigheid van grondwaterwinningen, het reliëf, de aanwezigheid van waterlopen,... Per kerngebied worden het best 3 meetraaien geplaatst.

De bereikbaarheid werd bepaald op basis van topografische kaarten, orthofoto's en een terreinverkenning. De aanwezigheid van een weg, afsluiting/prikkeldraad, gracht, e.d. zijn factoren die de bereikbaarheid beïnvloeden.

Op de detailkaarten van de kerngebieden (kaart 8 tot 12) wordt het invloedsgebied van de grondwateronttrekkingen aangegeven. Deze werd berekend in deelopdracht 2. Hierbij werd een vergelijking gemaakt van de grondwaterstanden in de huidige situatie (met grondwateronttrekkingen) en de grondwaterstanden in scenario 1 (zonder onttrekkingen). Zoals reeds vermeld in deelopdracht 2, is het invloedsgebied van de winningen meestal klein tot verwaarloosbaar. Plaatselijk reikt het gebied verder dan de celgrens. Een cel heeft een afmeting van 100 m op 100 m.

Kerngebied I

In kerngebied I worden geen 3 meetraaien verwezenlijkt. Het effect van overstromingen op het grondwaterpeil wordt d.m.v. 1 meetraai nagegaan.

Meetraai Ia

Meetraai Ia wordt geplaatst in het Denderbellebroek. In dit gecontroleerd overstromingsgebied zijn enkele waterlopen van 2^{de} en 3^{de} categorie aanwezig. Ook wordt het grondwaterpeil in het noorden beïnvloed door een onttrekking. In het Denderbellebroek is eveneens een pompgebraai aanwezig. Deze installatie wordt echter enkel in werking gesteld wanneer het gevulde broek wordt leeggepompt (zie deelopdracht 1). In principe oefent het pompgebraai dan ook geen directe invloed op het grondwaterpeil uit. Daar de overstromingen meestal niet verder reiken dan 400 m, wordt de meetraai niet langer dan deze afstand gerealiseerd. De piëzometers worden op volgende afstanden t.o.v. de Dender geplaatst: 10, 25, 50, 100, 200 en 400 m. Het betreft freatische piëzometers. Op 400 m wordt er eveneens een sub-freatische (diepe) piëzometer geplaatst.

Kerngebied II

In kerngebied II is vanaf 1991 een uitgebreid grondwaterpeilmeetnet aanwezig. Het meetnet bestond oorspronkelijk uit 45 piëzometers. Dit aantal is heden gereduceerd tot 38. De piëzometers werden d.m.v. handboringen geplaatst. Het betreft dan ook freatische piëzometers waarbij de filter zich ongeveer 1,5 à 2 m onder het maaiveld bevindt. De waterpeilen in de piëzometers worden 14-daags genoteerd. De grondwatermeetreeksen zijn van een uitstekende kwaliteit. Er zijn geen metingen van het oppervlaktewaterpeil uitgevoerd. Enkel indien het grondwaterpeil hoger was dan het maaiveld werd dit geregistreerd. De waterpeilen aan de sluizen op de Dender worden gebruikt om de resultaten te analyseren. Het meetnet zal in de toekomst verder worden opgevolgd (mondellinge informatie de heer De Tré – VHM en Piet De Becker – IN).

Meetraai IIa

Daar linkeroever en rechteroever niet gelijkaardig zijn wordt er op de rechteroever een meetraai voorzien (zie kaart 9). Enkele honderden meters stroomopwaarts de geselecteerde locatie, mondt een waterloop van 3^{de} categorie (423/58001) uit in de Dender. Er wordt aangenomen dat deze kleine waterloop voldoende van de meetraai is verwijderd zodat deze het grondwaterpeil t.h.v. meetraai niet kan beïnvloeden. De vallei op de rechteroever is 300 m breed. Op de rand van de vallei wordt een koppel piëzometers geplaatst. De overige (ondiepe) piëzometers worden geplaatst op 10, 20, 40, 80 en 150 m t.o.v. de Dender.

Kerngebied III

Uit kaart 10 blijkt dat de grondwaterstanden in het zuidelijk gedeelte van het kerngebied beïnvloed worden door een grondwateronttrekking. Hierdoor worden er in deze zone geen piëzometers voorzien. In het meer noordelijk gelegen gedeelte worden er 2 meetraaien

voorzien. In dit kerngebied zijn meerdere kleinere waterlopen aanwezig. Zo bevindt er zich op de linkeroever een parallelle waterloop (VHA 423/44002) waarin o.a. de Molenbeek (VHA 423/33001) uitmondt. Op de rechteroever stroomt o.a. de Oude Dender (VHA 423/50001).

Meetraai IIIa

Meetraai IIIa wordt geplaatst op de linkeroever te Liedekerke. Enkele honderden meter stroomafwaarts stroomt de Molenbeek in de Dender. Er wordt aangenomen dat deze waterloop van 2^{de} categorie voldoende van de meetraai is verwijderd zodat deze het grondwaterpeil t.h.v. de meetraai niet kan beïnvloeden. De vallei op de linkeroever is t.h.v. deze meetraai ongeveer 400 m breed. Om een ongestoorde toestand te kunnen waarnemen, wordt er een koppel piëzometers nabij de rand van de vallei geplaatst (ca. 400 m). Op een afstand van 10, 20, 50, 100 en 200 m van de Dender verwijderd, worden er ondiepe piëzometers geplaatst.

Meetraai IIIb

Centraal in kerngebied III wordt meetraai IIIb op de rechteroever geplaatst. Op deze oever is de vallei ongeveer 300 m breed. De ondiepe piëzometers worden geplaatst op 10, 20, 40, 80, 150 en 300 m. Op 300 m wordt eveneens een diepe piëzometer geplaatst. De meetraai wordt doorsneden door een waterloop van 2^{de} categorie (Oude Dender). Om het drainerend effect van deze waterloop t.o.v. het drainerend vermogen van de opgestuwde Dender na te gaan, worden er 2 bijkomende piëzometers (5 en 10 m t.o.v. de Oude Dender) geplaatst.

Kerngebied IV

Uit kaart 11 blijkt dat de grondwateronttrekkingen geen significante invloed uitoefenen op de waterstanden in kerngebied IV. In dit kerngebied zijn echter wel meerdere kleinere waterlopen aanwezig. Het Nuchterrijtje (VHA 420/58002) dat de Oppembeek (VHA 420/59003) ontvangt, stroomt op de linkeroever. Op de rechteroever bevindt zich o.a. de IJzermansbeek (VHA 420/66001) en twee waterlopen van tweede categorie (VHA 420/67002 en 420/32001). In kerngebied IV worden er 2 meetraaien voorzien.

Meetraai IVa

In het noordelijk gedeelte van het kerngebied, waar meetraai IVa zich bevindt, is de vallei op de linkeroever minder breed dan op de rechteroever. Buiten de valleigrenzen wordt het reliëf gekenmerkt door een sterk stijgend patroon. De meetraai wordt geplaatst op de linkeroever. Op de rechteroever zijn namelijk waterlopen aanwezig die mogelijk het grondwaterpeil kunnen beïnvloeden. De vallei op de linkeroever is ongeveer 300 m breed. Op de rand wordt één piëzometer geplaatst. De overige ondiepe piëzometers worden op 10, 20, 40, 80 en 150 m t.o.v. de Dender voorzien.

Meetraai IVb

T.h.v. meetraai IVb is de vallei op de linkeroever ongeveer 400 m breed. Op de rand van de vallei wordt een koppel piëzometers geplaatst (ongestoorde toestand). Voorts worden volgende afstanden in de meetraai aangehouden: 10, 20, 50, 100, 200 m. Daar De Rijt (waterloop van 2^{de} categorie) de meetraai doorsnijdt, wordt er voorgesteld om op de linkeroever van De Rijt twee piëzometers te plaatsen. Deze worden voorzien op een afstand van 5 en 10 m van de waterloop.

Kerngebied V

Uit kaart 12 blijkt dat er in kerngebied V geen grondwaterwinningen aanwezig zijn die een belangrijke invloed op het grondwaterpeil uitoefenen. Zowel op de linkeroever als op de rechteroever vloeien er waterlopen van 2^{de} en 3^{de} categorie. Twee pompgemalen zorgen in bepaalde delen van het kerngebied (bv. Broeken te Idegem) voor een artificiële grondwaterstand. De meetreeksen van de piëzometers die in deze zones worden geplaatst,

moeten met de nodige omzichtigheid worden behandeld. In dit kerngebied worden enkel piëzometers geplaatst in de “Broeken van Idegem”.

Meetraai Va

Deze meetraai wordt op de linkeroever, in de broeken van Idegem, geplaatst. Dit gebied wordt kunstmatig ontwaterd door een pompemaal “De Nuchten”. Volgens het bestuur van de watering “Idegem-Appel terre” heeft men echter de intentie om dit pompemaal buiten werking te stellen (zie ook deelopdracht 1). De meetraai heeft een lengte van 400 m en bestaat uit 6 ondiepe piëzometers en 1 diepe piëzometer. Ze worden geplaatst op 10, 20, 50, 100, 200 en 400 m van de Dender verwijderd. De diepe piëzometer wordt op 400 m van de waterloop geplaatst.

Tabel 2 geeft een overzicht van de te plaatsen piëzometers. In deze tabel wordt per meetraai aangegeven hoeveel diepe en ondiepe piëzometers er dienen geplaatst te worden, en op welke afstand t.o.v. de waterloop. Op basis van een terreinbezoek zijn de locaties ingedeeld naargelang hun bereikbaarheid. In de tabel wordt dan ook per meetraai aangegeven hoeveel locaties gemakkelijk of moeilijk bereikbaar zijn.

In totaal worden er in de vijf kerngebieden 53 piëzometers voorzien. Van de 46 ondiepe piëzometers zijn er 20 gemakkelijk te bereiken en 26 moeilijk bereikbaar. Er worden 7 diepe piëzometers voorzien. Hiervan zijn er 3 gemakkelijk bereikbaar en 4 moeilijk bereikbaar.

De piëzometers die zich het dichtst bij de waterloop bevinden, worden uitgerust met een datalogger. Deze registreren uurlijks het grondwaterpeil. Zo is het mogelijk om de invloed van de schommelingen van het waterpeil van de rivier op de schommelingen van het grondwaterpeil na te gaan.

Tabel 2 Voorstel plaatsing piëzometers

Kerngebied	Meetraai		Aantal piëzometers in meetraai (afstanden tot de waterloop in m)				Totaal aantal
			Makkelijk bereikbaar		Moeilijk bereikbaar		
			ondiep	diep	ondiep	diep	
Kerngebied I:	Meetraai Ia	LO					
		RO			6 (10, 25, 50, 100, 200, 400)	1 (400)	
Totaal (I)			0	0	6	1	7
Kerngebied II:	Meetraai IIa	LO					
		RO			6 (10, 20, 40, 80, 150, 300)	1(300)	
Totaal (II)			0	0	6	1	7
Kerngebied III:	Meetraai IIIa	LO	6 (10, 20, 50, 100, 200, 400)	1 (400)			
		RO					
	Meetraai IIIb	LO					
		RO			6 (10, 20, 40, 80, 150, 300) + 2 (5, 10)	1 (300)	
Totaal (III)		6	1	8	1	16	
Kerngebied IV:	Meetraai IVa	LO			6 (10, 20, 40, 80, 150, 300)		
		RO					
	Meetraai IVb	LO	6 (10, 20, 50, 100, 200, 400) + 2 (5, 10)	1(400)			
		RO					
Totaal (IV)		8	1	6	0	15	
Kerngebied V:	Meetraai Va	LO	6 (10, 20, 40, 80, 150, 300)	1(300)			
		RO					
Totaal (V)		6	1	0	0	7	
Algemeen Totaal			20	3	26	3	52

2.3.3 Voorstel voor plaatsing oppervlaktewatermeetpunten

Per volledige meetraai wordt er één oppervlaktewatermeetpunt voorzien. Zo kan telkenmale de relatie oppervlaktewaterpeil/grondwaterpeil bepaald worden. De peilmeters worden in de Dender aangebracht in de nabije omgeving van de meetraai. In het ideale geval staat de oppervlaktewaterpeilmeter in één lijn met de grondwaterpiëzometers. Indien nodig wordt een constructie in de waterloop aangebracht om de peilmeter te bevestigen. Het kan eveneens nuttig zijn om in De Rijt t.h.v. Meetraai IVb en in de Oude Dender (Meetraai IIIb) een oppervlaktewatermeetpunt te plaatsen. In het Denderbellebroek kan tijdens overstromingen de waterstand eveneens worden afgelezen d.m.v. een peilschaal. Merk op dat de plaatsing van oppervlaktewatermeetpunten wordt uitgevoerd door de opdrachtgevende instantie.

2.3.4 Perceelseigenaars

Teneinde de perceelseigenaars om toestemming te kunnen vragen, werden d.m.v. Kadscan-bestanden de kadastrale nummers van de percelen die zich in de omgeving van de meetraaien bevinden, bepaald. In kaart 13 tot 19 worden in de omgeving van elke meetraai de perceelsgrenzen en kadastrale nummers aangeduid.

2.3.5 Staalnames

De piëzometers in onderstaande meetraaien komen in aanmerking voor bemonstering en analyse. In overleg met de opdrachtgever wordt later bepaald welke piëzometers éénmaal of tweemaal per jaar worden bemonsterd.

- Meetraai Ia (Denderbellebroek)
- Meetraai IIa (Kapellemeersen)
- Meetraai IIIa (Molenbeekmeersen) → eenmalig
- Meetraai IIIb (Liedekerke meersen)
- Meetraai Va (Idegemse meersen)

3 PLAATSING VAN DE PIËZOMETERS

3.1 Bereikbaarheid van de meetraaien

Meetraai Ia

Meetraai Ia bevindt zich in het overstromingsgebied “Denderbellebroek”, op het grondgebied van de gemeente Lebbeke. De raai is te bereiken via de Hooistraat (Dendermonde). Twee piëzometers zijn langs de openbare weg gelegen. De andere piëzometers in deze meetraai zijn te bereiken via de private weg (die naar de boerderij leidt).

Meetraai IIa

Deze meetraai is gelegen t.h.v. de Wellemeersen op de rechteroever van de Dender. De piëzometers zijn gelegen op het grondgebied van de gemeente Aalst. Een veldweg die zich uitstrekt tussen het jaagpad en de brug over de E40 (Resschebeke) – parallel met de E40 – geeft toegang tot het jaagpad. Twee piëzometers zijn gelegen in de weide, grenzend aan de veldweg. De andere piëzometers zijn te bereiken langs dit jaagpad, stroomopwaarts. De piëzometers zijn gelegen in een braakliggend terrein. De locatie is aangegeven d.m.v. een rood merkteken/plaklint aan een boom langs het jaagpad.

Meetraai IIIa

Meetraai IIIa is gelegen in de gemeente Ninove – Okegem. Via de N405 – Hazeleerstraat – Fonteinstraat kan de locatie bereikt worden. Aan de spooroverweg kunnen voertuigen geparkeerd worden. Twee piëzometers zijn gelegen langs de spoorweg en zijn te bereiken d.m.v. een klein pad, parallel aan de spoorweg. De andere piëzometers liggen in de weide die te bereiken is via een kleine veldweg gelegen op enkele tientallen meters van de overweg.

Meetraai IIIb

Deze meetraai bevindt zich op het grondgebied van de gemeente Liedekerke. Via de Dommelingenstraat kunnen de verschillende weiden waar de piëzometers gelegen zijn worden betreden.

Meetraai IVa

Op het einde van de Spoorwegstraat te Eichem (Ninove) bevindt zich meetraai IVa. Vier piëzometers zijn gelegen tussen de spoorweg en de Dender. Het pad voert langs enkele bijenkorven om een populierenbosje te bereiken, waar de piëzometers zijn gelegen. Een andere piëzometer ligt in de kleine boomgaard, achter de kleine huizenrij. De laatste piëzometer bevindt zich tussen twee akkers. Ze is gemarkeerd d.m.v. een witte piëzometer met rood-wit lint.

Meetraai IVb

Deze meetraai bevindt zich te Eichem (Ninove). De piëzometers zijn geplaatst langs een smalle geasfalteerde weg (zijstraat van de Rietstraat/Honnenborrestraat).

Meetraai Va

Meetraai Va is gelegen in de gemeente Idegem (Geraardsbergen). Via de straat “Nuchten” kan een veldweg worden genomen die leidt naar de meetraai (einde van de weg). Twee piëzometers zijn gesitueerd in het bosje. Ze zijn te bereiken via een bospad. De andere piëzometers zijn geplaatst in een bomenrij (knotwilgen).

3.2 Veldwerkzaamheden

Voor de plaatsing van de piëzometers zijn handboringen verricht met behulp van een edelmansboor. Plaatsing van sub-freatische piëzometers vereist het gebruik van mantelbuizen. Hierdoor kan vermeden worden dat het boorgat tijdens de werkzaamheden dichtslibt.

Na het realiseren van het boorgat, wordt de piëzometer in de bodem aangebracht. Rond de filter wordt er grind gestort. Hierdoor kunnen losse deeltjes moeilijker in de piëzometer binnendringen. Na het aanbrengen van het grind, wordt een gedeelte van het boorgat opgevuld met bentonietkorrels. In contact met water kunnen deze kleikorrels opzwellen tot 700 % van hun volume in gedroogde toestand. Zo kan de piëzometer op een eenvoudige manier verankerd worden in de bodem.

De piëzometers zijn overal afgewerkt op maaiveldpeil d.m.v. een straatpot. Zo vormen ze geen hinder in het landschap en is de "uitnodiging" tot vandalisme minder groot. De straatpotten kunnen enkel met een sleutel worden geopend zodat de piëzometers tegelijkertijd ook vrij goed beveiligd zijn tegen vandalisme en nieuwsgierigheid.

De plaatsing (juli 2003) gebeurde in een droge periode. Steeds werd ervoor gezorgd dat de onderkant van de filter van de ondiepe piëzometers minstens 1 m onder het grondwater is gelegen. Er wordt dan ook verwacht dat de peilmetingen altijd kunnen verricht worden. De onderkant van de filter van de diepe piëzometers bevindt zich op ongeveer 5 m diepte. De diepte van de piëzometers wordt eveneens aangegeven op de boorbeschrijvingen (zie bijlage 1).

De gebruikte filter van zowel de diepe als ondiepe piëzometers heeft steeds een lengte van 0,5 m. Alle piëzometers hebben een diameter van 50 mm.

Tijdens de plaatsing van de piëzometers zijn boorbeschrijvingen opgemaakt. Deze zijn weergegeven in bijlage 1. Naast de kenmerken van de bodemlagen, is eveneens de grondwaterstand en de diepte van de piëzometer aangegeven.

Elke piëzometer heeft een unieke code die eveneens op de dop van de buis is genoteerd (zie ook kaart 13 tot 19)

De code bestaat uit 3 delen:

- code van de meetraai
- volgnummer van de piëzometer in de meetraai
- aanduiding of het om een ondiepe of diepe piëzometer gaat (O of D)

De code van de meetraai en het volgnummer zijn gescheiden door een punt.

In de loop van de meetcampagne werden drie piëzometers herplaatst dichtbij de oorspronkelijke locatie (d.d. 28/04/04):

- IIIa.6D & IIIa.7O: piëzometers werden vernield
- IVa.6O: piëzometer stond permanent droog

De nieuwe planimetrische en altimetrische coördinaten zijn opgenomen in Tabel 4.

3.3 Registratie van het grondwaterpeil

De registratie van het grondwaterpeil gebeurt zowel handmatig als automatisch.

Alle piëzometers worden twee-wekelijks handmatig gemeten (dus ook de piëzometers die uitgerust zijn met een drukmeter ,cf. infra) en gecontroleerd. De manuele meting bestaat uit de bepaling van de grondwaterstand in de piëzometer ten opzichte van de bovenkant van de piëzometer (waarvan de T.A.W. waarde gekend is). Een peillint wordt langzaam neergelaten in de piëzometer tot een geluidssignaal het contact van het peillint met het water aangeeft. Het hoogteverschil dat op het peillint in die positie kan worden afgelezen, is het hoogteverschil tussen de grondwaterstand en de bovenkant van de piëzometer.

De automatische registratie wordt uitgevoerd d.m.v. drukmetingen. Hiervoor zijn piëzometerdataloggers (type diver) geplaatst. De technische specificaties worden aangegeven in paragraaf 9. Het grondwaterpeil wordt bepaald met een uurlijkse frequentie. De toestellen meten in principe de druk t.h.v. de druksensor. De druk is samengesteld uit de druk van de bovenliggende waterkolom en de atmosferische druk. Om enkel de druk van de waterkolom te kennen, dienen de metingen te worden gecompenseerd door vermindering met de heersende atmosferische druk. Een bovengrondse meting van de atmosferische druk is dan ook noodzakelijk. Daar de positie (mTAW) van deze sensor gekend is, kan dan op basis van de gecompenseerde druk de hoogte van de waterkolom boven de sensor worden berekend.

In Tabel 3 wordt aangegeven welke piëzometers met een drukmeter zijn uitgerust. In deze tabel is de diepte van de drukmeter t.o.v. de bovenkant van de piëzometer (bkpb) aangegeven en omgerekend naar de hoogte in TAW. Een referentiedrukmeting (IIIa.DR) wordt nabij piëzometer IIIa.3O uitgevoerd.

De piëzometers waarin een drukmeter is geplaatst, zijn uitgerust met speciale doppen zodat de peilmeters op een vaste hoogte in de piëzometer bevestigd kunnen worden (iets boven de onderkant van de piëzometer zodat de drukmeter niet in een laagje vuil kan komen te zitten).

Tabel 3 Geplaatste drukmeters

Piëzometer	Lambert72		Hoogte bkpb (m TAW)	Diepte drukmeter t.o.v. bkpb (m)	Hoogte drukmeter (m TAW)
	E (m)	N (m)			
Ia.1O	129178.73	188904.82	4.42	2.31	2.11
Ila.1O	128779.49	177367.16	8.74	2.34	6.40
IIIa.1O	128717.46	172890.51	10.44	2.37	8.07
IIIb.1O	128587.40	172509.74	10.26	2.39	7.87
IVa.1O	124219.36	168744.42	12.70	2.33	10.37
IVb.1O	123593.32	167631.80	13.26	2.37	10.89
Va.1O	119897.66	165326.06	13.84	2.51	11.33

bkpb: bovenkant piëzometer

4 TOPOGRAFISCHE OPMETING

Midden augustus 2003 werden de GPS-stationeerbare piëzometers bezocht met een bifrequente GPS-ontvanger (Leica 9500) geschikt voor fase-metingen. Als referentiestation zijn de Flepos-stations van Buggenhout (BUGG02), Erpe-Mere (ERPE01) en Geraardsbergen (GERA01) gebruikt. De transformatieparameters ETRS89-Lambert72 zijn afkomstig van de Flepos-site (www.flepos.be). De coördinaten van de piëzometers van de meetraaien Ia en IIa werden getransformeerd met behulp van de parameters van de flepos-zone 18. Meetraai IIIa en IIIb vallen binnen de flepos-zone 19, terwijl de coördinaten van de andere piëzometers (IVa, IVb en Va) werden omgezet naar Lambert72 d.m.v. de parameters van de flepos-zone 17. De andere piëzometers (niet GPS-stationeerbaar) werden ingemeten m.b.v. een totaalstation.

De nauwkeurigheid van de verkregen coördinaten wordt verwacht beter te zijn dan 3,0 cm.

In Tabel 4 worden voor alle piëzometers zowel de planimetrische als de altimetrische coördinaten aangegeven. De coördinaten geven de positie/locatie van de bovenkant van de piëzometer aan.

Tabel 4 Coördinaten van de geplaatste piëzometers

piëzometer	Lambert72		Hoogte bkpb (mTAW)
	E (m)	N (m)	
Ia.1O	129178.73	188904.82	4.42
Ia.2O	129192.03	188912.82	4.41
Ia.3O	129218.47	188928.78	4.15
Ia.4O	129272.38	188929.03	4.27
Ia.5O	129379.57	188940.82	3.88
Ia.6D	129568.58	188958.11	3.79
Ia.7O	129567.84	188958.26	3.80
IIa.1O	128779.49	177367.16	8.74
IIa.2O	128789.29	177372.77	8.63
IIa.3O	128810.07	177379.70	8.63
IIa.4O	128846.84	177391.74	8.58
IIa.5O	128910.62	177416.88	8.62
IIa.6D	129071.63	177467.47	10.88
IIa.7O	129071.96	177467.60	10.99
IIIa.1O	128717.46	172890.51	10.44
IIIa.2O	128707.29	172893.36	10.62
IIIa.3O	128676.06	172893.75	10.24
IIIa.4O	128646.51	172912.93	10.29
IIIa.5O	128540.42	172968.89	10.07
IIIa.6D_0	128381.51	173016.14	11.11
IIIa.6D_v1	128440*	173020*	10.38
IIIa.7O_v0	128381.15	173016.18	11.08
IIIa.7O_v1	128440*	173020*	10.38
IIIb.1O	128587.40	172509.74	10.26
IIIb.2O	128597.92	172511.55	10.23
IIIb.3O	128617.78	172515.19	10.35
IIIb.4O	128665.25	172522.22	10.25

piëzometer	Lambert72		Hoogte bkpb (mTAW)
	E (m)	N (m)	
IIIb.5O	128726.07	172486.13	10.13
IIIb.6O	128780.92	172472.38	10.18
IIIb.7O	128786.58	172471.78	10.17
IIIb.8D	128849.49	172431.55	10.29
IIIb.9O	128849.08	172431.71	10.33
IVa.1O	124219.36	168744.42	12.70
IVa.2O	124212.10	168752.07	12.63
IVa.3O	124201.32	168770.41	13.05
IVa.4O	124179.11	168805.50	14.07
IVa.5O	124148.99	168880.16	18.91
IVa.6O_v0	124036.03	168975.48	26.77
IVa.6O_v1	124120*	168920*	22.08
IVb.1O	123593.32	167631.80	13.26
IVb.2O	123583.30	167636.10	13.00
IVb.3O	123555.58	167651.16	12.99
IVb.4O	123520.54	167683.63	12.95
IVb.5O	123483.44	167719.82	12.81
IVb.6O	123476.09	167728.27	12.83
IVb.7O	123455.25	167751.28	13.14
IVb.8D	123350.18	167873.41	16.86
IVb.9O	123349.93	167873.13	16.86
Va.1O	119897.66	165326.06	13.84
Va.2O	119899.35	165335.14	13.89
Va.3O	119906.50	165354.43	13.71
Va.4O	119920.63	165393.40	13.25
Va.5O	119943.74	165457.98	13.01
Va.6D	119999.31	165576.13	12.79
Va.7O	119998.94	165576.12	12.83

bkpb : bovenkant piëzometer

v0: oorspronkelijk geplaatst

v1: herplaatst

*: benaderende waarden: gedigitaliseerd o.b.v. orthofoto's

5 ANALYSE VAN DE GRONDWATERPEILMETINGEN

5.1 Inleiding

“De Dendervallei wordt gekenmerkt door gronden die beïnvloed worden door een permanente grondwatertafel die gedurende een groot deel van het jaar op geringe diepte onder het maaiveld aanwezig is en soms aan de oppervlakte komt. Het grondwater is aan seizoenschommelingen onderhevig: het stijgt tijdens de winter om in het voorjaar zijn hoogste stand te bereiken, daarna daalt het om in de herfst zijn laagste stand te bekomen. Het grondwater wordt echter op een kunstmatige manier beïnvloed omdat tijdens de zomer, het waterpeil van de Dender op een hoog niveau gehouden wordt voor de scheepvaart en recreatievaart. Daarentegen wordt een deel van de broeken waaronder de Nuchten op een kunstmatige wijze ontwaterd door pompstations. In het studiegebied zijn vier pompgemalen aanwezig: aan de Sint-Onolfspolder; in het Denderbellebroek, in de Nuchten en in Geraardsbergen” (Vermeersch et al., 2002).

“De invloed van het pompgemaal op de waterstand in de sloten in het bos van de Nuchten is duidelijk merkbaar: zelfs in het voorjaar ligt het drainageniveau 1 à 2 meter onder het maaiveld” (Envico, 2001).

“De lage komgronden worden gekenmerkt door hoge waterstanden en een kleiige bodemsamenstelling. Door de continue aanvoer van grondwater en de gebrekkige drainage worden ook tijdens de droogste perioden hoge grondwaterstanden genoteerd. De drogere gronden bevinden zich vlak bij de rivier. Deze gronden met grovere textuur (leem tot zandleem) bevinden zich op de iets hoger gelegen oeverwal. Het grondwater situeert zich er doorgaans dieper onder van het maaiveld. Tevens vertoont het een grotere variatie tussen de winter- en zomerperiode” (Envico, 2001).

Na de installatie van een meetnet stelt zich de grootste uitdaging. Een langdurige en regelmatige monitoring van de grondwaterpeilen resulteert in nuttige meetreeksen waaruit belangrijke informatie kan worden gedistilleerd. Zo kan een volgehouden inspanning van minstens een decennium trends in de tijd of gevolgen van antropogene ingrepen aan het licht brengen.

De meetreeksen in valleigebieden worden pas echt interessant als die kunnen gekoppeld worden aan oppervlaktewaterpeilen van de waterlopen nabij de piëzometers. Hiervoor werden in het kader van deze studie naast de gemeten grondwaterpeilen in het geïnstalleerde grondwatermeetnet van 52 piëzometers eveneens de oppervlaktewaterpeilen van de peilmeters t.h.v. de sluizen/stuwen opgevraagd.

Gedurende de meetperiode d.i. 29 oktober 2003 tot 26 oktober 2005 (ca. 2 jaar) dienden drie piëzometers te worden herplaatst. Op 28 april 2004 zijn piëzometers IIIa.6D, IIIa.70 en IVa.60 in de omgeving van de beschadigde piëzometers herplaatst.

5.2 Beschikbare peilgegevens

Het meetnet langs het beschouwde gebied van de Dender is gedurende een periode van twee jaar d.i. van 29 oktober 2003 tot 26 oktober 2005 bemeten. De meetperiode omvat twee volledige kalenderjaren.

5.2.1 Oppervlaktewater

Het oppervlaktewaterpeil wordt op de Dender gemeten opwaarts en afwaarts elke stuw/sluis. Deze waterpeilmeters zijn opgenomen in Tabel 5, terwijl de locatie van deze stuwsluizen wordt voorgesteld op kaart 6. Vanuit de databank van het HIC werden de oppervlaktewaterpeilmeetreeksen t.h.v. deze locaties opgevraagd.

Tabel 5 Waterpeilmeters op de Dender

Meetlocatie	Opwaarts/afwaarts stuw	Code
Dendermonde	opwaarts	04130900
Denderbelle	afwaarts	26270111
	opwaarts	26230111
Aalst	afwaarts	04111000
	opwaarts	04110900
Teralfene	afwaarts	04101000
	opwaarts	04100900
Denderleeuw	afwaarts	04091000
	opwaarts	04090900
Pollare	afwaarts	04081000
	opwaarts	04080900
Idegem	afwaarts	04071000
	opwaarts	04070900
Geraardsbergen	afwaarts	04061000

De waterpeilmeetlocaties die relevant zijn voor deze studie zijn opgenomen in Tabel 6. In deze tabel wordt voor elke meetraai de afwaartse en opwaartse waterpeilmeter aangegeven.

Tabel 6 Locatie van meetraaien t.o.v. waterpeilmeters

Meetraai	Afwaarts		Opwaarts	
	Stuw/Sluis	Code	Stuw/Sluis	Code
Ia	Dendermonde	04130900	Denderbelle	26270111
Ila	Aalst	04110900	Teralfene	04101000
IIla	Denderleeuw	04090900	Pollare	04081000
IIlb	Denderleeuw	04090900	Pollare	04081000
IVa	Pollare	04080900	Idegem	04071000
IVb	Pollare	04080900	Idegem	04071000
Va	Pollare	04080900	Idegem	04071000

Figuur 14-1 geeft de beschikbare meetgegevens voor de oppervlaktewaterpeilmeters aan. Uit deze figuur blijkt dat elke meetreeks, m.u.v. Denderbelle, drie belangrijke hiaten vertoont:

- 17/07/2003 tot 29/07/2003
- 22/10/2003 tot 4/11/2003
- 31/12/2003 tot 5/01/2004

Er dient hierbij te worden opgemerkt dat op deze figuur alle beschikbare gegevens worden vermeld, dus ook eventuele foute waarden.

5.2.2 Grondwater

De grondwaterpeilen zijn zowel automatisch (uurlijks) als handmatig gemeten. De automatische metingen bleven beperkt tot een zevental piëzometers (één per meetraai), terwijl de handmatige metingen in principe tweewekelijks zijn uitgevoerd voor alle piëzometers (ook diegene die zijn uitgerust met een automatische logger).

In Figuur 14-2 worden de beschikbare grondwaterpeilgegevens voor de tijdsduur van de meetcampagne aangegeven. Het betreft zowel automatische als handmatige registraties. Uit deze figuur blijkt dat de meetreeks voor de automatische registratie gekenmerkt is door enkele hiaten (duur 14 dagen). De automatische registraties in piëzometer IVb.10 zijn vroeger beëindigd daar deze piëzometer m.i.v. de datalogger vroegtijdig is verdwenen. De handmatige peilmetingen zijn tweewekelijks uitgevoerd. Eén volledige meetronde is niet uitgevoerd (2/02/2005). Volgende waarden ontbreken eveneens in de meetreeks:

- Meetraai Ia
 - Ia.10 (1/09/2004): geen water in piëzometer
 - Ia.20 (1/09/2004): geen water in piëzometer

- Meetraai IIIa
 - IIIa.6D (29/10/2003 tot 14/04/2004): piëzometer verdwenen door omploegen of bedekken met grond
 - IIIa.7O (29/10/2003 tot 14/04/2004): piëzometer verdwenen door omploegen of bedekken met grond
- Meetraai IIIb
 - IIIb.1O (22/12/2004): piëzometer niet bereikbaar wegens wateroverlast
 - IIIb.2O (22/12/2004): piëzometer niet bereikbaar wegens wateroverlast
 - IIIb.3O (22/12/2004): piëzometer niet bereikbaar wegens wateroverlast
 - IIIb.4O (22/12/2004): piëzometer niet bereikbaar wegens wateroverlast
 - IIIb.8D (10/12/2003): beschermkap niet te openen
 - IIIb.9O (10/12/2003): beschermkap niet te openen
- Meetraai IVa
 - IVa.1O (23/06/2004): geen meting
 - IVa.5O (14/09/2005): geen water in piëzometer
 - IVa.6O (29/10/2003 tot 14/04/2004): piëzometer quasi permanent droog
- Meetraai IVb
 - IVb.1O (6/07/2005 tot einde metingen): piëzometer verdwenen door omploegen grond
 - IVb.3O (6/07/2005 tot einde metingen): piëzometer verdwenen door omploegen grond
 - IVb.4O (6/07/2005 tot einde metingen): piëzometer verdwenen door omploegen grond
 - IVb.5O (6/07/2005 tot 2/03/2005 & 25/05/2005 tot einde metingen): piëzometer verdwenen door omploegen grond
- Meetraai Va
 - Va.2O (2/03/2005): beschermkap niet te openen (vastgevroren)

5.3 Controle en validatie waterpeilmetingen

5.3.1 Oppervlaktewater

De meetreeks van de oppervlaktewaterpeilmeters kan onderworpen worden aan een visuele grafische controle. Hierbij kan gelet worden op temporele overeenkomsten en grootteorde van de verschillende maximale en minimale peilen. De gemeten (niet-gevalideerde) waterpeilen van alle peilmeters in de bemeten panden¹ worden voorgesteld in Figuur 14-3. Uit deze figuur blijkt dat de meetreeksen van een bedenkelijke kwaliteit zijn. Er zijn talrijke ontbrekende periodes en er is nogal wat ruis merkbaar. Daarenboven kan de peilmeetreeks te Teralfene (afwaarts) reeds in dit stadium worden verworpen wegens onbetrouwbaar (langdurige identieke waarden). Figuur 14-4 stelt de gevalideerde meetreeksen voor. De ontbrekende en foutieve waarden zijn weggewerkt door interpolatie. Enkel de langere hiaten zijn niet bijgewerkt. Om de ruis weg te werken zijn de meetreeksen na validatie nogmaals uitgemiddeld o.b.v. een verschuivend gemiddelde (12 uur). De uiteindelijke meetreeks wordt voorgesteld d.m.v. Figuur 14-5.

Na validatie en uitmiddeling blijkt, zoals verwacht, dat het waterpeil t.h.v. peilmeters opwaarts een stuwsluis quasi constant is. Waterpeilmeters afwaarts een stuwsluis volgen eveneens deze trend doch vertonen duidelijke periodes van grotere afvoer. Deze karakteristieke pieken treden quasi simultaan op t.h.v. alle afwaartse waterpeilmeters alsook t.h.v. de waterpeilmeter opwaarts de stuwsluis te Dendermonde.

¹ Onder de term bemeten panden worden de panden bedoeld waarlangs een meetraai is geplaatst.

In elk pand is het verschil in waterpeil aan de opwaartse sluis en de afwaartse sluis klein tot zeer klein. Het pand Aalst-Teralfene (Meetraai IIa) wijkt hier enigzins van af. Het opwaartse en afwaartse waterpeil verschilt meestal ca. 0,6 à 0,7 m, dit bepaald o.b.v. een histogram van de waterpeilverschillen. Dit histogram is voorgesteld in Figuur 14-6. In dit histogram wordt de frequentie van voorkomen van de waterpeilverschillen voorgesteld. Zo kan het meest voorkomend verschil worden bepaald. Merk op dat dit niet noodzakelijk het gemiddeld verschil is.

Een inschatting van de interactie grondwater-oppevlaktewater is mogelijk mits een goede meting van het grondwaterpeil enerzijds en een quasi simultane meting van het oppervlaktewaterpeil t.h.v. de meetraaien anderzijds. Een rechtstreekse meting van het oppervlaktewaterpeil t.h.v. de meetraai is niet uitgevoerd. De meetreeksen opwaarts en afwaarts de stuwsluizen zijn wel beschikbaar en bruikbaar (m.u.v. de peilmeter afwaarts Teralfene). Een inschatting van de correlatie van de optredende waterpeilen op- en afwaarts de stuwsluizen enerzijds en de oppervlaktewaterpeilen t.h.v. de meetraaien anderzijds kan interessante informatie verschaffen voor bepaalde aannames aangaande het oppervlaktewaterpeil t.h.v. de meetraaien.

Op basis van het MIKE11-model van de Dender is een periode van twee kalenderjaren (6/09/1999 tot 2/09/2001) doorgerekend. Uit deze simulatie werden hydrogrammen² geëxtraheerd op volgende locaties:

- Opwaarts en afwaarts de stuwsluizen (t.h.v. de peilmeters)
- Ter hoogte van de meetraaien

Voor elke meetraai is de correlatie van de gesimuleerde oppervlaktewaterpeilen t.h.v. deze meetraai t.o.v. de gesimuleerde oppervlaktewaterpeilen aan de opwaarts en de afwaarts gelegen stuwsluis bepaald. Deze correlatie is grafisch voorgesteld in Figuur 14-7 tot Figuur 14-13.

Uit deze figuren blijkt dat er tussen de gesimuleerde waterpeilen op beide locaties een lineair of polynomiaal verband bestaat. Het lineaire verband komt vooral tot uiting in correlatie met de locatie afwaarts de stuwsluis (Opwaarts Dendermonde vormt hier een uitzondering op daar het waterpeil opwaarts Dendermonde toch een zekere variatie vertoont – getijwerking komt voorbij de stuw). De correlatie met de locatie opwaarts de stuwsluis is eerder polynomiaal. Eén bepaald waterpeil opwaarts de stuwsluis kan voorkomen bij meerdere waterpeilen aan de meetraai. Dit is te wijten aan de opstuwing die optreedt tengevolge de aanwezigheid van de stuw. Voorts blijkt ook uit deze figuren dat de waterpeilen opwaarts een stuw quasi constant blijven (uitzondering Dendermonde), terwijl de range afwaarts een stuw significant groter is.

Gelet op de kleine waterpeilverschillen in de panden Idegem-Pollare; Pollare-Denderleeuw; Denderbelle-Dendermonde en de hoge graad van correlatie tussen de waterpeillocaties en de meetraailocaties, wordt voor de meetraaien langs bovenvermelde panden geen herschaling van de waterpeilen toegepast.

Voor meetraai IIa (pand Teralfene-Aalst) is het waterpeilverschil merkelijk groter zodat een verschaling aangewezen is. Zoals hierboven reeds is gesteld is het waterpeilverschil opwaarts Aalst – afwaarts Teralfene 0,6 m à 0,8 m met een maximale frequentie bij 0,66 m (zie Figuur 14-6). Rekening houdend met de slechte waarden van de meetreeks te Teralfene, wordt bij de waarden van de meetreeks opwaarts Aalst een constante waarde van 0,45 m toegevoegd. Deze waarde is berekend a rato van de afstand van de meetraai tot Aalst (4,2 km) tegenover de totale lengte van het pand (6,1 km). De verschaalde meetreeks is samen met de oorspronkelijke meetreeks opwaarts Aalst en de onbetrouwbare meetreeks afwaarts Teralfene

² Merk op dat deze hydrogrammen enkel gesimuleerde waarden bevatten. Dit betekent dat de gesimuleerde waterpeilen beïnvloed zijn door bepaalde instellingen van het model. Hierbij kan gedacht worden aan opwaartse en afwaartse randvoorwaarde, de regeling van de stuwen (trekken van balken e.d.)...

voorgesteld op Figuur 14-14. Merk op dat het onduidelijk is of het gemiddeld waterpeil te Teralfene überhaupt correct is. Misschien is er naast de duidelijk foutieve waarden eveneens een systematische fout in de meerreeks. Er dient dan ook voorzichtig te worden omgesprongen met de hierna gebruikte (geschatte) meetreeks.

De oppervlaktewaterpeilmee-treksen die hierna zullen worden gebruikt voor de bespreking van de interactie grondwater-oppervlaktewater zijn per meetraai opgenomen in Tabel 7. De toewijzing van de oppervlaktewaterpeilmee-treksen aan een meetraai is uitgevoerd louter op basis van afstand waterpeilmeter-meetraai waarbij uiteraard de dichtstbij gelegen waterpeilmeter wordt geselecteerd. Hierop vormt meetraai Ila een uitzondering o.b.v. de hierboven vermelde redenen.

Tabel 7 Oppervlaktewatermeete-treksen voor elke meetraai

Meetraai	Oppervlaktewaterpeilmee-treks
Ia	Denderbelle (opwaarts)
Ila	Aalst (opwaarts) - verschaald
IIla	Denderleeuw (opwaarts)
IIlb	Denderleeuw (opwaarts)
IVa	Pollare (opwaarts)
IVb	Pollare (opwaarts)
Va	Idegem (afwaarts)

Merk op dat de oppervlaktewaterpeilen beschikbaar zijn met een uurlijkse frequentie. Voor bepaalde figuren en berekeningen zijn waterpeilmee-treksen gebruikt met een 14-dagelijkse frequentie. Deze meete-treksen zijn aangemaakt o.b.v. de uurlijkse meete-treksen waarbij het ogenblik van de grondwaterpeilmetingen de geselecteerde waarde in de oppervlaktewaterpeilmee-treks bepaalt. Op de figuren die betrekking hebben op uurlijkse grondwatergegevens (piëzometers uitgerust met een datalogger) is de uurlijkse oppervlaktewaterpeilmee-treks opgenomen.

5.3.2 Grondwater

De foute of onbetrouwbare (handmatige) metingen van het grondwaterpeil kunnen opgespoord worden door vergelijking van de gemeten waarden t.o.v.

- andere waarden in de manueel gemeten meete-treks; kadert de gemeten waarde in de normale fluctuaties van het grondwaterpeil in een piëzometer over de beschouwde meetperiode
- de automatisch geregistreeerde waterpeilen (d.m.v. datalogger); enkel toepasbaar in 7 piëzometers
- op hetzelfde ogenblik gemeten waterpeilen in de andere piëzometers in de meetraai

In Tabel 8 worden de waarden aangegeven die op basis van deze vergelijking zijn gewijzigd of verwijderd.

Tabel 8 Gewijzigde waarden op basis van de vergelijking met andere waarden

Piëzometer	Datum meting	Oorspronkelijke waarde (mTAW)	Nieuwe waarde* (mTAW)
Ia.1O	29/10/2003	3.61	3.56
Ia.1O	13/04/2005	3.54	3.64
IVa.1O	26/11/2003	11.33	11.24
IVa.1O	17/08/2005	11.05	11.20
Va.1O	17/08/2005	11.86	12.24
IV.1O	7/07/2004	3.77	verwijderd
Ila.5O	18/08/2004	8.01	7.01
IVa.2O	14/09/2005	10.56	11.56

* afgeleid op basis van de meting van de datalogger

Zoals hierboven reeds vermeld, is het mogelijk om op basis van de automatisch geregistreerde waterpeilen de waarden in de handmatig gemeten meetreeks te controleren (enkel voor 7 piëzometers). Zo kunnen ook de hiaten in de handmatig gemeten meetreeks worden opgevuld. In Tabel 9 worden de waarden aangegeven die zijn aangevuld in de handmatig gemeten meetreeks op basis van de automatisch gemeten meetreeks.

Tabel 9 Aangevulde waarden op basis van de vergelijking met automatisch gemeten meetreeks

Piëzometer	Datum meting	Aangevulde waarde
Ia.1O	1/09/2004	3.56
IIIb.1O	22/12/2004	10.11
IVa.1O	23/06/2004	11.28
Ia.1O	2/02/2005	3.86
Ila.1O	2/02/2005	8.04
IIIa.1O	2/02/2005	9.64
IIIb.1O	2/02/2005	10.13
IVa.1O	2/02/2005	11.37
IVb.1O	2/02/2005	12.53
Va.1O	2/02/2005	13.02

De automatisch gemeten (niet-gevalideerde) grondwaterpeilen van alle dataloggers worden voorgesteld in Figuur 14-15. Uit deze figuur blijkt dat de meetreeksen slechts enkele toevallige fouten bezitten en dat het aantal hiaten beperkt is.

Figuur 14-16 stelt de gevalideerde meetreeksen voor. De ontbrekende waarden en de spikes zijn weggewerkt door interpolatie. Enkel de langere hiaten zijn niet bijgewerkt. Om de weinige ruis weg te werken zijn de meetreeksen na validatie uitgemiddeld o.b.v. een verschuivend gemiddelde. De uiteindelijke meetreeks wordt voorgesteld d.m.v. Figuur 14-17. Merk op dat na vergelijking van de handmatig gemeten grondwaterpeilen met de automatisch gemeten grondwaterpeilen een gemiddelde afwijking van ca. 1,5 cm is geregistreerd; wat aanvaardbaar is.

5.4 Verwerking van de beschikbare gegevens

5.4.1 Neerslag

De maandelijkse neerslagtotalen te Ukkel zijn voorgesteld in Figuur 14-18; Figuur 14-19 en Figuur 14-20. Op deze figuren zijn volgende gegevens voorgesteld (gegevens afkomstig van de maandberichten van het KMI):

- Gemeten neerslag per maand (Ukkel en Geraardsbergen)
- Normale waarde per maand (Ukkel en Geraardsbergen)
- Extreme waarden per maand (Ukkel), zowel de hoogste als de laagste m.v.v. het jaartal

Uit deze figuren blijkt dat 2003 een droog jaar was. Enkel in de maanden januari en mei deed er zich meer neerslag voor dan normaal. De droogste maanden waren februari, augustus en september. In de wintermaanden oktober, november en december viel er iets minder neerslag dan normaal. Het neerslagverloop is vergelijkbaar voor Ukkel en Geraardsbergen. De jaartotalen op de twee locaties zijn quasi gelijk (ca. 670 mm), terwijl het normale jaartotaal ca. 100 mm hoger ligt. Hieruit blijkt nogmaals dat 2003 een droger jaar was dan normaal.

Uit Figuur 14-19 blijkt dat 2004 is ingezet met een recordhoeveelheid neerslag in de maand januari. Toen viel er ca. 150 mm neerslag (d.i. meer dan het dubbele van wat er normaal in deze maand valt). Na de natte maand januari is 2004 gekenmerkt door een droog voorjaar. De maanden maart, april en mei zijn gekenmerkt door neerslagtotalen die ruim onder de normale waarde liggen. De zomerperiode was natter dan normaal, terwijl op het einde van het jaar eerder normale neerslagwaarden werden opgetekend. Door de extreem natte maand januari bedroeg het jaartotaal te Ukkel 914 mm i.p.v. 780 mm (normaal). Te Geraardsbergen viel er eveneens iets meer neerslag dan normaal. Het jaartotaal bedroeg er 827 mm, terwijl normaal iets minder neerslag valt (782 mm). Het jaar 2004 was dus iets natter dan normaal. Dit is duidelijk merkbaar in de waarnemingen te Ukkel en in mindere mate te Geraardsbergen.

Uit Figuur 14-20 blijkt dat de neerslag te Ukkel in het jaar 2005 voor elke maand quasi normaal was. Voor de neerslagwaarden te Geraardsbergen is er echter wel een afwijking t.o.v. de normalen. Het voorjaar (april en mei) waren iets natter dan normaal. Dit geldt ook voor de zomermaanden (juli en augustus). De overige maanden waren gekenmerkt door een normale neerslaghoeveelheid. Op het ogenblik van de afwerking van dit rapport waren nog geen gegevens beschikbaar m.b.t. de maanden november en december voor de pluviometer te Geraardsbergen.

5.4.2 Waterpeilen

5.4.2.1 Hydrologische variabelen

Enkele karakteristieke hydrologische variabelen kunnen uit de meetreeksen worden afgeleid. Deze worden aangegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Beschrijving van de te berekenen hydrologische variabelen

Variabele	Eenheid	Beschrijving
minimum peil	mTAW	Minimaal waargenomen peil over de beschouwde periode
maximum peil	mTAW	Maximaal waargenomen peil over de beschouwde periode
gemiddeld peil	mTAW	Gemiddeld peil over de beschouwde periode
minimale diepte	m	Minimaal waargenomen diepte onder het maaiveld over de beschouwde periode
maximale diepte	m	Maximaal waargenomen diepte onder het maaiveld over de beschouwde periode
gemiddelde diepte	m	Gemiddelde diepte onder het maaiveld over de beschouwde periode
amplitude	m	Verschil tussen het maximale en minimale peil

Deze hydrologische variabelen kunnen berekend worden voor:

- Volledige meetreeks
- Zomerperiode
- Winterperiode

Als input voor de berekening zijn de manueel gemeten grondwaterpeilen (tweewekelijkse frequentie) en de automatisch gemeten oppervlaktewaterpeilen (uurlijkse frequentie) gebruikt. De resultaten van de berekening zijn opgenomen in paragraaf 10.

De zomerperiode is de periode van de hydrologische zomer. Meestal worden hiervoor de maanden april, mei, juni, juli, augustus en september genomen. De hydrologische winter omvat

de overige maanden (oktober, november, december, januari, februari en maart). Daar de meetperiode ongeveer 2 jaar omvat worden alle gemeten waarden gebruikt voor verdere analyse. Dus niet enkel één zomerperiode en één winterperiode.

Merk op dat het niet zinvol is om de amplitude te berekenen voor de zomer- of wintersituatie. Deze variabele wordt enkel berekend over de volledige meetreeks.

De diepte onder het maaiveld kan enkel berekend worden voor de grondwaterpeilen.

5.4.2.2 Grafische voorstelling

Voor elke meetraai worden verschillende grafieken/figuren aangemaakt. Volgende voorstellingswijzen worden onderscheiden:

- **Grondwaterschommelingen in de tijd:** voor elke meetraai worden alle metingen in elke piëzometer op één figuur geplaatst. Deze figuur geeft een goed beeld van de schommelingen van het grondwaterpeil in de tijd. Ook het oppervlaktewaterpeil (tweewekelijkse meetreeks) wordt in deze figuur afgebeeld (Figuur 14-21, Figuur 14-25, Figuur 14-29, Figuur 14-33, Figuur 14-37, Figuur 14-40, Figuur 14-44). Een gelijkaardige figuur omvat de grondwaterpeilen t.h.v. de piëzometers die uitgerust zijn met een datalogger. Op deze figuren zijn zowel de automatisch geregistreerde peilen als de manueel gemeten peilen opgenomen (Figuur 14-22, Figuur 14-26, Figuur 14-30, Figuur 14-34, Figuur 14-38, Figuur 14-41, Figuur 14-45). Ook het oppervlaktewaterpeil (uurlijkse meetreeks) wordt in deze figuur afgebeeld
- **Dwarsprofiel:** een dwarsprofiel geeft een beeld van de grondwaterpeilen (van de ondiepe piëzometers) langsheen de meetraai en de oppervlaktewaterpeilen in de Dender. Voor elke manuele meting in een freatische piëzometer is het grondwaterpeil afgebeeld. Op deze figuur is eveneens het maaiveld aangeduid (dikke zwarte lijn) en het gemiddelde grondwater- en oppervlaktewaterpeil (dikke blauwe lijn). Het maaiveld is schematisch voorgesteld op basis van de hoogtes van de bovenkant van de piëzometers, beschikbare bathymetrische opmetingsgegevens, aangevuld met gegevens m.b.t. kleinere waterlopen. (Figuur 14-23, Figuur 14-27, Figuur 14-31, Figuur 14-35, Figuur 14-39, Figuur 14-42)
- **Stijghoogteverschillen:** ter hoogte van de piëzometerneesten (twee piëzometers, waarvan één freatisch en één sub-freatisch), kan de stijghoogte in die twee piëzometers met elkaar worden vergeleken. Een stijghoogte in de sub-freatische piëzometer die groter is dan de stijghoogte in de freatische piëzometer wijst op een opwaartse waterdruk vanuit dieper gelegen waterlagen. Het grondwater wil als het ware naar boven stromen. Indien het grondwater aan de oppervlakte komt, spreekt men van kwel. Op Figuur 14-24, Figuur 14-28, Figuur 14-32, Figuur 14-36, Figuur 14-43 en Figuur 14-47 worden de stijghoogteverschillen voorgesteld. Een positieve waarde wijst op een grotere stijghoogte in de sub-freatische piëzometer.
- **Digitaal hoogtemodel:** teneinde voor elke meetraai of kerngebied een goed beeld te verkrijgen van de topografie, breedte van de vallei, hoogteligging, helling, ... zijn de piëzometerlocaties voorgesteld op het digitaal hoogtemodel. Deze voorstellingen zijn opgenomen in Kaart 6 en Kaart 20 tot Kaart 24.

5.4.2.3 Correlatieberekeningen

Een summiere beschrijving van de gebruikte statistische technieken is opgenomen in paragraaf 11.

Indien de basisgegevens (meetreeksen) het toelaten, is het eveneens mogelijk om aanvullend aan de grafische voorstelling, de graad van correlatie tussen grondwater en oppervlaktewater numeriek te bepalen. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan volgende berekeningen:

- **Correlatie oppervlaktewaterpeilen/grondwaterpeilen (uurlijkse meetreeks)**

Door de correlatie te bepalen tussen de grondwaterpeilmee-treks en oppervlaktewaterpeilmee-treks kan worden nagegaan hoe sterk de schommelingen van het grondwaterpeil beïnvloed worden door schommelingen in het oppervlaktewaterpeil. Op deze wijze kan de reactietijd van het grondwaterpeil t.o.v. het oppervlaktewaterpeil worden ingeschat. Deze statistische methode heeft reeds zijn nut bewezen bij het bepalen van de correlatie grondwaterpeil/oppervlaktewaterpeil doch in het kader van deze studie is dergelijke benadering maar gedeeltelijk zinvol. Door de onderverdeling van de Dender in panden en het nastreven van een streefpeil door opstuw-ing, is quasi geen seizoenale variatie in het oppervlaktewaterpeil merkbaar, terwijl het grondwaterpeil wel een dergelijke variatie kent. Daarenboven wordt de vallei van de Dender in eerste instantie gedraineerd door de talrijke ontwateringsgrachten. Deze grachten lozen in de Dender afwaarts elke stuwsluis. Hierdoor volgen deze niet het waterpeil in de Dender t.h.v. de meetraai. Er dient een onderscheid gemaakt te worden tussen de ontwatering van de vallei d.m.v. een teengracht (gracht parallel met de Dender, aan de voet van het dijklichaam) of d.m.v. een ontwateringsgracht in het midden van de vallei/meetraai. De teengracht zal de werking van de Dender quasi volledig neutraliseren (weinig correlatie) terwijl in het geval van de ontwateringsgracht het grondwaterpeil in de piëzometers die gelegen zijn tussen de Dender en de ontwateringsgracht toch een zekere correlatie zal vertonen met de Dender. Voor elke piëzometer die is uitgerust met een datalogger, is getracht om de correlatie (incl. tijdsverschuiving) te bepalen voor alle waarden, de zomerwaarden en de winterwaarden. De resultaten van deze oefening zijn in de bespreking opgenomen (indien uitgevoerd).

- **Kwantificering invloedzone waterloop**

Indien de waterloop een drainerende werking bezit, zal deze werking voelbaar zijn in de vallei (d.i. "invloedszone van de waterloop"). In deze zone zullen oppervlaktewaterpeilwijzigingen het grondwaterpeil beïnvloeden. Logischerwijs kan gesteld worden dat naarmate de afstand tot de waterloop groter wordt, deze invloed vermindert. Om deze invloedzone te bepalen zijn relatief hoog-frequente metingen (bv. uurlijks) vereist en dit in meerdere piëzometers van de meetraai. Daar deze gegevens niet beschikbaar zijn, kunnen dergelijke berekeningen niet worden uitgevoerd. Een bespreking op basis van de dwarsprofielen volstaat

Deze berekening worden uitgevoerd door middel van het softwarepakket Matlab, m.b.v. een ad hoc ontwikkeld M-bestand.

5.5 Karakteristieken van de grondwaterdynamiek

Merk op dat de interactie grondwaterpeil/oppervlaktewaterpeil niet exact (analytisch) kan worden bepaald door het ontbreken van oppervlaktewaterpeilmeetreeksen t.h.v. de meetraaien.

5.5.1 Meetraai la

5.5.1.1 Inleiding

De ligging van de piëzometers in de meetraai wordt voorgesteld op Kaart 13 en Kaart 20. Op deze kaarten is eveneens de hoogteligging (DHM-Vlaanderen) en de assen van de belangrijkste waterlopen opgenomen. Uit deze kaarten blijkt dat de meetraai, gelegen in het Denderbellebroek³, wordt doorkruist door een waterloop van 3^{de} categorie (VHA 433/67002). Deze waterloop zorgt, samen met de Steenbeek, voor de ontwatering van het Broek en heeft dan ook een belangrijke impact op het grondwaterpeil. Kleinere grachten die in de zomer vaak droogvallen, zijn op bovenvermelde waterlopen aangesloten.

Het reliëf en de hoogteligging van het Denderbellebroek worden weergegeven op Kaart 20. Uit deze kaart blijkt dat ter hoogte van deze meest stroomafwaarts gelegen meetraai de vallei van de Dender relatief breed is. De rechteroever, waar de meetraai is gelegen, helt af naar de Steenbeek. De vallei is dus het hoogst aan de oever van de Dender. Deze helling is eveneens merkbaar op Figuur 14-23. De meetraai ligt ruim 1 km stroomafwaarts de stuwsluis te Denderbelle.

Volgens de bodemkaart, opgenomen in paragraaf 15.1 - Kaart 2, zijn alle piëzometers gelegen in "Natte Klei". Dit blijkt ook uit de boorbeschrijvingen, opgemaakt tijdens de plaatsing (zie paragraaf 8). Enkel t.h.v. piëzometer la.50 wordt het bodemprofiel overheerst door zand. Het piëzometernest (het verst verwijderd van de Dender) omvat piëzometers met filters in een kleilaag.

Het Denderbellebroek doet dienst als potpolder om overstromingen in de omgeving van Dendermonde zoveel als mogelijk te vermijden. De overlooptijd bevindt zich op 6,10 mTAW. Op basis van informatie bekomen bij de polderwachter blijkt dat er tijdens volgende periodes water over de overlooptijd is gekomen:

- 12 januari 2004 t.e.m. 14 januari 2004
- 20 januari 2004 t.e.m. 21 januari 2004
- 10 februari 2004
- 28 februari 2004

In het broek zijn er 4 pompen, met aanslagpeilen in de wachtkom op 3.15, 3.20, 3.25 en 3.30 mTAW aanwezig. Bij overloop vanuit de Dender (geregistreerd in werkelijkheid via een vlotter bij ongeveer 6.15 mTAW in de Dender) stopt het pompen. Het pompdebiet is voor elk van de 4 pompen identiek en bedraagt volgens de heer J. De Bièvre 5200 m³/uur. Dit komt overeen met 1,5 m³/s. Bij simulatie van dit debiet in het Mike11 model (KULeuven, 2002) worden te snelle ledigingen van het Denderbellebroek bekomen. Daarom wordt verwacht dat het werkelijke pompdebiet lager ligt dan het nominaal debiet.

³ Het Denderbellebroek dient als buffer voor het Denderwater dat bij hoogtij niet in de Zeeschelde kan worden geloosd. Bij laagtij wordt het nu terug naar de Dender gepompt. Maar als het peil van de Dender dagen na elkaar uitzonderlijk hoog blijft, volstaan de pompen niet om het Denderbellebroek tussen twee tijpijken leeg te pompen. Verschillende beken die in het broek uitmonden, dreigen dan te overstromen en het gebied kan niet meer volledig worden ingezet om het water van de Dender te bufferen. Uiteindelijk, als het Denderwater bij hoogtij noch in de Schelde noch in het Denderbellebroek terecht kan, wordt het hele gebied bedreigd. Een eenvoudige regelbare schuif of uitwateringssluis aan het Denderbellebroek kan hiervoor een oplossing zijn. De schuif gaat dan bij laagtij open zodra het Denderpeil lager is dan het peil in het Denderbellebroek. Deze oplossing wordt momenteel nog verder onderzocht en verfijnd.

(bron: <http://watlab.lin.vlaanderen.be/ned/hic/waterbeheersing.htm>)

Door de werking van het pompgebied wordt een waterpeil van ca. 3.15 mTAW in het broek nagestreefd.

5.5.1.2 *Interactie grondwater/oppervlaktewater*

De Dender t.h.v. meetraai la werkt quasi nooit drainerend. Dit wordt aangetoond d.m.v. Figuur 14-21 tot Figuur 14-24. Op deze figuren is duidelijk te zien dat het waterpeil van de Dender bijna altijd hoger is dan het grondwaterpeil in de meetraai. Bijkomend is er een dalende gradiënt merkbaar naar het midden van het broek toe. Het Denderwater voedt het grondwater in het broek. De invloed van de overstromingen van het broek vanuit de Dender is niet specifiek merkbaar. Daar het broek slechts is volgelopen in de maanden januari/februari 2004 en dit geen abnormale piek in het grondwaterpeil heeft veroorzaakt (tijdens andere periodes zijn ook piekpeilen geregistreerd, zonder overstromingen vanuit de Dender), is de invloed van dergelijke overstromingen op het grondwaterpeil eerder klein.

De belangrijkste factor is de pompactiviteit. Zoals hierboven reeds is vermeld, wordt het (grond)waterpeil in het broek kunstmatig laag gehouden (ca. 3.15 mTAW). Deze waarde is duidelijk merkbaar op Figuur 14-23 waarbij de dikke blauwe lijn de gemiddelde grondwaterstand aangeeft. In de piëzometers die het verst van de Dender en tevens langs een belangrijke gracht zijn gelegen - dus waar de invloed van het pompgebied het grootst is - nadert de gemiddelde waarde duidelijk het streefpeil. Dit blijkt eveneens uit de tabel met de hydrologische variabelen (paragraaf 10). Uit deze tabel blijkt dat het streefpeil in de zomermaanden makkelijker wordt gehandhaafd dan in de wintermaanden.

Voorts blijkt uit Figuur 14-23 eveneens dat het waterpeil in piëzometers dichtbij de Dender wordt beïnvloed door de (kleine) teengracht. Door het drainerend effect van deze teengracht en van de waterloop van 3^{de} categorie (VHA 433/67002) worden de hoogste waterpeilen in de meetraai geregistreerd t.h.v. piëzometer la.40. Deze hoge waterpeilen manifesteren zich vooral in natte periodes (winter), terwijl deze hogere waterpeilen in drogere periodes niet of nauwelijks optreden. Mogelijks is dit te verklaren door infiltrerend regenwater (na overstromingen eventueel ook infiltrerend Denderwater). Dit kan eveneens worden afgeleid uit de tabellen in paragraaf 10.

Uit Figuur 14-21 en Figuur 14-22 blijkt dat het oppervlaktewaterpeil quasi constant blijft (normaal peil 3.80 mTAW). Dit is uiteraard te wijten aan de opstuwings door de stuwsuis te Dendermonde. Kortstondige hoge waterpeilen (tot 4.40 mTAW) kunnen toegeschreven worden aan het openen van de sluisdeuren te Dendermonde, wanneer een kleine tijgolf wordt verwacht. Het openen van de sluisdeuren gebeurt 2 à 3 maal per maand ('s nachts) en zorgt voor een opruiming van het slib in de vaargeul.

In het oppervlaktewaterpeil zijn twee belangrijke hoogwaterperiodes merkbaar:

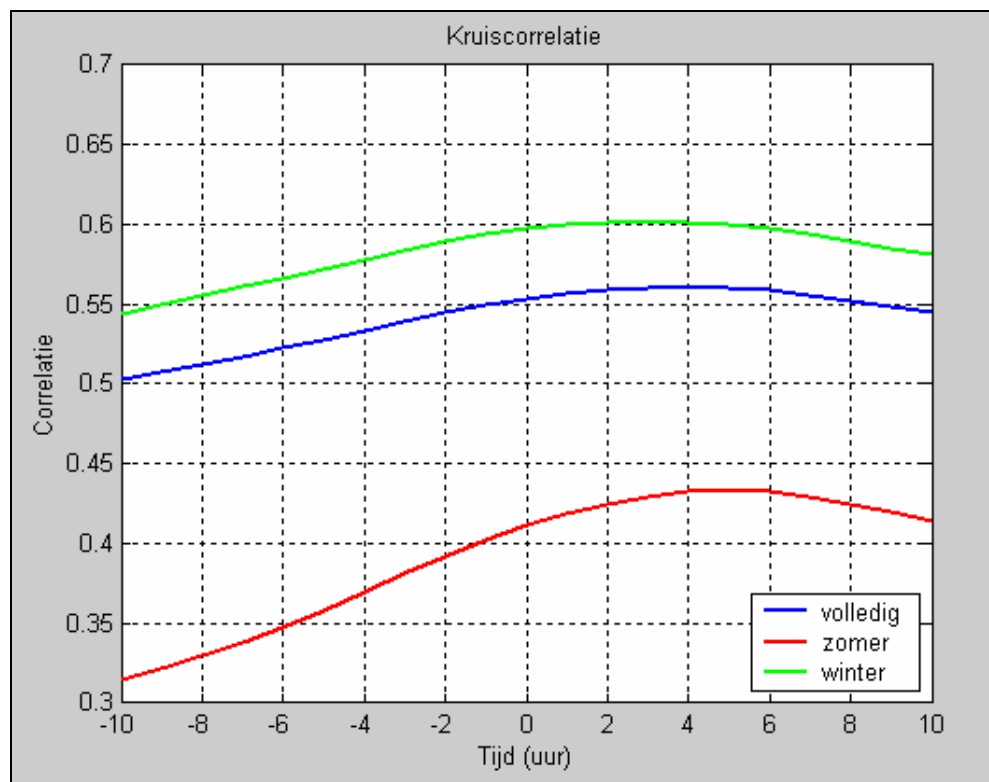
- januari 2004
- februari/maart 2005

In juli 2005 is een belangrijke periode met lage Denderwaterstanden opgetreden (tot 3.49 mTAW).

Voorts blijkt uit deze figuren dat er een duidelijke seizoenale trend merkbaar is in het grondwaterpeil.

Uit Figuur 14-22 blijkt dat er een belangrijke interactie grondwater/oppervlaktewater optreedt. Dit blijkt duidelijk uit het gelijktijdig optreden van piekpeilen. Na de piekpeilen volgt een daling van het waterpeil die merkkelijk sneller verloopt voor het oppervlaktewater dan voor het grondwater. De reactiesnelheid van het grondwater op oppervlaktewaterpeilveranderingen wordt aangetoond d.m.v. een kruiscorrelatie. Deze kruiscorrelatie is grafisch weergegeven in Figuur 5-1. In deze figuur is volledige meetreeks (blauwe lijn), de winterwaarden (groene lijn) en zomerwaarden (rode lijn) de kruiscorrelatie bepaald. Uit deze figuur blijkt dat de correlatie

grondwater/oppervlaktewater eerder beperkt is (correlatiecoëfficiënt maximaal 0,6). De correlatie is voor de winterwaarden significant hoger dan bij de zomerwaarden. In de winter zijn de variaties van het oppervlaktewaterpeil groter dan in de zomer. In de zomer worden variaties opgevangen door de stuw. Het grondwater daarentegen fluctueert zowel in de zomer als in de winter. Voorts blijkt uit deze figuur dat de grootste correlatie wordt bereikt bij een tijdsverschuiving van 4 uur (volledige meetreeks en winterwaarden) en 5 uur (zomerwaarden). Hieruit blijkt dat schommelingen in het oppervlaktewaterpeil 4 of 5 uur later merkbaar zijn in het grondwaterpeil.



