Ecohydrologische studie Kastanjebos ter voorbereiding van de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen: studie van hydrologische herstelmaatregelen in het kader van het Life14 IPE BE 002 BNIP – actie A15 project Bestek nummer: ANB-GGW- 05 Rapport – Grondwatermodel & Ecohydrologische systeemanalyse



Met financiële ondersteuning van de EU in het kader van het Life-project LIFE 14 IPE BE002 BNIP





COLOFON

Opdracht:

Ecohydrologische studie Kastanjebos ter voorbereiding van de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen: studie van hydrologische herstelmaatregelen in het kader van het Life14 IPE BE 002 BNIP – actie A15 project Bestek nummer: ANB-GGW- 05 Grondwatermodel Rapport & Ecohydrologische

systeemanalyse

Opdrachtgever:

Agentschap voor Natuur en Bos Antwerpen Lange Kievitstraat 111/113, bus 63 2018 Antwerpen

Opdrachthouder:

Antea Belgium nv Roderveldlaan 1 2600Antwerpen

T: +32(0)3 221 55 00 F: +32 (0)3 221 55 01 www.anteagroup.be BTW: BE 414.321.939 RPR Antwerpen 0414.321.939 IBAN: BE81 4062 0904 6124 **BIC: KREDBEBB**

Antea Group is gecertificeerd volgens ISO9001

Identificatienummer: 4231553016

Datum:

status / revisie:

04-12-2019 10-02-2020 13-03-2020 26-06-2020

Draft / revisie 0 Revisie 1 Revisie 2 Revisie 3

Vrijgave:

Ivan Rocabado, Contract Manager

Controle:

Ivan Rocabado, Projectleider Olivier Heylen, Projectleider

Projectmedewerkers:

Petra Alessi Furychova, Adviseur Liesbeth De Neve, Adviseur Thierry Gaethofs, Expert

©Antea Belgium nv 2021

Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van Antea Group mag geen enkel onderdeel of uittreksel uit deze tekst worden weergegeven of in een elektronische databank worden gevoegd, noch gefotokopieerd of op een andere manier vermenigvuldigd.



INHOUD

DEE	L 1 RAPPORT GRONDWATERMODEL	. 11
1	SITUERING OPDRACHT EN STUDIEGEBIED	. 12
1.1	ALGEMENE DOELSTELLING	. 12
1.2	SITUERING STUDIEGEBIED	. 12
2	VOORGAANDE STUDIES	. 13
2.1	GRONDWATERMODEL WINKSELE-KASTANJEBOS (DELIEVER, 2005)	. 13
2.2	GRONDWATERSTROMINGSMODEL HERENT-BIJLOK & WINKSELE-KASTANJEBOS	. 13
2.3	REGIONAAL GRONDWATERMODEL BRULANDKRIJKTSYSTEEM (I.O.V. VMM)	. 14
3	GRONDWATERBELEID	. 15
3.1	GRONDWATERSYSTEMEN	. 15
3.2	GRONDWATERLICHAMEN	. 17
4	GEOLOGISCHE EN HYDROGEOLOGISCHE OPBOUW	. 19
4.1	GEOLOGIE	. 19
4.2	Hydrogeologie	. 23
5	HYDRAULISCHE PARAMETERS	. 26
6	GRONDWATERMEETNET EN STIJGHOOGTEMETINGEN	. 29
6.1	GRONDWATERMEETNET	. 29
7	MODEL CONCEPT	. 30
7.1	CONCEPTUELE AFBAKENING MODELGEBIED (HORIZONTALE BEGRENZING)	. 30
7.2	VERTICALE BEGRENZING	. 31
7.3	GEOMETRIE	. 33
7.4	TEMPORELE DISCRETISATIE	. 33
7.5	RANDVOORWAARDEN	. 35
8	STEADY STATE MODEL	. 37
8.1	MODELOPBOUW	. 37
8.2	GEVOELIGHEIDSANALYSE	. 42
8.3	KALIBRATIE	. 45
0.4 0		. 40 E0
9		. 50
9.1		. 50
9.2 9.3	KAI IBRATIE	. 30 54
9.4	MODELRESULTATEN	. 60
DEE	L 2 ECOHYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE	. 68
1		69
- 1 1		رد .
1.2	SLEUTELVRAGEN	. 69
1.3	ALGEMENE SITUERING	. 70
1.4	HISTORISCHE BOSONTWIKKELING	. 71
1.5	HUIDIG BEHEER	. 72
1.6	TOPOGRAFIE	. 72