Figuur 5-1: Kruiscorrelatie grondwater/oppervlaktewater t.h.v. meetraai la

In Figuur 14-24 zijn de stijghoogteverschillen aangeduid t.h.v. het piëzometernest. Uit deze figuur blijkt dat er gedurende de volledige meetperiode quasi permanente kwel optreedt. Enkel in juli 2005 (lage grondwater- en oppervlaktewaterpeilen) valt deze kwel weg. De meting in maart 2004 is wellicht niet correct. Uit deze figuur blijkt voorts dat de kwelintensiteit toeneemt gedurende de natte perioden (winter), terwijl in droge perioden deze kwel quasi onbestaande is. Daar de ondiepe piëzometer (la.70), zoals hierboven reeds gesteld, sterk wordt beïnvloed door de nabijgelegen gracht, blijkt dus dat het grondwater, alsook de drainagegrachten gevoed worden door kwelwater en dit het ganse jaar door (eventueel met een fluctuerende intensiteit).

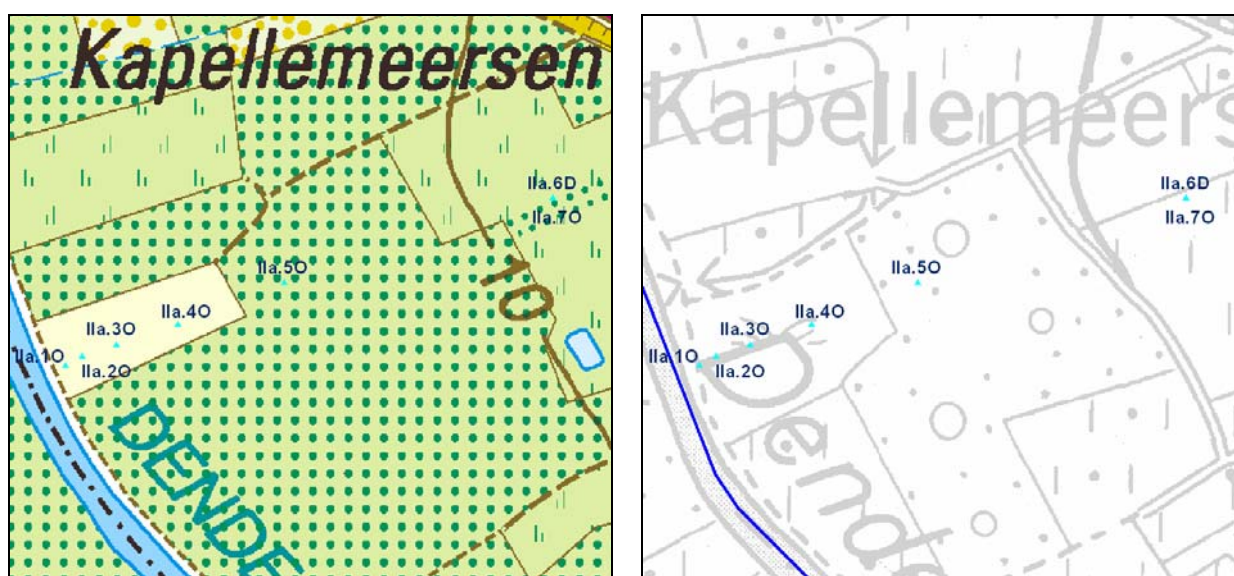
5.5.1.3 Conclusie

Op basis van bovenvermelde vaststellingen blijkt dat het grondwater in het Denderbellebroek gevoed wordt door enerzijds de Dender – door de hogere waterpeilen – en door permanente kwel, evenals door neerslag. Dit water wordt door de drainagegrachten opgevangen en opgepompt naar de Dender. Een seizoenale variatie is merkbaar in de grondwatermeetreeks doch niet in de oppervlaktewaterpeilmmeetreeks (opstuwung van de gekanaliseerde Dender). De interactie grondwater/oppervlaktewater is merkbaar doch niet sterk gecorreleerd. Overstromingen vanuit de Dender hebben geen sterke invloed op het grondwaterpeilregime t.h.v. de meetraai.

5.5.2 Meetraai Ila

5.5.2.1 Inleiding

Meetraai Ila is gelegen in de Kapellemeersen (rechteroever) ongeveer 2 km stroomafwaarts de stuwsluis van Teralfene. De ligging van de piëzometers in de meetraai wordt voorgesteld op Kaart 14 en Kaart 21. Op deze kaarten is eveneens de hoogteligging (DHM-Vlaanderen) en de assen van de belangrijkste waterlopen opgenomen. Uit deze kaarten blijkt dat de piëzometers in de meetraai niet direct worden beïnvloed door belangrijke grachten of waterlopen. Dit blijkt eveneens uit de topografische kaarten, voorgesteld in Figuur 5-2. Uit terreininventarisatie blijkt echter dat er t.h.v. de landgebruiksgrenzen, zoals aangeduid op de topografische kaart versie 1978-1993, er kleine greppeltjes aanwezig zijn. Deze staan in verbinding met de gracht ten noorden van de meetraai. De vallei van de Dender is gekenmerkt door een geleidelijke stijging tot aan het talud van de autosnelweg (E40).



Figuur 5-2: Topografische kaart t.h.v. meetraai Ila (links versie 1991-2002 ; rechts versie 1978-1993)

Volgens de bodemkaart, opgenomen in paragraaf 15.1 - Kaart 2, zijn alle piëzometers gelegen in "Vochtig of Nat Zandleem". Dit stemt gedeeltelijk overeen met de resultaten van de boorbeschrijvingen, opgemaakt tijdens de plaatsing (zie paragraaf 8). Uit de boorbeschrijvingen, blijkt dat klei de belangrijkste component vormt in de bodemprofielen. Echter komt in de piëzometers nabij de Dender (Ila.1O tot Ila.3O) zand voor. Hierbij zijn de filters van piëzometer Ila.2O en Ila.3O in een zandlaag geplaatst. Het piëzometernest aan de rand van de vallei omvat een sub-freatische piëzometer met filter eveneens in een zandlaag, terwijl de filter van de ondiepe piëzometer in klei is geplaatst.

De oppervlaktewaterpeilmeetreeks die is opgenomen op de figuren moet met de nodige omzichtigheid worden geïnterpreteerd. Mogelijks wijken de berekende waterpeilen af van de werkelijke waterpeilen (zie ook paragraaf 5.3.1).

5.5.2.2 *Interactie grondwater/oppervlaktewater*

De invloed van de Dender op de grondwaterdynamiek is beperkt.

Uit Figuur 14-27 blijkt dat het gedeelte van de vallei dat wordt beïnvloed, beperkt blijft tot op maximaal 50 m van de Dender. Voorts blijkt uit deze figuur, alsook uit Figuur 14-25, dat de Dender nagenoeg permanent een voedende functie vervult. Slechts bij zeer hoge grondwaterstanden (gelijk aan of boven maaiveld) werkt de Dender drainerend. Dit is uiteraard te verklaren door de opstuwing van de Dender en het quasi constante waterpeil in de waterloop.

Uit Figuur 14-25 blijkt eveneens dat het piëzometernest reeds buiten de valleigrenzen s.s. is gelegen. Hierdoor zijn de grondwaterpeilen t.h.v. deze piëzometers anderhalve meter hoger dan de gemeten grondwaterpeilen in de andere piëzometers van de meetraai. De grondwaterpeilen in piëzometers (IIa.1O tot IIa.4O) kennen een gelijkaardig peilverloop. Hierbij kan worden opgemerkt dat de onderlinge peilverschillen groter zijn tijdens natte perioden en klein tijdens droge perioden, wat wijst op een vlakke grondwatertafel tijdens drogere perioden (gradiënt valleirand-vallei groter tijdens natte periodes dan tijdens droge periodes). Het grondwaterpeilverloop t.h.v. piëzometer IIa.5O wordt gekenmerkt door een enigszins afwijkend peilverloop. Hoge waterpeilen blijven langer constant, terwijl lage waterpeilen significant lager liggen. De grondwaterpeilen zijn gekenmerkt door een seizoenaal verloop. Uit Figuur 14-26 blijkt eveneens de seizoenale variatie. Ook blijkt het grondwaterpeil t.h.v. piëzometer IIa.1O onderhevig aan snelle stijgingen, gevolgd door een relatief langzamer dalend peil. De grondwaterpeilen zijn normaal gezien lager dan het oppervlaktewaterpeil. Enkel in februari 2004 en 2005 steeg het grondwaterpeil in IIa.1O hoger dan het oppervlaktewaterpeil (kortstondige drainerende werking van de Dender).

De kwelintensiteit t.h.v. het piëzometernest wordt voorgesteld d.m.v. Figuur 14-28. Uit deze figuur blijkt dat kwel zich manifesteert in droge perioden, terwijl er tijdens natte perioden geen kwelvorming optreedt.

Door de kleine invloed van de Dender (correlatiecoëfficiënt 0,27) en de minder betrouwbare oppervlaktewaterpeilmeetreeks is het niet aangewezen om voor deze meetraai verdere analytische analyses uit te voeren.

5.5.2.3 *Conclusie*

De invloed van de Dender t.h.v. meetraai IIa is zeer beperkt. Het grondwater vertoont een seizoenale variatie, het oppervlaktewaterpeil in de Dender blijft quasi constant. De Dender vervult bijna altijd een voedende functie.

5.5.3 Meetraai IIIa

5.5.3.1 Inleiding

Meetraai IIIa is gelegen in de Molenbeekmeersen op de linkeroever tussen de spoorweg en de Dender, 1.3 km stroomopwaarts de stuwsluis van Denderleeuw. De ligging van de piëzometers in de meetraai wordt voorgesteld op Kaart 15 en Kaart 22. Op deze kaarten is eveneens de hoogteligging (DHM-Vlaanderen) en de assen van de belangrijkste waterlopen opgenomen. Uit deze kaarten blijkt dat het gebied sterk is doorweven d.m.v. afwateringsgrachten. Op bijna elke landgebruiksgrens is een gracht aanwezig. Deze grachten zijn aangesloten op de Rijt (2^{de} categorie – VHA 423/44002). Deze waterloop loopt parallel met de Dender en speelt een belangrijke rol in de afwatering van de linkeroever van de vallei van de Dender. De Rijt mondt uit in de Dender net stroomafwaarts de stuwsluis te Denderleeuw. Tussen meetraai IIIa en de monding van de Rijt bevindt zich eveneens de instroming van de Molenbeek (5986).

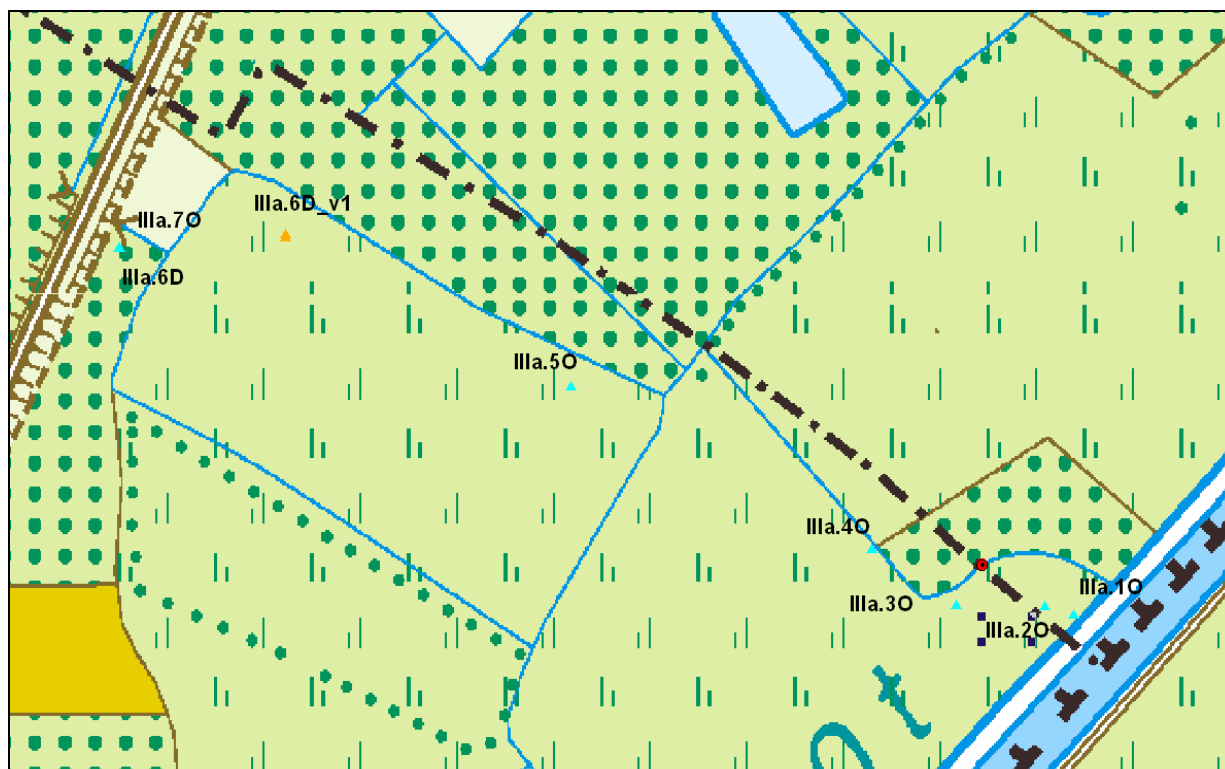
Uit kaart Kaart 22 en Figuur 14-31 blijkt dat de vallei van de Dender gekenmerkt is door een nagenoeg vlak verloop. Aan de rand van de vallei is een sterk hellend talud aanwezig. Er zijn enkel piëzometers geplaatst in de vallei.

Volgens de bodemkaart, opgenomen in paragraaf 15.1 - Kaart 2, zijn alle piëzometers gelegen op de grens tussen “Natte Klei” en “Natte Leem”. Deze aanduiding op de bodemkaart stemt grotendeels overeen met de resultaten van de boorbeschrijvingen, opgemaakt tijdens de plaatsing (zie paragraaf 8). Hieruit blijkt dat alle bodemprofielen worden gekenmerkt door de aanwezigheid van klei. Met uitzondering van de piëzometer IIIa.5O en IIIa.6D zijn alle filters in een kleilaag geplaatst. De filters van piëzometer IIIa.5O en IIIa.6D bevinden zich namelijk in een zandlaag. Opmerkelijk is de aanwezigheid van veen (IIIa.6D) terwijl deze veenlaag niet merkbaar is in de boorbeschrijving van piëzometer IIIa.7O (beiden vormen een piëzometernest).

5.5.3.2 Interactie grondwater/oppervlaktewater

De Dender heeft geen directe invloed op het grondwaterregime t.h.v. meetraai IIIa.

De Rijt en de daarop aangesloten afwateringsgrachten bepalen in grote mate de optredende grondwaterpeilen. Ter verduidelijking is Figuur 5-3 opgenomen. Op deze figuur is de ligging van de afwateringsgrachten t.o.v. de geplaatste piëzometers aangeduid. Doordat de piëzometers – om vernieling te vermijden – zoveel als mogelijk op de perceelgrenzen zijn geplaatst en dus ook in de nabije omgeving van grachten zijn gelegen, wordt het gemeten waterpeil in grote mate bepaald door die grachten.



Figuur 5-3: Ligging afwateringsgracht t.o.v. piëzometers in meetraai IIIa

Uit Figuur 14-31 en de tabellen in paragraaf 10 blijkt dat de waterpeilen in piëzometers IIIa.10, IIIa.30 en IIIa.40 gelijkaardig zijn. Deze gelijkaardige kenmerken kunnen, zoals hierboven reeds is vermeld, toegeschreven worden aan de ligging nabij grachten dewelke met elkaar in verbinding staan (zie Figuur 5-3). De gemiddelde peilen zijn quasi gelijk doch tijdens droge perioden (diepe grondwater tafel) blijken de peilen t.h.v. IIIa.30 lager te liggen. Piëzometers IIIa.50 en IIIa.70 zijn wat verder van een gracht verwijderd, doch vertonen geen echt verschillend grondwaterregime dan de andere piëzometers.

Uit Figuur 14-29 en Figuur 14-30 blijkt dat het waterpeil in de Dender t.h.v. meetraai IIIa steeds hoger is dan de waterpeilen in alle bemeeten piëzometers. Een voedende functie vervult de Dender niet echt daar eventueel doorsijpelend water door de Rijt wordt afgevoerd. Door de monding van de Rijt afwaarts de stuwsuis te Denderleeuw kan het drainagepeil significant lager worden gehouden dan het waterpeil in de Dender.

Voorts blijkt uit deze figuren dat de meetreeks van de opgestuwde Dender geen significante waterpeilverschillen vertoont, terwijl het grondwaterpeil een duidelijk seizoenale trend volgt. Daarenboven kan gesteld worden dat het waterpeil in piëzometer IIIa.10 (zie Figuur 14-30) eveneens sterk en snel reageert (pieken in meetreeks). Dit kan opnieuw grotendeels verklaard worden doordat het grondwaterpeil in deze piëzometer sterk afhankelijk is van het waterpeil in de Rijt.

Uit Figuur 14-29 blijkt eveneens dat het grondwaterpeil in piëzometer IIIa.20 permanent hoger is dan de grondwaterpeilen in de andere piëzometers (m.u.v. de waterpeilen t.h.v. het piëzometernest). Dit kan deels verklaard worden door de hogere ligging van het maaiveld t.h.v. IIIa.20 en de kleinere invloed van de aanwezige grachten. Tijdens nattere perioden is het waterpeilverloop in piëzometer IIIa.30 en IIIa.50 gelijkaardig aan dat in de andere piëzometers. Echter tijdens drogere perioden daalt het grondwaterpeil in die piëzometers significant lager (cf. supra). Deze eigenschap kan toegeschreven worden aan het lokale gedrag van de gracht of aan de bodemgesteldheid (IIIa.50 → zand).

De kwelintensiteit in het piëzometernest is permanent laag, doch bijna steeds positief. Opmerkelijk is de hogere kwelintensiteit in augustus 2004. Deze valt samen met de laagste waterpeilen van dat kalenderjaar. Dit herhaalt zich niet in de zomer van 2005 zodat één van de metingen wellicht een toevallige fout bevat.

Door de kleine invloed van de Dender (correlatiecoëfficiënt 0,3) is het niet aangewezen om voor deze meetraai verdere analytische analyses uit te voeren.

5.5.3.3 Conclusie

De Dender heeft slechts een kleine directe invloed op het grondwaterregime t.h.v. meetraai IIIa. Belangrijker zijn de Rijt en de vele afwateringsgrachten. Deze zijn bepalend voor de grondwaterdynamiek. De grondwatermeetreeksen zijn gekenmerkt door seizoenale variatie, terwijl het Denderwater permanent constant blijft. Er treedt weinig tot geen kwel uit.

5.5.4 Meetraai IIIb

5.5.4.1 Inleiding

Meetraai IIIb is gelegen in de Liedekerke meersen op de rechteroever, 1.7 km stroomopwaarts de stuwsluis van Denderleeuw. De ligging van de piëzometers in de meetraai wordt voorgesteld op Kaart 16 en Kaart 22. Op deze kaarten is eveneens de hoogteligging (DHM-Vlaanderen) en de assen van de belangrijkste waterlopen opgenomen. Uit deze kaarten blijkt dat meetraai IIIb wordt doorkruist door de Oude Dender. Deze waterloop van de 2^{de} categorie (VHA 423/50001) mondt uit in de Dender ca. 1 km stroomafwaarts de stuwsluis te Denderleeuw. Deze waterloop speelt dan ook een belangrijke rol m.b.t. de afwatering van de rechteroever van de vallei van de Dender. Om het drainerend effect van de Oude Dender te bepalen zijn enkele piëzometers dichtbij deze waterloop geplaatst. Uit kaart Kaart 22 en Figuur 14-35 blijkt dat de vallei van de Dender gekenmerkt is door een nagenoeg vlak verloop. Aan de rand van de vallei is een sterk hellend talud aanwezig. Er zijn enkel piëzometers geplaatst in de vallei.

Volgens de bodemkaart, opgenomen in paragraaf 15.1 - Kaart 2, zijn alle piëzometers gelegen in "Natte Klei". Dit blijkt ook uit de boorbeschrijvingen, opgemaakt tijdens de plaatsing (zie paragraaf 8). Enkel t.h.v. piëzometer IIIb.5O en IIIb.8D is zand merkbaar. De filters van beide piëzometers bevinden zich eveneens in deze zandlaag. Merk op dat de bodembeschrijvingen van het piëzometernest (IIIb.8D & IIIb.9O) betrekking hebben op de oorspronkelijke plaatsing. Voor de herplaatsing zijn geen nieuwe beschrijvingen opgemaakt.

5.5.4.2 Interactie grondwater/oppervlaktewater

Uit Figuur 14-35 blijkt dat het waterpeil in de Dender steeds hoger ligt dan het maaiveld in de vallei. De Dender is dan ook niet drainerend. De voedende werking blijft beperkt tot aan de teengracht (achter het dijklichaam). Deze teengracht loost enkele honderden meters stroomafwaarts in de Oude Dender (zie ook Kaart 22). Vanaf de teengracht tot aan de Oude Dender, langsheen de meetraai, verloopt de grondwater tafel horizontaal. De invloed van de Oude Dender is eerder klein. De werking is soms drainerend en soms voedend. Hierbij is geen eenduidige trend merkbaar. De invloed van de Oude Dender (drainerend/voedend) zal wellicht afhankelijk zijn van de meteorologische omstandigheden op korte termijn.

Voorts blijkt uit deze figuren dat de meetreeks van de opgestuwde Dender geen significante waterpeilverschillen vertoont, terwijl het grondwaterpeil een duidelijk seizoenale trend volgt. Daarenboven kan gesteld worden dat het waterpeil in piëzometer IIIb.1O (zie Figuur 14-34) eveneens sterk en snel reageert (pieken in meetreeks). Dit kan grotendeels verklaard worden doordat het grondwaterpeil in deze piëzometer sterk afhankelijk is van het waterpeil in de teengracht.

De kwelintensiteit in het piëzometernest is permanent laag tot negatief. In de nattere wintermaanden treedt er kwel op terwijl in de zomermaanden de kweldruk volledig wegvalt (zelfs negatief).

Door de kleine invloed van de Dender (correlatiecoëfficiënt 0,35) is het niet aangewezen om voor deze meetraai verdere analytische analyses uit te voeren.

5.5.4.3 Conclusie

De invloed van de Dender t.h.v. meetraai IIIb is beperkt zowel in reikwijdte als in grootte. Het opgestuwde Denderwater bevindt zich permanent hoger dan de vallei. Denderwater dat door het dijklichaam is gestuwd, wordt afgevoerd door de teengracht. De invloed van de Oude Dender is eveneens klein. De grondwatertafel verloopt horizontaal.

5.5.5 Meetraai IVa

5.5.5.1 Inleiding

Meetraai IVa is gelegen op de linkeroever ongeveer 500 m stroomopwaarts de stuwsuis van Pollare. De ligging van de piëzometers in de meetraai wordt voorgesteld op Kaart 17 en Kaart 23. Op deze kaarten is eveneens de hoogteligging (DHM-Vlaanderen) en de assen van de belangrijkste waterlopen opgenomen. Uit deze kaarten blijkt dat meetraai IVa wordt doorkruist door de spoorlijn Brussel-Gent. Een belangrijke invloed op de afwatering van de linkeroever van de Dendervallei is weggelegd voor de Rijt. Deze waterloop van 2^{de} categorie, met een loop parallel aan de Dender, mondt uit in de Dender afwaarts de stuwsuis van Pollare.

De vallei van de Dender is t.h.v. de meetraai zeer smal. De spoorlijn bevindt zich op de rand van de vallei zodat de piëzometers ten noorden van de spoorlijn zich op het hellend talud (buiten de vallei) bevinden. De piëzometers ten zuiden van de spoorlijn (4 stuks) zijn dan ook gesitueerd in de relatief vlakke vallei.

Volgens de bodemkaart, opgenomen in paragraaf 15.1 - Kaart 2, zijn de piëzometers gelegen ten noorden van de spoorlijn gelegen in "Droge Zandleem", terwijl de andere piëzometers in "Nat zandleem" zijn geplaatst. Dit gegeven is slechts gedeeltelijk merkbaar in de boorbeschrijvingen, opgemaakt tijdens de plaatsing (zie paragraaf 8). Uit deze boorbeschrijvingen blijkt namelijk dat de bodem ten noorden van de spoorlijn (in principe buiten de vallei van de Dender) volledig gekenmerkt wordt door leem. Er zijn geen andere horizonten merkbaar. Ten zuiden van de spoorweg is de bodem gekenmerkt door kleiafzettingen. Enkel t.h.v. de piëzometer IVa.40 (nabij de spoorweg) is een weinig zand merkbaar. In deze laag is de filter geplaatst. De filter van piëzometer IVa.30 bevindt zich in een veenlaag. Merk op dat de bodembeschrijving van de piëzometer IVa.60 betrekking heeft op de oorspronkelijke plaatsing. Voor de herplaatsing is geen nieuwe beschrijving opgemaakt.

5.5.5.2 Interactie grondwater/oppervlaktewater

De Dender heeft geen directe (drainerende) invloed op de waterhuishouding in de vallei. De Rijt en de daarop aangesloten afwateringsgrachten bepalen in grote mate de optredende grondwaterpeilen. Op basis van Figuur 14-39 blijkt dat deze invloed zeer sterk is in de nabije omgeving van deze gracht (ca. 30 m). Verder van deze gracht verwijderd speelt de drainerende werking nog een rol doch de seizoensale variaties zijn merkkelijk groter (zie ook Figuur 14-37).

Uit Figuur 14-39 en Figuur 14-37 blijkt dat het waterpeil in de Dender t.h.v. meetraai IVa steeds hoger is dan de waterpeilen in de bemeten piëzometers. Een voedende functie vervult de Dender niet echt daar eventueel doorsijpelend water door de Rijt wordt afgevoerd. Door de

monding van de Rijt afwaarts de stuwsluis te Pollare kan het drainagepeil significant lager worden gehouden dan het waterpeil in de Dender. Enkel tijdens de droogste perioden kan de Dender (of Rijt) een voedende functie vervullen (cf. infra)

Voorts blijkt uit deze figuren dat de meetreeks van de opgestuwde Dender geen significante waterpeilverschillen vertoont, terwijl het grondwaterpeil een duidelijk seizoenale trend volgt (vanaf piëzometer IVa.3O). Daarenboven kan gesteld worden dat het waterpeil in piëzometer IVa.1O (zie Figuur 14-38) eveneens sterk en snel reageert (pieken in meetreeks). Dit kan opnieuw grotendeels verklaard worden doordat het grondwaterpeil in deze piëzometer sterk afhankelijk is van het waterpeil in de Rijt. Globaal gezien blijven de variaties in het waterpeil in piëzometer IVa.1O beperkt.

Voorts blijkt uit Figuur 14-39 en Figuur 14-37 dat de piëzometers in drie groepen kunnen worden ingedeeld (naargelang de variatie van het waterpeil):

- IVa.1O & IVa.2O: De meetreeks vertoont een kleine seizoenale variatie en een kleine amplitude. T.h.v. piëzometer IVa.1O is het waterpeil quasi constant. Hier is er nog een duidelijke invloed van het oppervlaktewater (de Rijt)
- IVa.3O & IVa.4O: Er is een duidelijke seizoenale trend merkbaar. De meetreeksen verlopen synchroon. Tijdens droge perioden is het waterpeil t.h.v. IVa.3O zelfs lager dan het waterpeil in alle andere piëzometers. Op dit ogenblik heeft de Rijt (of Dender) een voedende functie.
- IVa.5O & IVa.6O: De piëzometers zijn gelegen ten noorden van de spoorweg (buiten de vallei van de Dender). Er is een seizoenale trend merkbaar doch minder uitgesproken dan in piëzometer 3O en 4O.

De kwelintensiteit is in deze meetraai niet gemeten daar er geen piëzometernest is gerealiseerd.

Door de kleine invloed van de Dender (correlatiecoëfficiënt 0,15) is het niet aangewezen om voor deze meetraai verdere analytische analyses uit te voeren.

5.5.5.3 Conclusie

De invloed van de Dender t.h.v. meetraai IVa is beperkt zowel in reikwijdte als in grootte. Het opgestuwde Denderwater bevindt zich permanent hoger dan de vallei. Denderwater dat door het dijklichaam is gestuwd, wordt afgevoerd door de Rijt. Enkel tijdens droge perioden vervult de Dender of Rijt een voedende functie.

5.5.6 Meetraai IVb

5.5.6.1 Inleiding

Meetraai IVb is gelegen op de linkeroever ongeveer 2 km stroomopwaarts de stuwsluis van Pollare. De ligging van de piëzometers in de meetraai wordt voorgesteld op Kaart 18 en Kaart 23. Op deze kaarten is eveneens de hoogteligging (DHM-Vlaanderen) en de assen van de belangrijkste waterlopen opgenomen. Uit deze kaarten blijkt dat meetraai IVb wordt doorkruist door de Rijt. Deze waterloop van 2^{de} categorie mondt uit in de Dender afwaarts de stuwsluis van Pollare.

Uit Figuur 14-42 en Kaart 23 blijkt dat het maaiveld tussen de Dender en de Rijt nagenoeg vlak is. Vanaf de Rijt kent het maaiveld een stijgend verloop tot aan het piëzometernest. De Rijt is dan ook belangrijk voor de afwatering van de linkeroever van de Dendervallei. De vallei van de Dender s.s. bevindt zich eigenlijk tussen de Rijt en de Dender.

Volgens de bodemkaart, opgenomen in paragraaf 15.1 - Kaart 2, zijn de piëzometers (IVb.5O tot IVb.9O) gelegen in "Nat Zandleem", terwijl de piëzometers dichtbij de Dender eerder gelegen zijn in "Natte Klei". Dit blijkt ook uit de boorbeschrijvingen, opgemaakt tijdens de

plaatsing (zie paragraaf 8). Uit deze beschrijvingen blijkt dat met uitzondering van één filter (namelijk die van IVb.70 – in een veenlaag) alle filters in een kleilaag zijn geplaatst.

Merk op dat vanaf februari 2005 enkele piëzometers zijn verdwenen waardoor peilmetingen niet meer konden worden uitgevoerd.

5.5.6.2 Interactie grondwater/oppervlaktewater

De invloed van de Dender is t.h.v. meetraai IVb zeer beperkt.

Uit Figuur 14-42 blijkt dat de afwatering van de vallei wordt verwezenlijkt door de Rijt. De volledige vallei helt af naar deze gracht. Het drainageniveau is er duidelijk lager dan in de vallei. Uit Figuur 14-40, Figuur 14-42 en de tabellen in paragraaf 10 blijkt dat het waterpeil in de Dender permanent hoger is dan het waterpeil in de vallei tussen de Rijt en de Dender. Er is een duidelijke permanente voedende werking van de Dender. De grondwaterpeilen dalen naarmate de afstand tot de Dender toeneemt (tot aan de Rijt). De sterkste daling is merkbaar dichtbij de Dender. De aanwezigheid van klei beperkt de directe invloed van de Dender tot ca. 30 m langsheen de meetraai. Op grotere afstanden (> 30 m) verloopt het grondwaterpeil quasi horizontaal. Schommelingen in het grondwaterpeil zijn hoofdzakelijk toe te schrijven aan seizoenale variatie en in tweede instantie aan de drainerende werking van de Rijt en de voedende werking van de Dender.

Voorts blijkt uit deze figuren dat, indien de waterpeilen t.h.v. het piëzometernest buiten beschouwing worden gelaten, de waterhoogtes afnemen naar de Rijt toe. De peilen t.h.v. piëzometers IVb.60 en IVb.70 zijn het laagst tijdens droge perioden terwijl tijdens natte perioden dit eveneens voor piëzometer 60 geldt doch niet voor piëzometer 70. Daar piëzometer 70 verder is verwijderd van de Rijt dan piëzometer 60, kan gesteld worden dat de invloed van de Rijt tijdens droge perioden belangrijker zal zijn dan tijdens natte perioden.

In Figuur 14-41 is de duidelijke seizoenale trend van het grondwater nogmaals duidelijk merkbaar. Tijdens zeer natte perioden stijgt het grondwaterpeil tot aan het waterpeil in de Dender, doch niet significant hoger. De Dender is dan ook permanent voedend (cf. supra). Er zijn belangrijke pieken merkbaar in de grondwaterpeilmeetreeks doch niet in de oppervlaktewaterpeilmeetreeks. De piekpeilen in het grondwater zullen dan ook hoofdzakelijk worden veroorzaakt door infiltrerend regenwater en pas in tweede instantie door de voedende werking van de Dender.

De meetreeks t.h.v. het piëzometernest aan de rand van de vallei s.l. is eveneens gekenmerkt door een seizoenale variatie doch iets minder uitgesproken dan in de ander piëzometers van de meetraai. Er is een permanente kwelactiviteit merkbaar. Deze is in de zomermaanden iets groter dan tijdens de wintermaanden. Dit kwelwater wordt t.h.v. de Rijt gedraineerd en afgevoerd via het oppervlaktewatersysteem.

Door de kleine invloed van de Dender (correlatiecoëfficiënt 0,22) is het niet aangewezen om voor deze meetraai verdere analytische analyses uit te voeren.

5.5.6.3 Conclusie

De invloed van de Dender is zeer beperkt. Het grondwater in de vallei is afkomstig van infiltrerend regenwater en Denderwater. Kwelwater wordt door de Rijt gedraineerd voordat het de eigenlijke vallei kan bereiken.

5.5.7 Meetraai Va

5.5.7.1 Inleiding

Meetraai Va is gelegen op de linkeroever ongeveer 1 km stroomafwaarts te stuwsluis van Idegem. De ligging van de piëzometers in de meetraai wordt voorgesteld op Kaart 19 en Kaart 24. Op deze kaarten is eveneens de hoogteligging (DHM-Vlaanderen) en de assen van de belangrijkste waterlopen opgenomen. Uit deze kaarten blijkt dat de meetraai niet wordt doorkruist door belangrijke waterlopen of grachten. Uit Kaart 12 blijkt echter dat er dichtbij de meetraai een pompemaal aanwezig is (op de Rijt, cf. supra – pompemaal “De Nuchten”). Dit pompemaal is destijds in gebruik genomen teneinde het planten van bomen, t.b.v. de luciferindustrie mogelijk te maken.

Uit Figuur 14-46 en Kaart 24 blijkt dat de vallei van de Dender t.h.v. meetraai Va relatief breed is. Alle piëzometers zijn binnen de valleigrenzen gelegen. Het maaiveld vertoont vanaf de Dender een licht dalend patroon naar het broek toe. De oever van de Dender is dan ook de hoogst gelegen locatie van de vallei.

Volgens de bodemkaart, opgenomen in paragraaf 15.1 - Kaart 2, zijn alle piëzometers gelegen in “Natte of Vochtige (zwarte) Klei”. Dit blijkt eveneens uit de boorbeschrijvingen, opgemaakt tijdens de plaatsing (zie paragraaf 8). Enkel de filter van piëzometer Va.6D is in een zandlaag geplaatst.

5.5.7.2 Interactie grondwater/oppervlaktewater

Uit Figuur 14-44 blijkt dat het grondwaterpeil gekenmerkt is door een grotere amplitude dan het oppervlaktewaterpeil (Dender). Door opstuwning is het waterpeil in de Dender meestal hoger dan het grondwaterpeil (voedende werking). Enkel tijdens natte perioden stijgt het grondwaterpeil tot boven het oppervlaktewaterpeil (drainerende werking). Deze meetraai is gelegen net afwaarts een stuwsluis zodat de opstuwende werking van de afwaartse stuwsluis zich minder laat gevoelen. Dit verklaart de afwisselende drainerende en voedende werking van de Dender. Uit deze figuur blijkt voorts dat de grondwaterpeilen tijdens natte perioden grotere verschillen vertonen langsheen de meetraai (vooral het piëzometernest t.o.v. de andere piëzometers) dan tijdens drogere perioden (vlakke grondwatertafel). Ook blijkt uit deze figuur en de tabellen in paragraaf 10 dat de hoogste waterpeilen in de meetraai zijn geregistreerd t.h.v. piëzometers Va.30 en Va.40. Er is dus een belangrijke gradiënt naar het broek (conform de topografie) en tijdens natte perioden ook naar de Dender toe (drainerende werking). Er kan aangenomen worden dat infiltrerend regenwater een belangrijke voedingsbron is.

Het waterpeilverloop langsheen de meetraai kan verklaard worden door de werking van het pompemaal. Deze werking is in droge perioden voelbaar (vlakke grondwatertafel) tot aan de Dender, terwijl tijdens nattere perioden de gradiënt richting pompemaal duidelijk is.

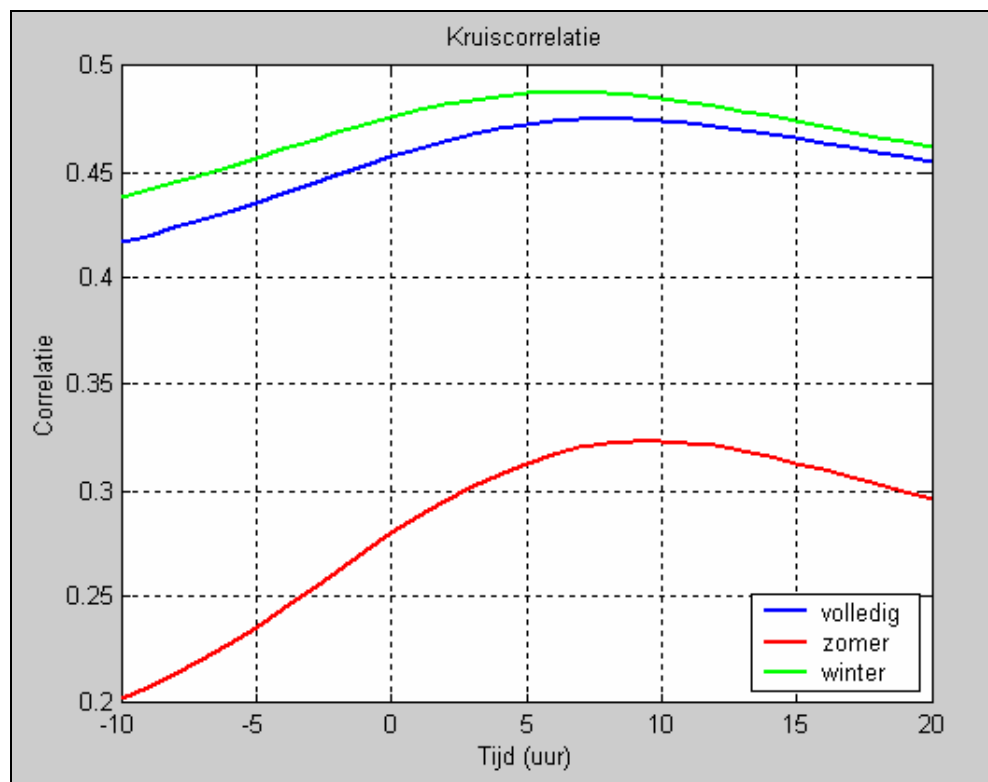
Uit Figuur 14-44 en Figuur 14-45 blijkt dat de meetreeks van de Dender significante waterpeilverschillen vertoont, doch zonder een seizoenale variatie. Het grondwaterpeil vertoont echter wel een dergelijke variatie met enige bijkomende kenmerken:

- Duidelijke en snelle stijging van het grondwaterpeil. Deze pieken vallen samen met de piekpeilen in het oppervlaktewater. Na de piek is er een tragere daling van het grondwaterpeil dan van het oppervlaktewaterpeil (cf. infra).
- De drainagebasis is op Figuur 14-45 duidelijk merkbaar en bedraagt ca. 12 mTAW.

De kwelintensiteit t.h.v. het piëzometernest wordt voorgesteld d.m.v. Figuur 14-47. Uit deze figuur blijkt dat er weinig tot geen kwel optreedt in de omgeving van het piëzometernest.

Uit Figuur 14-45 blijkt dat er een belangrijke interactie grondwater/oppervlaktewater optreedt. Dit blijkt duidelijk uit gelijktijdig optreden van piekpeilen. Na de piekpeilen volgt een daling van het waterpeil die iets sneller verloopt voor het oppervlaktewater dan voor het grondwater. De reactiesnelheid van het grondwater op oppervlaktewaterpeilveranderingen wordt aangetoond

d.m.v. een kruiscorrelatie. Deze kruiscorrelatie is grafisch weergegeven in Figuur 5-4. In deze figuur is voor de volledige meetreeks (blauwe lijn), de winterwaarden (groene lijn) en zomerwaarden (rode lijn) de kruiscorrelatie bepaald. Uit deze figuur blijkt dat de correlatie grondwater/oppervlaktewater eerder beperkt is (correlatiecoëfficiënt maximaal 0,48). De correlatie is voor de winterwaarden significant hoger dan bij de zomerwaarden (cfr. supra). Voorts blijkt uit deze figuur dat de grootste correlatie wordt bereikt bij een tijdsverschuiving van 7 uur (winterwaarden), 8 uur (volledige meetreeks) en 10 uur (zomerwaarden). Hieruit blijkt dat schommelingen in het oppervlaktewaterpeil 7 à 10 uur later merkbaar zijn in het grondwaterpeil.



Figuur 5-4: Kruiscorrelatie grondwater/oppervlaktewater t.h.v. meetraai Va

5.5.7.3 Conclusie

Op basis van bovenvermelde vaststellingen blijkt dat het grondwaterpeil in het Idegems broek vooral wordt beïnvloed door het pompemaal "De Nuchten". De Dender is in mindere mate een belangrijke factor in het grondwaterregime. De Dender vervult meestal een voedende functie, maar kan ook tijdens natte perioden drainerend werken. Significante kwelvorming is niet geregistreerd zodat infiltrerend regenwater ook een belangrijke voedingsbron is voor het grondwater in de vallei. Een seizoenale variatie is merkbaar in de grondwatermeetreeks doch niet in de oppervlaktewaterpeilmmeetreeks (opstuwung van de gekanaliseerde Dender). De interactie grondwater/oppervlaktewater is merkbaar doch niet sterk gecorreleerd.

5.6 Besluit grondwaterdynamiek

De invloed van de Dender op de grondwaterpeilen in de vallei van deze waterloop is beperkt. Daar de vallei niet wordt ontwaterd door de Dender maar door drainagegrachten e.d. die gekenmerkt worden door een significant lagere drainagebasis dan de Dender (monden uit in de Dender afwaarts de stroomafwaarts gelegen stuw), spelen deze grachten een veel grotere rol in de afwatering dan de Dender zelf. Hoofdzakelijk vervult de Dender door de opstuwing van de waterloop (tot boven het maaiveldpeil in de vallei) een voedende functie. Deze werking reikt echter niet ver in de vallei. Daarenboven wordt het doorsijpelend Denderwater in de vallei direct afgevoerd door de teensloot.

De opgestuwde Dender vertoont een quasi permanent peil, terwijl het grondwater een significante seizoenale variatie vertoont. Op korte termijn kunnen bepaalde piekpeilen in het grondwater en oppervlaktewater quasi simultaan optreden. Dit is vooral merkbaar in de opwaartse delen van een bepaald pand. Daar de opstuwing er minder bepalend is, is er een betere (doch bescheiden) correlatie oppervlaktewater/grondwater. In deze zones kan, tijdens zeer natte perioden een snelle stijging van het oppervlaktewaterpeil geassocieerd worden met een vergelijkbare snelle stijging van het grondwaterpeil (echter met enige vertraging van 6 à 10 uur).

6 ANALYSE VAN DE GRONDWATERKWALITEIT

6.1 Doel

Om een beeld te krijgen van de grondwaterkwaliteit wordt het grondwater op geregelde tijdstippen bemonsterd en geanalyseerd (2 maal per jaar).

Volgend bemonsteringsprogramma is voorgesteld:

Winter 2004 (19 maart 2004 e.v.)

- Meetraai Ia (Denderbellebroek)
- Meetraai IIa (Kappellemeersen)
- Meetraai IIIa (Molenbeekmeersen)
- Meetraai IIIb (Liedekerke meersen)
- Meetraai Va (Idegemse meersen)

Zomer 2004 (15 juni 2004)

- Ia.6D & Ia.7O
- IIa.6D & IIa.7O
- IIIa.6D & IIIa.7O (niet uitgevoerd → op het ogenblik van de staalname verdwenen)
- IIIb.8D & IIIb.9O
- Va.6D & Va.7O

Winter 2005 (18 maart 2005 e.v.)

- Meetraai Ia (Denderbellebroek)
- Meetraai IIa (Kappellemeersen)
- Meetraai IIIb (Liedekerke meersen)
- Meetraai Va (Idegemse meersen)

Zomer 2005 (20 juni 2005)

- Ia.6D & Ia.7O
- IIa.6D & IIa.7O
- IIIb.8D & IIIb.9O
- Va.6D & Va.7O

Merk op dat de zomerstaalnames steeds zijn genomen t.h.v. het piëzometernest (een freatische en sub-freatische piëzometer) aan de rand van het “van nature overstroombaar gebied”. De rand van de vallei wordt aanzien als een referentiesituatie (weinig tot geen invloed van de Dender). In totaal worden 79 stalen genomen waarvan 16 tijdens de zomercampagne.

6.2 Bemonsteringsprocedure

6.2.1 Voorbereiding

Vooraleer te starten met de monsternamen worden de piëzometers leeggepompt (min. 10 liter per m waterkolom). Door het contact met de lucht is de chemische en bacteriële samenstelling van het aanwezige water in de piëzometer immers veranderd. Nadien stabiliseert het waterpeil zich terug in de piëzometer. Hiervan wordt een staal genomen. Dit ‘verse’ water benadert de samenstelling van het grondwater dat zich op dat moment ter hoogte van de filter het best.

6.2.2 Kationen

Een deelstaal wordt via een hyperfilter in een zuurbestendige fles gebracht. Dit staalwater wordt aangezuurd met salpeterzuur (HNO₃) tot pH=2. Vervolgens worden hierop de kationen (natrium, kalium, calcium, magnesium en ijzer) geanalyseerd.

6.2.3 Anionen

Een tweede deelstaal wordt genomen om de aanwezige anionen te analyseren. De staalnamefles wordt volledig gevuld zodat er geen gasen (bv. CO₂) kunnen ontwijken. Door ontwijken van gasen en het adsorberen van ionen wijzigt de pH van de oplossing waardoor de anionen neerslaan als zouten.

Na de staalname wordt de temperatuur, conductiviteit en pH in situ gemeten.

6.3 Laboratoriumanalyse

De grondwaterstalen worden geanalyseerd op 13 chemische variabelen:

- pH
- Conductiviteit (EC)
- Bicarbonaat (HCO₃⁻)
- Orthofosfaat (P-PO₄⁻)
- Nitraat (NO₃⁻-N)
- Ammoniumstikstof (NH₄⁺-N)
- Sulfaat (SO₄²⁻)
- Chloride (Cl⁻)
- Natrium (Na⁺)
- Kalium (K⁺)
- Calcium (Ca²⁺)
- Magnesium (Mg²⁺)
- Ijzer (Fe²⁺)

Volgende analysemethoden worden aangewend om de concentraties te bepalen:

- pH & conductiviteit: meettoestel
- Orthofosfaat: Ascorbinezuurmethode 880 nm - SKALAR segmented flow analyser
- Nitraat: Reductie tot nitriet met Cd/Cu kolom, bepaling van nitriet bij 540 nm - SKALAR segmented flow analyser
- Ammoniumstikstof: Gewijzigde Berthelot bij 660 nm - SKALAR segmented flow analyser
- Sulfaat: Methylthymol-blauw methode bij 460 nm - SKALAR segmented flow analyser
- Chloride: Methode naar Volhardt met kwikthiocyanaat en Fe(III) nitraat bij 490 nm - SKALAR segmented flow analyser
- Calcium, ijzer (II), kalium, magnesium, natrium: ICP THERMO-OPTEK type iris/CID

Alle concentraties zijn uitgedrukt in mg/l. Enkel de pH is eenheidsloos en de elektrische conductiviteit wordt uitgedrukt in µS/cm.

6.4 Betrouwbaarheid van de stalen

De ladingbalans in een betrouwbaar staal moet neutraal zijn. Hierbij dient de som van de anionen ($\sum a$) vergeleken te worden met de som van de kationen ($\sum k$). Elektroneutraliteit vereist dat beide sommen quasi gelijk zijn. Het elektroneutraliteitspercentage (EN%) kan als volgt worden berekend:

$$EN\% = \left[\frac{|\sum k - \sum a|}{\sum k + \sum a} \right] * 100$$

Afhankelijk van de bron kan een marge van 2 tot 10% worden getolereerd. In deze studie zijn alle stalen verworpen die buiten de tolerantie van 10% vallen.

Enkele opmerkingen bij deze test:

- Alle belangrijke ionen dienen te worden geanalyseerd. In deze studie werd Al^{3+} niet gemeten, omdat deze enkel in uitgesproken zure waters belangrijk is. In de vallei van de Dender zijn geen dergelijke zure omstandigheden waargenomen.
- Bij zeer weinig gemineraliseerde waters (som van de anionen en kationen is kleiner dan 5 meq/l), bij sommige stalen is dit het geval, kan een dergelijke test een grotere foutenmarge aangeven, zelfs bij correcte en volledige analyse.

Op basis van bovenstaande controle is slechts één staal uit de verdere verwerking geweerd, namelijk het staal genomen tijdens de wintercampagne 2004 in piëzometer Ia.1O. De resultaten van alle stalen zijn opgenomen in paragraaf 13. In deze paragraaf zijn de resultaten ook getoetst aan de Vlarem-normen voor grondwater (cf. infra).

6.5 Gegevensverwerking

Alle weerhouden analyseresultaten (alle stalen op één na – na de controle op de elektroneutraliteit) worden aangewend voor de verdere verwerking.

Volgende technieken kunnen worden toegepast om inzicht te verwerven in de dataset:

- Ordinatie (Principle Component Analysis)
- Clusteranalyse
- Grafische voorstelling (Piper-, Stiff- en Van Wirdum-diagram)

6.5.1 Ordinatie

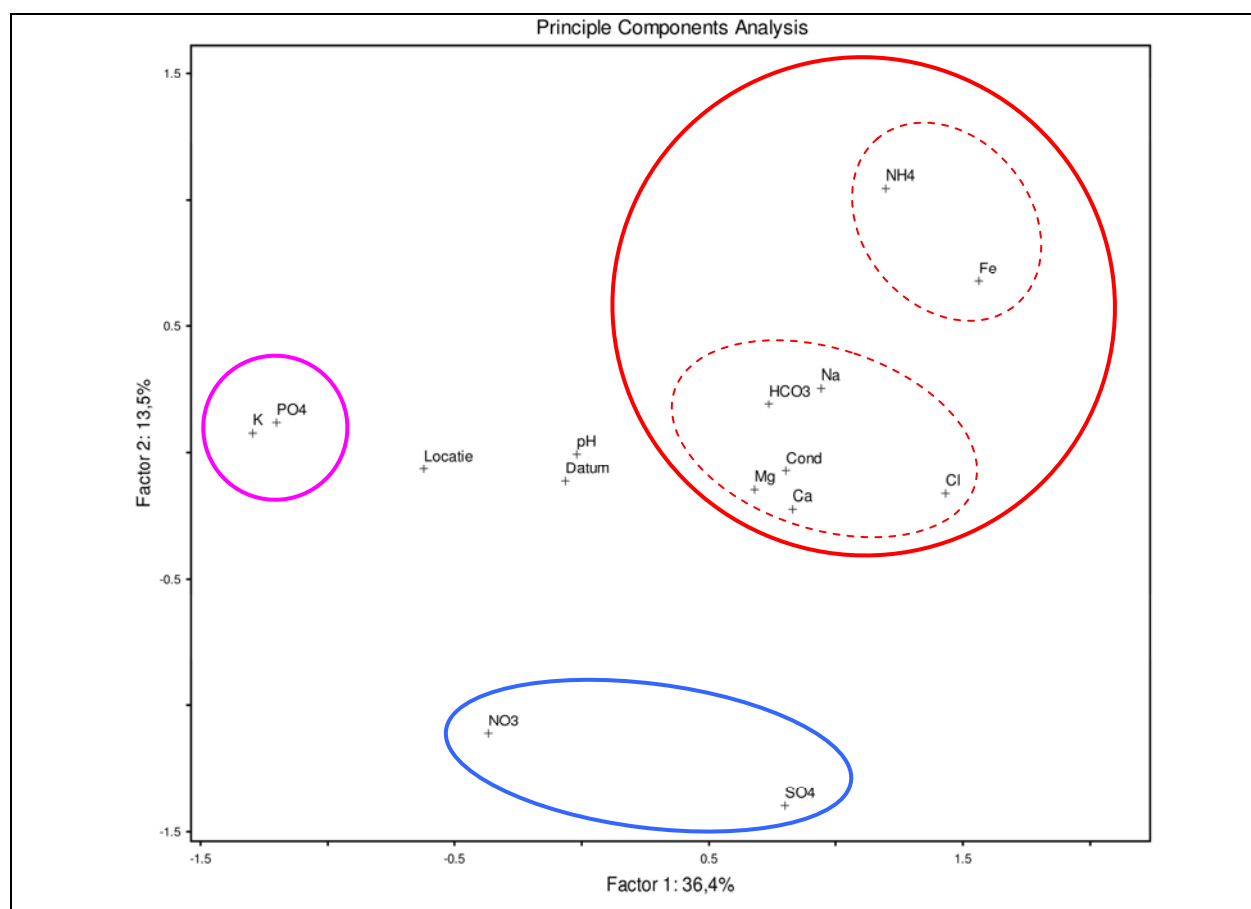
Ordinatie is de globale benaming voor het geheel van multivariate technieken waarbij 'sites' geordend worden langs assen op basis van hun 'soorten'samenstelling (*Jongman et al., 1995*). In de eerste plaats worden deze technieken toegepast om complexe multivariate datasets te gaan ordenen en de data-analyse te vereenvoudigen. Om de dataset met grondwateranalysegegevens te analyseren is een Principale Componenten Analyse (PCA) toegepast met behulp van het programma PC-ORD (*McCune et al., 1999*). De variabelen worden geordend en hun bijdrage in de verklaring van de totale variatie is berekend.

De datamatrix van in totaal 79 stalen en 13 chemische variabelen is voorbereid, de onbetrouwbare stalen zijn niet opgenomen in de analyse (1 staal) en de dataset werd gestandaardiseerd. Naast de chemische variabelen werden eveneens twee extra variabelen in de analyse opgenomen, namelijk locatie van de staalname (piëzometer) en de staalnamedatum. Een voorstelling van deze analyse is opgenomen d.m.v. Figuur 6-1. Uit deze figuur blijkt dat de eerste as 36% van de variatie in de dataset verklaart en positief gecorreleerd is met ammonium, ijzer (II) en chloride. De tweede as verklaart slechts 14% van de variatie is vooral positief gecorreleerd met ammonium en ijzer (II). Er kunnen drie clusters worden onderscheiden:

- pH: geen correlatie met noch de eerste noch de tweede as
- nitraat en sulfaat: negatief gecorreleerd aan de eerste en tweede as
- kalium en fosfaat: uitgesproken negatief gecorreleerd met de eerste as; geen bijdrage in de verklaring van de tweede as
- ammonium en ijzer (II): uitgesproken positief gecorreleerd aan beide assen
- bicarbonaat, chloride, magnesium, calcium, natrium en conductiviteit: positief gecorreleerd aan de eerste as, geen bijdrage in de verklaring van de tweede as. Vermits de conductiviteit gebaseerd is op aanwezigheid van ionen is deze geen onafhankelijke variabele.

De laatste twee groepen kunnen eveneens als één grote groep worden beschouwd.

De twee supplementaire variabelen (locatie & datum) in de figuur geven aan dat de invloed van het tijdstip van de staalname (datum) verwaarloosbaar is. De staalnamelocatie (Locatie) op zich is niet gecorreleerd met één of meerdere chemische variabelen zodat de locatie geen invloed heeft op de chemische samenstelling van de stalen.



Figuur 6-1: Principle Components Analysis (parameters)

6.5.2 Clusteranalyse

Clusteranalyse laat toe om niet vooraf bepaalde groepenstructuren te vinden in multidimensionele datasets. Als similariteitsindex of afstandsmaat is geopteerd voor 'Correlation', en als samenvoegtechniek is de 'methode van Ward' toegepast (*Jongman et al., 1995*).

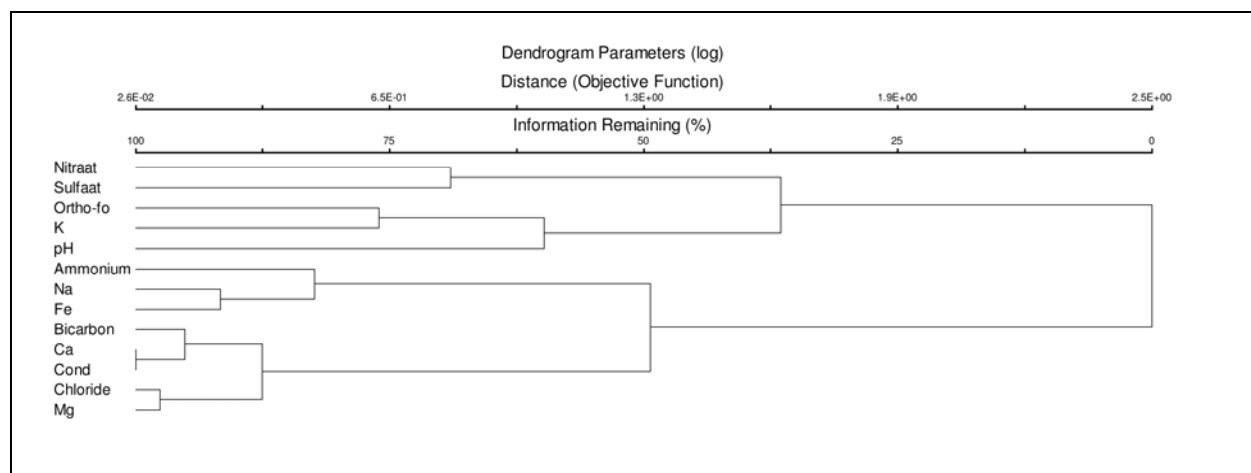
6.5.2.1 Clusteranalyse van de chemische parameters

In dit geval is een hiërarchische clustermethode gebruikt om op basis van de stalen de chemische parameters mathematisch in te delen.

Er wordt verwezen naar Figuur 6-2 voor een dendrogram van de chemische parameters. Aan de hand van dergelijk dendrogram kan aangetoond worden welke chemische parameters met elkaar gecorreleerd zijn.

Ongeveer dezelfde groepenindeling als voor de PCA is merkbaar op Figuur 6-2.

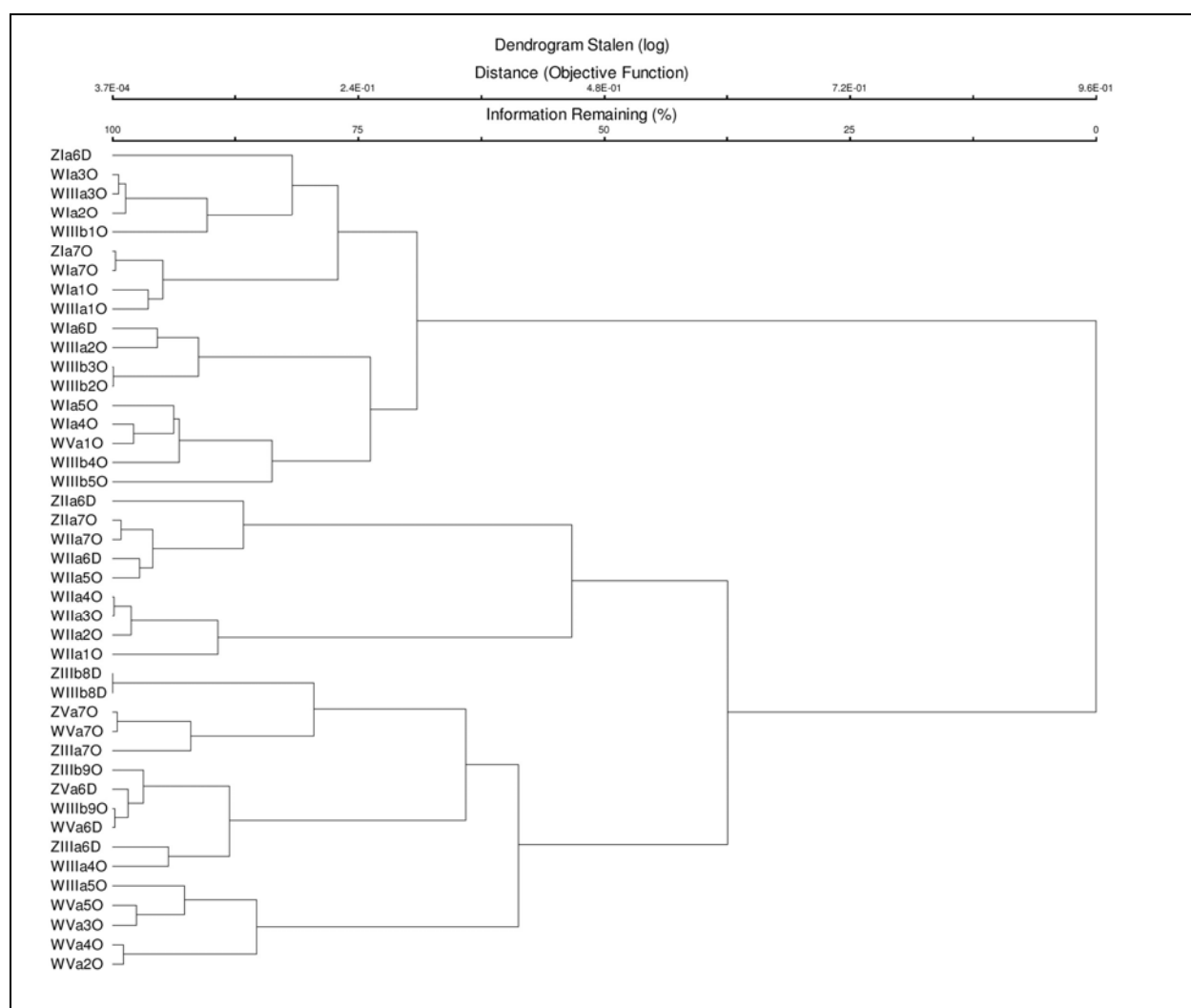
Uit deze figuur blijkt eveneens dat de correlatie van pH met andere variabelen klein is. Deze chemische parameter vormt een afzonderlijke groep. Nitraat en sulfaat worden als groep beschouwd doch de onderlinge correlatie is klein. Dit kan eveneens gelden voor kalium en fosfaat. Ammonium, ijzer (II) en natrium zijn sterker gecorreleerd (vooral natrium en ijzer). Deze parameters vormen samen met bicarbonaat, chloride, magnesium, calcium en conductiviteit die onderling gecorreleerd zijn, een afzonderlijke groep. Volgens deze clusteranalyse zijn bicarbonaat en Na minder gecorreleerd (t.o.v. PCA-verdeling)



Figuur 6-2: Dendrogram van de parameters

6.5.2.2 Clusteranalyse van de stalen

In dit geval is een hiërarchische clustermethode gebruikt om op basis van 13 hydrochemische variabelen de stalen mathematisch in te delen. De datamatrix van 78 stalen is hiervoor bewerkt. Gelet op Figuur 6-1 waaruit blijkt dat de staalnamedatum geen bijdrage levert in de variatie binnen de dataset, is geopteerd om een gemiddelde te nemen van de resultaten van de zomerstalen alsook een gemiddelde van de resultaten van de winterstalen. Zo wordt een dataset van 43 stalen verkregen. In Figuur 6-3 worden deze stalen d.m.v. een dendrogram naargelang de chemische samenstelling in groepen onderverdeeld.



Figuur 6-3: Dendrogram van de stalen

Uit deze figuur blijkt dat de zomerstaalnames in de meeste gevallen sterk gecorreleerd zijn met de resultaten van de winterstaalnames (Ia.7O, IIIb.8D, Va.7O, Va.6D IIIb.9O). Voor Ia.6D en IIa.6D is de correlatie minder sterk. Voor Ia.6D zal dit hoofdzakelijk te wijten zijn aan de lage concentratie sulfaten in het winterstaal, terwijl voor IIa.6D quasi alle parameters relatief van elkaar afwijken. T.h.v. IIIa.7O en IIIa.6D zijn enkel zomerstalen genomen (wegens het verdwijnen van de piëzometers).

Volgende groepen kunnen uit de Figuur 6-3 worden afgeleid:

Type 1:

- Winterstalen: Ia.1O, Ia.2O, Ia.3O, Ia.7O, IIIa.1O, IIIa.3O, IIIb.1O
- Zomerstalen: Ia.6D, Ia.7O

Dit type wordt hoofdzakelijk bepaald door de piëzometers in meetraai Ia. Ook de eerste piëzometers van meetraai IIIa en IIIb, alsook IIIa.3O zijn in deze groep ingedeeld.

Type 2:

- Winterstalen: Ia.4O, Ia.5O, Ia.6D, IIIa.2O, IIIb.2O, IIIb.3O, IIIb.4O, IIIb.5O, Va.1O
- Zomerstalen: geen

De meeste freatische piëzometers van meetraai IIIb behoren tot deze groep. Daarnaast nog enkele piëzometers van meetraai Ia en de eerste piëzometers van meetraai Va.

Type 3:

- Winterstalen: IIa.1O, IIa.2O, IIa.3O, IIa.4O, IIa.5O, IIa.6D, IIa.7O
- Zomerstalen: IIa.6D, IIa.7O

Dit type omvat alle piëzometers van meetraai IIa. In principe kan dit type nog onderverdeeld worden in twee subtypes:

- Subtype 3a: IIa.5O, IIa.6D, IIa.7O, IIa.6D, IIa.7O (de piëzometers verder van de Dender verwijderd)
- Subtype 3b: IIa.1O, IIa.2O, IIa.3O, IIa.4O (eerste 4 piëzometers in de meetraai, dichtbij de Dender)

Type 4:

- Winterstalen: IIIa.4O, IIIb.8D, IIIb.9O, Va.6D, Va.7O
- Zomerstalen: IIIa.6D, IIIa.7O, IIIb.8D, IIIb.9O, Va.6D, Va.7O

Dit type omvat, m.u.v. IIIa.4O, enkel piëzometers gelegen aan de rand van de vallei. Het betreft zowel freatische als sub-freatische piëzometers.

Type 5:

- Winterstalen: IIIa.5O, Va.2O, Va.3O, Va.4O, Va.5O
- Zomerstalen: geen

De meeste piëzometers van meetraai Va zijn in dit type ingedeeld. Enkel de eerste piëzometer (Va.1O – type II) en het piëzometernest (Va.6D & Va.7O – type 4) behoren niet tot dit type. Het grondwater t.h.v. piëzometer IIIa.5O vertoont volgens deze indeling eveneens overeenkomsten met de piëzometers in meetraai Va.

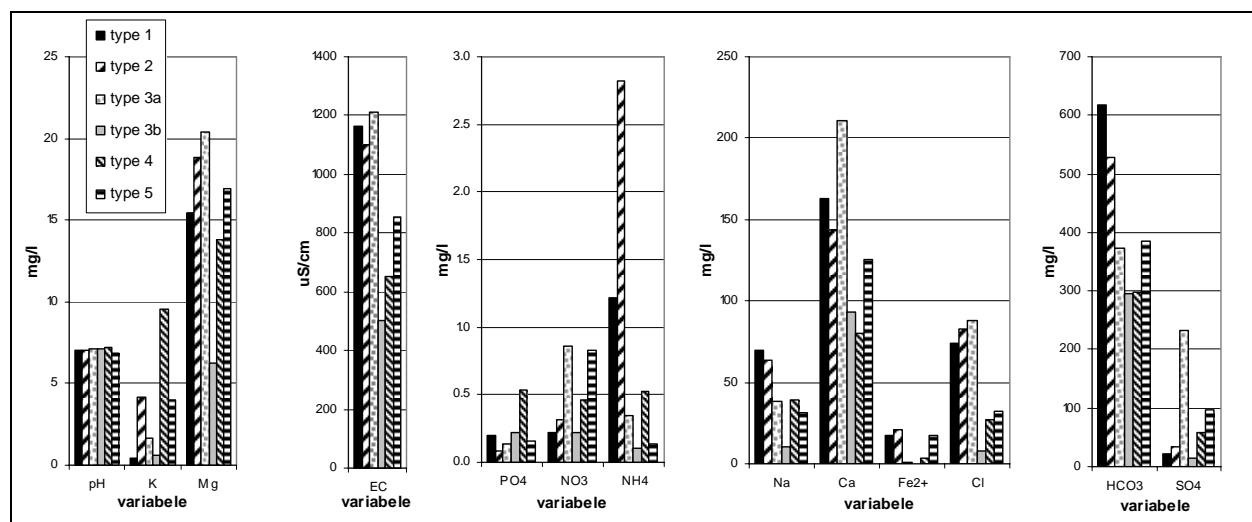
Uit het Dendrogram blijkt een belangrijke correlatie tussen de piëzometers van type 1 en type 2. Samen omvatten ze alle piëzometers van meetraai Ia, de freatische piëzometers van meetraai IIIb en de eerste drie piëzometers van meetraai IIIa. Beide types vertonen nauwelijks correlatie met de andere grondwatertypes (3,4 en 5)

De piëzometers in meetraai IIa vertonen relatief weinig correlatie met grondwatertypes 4 en 5. Het grondwater t.h.v. meetraai IIa omvat specifieke kenmerken waarbij nog een indeling kan gemaakt worden in twee subtypes (cf. supra). De overeenkomsten tussen type 4 en type 5 zijn een weinig groter dan tussen type 3 enerzijds en type 4 en 5 anderzijds.

In Figuur 6-4 en Tabel 11 worden de gemiddelden van elke parameters per type water numeriek en grafisch weergegeven.

Tabel 11 Gemiddelde waarden per parameters voor elk type grondwater

	pH	EC μS/cm	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l
type 1	7.05	1161	69.66	0.5	163.0	15.48	17.84	617	0.20	0.22	1.22	22	74
type 2	7.06	1098	63.66	4.2	143.4	18.84	20.95	528	0.09	0.31	2.83	35	83
type 3a	7.13	1214	38.69	1.6	211.0	20.39	0.60	372	0.14	0.86	0.35	233	88
type 3b	7.16	502	10.84	0.6	93.2	6.26	0.05	295	0.22	0.22	0.10	15	8
type 4	7.19	654	38.90	9.5	80.0	13.79	3.82	299	0.54	0.46	0.53	58	27
type 5	6.87	853	31.23	4.0	125.5	16.96	17.08	386	0.16	0.83	0.14	98	32



Figuur 6-4: Gemiddelde waarden per parameters voor elk type grondwater

Uit Figuur 6-4 en Tabel 11 blijkt dat de pH over de verschillende meetraai nagenoeg gelijkaardig is (pH=7 - neutraal). Dit blijkt trouwens ook uit de PCA (zie paragraaf 6.5.1) waarbij een kleine bijdrage van de pH tot de variatie in de dataset is aangetoond.

Hierna wordt per type de karakteristieke chemische parameters aangegeven. Er wordt steeds vergeleken met de concentraties van de andere types. De hiernavolgende uitspraken zijn dan ook relatief te interpreteren. **Type 1** is gekenmerkt door lage concentraties aan kalium, fosfaat, nitraat en sulfaat. De conductiviteit en de natrium-, calcium-, bicarbonaatconcentratie behoren tot de hoogste van alle stalen. **Type 2** is gekenmerkt door een zeer hoog ammoniumgehalte. De conductiviteit, natrium-, ijzer(II)- en bicarbonaatconcentraties liggen eveneens hoog. Lage waarden zijn opgetekend voor fosfaat en sulfaat. Het onderscheid tussen type 1 en type 2 kan vooral toegeschreven worden aan verschillende concentraties aan kalium en ammonium.

Karakteristiek aan **grondwatertype 3** zijn de zeer lage concentraties aan ijzer (II). Lage waarden worden ook opgetekend voor kalium, ammonium en natrium. Calcium en sulfaat zijn in hogere concentraties aanwezig. Subtype 3a kan onderscheiden worden van subtype 3b door significant hogere concentraties magnesium, sulfaat en chloride. Ook de conductiviteit is merkbaar hoger bij subtype 3a. **Type 4** is gekenmerkt door hoge kalium- en fosfaatconcentraties. Conductiviteit, calcium, ijzer (II) en chloride zijn in kleine concentraties aanwezig.

Type 5 omvat stalen met hoge nitraat-concentraties en lage ammonium-concentraties.

6.5.3 Grafische voorstelling

6.5.3.1 Inleiding

De opmaak van diagrammen van de grondwaterstalen is uitgevoerd m.b.v. het softwareprogramma AquaChem (Waterloo Hydrogeologic). Er is een onderscheid gemaakt tussen Stiff-, Piper- en Van Wirdum-diagrammen.

In een **Stiff-diagram** wordt het percentage van een ion weergegeven ten opzichte van de concentratie van de totale concentratie anionen en kationen. Een Stiff-diagram is een figuur waarin relatieve concentraties van de meeste in het water voorkomende ionen worden weergegeven. De af te beelden concentraties betreffen de kationen natrium, calcium en magnesium, en de anionen bicarbonaat, sulfaat en chloride. Per type wordt een stiff-diagram opgemaakt.

In een **“Piper-diagram”** worden de stalen gepositioneerd op basis van de procentuele verhoudingen van de kationen (Na, Ca, Mg) en anionen (HCO₃, SO₄, Cl) in twee driehoeksdigrammen. Deze informatie wordt in een centrale figuur geïntegreerd. De plaatsing in de centrale figuur gebeurt op basis van de positie in de twee driehoeken.

In een **“Van Wirdum-diagram”** wordt de ionenratio (IR) en de elektrische conductiviteit (EC) samen in een grafiek geplaatst.

De IR wordt als volgt gedefinieerd, waarbij de hoeveelheden worden uitgedrukt in meq/l:

$$IR = \frac{[Ca^{2+}]}{[Ca^{2+}] + [Cl^{-}]}$$

Op die manier kan het grondwater ingedeeld worden als atmotroof, lithotroof, thalassotroof of een tussenvorm.

Grondwater dat nog maar korte tijd in de ondergrond geïnfiltreerd is zal eerder de kenmerken van regenwater hebben en noemt men atmotroof. Met toenemende verblijfsduur in de ondergrond verandert de chemische samenstelling van het grondwater en wordt het lithotroof genoemd. Grondwater dat qua kenmerken aanleunt bij zeewater of brak water noemt men thalassotroof.

In het diagram worden vier referentiepunten aangegeven. De top van een driehoek is het referentiepunt voor lithotroof water ('gerijpt'; van het grondwatertype), het punt uiterst rechts voor thalassotroof water ('zeewater'), het linkerhoekpunt voor atmotroof (van het 'regenwatertype') en centraal ligt het referentiepunt voor Rijnwater (Van Wirdum, 1991). De lijnen tussen deze drie punten zijn bepaald door menging van de watertypen.

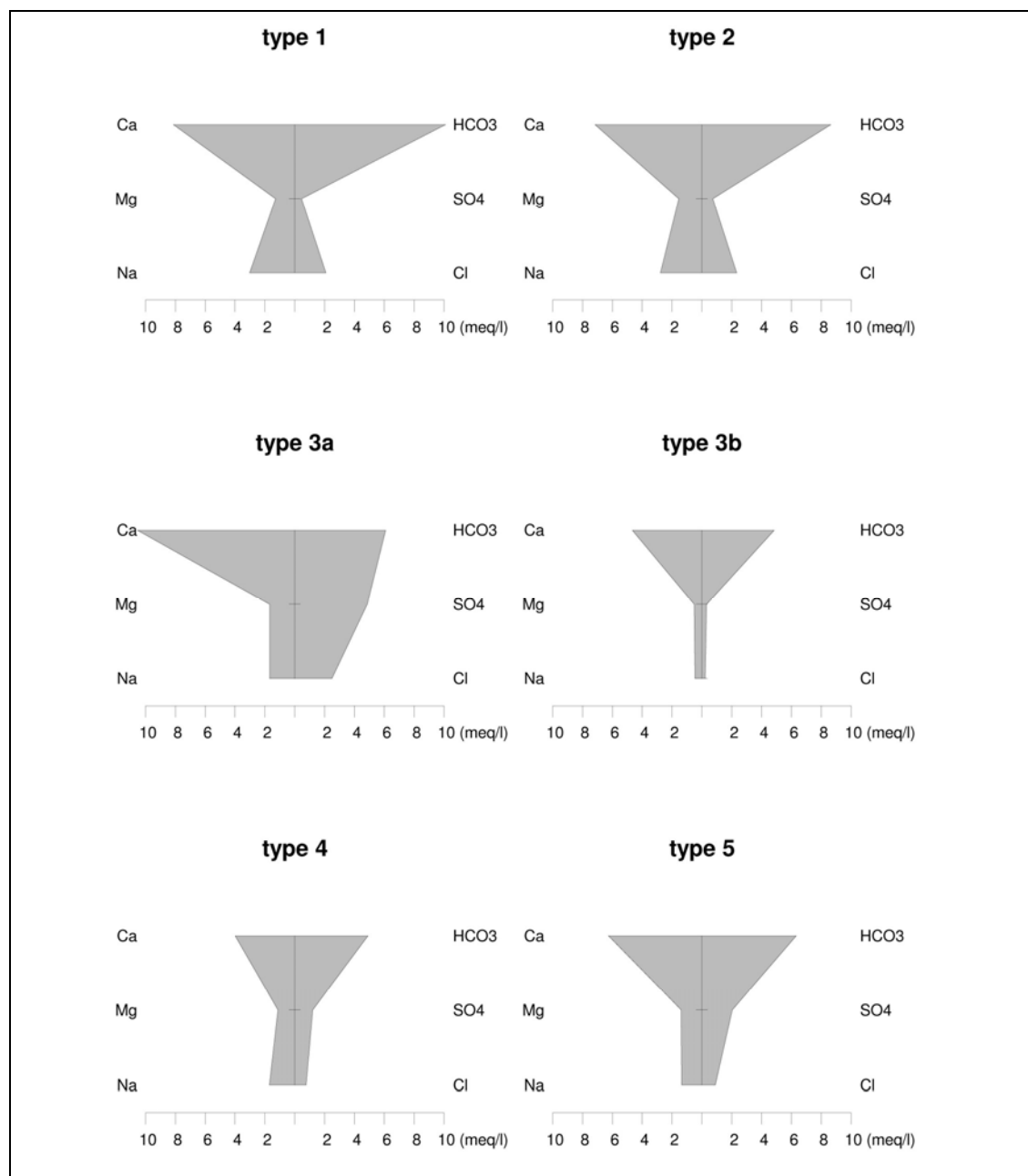
6.5.3.2 Stiff-diagram

Voor elk type grondwater wordt op basis van de gemiddelde waarden een stiff-diagram opgemaakt. Deze diagrammen zijn opgenomen in Figuur 6-5.

Uit deze diagrammen blijkt dat type 1 en type 2 belangrijke gelijkenissen vertonen en niet vergelijkbaar is met de andere grondwatertypen (cf. supra). Type 3a en 3b die enigszins verwant zijn, vertonen een totaal verschillend stiff-diagram. De verwantschap is namelijk vooral gestoeld op een extreem lage ijzer-concentratie (ijzer is niet opgenomen in een stiff-diagram). Type 4 en type 5 vertonen een vergelijkbare vorm doch de ionenconcentratie bij type 5 is groter dan bij type 4.

Op basis van de stiff-diagrammen kan eveneens een eerste benadering van de herkomst van het grondwater worden opgemaakt. Hiervoor wordt verwezen naar de basisdiagrammen in paragraaf 12. Door vergelijking met deze basisdiagrammen blijkt dat het grondwater van het type 1 en type 2 kan ingedeeld worden als (gemengd) kwelwater. De hardheid is hoog en de

concentratie aan sulfaten is klein. Type 3b is sterk gelijkaardig (kwelprofiel) doch de totale ionenconcentratie en de hardheid is lager dan bij het eerste en tweede grondwatertype. Wellicht is de verblijftijd van dit water in de bodem nog niet zo groot. Type 3a daarentegen vertoont weinig gelijkenissen met bovenvermelde grondwatertypes. Dit type kan ingedeeld worden als gemengd infiltratieprofiel. Dit is geïnfiltreerd regenwater dat toch al een bepaalde tijd in de bodem aanwezig is waardoor bepaalde ionen konden worden opgenomen. Type 4 en type 5 kunnen omschreven worden als een gemengd kwelprofiel. Het grondwater bestaat er hoofdzakelijk uit kwelwater maar er is een merkbare vermenging opgetreden met infiltrerend regenwater.

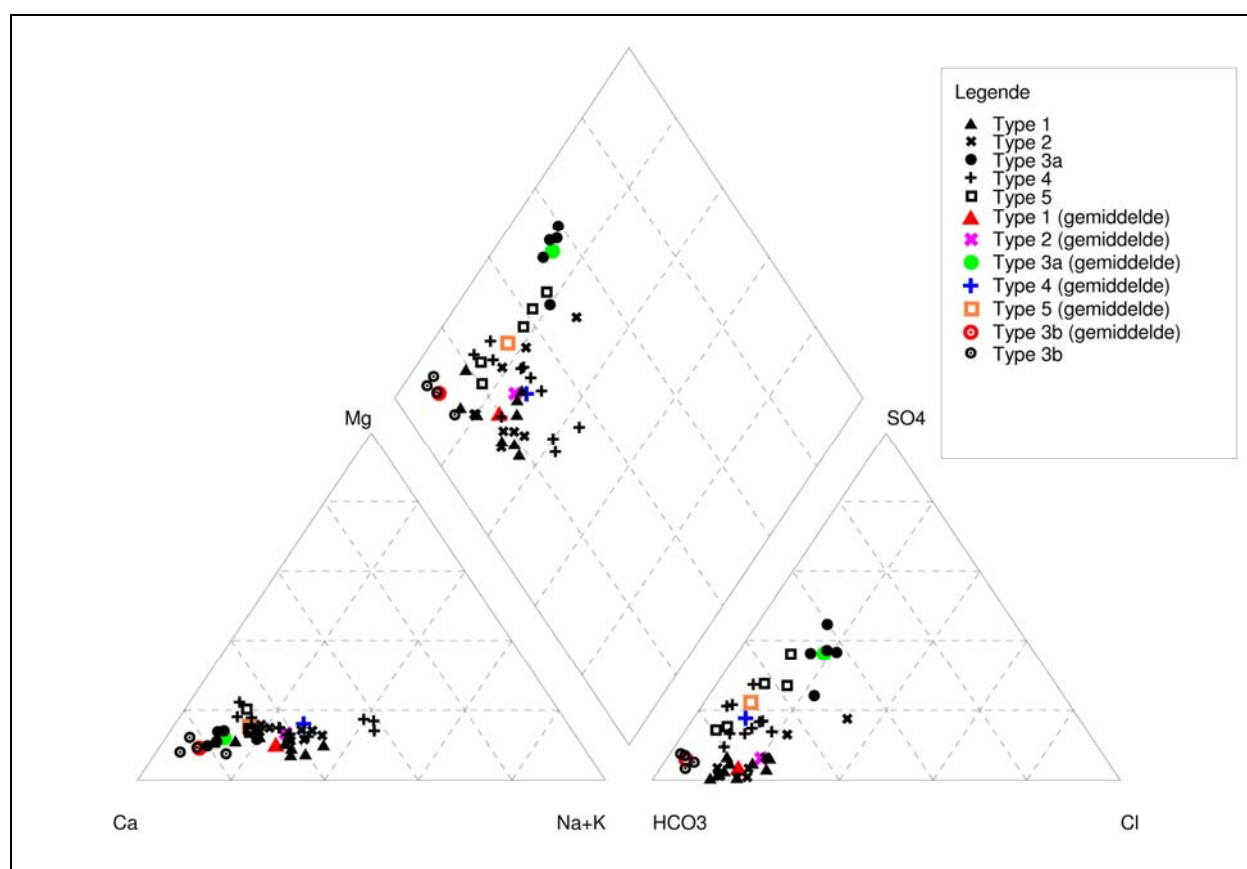


Figuur 6-5: Stiff-diagrammen per grondwatertype (gemiddelde waarden)

6.5.3.3 Piperdiagram

Het Piperdiagram wordt voorgesteld d.m.v. Figuur 6-6. In deze figuur zijn de gemiddelden van de winterstalen en de gemiddelden van de zomerstalen opgenomen. Tevens is voor elk type de gemiddelde waarde opgenomen (berekend over alle stalen die tot dat type behoren).

Uit deze figuur blijkt dat globaal gezien de concentratie aan chloriden, magnesium en natrium/kalium laag is, terwijl hoge concentraties bicarbonaat en calcium merkbaar zijn. Er kan ook gesteld worden dat het grondwater relatief homogeen is. Enkel het grondwatertype 3a is hierop een uitzondering. Deze groep vormt duidelijk een afzonderlijke groep in het ternaire diagram van de anionen, dit door het hogere sulfaat-gehalte. Type 3b is gekenmerkt door zeer uitgesproken concentraties calcium en bicarbonaat. De concentraties van de andere ionen zijn klein. De cluster is ook sterk gecorreleerd. Type 1 en type 2 zijn sterk vergelijkbaar aangaande de anionenverhouding, terwijl een grotere spreiding merkbaar is in de kationenverhouding (vooral door een wijzigende Ca-Na/K-verhouding). Binnen het type 5 is de kationenverhouding quasi constant terwijl de variatie binnen het type vooral te wijten is aan de verhouding bicarbonaat-sulfaat.

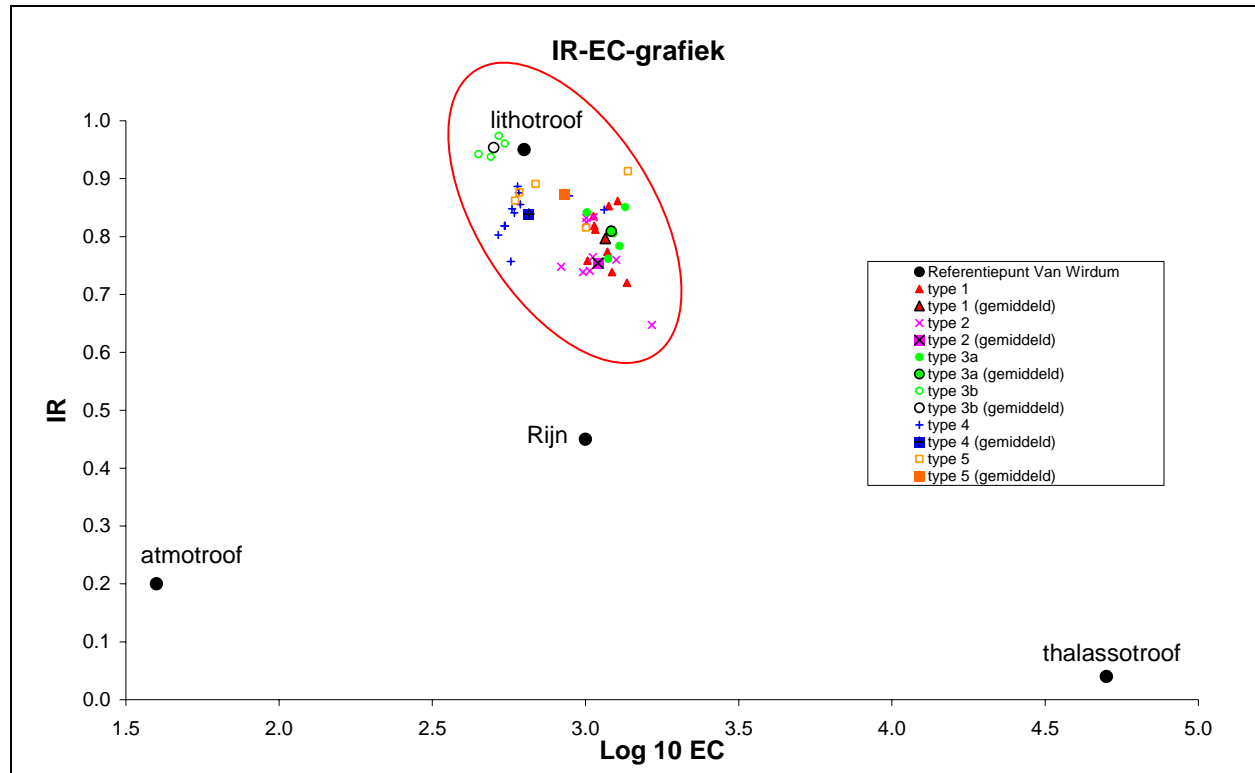


Figuur 6-6: Piper-diagram van alle zomerstalen en winterstalen (gemiddeld)

6.5.3.4 Van Wirdum-diagram

Het Van Wirdum-diagram wordt voorgesteld d.m.v. Figuur 6-7. In deze figuur zijn de gemiddelden van de winterstalen en de gemiddelden van de zomerstalen opgenomen. Tevens is voor elk type de gemiddelde waarde opgenomen (berekend over alle stalen die tot dat type behoren).

Uit de grafiek blijkt opnieuw de relatieve homogeniteit van de grondwaterstalen. Het grondwater wordt bepaald door vooral lithotrofe kenmerken. Thalassotrofe en atmotrofe kenmerken zijn weinig aanwezig. Alle stalen neigen naar 'gerijpt water' (atmoclien). Merk op dat het grondwater van het type 3b uitgesproken lithotrofe kenmerken bezit.



Figuur 6-7: Van Wirdum-diagram van alle zomerstalen en winterstalen (gemiddeld)

6.6 Vlarem II-normen

Uit de Vlarem II-wetgeving zijn de milieukwaliteitsnormen voor grondwater opgevraagd. De fysisch-chemische parameters en de parameters van de ongewenste stoffen zijn in Tabel 12 aangegeven. Per parameter wordt steeds het richtniveau (RN) en de maximaal toelaatbare concentratie (MTC) vermeld. Het richtniveau geldt als milieukwaliteitsnorm.

Tabel 12 Vlarem II-normen voor de geanalyseerde parameters

Parameter	Eenheid	Richtniveau (RN)	Maximaal toelaatbare concentratie (MTC)
Ammonium (NH ₄)	mg NH ₄ /l	0.05	0.5
Bicarbonaat (HCO ₃)	mg HCO ₃ /l	g.n.	g.n.
Chloride (Cl)	mg Cl/l	25	200*
Fosfaat (PO ₄)	mg PO ₄ /l	g.n.	g.n.
Nitraat (NO ₃)	mg NO ₃ /l	25	50
Sulfaat opgelost (SO ₄)	mg S/l	25	250
Calcium (Ca)	mg Ca/l	100	g.n.
IJzer (Fe)	mg Fe/l	50	200
Kalium (K)	mg K/l	10	12
Magnesium (Mg)	mg Mg/L	30	50
Natrium (Na)	mg Na/L	20	150
Temperatuur	°C	12	25
Zuurtegraad		6.5 ≤ pH ≤ 8.5	9.5
Geleidbaarheid	(μS/cm)	400	g.n.

* benaderde concentratie waarboven zich gevolgen zouden kunnen voordoen

* g.n. : geen norm

De analyseresultaten kunnen met deze normen vergeleken worden zodat opmerkelijke concentraties kunnen aangestipt worden. De concentraties die de MTC overschrijden worden in paragraaf 13 gemarkeerd in het rood (of donkergrijs). Indien de RN wordt overschreden wordt dit ook aangeduid in oranje (of grijs).

Uit deze paragraaf blijkt dat globaal gezien, de conductiviteit relatief hoog is. De richtwaarde van 400 μS/cm is voor alle stalen overschreden.

Voor de kationen ligt het natrium-gehalte voor bijna alle stalen boven de richtwaarde. Het richtniveau wordt niet overschreden voor het grondwatertype 3b. De MTC wordt echter niet overschreden. De MTC wordt voor kalium overschreden in drie piëzometers: IIIb.5O, IIIb.8D en IIIa.6D en dit over meerdere staalnames. Er worden geen overschrijdingen van de MTC opgetekend voor calcium. Doch het richtniveau wordt meermaals overschreden. Er zijn geen overschrijdingen voor de piëzometers van het grondwatertype 3b, het piëzometernest in meetraai IIIb en de piëzometers in meetraai Va verder van de waterloop gelegen (Va.4O – Va.7O).

Inzake anionen zijn voor alle stalen belangrijke overschrijdingen van de richtwaarde merkbaar voor de parameter ammonium. Overschrijdingen van de MTC zijn merkbaar voor ca. de helft van de stalen. Voor de stalen van het type 3 alsook de stalen genomen in meetraai Va blijven de concentraties onder de MTC. Lage waarden voor Sulfaat zijn merkbaar voor het grondwatertype 3b alsook voor de piëzometers in de meetraai IIIb. Overschrijdingen van de MTC treedt enkel op t.h.v. het piëzometernest van meetraai IIa (zowel zomer- als winterstalen). Ook voor chloride is het richtniveau meestal overschreden (niet voor grondwatertype 3b). Er is een éénmalige overschrijding van de MTC en dit t.h.v. piëzometer Ia.4O (winterstaal 2005).

Er zijn geen overschrijdingen (noch van RN, noch van MTC) vastgesteld voor de parameters magnesium, ijzer, fosfaat, bicarbonaat en nitraat.

Een vergelijking met de aard en kwaliteit van het oppervlaktewater was in het kader van deze studie niet mogelijk daar er geen oppervlaktewaterstalen werden genomen.

6.7 Grondwaterkwaliteit (geografisch)

Voor elke piëzometer wordt op Kaart 25 het grondwatertype aangegeven. Zo kan een duidelijk beeld worden gevormd van spreiding van de grondwatertypes in de ruimte. Uit deze kaart blijkt dat het grondwater in meetraai IIa duidelijk weinig verwant is met het grondwater in de andere meetraaien. Type 3a & 3b komt enkel in die meetraai voor. Voorts blijkt dat het type 1 voorkomt dichtbij de waterloop (Dender of belangrijke gracht), terwijl type 2 eerder in het midden van de meetraaien wordt opgemerkt. Type 4 omvat de piëzometerkasten voor de meer opwaartse meetraaien. Type 5 daarentegen omvat het merendeel van de piëzometers in meetraai Va.

6.8 Conclusie

Het grondwater in de vallei van de Dender is gekenmerkt door een neutrale pH die quasi overal gelijkaardig is (logisch daar het bufferend vermogen groot is wegens belangrijke concentratie bicarbonaat). De conductiviteit is eerder hoog. Natrium en ammonium-concentraties zijn eveneens hoog. Het grondwater in de piëzometers vertoont eerder lithotrofe kenmerken. Doch een vermenging met oppervlaktewater/regenwater is merkbaar (grondwater niet altijd uitgesproken lithotroof). De beperkte invloed van de Dender, zoals vastgesteld in paragraaf 5, blijkt dan ook uit de chemische karakteristieken van het grondwater. Het aanwezige water is dan ook niet louter diep kwelwater maar eveneens afkomstig van ondiepe kwel alsook van infiltrerend neerslagwater.

Het grondwater in de potpolder Denderbellebroek is relatief homogeen. Het is gekenmerkt door lage concentraties fosfaat en sulfaat. De parameters kalium en ammonium zijn in het midden van de meetraai duidelijk belangrijker (waarschijnlijk door bemesting van het weiland). Het grondwater is niet uitgesproken lithotroof. Een vermenging met het oppervlaktewater (niet enkel Denderwater) is aantoonbaar.

Het grondwater in de Kapellemeersen wordt gekenmerkt door zeer lage ijzer-concentraties. Het is uitgesproken lithotroof (vooral dichtbij de Dender). Ook verder verwijderd van de Dender worden zeer lage ijzer-concentraties geregistreerd. Doch door de hogere concentraties magnesium, sulfaat en chloride vertonen deze enigszins andere chemische kenmerken. Het piëzometerkast is gelegen in een weiland. Enkel t.h.v. deze piëzometers zijn te hoge sulfaat-concentraties gemeten (wellicht het gevolg van bemesting aldaar).

In de Molenbeekmeersen is het grondwater niet homogeen. Verschillende grondwatertypes, zoals in deze studie gedefinieerd, komen op een korte afstand van elkaar voor. Er kan gesteld worden dat het ammoniumgehalte van de piëzometer in het weiland belangrijke concentraties ammonium bevat (wellicht door bemesting) terwijl dit aan de randen van de gebruikspcelen niet voorkomt.

Het grondwater in de Liedekerke meersen is relatief homogeen. Het is gekenmerkt door lage concentraties fosfaat en sulfaat. De parameters kalium en ammonium zijn in merendeel van de piëzometers (zeer) belangrijk (waarschijnlijk door bemesting van het weiland). Nabij de Dender zijn de concentraties van deze parameters minder groot. Het grondwater is niet uitgesproken lithotroof. Een vermenging met het oppervlaktewater (niet enkel Denderwater) is aantoonbaar. In het grondwater aan de rand van de vallei is een belangrijke component geïnfiltreerd regenwater aanwezig.

De lage ammoniumconcentraties bepalen het grondwater in de Idegemse meersen. De nitraatwaarden het gebied behoren tot de hoogste gemeten in deze staalnamecampagne doch blijven ruim onder de norm. Nabij de Dender is de ammoniumconcentratie dan wel belangrijk. Het grondwater in de Idegemse meersen is eerder van het gemengde type waarbij kwelwater vermengd is met een belangrijke component (geïnfiltreerd) regenwater/oppervlaktewater.

7 REFERENTIELIJST

Baten I. & Huybrechts W., 2003. Het grondwater in de vallei van de bevaarbare Nete. Verslag van het Instituut voor Natuurbehoud.

Baten I. & Huybrechts W., 2002. Advies A.2002.134 Instituut voor Natuurbehoud.

De Smedt F., De Groeve S., 2003. Analysis of the interaction between groundwater and surface water and the influence of tides

Envico (2001). Optimalisatie van de natuurwaarden langs de Dender door een aangepaste inrichting en beheer, studie door Envico NV uitgevoerd in opdracht van AMINAL afdeling Natuur (buitendienst Oost-Vlaanderen).

Huybrechts W. & P. De Becker, 1997. Dynamische en chemische kenmerken van het ondiep grondwater in kwelsystemen: Het Walenbos (Tielt-Winge). Mededelingen Instituut voor Natuurbehoud 5, 94 pp.

De Becker P., Jochems H., Huybrechts W., 2004. Abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno-Padion en Alnion incanae-gemeenschappen

Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, 2004. Maandbericht, januari 2003 – December 2005

KULeuven, 2002. MIKE11 model Dender

McCune B., Mefford M.J., 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.

Soresma nv, 1999. Uitbouw lokaal grondwatermeetnet Demervallei Diest – Werchter, studie in opdracht van AMINAL, Afdeling Water

Soresma, 2004. Implementatie van on-line voorspellingsmodellen voor de Dender en de Maas, studie in opdracht van AWZ, Waterbouwkundig Laboratorium

Stuyfzand P.J., 1993. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands

Staatsblad 1985. Milieuvergunningsdecreet, VLAREM I en II

Van Wirdum G., 1991. Vegetation and hydrology of Floating Rich-Fens, Doctoraatsthesis, Datawyse, Maastricht.

Vermeersch, S., De Knijf G., Declerck K. (2002). Verkennende ecologische gebiedsvisie voor de Dendervalei (ontwerp), verslag van het Instituut voor Natuurbehoud uitgevoerd in opdracht van en in samenwerking met de Administratie Waterwegen en Zeewezen.

Webpagina Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, scenario's waterbeheersing Dender (<http://watlab.lin.vlaanderen.be/ned/hic/waterbeheersing.htm>),

Regressie en Correlatie

(<http://www.math.rug.nl/didactiek/Anneneel/CorrelatieRegressieVUStat.doc>)

Digitale ruimtelijke data:

OC-Gis Vlaanderen:

- bodemkaart, 2001. (eigenaar: Instituut voor de aanmoediging van Innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen)
- CORINE-landcover, 1996 (eigenaars E.U.- Europese commissie en NGI)
- NOG: GfG, 2000. In kaart brengen van de natuurlijke en actuele overstromingsgebieden in Vlaanderen (eigenaar: AMINAL, Afdeling Water)
- Biologische Waarderingskaart, 1999. (eigenaar: Instituut voor Natuurbehoud)
- Topografische kaart 1/10.000, 1996. (eigenaar: NGI)
- Assen van de waterlopen, 2000. (eigenaar AMINAL, Afdeling Water)
- Kadscan, 2000. (eigenaars: Ministerie van Financiën - Administratie van het Kadaster, de Registratie en de Domeinen en Vlaamse Landmaatschappij - afdeling Ondersteunend Centrum GIS-Vlaanderen)
- DHM-Vlaanderen (eigenaars: MVG - departement LIN - AMINAL - afdeling Water en MVG - departement LIN - AWZ - afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek)
- Digitale vectoriële bestanden van de Vlaamse Hydrografische Atlas (toestand 13/6/2000) op schaal 1/10000, opgemaakt door MVG – departement LIN – AMINAL - Afdeling Water

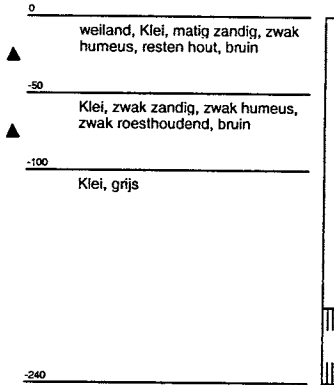
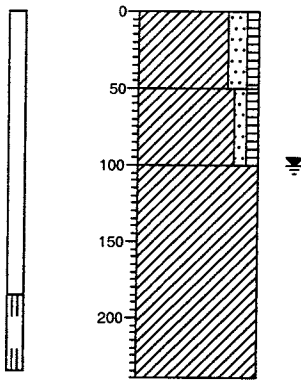
Instituut voor Natuurbehoud, 2000. Natuur-CD 2000 versie 2.0, Kwetsbaarheid van de flora m.b.t. verdroging.

Databank Ondergrond Vlaanderen (www.dov.vlaanderen.be), vergunde grondwater-onttrekkingen

8 BOORBESCHRIJVINGEN

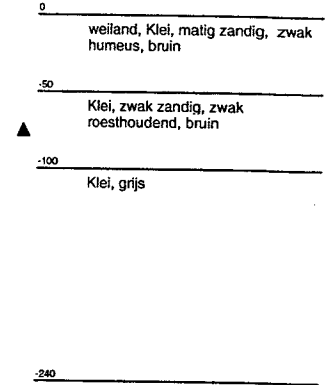
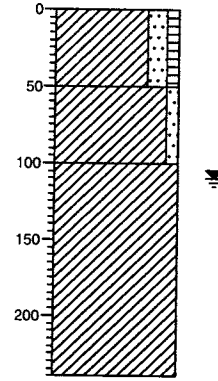
Boring: IA10

Datum: 27/06/2003



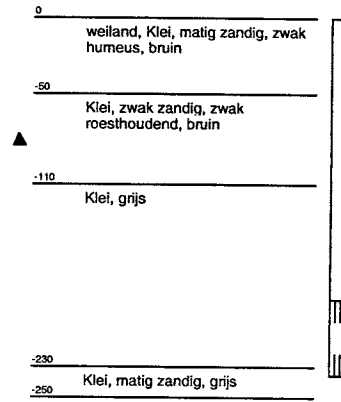
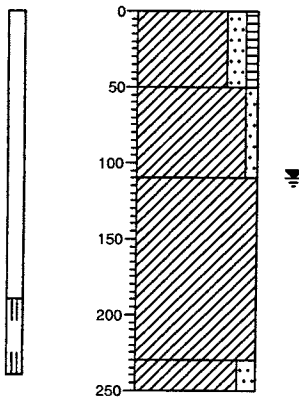
Boring: IA20

Datum: 27/06/2003



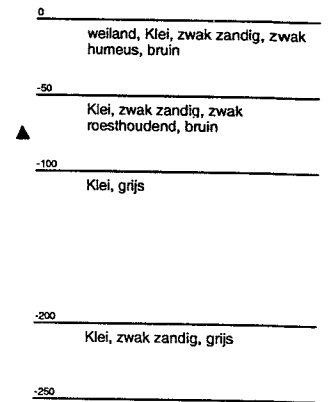
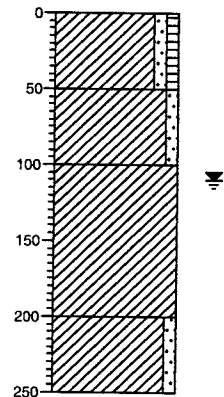
Boring: IA30

Datum: 27/06/2003



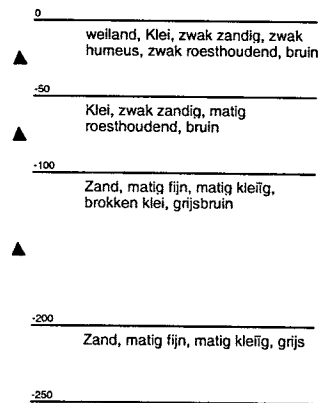
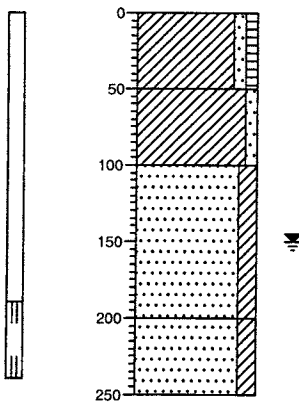
Boring: IA40

Datum: 27/06/2003



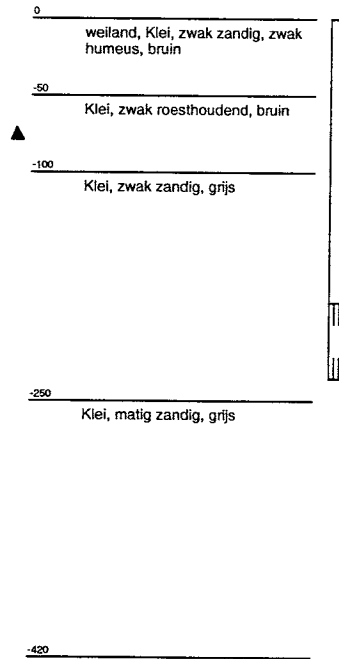
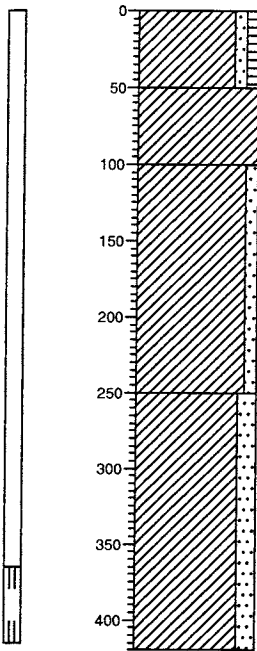
Boring: IA50

Datum: 27/06/2003



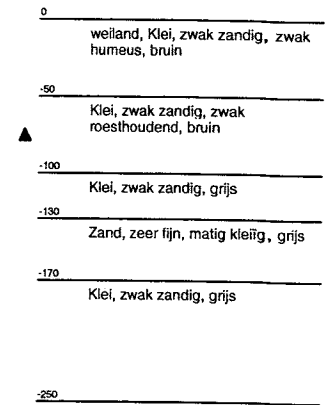
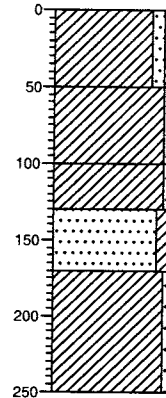
Boring: IA6D

Datum: 27/06/2003



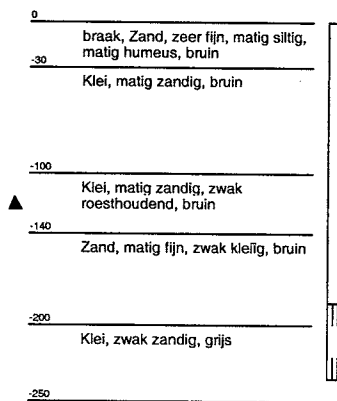
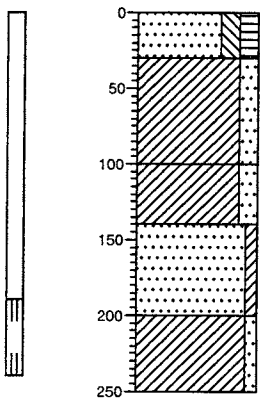
Boring: IA7O

Datum: 27/06/2003



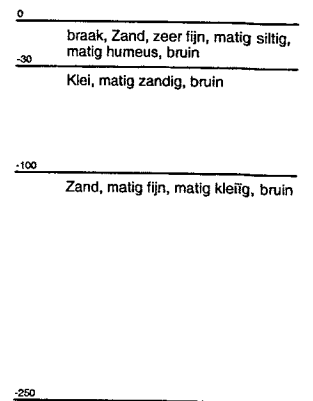
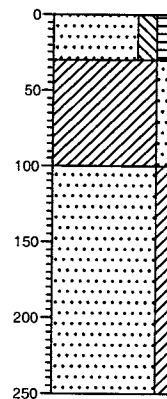
Boring: IIA1O

Datum: 27/06/2003



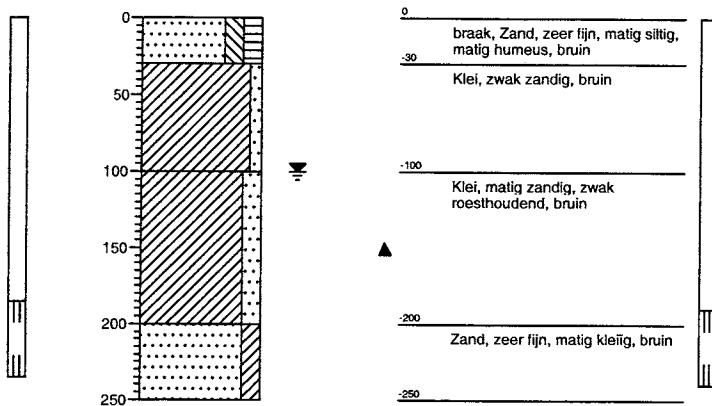
Boring: IIA2O

Datum: 27/06/2003



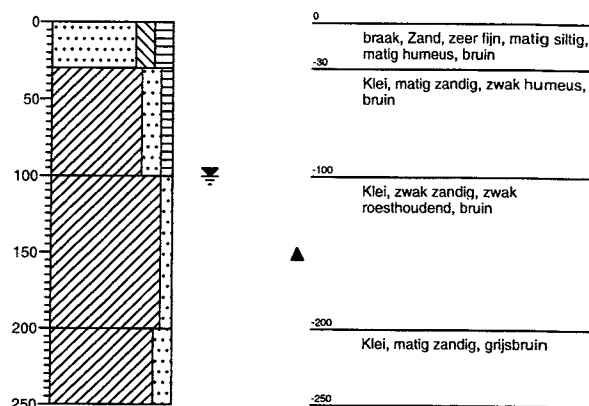
Boring: IIA30

Datum: 27/06/2003



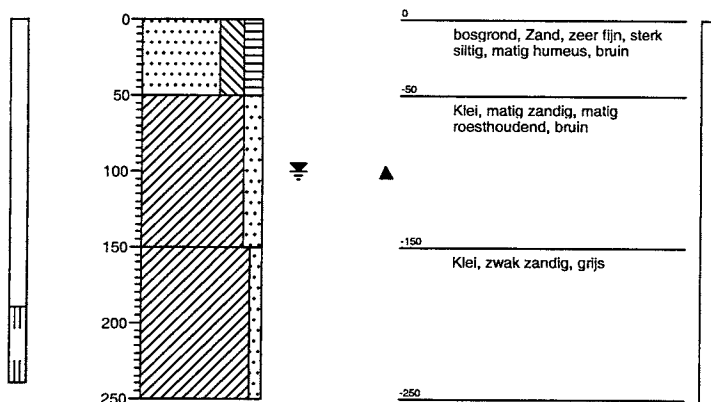
Boring: IIA40

Datum: 27/06/2003



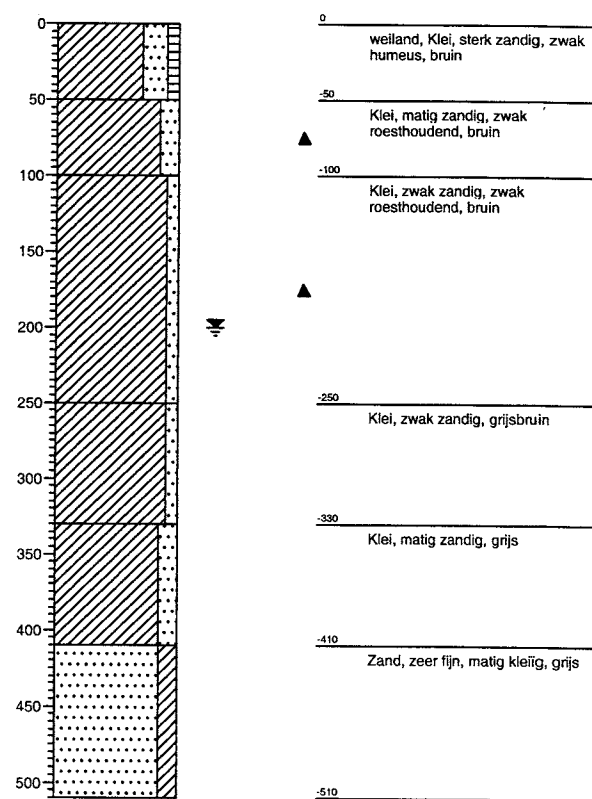
Boring: IIA50

Datum: 27/06/2003



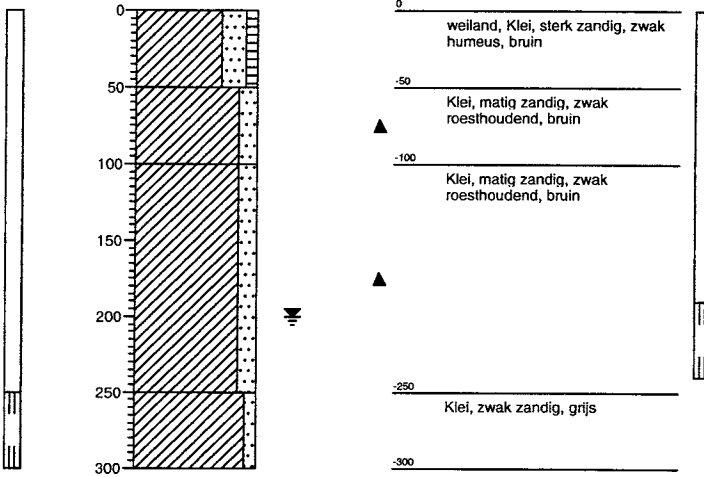
Boring: IIA6D

Datum: 02/07/2003



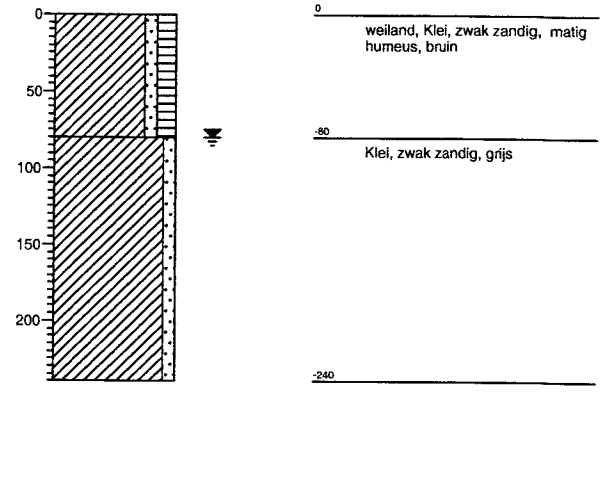
Boring: IIA70

Datum: 02/07/2003



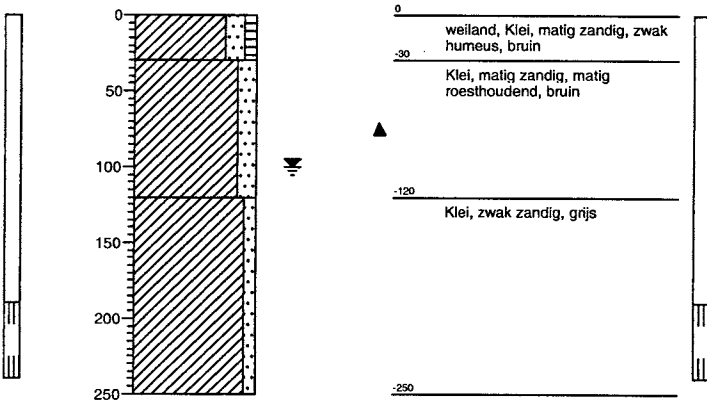
Boring: IIB10

Datum: 10/07/2003



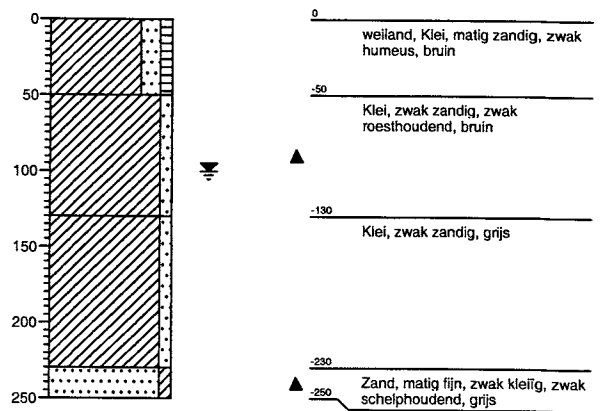
Boring: IIIA10

Datum: 04/07/2003



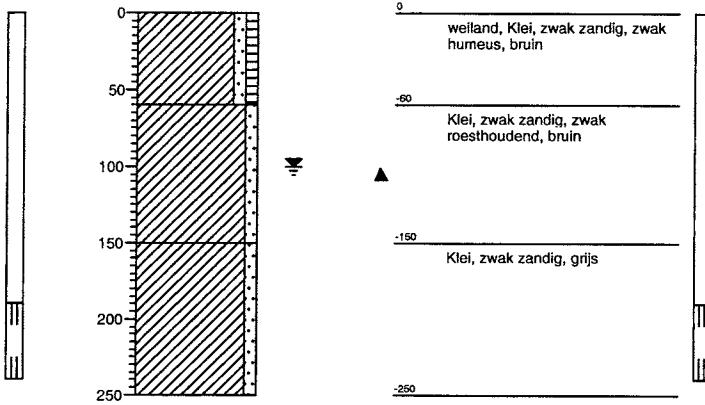
Boring: IIIA20

Datum: 04/07/2003



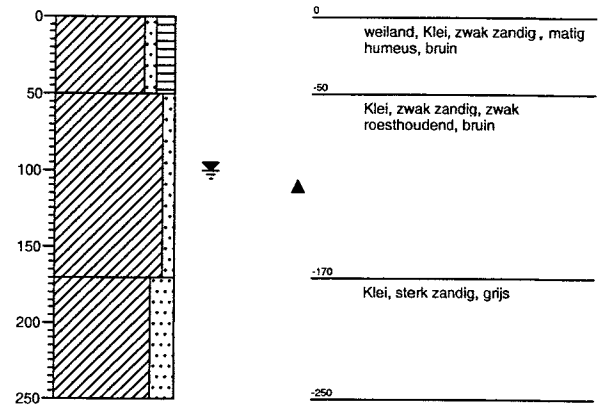
Boring: IIIA30

Datum: 04/07/2003



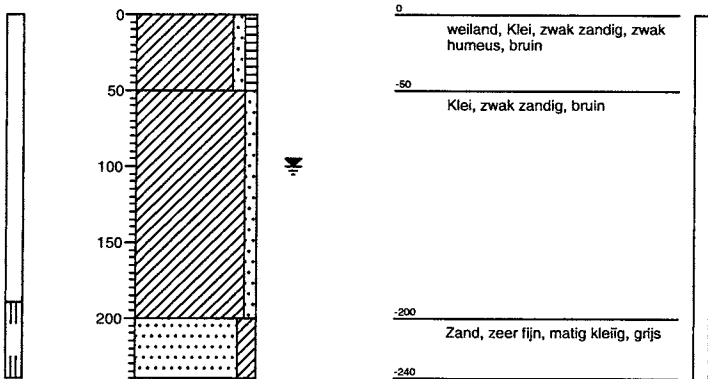
Boring: IIIA40

Datum: 04/07/2003



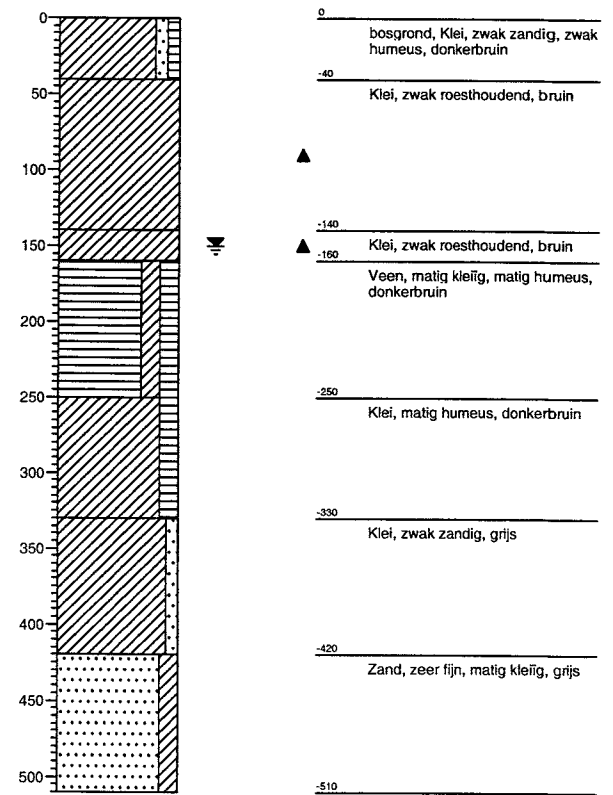
Boring: IIIA50

Datum: 04/07/2003



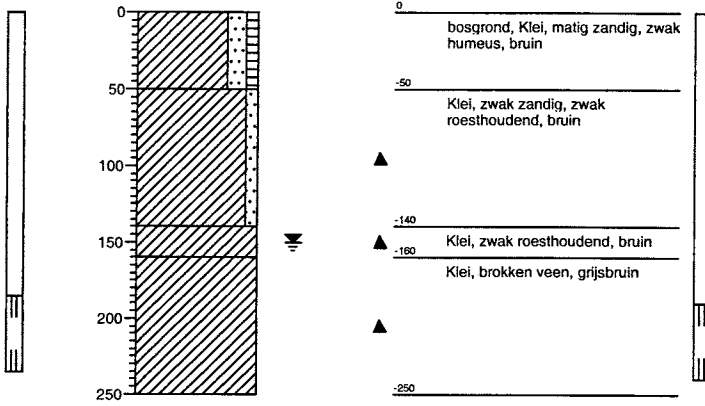
Boring: IIIA6D

Datum: 02/07/2003



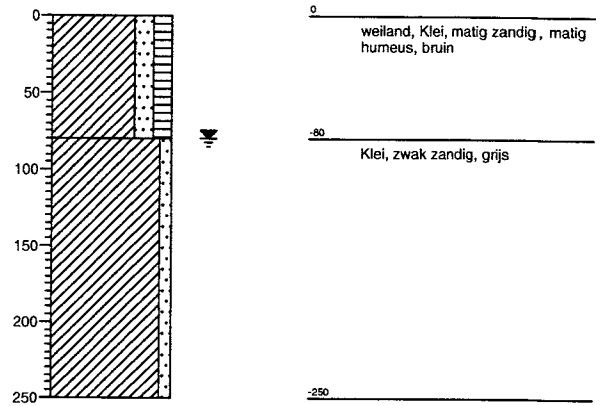
Boring: IIIA70

Datum: 02/07/2003



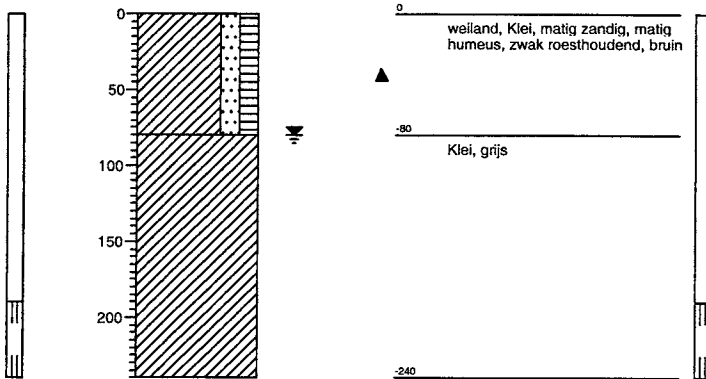
Boring: IIIB10

Datum: 10/07/2003



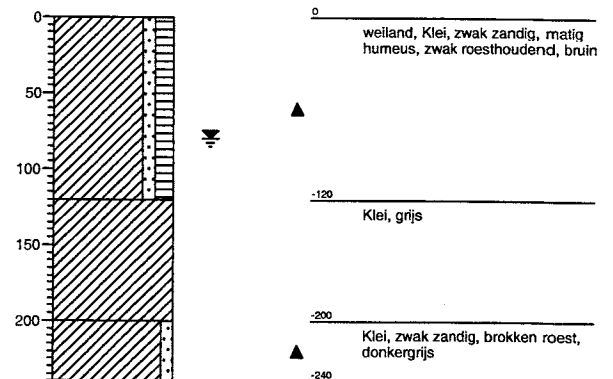
Boring: IIIB20

Datum: 10/07/2003



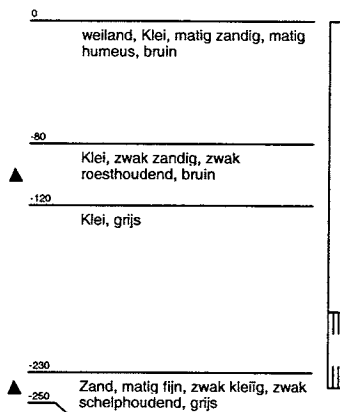
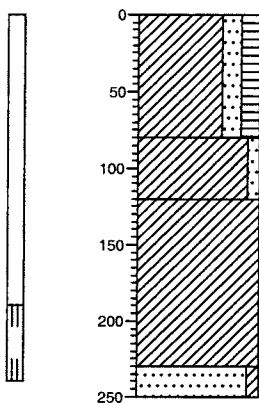
Boring: IIIB30

Datum: 10/07/2003



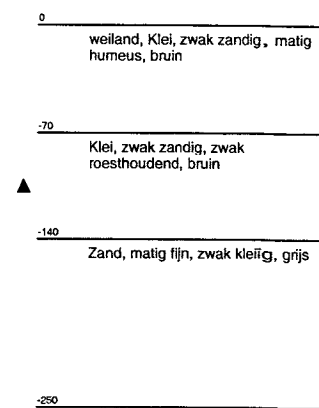
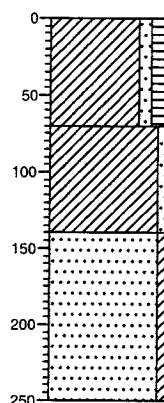
Boring: IIIB40

Datum: 10/07/2003



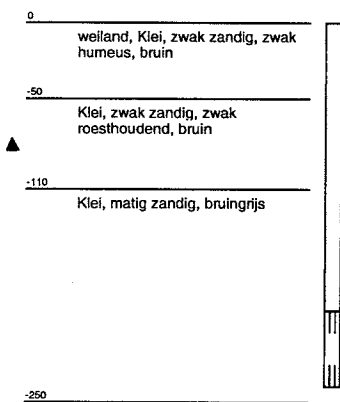
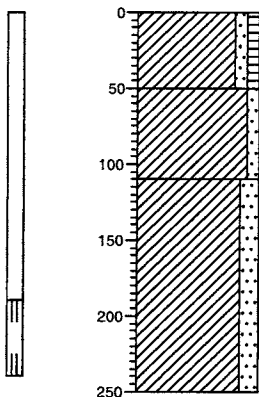
Boring: IIIB50

Datum: 10/07/2003



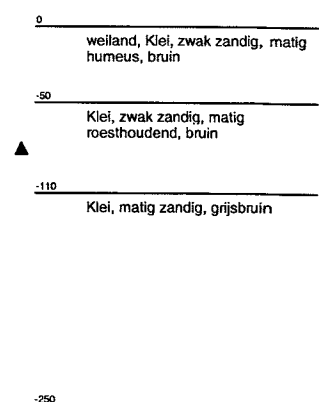
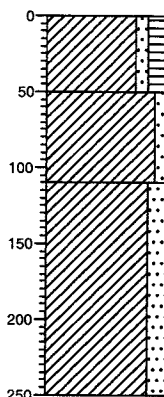
Boring: IIIB60

Datum: 10/07/2003



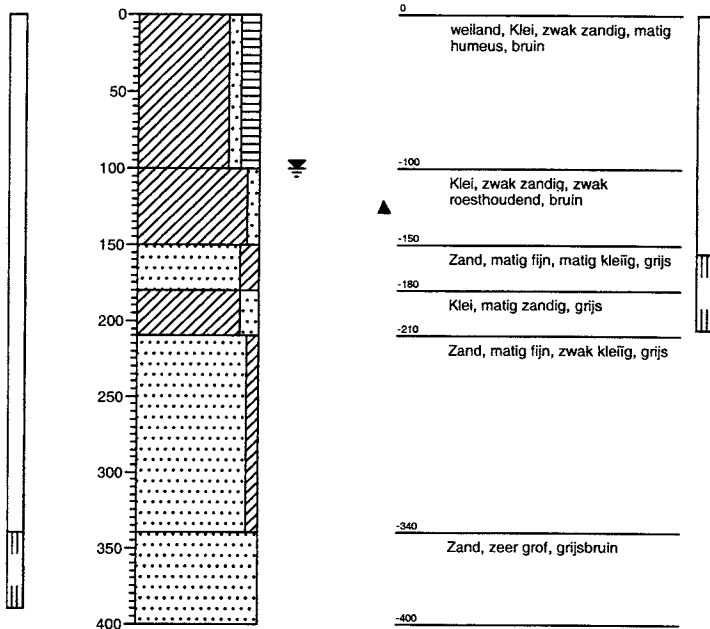
Boring: IIIB70

Datum: 10/07/2003



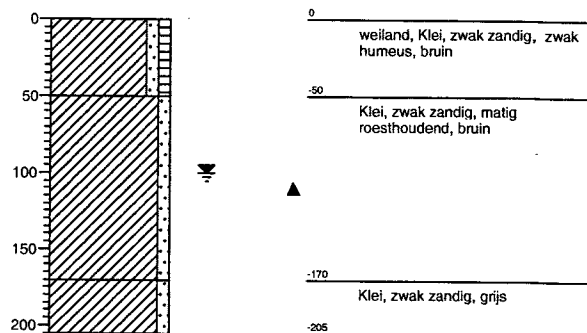
Boring: III B8D

Datum: 10/07/2003



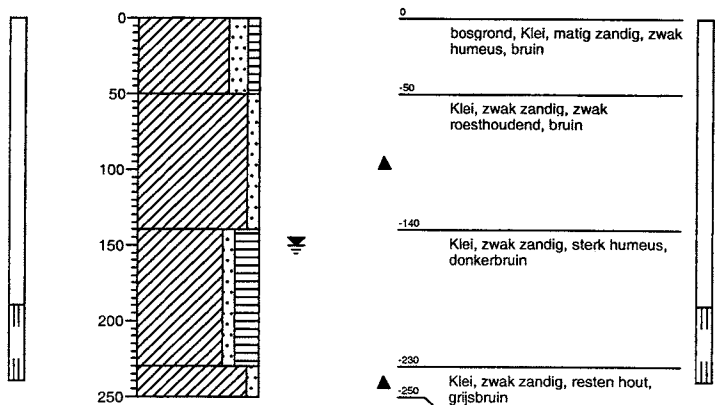
Boring: III B90

Datum: 10/07/2003



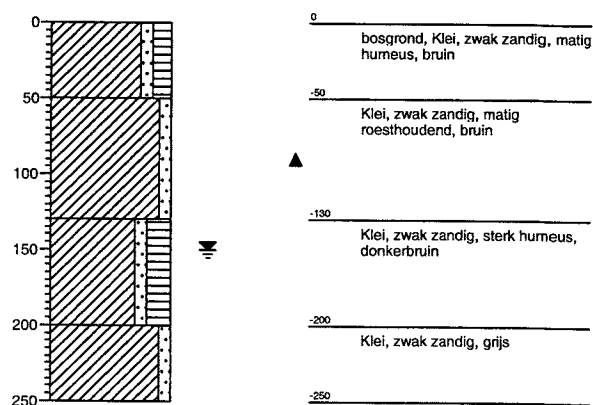
Boring: IVA10

Datum: 04/07/2003



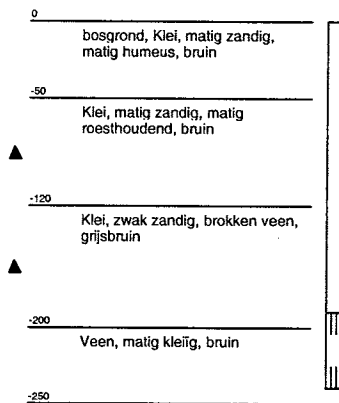
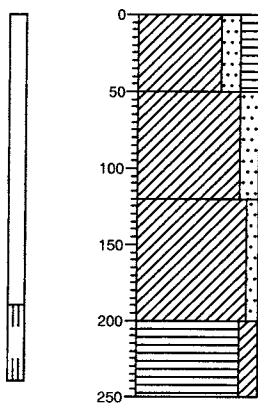
Boring: IVA20

Datum: 04/07/2003



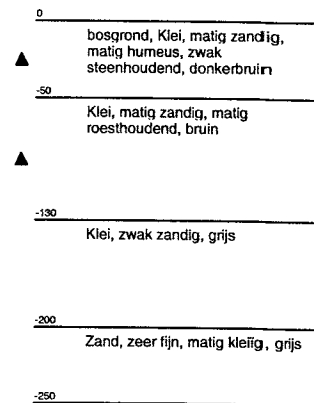
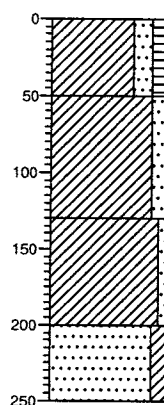
Boring: IVA30

Datum: 04/07/2003



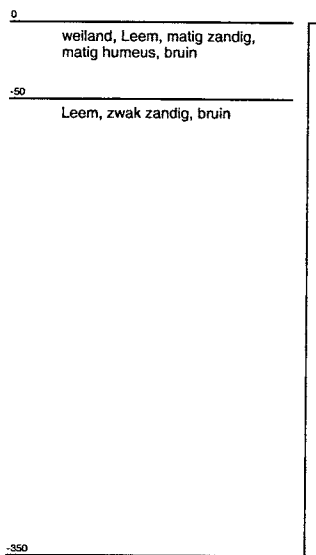
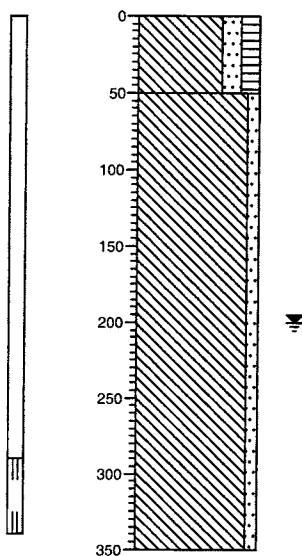
Boring: IVA40

Datum: 04/07/2003



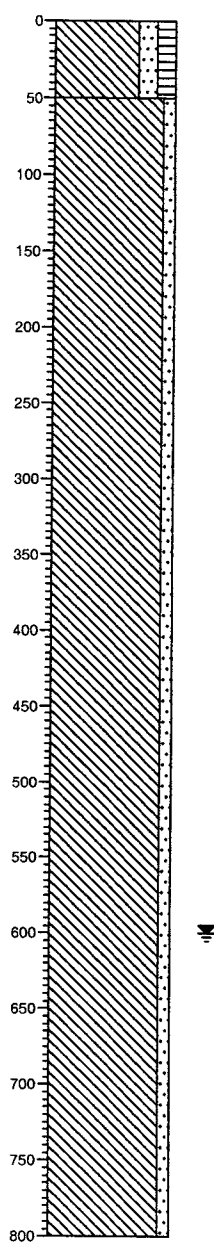
Boring: IVA50

Datum: 04/07/2003



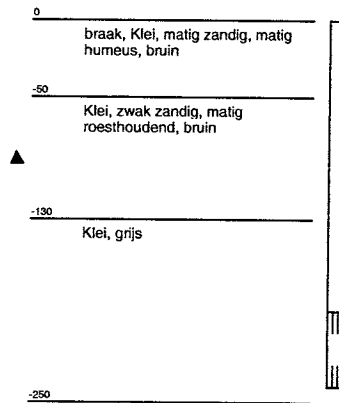
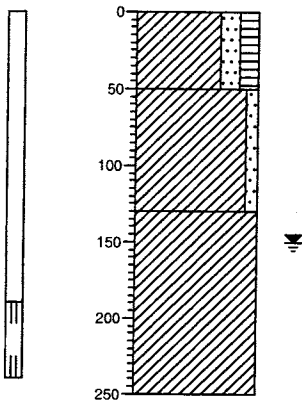
Boring: IVA60

Datum: 04/07/2003



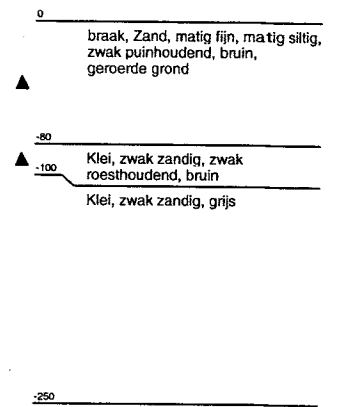
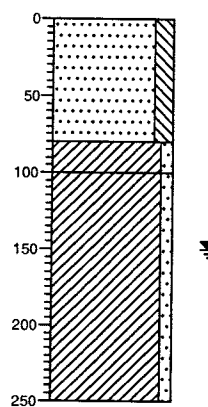
Boring: IVB10