1.7	ВОДЕМ	72
1.8	GEOLOGIE ALGEMEEN	74
1.9	Hydrogeologie:	77
1.10	0 Hydrografie	81
1.11	1 GRONDWATERDYNAMIEK	88
1.12	2 GRONDWATERCHEMIE	93
1.13	3 GRONDWATERSTROMING	
1.14	4 WATERBALANS	
1.15	5 STROMINGSVECTOREN EN STROOMLIJNEN GRONDWATER	101
1.16	6 GXG's	102
1.17	7 Synthese systeemwerking Kastanjebos	108
1.18	8 INVLOED VAN HET WPC OP DE GRONDWATERDYNAMIEK	108
1.19	9 VEGETATIES	108
1.20	0 Ecohydrologisch dwarsprofiel Kastanjebos	112
2	STANDPLAATSVEREISTEN DOELHABITATS	114
2 2.1	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint)	 114 114
2 2.1 2.2	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos)	114 114 115
2 2.1 2.2 2.3	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (rbbhc)	114 114 115 116
2 2.1 2.2 2.3 3	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (Rbbhc) Aftoetsen hydrologie aan habitats	114 114 115 116 117
2 2.1 2.2 2.3 3 3.1	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (rbbhc) Aftoetsen hydrologie aan habitats Toetsing potentiekaarten aan habitats	
2 2.1 2.2 2.3 3 3.1 3.2	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (rbbhc) Aftoetsen hydrologie aan habitats Toetsing potentiekaarten aan habitats GXG op peilbuislocaties	
 2.1 2.2 2.3 3.1 3.2 3.3 	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde Hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (rbbhc) Aftoetsen hydrologie aan habitats Toetsing potentiekaarten aan habitats GXG op peilbuislocaties Aftoetsing IHD doelen	
 2.1 2.2 2.3 3 3.1 3.2 3.3 4 	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (rbbhc) Aftoetsen hydrologie aan habitats Toetsing potentiekaarten aan habitats GXG op peilbuislocaties Aftoetsen HD doelen	
 2.1 2.2 2.3 3.1 3.2 3.3 4 4.1 	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde Hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (rbbhc) Aftoetsen Hydrologie aan Habitats Toetsing Potentiekaarten aan Habitats GXG op peilbuislocaties Aftoetsing IHD doelen Knelpuntenanalyse Ecologisch model	
 2.1 2.2 2.3 3.1 3.2 3.3 4 4.1 4.2 	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde Hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (rbbhc) Aftoetsen Hydrologie aan Habitats Toetsing potentiekaarten aan Habitats GXG op peilbuislocaties Aftoetsing IHD doelen Knelpuntenanalyse Ecologisch model Conclusies knelpunten	
 2.1 2.2 2.3 3.1 3.2 3.3 4 4.1 4.2 	Standplaatsvereisten doelhabitats Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint) Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos) Dotterbloemgrasland (rbbhc) Aftoetsen hydrologie aan habitats Toetsing potentiekaarten aan habitats GXG op peilbuislocaties Aftoetsen MD doelen Knelpuntenanalyse Ecologisch model Conclusies knelpunten	

TABELLEN

Tabel 4-1: Hydrogeologische eenheden (HCOV) in het studiegebied en nabije omgeving (bron: HCOV kartering, VMM, 2006) (wit – binnen studiegebied, grijs – nabije omgeving van het modelgebied)				
Tabel 5-1: De gekalibreerde hydraulische conductiviteit van het niet-stationair model Kastanjebos (Deliever, 2005)	26			
Tabel 5-2: De gebruikte hydraulische conductiviteit van het stationair model Herent-Bijlok & Winksele-Kastanjebos (Ghysels, 2013)				
Tabel5-3:Brulandkrijtsysteem:lithologie,doorlatendhedenendiktesvoorsub-enbasiseenhedenvandeQuartaireenLedoPaniselilaanBrusseliaanAquifersystemen (HCOV 0100, HCOV 0600) (CIW, 2016a)	27			
Tabel 5-4: Het Brulandkrijtsysteem model: gekalibreerde waarden (Haecon, 2007)				
Tabel 7-1: Indeling van het modelgrid in modellagen				
Tabel 8-1: Overzicht van het aantal cellen volgens de voorgestelde modelgeometrie Eastername				



Tabel 8-2: Overzicht van de modellagen en hun samenstelling en dikte38					
Tabel 8-3 Gebruikte parameters voor River randvoorwaarden (RIV) 39					
Tabel 8-4 Gebruikte parameters voor drainage randvoorwaarden (DRN) buiten het studiegebied 44					
Tabel 8-5 Gebruikte parameters per klasse voor drainage randvoorwaarden (DRN) binnen hetstudiegebied40					
Tabel 8-6: Overzicht van de gevoeligheidsanalyse voor de horizontale hydraulische conductiviteit K _h 43					
Tabel 8-7: Gekalibreerde waarden van de modelparameters (steady state model)	46				
Tabel 8-8: Performantie van het steady state model na kalibratie	46				
Tabel 9-1: Gekalibreerde waarden van de modelparameters (transiënt model) 57					
Tabel 9-2: Performantie van het transiënt model na kalibratie, voor de piëzometers in het studiegebied 58					
Tabel 9-3: Capillaire stijging van de bodem (Fetter, 1994)66					
Tabel 4: Hydrogeologische eenheden (HCOV) in het studiegebied en nabije omgeving (bron: HCOV kartering, VMM, 2006) (wit – binnen studiegebied, grijs – nabije omgeving van het modelgebied)77					
Tabel 5: Standplaatsvereisten voor habitat 9160.110					
Tabel 2-1: Standplaatsvereisten voor habitat 9160115					
Tabel 2-2: Standplaatsvereisten voor habitat 91E0_va115					
Tabel 2-3: Standplaatsvereisten voor rbbhc, gebaseerd op habitat 6410_mo 116					