Datum: 04/07/2003



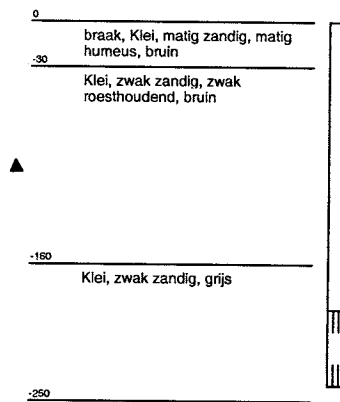
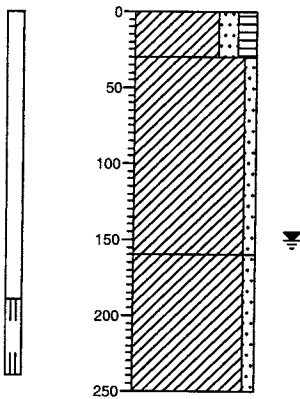
Boring: IVB20

Datum: 04/07/2003



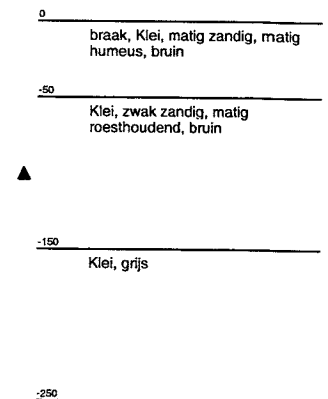
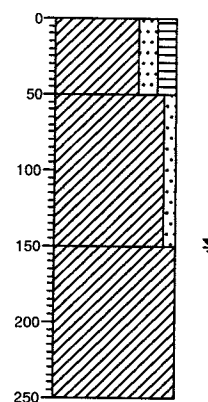
Boring: IVB30

Datum: 04/07/2003



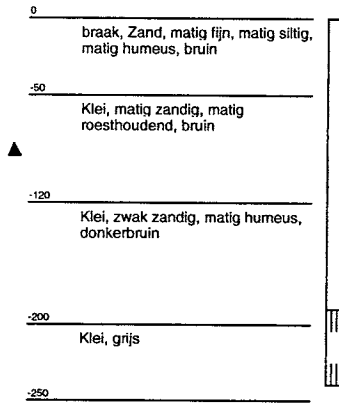
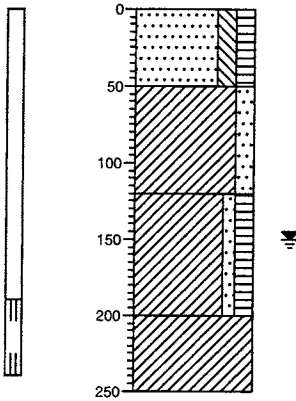
Boring: IVB40

Datum: 10/07/2003



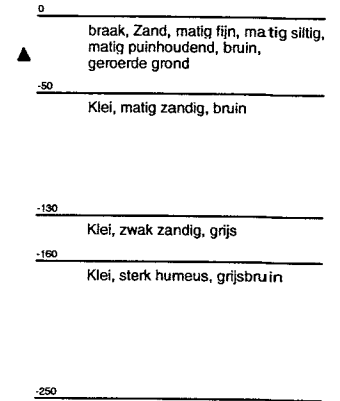
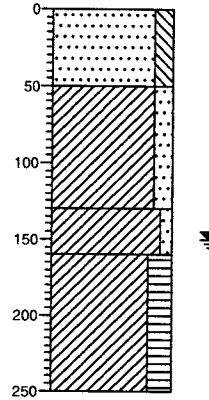
Boring: IVB50

Datum: 10/07/2003



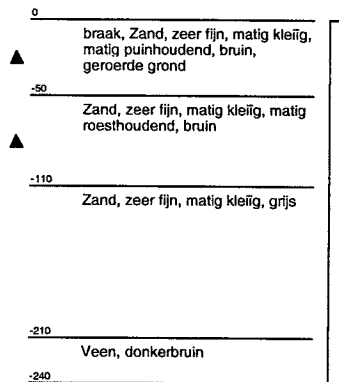
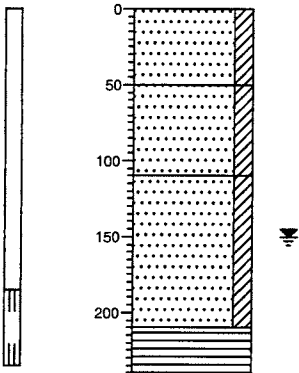
Boring: IVB60

Datum: 10/07/2003



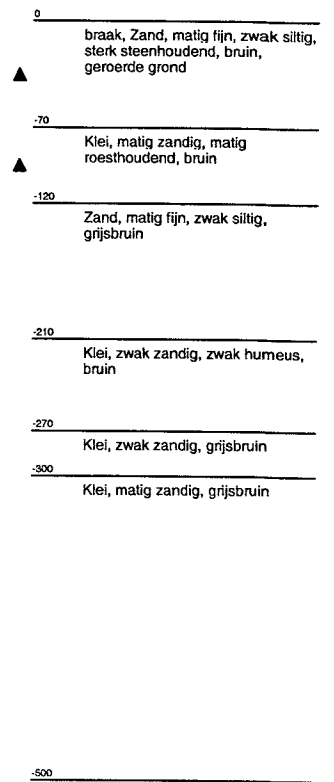
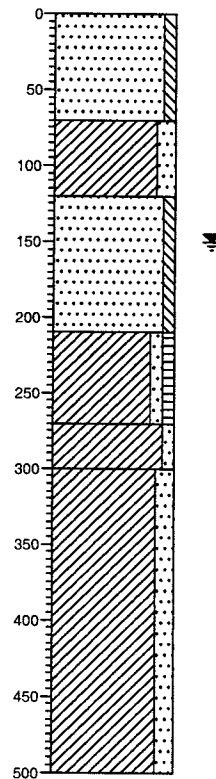
Boring: IVB70

Datum: 10/07/2003



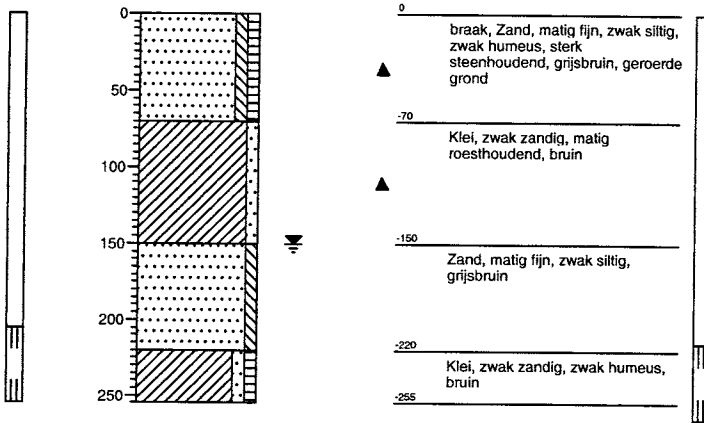
Boring: IVB8D

Datum: 04/07/2003



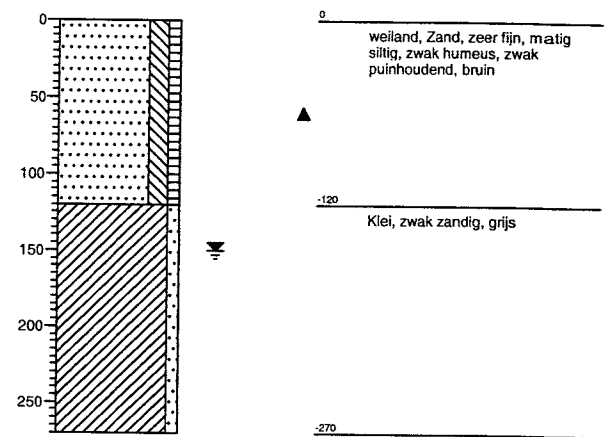
Boring: IVB90

Datum: 04/07/2003



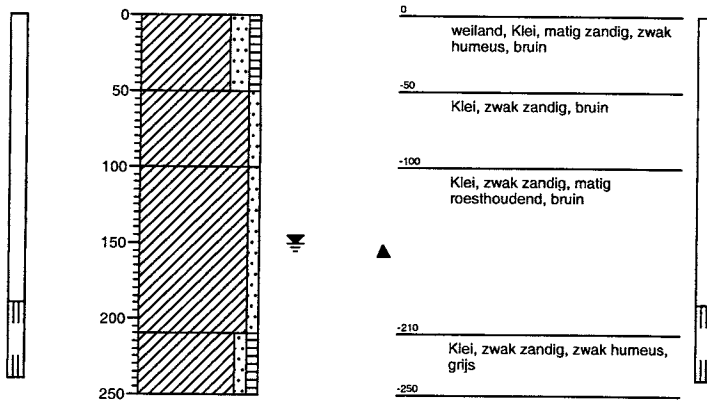
Boring: VA10

Datum: 04/07/2003



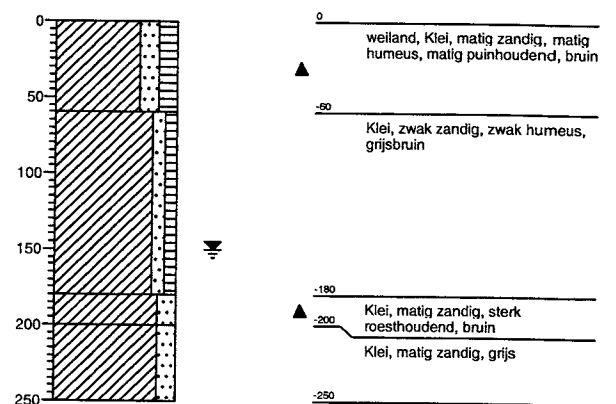
Boring: VA20

Datum: 04/07/2003



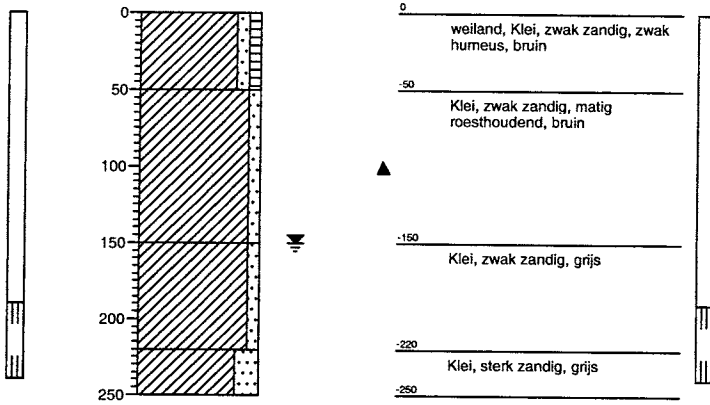
Boring: VA30

Datum: 04/07/2003



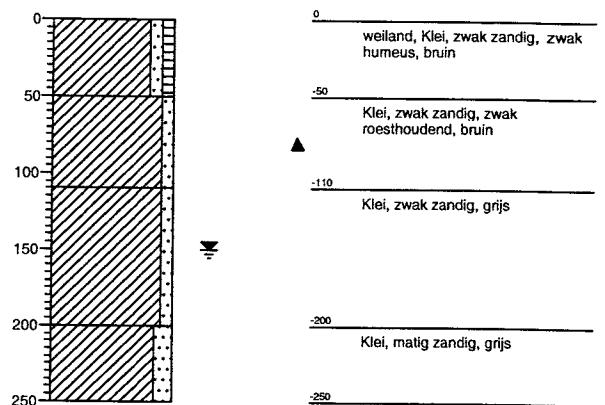
Boring: VA40

Datum: 04/07/2003



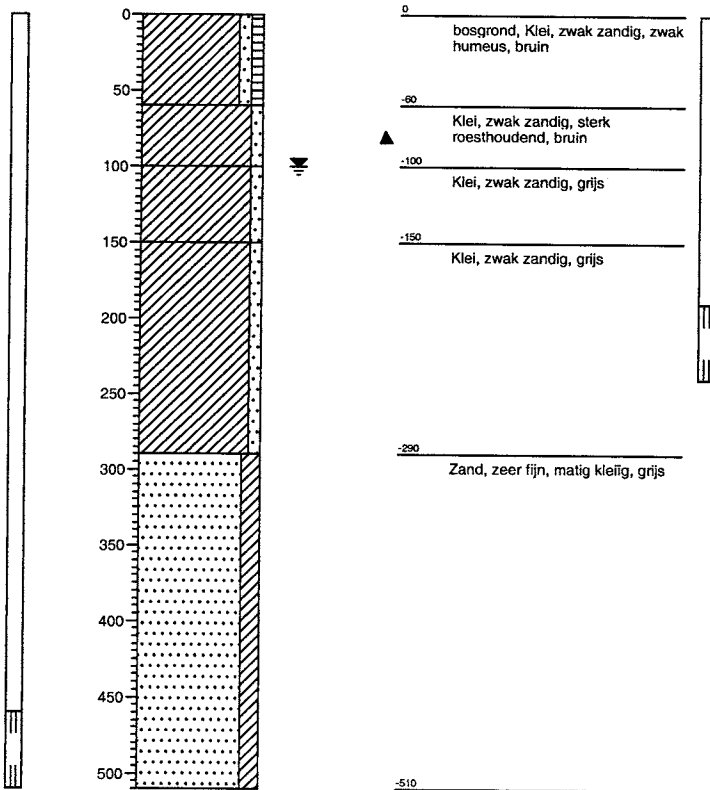
Boring: VA50

Datum: 04/07/2003



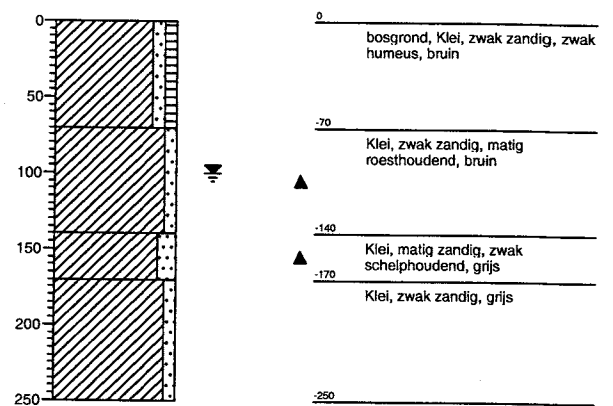
Boring: VA6D

Datum: 04/07/2003



Boring: VA70

Datum: 04/07/2003



9 TECHNISCHE SPECIFICATIES DRUKMETERS

Naast de Baro-Diver (art. nr.: 11.11.55) voor luchtdrukmetingen bestaan er vijf Diver-uitvoeringen voor waterniveaumetingen tot 4 meter (art. nr.: 11.11.50), tot 9 meter (11.11.51), tot 19 meter (11.11.52), tot 29 meter (11.11.53) of tot 99 meter (11.11.54). Alle uitvoeringen voldoen aan de volgende specificaties.

Buitendiameter:	Ø22 mm
Lengte:	125 mm inclusief ophangbeugel
Gewicht:	ca. 160 gram
Bescherming:	IP68
Bedrijfstemperatuur:	-20 °C tot 80 °C
Opslag temperatuur:	-40 °C tot 85 °C
Materiaal behuizing:	RVS 316 L (werkstofnr 1.4404)
Materiaal drukopnemer:	keramisch
Meetprincipe druk:	rekstrook brug
Meetprincipe temperatuur:	halfgeleider
Communicatie:	RS232 (optisch), 9600 baud, geen pariteit, 8 bits, 1 stopbit
Geheugencapaciteit:	2 X 24.000 metingen
Meetintervallen:	0,5 sec tot 99 uur
Klok nauwkeurigheid:	beter dan 1 sec. per dag @ 20°C
Levensduur batterij:	gemiddeld 10 jaar, afhankelijk van gebruik
- theoretische capaciteit:	2.000.000 samples 2.000 uitlees-cycli 2.000 programmeer-cycli
CE-markering:	volgens richtlijn 89/336/EEC
Stoorvastheid (ESD):	tegen elektrostatische ontlading naar EN 61000-6-2 (1999)
Stoorvastheid (EMC):	tegen elektromagnetische velden naar EN 50081-1 (1992) en EN 50082-1 (1997)
EMC test uitgevoerd door:	DARE Consultancy te Woerden op 1 februari 2001
Test rapport nummer:	01C00089CRT01

Voor temperatuurmetingen met alle Divers geldt:

Meetbereik:	-20 °C tot 80 °C
Gecompenseerd bereik:	-10 °C tot 40 °C
Nauwkeurigheid:	0,1 °C
Resolutie:	0,01 °C

De specificaties voor lucht-en waterdrukmetingen verschillen per Diver:

	11.11.50	11.11.51	11.11.52	11.11.53	11.11.54	11.11.55
Gekalibreerd bereik	950-1450 cm wk	950-1950 cm wk	950-2950 cm wk	950-3950 cm wk	950-10950 cm wk	950-1100 cm wk
Bruikbaar bereik	400 cm wk	900 cm wk	1900 cm wk	2900 cm wk	99 m wk	Nvt
Nauwkeurigheid*	Typ. ± 0,1% FS Max. ± 0,2% FS	Typ. ± 0,1% FS Max. ± 0,2% FS	Typ. ± 0,1% FS Max. ± 0,2% FS	Typ. ± 0,1% FS Max. ± 0,2% FS	Typ. ± 0,1% FS Max. ± 0,2% FS	Typ. ± 0,1% FS Max. ± 0,2% FS
Lange termijn stab.	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	10 cm	1 cm
Resolutie	0,1 cm	0,2 cm	0,4 cm	0,6 cm	2 cm	0,1 cm
Maximale druk	10 m wk	20 m wk	40 m wk	60 m wk	200 m wk	10 m wk

10 HYDROLOGISCHE VARIABELEN WATERPEILMETINGEN

Meetraai Ia	zomer								winter								volledig							
	Dender	Ia.1O	Ia.2O	Ia.3O	Ia.4O	Ia.5O	Ia.6D	Ia.7O	Dender	Ia.1O	Ia.2O	Ia.3O	Ia.4O	Ia.5O	Ia.6D	Ia.7O	Dender	Ia.1O	Ia.2O	Ia.3O	Ia.4O	Ia.5O	Ia.6D	Ia.7O
minimum peil	3.49	3.40	3.45	3.34	3.23	2.88	2.86	2.79	3.68	3.47	3.40	3.41	3.31	2.92	2.91	2.87	3.49	3.40	3.40	3.34	3.23	2.88	2.86	2.79
maximum peil	4.71	3.94	3.94	3.97	3.87	3.48	3.57	3.45	5.09	4.02	4.23	4.12	4.22	3.82	3.73	3.62	5.09	4.02	4.23	4.12	4.22	3.82	3.73	3.62
gemiddeld peil	3.90	3.57	3.61	3.53	3.45	3.18	3.11	3.06	3.96	3.77	3.85	3.81	3.77	3.40	3.37	3.29	3.93	3.67	3.73	3.67	3.60	3.29	3.24	3.17
minimale diepte		0.48	0.47	0.18	0.40	0.40	0.22	0.35		0.40	0.18	0.03	0.05	0.06	0.06	0.18		0.40	0.18	0.03	0.05	0.06	0.06	0.18
maximale diepte		1.02	0.96	0.81	1.04	1.00	0.93	1.01		0.95	1.01	0.74	0.96	0.96	0.88	0.93		1.02	1.01	0.81	1.04	1.00	0.93	1.01
gemiddelde diepte		0.84	0.80	0.62	0.82	0.70	0.68	0.74		0.40	0.18	0.03	0.05	0.06	0.06	0.18		0.75	0.68	0.48	0.67	0.59	0.55	0.63
amplitude																	1.60	0.62	0.83	0.78	0.99	0.94	0.87	0.83

Meetraai Ila	zomer								winter								volledig							
	Dender	Ila.1O	Ila.2O	Ila.3O	Ila.4O	Ila.5O	Ila.6D	Ila.7O	Dender	Ila.1O	Ila.2O	Ila.3O	Ila.4O	Ila.5O	Ila.6D	Ila.7O	Dender	Ila.1O	Ila.2O	Ila.3O	Ila.4O	Ila.5O	Ila.6D	Ila.7O
minimum peil	8.11	7.27	7.28	7.08	7.20	6.91	8.71	8.52	8.06	7.44	7.39	7.40	7.34	7.07	8.91	8.81	8.06	7.27	7.28	7.08	7.20	6.91	8.71	8.52
maximum peil	8.56	7.96	8.10	8.26	8.52	8.57	10.64	10.72	8.69	8.40	8.56	8.58	8.61	8.60	10.77	10.85	8.69	8.40	8.56	8.58	8.61	8.60	10.77	10.85
gemiddeld peil	8.32	7.57	7.62	7.64	7.72	7.74	9.60	9.53	8.35	7.87	7.96	8.03	8.11	8.10	10.02	10.04	8.34	7.72	7.78	7.83	7.91	7.91	9.80	9.78
minimale diepte		0.78	0.53	0.37	0.06	0.04	0.24	0.27		0.34	0.07	0.05	-0.03	0.02	0.11	0.15		0.34	0.07	0.05	-0.03	0.02	0.11	0.15
maximale diepte		1.47	1.35	1.55	1.38	1.71	2.17	2.47		1.30	1.24	1.23	1.24	1.55	1.97	2.18		1.47	1.35	1.55	1.38	1.71	2.17	2.47
gemiddelde diepte		1.17	1.01	0.99	0.86	0.88	1.28	1.46		0.34	0.07	0.05	-0.03	0.02	0.11	0.15		1.02	0.85	0.80	0.67	0.70	1.07	1.21
amplitude																	0.63	1.13	1.28	1.50	1.41	1.70	2.07	2.33

Meetraai IIIa	zomer								winter								volledig							
	Dender	IIIa.1O	IIIa.2O	IIIa.3O	IIIa.4O	IIIa.5O	IIIa.6D	IIIa.7O	Dender	IIIa.1O	IIIa.2O	IIIa.3O	IIIa.4O	IIIa.5O	IIIa.6D	IIIa.7O	Dender	IIIa.1O	IIIa.2O	IIIa.3O	IIIa.4O	IIIa.5O	IIIa.6D	IIIa.7O
minimum peil	10.15	9.22	9.24	8.60	9.14	8.68	9.55	9.46	10.19	9.35	9.51	9.02	9.33	9.22	9.68	9.67	10.15	9.22	9.24	8.60	9.14	8.68	9.55	9.46
maximum peil	10.66	9.59	9.87	9.64	9.74	9.87	10.21	10.20	10.74	10.02	10.17	10.13	10.06	10.02	10.26	10.26	10.74	10.02	10.17	10.13	10.06	10.02	10.26	10.26
gemiddeld peil	10.46	9.38	9.59	9.22	9.44	9.42	9.85	9.83	10.49	9.59	9.89	9.66	9.73	9.76	10.09	10.09	10.47	9.48	9.74	9.43	9.58	9.58	9.94	9.92
minimale diepte		0.85	0.75	0.60	0.55	0.20	0.17	0.18		0.42	0.45	0.11	0.23	0.05	0.12	0.12		0.42	0.45	0.11	0.23	0.05	0.12	0.12
maximale diepte		1.22	1.38	1.64	1.15	1.39	0.83	0.92		1.09	1.11	1.22	0.96	0.85	0.70	0.71		1.22	1.38	1.64	1.15	1.39	0.83	0.92
gemiddelde diepte		1.06	1.03	1.02	0.85	0.65	0.53	0.55		0.42	0.45	0.11	0.23	0.05	0.12	0.12		0.95	0.88	0.80	0.71	0.49	0.44	0.46
amplitude																	0.59	0.80	0.93	1.53	0.92	1.34	0.71	0.80

Meetraai IIIb	zomer										winter										volledig									
	Dender	IIIb.1O	IIIb.2O	IIIb.3O	IIIb.4O	IIIb.5O	IIIb.6O	IIIb.7O	IIIb.8D	IIIb.9O	Dender	IIIb.1O	IIIb.2O	IIIb.3O	IIIb.4O	IIIb.5O	IIIb.6O	IIIb.7O	IIIb.8D	IIIb.9O	Dender	IIIb.1O	IIIb.2O	IIIb.3O	IIIb.4O	IIIb.5O	IIIb.6O	IIIb.7O	IIIb.8D	IIIb.9O
minimum peil	10.15	9.27	9.41	9.35	9.28	9.27	9.33	9.32	9.26	9.31	10.19	9.83	9.89	9.86	9.80	9.79	9.79	9.79	9.77	9.82	10.15	9.27	9.41	9.35	9.28	9.27	9.33	9.32	9.26	9.31
maximum peil	10.66	10.05	10.08	10.08	10.08	10.08	10.07	10.09	10.07	10.07	10.74	10.17	10.20	10.20	10.19	10.18	10.18	10.18	10.19	10.17	10.74	10.17	10.20	10.20	10.19	10.18	10.18	10.19	10.17	10.17
gemiddeld peil	10.46	9.73	9.83	9.81	9.76	9.75	9.74	9.72	9.72	9.75	10.49	10.05	10.09	10.04	10.02	10.01	10.01	10.02	10.05	10.03	10.47	9.89	9.95	9.92	9.88	9.88	9.87	9.87	9.87	9.88
minimale diepte		0.21	0.15	0.27	0.17	0.05	0.11	0.08	0.22	0.26		0.09	0.03	0.15	0.06	-0.05	0.00	-0.01	0.10	0.16		0.09	0.03	0.15	0.06	-0.05	0.00	-0.01	0.10	0.16
maximale diepte		0.99	0.82	1.00	0.97	0.86	0.85	0.85	1.03	1.02		0.43	0.34	0.49	0.45	0.34	0.39	0.38	0.52	0.51		0.99	0.82	1.00	0.97	0.86	0.85	0.85	1.03	1.02
gemiddelde diepte		0.52	0.41	0.54	0.49	0.37	0.44	0.44	0.57	0.58		0.09	0.03	0.15	0.06	-0.05	0.00	-0.01	0.10	0.16		0.37	0.28	0.43	0.37	0.25	0.31	0.30	0.41	0.45
amplitude																					0.59	0.90	0.79	0.85	0.91	0.91	0.85	0.86	0.93	0.86

Meetraai IVa	zomer							winter							volledig						
	Dender	IVa.10	IVa.20	IVa.30	IVa.40	IVa.50	IVa.60	Dender	IVa.10	IVa.20	IVa.30	IVa.40	IVa.50	IVa.60	Dender	IVa.10	IVa.20	IVa.30	IVa.40	IVa.50	IVa.60
minimum peil	12.40	11.18	11.48	11.11	11.96	15.46	16.13	12.62	11.22	11.71	11.45	12.62	15.51	16.39	12.40	11.18	11.48	11.11	11.96	15.46	16.13
maximum peil	13.12	11.39	12.02	12.53	13.57	16.14	17.13	13.13	11.40	12.12	12.82	13.88	16.66	16.92	13.13	11.40	12.12	12.82	13.88	16.66	17.13
gemiddeld peil	12.87	11.28	11.74	11.80	12.88	15.77	16.69	12.89	11.32	11.96	12.31	13.39	15.96	16.66	12.88	11.30	11.85	12.05	13.12	15.86	16.68
minimale diepte		1.31	0.61	0.52	0.50	2.77	4.95		1.30	0.51	0.23	0.19	2.25	5.16		1.30	0.51	0.23	0.19	2.25	4.95
maximale diepte		1.52	1.15	1.94	2.11	3.45	5.95		1.48	0.92	1.60	1.45	3.40	5.69		1.52	1.15	1.94	2.11	3.45	5.95
gemiddelde diepte		1.43	0.89	1.25	1.19	3.14	5.39		1.30	0.51	0.23	0.19	2.25	5.16		1.41	0.78	1.00	0.95	3.05	5.40
amplitude															0.73	0.22	0.64	1.71	1.92	1.20	1.00

Meetraai IVb	zomer									winter									volledig											
	Dender	IVb.10	IVb.20	IVb.30	IVb.40	IVb.50	IVb.60	IVb.70	IVb.8D	IVb.90	Dender	IVb.10	IVb.20	IVb.30	IVb.40	IVb.50	IVb.60	IVb.70	IVb.8D	IVb.90	Dender	IVb.10	IVb.20	IVb.30	IVb.40	IVb.50	IVb.60	IVb.70	IVb.8D	IVb.90
minimum peil	12.40	11.89	11.73	11.62	11.57	11.51	11.03	11.28	15.71	15.47	12.62	12.01	11.88	11.76	11.74	11.69	11.47	11.52	15.74	15.59	12.48	11.89	11.73	11.62	11.57	11.51	11.03	11.28	15.71	15.47
maximum peil	13.12	12.42	12.34	11.98	11.91	12.06	11.83	11.99	16.11	15.90	13.13	12.88	12.81	12.19	12.07	12.10	11.88	12.45	16.34	16.15	14.41	12.88	12.81	12.19	12.07	12.10	11.88	12.45	16.34	16.15
gemiddeld peil	12.87	12.11	11.96	11.77	11.72	11.73	11.53	11.57	15.89	15.70	12.89	12.44	12.28	12.02	11.94	11.95	11.75	11.99	16.03	15.90	12.90	12.29	12.11	11.92	11.85	11.84	11.63	11.77	15.96	15.80
minimale diepte		0.84	0.66	1.01	1.04	0.75	1.00	1.15	0.75	0.96		0.38	0.19	0.80	0.88	0.71	0.95	0.69	0.52	0.71		0.38	0.19	0.80	0.88	0.71	0.95	0.69	0.52	0.71
maximale diepte		1.37	1.27	1.37	1.38	1.30	1.80	1.86	1.15	1.39		1.25	1.12	1.23	1.21	1.12	1.36	1.62	1.12	1.27		1.37	1.27	1.37	1.38	1.30	1.80	1.86	1.15	1.39
gemiddelde diepte		1.15	1.04	1.22	1.23	1.08	1.30	1.57	0.97	1.16		0.38	0.19	0.80	0.88	0.71	0.95	0.69	0.52	0.71		0.97	0.89	1.07	1.10	0.97	1.19	1.37	0.90	1.06
amplitude																					0.73	0.99	1.08	0.57	0.50	0.59	0.85	1.17	0.63	0.68

Meetraai Va	zomer								winter								volledig							
	Dender	Va.10	Va.20	Va.30	Va.40	Va.50	Va.6D	Va.70	Dender	Va.10	Va.20	Va.30	Va.40	Va.50	Va.6D	Va.70	Dender	Va.10	Va.20	Va.30	Va.40	Va.50	Va.6D	Va.70
minimum peil	12.48	12.11	11.54	12.11	11.94	11.81	11.75	11.77	12.69	12.26	12.11	12.20	12.12	12.06	12.04	11.86	12.48	12.11	11.54	12.11	11.94	11.81	11.75	11.77
maximum peil	14.03	12.91	12.90	12.96	12.96	12.86	12.65	12.62	14.41	13.25	13.33	13.39	13.30	13.09	12.78	12.73	14.41	13.25	13.33	13.39	13.30	13.09	12.78	12.73
gemiddeld peil	12.87	12.42	12.30	12.40	12.33	12.25	12.14	12.10	12.94	12.79	12.73	12.79	12.77	12.67	12.48	12.44	12.90	12.60	12.50	12.59	12.54	12.45	12.30	12.26
minimale diepte		0.93	0.99	0.75	0.29	0.15	0.14	0.21		0.59	0.56	0.32	-0.05	-0.08	0.01	0.10		0.59	0.56	0.32	-0.05	-0.08	0.01	0.10
maximale diepte		1.73	2.35	1.60	1.31	1.20	1.04	1.06		1.58	1.78	1.51	1.13	0.95	0.75	0.97		1.73	2.35	1.60	1.31	1.20	1.04	1.06
gemiddelde diepte		1.42	1.59	1.31	0.92	0.76	0.65	0.72		0.59	0.56	0.32	-0.05	-0.08	0.01	0.10		1.24	1.38	1.12	0.71	0.56	0.49	0.56
amplitude																	1.93	1.14	1.79	1.28	1.36	1.28	1.03	0.96

11 CORRELATIE⁴

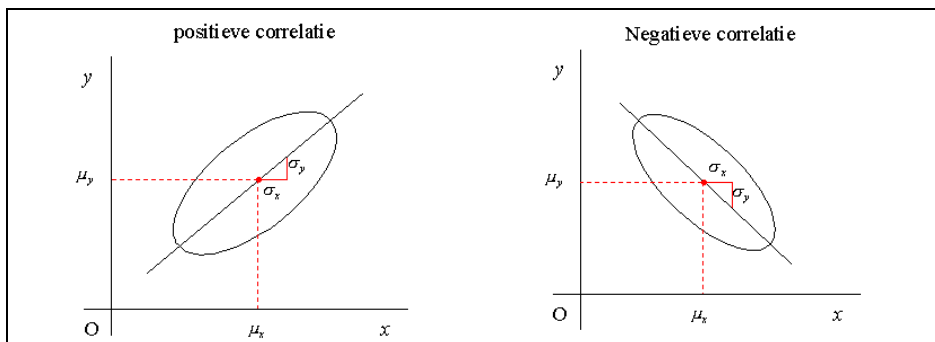
11.1 Correlatie

Indien voor elke tijdstap het oppervlaktewaterpeil en het grondwaterpeil als puntenkoppel in een grafiek worden geplaatst, kan een spreidingsdiagram worden gegenereerd. De punten vormen samen een puntenwolk. Als in de puntenwolk de punten een patroon vormen dan is er sprake van een zekere samenhang tussen de variabelen (zie Figuur 11-1). Het verband tussen twee variabelen wordt correlatie genoemd als het patroon naar een rechte lijn tendeeft. De mate van correlatie hangt af van de mate waarop de punten van een puntenwolk zich verdringen om de centrale lijn.



Figuur 11-1: Patronen in de puntenwolk

Is de centrale lijn van de puntenwolk stijgend, dan is er sprake van positieve correlatie. Is de centrale lijn van een puntenwolk dalend, dan is er sprake van negatieve correlatie. Dit wordt geïllustreerd d.m.v. Figuur 11-2.



Figuur 11-2: Positieve en negatieve correlatie

11.2 Correlatiecoëfficiënt

De correlatiecoëfficiënt is een getal dat de mate van correlatie tussen twee grootheden of variabelen aangeeft. Dit getal wordt aangeduid met de letter R en ligt tussen -1 en $+1$.

In de grensgevallen $R = -1$ en $R = +1$ is er sprake van volledige correlatie. Bij $R = -1$ is dat volledige negatieve correlatie en bij $R = +1$ volledige positieve correlatie. Als er geen sprake is van enige correlatie, dan geldt $R = 0$.

De grootte van de correlatiecoëfficiënt is een directe maat voor de lineaire samenhang tussen de variabelen.

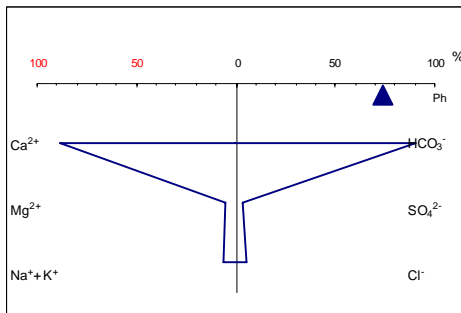
⁴ Belangrijkste bron voor deze paragraaf: <http://www.math.rug.nl/didactiek/Anneneel/CorrelatieRegressieVUStat.doc>

Er wordt aangenomen dat twee variabelen sterk zijn gecorreleerd indien de R-waarde groter is dan 0.95.

11.3 Kruiscorrelatie

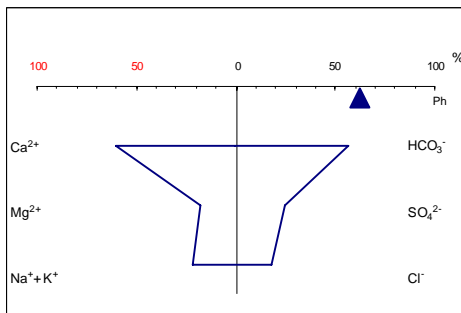
Om de tijdsverschuiving van twee meetreeksen t.o.v. elkaar te kwantificeren, is kruiscorrelatie een uitstekend hulpmiddel. Hierbij worden de meetreeksen t.o.v. elkaar in de tijd verschoven en telkens wordt de correlatiecoëfficiënt berekend. De verschuiving die overeenstemt met de grootste correlatiecoëfficiënt, geeft de tijdsverschuiving aan.

12 BASISVORMEN STIFF-DIAGRAMMEN

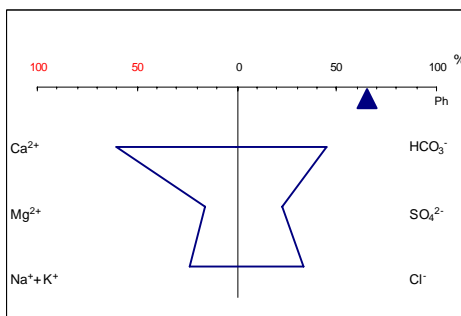


Kwelprofiel

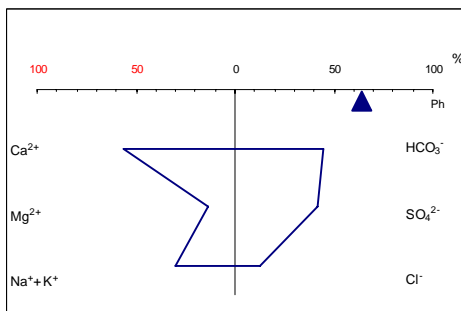
Dit profiel wordt gekenmerkt door een hoge hardheid als gevolg van het oplossen van kalk. De sulfaten zijn door sulfaatreductie verminderd.



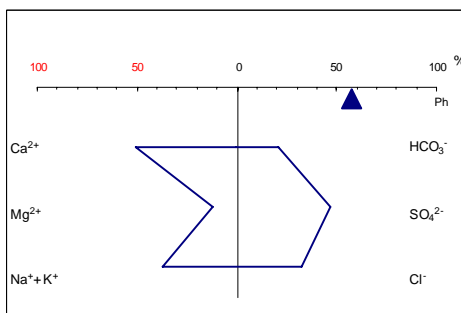
Gemengd Kwelprofiel



Doorstromingsprofiel



Gemengd infiltratieprofiel



Infiltratieprofiel

De totale ionenconcentratie is laag. De vorm van het diagram is uiteenlopend. Het is geïnfiltreerd regenwater (atmoclien) dat op zijn weg door de bodem nog weinig ionen heeft opgenomen.

13 ANALYSERESULTATEN GRONDWATERSTALEN

Parameter	Staalnummer	Datum staalnr	Piëzometer	pH	Conductiviteit	Na	K	Ca	Mg	Fe2+	HCO3	PO4	NO3	NH4	SO4	Cl
Unit					uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
7	W4Ia1O	19/03/2004	Ia1O	6.95	1200	103.0	0.3	170.0	20.10	41.40	568	0.06	0.22	0.10	57	85
6	W4Ia2O	19/03/2004	Ia2O	6.75	1370	76.0	0.3	161.0	15.20	21.70	654	0.06	0.22	0.68	40	125
5	W4Ia3O	19/03/2004	Ia3O	6.85	1230	85.4	0.7	162.0	21.20	26.50	565	0.06	0.22	2.70	57	107
4	W4Ia4O	19/03/2004	Ia4O	6.85	1580	106.0	1.0	197.0	22.30	29.20	532	0.06	0.22	1.80	145	190
3	W4Ia5O	19/03/2004	Ia5O	7.10	1220	55.6	2.3	173.0	25.10	4.73	601	0.06	0.22	1.42	44	96
2	W4Ia6D	19/03/2004	Ia6D	7.15	1048	50.7	1.5	153.0	17.60	5.02	584	0.06	0.22	3.25	8	56
1	W4Ia7O	19/03/2004	Ia7O	7.20	1113	94.4	0.5	134.0	10.20	5.66	573	0.06	0.22	0.10	37	61
14	W4IIa1O	19/03/2004	IIa1O	7.25	434	5.2	1.5	75.9	7.32	0.02	245	0.06	0.22	0.10	10	9
13	W4IIa2O	19/03/2004	IIa2O	7.40	472	6.0	0.3	88.9	5.47	0.01	252	0.12	0.22	0.10	14	13
12	W4IIa3O	19/03/2004	IIa3O	7.10	558	23.9	0.3	91.6	5.58	0.01	307	0.06	0.22	0.10	27	8
11	W4IIa4O	19/03/2004	IIa4O	6.80	538	13.7	0.3	92.1	6.46	0.01	316	0.06	0.22	0.10	24	5
10	W4IIa5O	19/03/2004	IIa5O	6.70	1230	66.7	1.4	170.0	17.70	0.14	435	0.06	0.22	0.10	156	108
9	W4IIa6D	19/03/2004	IIa6D	7.35	1320	35.6	0.9	235.0	19.50	1.84	374	0.06	0.22	9.68	289	78
8	W4IIa7O	19/03/2004	IIa7O	7.20	1250	37.4	0.6	201.0	23.70	0.34	355	0.06	1.99	0.10	233	102
26	W4IIa1O	19/03/2004	IIa1O	7.45	1015	85.5	0.3	119.0	13.20	10.70	535	0.06	0.22	0.17	4	67
25	W4IIa2O	19/03/2004	IIa2O	6.95	1007	42.6	1.4	133.0	16.60	26.80	560	0.06	0.22	8.11	7	50
24	W4IIa3O	19/03/2004	IIa3O	6.70	1190	30.8	0.3	193.0	16.10	19.50	656	0.06	0.22	1.80	43	59
23	W4IIa4O	19/03/2004	IIa4O	7.35	613	36.2	3.1	80.4	10.20	2.35	313	1.13	0.22	0.35	29	24
22	W4IIa5O	19/03/2004	IIa5O	7.35	688	18.4	5.7	97.1	17.90	3.29	338	0.06	0.22	0.10	53	21
21	W4IIb1O	19/03/2004	IIb1O	7.05	1250	50.1	0.3	199.0	18.90	28.60	762	0.06	0.22	0.91	4	60
20	W4IIb2O	19/03/2004	IIb2O	7.05	1054	67.7	5.4	121.0	19.10	21.70	560	0.06	0.22	2.96	4	69
19	W4IIb3O	19/03/2004	IIb3O	7.15	979	68.0	6.3	109.0	17.60	25.50	499	0.06	0.22	3.61	4	72
18	W4IIb4O	19/03/2004	IIb4O	7.05	1034	82.3	2.3	123.0	16.00	27.00	551	0.06	0.22	1.24	28	50
17	W4IIb5O	19/03/2004	IIb5O	6.95	862	61.1	15.1	94.9	14.10	5.44	399	0.18	1.46	0.17	23	62
16	W4IIb8D	19/03/2004	IIb8D	7.40	588	42.9	19.9	52.8	13.30	2.12	258	0.21	0.22	0.10	66	14
15	W4IIb9O	19/03/2004	IIb9O	6.70	514	30.3	5.6	59.0	8.15	7.42	201	0.83	0.22	0.33	44	27
33	W4Va1O	19/03/2004	Va1O	6.90	1034	50.0	3.6	129.0	19.40	27.10	421	0.06	0.22	0.91	70	84
32	W4Va2O	19/03/2004	Va2O	6.65	971	42.6	4.2	129.0	18.30	20.20	349	0.40	0.22	0.10	155	49
31	W4Va3O	19/03/2004	Va3O	6.75	1320	56.2	4.8	192.0	24.40	34.60	770	0.06	0.22	0.10	72	38
30	W4Va4O	19/03/2004	Va4O	6.60	610	24.4	3.2	84.5	10.70	8.17	186	0.06	0.22	0.10	116	26
29	W4Va5O	19/03/2004	Va5O	6.75	609	24.9	3.7	82.8	11.40	10.60	238	0.06	0.22	0.10	84	22
28	W4Va6D	19/03/2004	Va6D	7.25	548	28.7	8.9	70.6	11.00	7.02	224	0.06	0.22	0.35	42	30
27	W4Va7O	19/03/2004	Va7O	7.30	588	14.0	5.7	86.5	13.90	0.41	250	0.12	0.84	0.10	42	29
50	W5Ia1O	18/03/2005	Ia1O	7.05	1180	86.0	0.3	166.0	14.70	23.40	598	0.06	0.22	0.10	30	86
49	W5Ia2O	18/03/2005	Ia2O	6.80	1360	87.7	0.3	184.0	19.40	44.70	676	0.06	0.22	1.23	4	112
48	W5Ia3O	18/03/2005	Ia3O	6.95	1210	73.4	0.4	167.0	20.00	30.30	598	0.06	0.22	3.09	23	99
47	W5Ia4O	18/03/2005	Ia4O	6.90	1710	108.0	1.2	232.0	24.90	33.30	551	0.06	0.22	2.06	155	224
46	W5Ia5O	18/03/2005	Ia5O	7.15	1300	57.3	2.4	188.0	27.60	6.61	618	0.06	0.22	1.67	41	106
44	W5Ia6D	18/03/2005	Ia6D	7.15	1080	50.8	1.6	161.0	17.80	5.38	598	0.15	0.22	3.35	4	55
45	W5Ia7O	18/03/2005	Ia7O	7.25	1040	77.1	0.7	149.0	11.20	3.94	682	0.06	0.22	0.27	17	68
51	W5IIa1O	18/03/2005	IIa1O	7.25	462	4.7	1.2	90.0	7.51	0.28	285	0.67	0.22	0.12	5	9
52	W5IIa2O	18/03/2005	IIa2O	7.40	510	6.7	0.4	107.0	5.39	0.04	302	0.25	0.22	0.10	11	10
53	W5IIa3O	18/03/2005	IIa3O	7.20	534	19.2	0.4	102.0	5.82	0.03	341	0.12	0.22	0.10	13	6
54	W5IIa4O	18/03/2005	IIa4O	6.85	506	7.3	0.3	98.1	6.51	0.02	310	0.06	0.22	0.10	17	4
55	W5IIa5O	18/03/2005	IIa5O	6.90	1143	52.6	1.2	200.0	20.40	0.31	407	0.06	0.22	0.10	141	97
56	W5IIa6D	18/03/2005	IIa6D	7.10	701	18.6	8.6	123.0	11.30	0.04	262	0.52	2.66	0.10	88	41
57	W5IIa7O	18/03/2005	IIa7O	7.40	1332	38.0	1.0	235.0	26.00	0.15	388	0.09	1.82	0.10	271	111
60	W5IIb1O	18/03/2005	IIb1O	7.20	1298	49.1	0.3	219.0	19.90	31.90	726	0.15	0.22	1.58	4	59
61	W5IIb2O	18/03/2005	IIb2O	7.10	1060	67.8	5.1	136.0	19.30	25.20	560	0.21	0.22	3.22	4	71
62	W5IIb3O	18/03/2005	IIb3O	7.25	984	67.8	5.7	121.0	17.70	29.70	501	0.09	0.22	3.74	4	72
63	W5IIb4O	18/03/2005	IIb4O	7.15	977	64.8	1.9	135.0	14.90	29.80	562	0.09	0.22	1.67	8	42
64	W5IIb5O	18/03/2005	IIb5O	7.20	804	55.3	13.6	96.1	13.20	16.10	415	0.06	0.22	2.06	4	52
58	W5IIb8D	18/03/2005	IIb8D	7.55	624	51.0	20.6	58.7	14.00	1.14	299	0.09	0.22	0.17	65	14
59	W5IIb9O	18/03/2005	IIb9O	6.85	524	26.6	4.7	69.8	8.68	10.00	233	0.09	0.22	0.52	40	29
65	W5Va1O	18/03/2005	Va1O	7.05	1030	47.4	3.2	147.0	19.30	31.80	438	0.09	0.58	1.58	65	87
66	W5Va2O	18/03/2005	Va2O	6.80	1038	32.0	3.4	161.0	19.20	28.90	415	0.28	3.28	0.17	124	67

13 Analyseresultaten grondwaterstalen



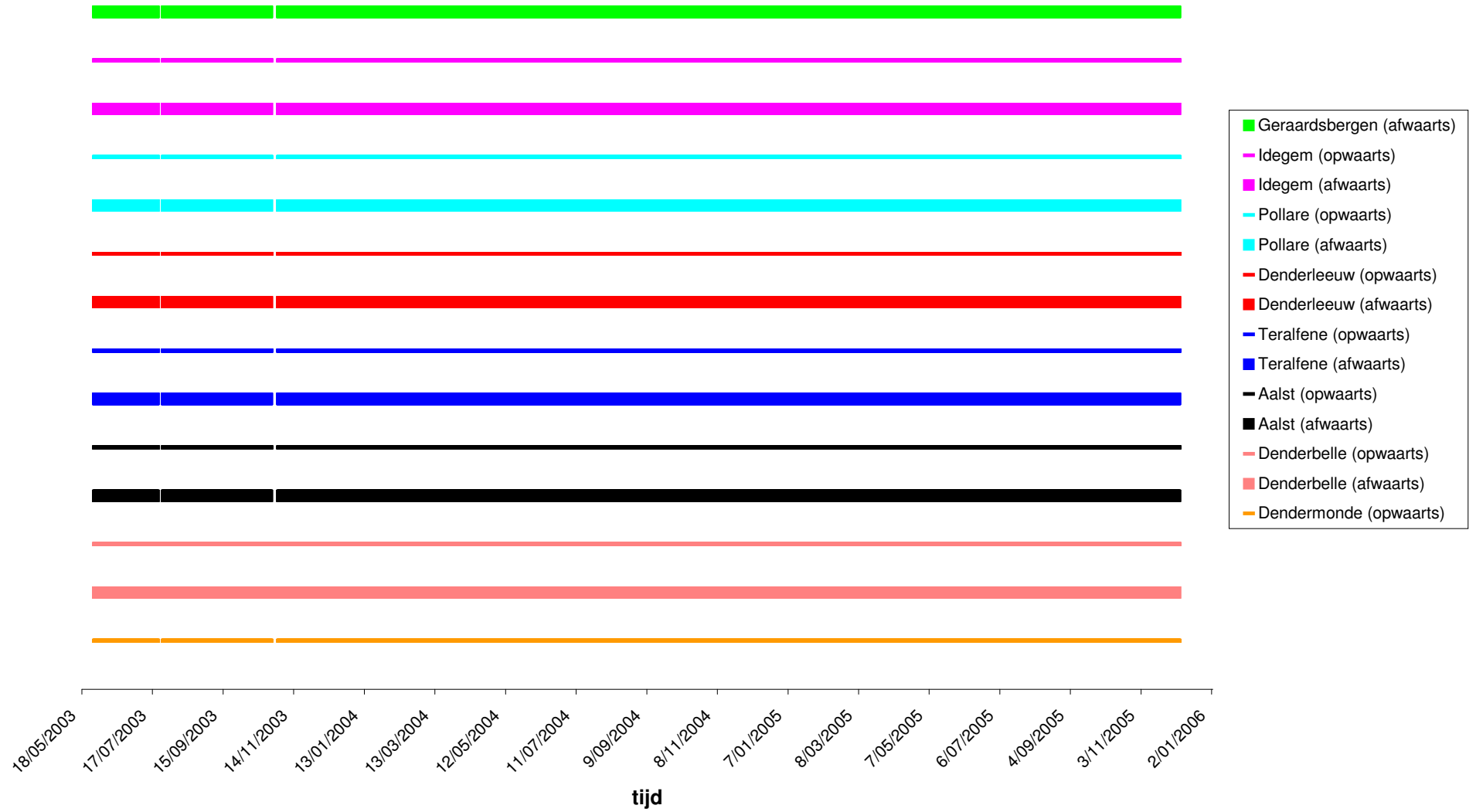
Parameter	Staalnummer	Datum staalnar	Piëzometer	pH	Conductiviteit	Na	K	Ca	Mg	Fe2+	HCO3	PO4	NO3	NH4	SO4	Cl
Unit					uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
67	WSVa3O	18/03/2005	Va3O	6.95	1434	53.3	3.0	229.0	28.70	46.50	784	0.09	0.22	0.36	148	33
68	WSVa4O	18/03/2005	Va4O	6.70	568	19.7	2.9	85.5	9.53	5.34	196	0.28	3.23	0.10	91	22
69	WSVa5O	18/03/2005	Va5O	6.85	608	22.4	3.4	97.6	11.60	9.89	244	0.21	0.22	0.10	83	23
70	WSVa6D	18/03/2005	Va6D	7.25	540	24.2	7.6	77.3	10.40	6.73	227	0.95	0.22	0.93	46	28
71	WSVa7O	18/03/2005	Va7O	7.50	564	15.0	5.3	90.1	13.90	2.31	249	0.31	0.22	0.82	39	27
34	Z4Ia6D	15/06/2004	Ia6D	7.10	1052	53.3	1.3	148.0	17.30	5.35	593	1.38	0.22	3.35	9	52
35	Z4Ia7O	15/06/2004	Ia7O	7.10	1075	84.3	0.3	145.0	10.40	3.14	584	0.12	0.22	0.23	21	56
36	Z4IIa6D	15/06/2004	IIa6D	7.20	1320	39.4	0.5	260.0	19.70	1.55	366	0.15	0.22	0.94	324	77
37	Z4IIa7O	15/06/2004	IIa7O	6.90	1170	33.3	0.5	198.0	23.90	0.03	363	0.09	0.84	0.13	232	86
40	Z4IIIa6D	15/06/2004	IIIa6D	7.45	1150	128.0	12.2	115.0	23.10	3.25	524	0.92	0.22	0.48	173	37
41	Z4IIIa7O	15/06/2004	IIIa7O	6.95	884	16.9	11.2	129.0	26.00	0.52	457	0.31	1.51	0.14	62	34
38	Z4IIb8D	15/06/2004	IIb8D	7.35	608	55.7	21.3	53.2	13.90	1.78	294	0.25	0.22	0.23	67	11
39	Z4IIb9O	15/06/2004	IIb9O	6.70	614	46.6	6.9	65.6	9.10	10.60	246	0.12	0.27	2.32	41	40
43	Z4Va6D	15/06/2004	Va6D	7.15	553	27.8	8.5	71.7	11.00	6.50	227	1.29	0.22	0.95	46	28
42	Z4Va7O	15/06/2004	Va7O	7.05	602	21.2	5.8	86.2	14.30	0.41	277	0.18	2.17	0.10	44	28
72	Z5Ia6D	20/06/2005	Ia6D	7.15	1070	48.5	1.0	159.0	16.80	6.50	601	1.07	0.22	3.35	14	55
73	Z5Ia7O	20/06/2005	Ia7O	7.15	1061	70.0	0.5	151.0	10.20	5.63	607	0.15	0.22	0.30	9	60
74	Z5IIa6D	20/06/2005	IIa6D	7.30	1376	34.4	0.7	262.0	18.90	1.21	391	0.09	0.22	1.07	333	85
75	Z5IIa7O	20/06/2005	IIa7O	7.20	1299	30.9	0.8	226.0	22.90	0.43	379	0.21	0.22	0.12	258	95
76	Z5IIb8D	20/06/2005	IIb8D	7.45	593	45.2	18.2	52.9	12.50	0.75	285	0.15	0.22	0.17	64	13
77	Z5IIb9O	20/06/2005	IIb9O	6.65	528	25.2	4.8	64.6	8.01	7.52	220	0.74	0.22	0.81	34	34
78	Z5Va6D	20/06/2005	Va6D	7.20	538	22.6	6.8	70.8	9.80	5.18	230	1.13	0.22	0.99	41	28
79	Z5Va7O	20/06/2005	Va7O	7.35	570	16.7	5.1	81.3	12.80	2.01	266	0.58	0.31	0.81	33	28

14 FIGUREN ANALYSE WATERPEILMETINGEN

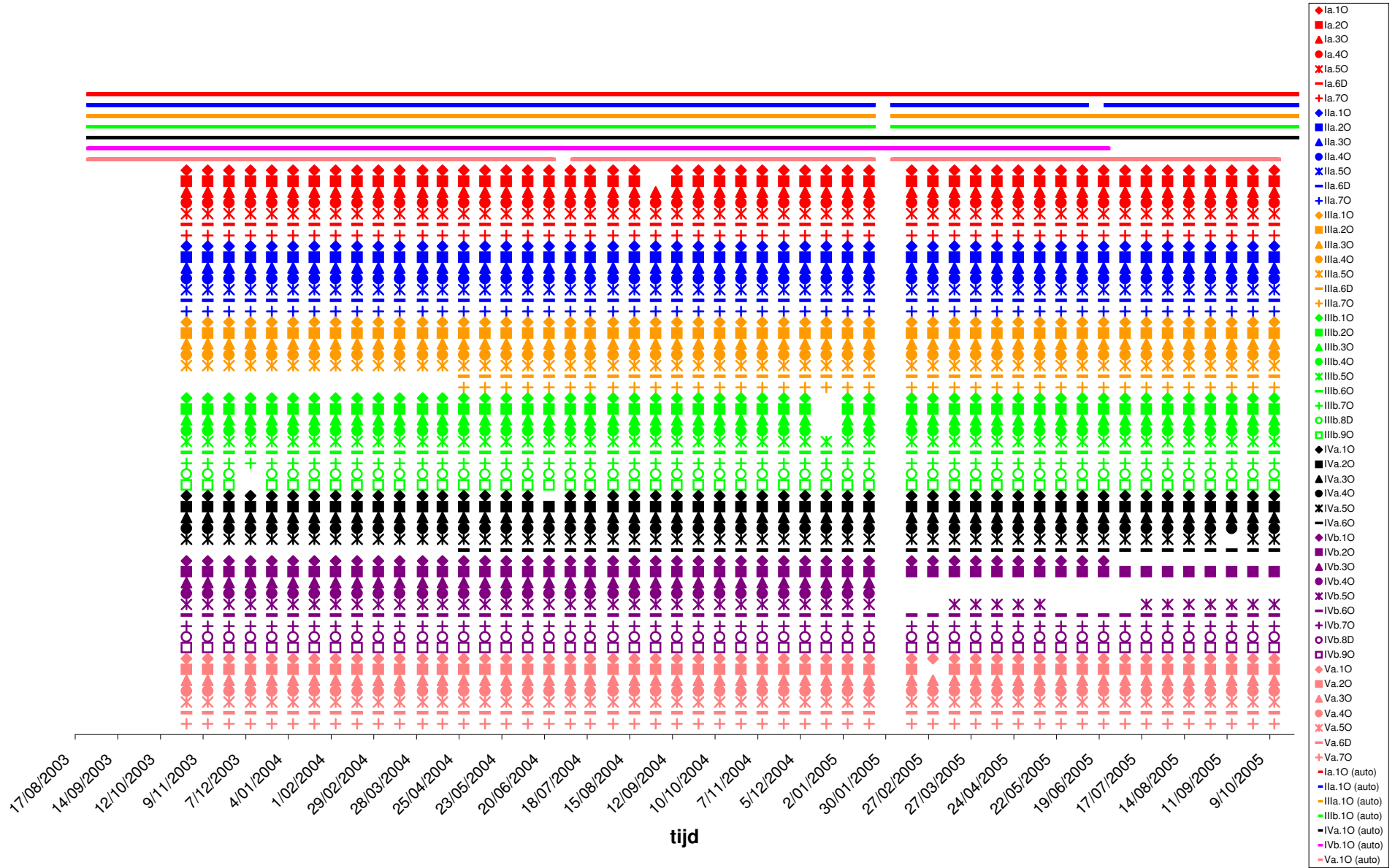
- Figuur 14-1: Beschikbaarheid meetgegevens oppervlaktewaterpeilen
- Figuur 14-2: Beschikbaarheid meetgegevens grondwaterpeilen
- Figuur 14-3: Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (niet-gevalideerd)
- Figuur 14-4: Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (gevalideerd)
- Figuur 14-5: Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (gevalideerd en uitgemiddeld)
- Figuur 14-6: Histogram van de verschillen tussen de waterpeilen afwaarts de stuwsuis te Teralfene en de waterpeilen opwaarts de stuwsuis te Aalst over de beschikbare meetperiode (excl. foutieve waarden)
- Figuur 14-7: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai Ia enerzijds en Dendermonde (opwaarts stuw) en Denderbelle (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)
- Figuur 14-8: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IIa enerzijds en Aalst (opwaarts stuw) en Teralfene (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)
- Figuur 14-9: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IIIa enerzijds en Denderleeuw (opwaarts stuw) en Pollare (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)
- Figuur 14-10: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IIIb enerzijds en Denderleeuw (opwaarts stuw) en Pollare (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)
- Figuur 14-11: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IVa enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)
- Figuur 14-12: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IVb enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)
- Figuur 14-13: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai Va enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)
- Figuur 14-14: Oppervlaktewaterpeilmeeetreeksen afwaarts Teralfene en opwaarts Aalst en de verschaalde meetreeks t.h.v. meetraai IIa
- Figuur 14-15: Grondwaterpeilen - automatische registratie (niet gevalideerd)
- Figuur 14-16: Grondwaterpeilen - automatische registratie (gevalideerd)
- Figuur 14-17: Grondwaterpeilen - automatische registratie (gevalideerd en uitgemiddeld)
- Figuur 14-18: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2003) m.v.v. Normalen en Extremen
- Figuur 14-19: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2004) m.v.v. Normalen en Extremen
- Figuur 14-20: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2005) m.v.v. Normalen en Extremen
- Figuur 14-21: Grondwaterpeilen in meetraai Ia (handmatige metingen)
- Figuur 14-22: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer Ia.10
- Figuur 14-23: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai Ia (dwarsprofiel)
- Figuur 14-24: Stijghoogteverschillen meetraai Ia
- Figuur 14-25: Grondwaterpeilen in meetraai IIa (handmatige metingen)
- Figuur 14-26: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IIa.10
- Figuur 14-27: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIa (dwarsprofiel)
- Figuur 14-28: Stijghoogteverschillen meetraai IIa
- Figuur 14-29: Grondwaterpeilen in meetraai IIIa (handmatige metingen)
- Figuur 14-30: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IIIa.10
- Figuur 14-31: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIIa (dwarsprofiel)
- Figuur 14-32: Stijghoogteverschillen meetraai IIIa
- Figuur 14-33: Grondwaterpeilen in meetraai IIIb (handmatige metingen)

- Figuur 14-34: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IIIb.1O
- Figuur 14-35: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIIb (dwarsprofiel)
- Figuur 14-36: Stijghoogteverschillen meetraai IIIb
- Figuur 14-37: Grondwaterpeilen in meetraai IVa (handmatige metingen)
- Figuur 14-38: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IVa.1O
- Figuur 14-39: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IVa (dwarsprofiel)
- Figuur 14-40: Grondwaterpeilen in meetraai IVb (handmatige metingen)
- Figuur 14-41: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IVb.1O
- Figuur 14-42: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IVb (dwarsprofiel)
- Figuur 14-43: Stijghoogteverschillen meetraai IVb
- Figuur 14-44: Grondwaterpeilen in meetraai Va (handmatige metingen)
- Figuur 14-45: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer Va.1O
- Figuur 14-46: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai Va (dwarsprofiel)
- Figuur 14-47: Stijghoogteverschillen meetraai Va

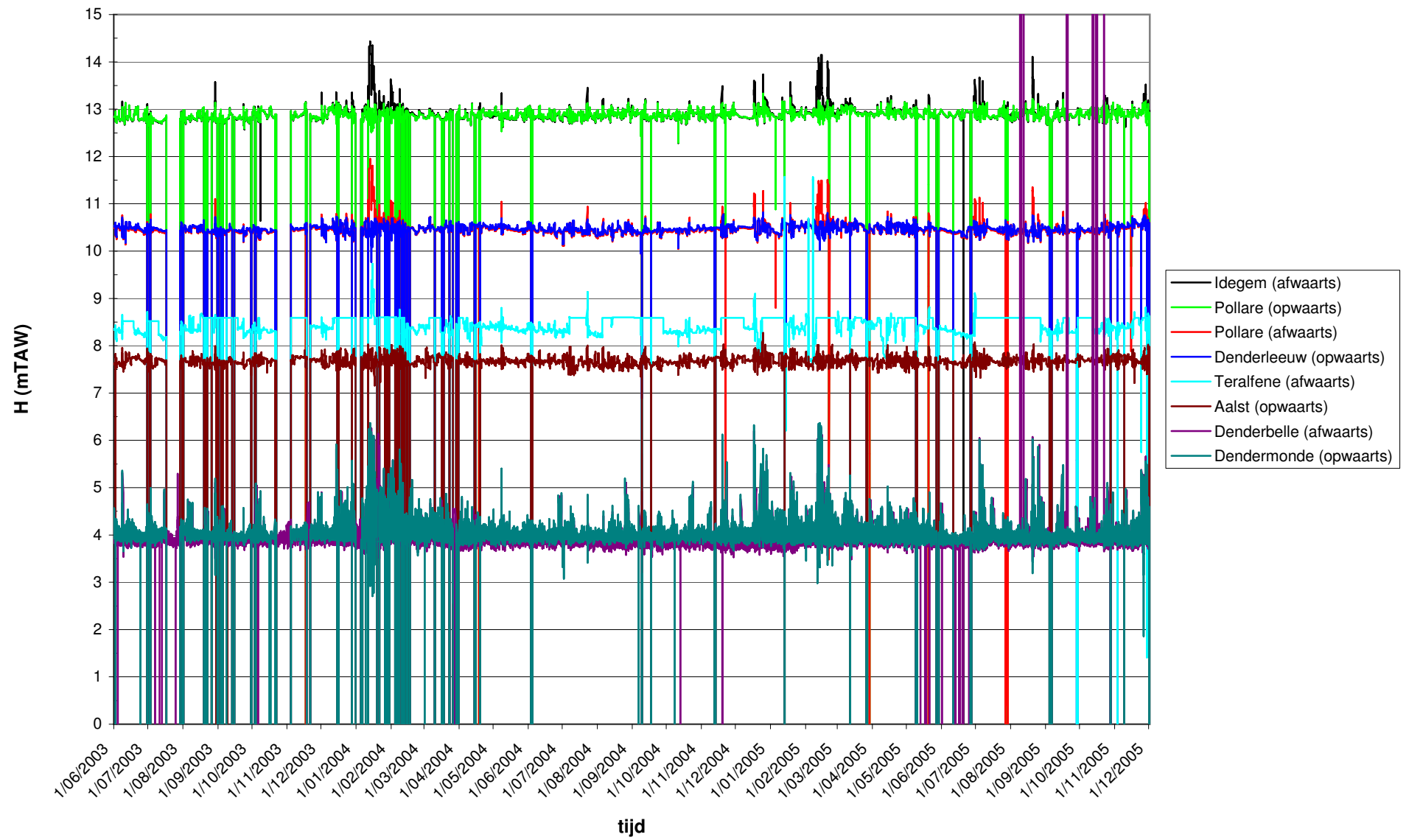
Figuur 14-1: Beschikbaarheid meetgegevens oppervlaktewaterpeilen



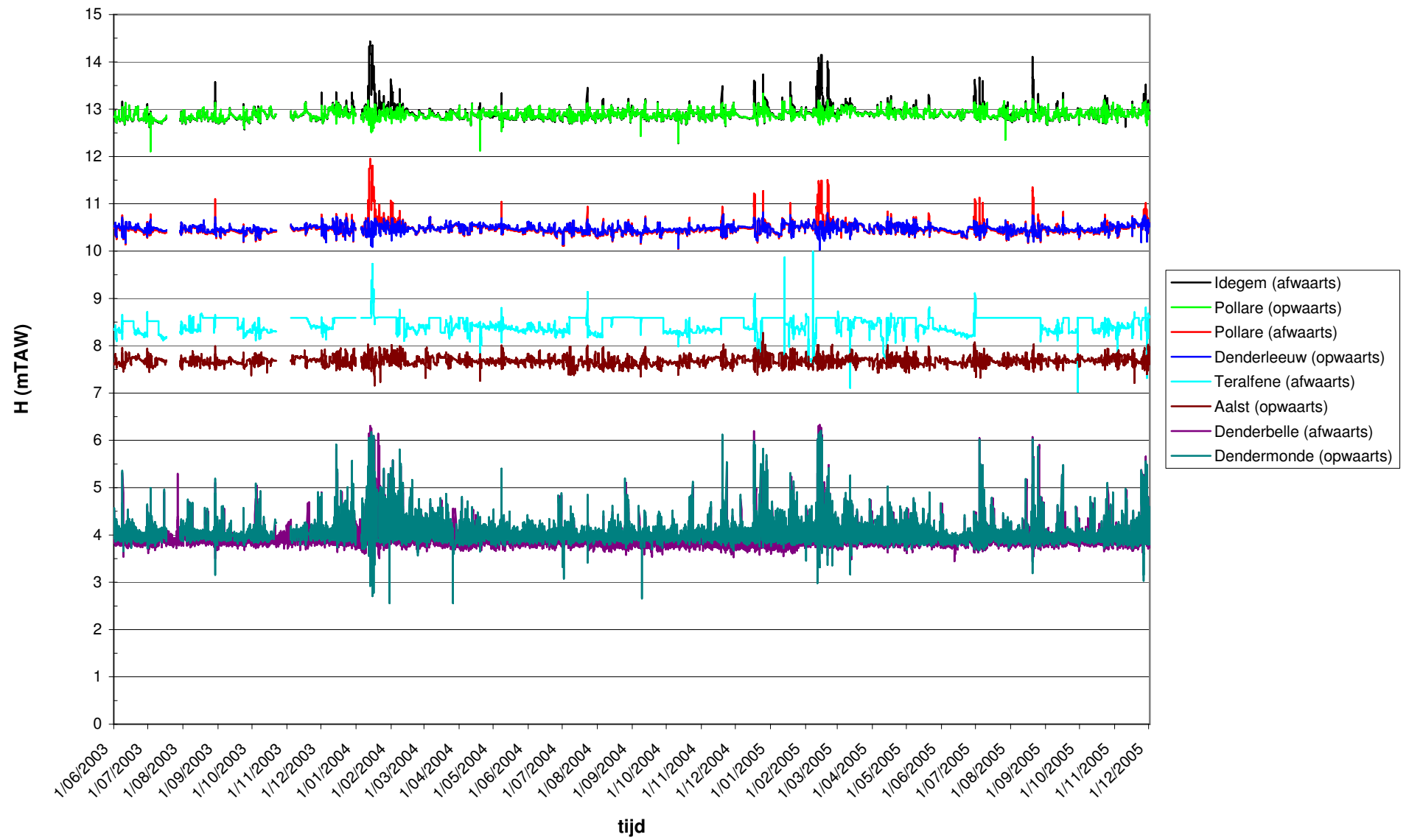
Figuur 14-2: Beschikbaarheid meetgegevens grondwaterpeilen