FIGUREN

Figuur 1-1: Situering van het studiegebied		
Figuur 2-1: Verticale en horizontale indeling van het model Deliever (2005)		
Figuur 2-2: Modelgebied (links: Winksele – Kastanjebos, rechts: Herent-Bijlok)(volgens Ghysels (2013)	14	
Figuur 2-3: Afbakening regionaal grondwatermodel Brulandkrijtsysteem, met aanduiding van het studiegebied Kastanjebos (in rood) (Haecon, 2004)	14	
Figuur 3-1: De zes grondwatersystemen in Vlaanderen (bron: VMM, 2008), met aanduiding van het studiegebied (in rood, benaderend)	15	
Figuur 3-2: West-oost profiel door het Brulandkrijtsysteem met aanduiding van de HCOV-codes, de studielocatie is met rode pijl gemarkeerd (bron: VMM, 2008)	16	
Figuur 3-3: Zuid-Noord profiel door het Brulandkrijtsysteem met aanduiding van de HCOV- codes, de studielocatie is met rode pijl gemarkeerd (bron: VMM, 2008)	16	
Figuur 3-4: Grondwaterlichaam: Pleistoceen Rivierafzettingen BLKS_0160_GWL_1S in het Brulandkrijtsysteem (bron: VMM, 2008), met aanduiding van het studiegebied (in rood, benaderend)	17	
Figuur 3-5: Grondwaterlichaam: Brusseliaan Aquifer BLKS_0600_GWL_1 in het Brulandkrijtsysteem die behoort tot het stroomgebiedsdistrict van de Schelde (bron: VMM, 2008), met aanduiding van het studiegebied (in rood, ingekleurd)	18	



Figuur 4-1: Geologische kaart (Uit De Watergroep, 2016 naar dov.vlaanderen.be, 2013).				
Figuur 4-2: N-Z geologisch profiel waarbij het studiegebied zich in het uiterste noorden bevindt. (Bron: Vandenberghe & Gullentops, 2001)				
Figuur 4-3: Virtuele boring t.h.v. waar de Lipsebeek zich westwaarts van de Groenstraat afwendt (Lambert72: X=168207, Y=178353). (Bron: Geologisch 3D Model v2 - DOV)	22			
Figuur 4-4: Hydrogeologische schematisatie van de grondwaterwinning Winksele Kastanjebos (Deliever, 2015)	25			
Figuur 6-1: Beschikbaarheid van grondwaterpeilmetingen en oppervlaktewaterpeilmetingen	29			
Figuur 7-1: Voorstel voor modelgebied van het grondwatermodel en modelgrenzen	30			
Figuur 7-2: ZN-doorsnede van het modelgebied doorheen de hydrogeologisch onderscheiden lagen (HCOV)	31			
Figuur 7-3: ZN-doorsnede van het modelgebied doorheen de modellagen en geconceptualiseerde hydrogeologische eenheden gebruikt in het grondwatermodel	32			
Figuur 7-4: Voorstel voor een onregelmatig Modflow-grid met situering van het studiegebied	33			
Figuur 7-5: Grondwater tijdreeksen voor enkele piëzo's binnen het studiegebied (op basis van Menyanthes modellen) met weergegeven GxG-periodes binnen de rode cirkels	34			
Figuur 7-6: Gesimuleerde stijghoogtekaarten uit het regionaal grondwatermodel VGM-CKS	35			
Figuur 7-7: Vergunde grondwaterwinningen, ingekleurd volgens vergund jaardebiet (m ³ /jaar) (bron: DOV)	36			
Figuur 8-1: Modelgebied met situering van het studiegebied	37			
Figuur 8-2: Resultaat van de automatische gevoeligheidsanalyse voor de verschillende parameters (HK – hydraulische conductiviteit, VANI – anisotropie Kh/Kv, DRN – drainage conductantie)	43			
Figuur 8-3: Peilpunten binnen het studiegebeid (1 ^e deelset) en peilpunten binnen het modelgebied (2 ^{de} deelset) die voor kalibratie gebruikt werden	45			
Figuur 8-4: Kalibratiegrafieken voor de kalibratiedeelset 1 (steady state model)	47			
Figuur 8-5: Kalibratiegrafieken voor de kalibratiedeelset 2 (steady state model)	47			
Figuur 8-6 Grondwaterstand voor het gehele modelgebied	48			
Figuur 8-7 Volumetrische waterbalans van studiegebied voor steady-state model	48			
Figuur 8-8 Stromingsvectoren in het studiegebied	49			
Figuur 8-9 Stroomlijnen naar studiegebied	49			
Figuur 9-1 Schematische weergeving van functionering van grachten in GLG en GHG omstandigheden en hun vertaling naar drainagebase voor grondwatermodel	50			
Figuur 9-2 De effectief opgepompte volumes per productieput in Kastanjebos-Herent in de periode 2017 – 2018.	51			
Figuur 9-3 Bodemgebruik kaart voor het modelgebied.	52			
Figuur 9-4 Bodemgebruik binnen het modelgebied in %.	52			
Figuur 9-5 Evolutie van de netto grondwatervoeding (recharge)	54			
Figuur 9-6 Overschatting van het grondwaterpeil voor GHG omstandigheden met de aanname van volle gracht	55			