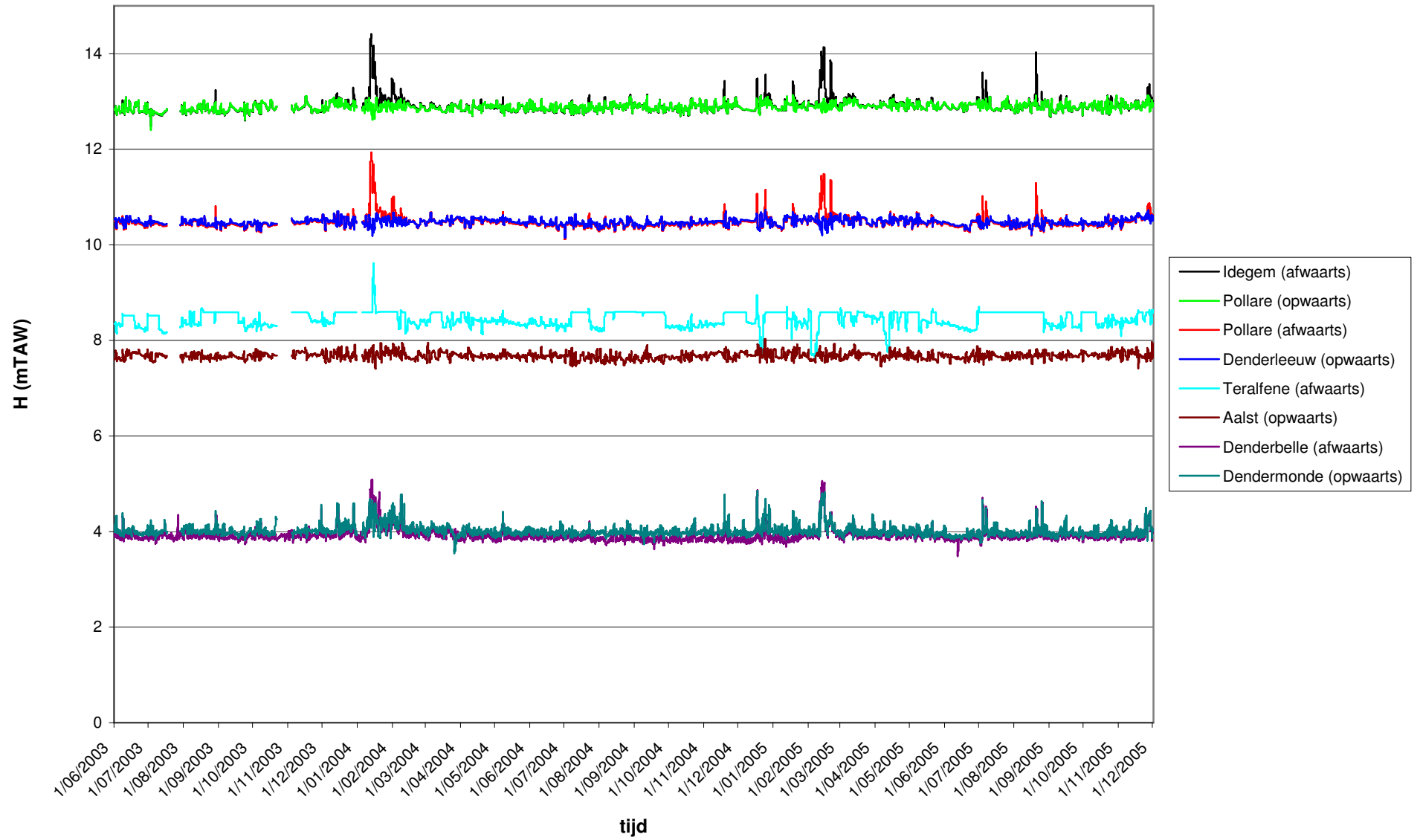
Figuur 14-3: Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (niet-gevalideerd)



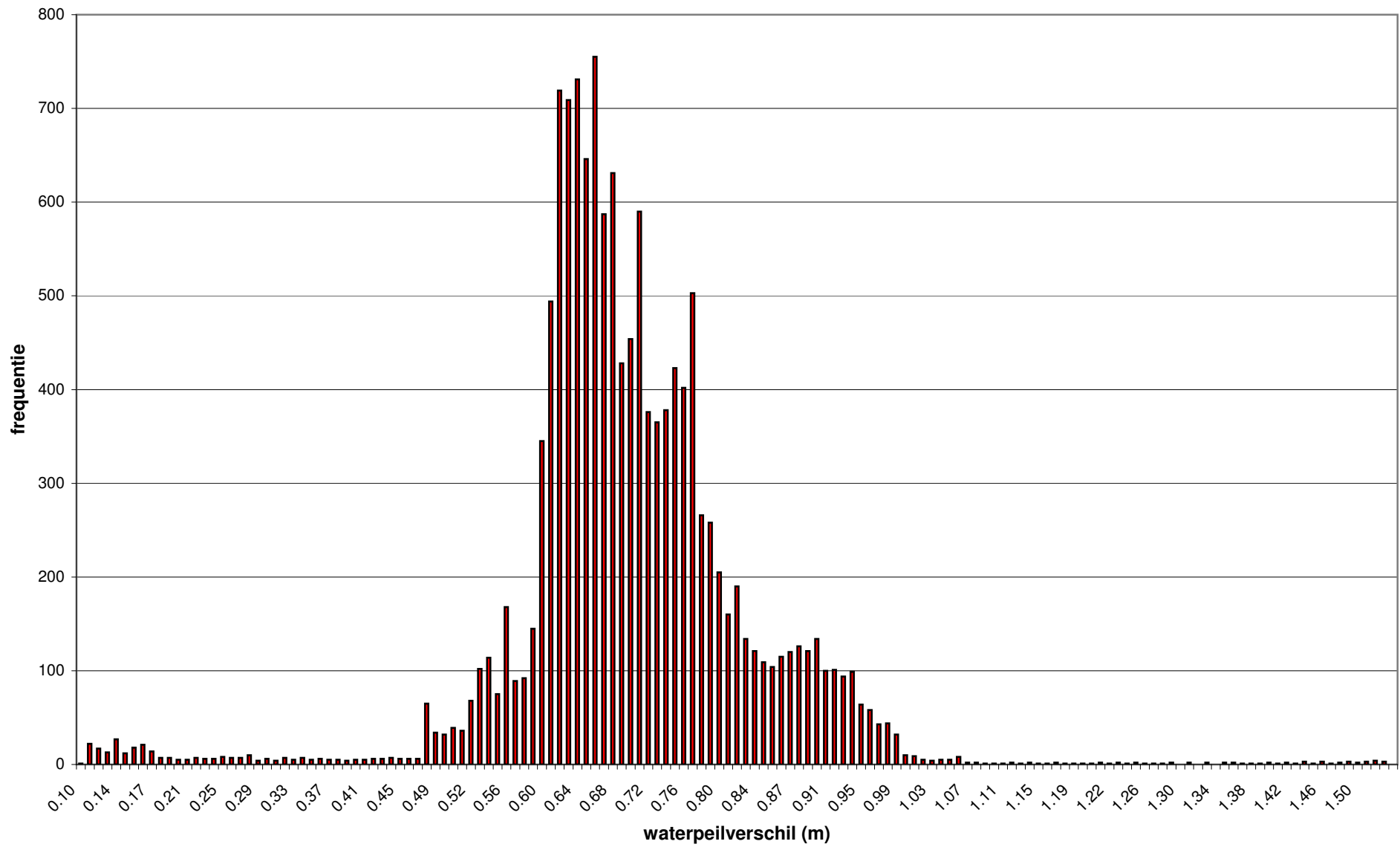
Figuur 14-4: Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (gevalideerd)



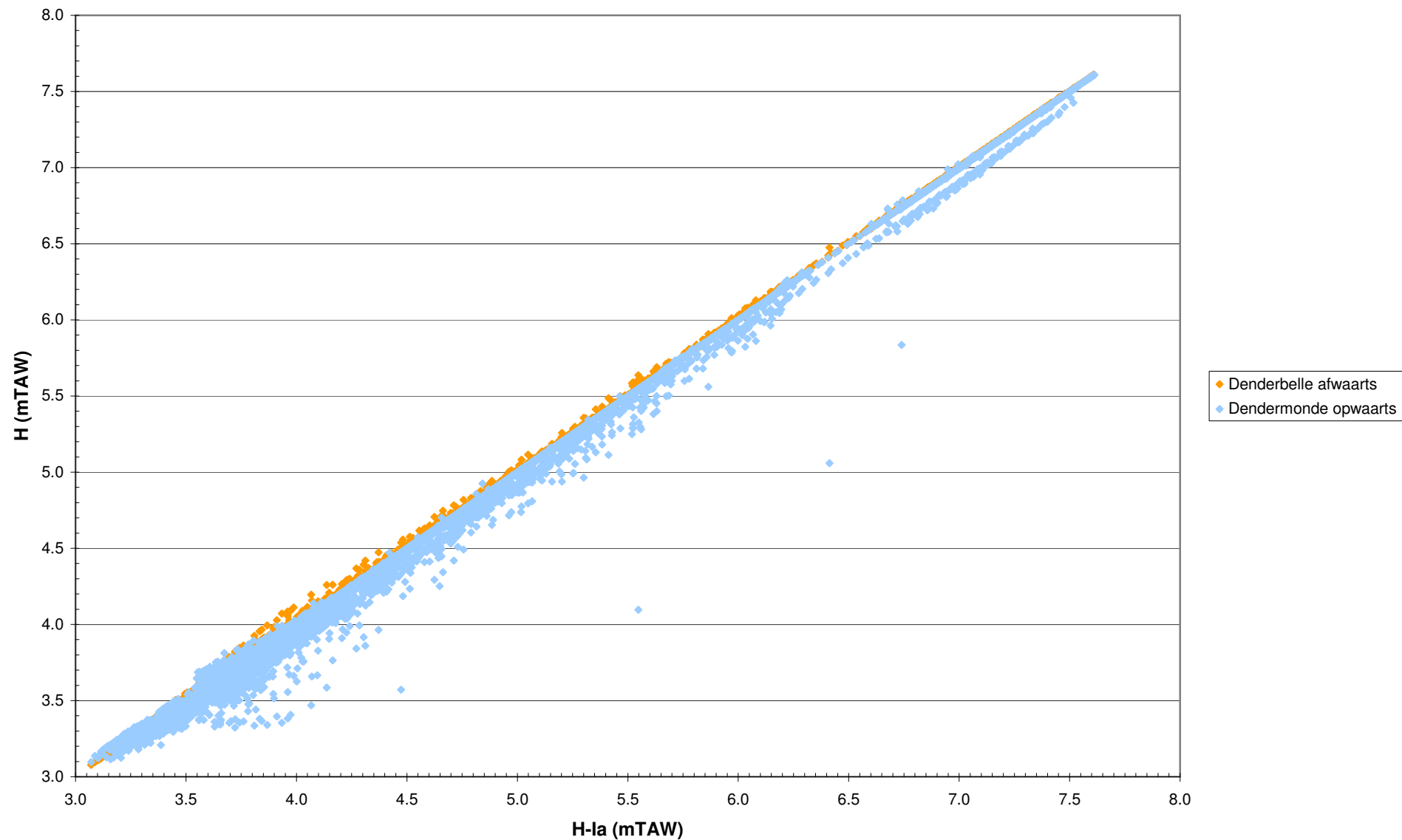
Figuur 14-5: Oppervlaktewaterpeilen in de bemeten panden (gevalideerd en uitgemiddeld)



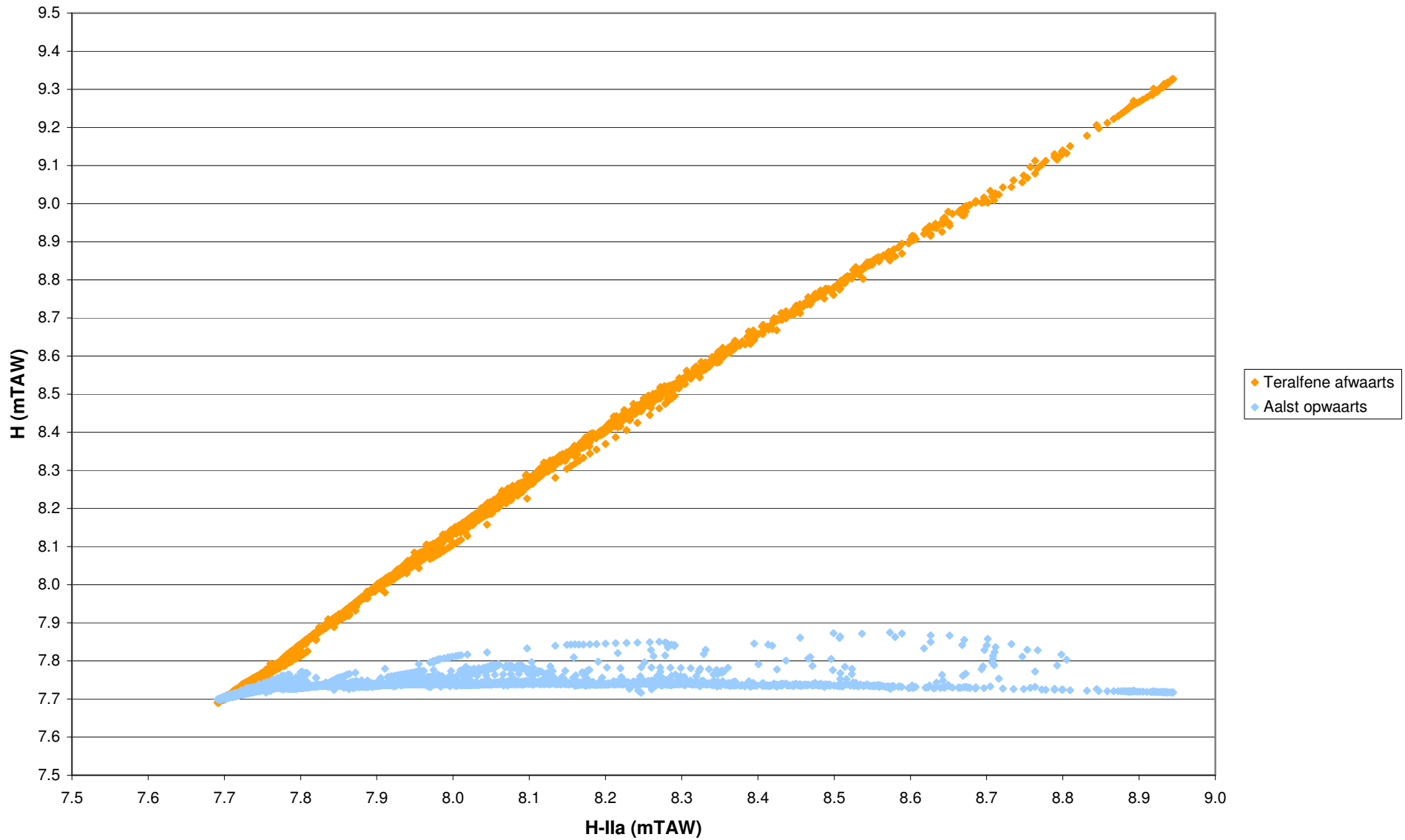
Figuur 14-6: Histogram van de verschillen tussen de waterpeilen afwaarts de stuwsluis te Teralfene en de waterpeilen opwaarts de stuwsluis te Aalst over de beschikbare meetperiode (excl. foutieve waarden)



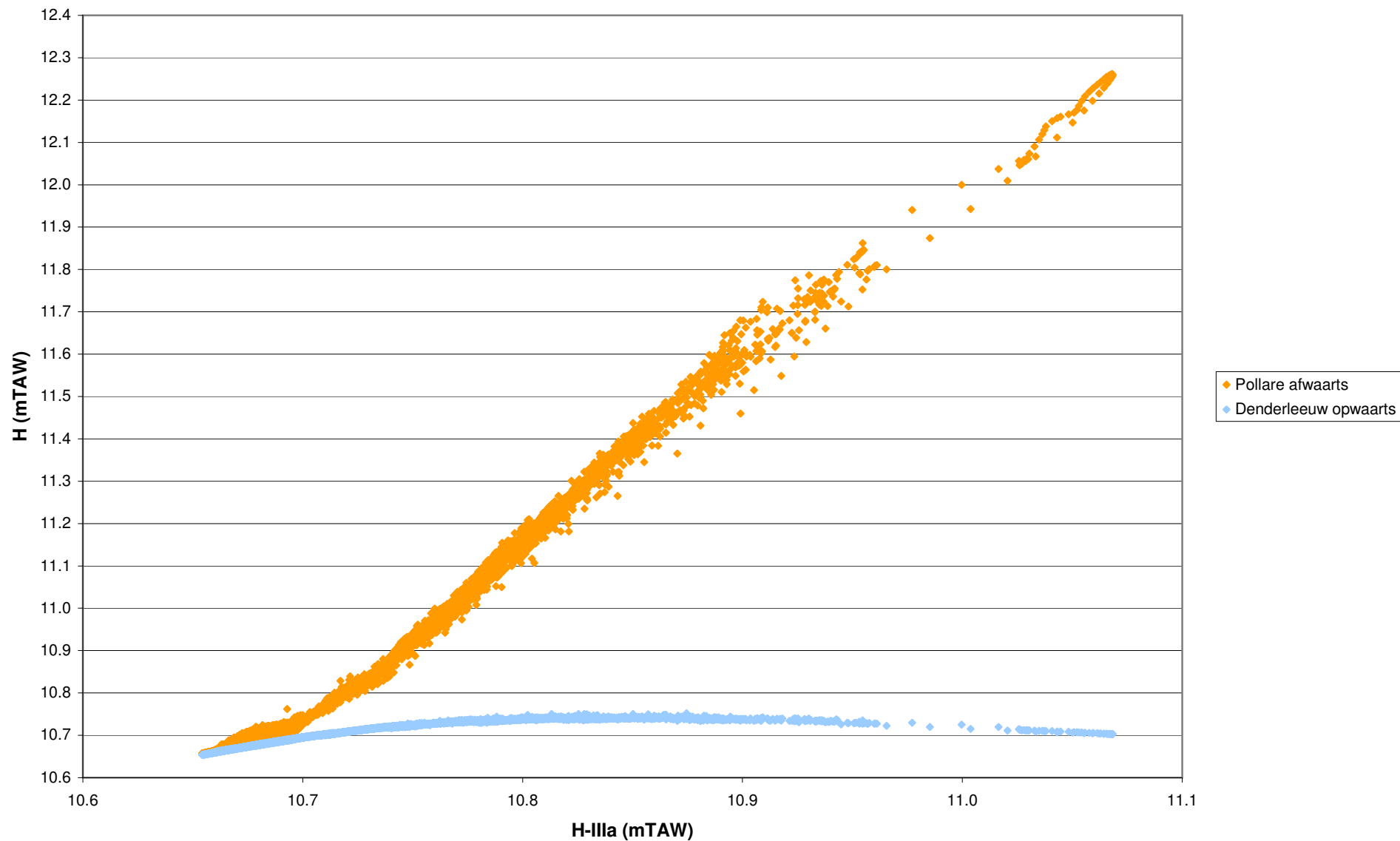
Figuur 14-7: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai la enerzijds en Dendermonde (opwaarts stuw) en Denderbelle (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)



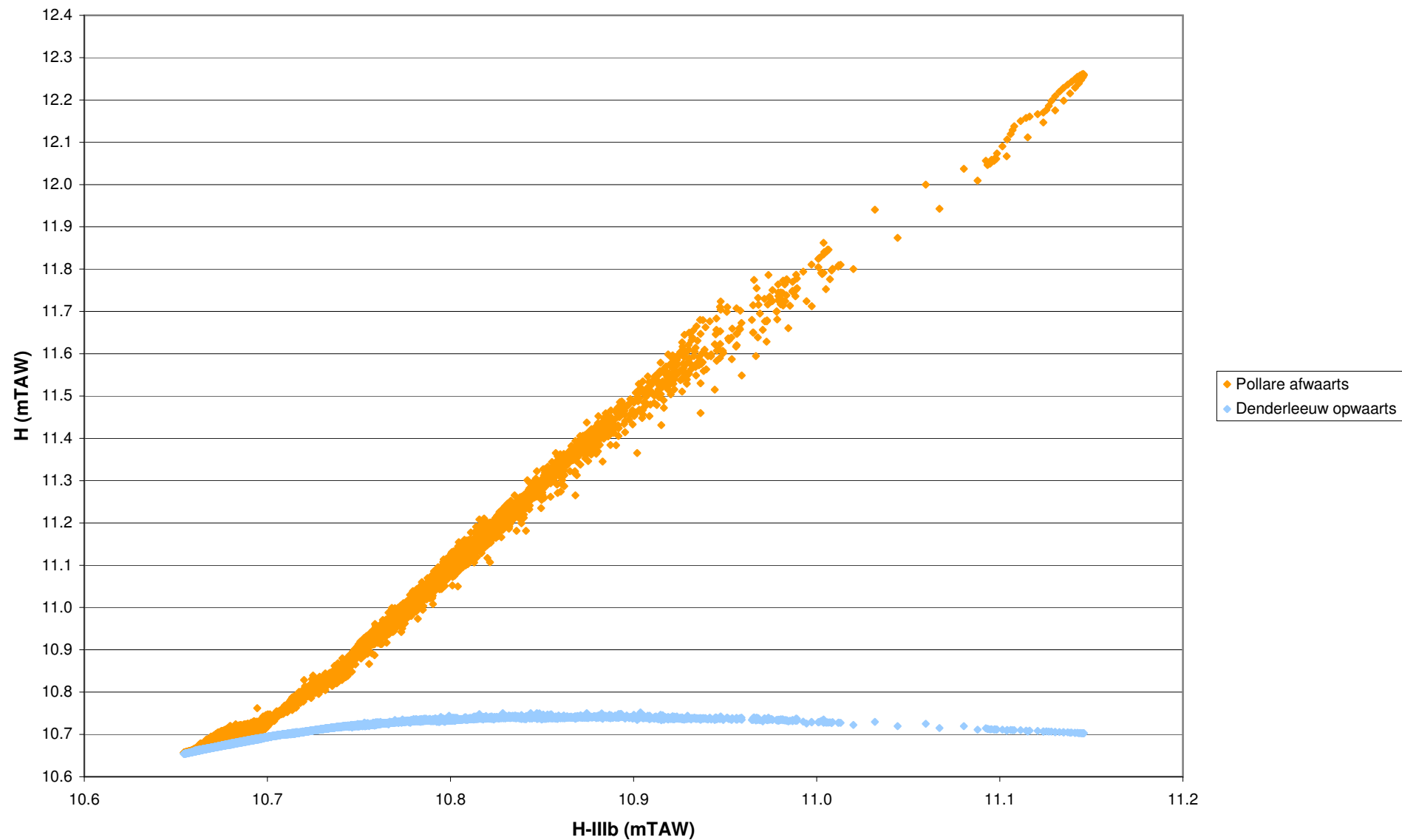
Figuur 14-8: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai Ila enerzijds en Aalst (opwaarts stuw) en Teralfene (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)



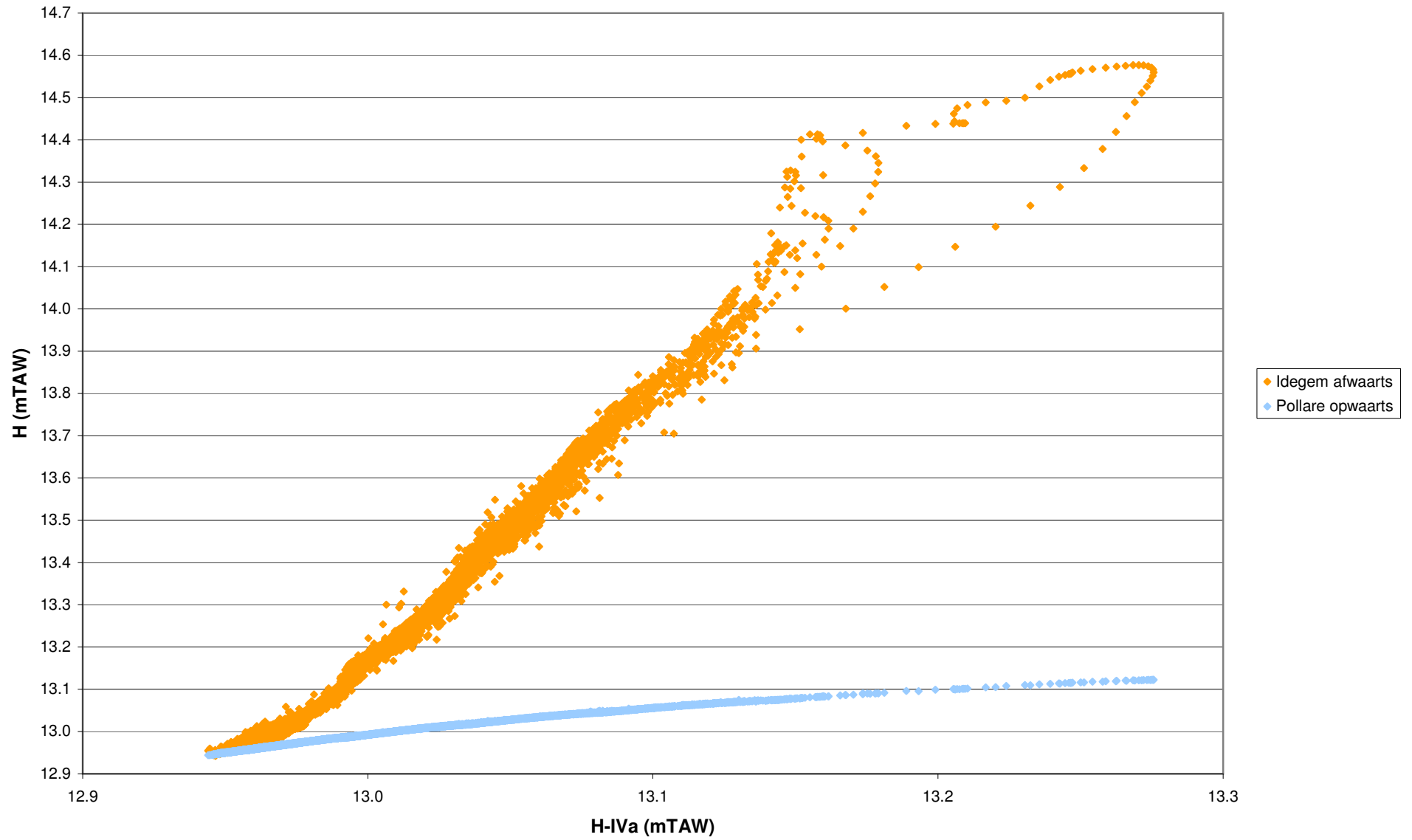
Figuur 14-9: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IIIa enerzijds en Denderleeuw (opwaarts stuw) en Pollare (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)



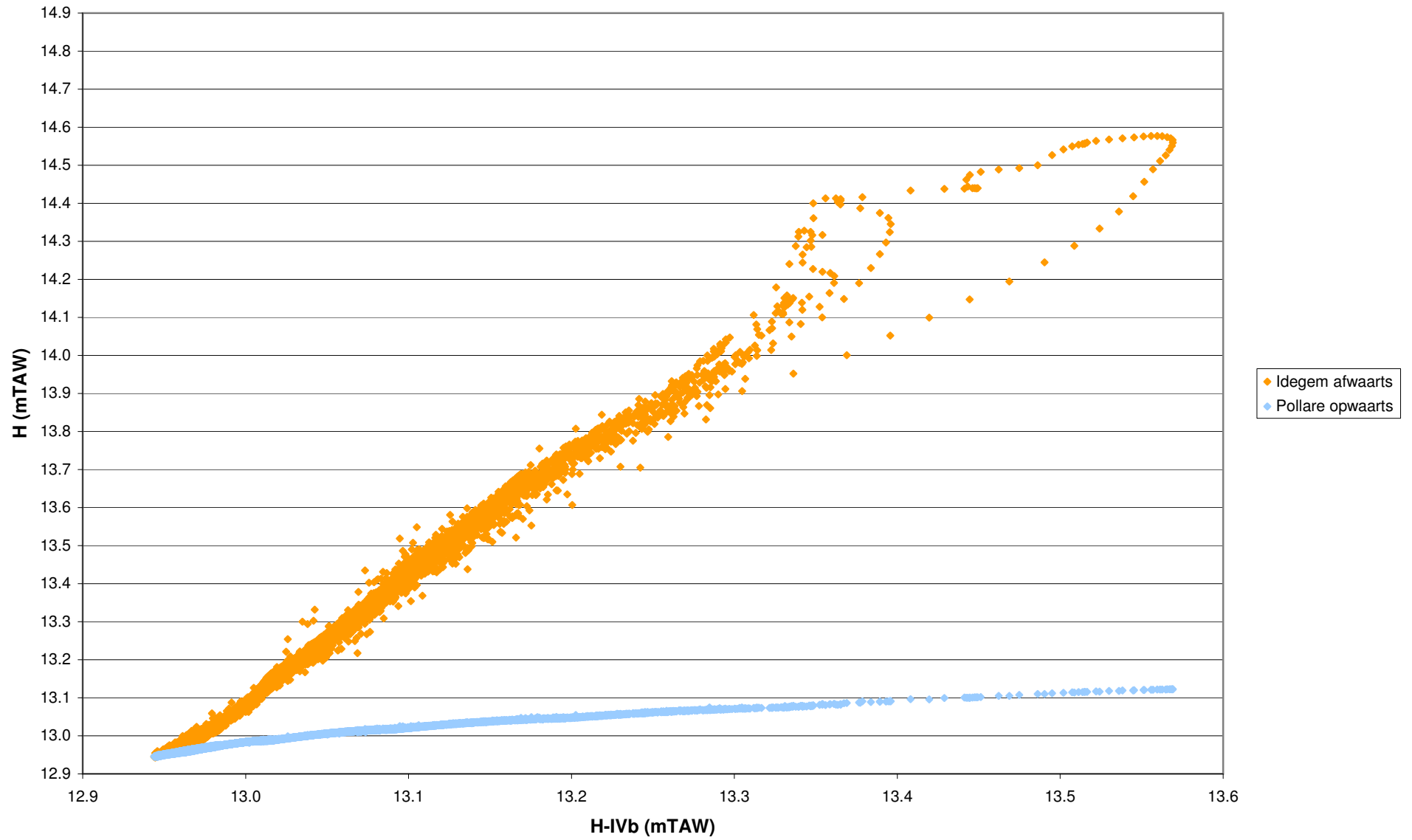
Figuur 14-10: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IIIb enerzijds en Denderleeuw (opwaarts stuw) en Pollare (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)



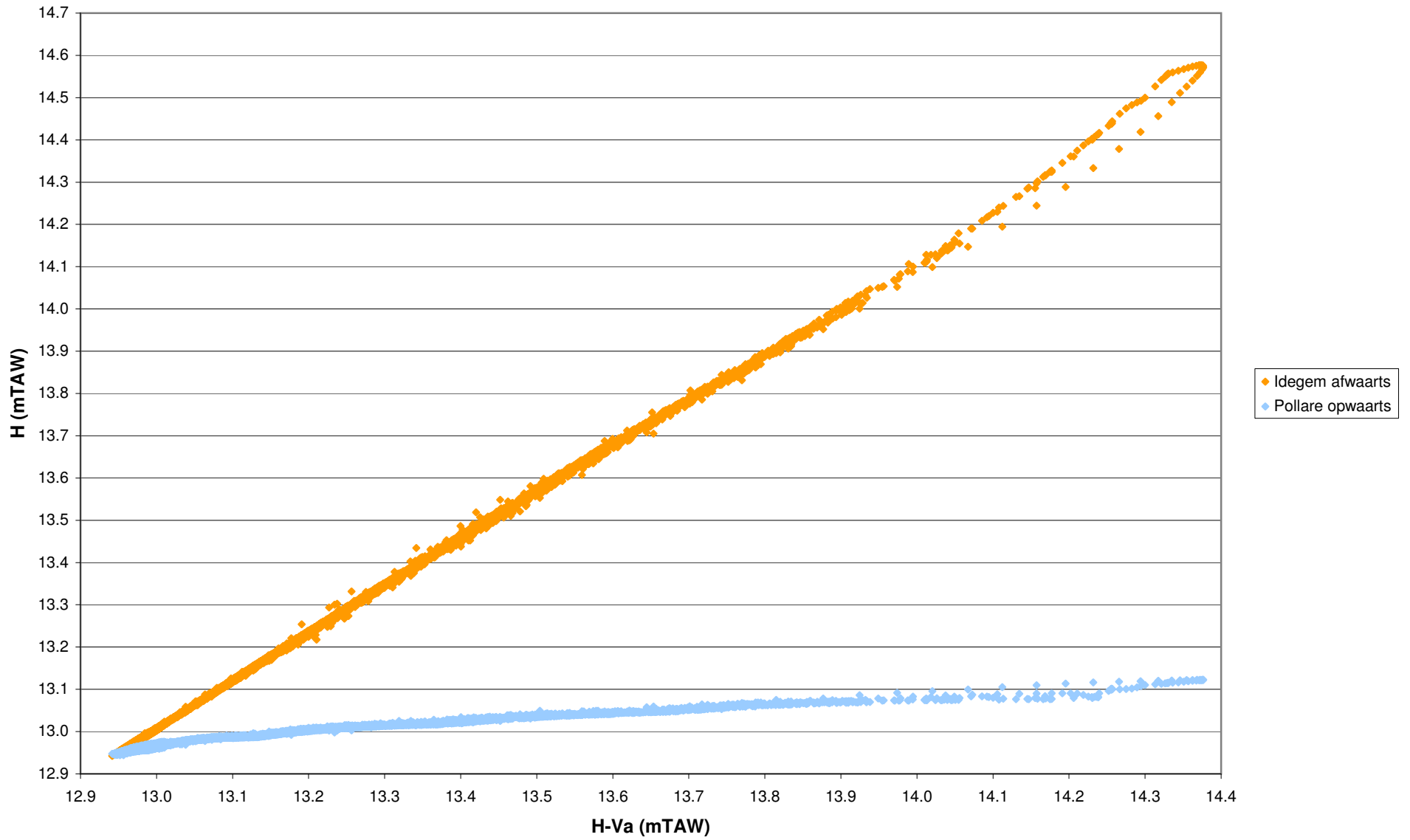
Figuur 14-11: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IVa enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)



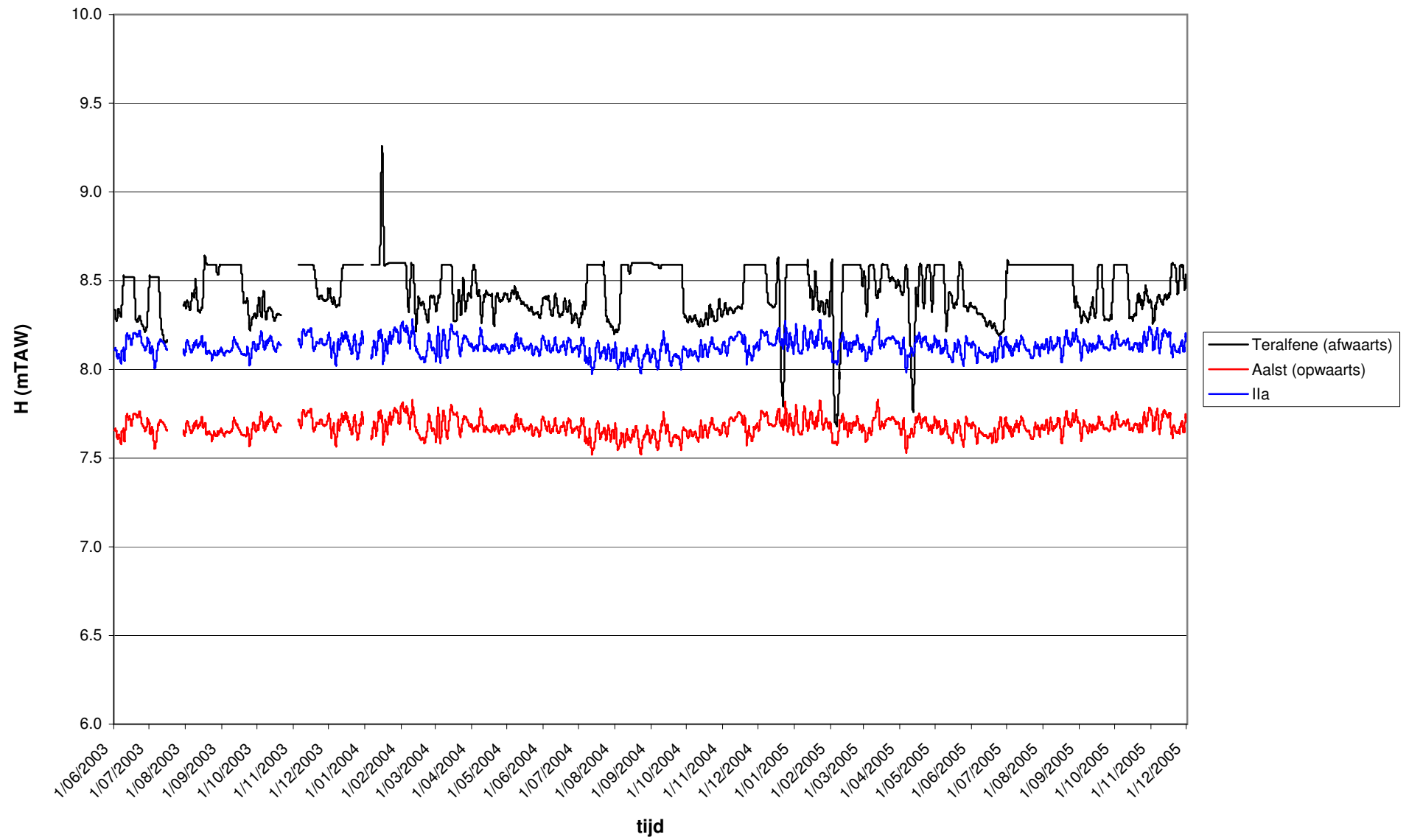
Figuur 14-12: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai IVb enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)



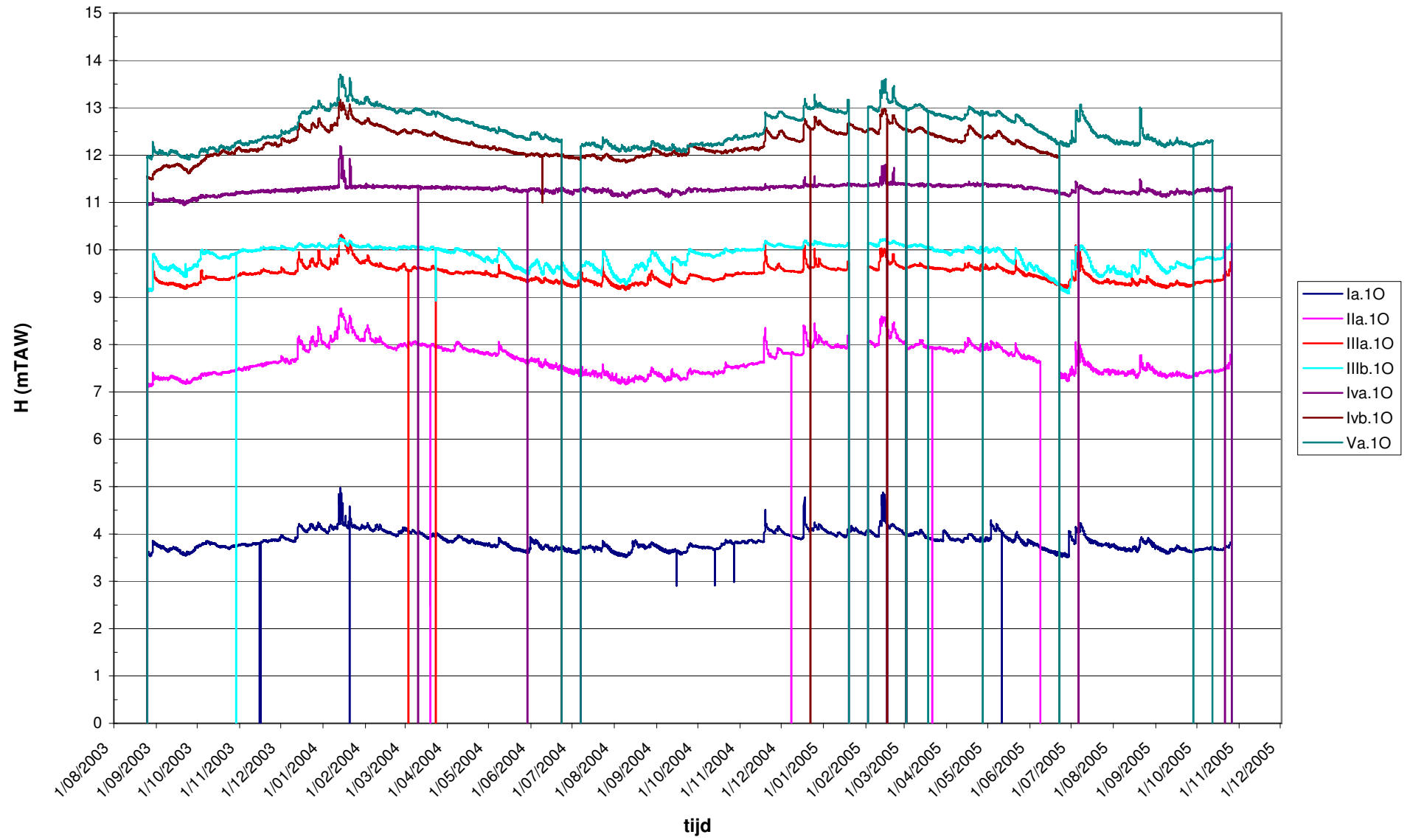
Figuur 14-13: Correlatie van gesimuleerde waterpeilen t.h.v. meetraai Va enerzijds en Pollare (opwaarts stuw) en Idegem (afwaarts stuw) anderzijds over twee jaren (sept. 1999 - sept. 2001)



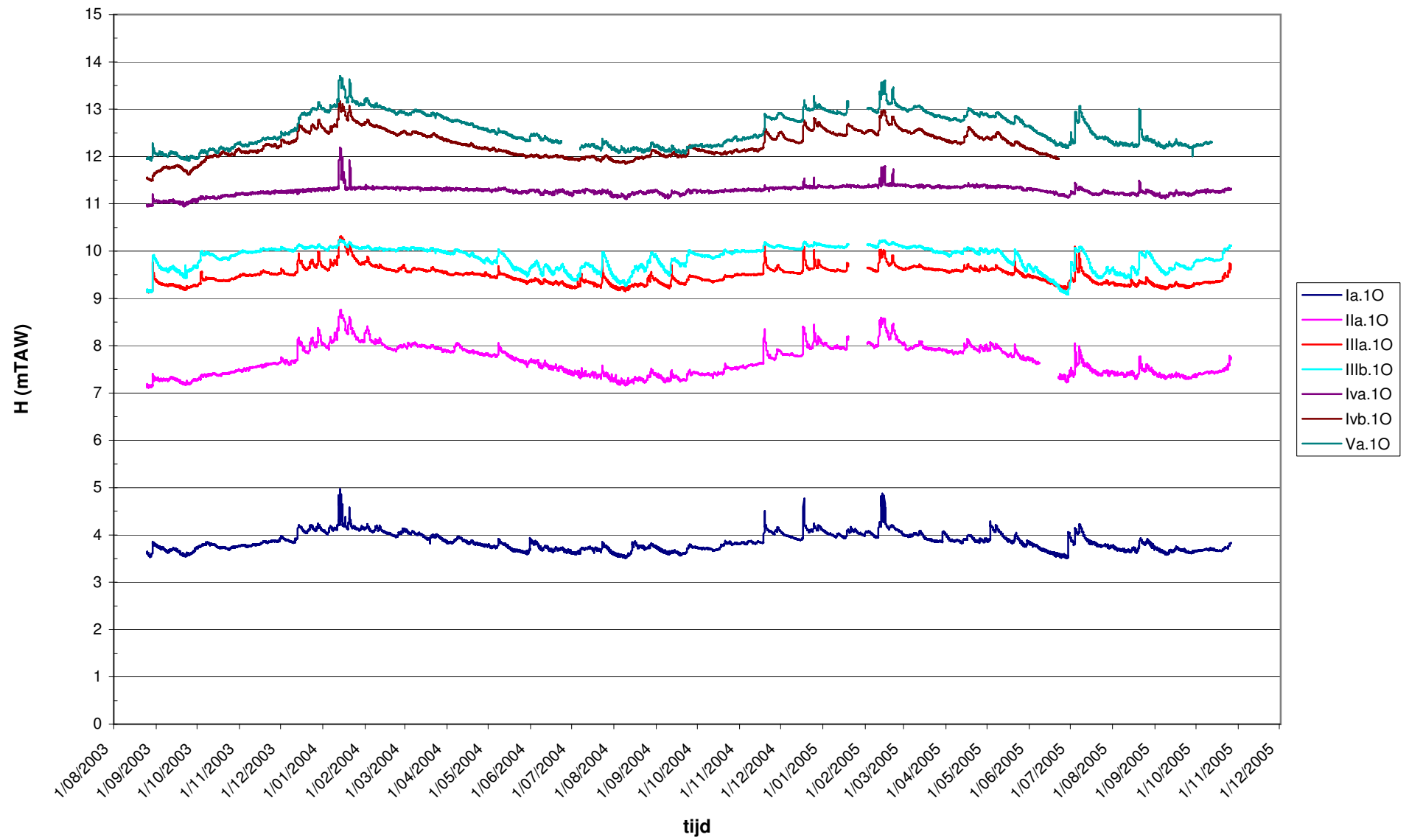
Figuur 14-14: Oppervlaktewaterpeilmeetreeksen afwaarts Terafene en opwaarts Aalst en de verschaalde meetreeks t.h.v. meetraai Ila



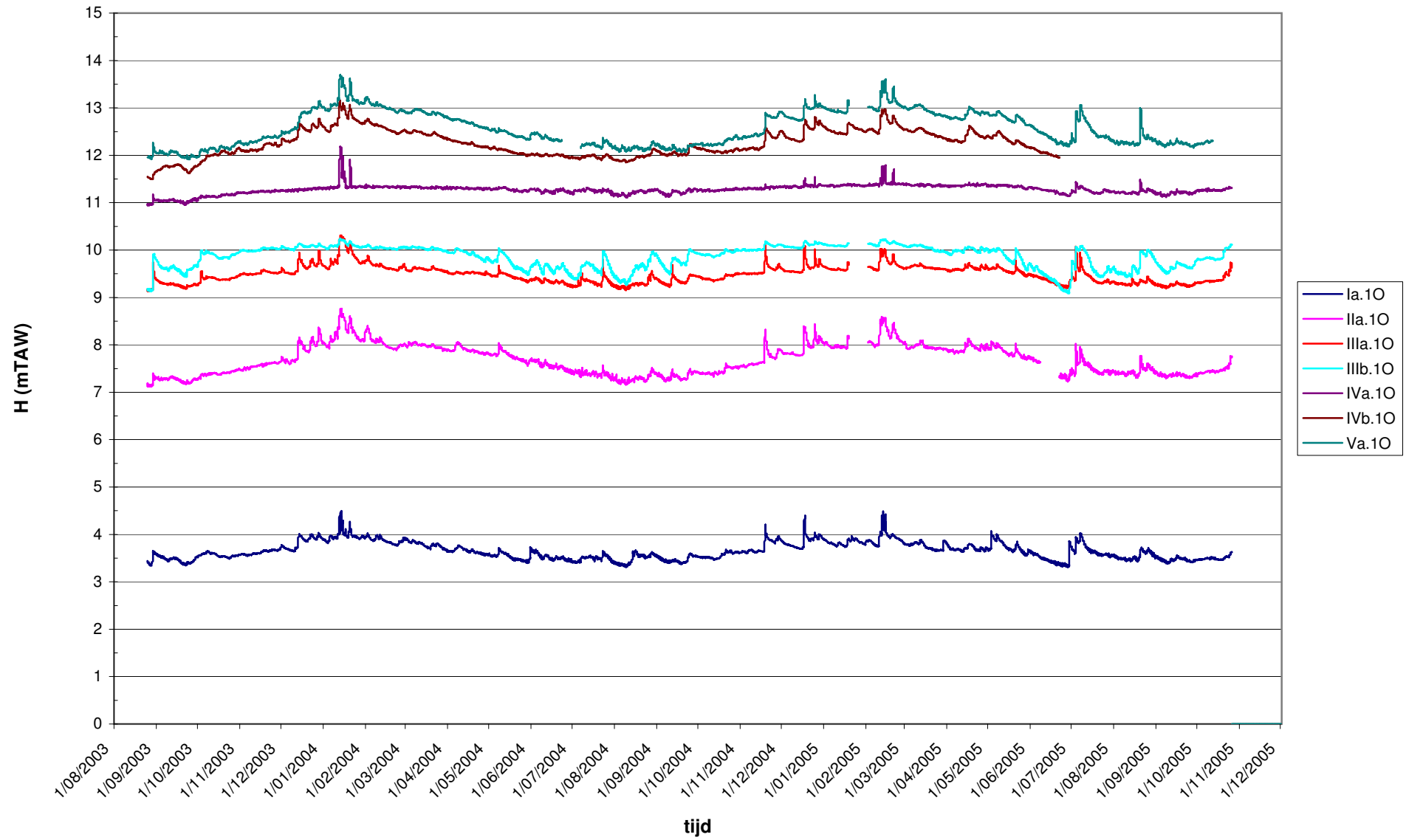
Figuur 14-15: Grondwaterpeilen - automatische registratie (niet gevalideerd)



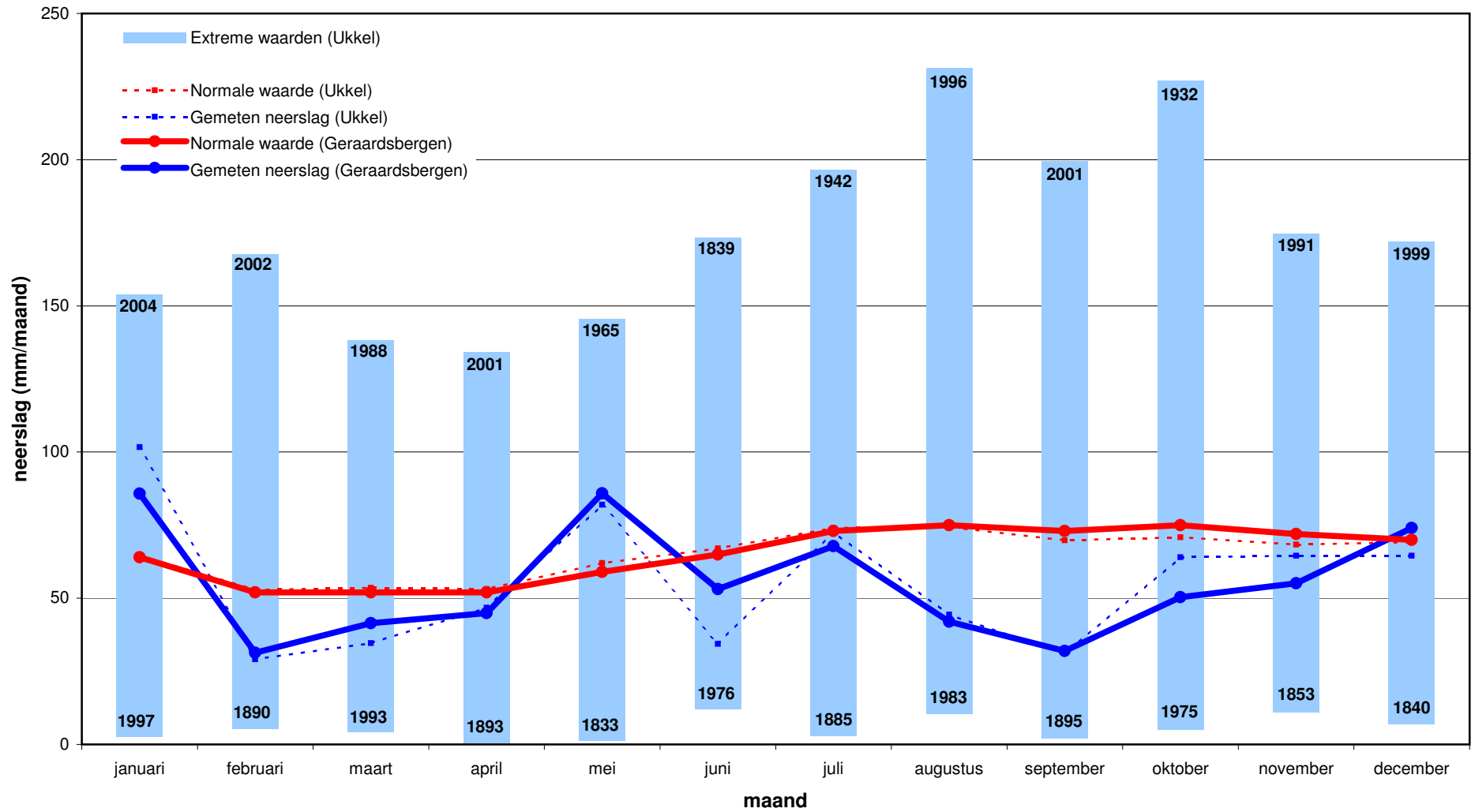
Figuur 14-16: Grondwaterpeilen - automatische registratie (gevalideerd)



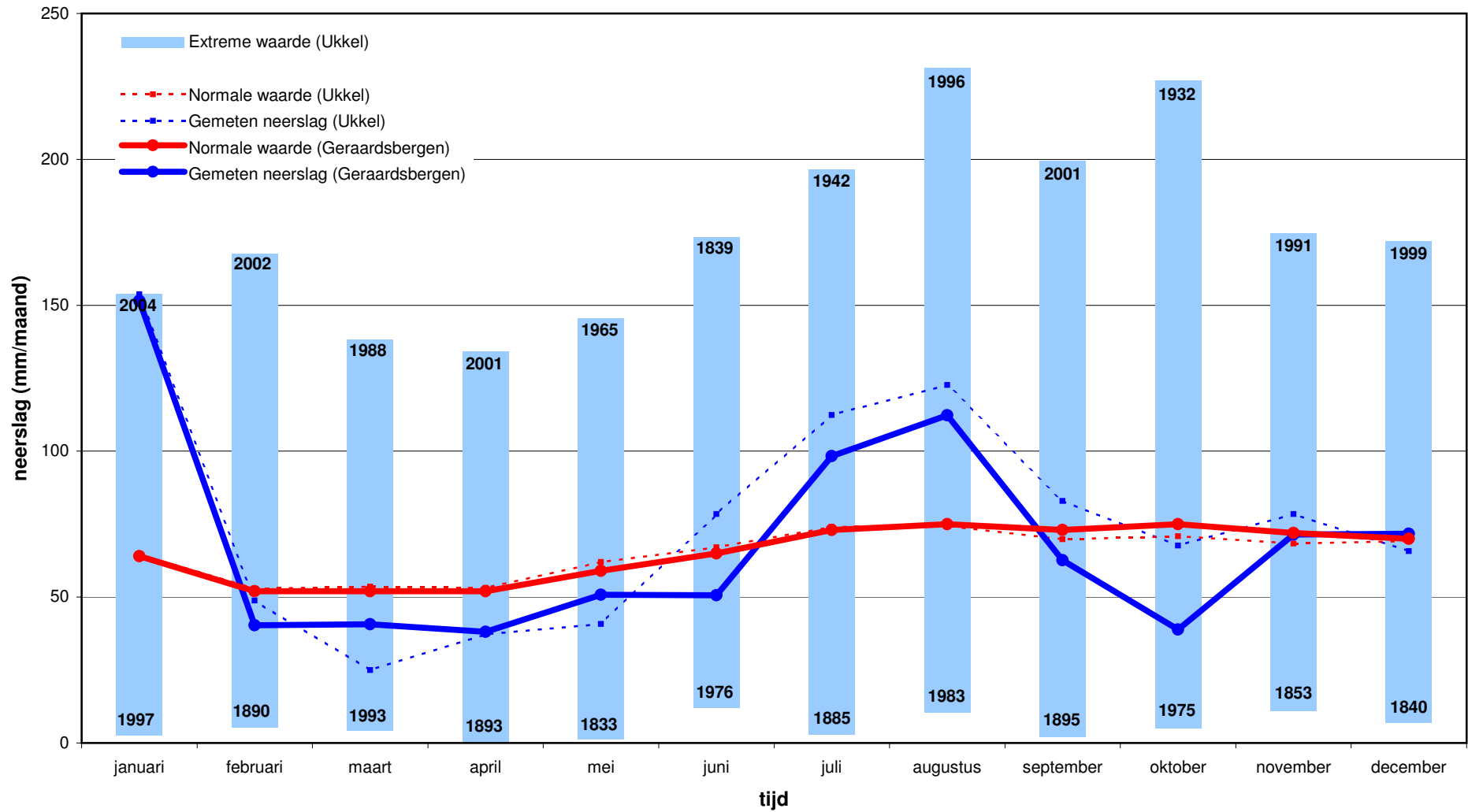
Figuur 14-17: Grondwaterpeilen - automatische registratie (gevalideerd en uitgemiddeld)



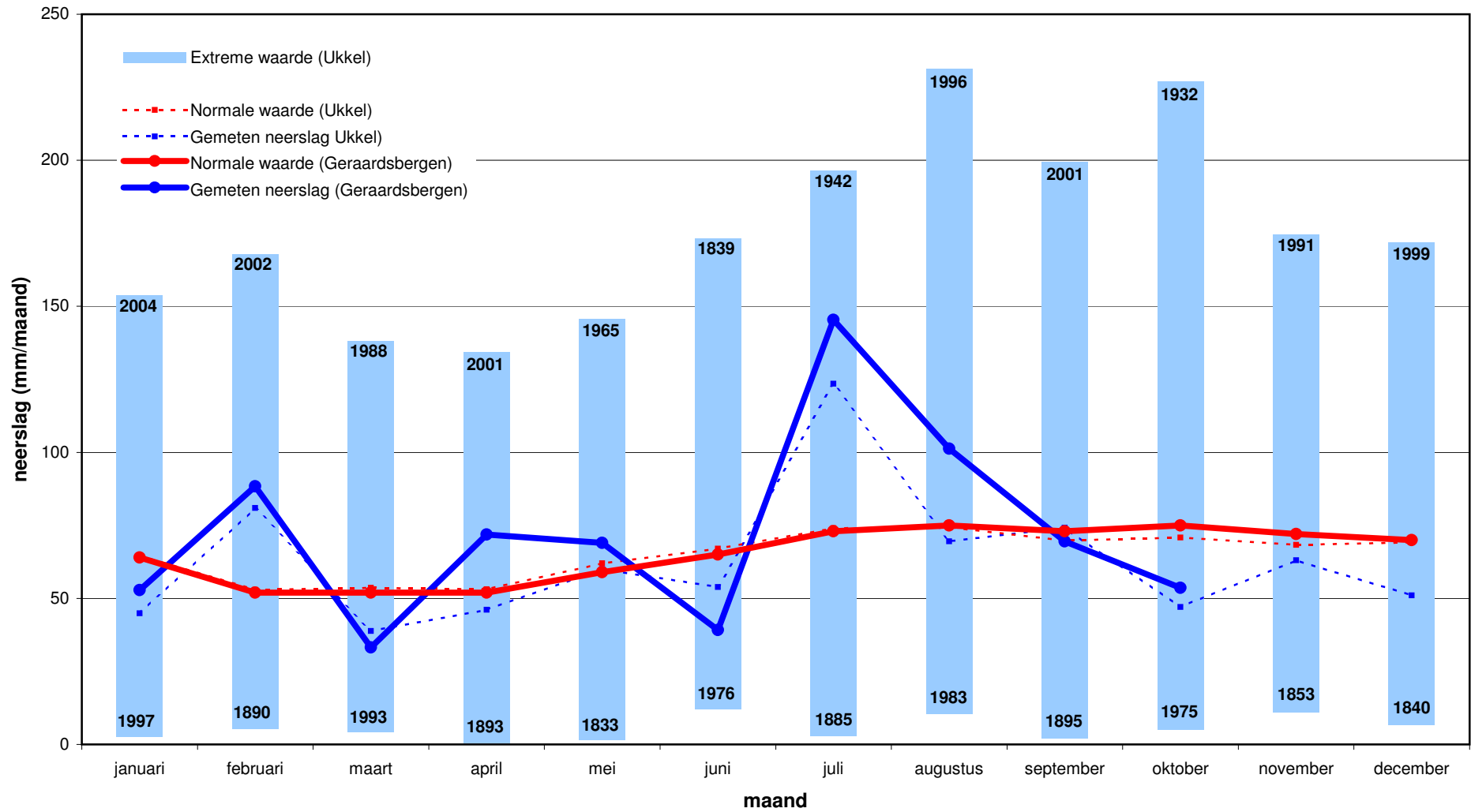
Figuur 14-18: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2003) m.v.v. Normalen en Extremen



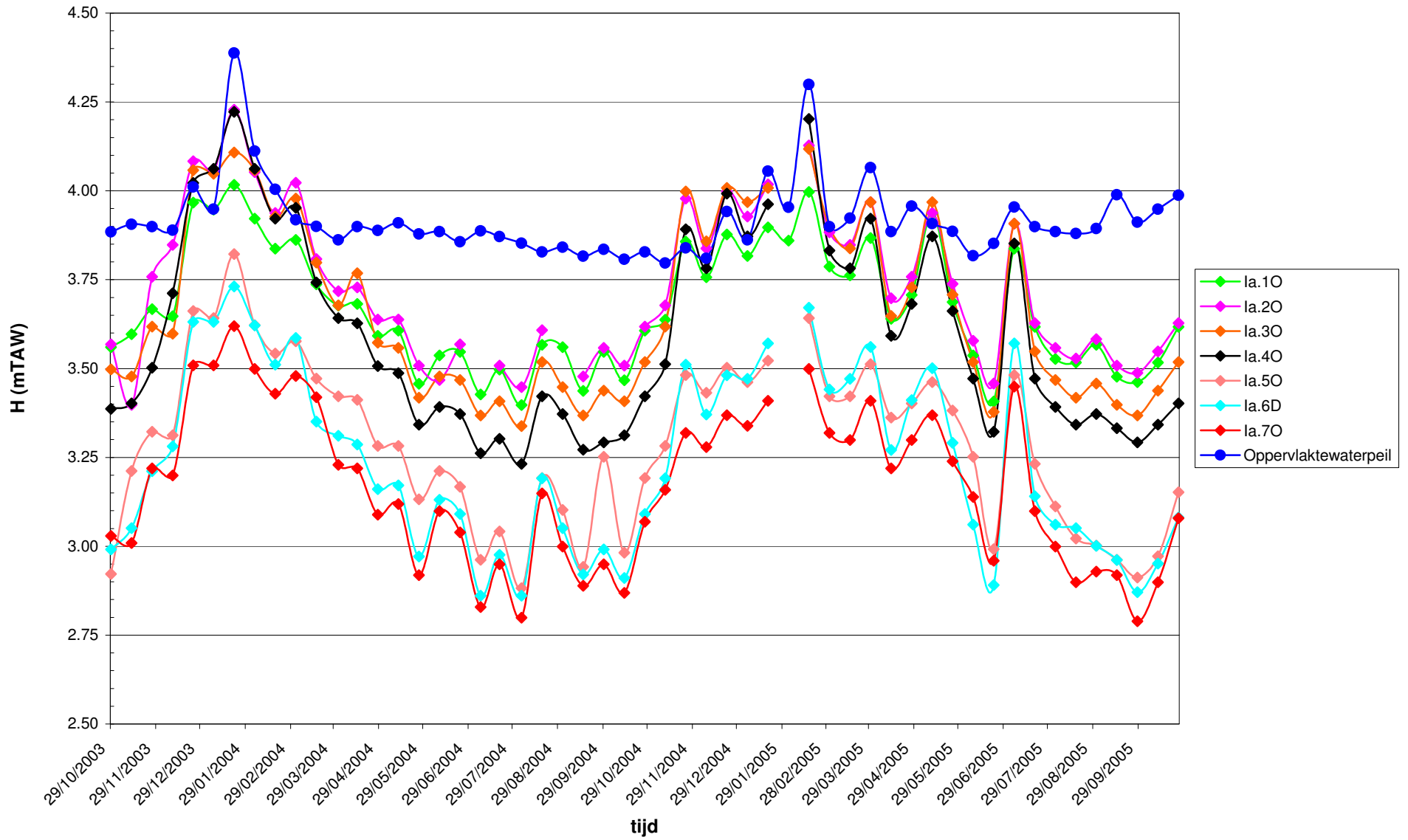
Figuur 14-19: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2004) m.v.v. Normalen en Extremen



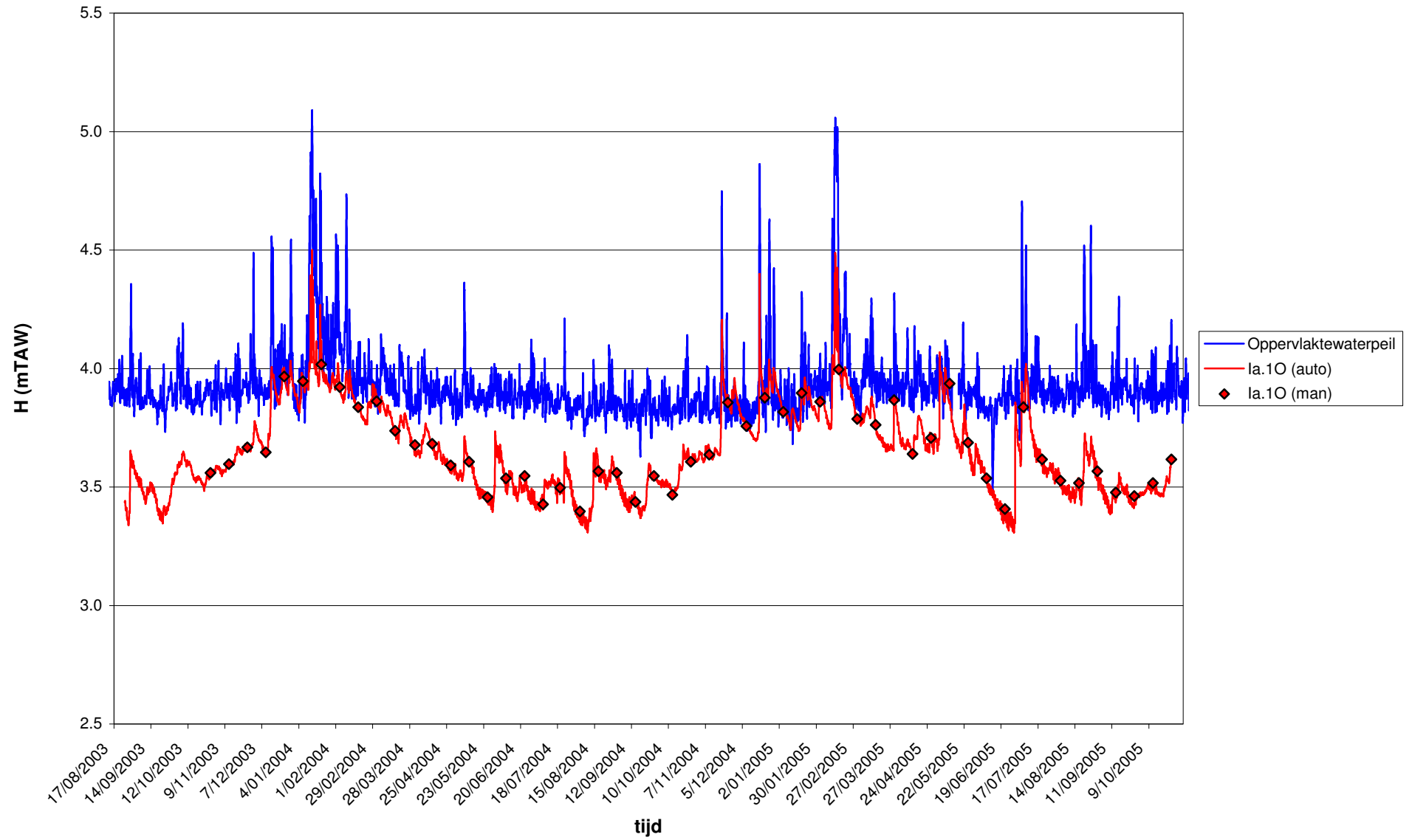
Figuur 14-20: Neerslag te Ukkel en Geraardsbergen (2005) m.v.v. Normalen en Extremen



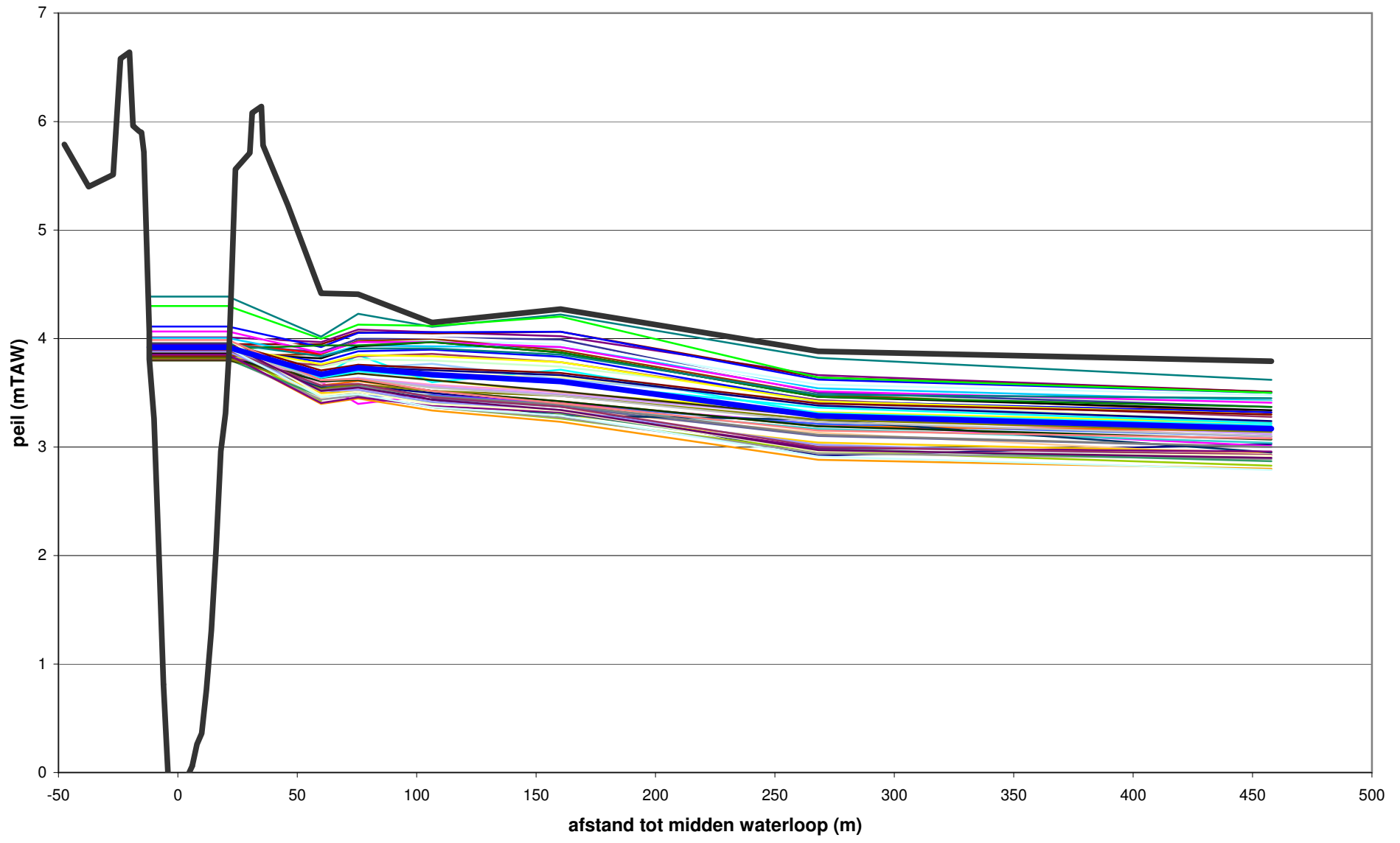
Figuur 14-21: Grondwaterpeilen in meetraai Ia (handmatige metingen)



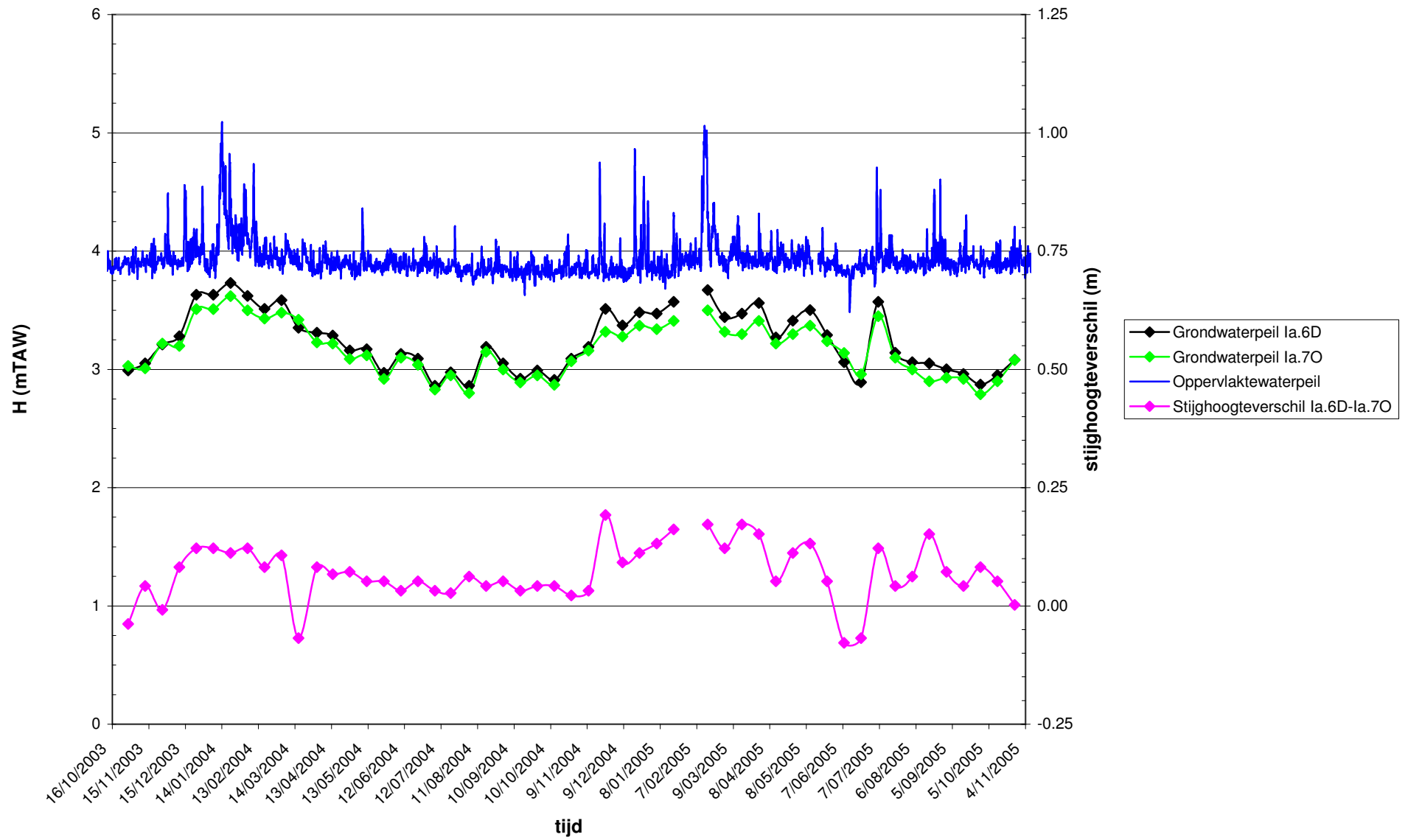
Figuur 14-22: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer la.10



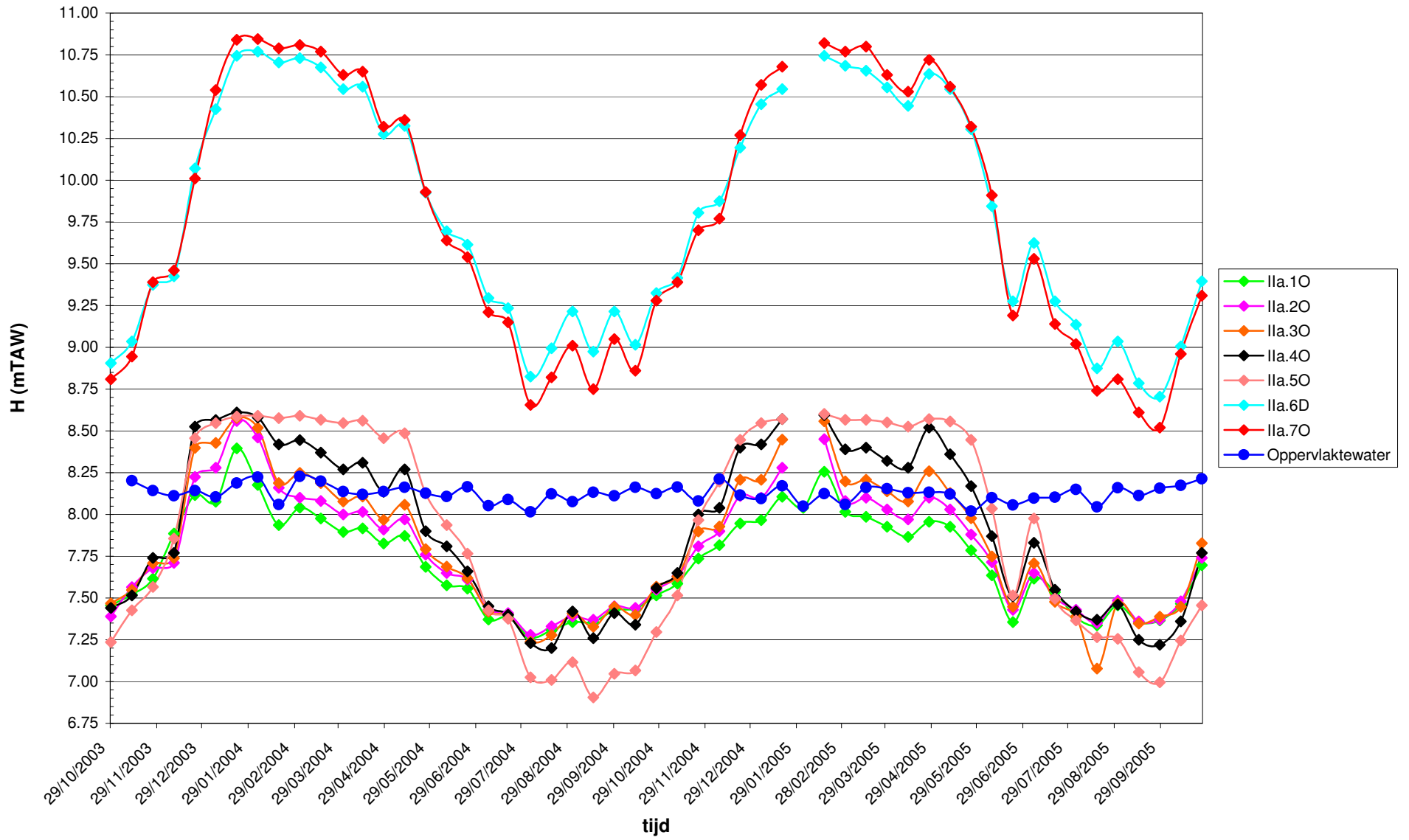
Figuur 14-23: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai la (dwarsprofiel)



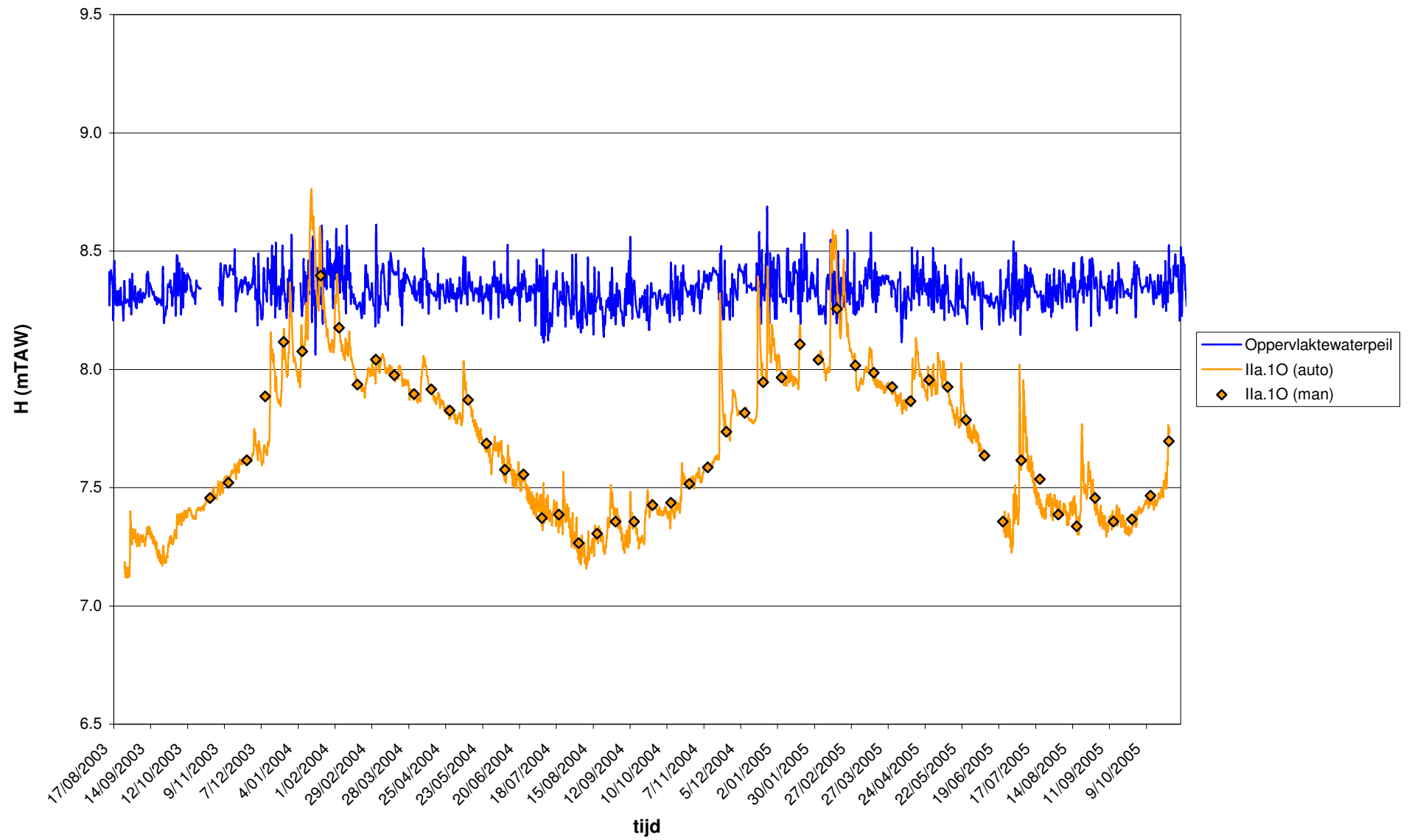
Figuur 14-24: Stijghoogteverschillen meetraai Ia



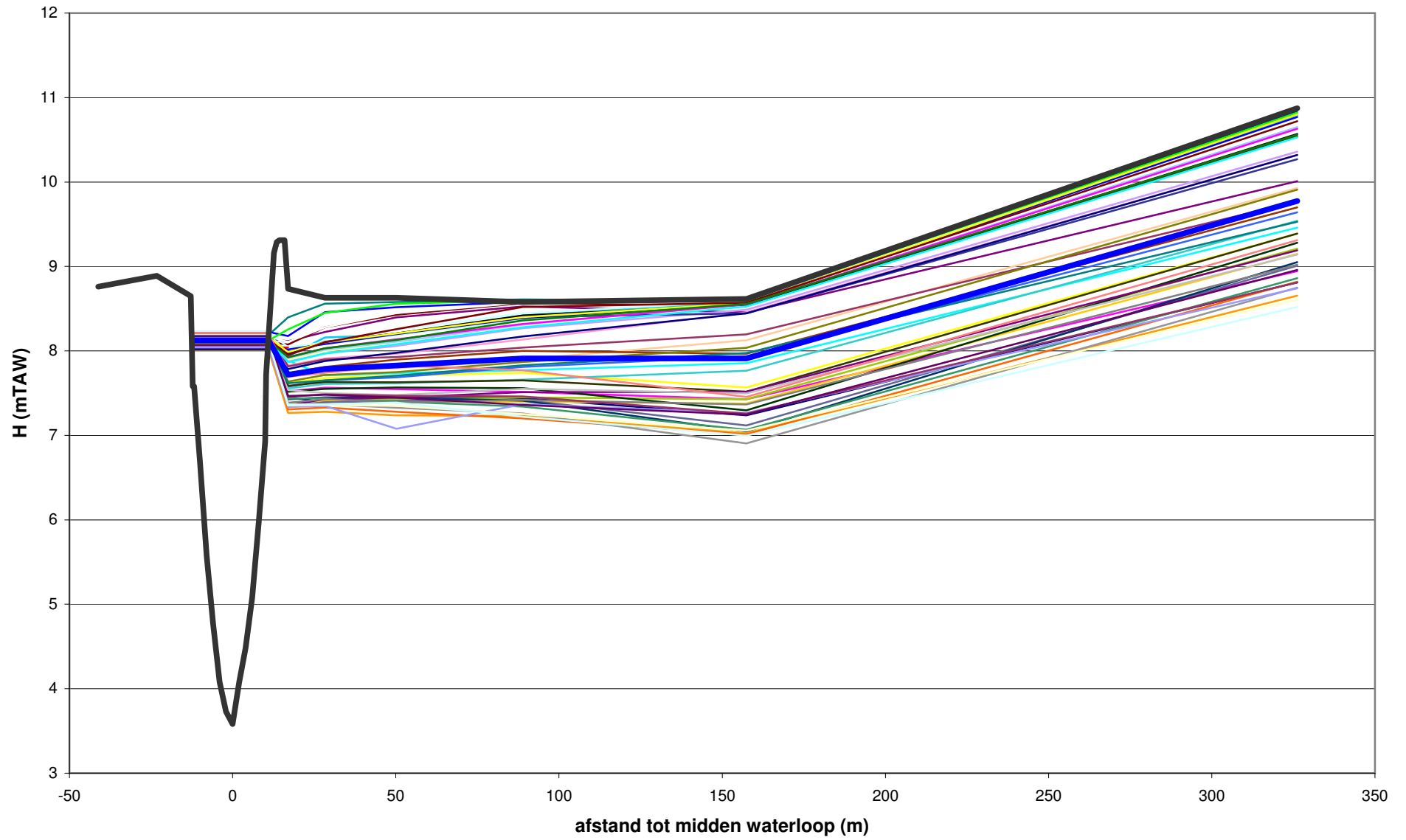
Figuur 14-25: Grondwaterpeilen in meetraai Ila (handmatige metingen)



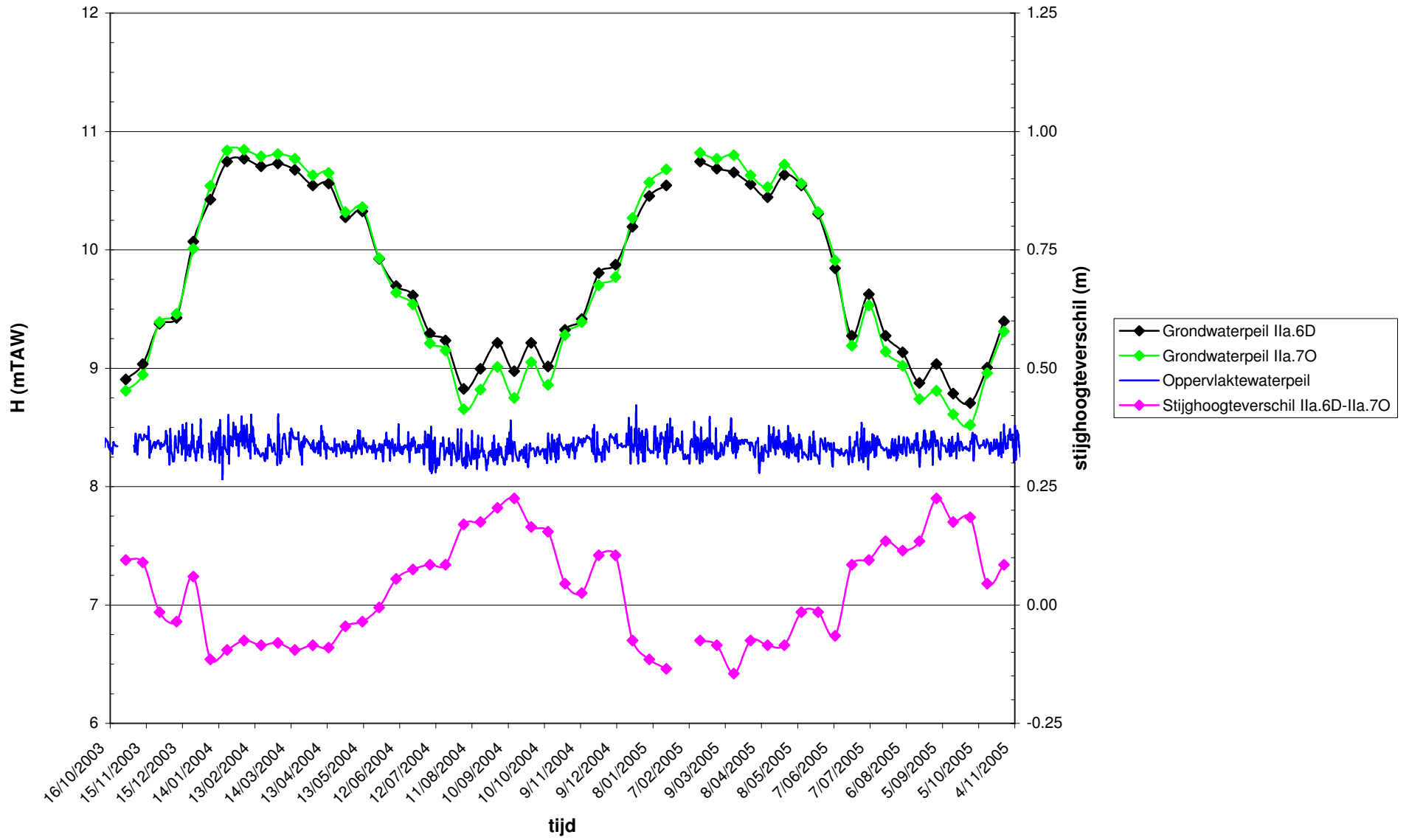
Figuur 14-26: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer Ila.1O



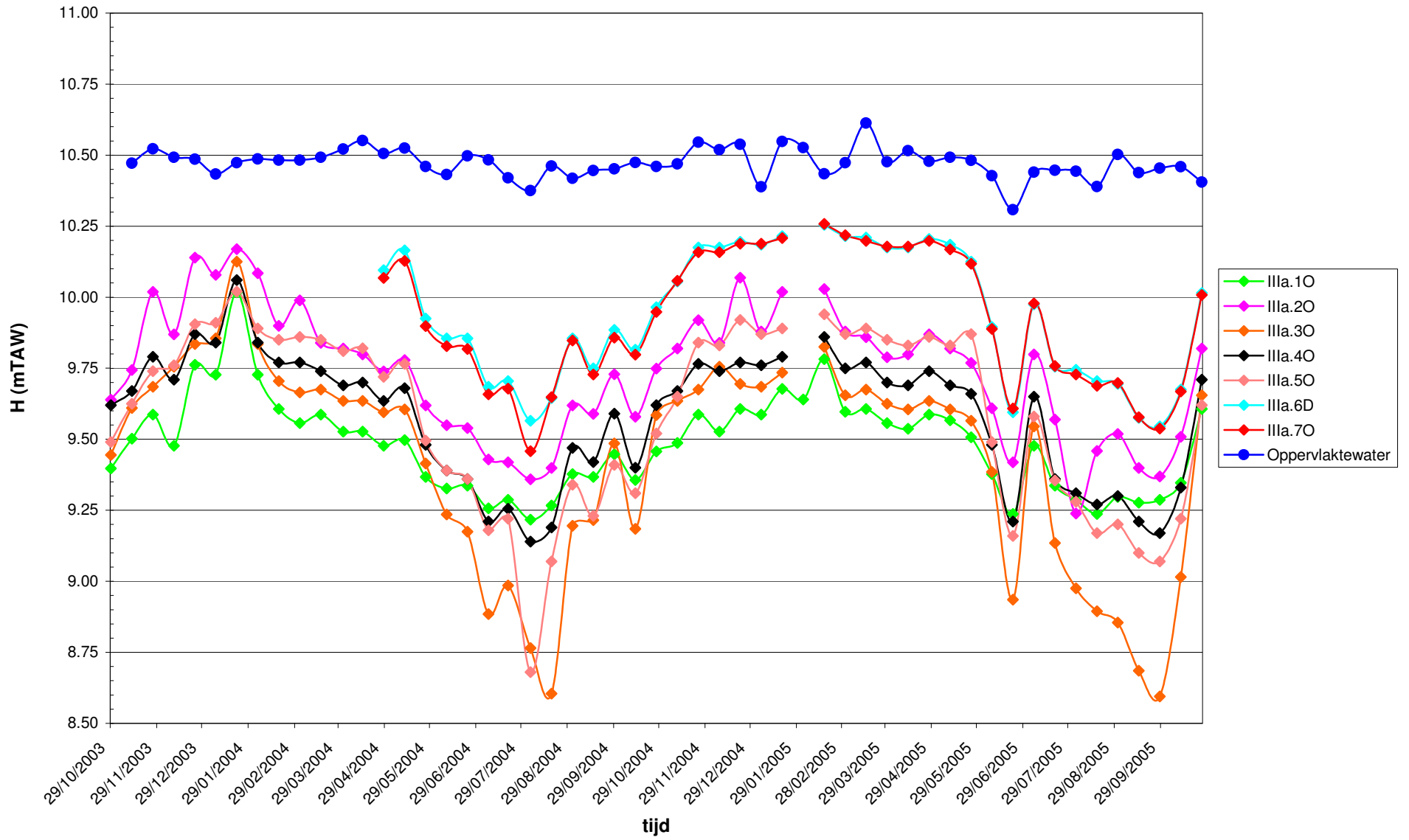
Figuur 14-27: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIa (dwarsprofiel)



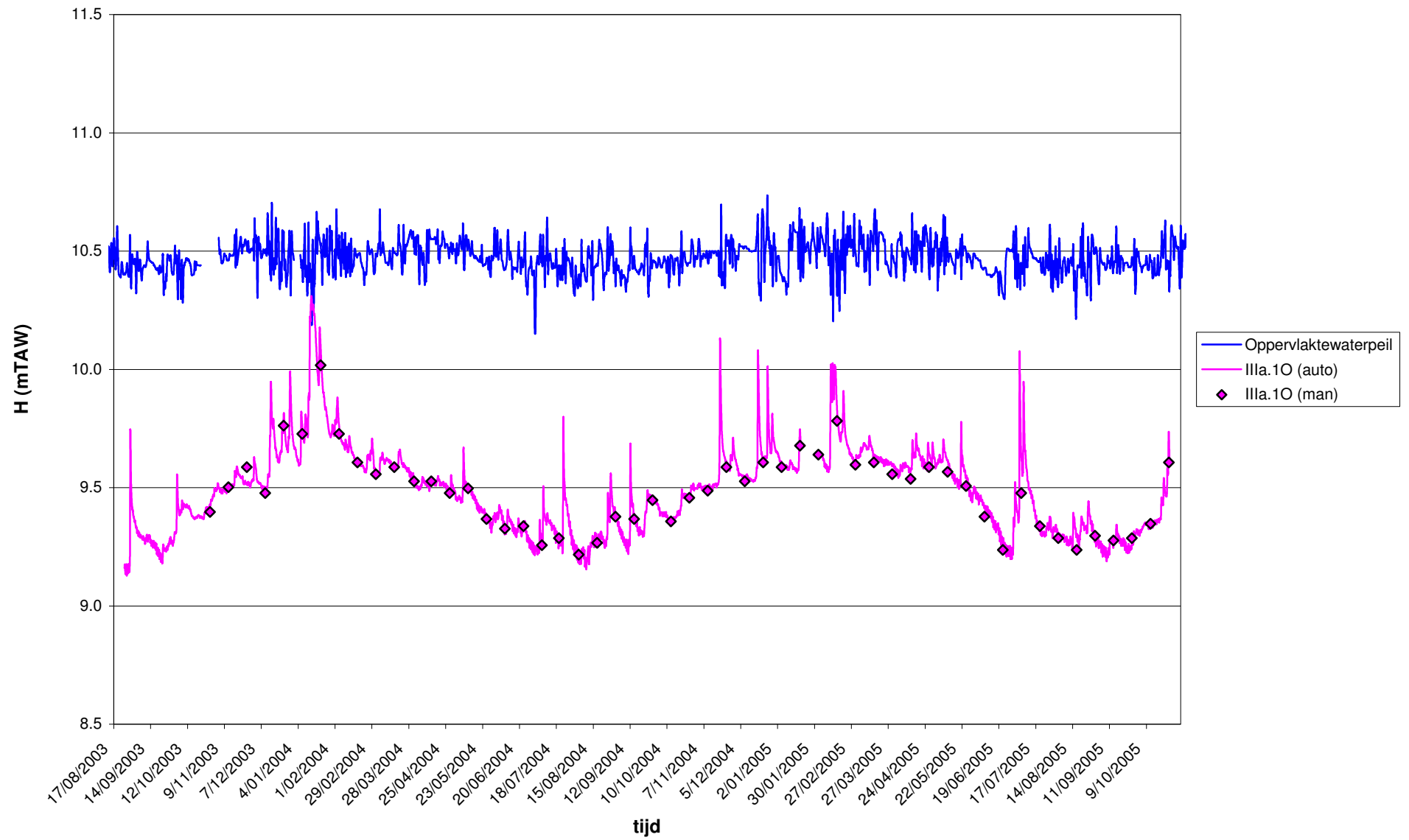
Figuur 14-28: Stijghoogteverschillen meetraai Ila



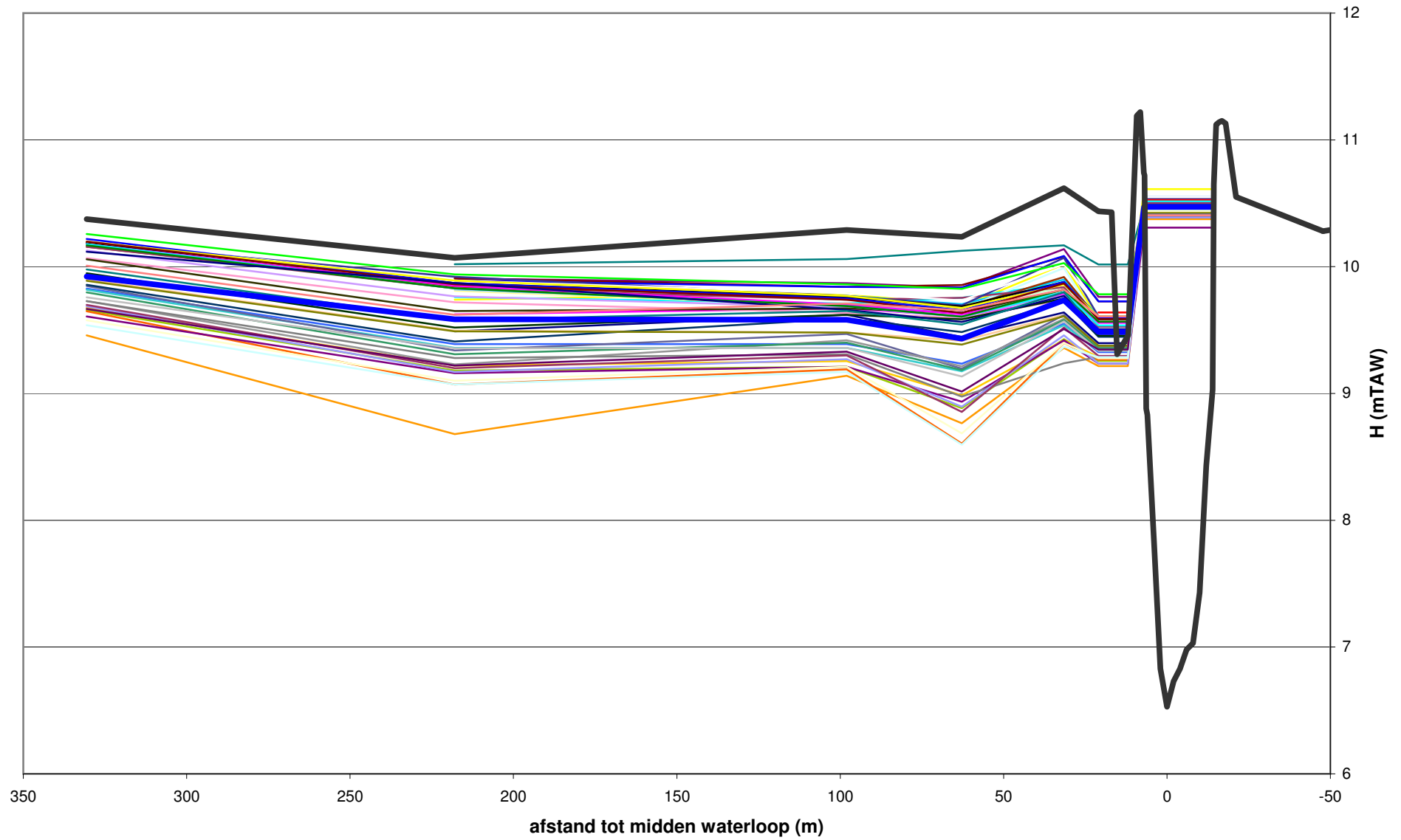
Figuur 14-29: Grondwaterpeilen in meetraai IIIa (handmatige metingen)



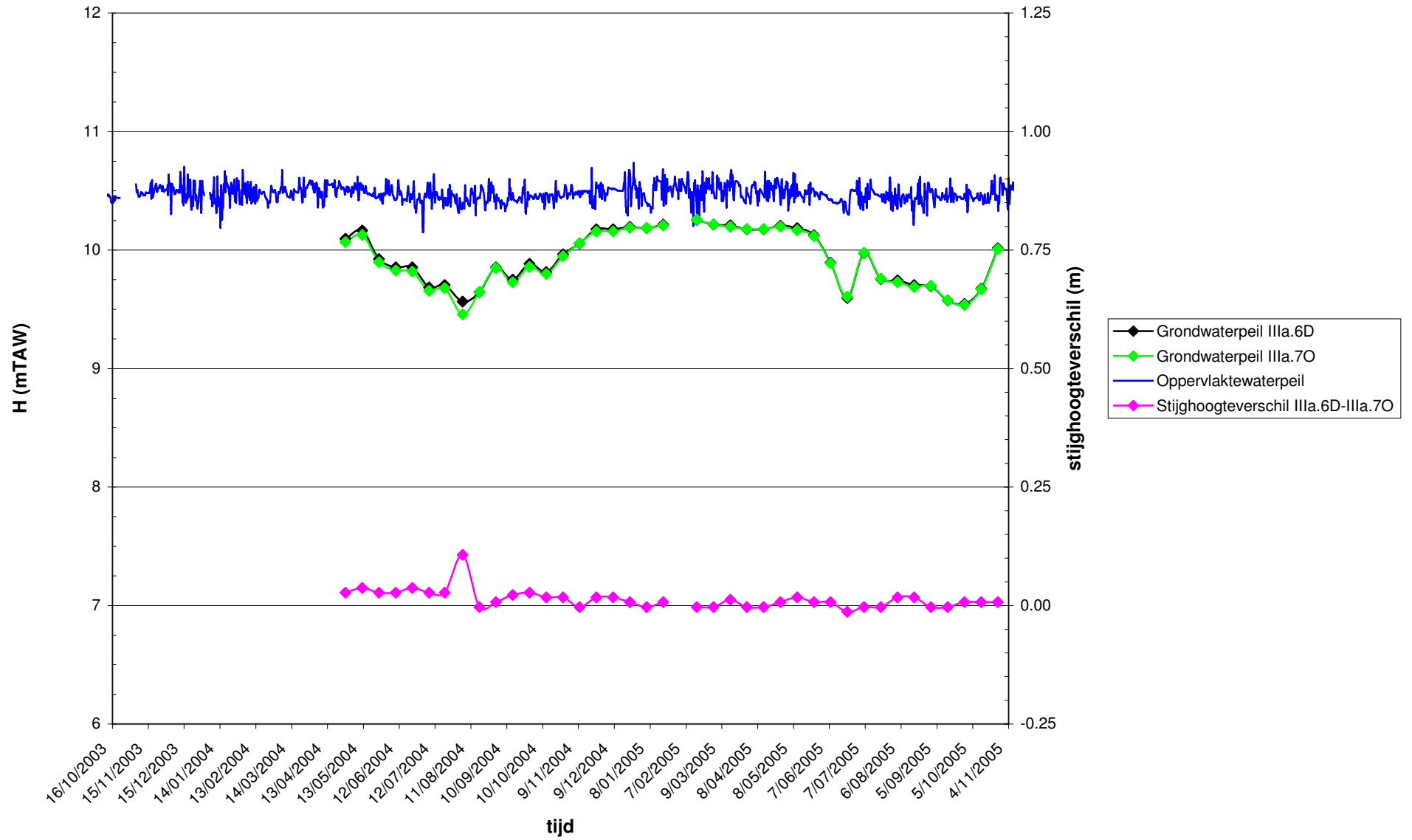
Figuur 14-30: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IIIa.1O



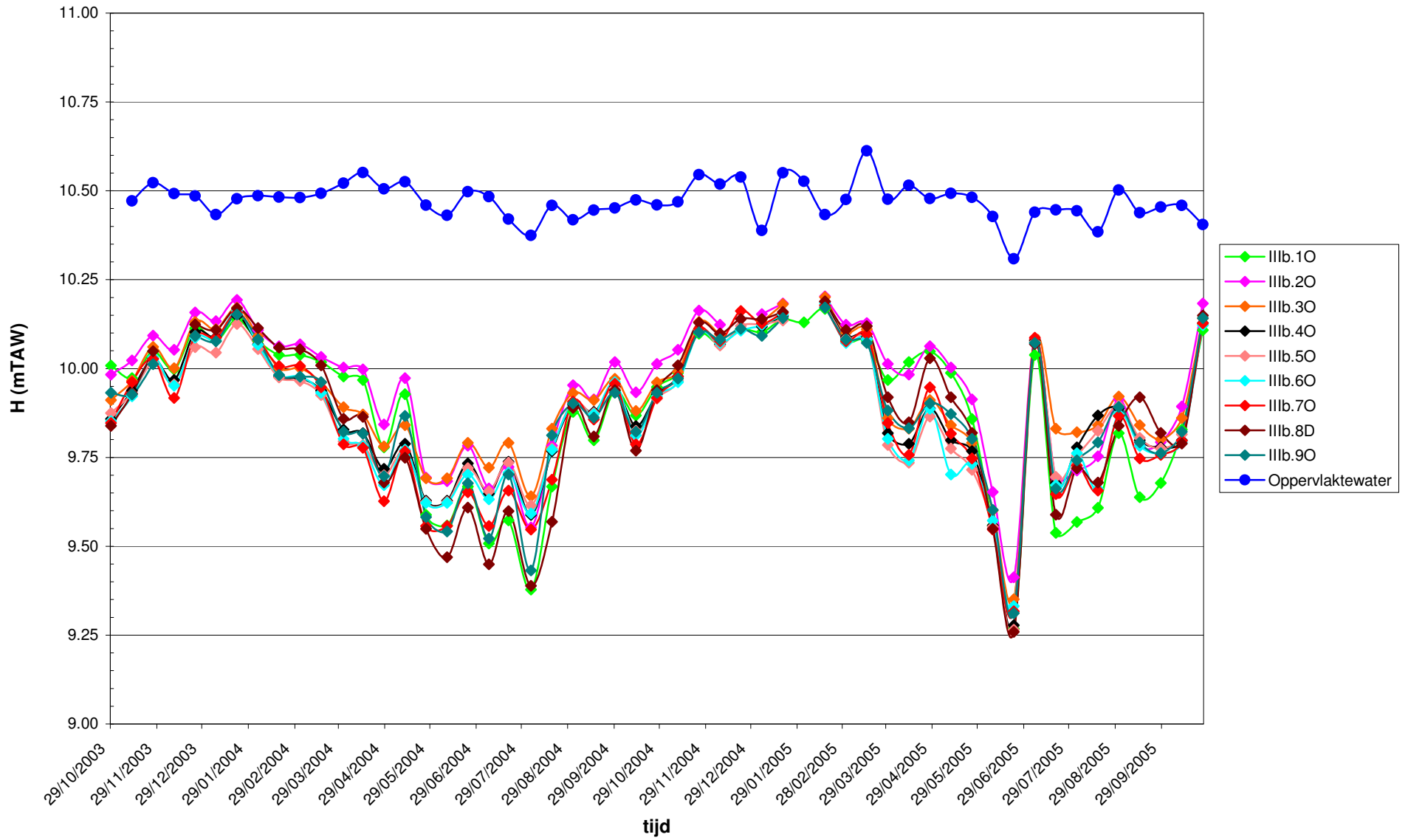
Figuur 14-31: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIIa (dwarsprofiel)



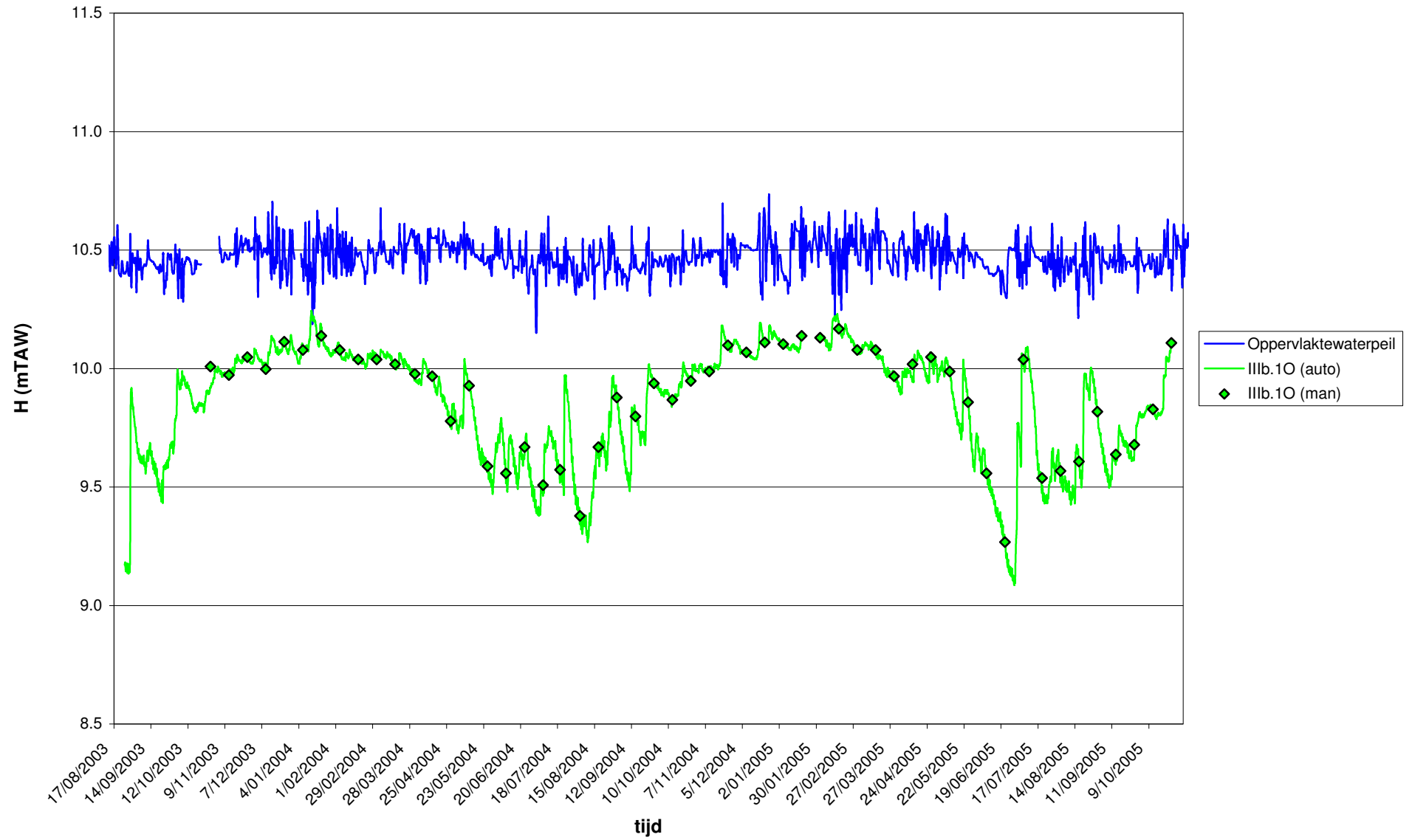
Figuur 14-32: Stijghoogteverschillen meetraai IIIa



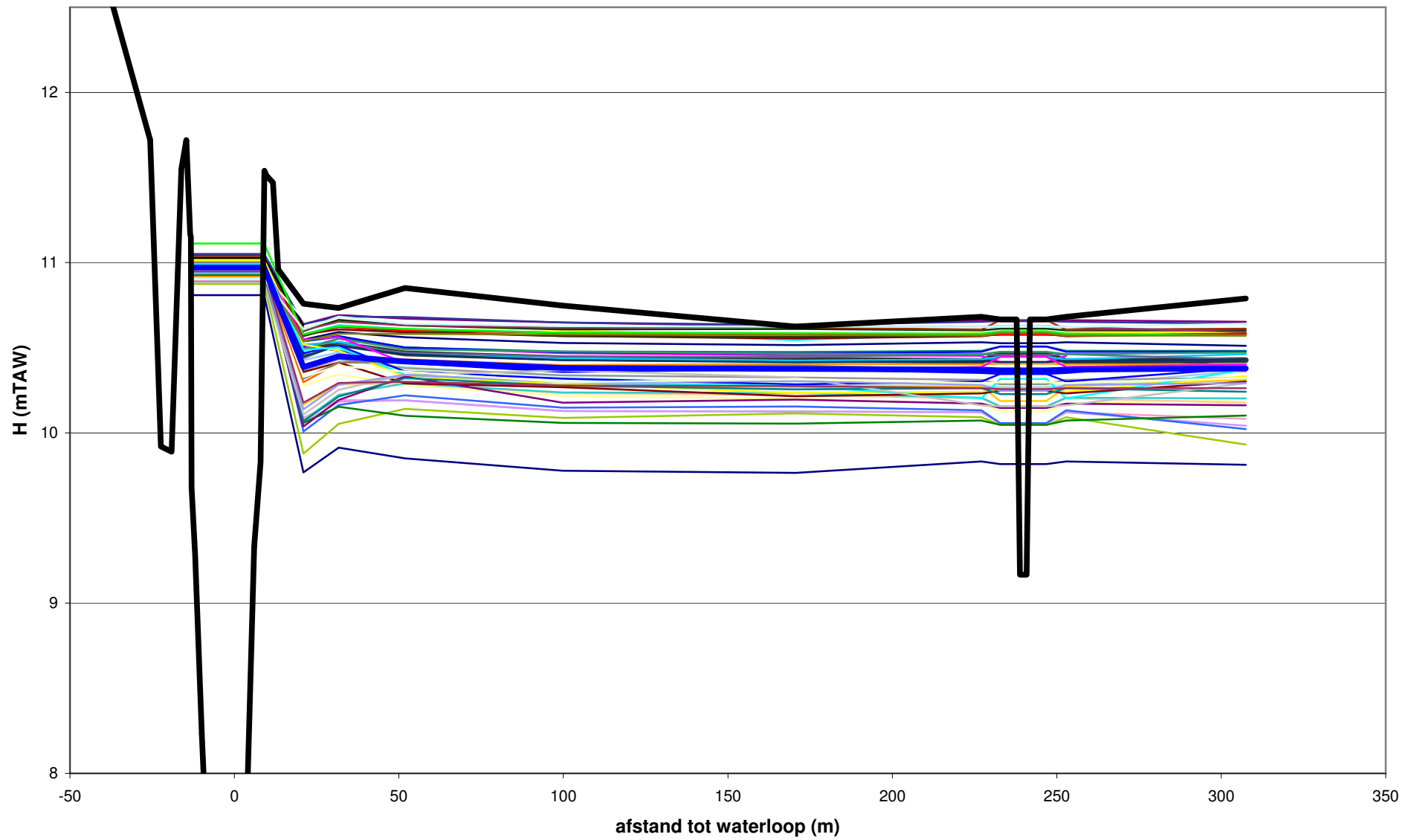
Figuur 14-33: Grondwaterpeilen in meetraai IIIb (handmatige metingen)



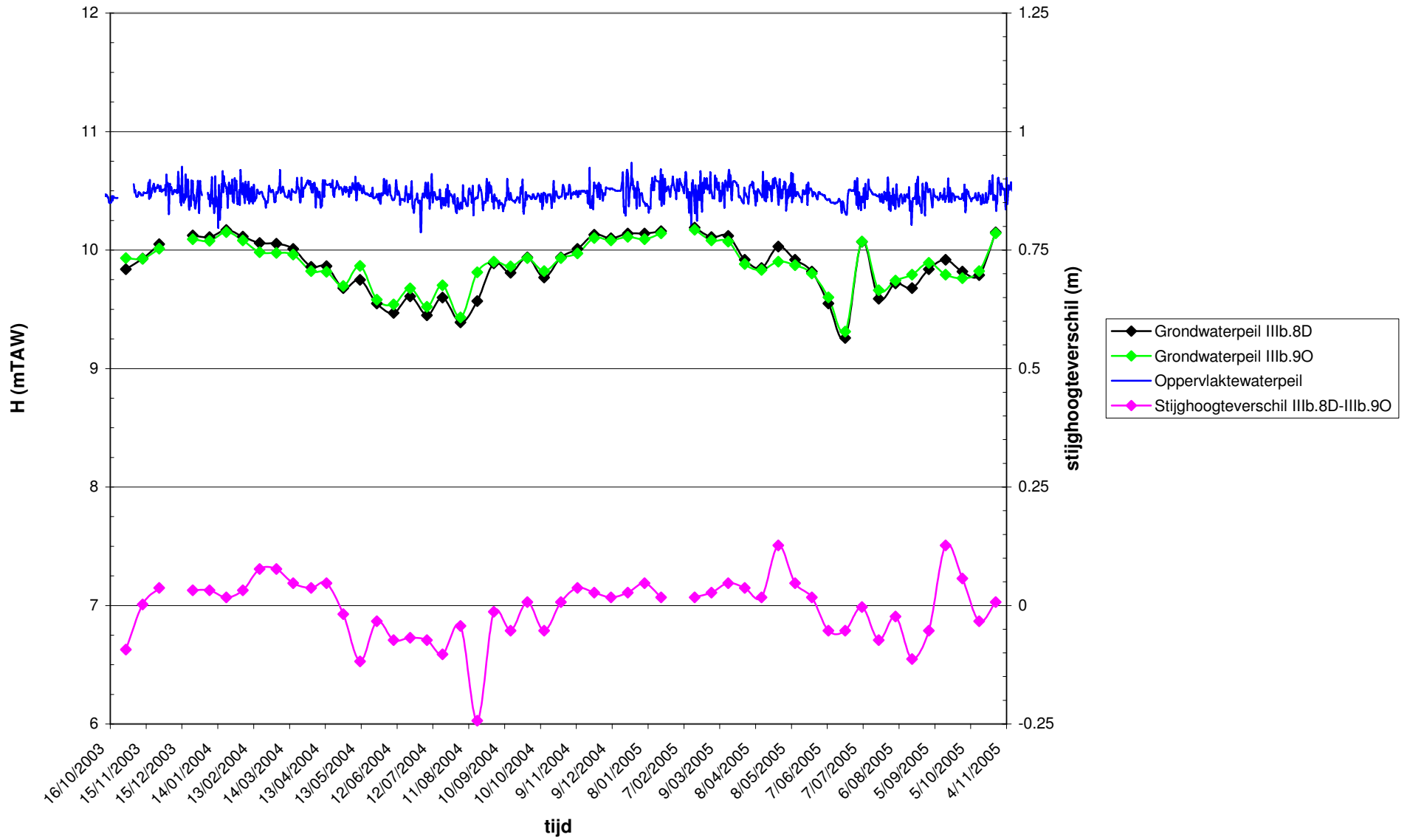
Figuur 14-34: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IIIb.1O



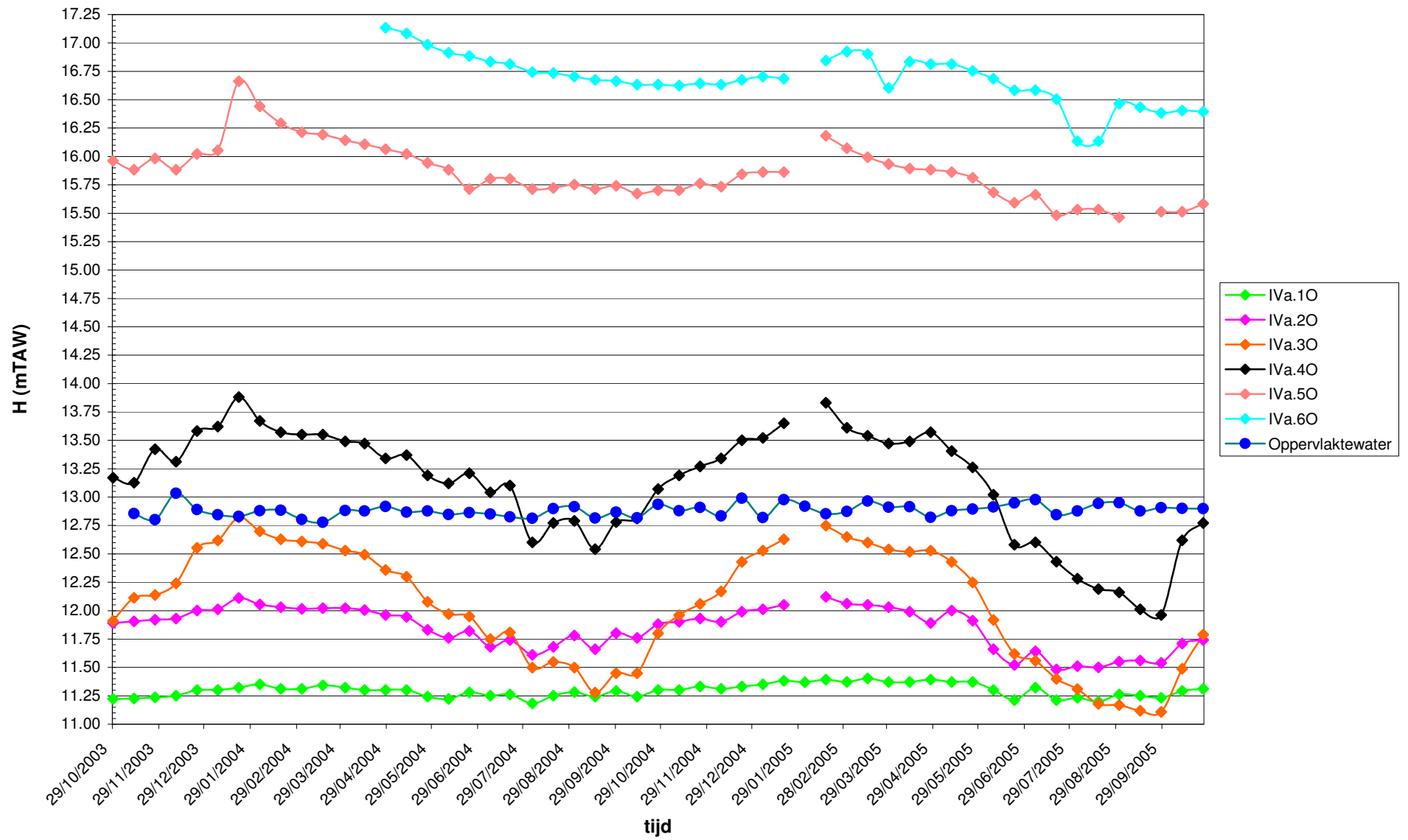
Figuur 14-35: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IIIb (dwarsprofiel)



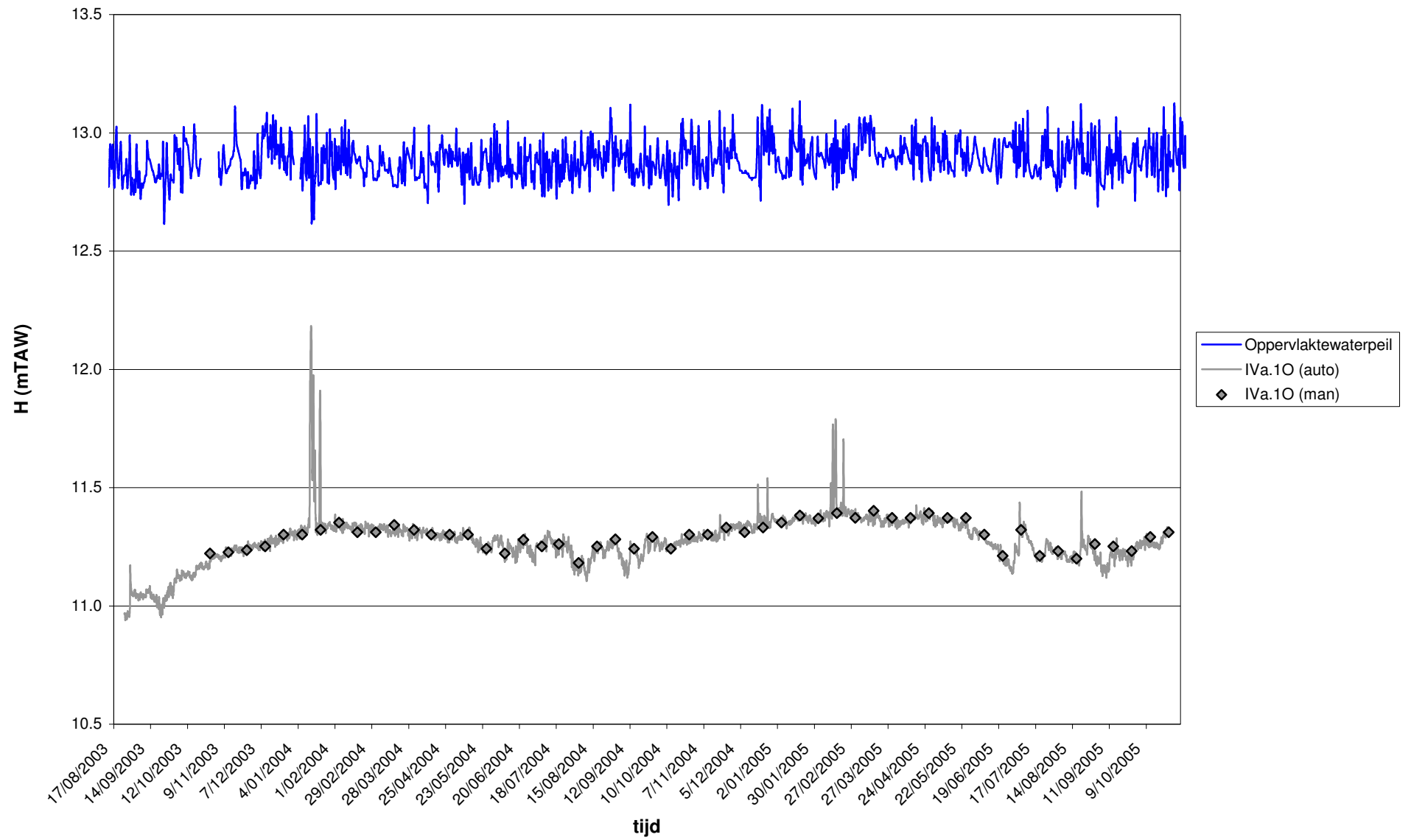
Figuur 14-36: Stijghoogteverschillen meetraai IIIb



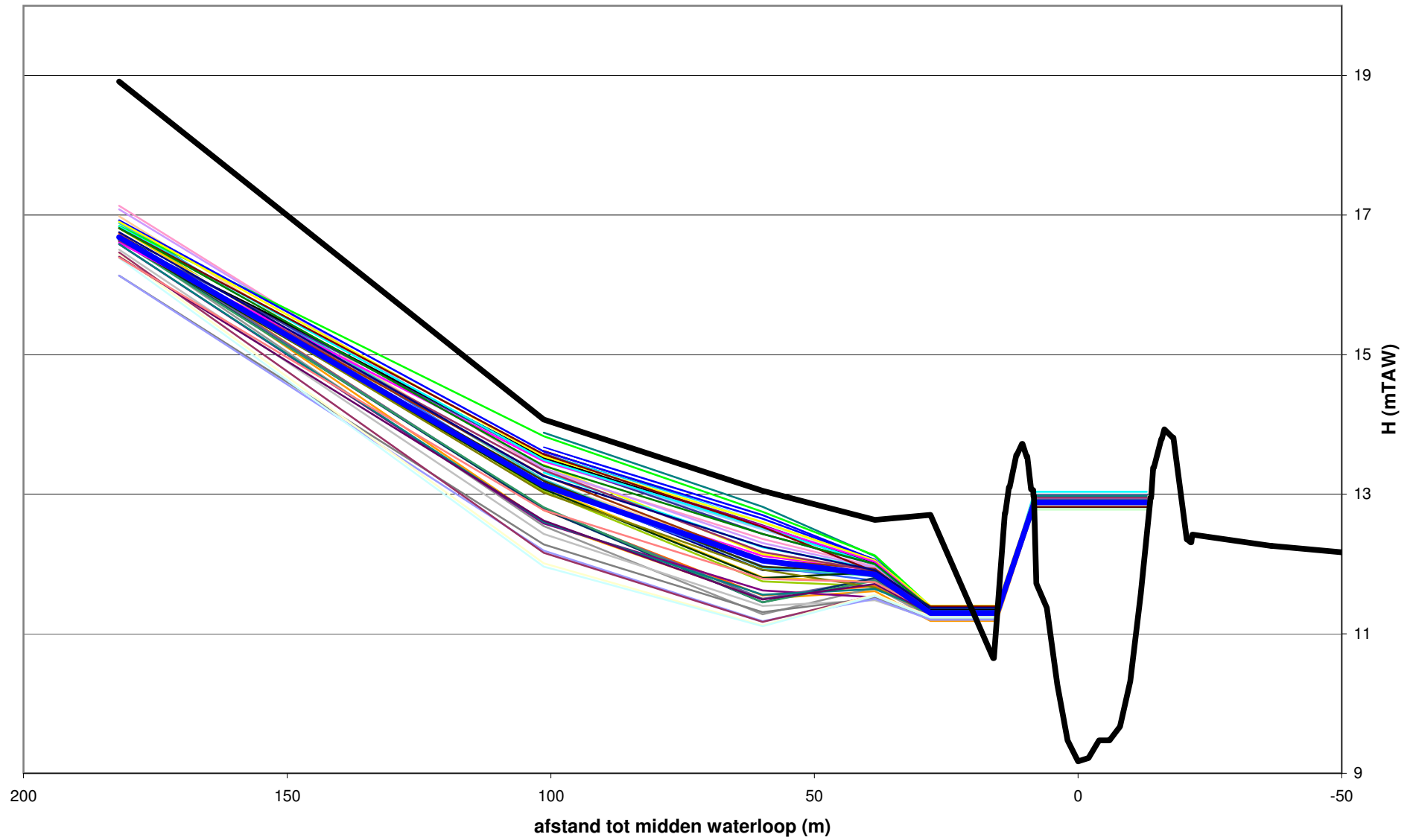
Figuur 14-37: Grondwaterpeilen in meetraai IVa (handmatige metingen)



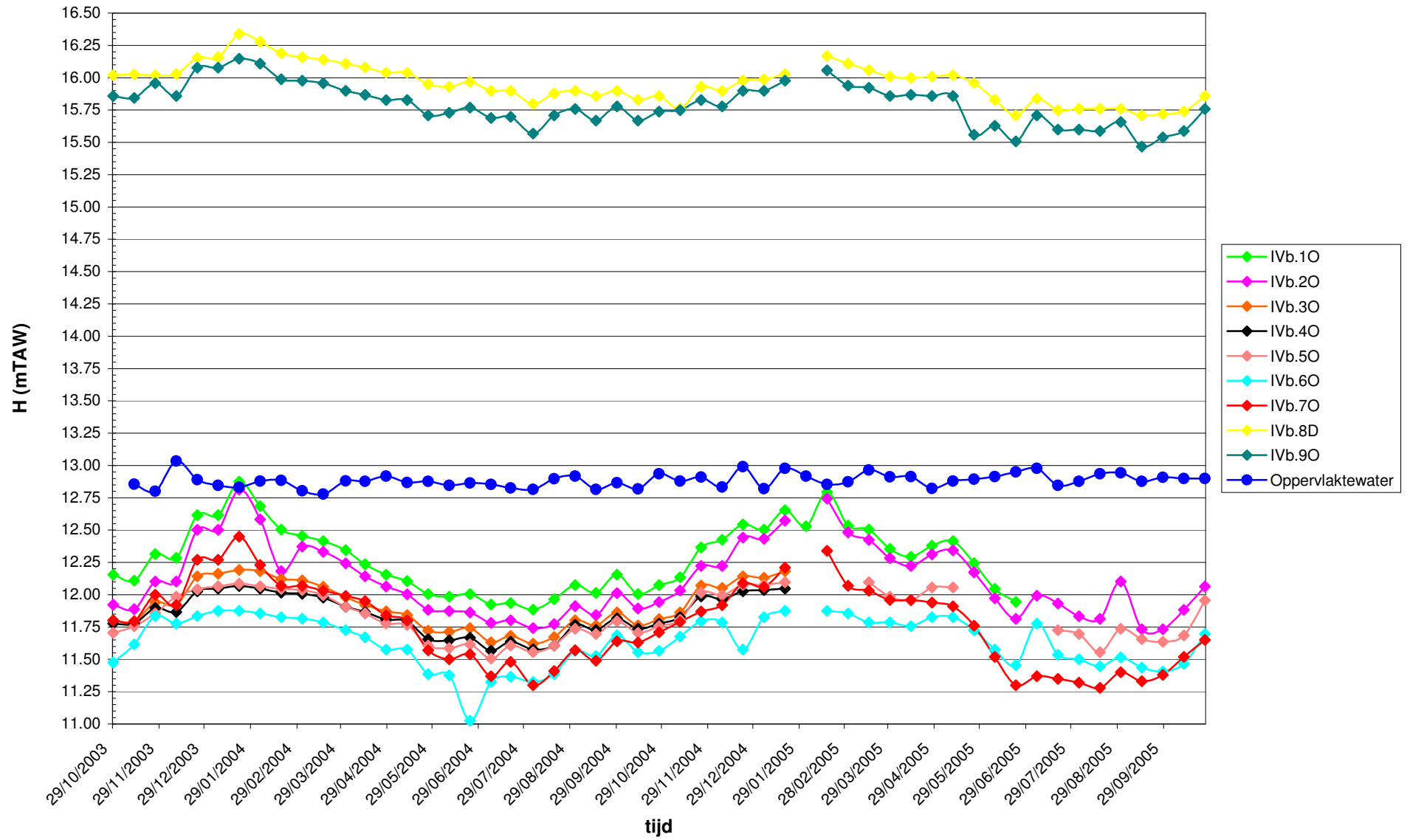
Figuur 14-38: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IVa.1O