Figuur 9-7 Gesimuleerde stijghoogte in enkele piezometers (punt – gemeten stijghoogte, lijn – gesimuleerde stijghoogte)	56
Figuur 9-8: Ruimtelijke spreiding van de modelfout (fout=gesimuleerd – geobserveerd; in m) t.h.v. de piëzometers in het studiegebied voor de toestand GLG	58
Figuur 9-9: Ruimtelijke spreiding van de modelfout (fout=gesimuleerd – geobserveerd; in m) t.h.v. de piëzometers in het studiegebied voor de toestand GHG	59
Figuur 9-10: DHMVII Studiegebied Kastanjebos	60
Figuur 9-11: Gesimuleerde GLG (cm-mv), referentietoestand	61
Figuur 9-12: Gesimuleerde GHG (cm-mv), referentietoestand	62
Figuur 9-13: Gesimuleerde GVG (cm-mv), referentietoestand	62
Figuur 9-14: Kwel GLG (mm/d), referentietoestand	64
Figuur 9-15: Kwel GHG (mm/d), referentietoestand	65
Figuur 9-16: Bodemkaart in het studiegebied en bijbehorende hoogte van de capillaire stijging in m.	67
Figuur 9-17: Ecologisch belangrijke kwel.	67
Figuur 1-1:: Situering van het studiegebied.	70
Figuur 1-2: Schaduwkaart waarop de ligging van het Kastanjebos (rode ellips) in de pedimentvlakte aan de voet van de steilrand van het Brabants Plateau is weergegeven met weergave van de onbevaarbare waterlopen (blauw) en niet- ingeschreven grachten (geel).	70
Figuur 1-3: Bosleeftijdskaart van het Kastanjebos opgesteld door Antea in het kader van het deel inventarisatie.	72
Figuur 1-4: Textuurklassen in het studiegebied volgens de Belgische bodemkaart	73
Figuur 1-5: Drainageklassen in het studiegebied volgens de Belgische bodemkaart	73
Figuur 1-6: Geologische kaart (Uit De Watergroep, 2016 naar dov.vlaanderen.be, 2013).	74
Figuur 1-7: N-Z geologisch profiel waarbij het studiegebied zich in het uiterste noorden bevindt. (Bron: Vandenberghe & Gullentops, 2001)	76
Figuur 1-8: Virtuele boring t.h.v. waar de Lipsebeek zich westwaarts van de Groenstraat afwendt (Lambert72: X=168207, Y=178353). (Bron: Geologisch 3D Model v2 - DOV)	77
Figuur 1-9: Hydrogeologische schematisatie van de grondwaterwinning Winksele Kastanjebos (Deliever, 2015)	80
Figuur 1-10: Detaildoorsnede van de ondergrond in de omgeving van het Kastanjebos (naar De Smedt, 1973, overgenomen uit Wouters et al. 2018)	81
Figuur 1-11: Weergave van de macro-hydrografie (waterlopen en grachten van de VHA) binnen het Kastanjebos.	82
Figuur 1-12: Het voorkomen van een fijnmazig grachten- en greppelsysteem met een sterke connectiviteit is gelinkt aan de aanwezige bodem.	83
Figuur 1-13: Impressie van enkele (drooggevallen) grachten in het Kastanjebos.	83
Figuur 1-14: Aanduiding van grachten met waargenomen kwelverschijnselen binnen het Kastanjebos.	84
Figuur 1-15: Waterpeil [mTAW] Lipsebeek (opgemeten in peilbuis KASS001X) ten opzichte van het bodempeil [m TAW] van de waterloop.	85