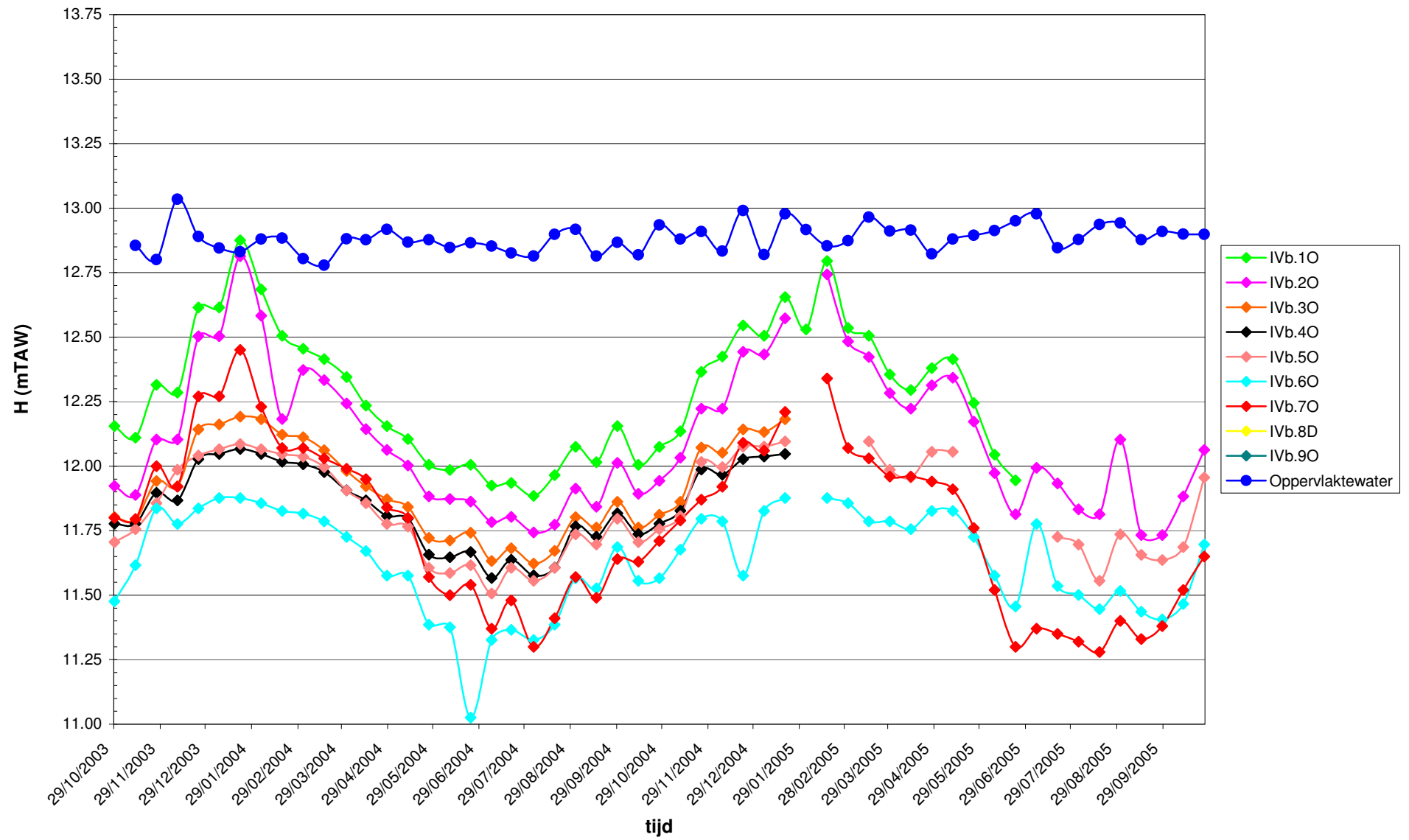
Figuur 14-39: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IVa (dwarsprofiel)



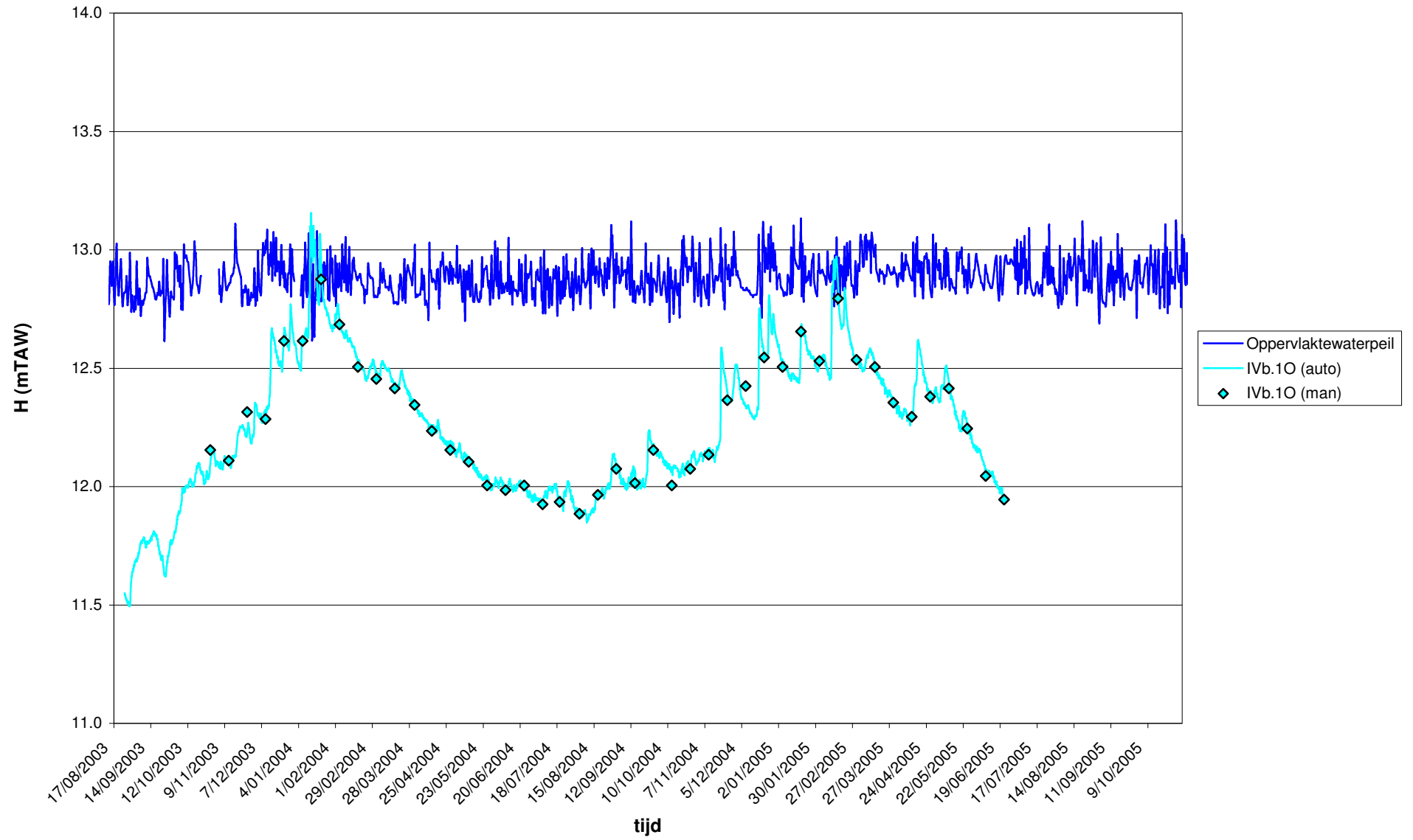
Figuur 14-40a: Grondwaterpeilen in meetraai IVb (handmatige metingen)



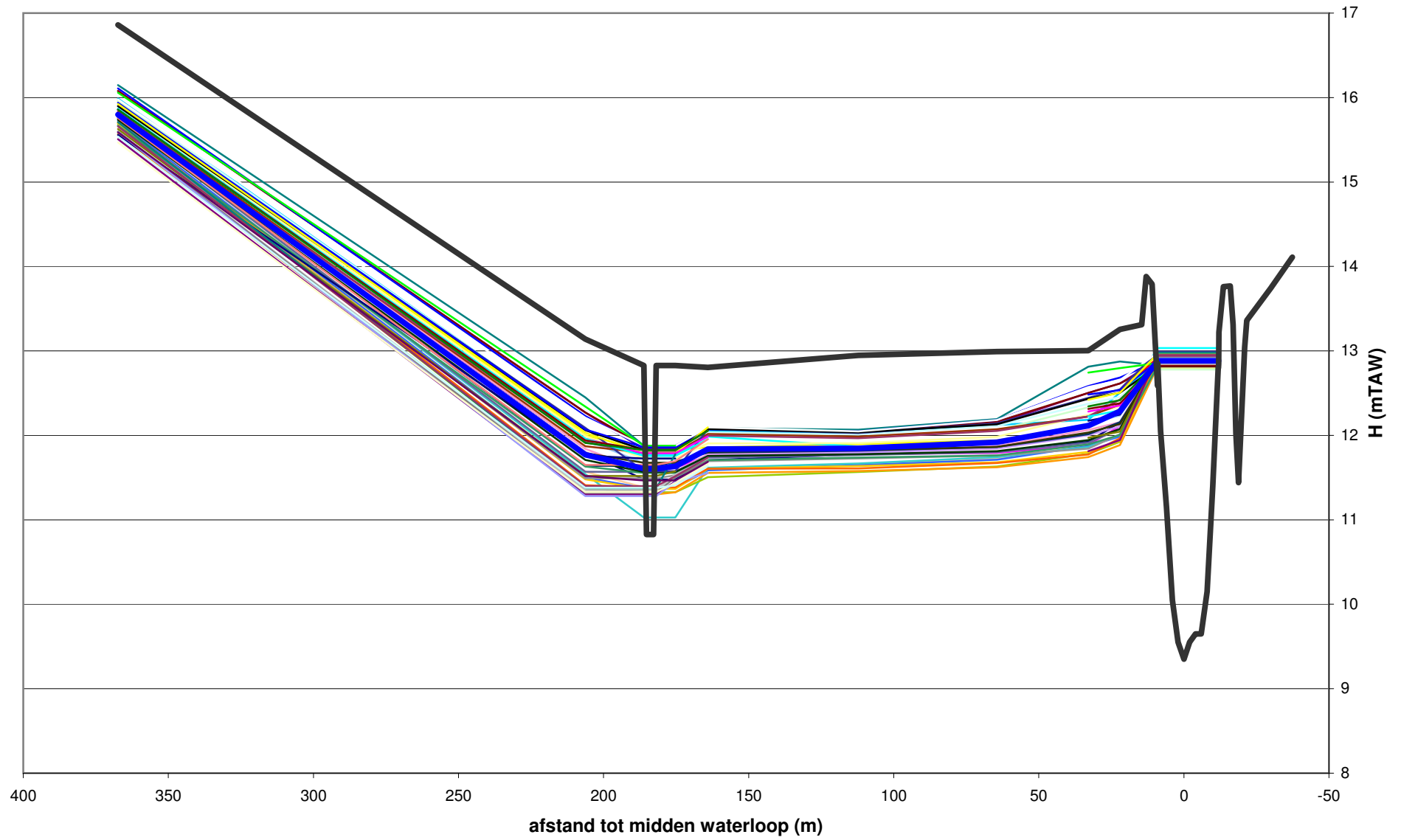
Figuur 14-40b: Grondwaterpeilen in meetraai IVb (handmatige metingen) - detail



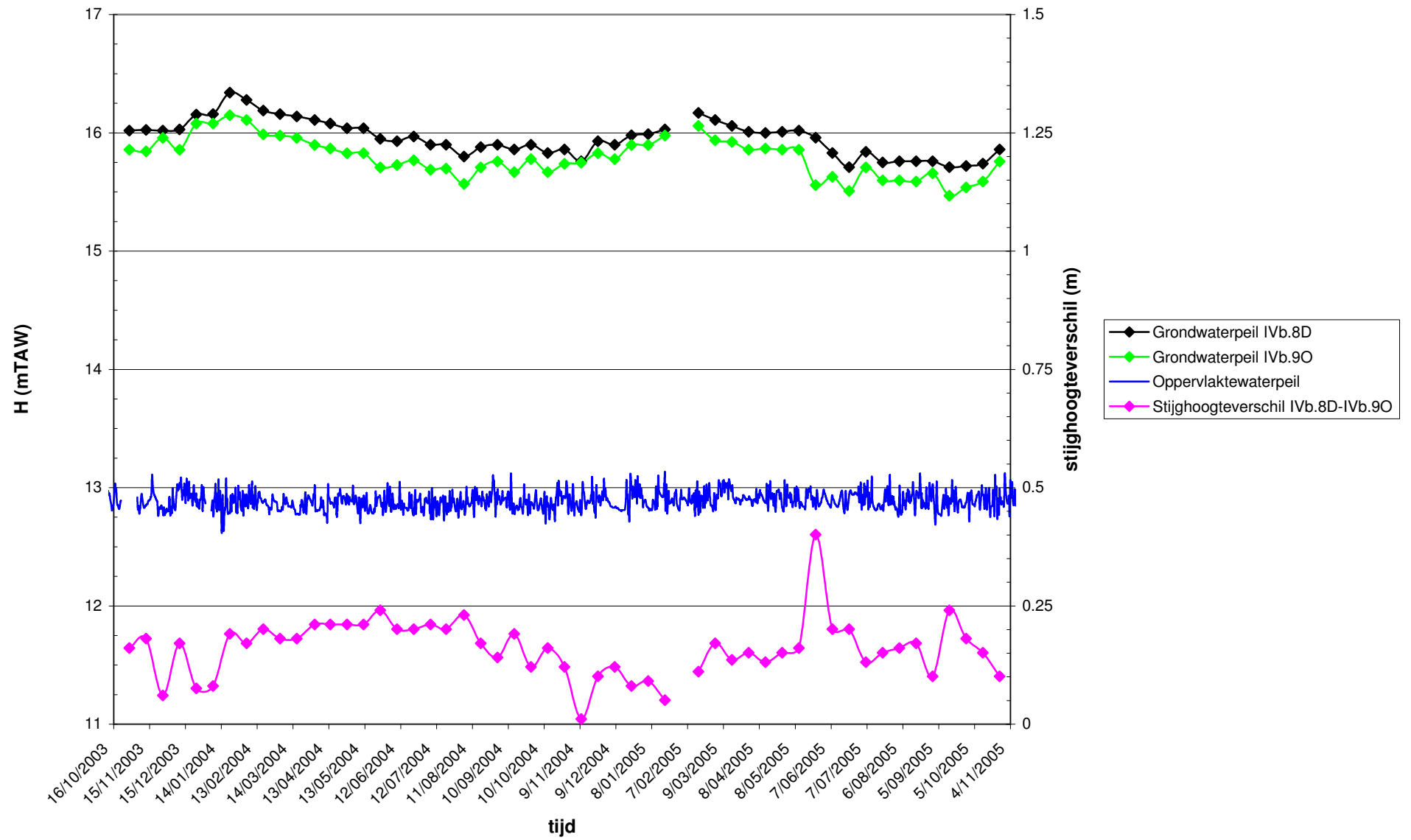
Figuur 14-41: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer IVb.1O



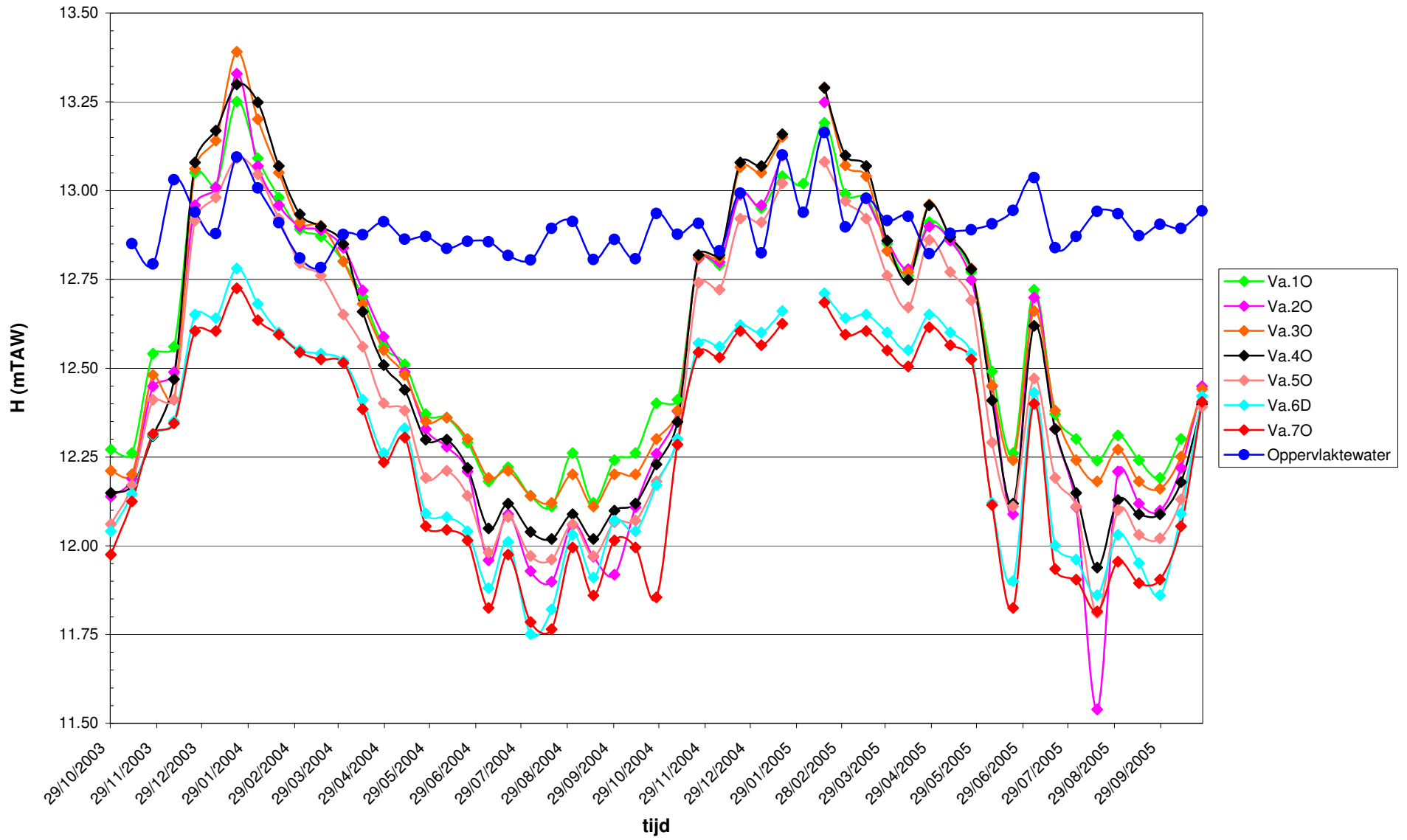
Figuur 14-42: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai IVb (dwarsprofiel)



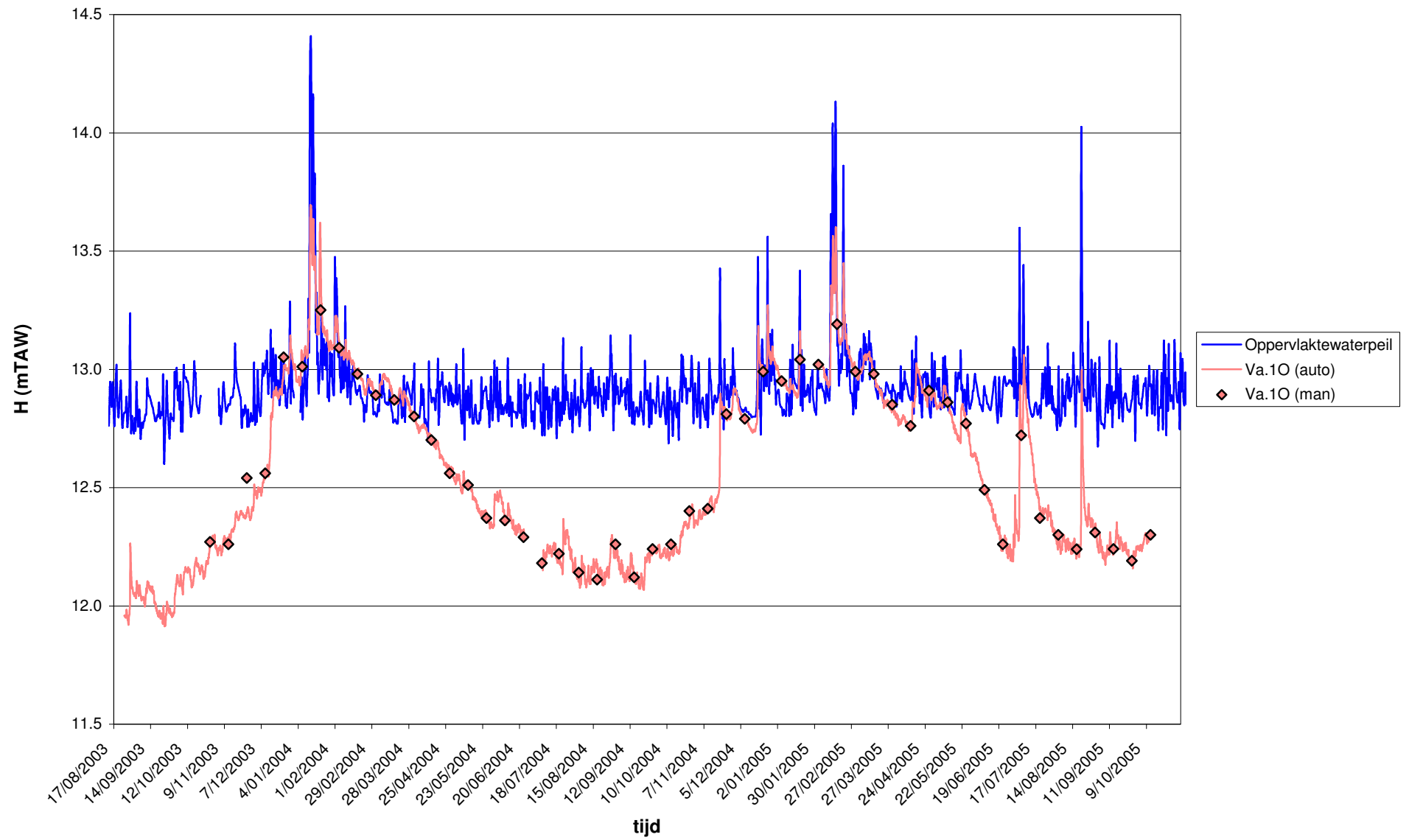
Figuur 14-43: Stijghoogteverschillen meetraai IVb



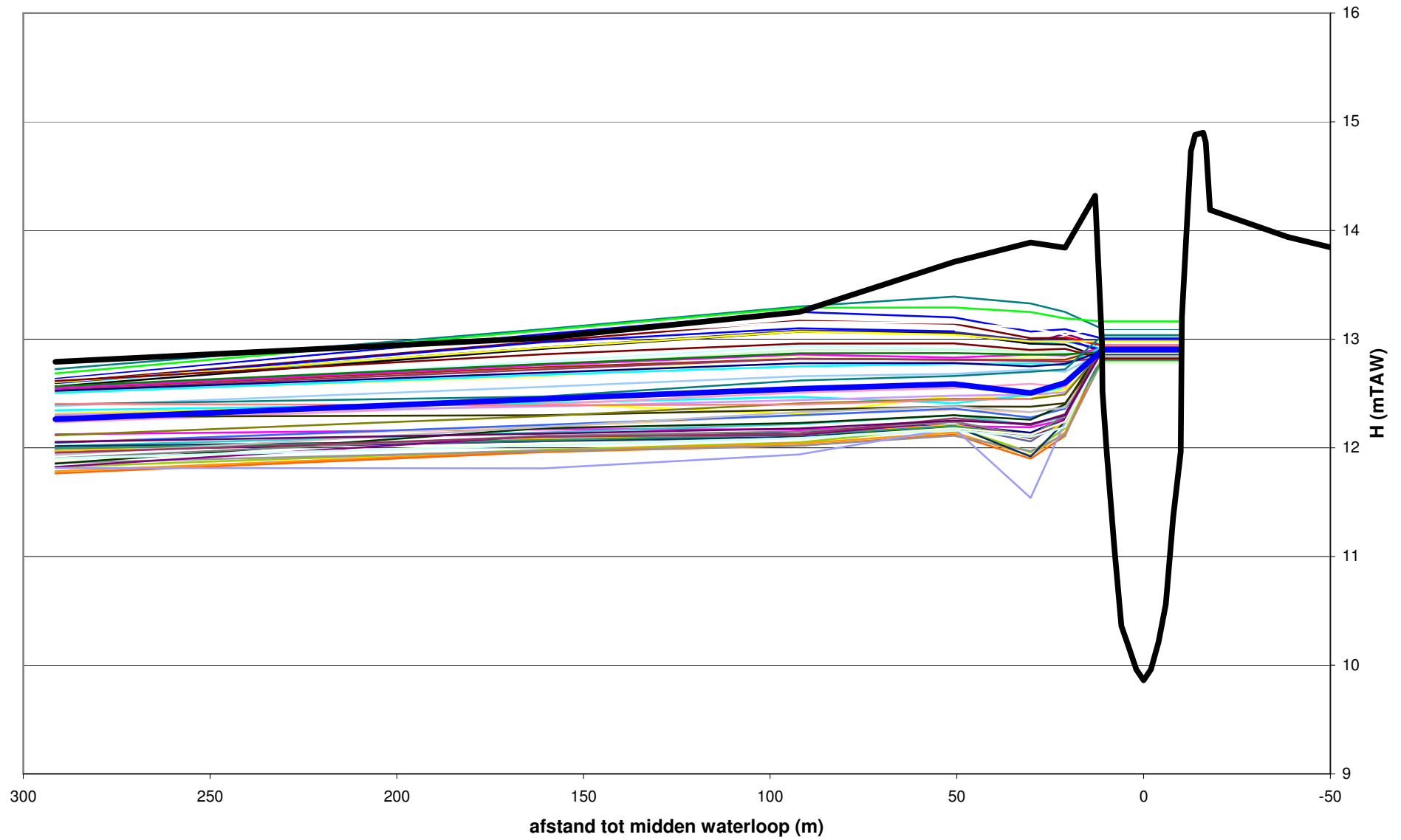
Figuur 14-44: Grondwaterpeilen in meetraai Va (handmatige metingen)



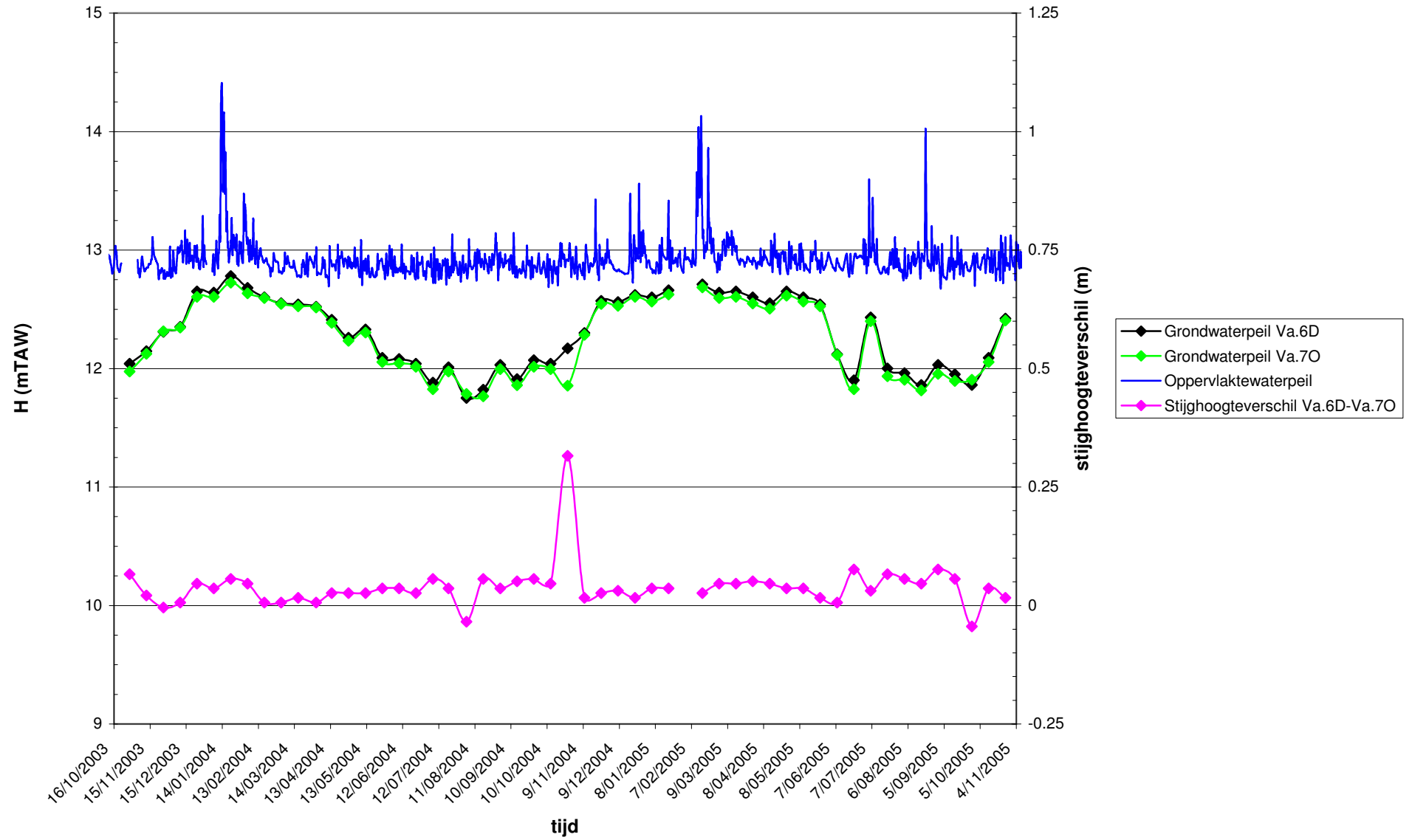
Figuur 14-45: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. piëzometer Va.1O



Figuur 14-46: Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen t.h.v. meetraai Va (dwarsprofiel)



Figuur 14-47: Stijghoogteverschillen meetraai Va



15 KAARTMATERIAAL

15.1 Kaartmateriaal m.b.t. het voorstel voor de plaatsing van piëzometers

Kaart 1: Situering
Kaart 2: Bodemkenmerken
Kaart 3: Landgebruik (Corine)
Kaart 4: Biologische waarderingskaart (vochttoestand)
Kaart 5: Gewestplan
Kaart 6: Hoogtemodel
Kaart 7: Kerngebieden
Kaart 8: Kerngebied I
Kaart 9: Kerngebied II
Kaart 10: Kerngebied III
Kaart 11: Kerngebied IV
Kaart 12: Kerngebied V

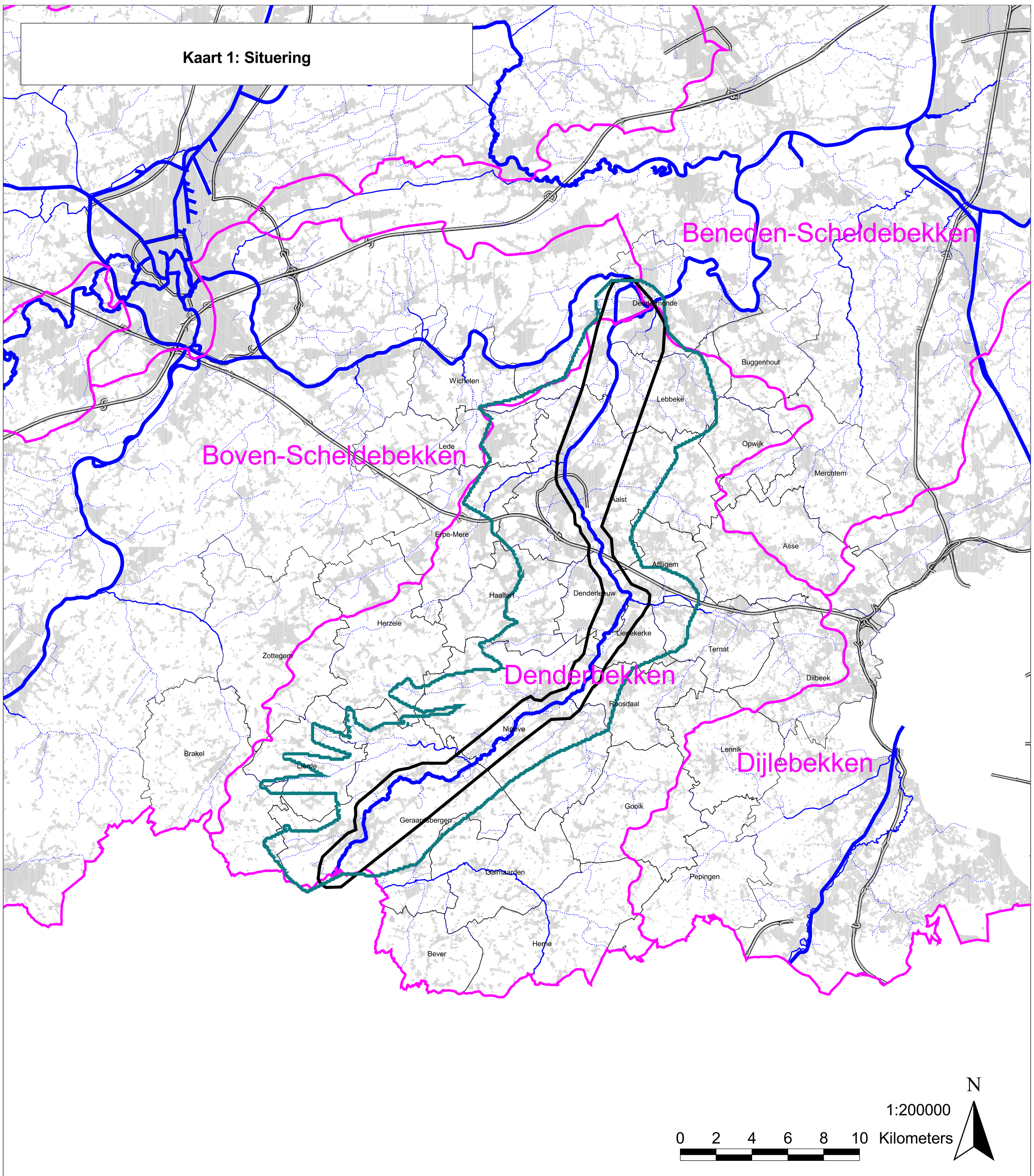
15.2 Kaartmateriaal m.b.t. de plaatsing/locatie van piëzometers

Kaart 13: Meetraai Ia (Orthofoto en Kadscan)
Kaart 14: Meetraai IIa (Orthofoto en Kadscan)
Kaart 15: Meetraai IIIa (Orthofoto en Kadscan)
Kaart 16: Meetraai IIIb (Orthofoto en Kadscan)
Kaart 17: Meetraai IVa (Orthofoto en Kadscan)
Kaart 18: Meetraai IVb (Orthofoto en Kadscan)
Kaart 19: Meetraai Va (Orthofoto en Kadscan)
Kaart 20: Meetraai Ia (Digitaal Hoogtemodel)
Kaart 21: Meetraai IIa (Digitaal Hoogtemodel)
Kaart 22: Meetraai IIIa & IIIb (Digitaal Hoogtemodel)
Kaart 23: Meetraai IVa & IVb (Digitaal Hoogtemodel)
Kaart 24: Meetraai Va (Digitaal Hoogtemodel)

15.3 Kaartmateriaal m.b.t. de analyse van de grondwaterkwaliteit

Kaart 25: Grondwatertypes

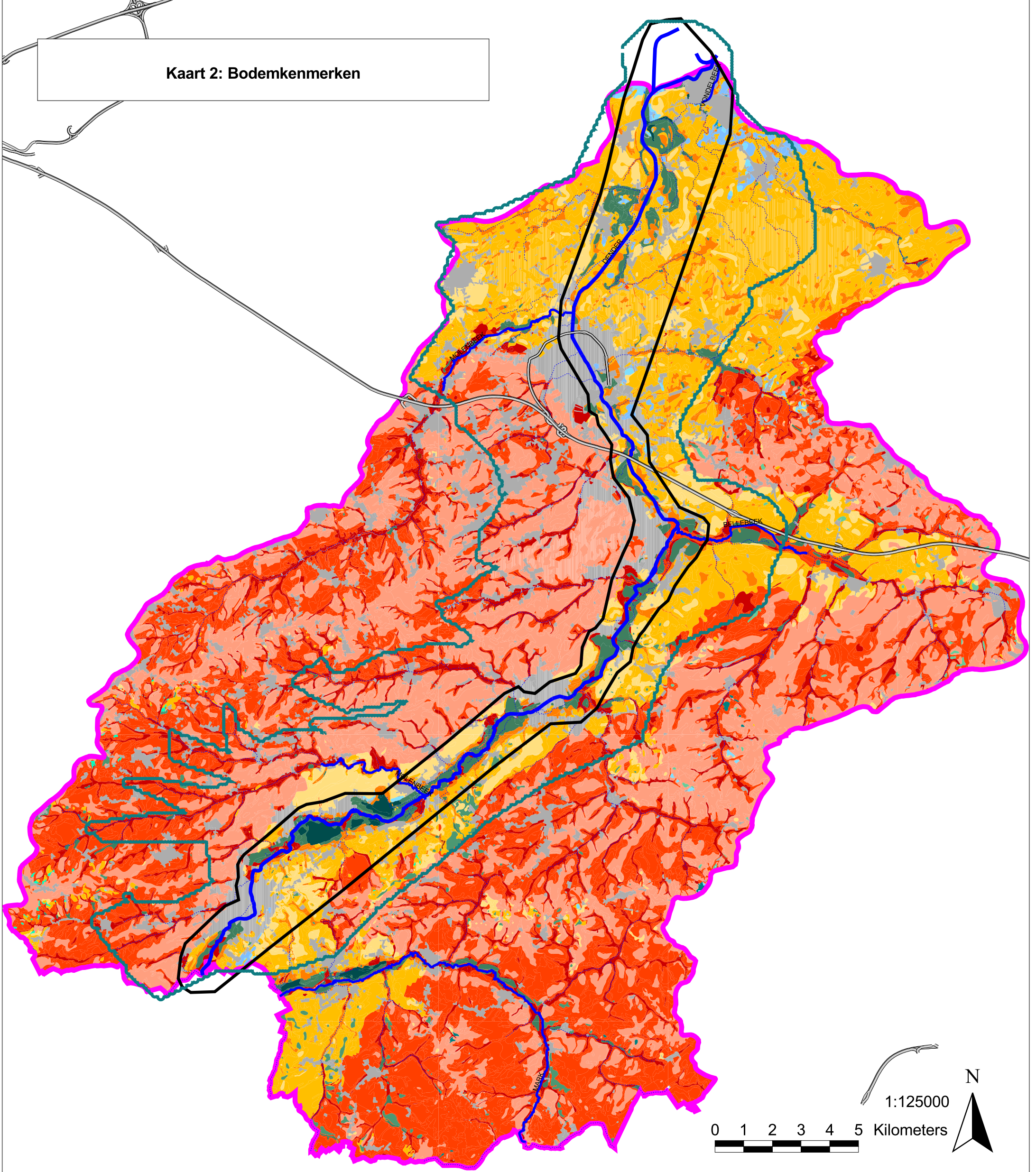
Kaart 1: Situering



Legende

- Bekkengrens
- Grens Modelgebied
- Grens Interessegebied
- Urban Gebied
- Gemeentegrens
- Waterloop
 - bevaarbaar
 - categorie 1
 - categorie 2
- Weg

Kaart 2: Bodemkenmerken



Legende

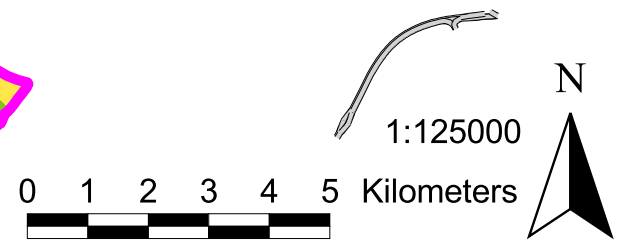
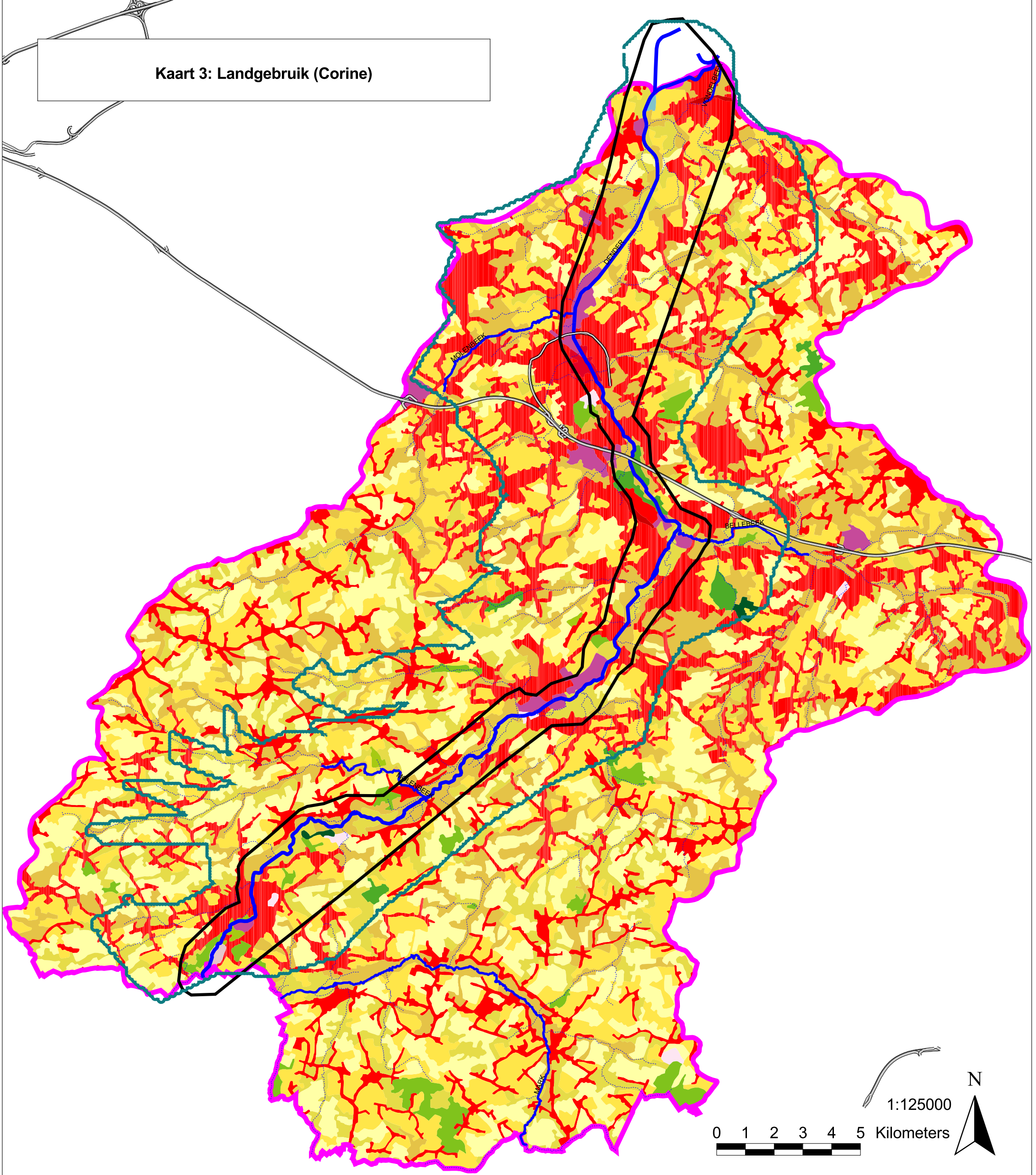
- Bekkengrens
- Grens Modelgebied
- Grens Interessegebied
- Weg
- Waterloop**
- bevaarbaar
- categorie 1
- categorie 2

- 01. Antropogeen
- 03. Nat zand
- 04. Vochtig zand
- 05. Droog zand
- 05. Zand-complex
- 06. Nat zand antr
- 07. Vochtig zand antr
- 08. Droog zand antr
- 09. Nat zandleem
- 10. Vochtig zandleem
- 11. Droge zandleem
- 11. Zandleem-complex
- 12. Natte leem
- 13. Vochtige leem
- 14. Droge leem

- 14. Leem-complexen
- 15. Natte klei
- 16. Vochtige klei
- 17. Droge klei
- 17. Klei-complexen
- 18. Natte Zware Klei
- 19. Vochtige Zware Klei
- 19. Zware Klei-complex
- 26. Veen
- 27. Landduin
- 28. Hoge kustduin
- 29. Kustduingrond
- 30. Moeren
- 31. Geul polders
- 32. Poelgrond polders

- 33. Schor polders
- 34. Dekklei polders
- 35. Kleiplaat polders
- 36. Kreekrug
- 37. Overdekt Pleistoceen
- 38. Bronnen
- 39. Krijt
- 40. Mergel

Kaart 3: Landgebruik (Corine)



Legende

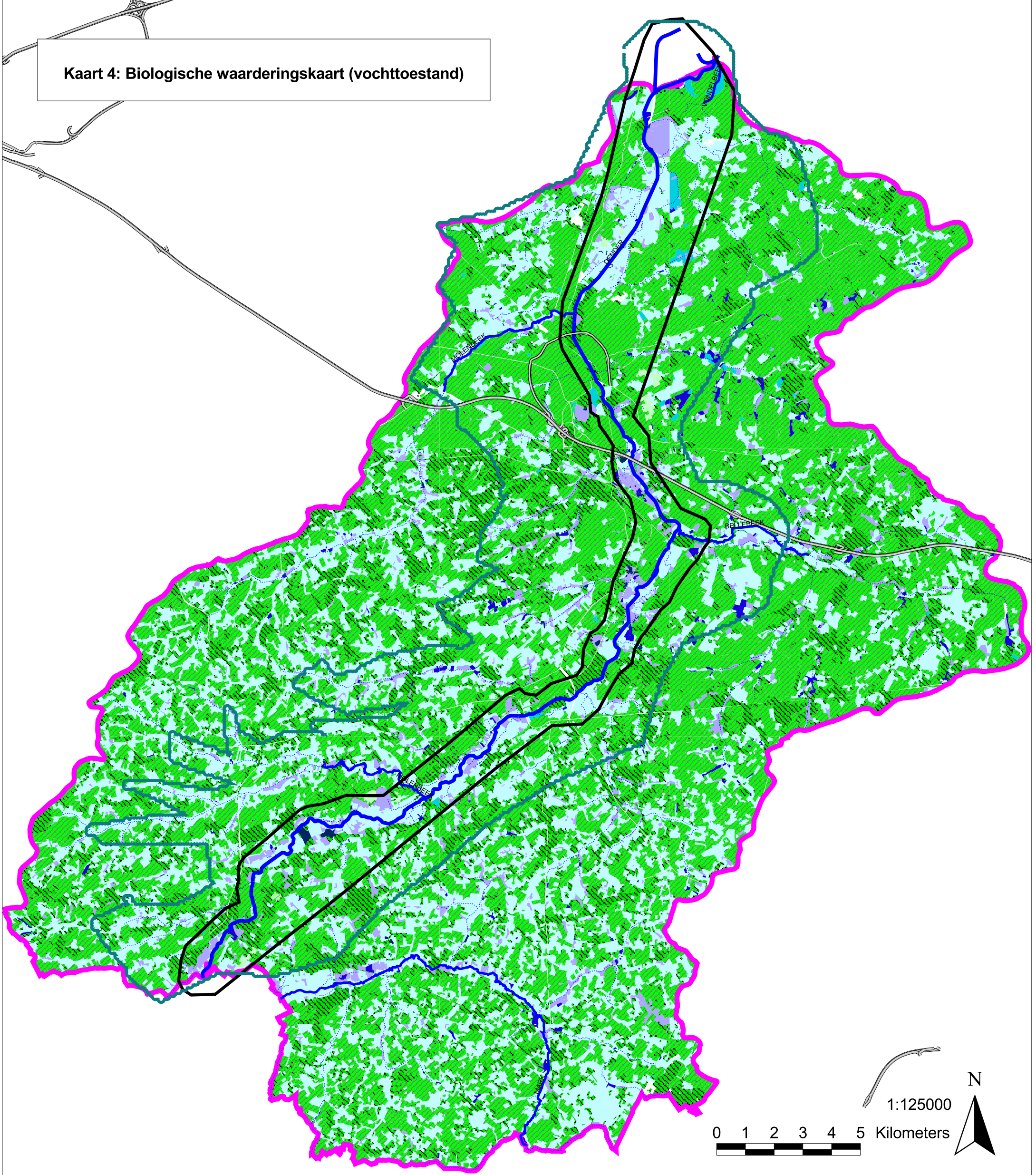
- Bekkengrens
- Grens Modelgebied
- Grens Interessegebied
- Weg
- Waterloop**
- bevaarbaar
- categorie 1
- categorie 2

- 111 aaneengesloten bebouwing
- 112 discontinue bebouwing
- 121 industrie- of handelszones
- 122 wegen en spoorwegen
- 123 havengebieden
- 124 luchthavens
- 131 ontginningsplaatsen
- 132 stortplaatsen
- 133 constructieplaatsen
- 141 groene stedelijke gebieden
- 142 sport- en recreatiegebieden
- 211 niet geïrrigeerd akkerland
- 222 boomgaarden
- 231 weiland
- 242 landbouwareaal met complexe percelering
- 243 landbouwareaal met aanwezigheid van nat.vegetatie

- 311 loofbossen
- 312 naaldbossen
- 313 gemengde bossen
- 321 natuurlijk grasland
- 322 heide en struikgewas
- 324 overgangsbos
- 331 strand, duinen, zandoppervlakken
- 411 moeras
- 412 veenmoeras
- 421 zoutmoeras en schorren
- 423 slikken
- 444 niet geklasseerd

- 511 waterlopen
- 512 wateroppervlakken
- 522 estuaria
- 523 zee
- 888 rest

Kaart 4: Biologische waarderingskaart (vochttoestand)



Legende

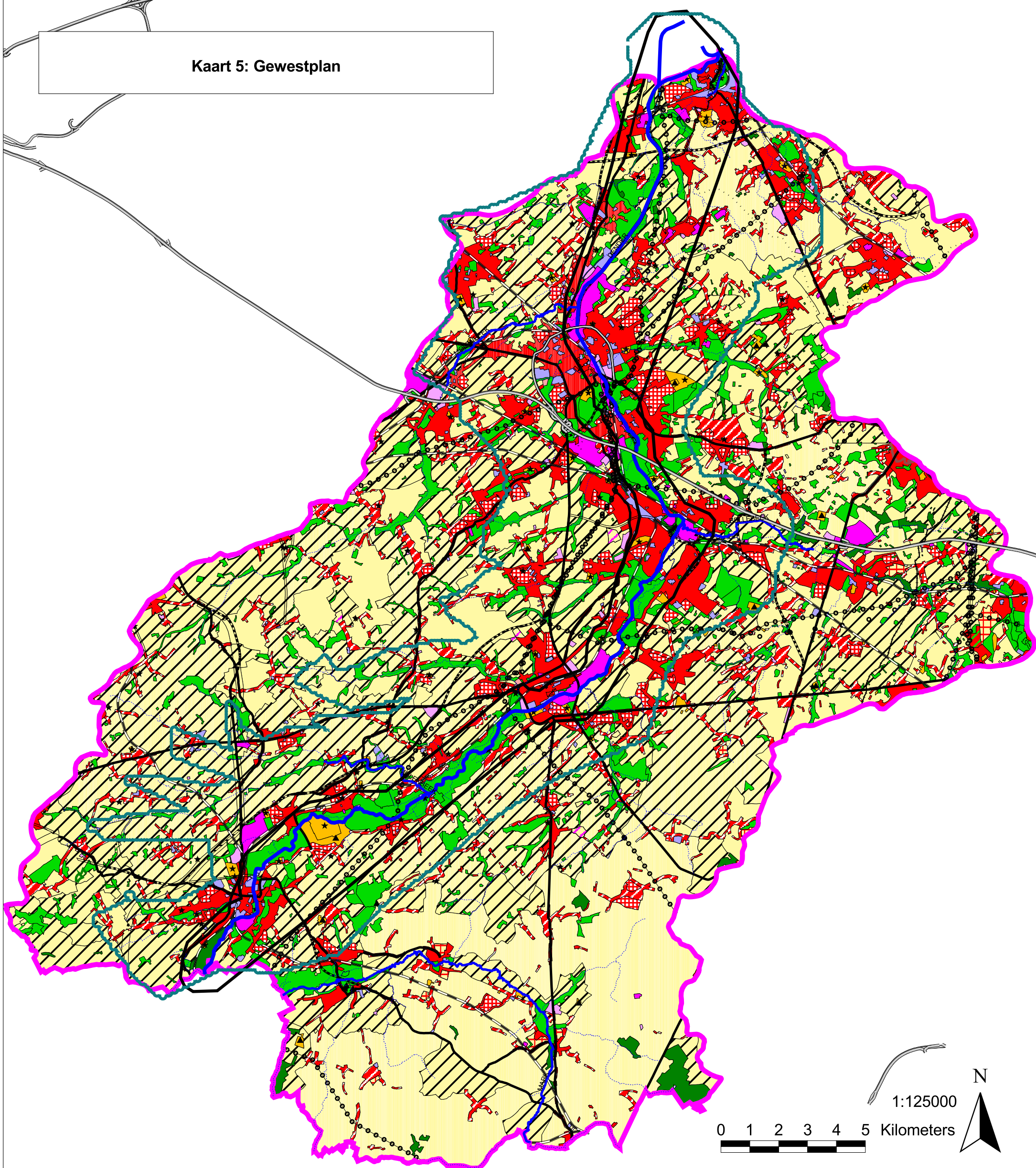
Vochttoestand

- nat, plas, water duidelijk boven maaiveld, mogelijk met water- of moerasplanten
- overstroomd gedurende een groot deel van het jaar, moeras
- nat (water ter hoogte van maaiveld), of met frequent wisselende waterstand die tijdelijk boven maaiveld komt
- nat of vochtig en duidelijk binnen bereik van grondwater (freatofyt)
- vochtig, al dan niet binnen bereik van grondwater, of indifferent
- matig vochtig (maar in regel afreatofyt)
- licht vochtig
- droog
- zeer droge omstandigheden, xerofiel
- geen data








- Bekkengrens
- Grens Modelgebied
- Grens Interessegebied
- Weg

- Waterloop**
- bevaarbaar
 - categorie 1
 - categorie 2

Kaart 5: Gewestplan

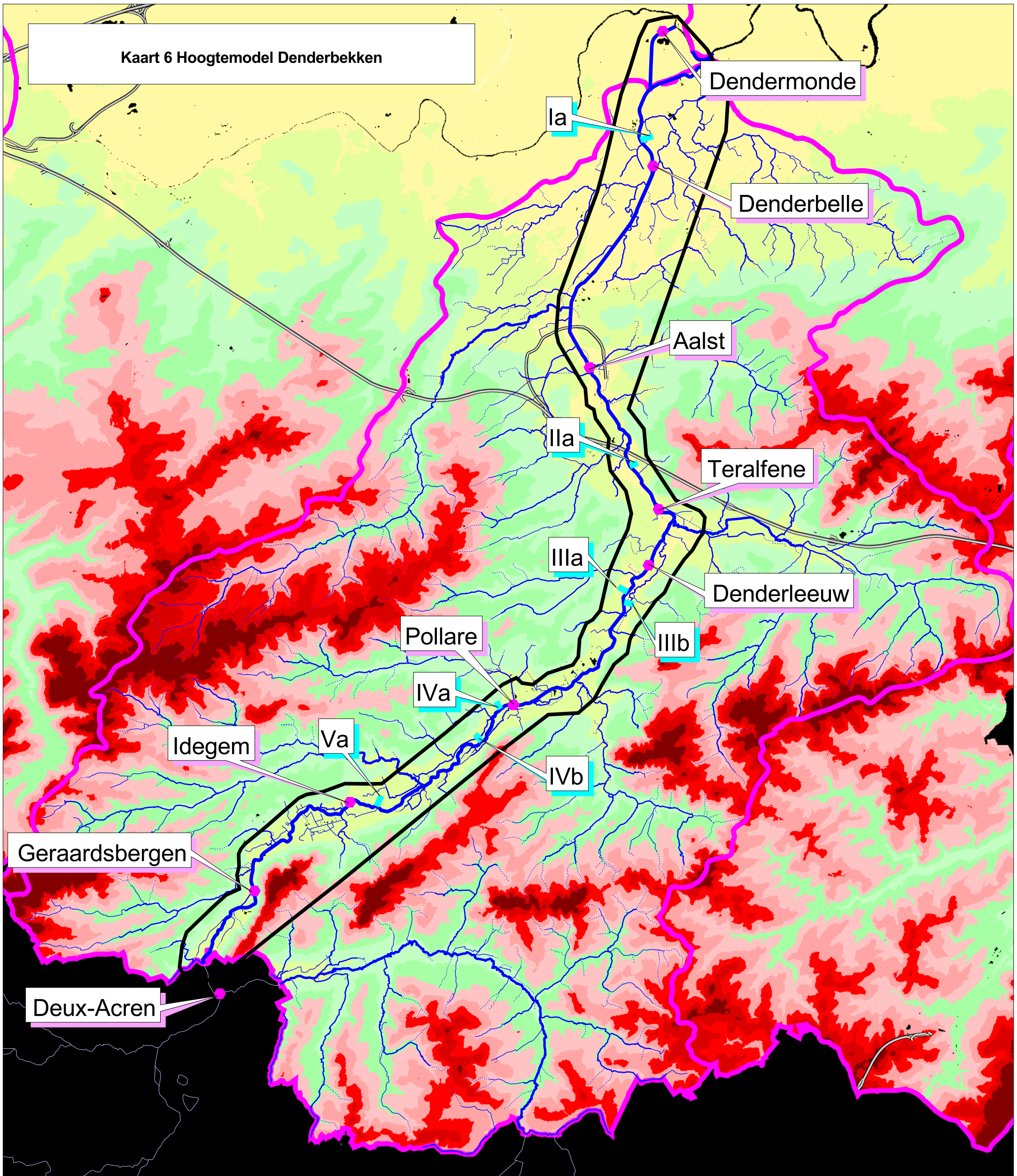


Legende

-  Bekkengrens
-  Grens Modelgebied
-  Grens Interessegebied
-  Weg
- Waterloop**
-  bevaarbaar
-  categorie 1
-  categorie 2

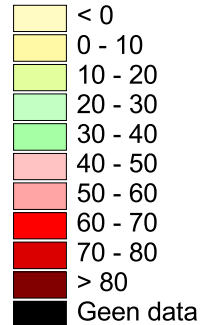
Een verklaring van de gebruikte kleuren en symbolen kan gevonden worden in de verklarende tekst bij het originele gewestplan.

Kaart 6 Hoogtemodel Denderbekken



Legende

DHM-Vlaanderen (mTAW)



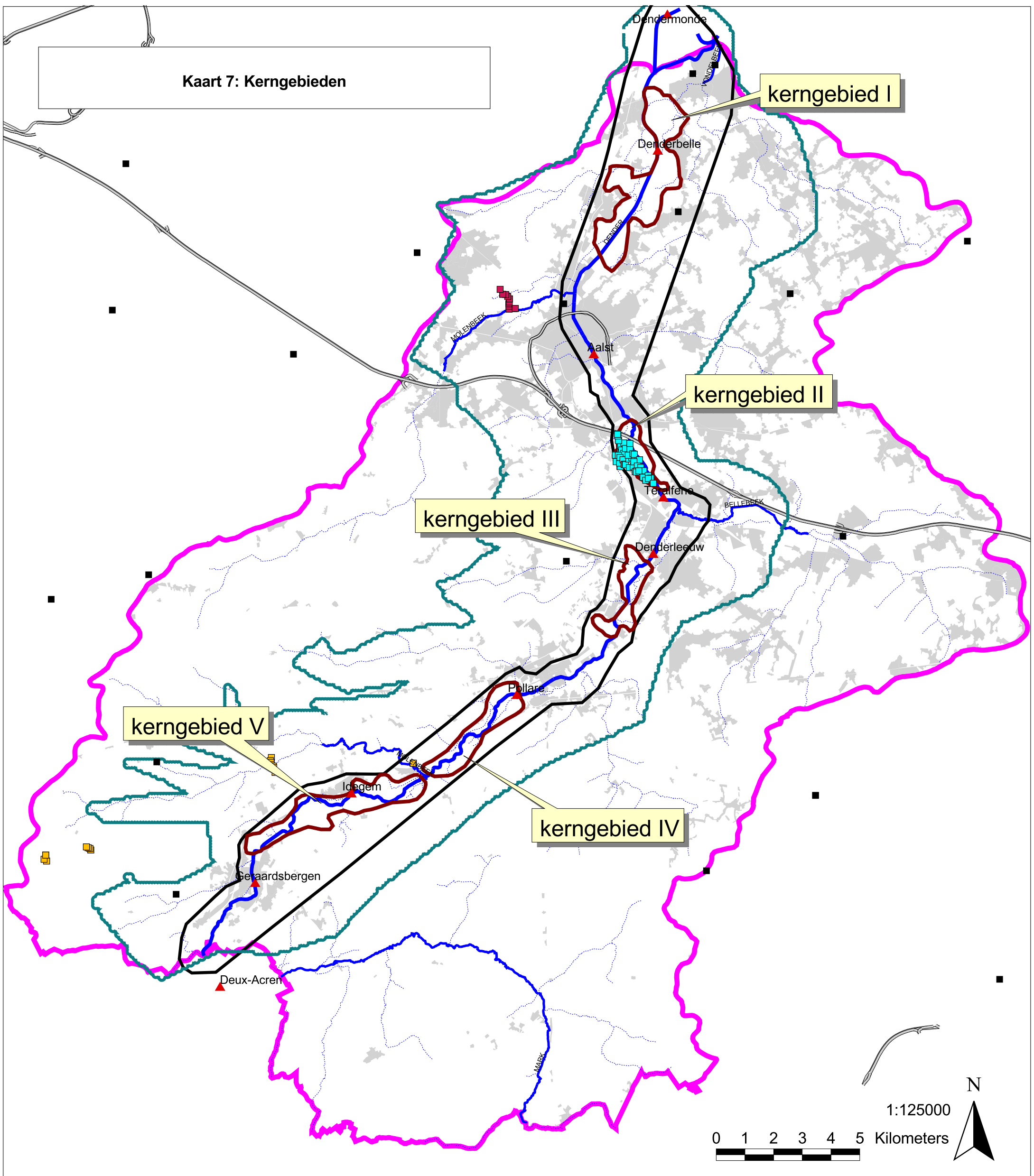
Waterloop




1:125000









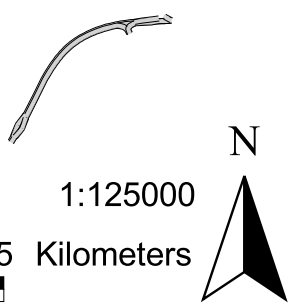
Kaart 7: Kerngebieden



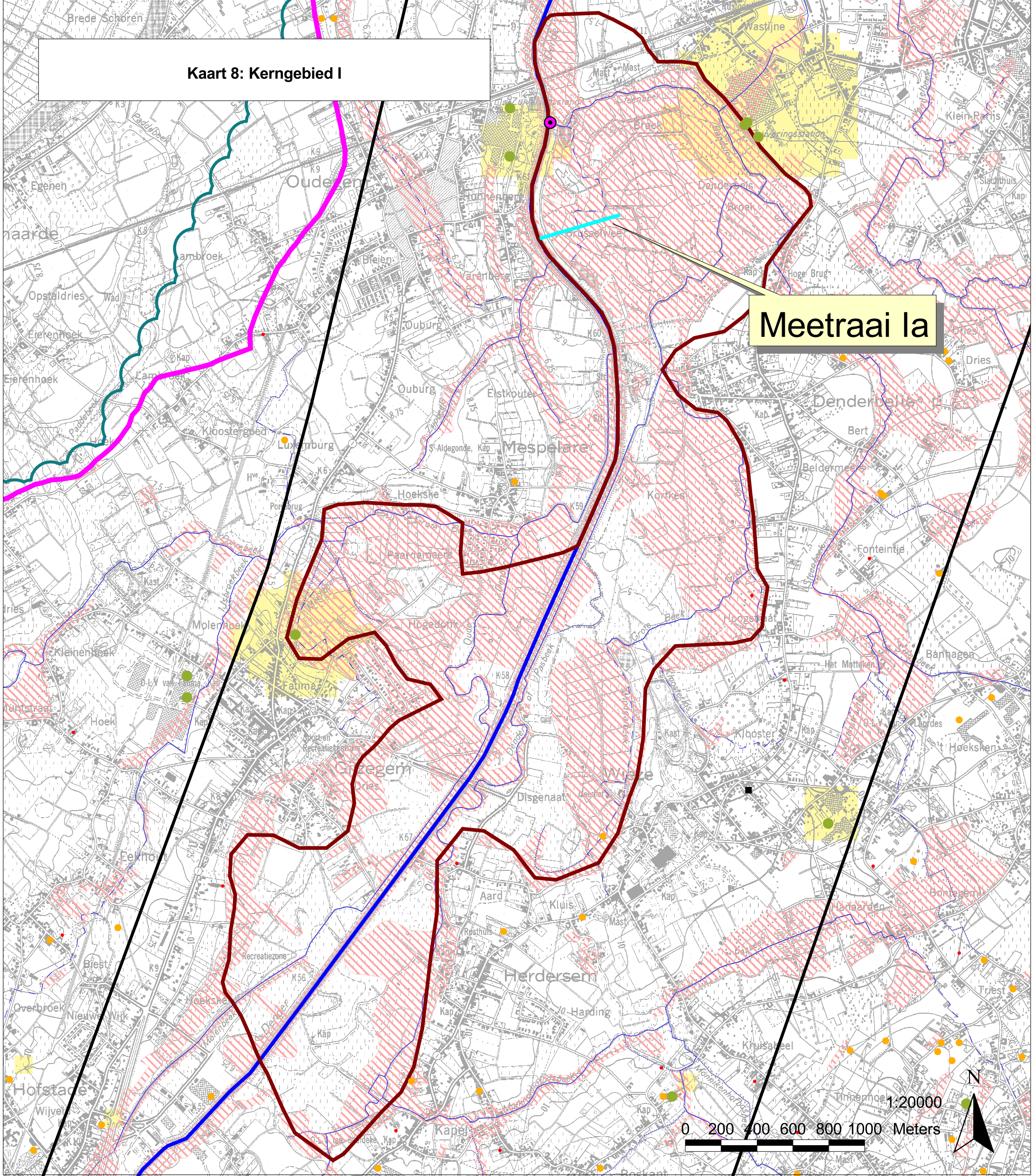
Legende

-  Bekkengrens
-  Grens Modelgebied
-  Grens Interessegebied
-  Urbaan Gebied
-  Weg
- Waterloop**
-  bevaarbaar
-  categorie 1
-  categorie 2

- Peilbuis**
-  VUB
-  DOV
-  Honegem
-  Wellemeersen
-  Sluis
-  Kerngebied



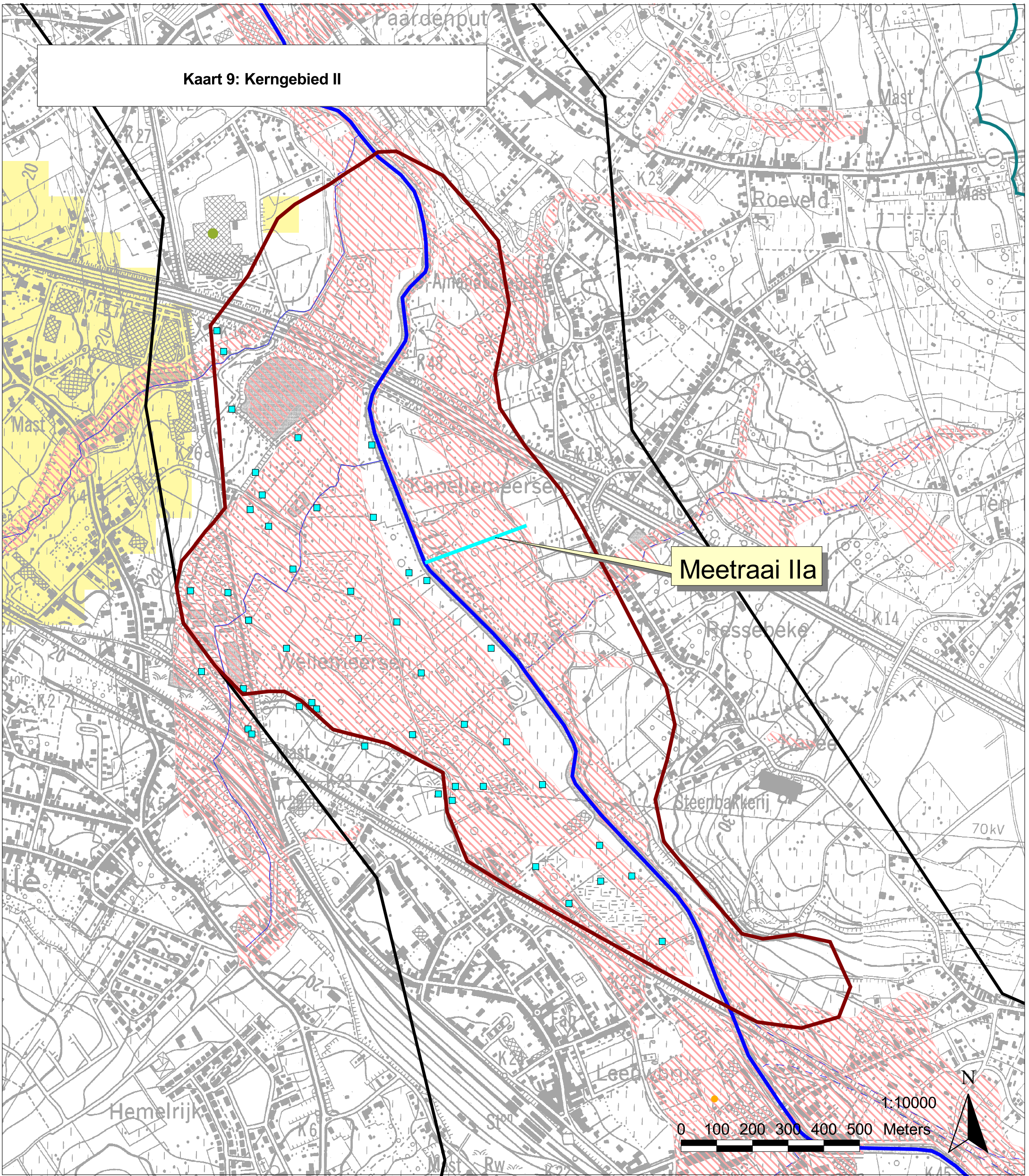
Kaart 8: Kerngebied I



Legende

- | | | |
|------------------------|------------------------------|--|
| Bekkengrens | Peilbuis VUB | Kerngebied |
| Grens Modelgebied | DOV | Van Nature Overstroombaar gebied vanuit de waterloop |
| Grens Interessegebied | Honegem | Invloedsgebied grondwateronttrekking (uit grondwatermodellering)
Grondwaterstandverlaging > 0,1 m |
| Waterloop | Wellemeersen | Voorstel meetraai |
| bevaarbaar categorie 1 | Grondwateronttrekking | |
| categorie 2 | klasse 3 (< 500 m³/jaar) | |
| categorie 3 | klasse 2 | |
| niet gecatalogeerd | klasse 1 (> 30.000 m³/jaar) | |
| | Pompemaal | |