Figuur 1-16: Impressie van een droogevallen Lipsebeek (met peilbuis in de beekbodem).	36
Figuur 1-17: Stroomrichting van de verschillende afwateringsblokken in het centraal en westelijk deel.	37
Figuur 1-18: Meetreeks van de grondwaterstanden vanaf 1985 t.e.m. 2018.	39
Figuur 1-19: Verloop van de grondwaterstandspeilen tussen oktober 2017 en oktober 2018.	39
Figuur 1-20: Situering van de 5 raaien, peilschalen en piëzometers.) 0
Figuur 1-21: Dwarsnede van Raai I. 9) 0
Figuur 1-22: Dwarsnede van Raai II. 9	€
Figuur 1-23: Dwarsnede van raai III. 9) 1
Figuur 1-24: Dwarssnede van raai IV. 9	€
Figuur 1-25: Dwarssnede van raai V. 9	€
Figuur 1-26: Amplitude van de huidige grondwaterdynamiek.) 3
Figuur 1-27: EC/IR diagrammen (van Wirdum driehoek).) 4
Figuur 1-28: Stiff diagram van staal met weinig gemineraliseerd grondwater.) 4
Figuur 1-29: Stiff diagram van stalen met mineralenrijk grondwater. 9	€
Figuur 1-30: Piper plot. 9) 6
Figuur 1-31: Het classificatiesysteem van Stuyfzand. 9	96
Figuur 1-32: Ruimtelijke verdeling van de verschillende waterklassen volgens de Stuyfzand classificatie. 9	97
Figuur 1-33: Ruimtelijke verdeling van de waterklassen binnen het studiegebied van het Kastanjebos. 9) 7
Figuur 1-34: Grondwaterstand voor het volledig modelgebied. 9) 9
Figuur 1-35: Volumetrische waterbalans van studiegebied voor steady-state model.) 9
Figuur1-36:Evolutievandenettogrondwatervoeding(recharge):dagelijksegrondwatervoedingsreeks voor de periode van het grondwatermodel.10	00
Figuur 1-37: Stromingsvectoren in het studiegebied. 10)1
Figuur 1-38: Stroomlijnen vanuit het inzijggebied naar het Kastanjebos. 10)1
Figuur 1-39: Gesimuleerde GLG (cm-mv), referentietoestand10)2
Figuur 1-40: Gesimuleerde GHG (cm-mv), referentietoestand 10)3
Figuur 1-41: Gesimuleerde GVG (cm-mv), referentietoestand10)4
Figuur 1-42: Kwel GLG (mm/d), referentietoestand 10)5
Figuur 1-43: Kwel GHG (mm/d), referentietoestand. 10)6
Figuur 1-44: Het voorkomen van gesimuleerde ecologisch belangrijke kwel. 10)7
Figuur 1-45: Schematisering van de vegetatiezonering in het Kastanjebos (Wouters et al. 2018).)9
Figuur 1-46: Potentiekaart voor habitattype 9160 bij normaal pompdebiet. 11	10
Figuur 1-47: Overzicht verspreiding van het aantal freatofyten (links) en voorkomen van ondiepe ecologische kwel (rechts). De oranje omcirkeling duid de zone in het zuiden waar de meeste freatofyten voorkomen. In deze zone komt ook de	11
11 noogste ondiepe ecologische kweldruk voor.	ιL



iguur 1-48: Overschrijding van de kritische depositiewaarde van de actueel aanwezige habitats (De Saeger <i>et al.</i> 2016; overgenomen uit Wouters <i>et al.</i> 2018). 11:	1
iguur 1-49: Ecohydrologisch dwarsprofiel Kastanjebos volgens ZW – NO oriëntatie. 112	2
iguur 3-1: Boxplots van gemiddelde GLG en GHG voor de verschillende grondwatergebonden habitats in het studiegebied. Horizontale lijnen tonen de optimale range van de grondwaterstanden voor de verschillende habitats (rood = min GXG, blauw = max GXG). 118	8
iguur 3-2: Potentiekaart voor het habitat 9160 met aanduiding van de BWK percelen voor dit habitat. Op de achtergrond wordt de DTM weergegeven. 119	9
iguur 3-3: Boxplots van gemiddelde A) GLG en B) GHG in de verschillende BWK percelen ingekleurd als habitat 9160. Horizontale lijnen tonen de GXG referentiewaarden voor habitat 9160. Rode lijnen tonen de min GXG en blauwe lijnen de max GXG. 120	0
iguur 3-4: Potentiekaart voor het habitat 91E0_va met aanduiding van de BWK percelen voor dit habitat 12:	1
iguur 3-5: Boxplot van GHG en GLG in de BWK percelen toegekend als 91E0. Rode lijnen tonen de min GXG en blauwe lijnen de max GXG als referentiewaarden voor het habitat. 12:	1
iguur 3-6: Potentiekaart voor rbbhc met aanduiding van de BWK percelen gelegen binnen het studiegebied. 12:	2
iguur 3-7: Boxplot van GHG en GLG in de BWK percelen toegekend als rbbhc. Rode lijnen tonen de min GXG en blauwe lijnen de max GXG als referentiewaarden voor het habitat. 12:	3
iguur 3-8: Overzicht van de gemiddelde laagste grondwaterstanden in vergelijking met habitat referentiewaarden. De locaties waar vegetatieopnames werden uitgevoerd worden ook getoond (PQ's). Als achtergrond wordt de bodemkaart op DTM gebruikt. 124	4
iguur 3-9: Overzicht van de gemiddelde hoogste grondwaterstanden in vergelijking met habitat referentiewaarden. De locaties waar vegetatieopnames werden uitgevoerd worden ook getoond (PQ's). Als achtergrond wordt de bodemkaart op DTM gebruikt. 124	4
iguur 3-10: De BWK kartering van de vegetatietypes voor habitat 9160 in het Kastanjebos. De locatie van de vegetatieopnames (PQ's) wordt ook getoond. 120	6
iguur 3-11: De BWK labels van de vegetatietypes voor habitat 91E0_va in het Kastanjebos. De locatie van de vegetatieopname (PQ) wordt ook getoond 12	7
iguur 3-12: De BWK labels van de vegetatietypes voor de percelen rbbhc in het Kastanjebos. De locatie van de vegetatieopnamed (PQ's) wordt ook getoond 12	8
iguur 4-1: De onderscheiden zones 1-5 met de bodemtextuur en het aantal freatofyten (zwarte cirkels)op de achtergrond. Zone 1 = zandleem, zone 2 = leem + GLG <157cm –mmv, zone 3 = leem + GLG > 157cm –mmv, zonder grachten, zone 4 = vooral omgeving Lipsebeek met beperkt aandeel kleine greppels (<12,45m totaallengte) op leem, met GLG > 157cm –mmv, zone 5 = groot aandeel kleine greppels (>12,45m totaallengte) op leem met GLG > 157cm –mmv. 130	0



BIJLAGEN

Bijlage 1	Dikte HCOV lagen
Bijlage 2	Situeringskaart grond- en oppervlaktewatermeetnet
Bijlage 3	Modellagen
Bijlage 4	Gevoeligheidsanalyse verschilkaarten
Bijlage 5	Gesimuleerde stijghoogten
Bijlage 6	Potentiekaarten GLG en GHG voor doelhabitats
Bijlage 7	Knelpuntenanalyse op basis van Freatofyten



DEEL 1 RAPPORT GRONDWATERMODEL



1 Situering opdracht en studiegebied

1.1 Algemene doelstelling

Het voorliggend rapport beschrijft de grondwatermodellering uitgevoerd i.h.k.v. de opdracht Ecohydrologische studie Kastanjebos ter voorbereiding van de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen: studie van hydrologische herstelmaatregelen in het kader van het Life14 IPE BE 002 BNIP – actie A15 project

Dit rapport spreekt over gegevensverzameling, modelconcept, modelopbouw, gevoeligheidsanalyse, kalibratie en resultaten als onderdeel van de ecohydrologische studie.

De grondwatermodellering dient een kwantitatieve inschatting te maken van de (grond)waterhuishouding, met de nadruk op de gemiddelde hoogste en de gemiddelde laagste freatische grondwaterstand, de lokalisatie en karakterisering van kwelgebieden.

1.2 Situering studiegebied

Het studiegebied is gelegen in de provincie Vlaams-Brabant, in de gemeente Herent ten noorden van de dorpskernen van Winksele en Veltem-Beisem (Figuur 1-1).

Het studiegebied bestaat uit enkele boskernen die omringd en doorsneden zijn door graslanden. De Lipsebeek ontspringt in het Kastanjebos en wordt gevoed door een stel drainagegrachten die ten dele de depressie ontwateren waarin het Kastanjebos gelegen is.

Het gebied is gedeeltelijk in eigendom van de vzw Natuurpunt en van de Watergroep, die hier een drinkwaterwinning heeft gevestigd in 1968. Daarnaast komt er nog veel privé-eigendom voor.



Figuur 1-1: Situering van het studiegebied

Sinds 1969 pompt de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening grondwater op te Winksele – Kastanjebos. Op dit moment bestaat de grondwaterwinning uit 6 productieputten die grondwater oppompen uit de zanden van Brussel (op 40-45 meter diepte). De waterwinning was vergund voor een volume van 4.800 m³/dag en 1.752.000 m³/jaar tot 13/07/2018. Sinds 14/07/2018 is de waterwinning vergund voor een jaardebiet van 1.200.000 m³/jaar.



2 Voorgaande studies

Voor het studiegebied Kastanjebos waren al twee grondwatermodellen opgesteld. Deliever (2005) richtte zich alleen op de waterwinning van Winksele-Kastanjebos, terwijl Ghysels (2013) ook het oppompen van grondwater uit de Herent-Bijlok heeft opgenomen. De volgende hoofdstukken geven een betere beschrijving van die modellen.