Kaart 9: Kerngebied II



Legende

- Bekkengrens
- Grens Modelgebied
- Grens Interessegebied

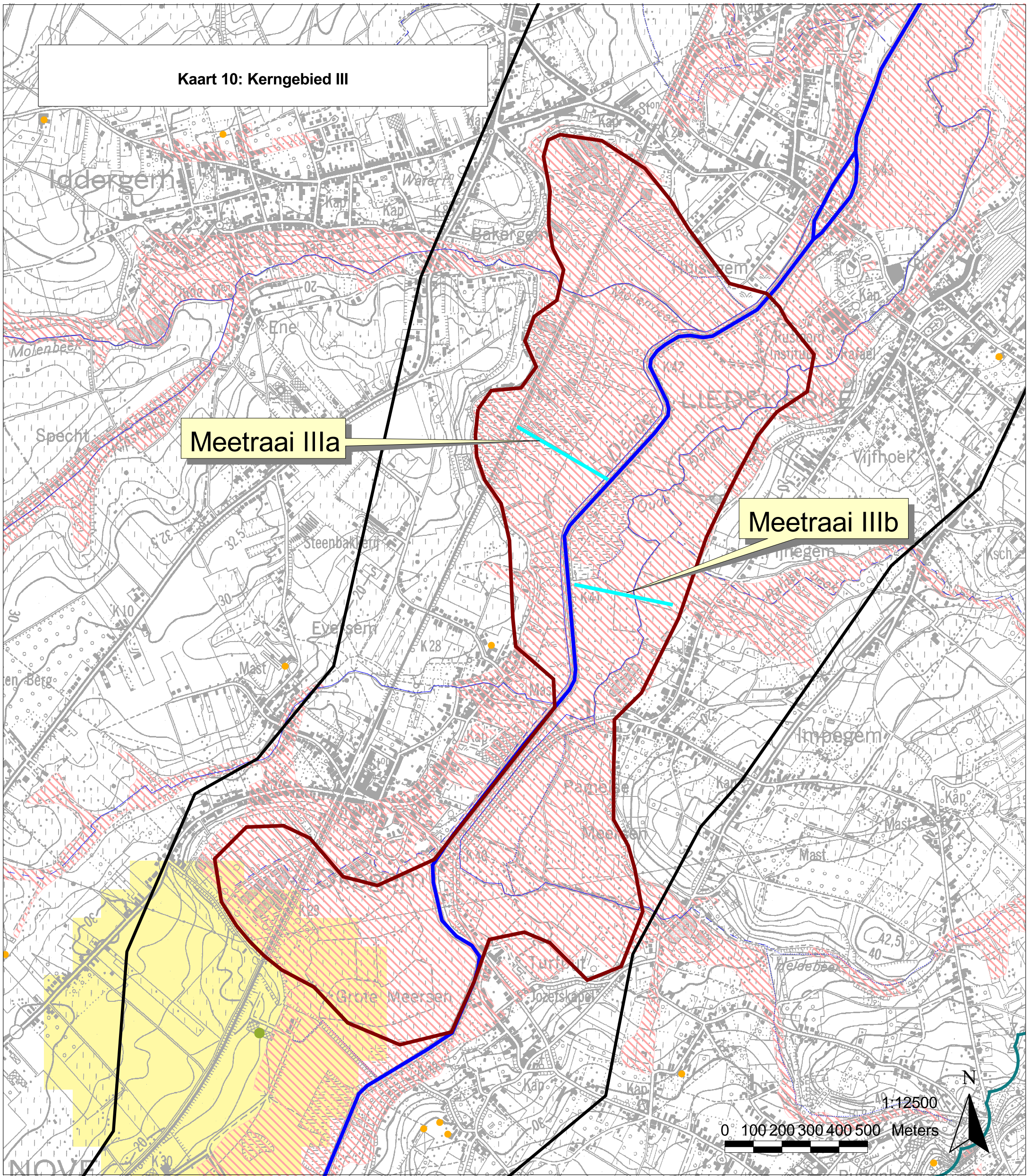
- Waterloop**
- bevaarbaar
 - categorie 1
 - categorie 2
 - categorie 3
 - niet gecatalogeerd

- Peilbuis**
- VUB
 - DOV
 - Honegem
 - Wellemeersen

- Grondwateronttrekking**
- klasse 3 (< 500 m³/jaar)
 - klasse 2
 - klasse 1 (> 30.000 m³/jaar)
 - Pompgemaal

- Kerngebied
- Van Nature Overstroombaar gebied vanuit de waterloop
- Invloedsgebied grondwateronttrekking (uit grondwatermodellering) Grondwaterstandverlaging > 0,1 m
- Voorstel meetraai

Kaart 10: Kerngebied III



Legende

- Bekkengrens
- Grens Modelgebied
- Grens Interessegebied

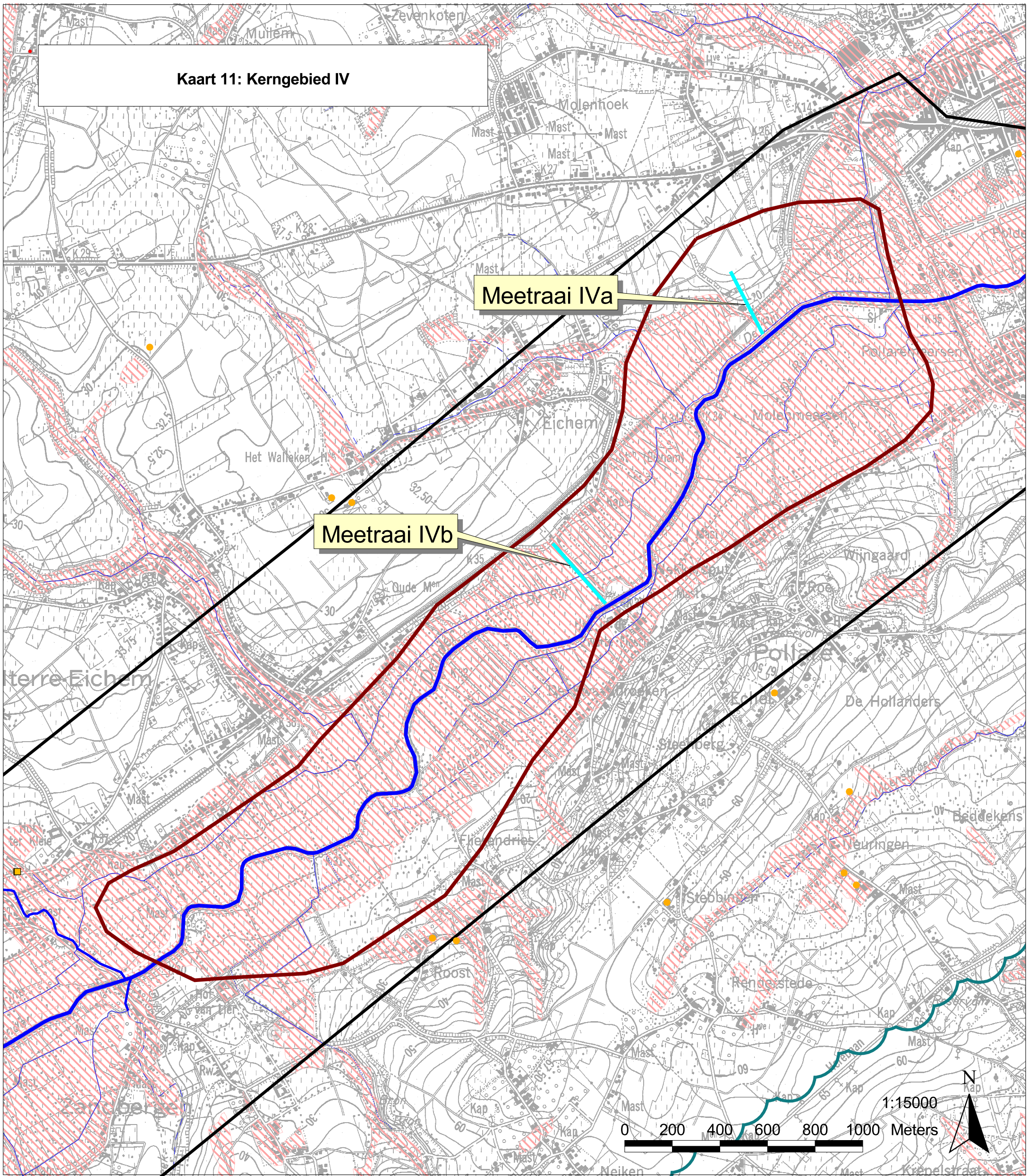
- Waterloop**
- bevaarbaar
 - categorie 1
 - categorie 2
 - categorie 3
 - niet gecatalogeerd

- Peilbuis**
- VUB
 - DOV
 - Honegem
 - Wellemeersen

- Grondwateronttrekking**
- klasse 3 (< 500 m³/jaar)
 - klasse 2
 - klasse 1 (> 30.000 m³/jaar)
 - Pompemaal

- Kerngebied
- Van Nature Overstroombaar gebied vanuit de waterloop
- Invloedsgebied grondwateronttrekking (uit grondwatermodellering) Grondwaterstandverlaging > 0,1 m
- Voorstel meetraai

Kaart 11: Kerngebied IV



Legende

- Bekkengrens
- Grens Modelgebied
- Grens Interessegebied

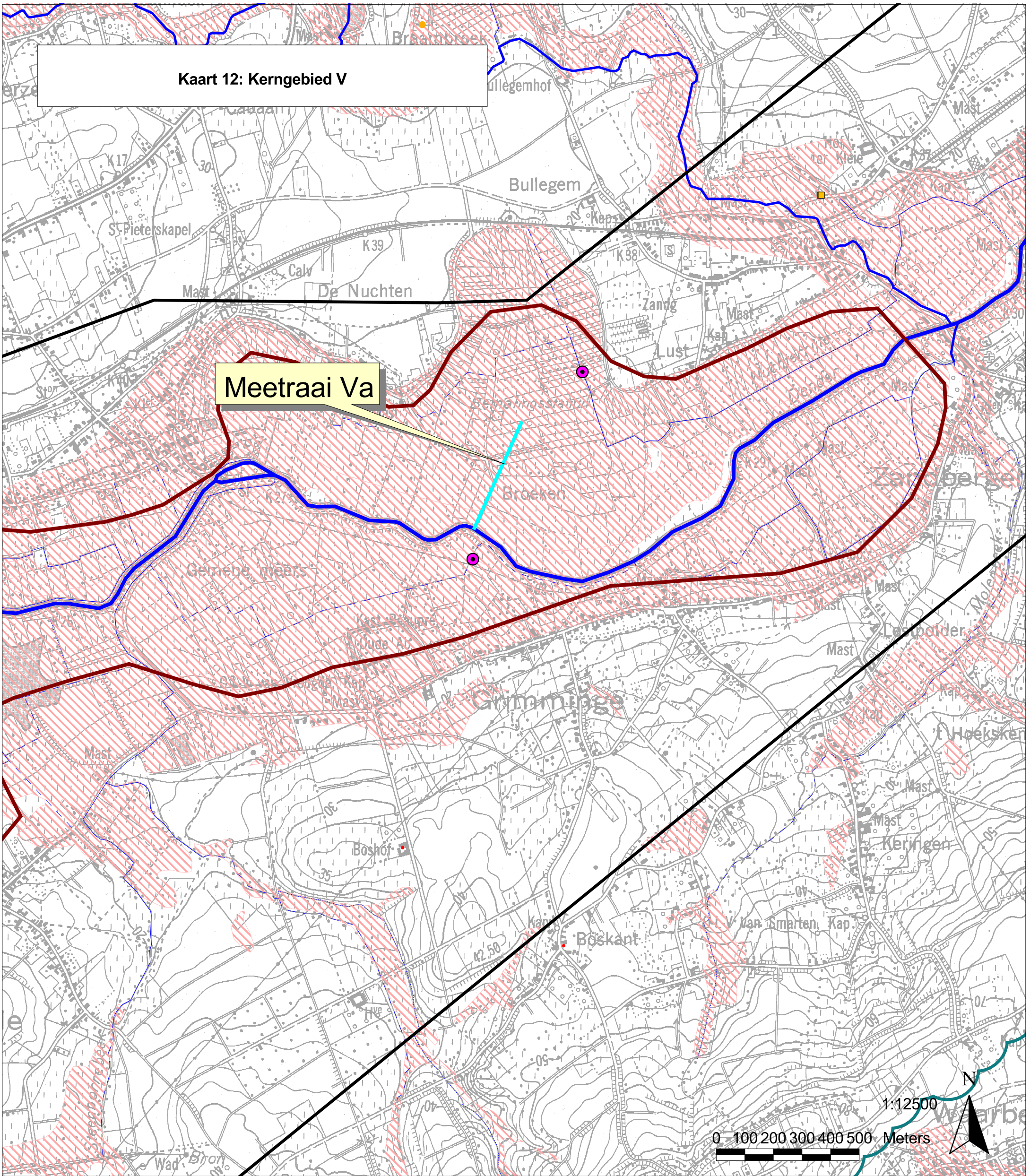
- Waterloop**
- bevaarbaar
 - categorie 1
 - categorie 2
 - categorie 3
 - niet gecatalogeerd

- Peilbuis**
- VUB
 - DOV
 - Honegem
 - Wellemeersen

- Grondwateronttrekking**
- klasse 3 (< 500 m³/jaar)
 - klasse 2
 - klasse 1 (> 30.000 m³/jaar)
 - Pompemaal

- Kerngebied
- Van Nature Overstroombaar gebied vanuit de waterloop
- Invloedsgebied grondwateronttrekking (uit grondwatermodellering) Grondwaterstandverlaging > 0,1 m
- Voorstel meetraai

Kaart 12: Kerngebied V



Meetraai Va

Legende

- Bekkengrens
- Grens Modelgebied
- Grens Interessegebied

- Waterloop**
- bevaarbaar
 - categorie 1
 - categorie 2
 - categorie 3
 - niet gecatalogeerd

- Peilbuis**
- VUB
 - DOV
 - Honegem
 - Wellemeersen

- Grondwateronttrekking**
- klasse 3 (< 500 m³/jaar)
 - klasse 2
 - klasse 1 (> 30.000 m³/jaar)
 - Pompemaal

- Kerngebied
- Van Nature Overstroombaar gebied vanuit de waterloop
- Invloedsgebied grondwateronttrekking (uit grondwatermodellering)
Grondwaterstandverlaging > 0,1 m
- Voorstel meetraai

Kaart 13: Meetraai Ia (Orthofoto en Kadscan)



Legende

- Kadastergegevens
- Piëzometer
- Piëzometer (herplaatst)
- Gemeentegrens

- ### Waterloop
- Bevaarbaar
 - Categorie 1
 - Categorie 2
 - Categorie 3
 - Niet geklasseerd

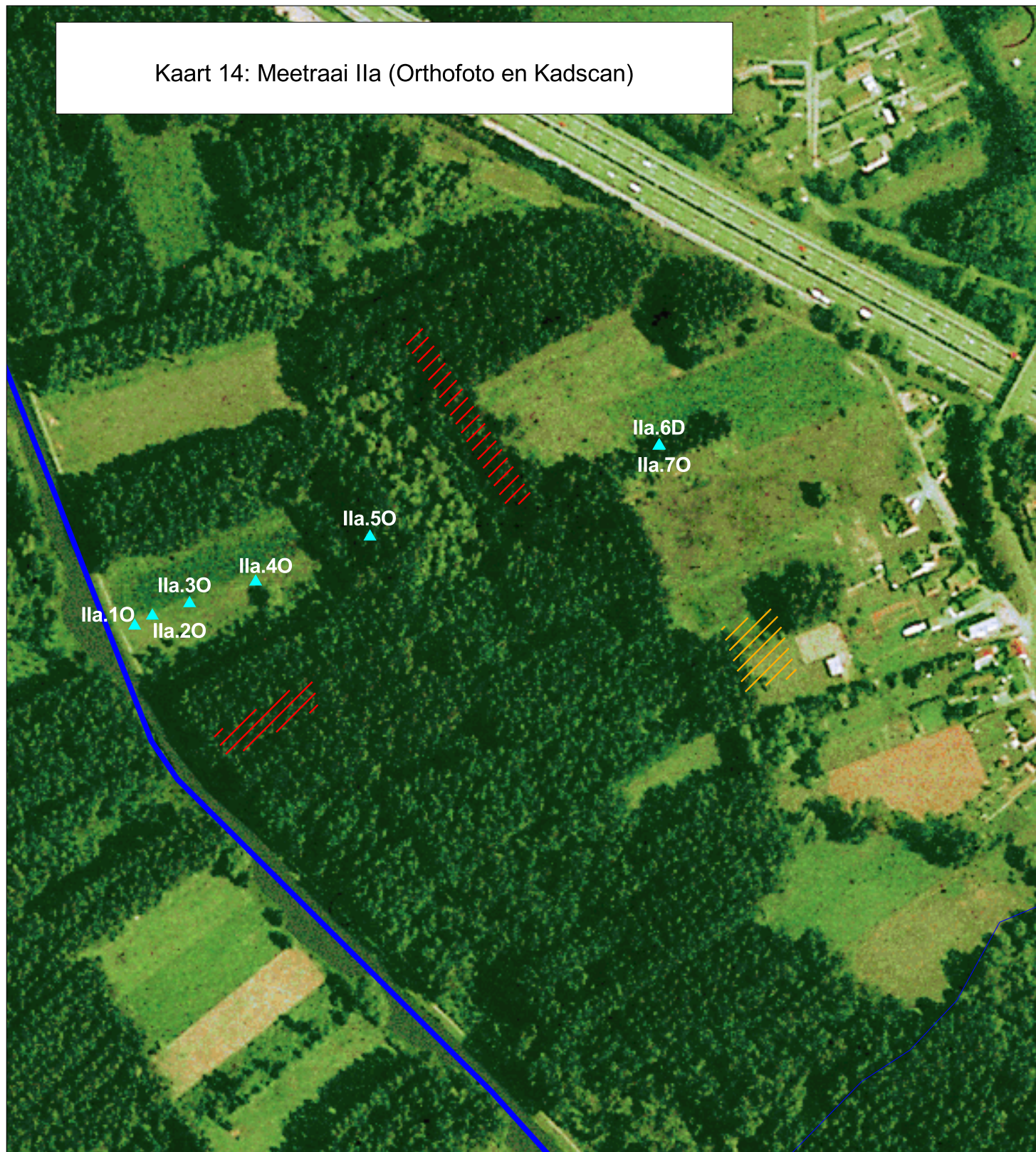
- ### Bezwaren
- verbod tot plaatsen
 - opmerking

Bron: OC-GIS Vlaanderen





1:3000 N





Kaart 14: Meetraai Ila (Orthofoto en Kadscan)



Legende

-  Kadastergegevens
-  Piëzometer
-  Piëzometer (herplaatst)
-  Gemeentegrens

- Waterloop
-  Bevaarbaar
 -  Categorie 1
 -  Categorie 2
 -  Categorie 3
 -  Niet geklasseerd

- Bezwaren
-  verbod tot plaatsen
 -  opmerking

1:3000 N



soresma






Bron: OC-GIS Vlaanderen

104736139



Kaart 15: Meetraai IIIa (Orthofoto en Kadscan)



Legende

-  Luchtdrukmeter
-  Kadastergegevens
-  Piëzometer
-  Piëzometer (herplaatst)
-  Gemeentegrens

- Waterloop
-  Bevaarbaar
 -  Categorie 1
 -  Categorie 2
 -  Categorie 3
 -  Niet geklasseerd

- Bezwaren
-  verbod tot plaatsen
 -  opmerking

1:3000 N

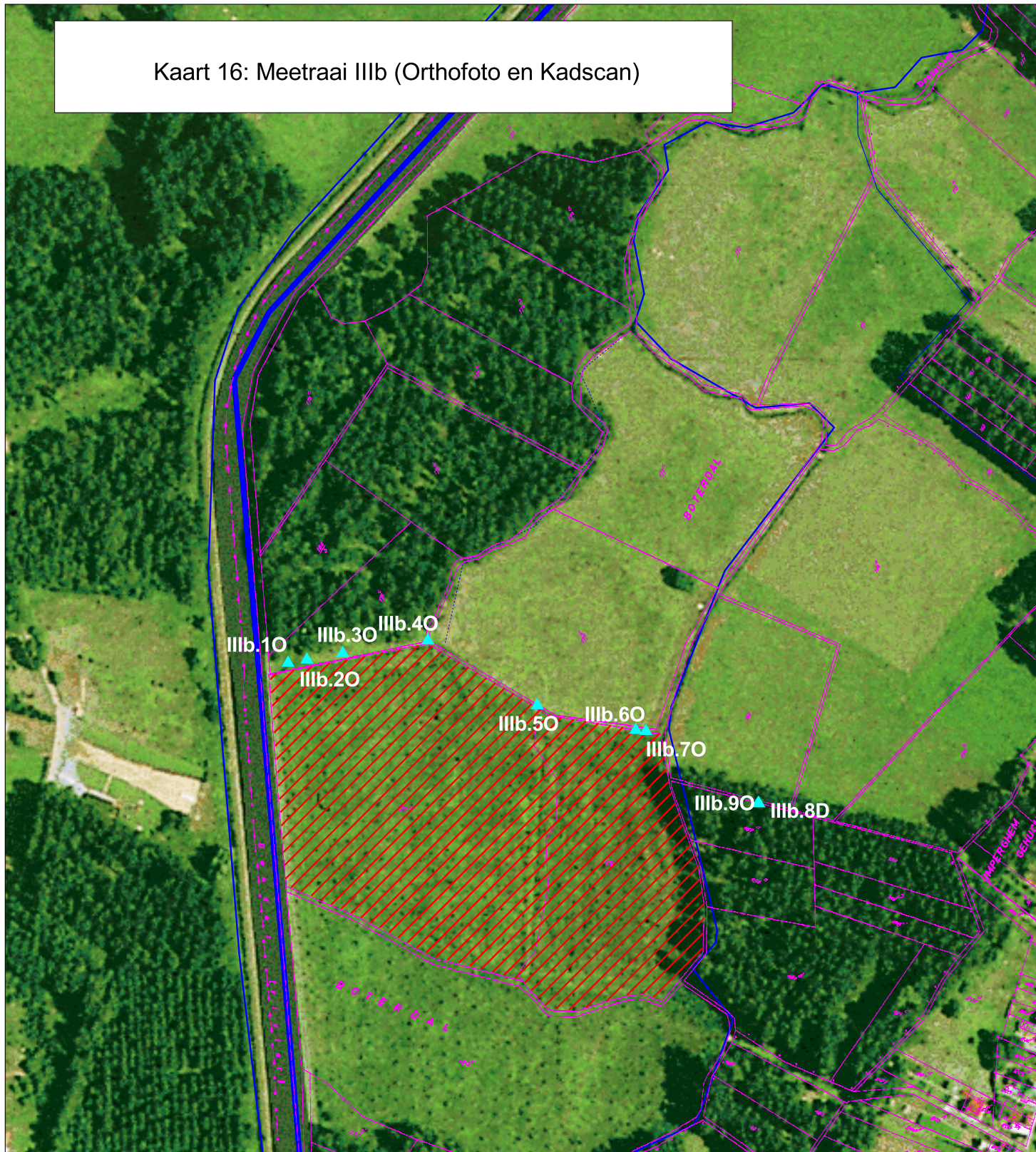


soresma

Bron: OC-GIS Vlaanderen

104736139

Kaart 16: Meetraai IIIb (Orthofoto en Kadscan)



Legende

- Kadastergegevens
- Piëzometer
- Piëzometer (herplaatst)
- Gemeentegrens

- ### Waterloop
- Bevaarbaar
 - Categorie 1
 - Categorie 2
 - Categorie 3
 - Niet geklasseerd

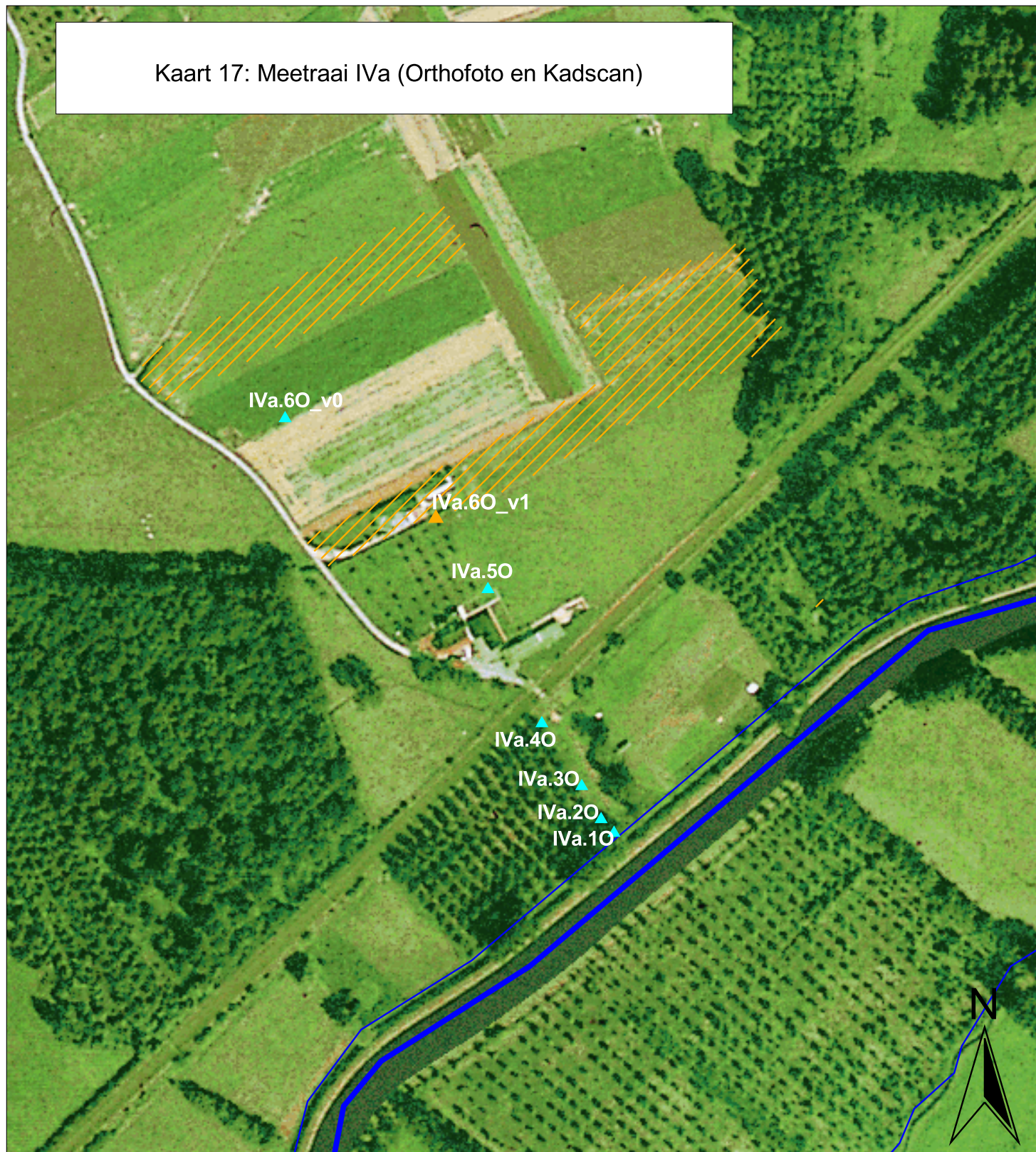
- ### Bezwaren
- verbod tot plaatsen
 - opmerking

1:3000 N







Bron: OC-GIS Vlaanderen



Kaart 17: Meetraai IVa (Orthofoto en Kadscan)



Legende

-  Kadastergegevens
-  Piëzometer
-  Piëzometer (herplaatst)
-  Gemeentegrens

- ### Waterloop
-  Bevaarbaar
 -  Categorie 1
 -  Categorie 2
 -  Categorie 3
 -  Niet geklasseerd

- ### Bezwaren
-  verbod tot plaatsen
 -  opmerking

1:3000 N

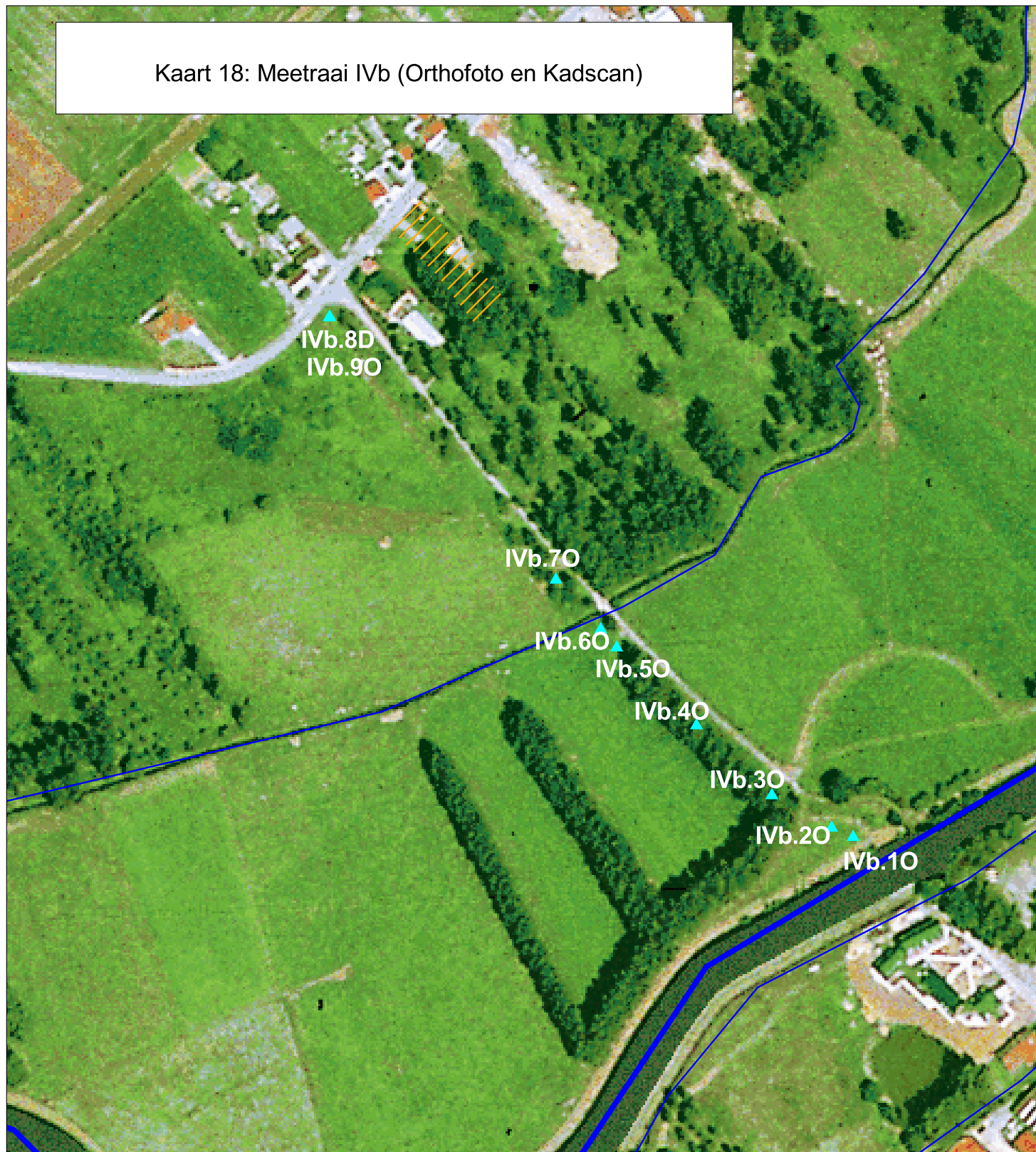


soresma


Bron: OC-GIS Vlaanderen

104736110_kadscan+ortho061309

Kaart 18: Meetraai IVb (Orthofoto en Kadscan)



Legende


 Kadastergegevens

 Piëzometer

 Piëzometer (herplaatst)

 Gemeentegrens


Waterloop

 Bevaarbaar


 Categorie 1

 Categorie 2

 Categorie 3

 Niet geklasseerd

Bezwaren

 verbod tot plaatsen

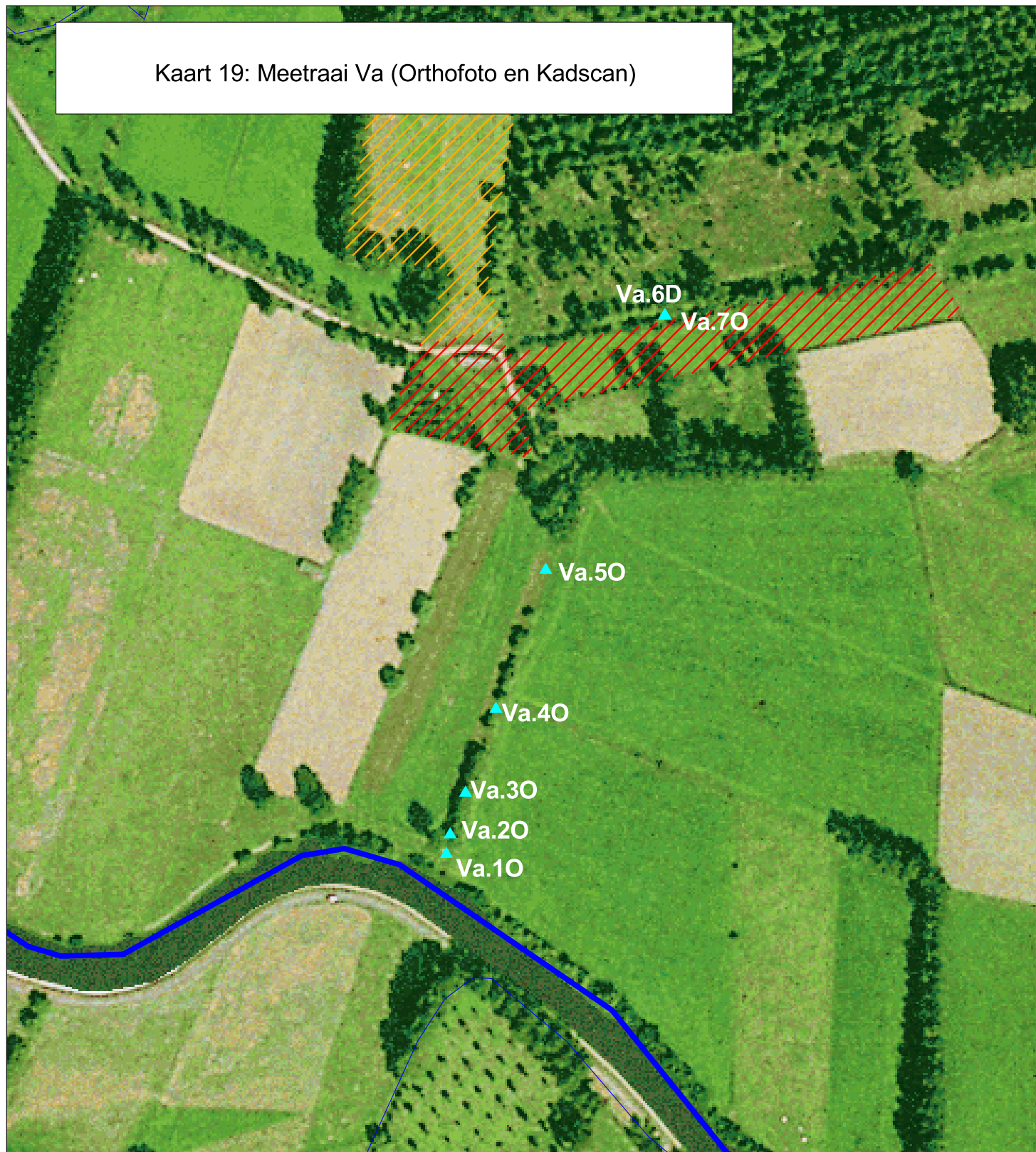
 opmerking

1:2500 N



Bron: OC-GIS Vlaanderen

Kaart 19: Meetraai Va (Orthofoto en Kadscan)



Legende

- Kadastergegevens
- Piëzometer
- Piëzometer (herplaatst)
- Gemeentegrens

- ### Waterloop
- Bevaarbaar
 - Categorie 1
 - Categorie 2
 - Categorie 3
 - Niet geklasseerd

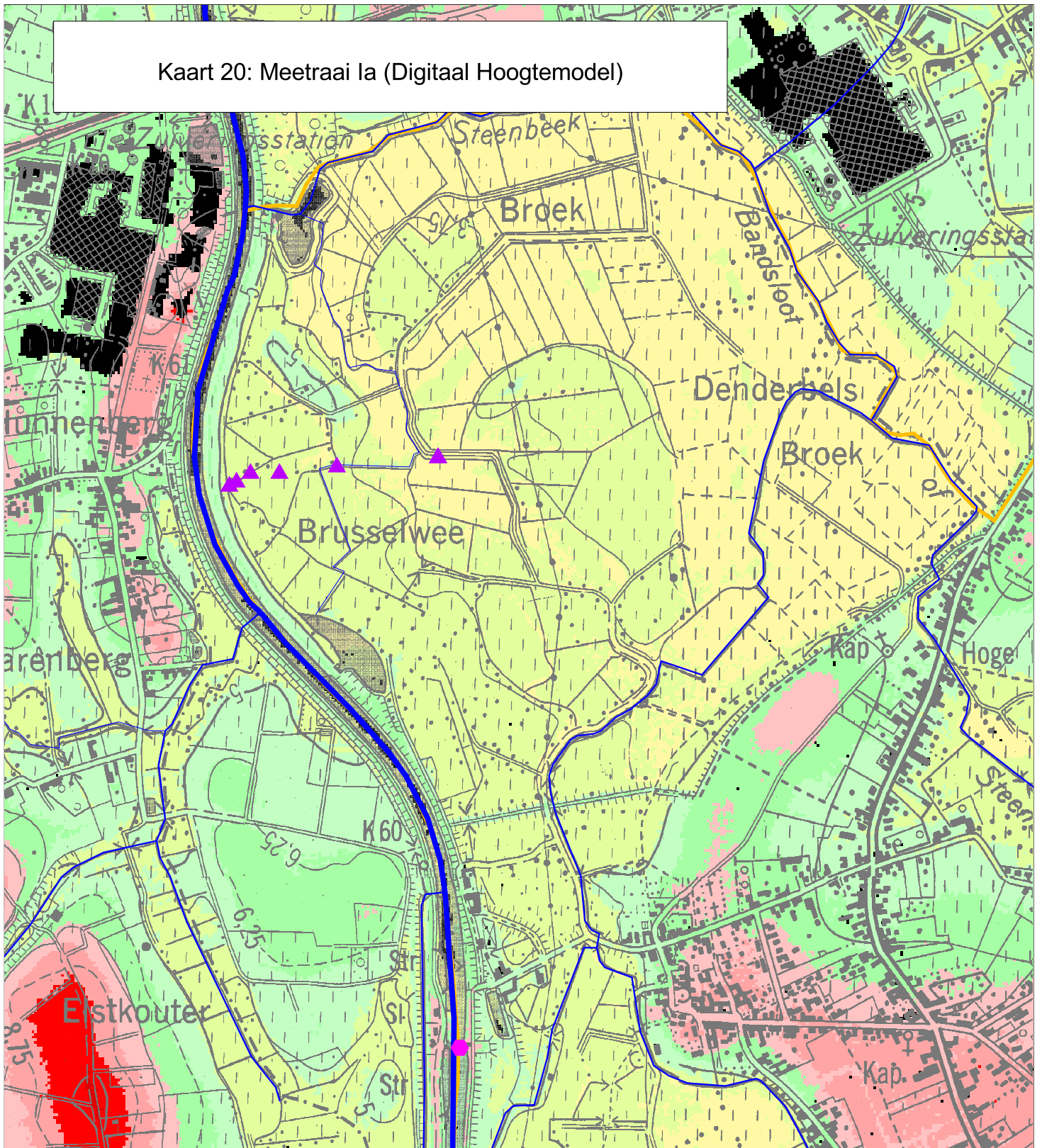
- ### Bezwaren
- verbod tot plaatsen
 - opmerking

1:2500 N












Bron: OC-GIS Vlaanderen

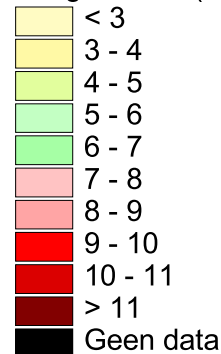
Kaart 20: Meetraai Ia (Digitaal Hoogtemodel)



Legende

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">  Sluis  Piëzometer  Piëzometer (herplaatst)  Gemeentegrens | <p>Waterloop</p> <ul style="list-style-type: none">  Bevaarbaar  Categorie 1  Categorie 2  Categorie 3  Niet geklasseerd |
|---|--|

Hoogtemodel (mTAW)



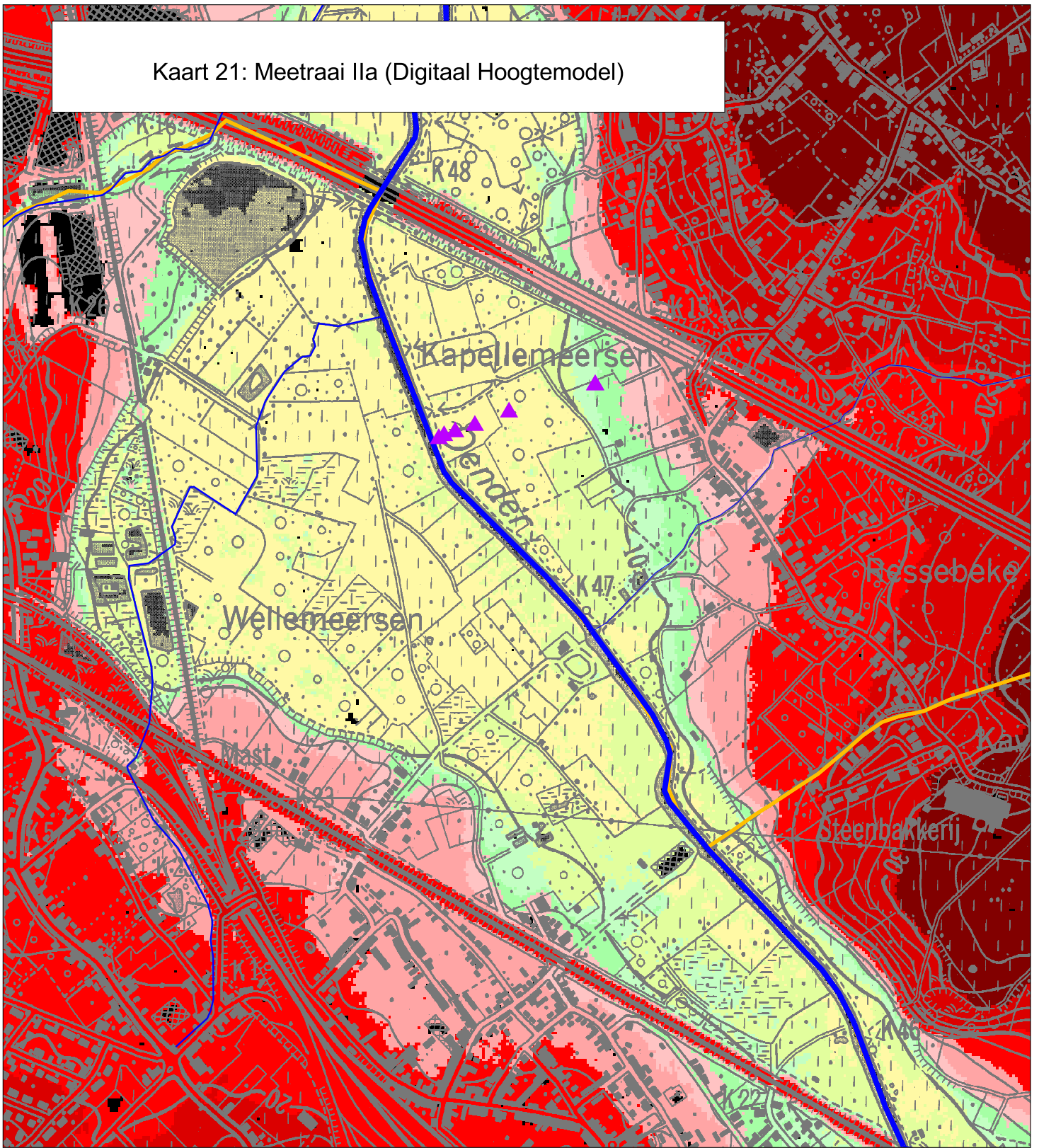
1:10000

N












soresma

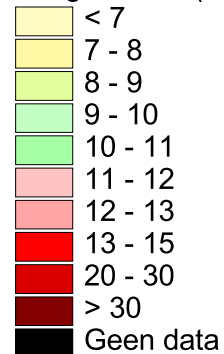
Kaart 21: Meetraai Ila (Digitaal Hoogtemodel)



Legende

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">  Sluis  Piëzometer  Piëzometer (herplaatst)  Gemeentegrens | <p>Waterloop</p> <ul style="list-style-type: none">  Bevaarbaar  Categorie 1  Categorie 2  Categorie 3  Niet geklasseerd |
|---|--|

Hoogtemodel (mTAW)



1:10000

N

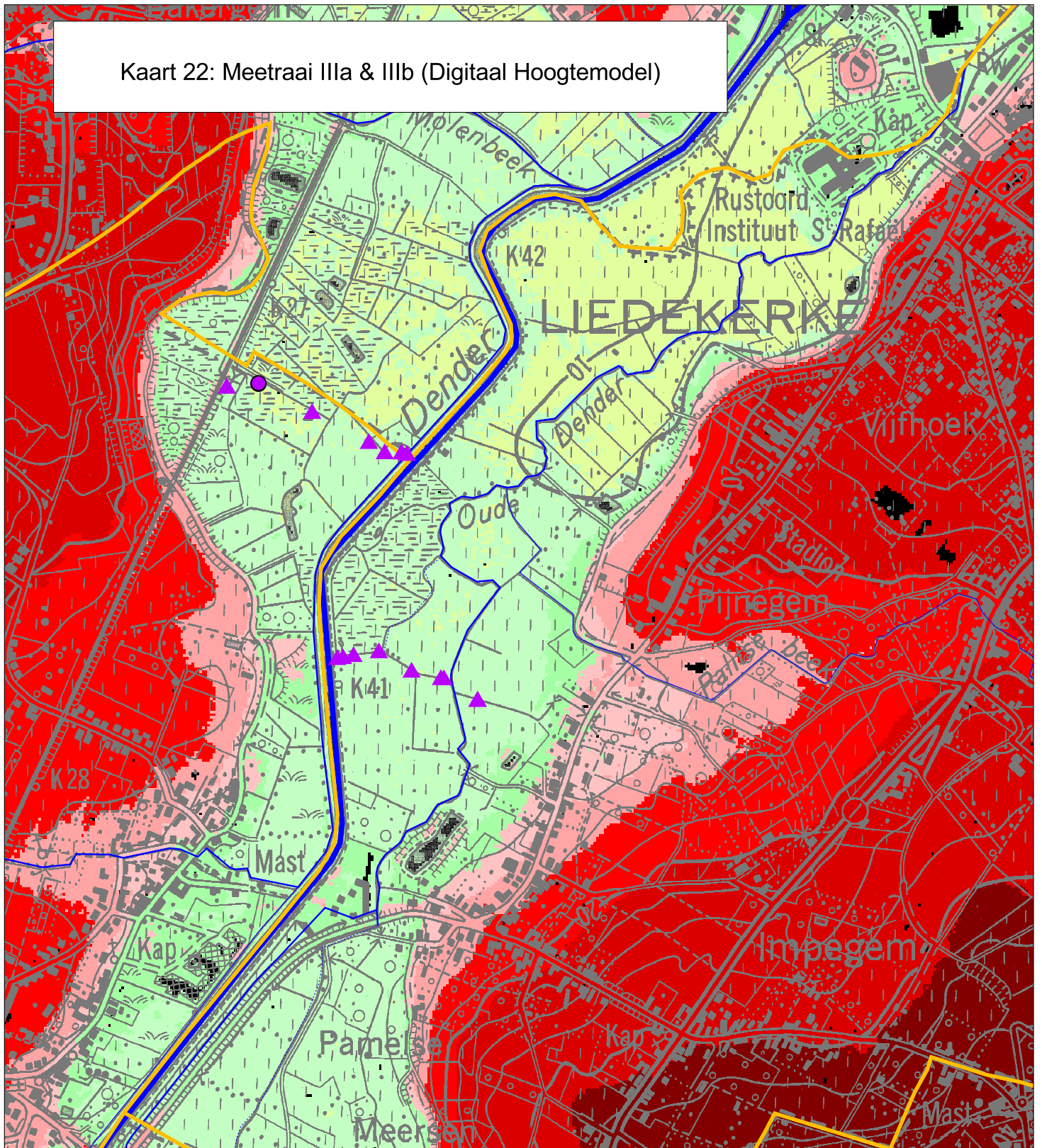


soresma










Bron: OC-GIS Vlaanderen

104736139

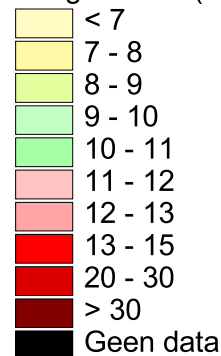
Kaart 22: Meetraai IIIa & IIIb (Digitaal Hoogtemodel)



Legende

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">  Sluis  Piëzometer  Piëzometer (herplaatst)  Gemeentegrens | <p>Waterloop</p> <ul style="list-style-type: none">  Bevaarbaar  Categorie 1  Categorie 2  Categorie 3  Niet geklasseerd |
|---|--|

Hoogtemodel (mTAW)



1:10000

N

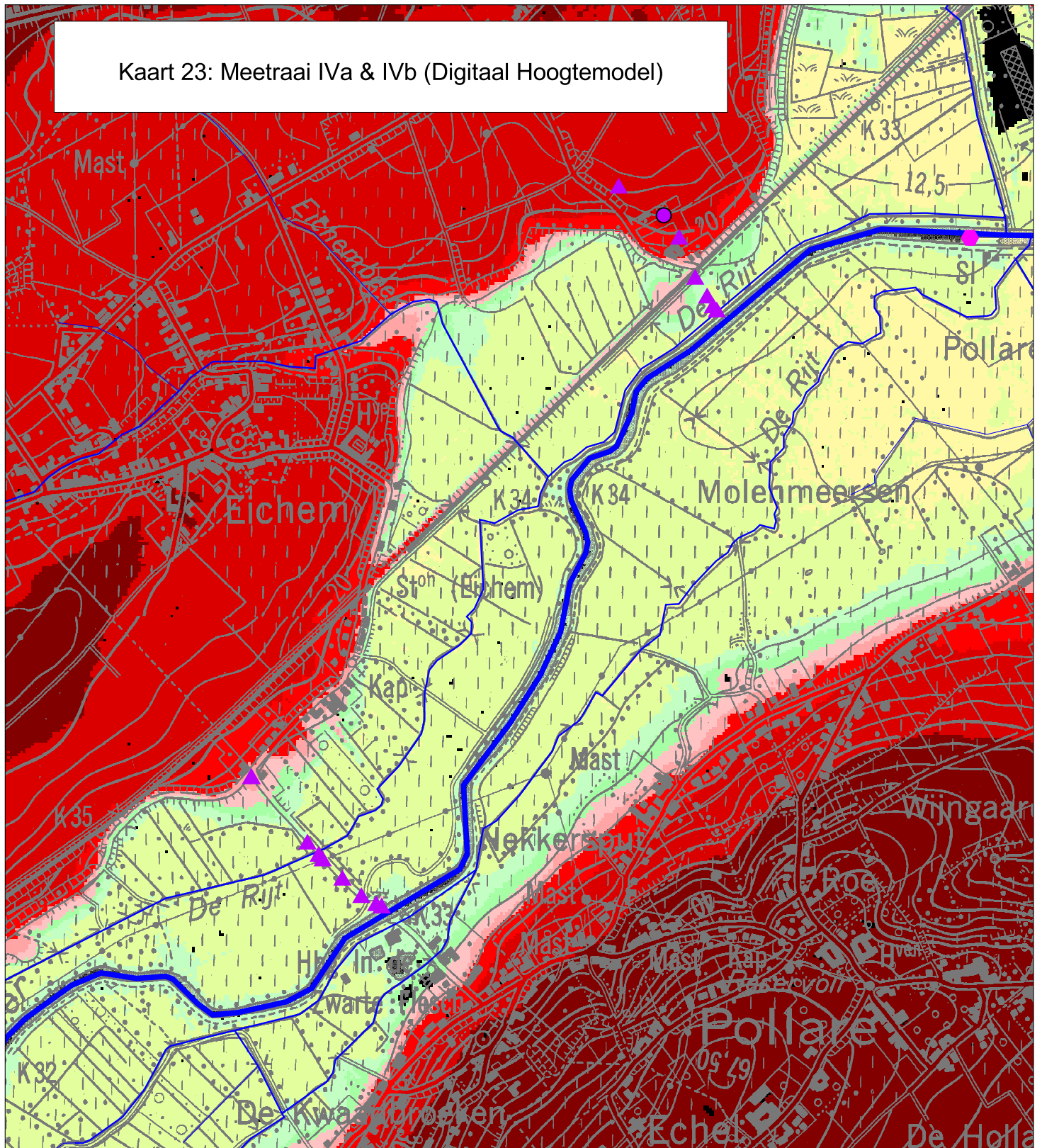


soresma





Bron: OC-GIS Vlaanderen

104736139

Kaart 23: Meetraai IVa & IVb (Digitaal Hoogtemodel)

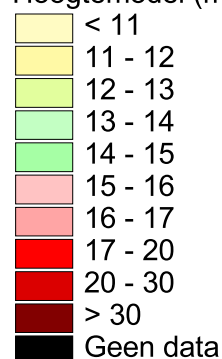


Legende

-  Sluis
-  Piëzometer
-  Piëzometer (herplaatst)
-  Gemeentegrens

- Waterloop
-  Bevaarbaar
 -  Categorie 1
 -  Categorie 2
 -  Categorie 3
 -  Niet geklasseerd

Hoogtemodel (mTAW)



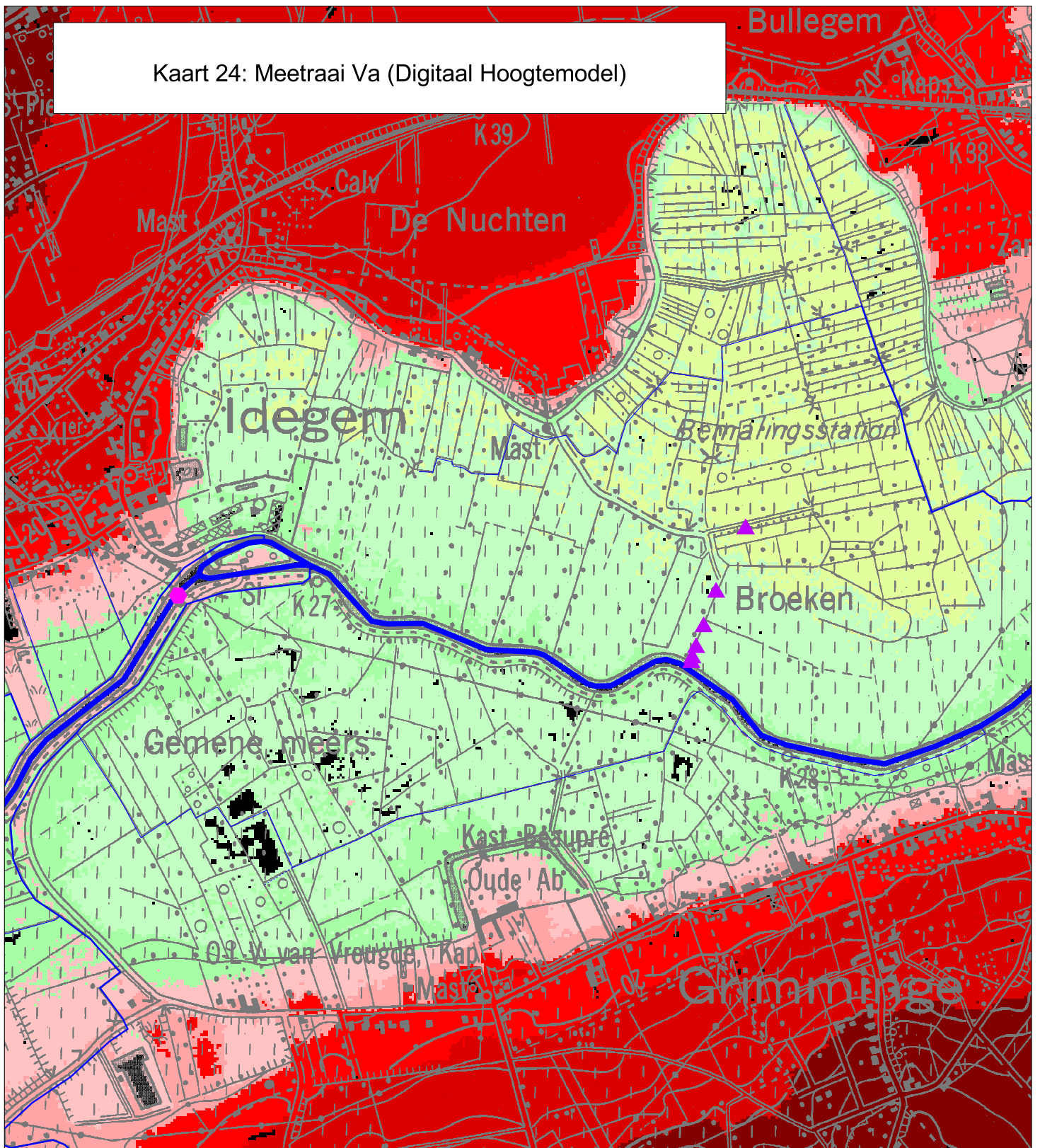
1:10000

N












soresma

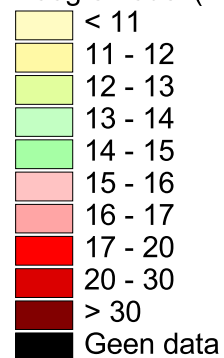
Kaart 24: Meetraai Va (Digitaal Hoogtemodel)



Legende

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">  Sluis  Piëzometer  Piëzometer (herplaatst)  Gemeentegrens | <p>Waterloop</p> <ul style="list-style-type: none">  Bevaarbaar  Categorie 1  Categorie 2  Categorie 3  Niet geklasseerd |
|---|--|

Hoogtemodel (mTAW)



1:10000

N



soresma

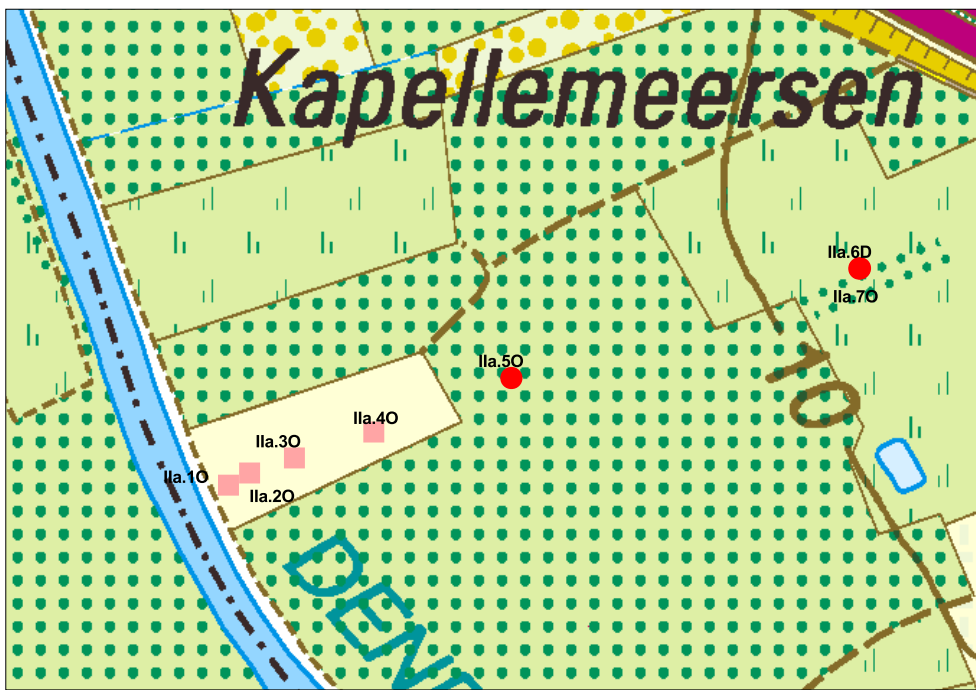
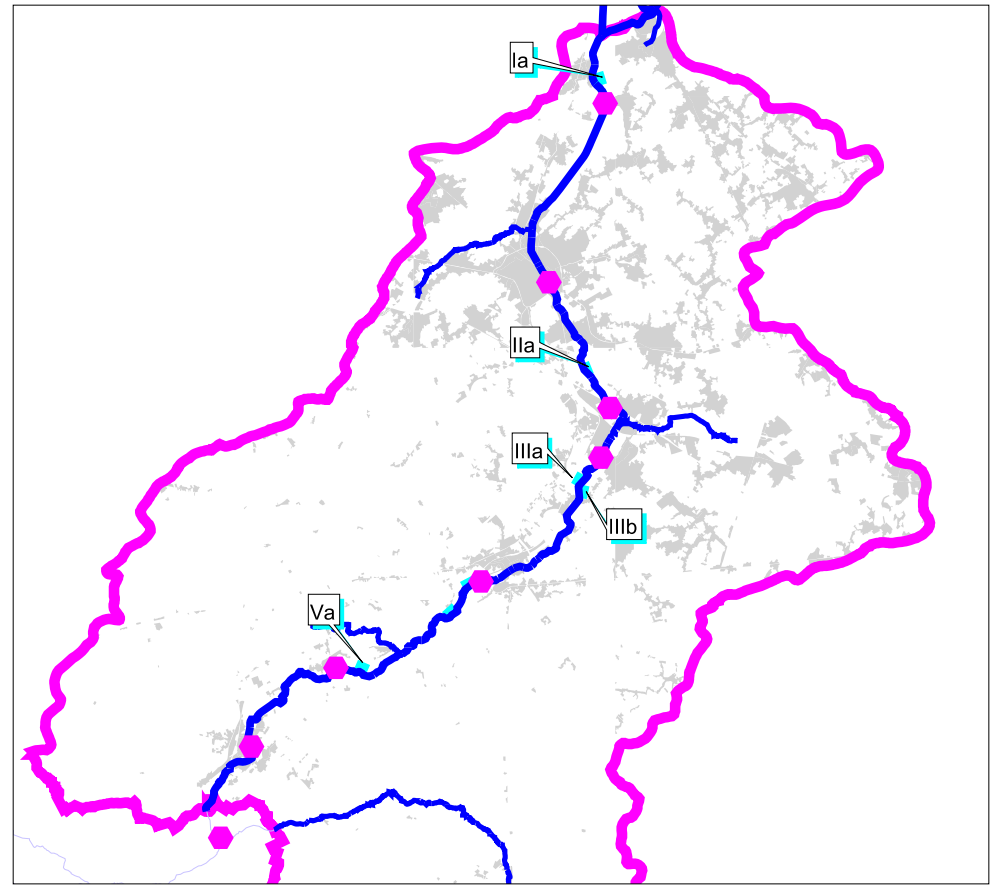
Bron: OC-GIS Vlaanderen

104736139

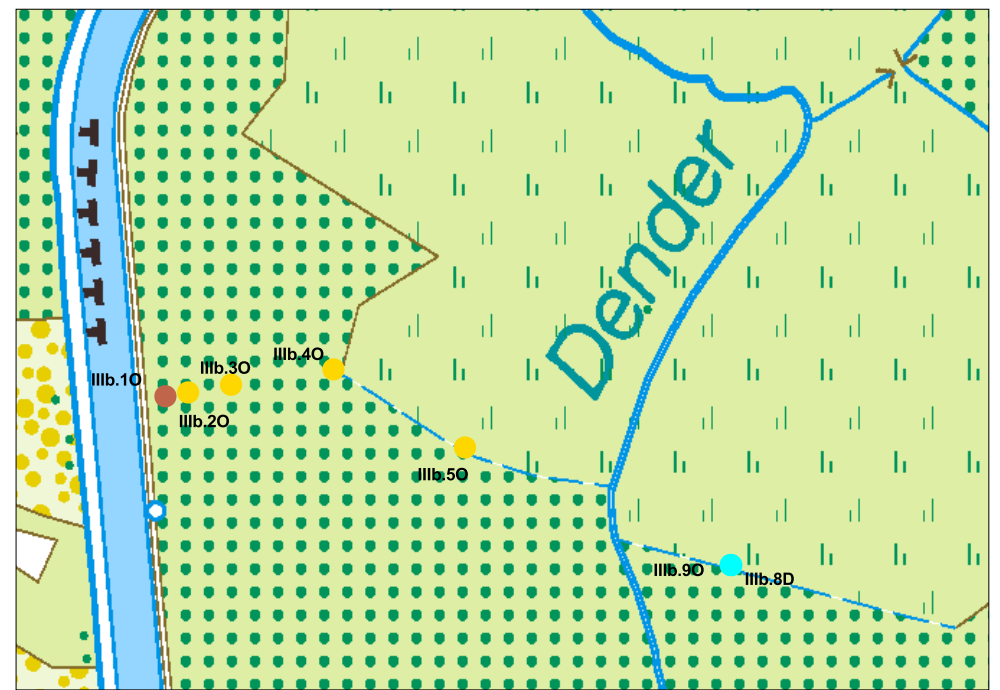
Kaart 25: Grondwatertypes



Meetraai Ia



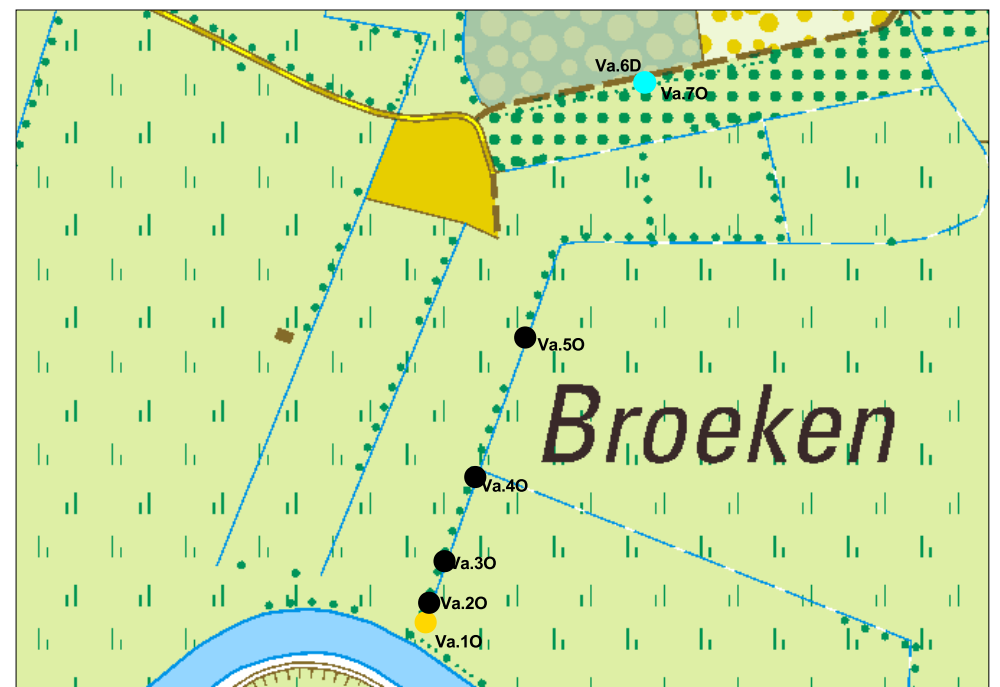
Meetraai IIa



Meetraai IIIb



Meetraai IIIa



Meetraai Va

Legende

- Grondwatertype
- Type 1
 - Type 2
 - Type 3a
 - Type 3b
 - Type 4
 - Type 5

- Waterloop
- Bevaarbaar
 - Categorie 1
 - Categorie 2
 - Categorie 3
 - Niet gecatalogeerd

- Meetraai
- Sluis
- Bekkengrens

1:300000
&
1:3500