2.1 Grondwatermodel Winksele-Kastanjebos (Deliever, 2005)

In 2005 werd door Deliever een grondwatermodel voor de winning te Winksele opgesteld. Dit model werd met transiënte voorwaarden opgebouwd en was in staat om afpompingskegels rondom de winning te reconstrueren. Het nadeel van dit model is het kleine modelgebied dat de interpretatie van de oostkant van het model beperkt. Het model bestaat uit 4 lagen en besteedt extra aandacht aan geologische interpretatie van de paleogeen heuvel die het studiegebied van west naar oost kruist. De celgrootte binnen het studiegebied is 25 m, op de grenzen van het model bereikt de celgrootte tot 100 m. De verticale en horizontale discretisatie van het model wordt in Figuur 2-1 weergegeven.



Figuur 2-1: Verticale en horizontale indeling van het model Deliever (2005)

2.2 Grondwaterstromingsmodel Herent-Bijlok & Winksele-Kastanjebos

Ghysels (2013) stelde één grondwaterstromingsmodel op voor de drinkwaterwinning van de Watergroep te Herent Bijlok. De grondwaterwinning Herent Bijlok bevindt zich op geringe afstand van de winning Winksele Kastanjebos. De doelstelling van dit model was het bepalen van mogelijke invloed van winningen op elkaar en het herbepalen van de beschermingszones rond de winning Herent Bijlok.

Dit model werd opgebouwd als steady-state met 5 modellagen o.b.v. HCOV-lagen en met enkele correcties conform boorbeschrijvingen. Het model werd opgedeeld in cellen met een grootte van 100 m, rond de winningen werd het grid verfijnd tot 25 m.





Figuur 2-2: Modelgebied (links: Winksele – Kastanjebos, rechts: Herent-Bijlok)(volgens Ghysels (2013)

2.3 Regionaal grondwatermodel Brulandkrijktsysteem (i.o.v. VMM)

Het model van het regionaal grondwatersysteem "Brulandkrijtsysteem" (BLKS) omvat alle hydrogeologische lagen van het Quartair tot en met het Krijt. Het modelgebied wordt gesitueerd in Figuur 2-3. De focus van het model ligt wel op de diepere lagen: Brusseliaan (0600), Landeniaan (1000) en Krijt (1100).

Het grondwatermodel is een stationair model en bestaat uit 8 rekenlagen. De grootte van de rekencellen is 400 m.

De met dit model gesimuleerde stijghoogtes zijn potentieel bruikbaar als vaste stijghoogte aan de modelranden.



Figuur 2-3: Afbakening regionaal grondwatermodel Brulandkrijtsysteem, met aanduiding van het studiegebied Kastanjebos (in rood) (Haecon, 2004)



3 Grondwaterbeleid

De paragrafen in dit hoofdstuk zijn grotendeels gebaseerd op de brochure "Grondwater in Vlaanderen: Het Brulandkrijtsysteem" (VMM, 2008).

3.1 Grondwatersystemen

Voor de hydrogeologie betreft, is het onderzoeksgebied gelegen in het regionaal grondwatersysteem "Het Brulandkrijtsysteem". Figuur 3-1 toont een overzicht van de grondwatersystemen in Vlaanderen. Het studiegebied behoort tot zuidelijke deel van het Brulandkrijtsysteem waar het systeem tot aan het oppervlak komt en er een freatische aquifer vormt.



Figuur 3-1: De zes grondwatersystemen in Vlaanderen (bron: VMM, 2008), met aanduiding van het studiegebied (in rood, benaderend)

Het Brulandkrijtsysteem bestaat uit de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100). Het Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200) komt in het Brulandkrijtsysteem alleen voor op de heuveltoppen tussen Brussel en Leuven. Boom Aquitard (HCOV 0300) dekt ten noorden van de lijn Dijle-Demer het Brulandkrijtsysteem af, het studiegebied Kastanjebos komt hier niet in voor (Figuur 3-2).

Uit het profiel in Figuur 3-3 kan afgeleid worden dat de lagen van het Brulandkrijtsysteem die zich onder het Quartair en ook de restanten van Centraal Kempisch systeem (op locatie van het studiegebied) bevinden, afhellen naar het noordnoordoosten en in die richting ook steeds dikker worden. Aan het oppervlak uit zich dit door het voorkomen van steeds jongere lagen naar het noordnoordoosten toe.





Figuur 3-2: West-oost profiel door het Brulandkrijtsysteem met aanduiding van de HCOV-codes, de studielocatie is met rode pijl gemarkeerd (bron: VMM, 2008)



Figuur 3-3: Zuid-Noord profiel door het Brulandkrijtsysteem met aanduiding van de HCOV-codes, de studielocatie is met rode pijl gemarkeerd (bron: VMM, 2008)



3.2 Grondwaterlichamen

De grondwatersystemen zijn verder opgedeeld in verschillende grondwaterlichamen. De afbakening van grondwaterlichamen is verplicht gesteld in de Europese Kaderrichtlijn Water, zodat de status/toestand (goede of slechte toestand, conform de Kaderrichtlijn Water) kan worden aangeduid.

Voor wat de ondiepe hydrogeologie betreft, behoort het onderzoeksgebied tot de volgende grondwaterlichamen:

Code grondwaterlichaam	Stroomgebied	Naam	Hydrodynamica
BLKS_0160_GWL_1S	Schelde	Pleistoceen Rivierafzettingen	lokaal gespannen
BLKS_0600_GWL_1	Schelde	Brusseliaan Aquifer	freatisch

Het grondwaterlichaam BLKS_0160_GWL_1S komt versnipperd voor over het zuidelijk deel van het Brulandkrijtsysteem. Het grondwaterlichaam bevat de afzettingen van de riviervalleien en bestaat uit Pleistocene zandige fluviatiele afzettingen (HCOV 0163) in het Schelde stroomgebiedsdistrict. De grondwaterstroming gebeurt in een poreus milieu. De sedimenten variëren van zeer grof zand, grind en rolstenen tot fijn zand en silt dat lokaal klei kan bevatten. De ondergrens wordt bepaald door het voorkomen van het onderliggende grondwaterlichaam BLKS_0600_GWL_1). Dit grondwaterlichaam wordt gesitueerd in Figuur 3-4.



Figuur 3-4: Grondwaterlichaam: Pleistoceen Rivierafzettingen BLKS_0160_GWL_1S in het Brulandkrijtsysteem (bron: VMM, 2008), met aanduiding van het studiegebied (in rood, benaderend)

Het grondwaterlichaam BLKS_0600_GWL_1 bestaat meestal uit het Ledo Paniseliaan Brusseliaan Aquifersysteem (HCOV 0600). De belangrijkste aquifer binnen dit lichaam is het Zand van Brussel (HCOV 0620). De grondwaterstroming gebeurt altijd in een poreus milieu. Zandsteenbanken kunnen



gespleten of gebroken zijn. Deze spleetporositeit kan lokaal grote doorlatendheden als gevolg hebben. Het leperiaan Aquifer (HCOV 0800) komt vrij beperkt voor in het Brulandkrijtsysteem en staat in direct contact met het Zand van Brussel zonder tussenliggende aquitards. Grondwaterlichaam BLKS_0600_GWL_1 wordt onderaan begrensd door het leperiaan Aquitardsysteem (HCOV 0900). Dit grondwaterlichaam wordt gesitueerd in Figuur 3-5.



Figuur 3-5: Grondwaterlichaam: Brusseliaan Aquifer BLKS_0600_GWL_1 in het Brulandkrijtsysteem die behoort tot het stroomgebiedsdistrict van de Schelde (bron: VMM, 2008), met aanduiding van het studiegebied (in rood, ingekleurd)



4 Geologische en hydrogeologische opbouw

Als voornaamste bronnen voor de informatie in dit hoofdstuk wordt verwezen naar de volgende referenties:

- 'Grondwater in Vlaanderen: het Brulandkrijtsysteem. Vlaamse Milieumaatschappij' (VMM, 2008)
- 'Toelichting bij de Quartair Geologische kaart: Kaartblad 24 Aarschot' (Bogemans & Van Molle, 2007)
- 'Toelichting bij de Quartair Geologische kaart: Kaartblad 32 Leuven' (Goosens, Gullentops & Vandenberghe, 2007)
- 'Toelichting bij de Geologische kaart: Kaartblad 24 Aarschot' (Schitz, Vandenberghe & Gullentops, 1993)
- 'Toelichting bij de Geologische kaart: Kaartblad 32 Leuven' (Vandenberghe & Gullentops, 2001)
- Waterveiligheidsplan WPC Winksele-Kastanjebos: Beschrijving hydrogeologie (De Watergroep, 2016)

4.1 Geologie

De lokale geologie is gepresenteerd in een geologisch profiel (Figuur 4-2) en een virtuele boring (Figuur 4-3).

De ondergrond t.h.v. het studiegebied behoort tot het **Brabants Massief**. Ten zuiden van het onderzoeksgebied kan men de Caledonische sokkel op een geringe diepte terugvinden. Deze Paleozoïsche sokkel helt echter naar het noorden toe en nabij Herent ligt de top al meer dan 100 meter onder het maaiveld.

De **dekmantel** van Boven-Krijt tot Quartaire afzettingen ligt discordant bovenop de Paleozoïsche gesteenten. De dekmantel is wigvormig verdikkend naar het noordoosten toe ten gevolge van de helling van de sokkel. De dekmantel is opgebouwd uit afzettingen uit het Quartair, Eoceen (Fm van Brussel, Fm van Tielt en Kortrijk), Paleoceen (Fm van Hannut, Fm van Heers) en het Krijt. Merk op dat de Quartaire afzettingen hier discordant bovenop de Eocene afzettingen van de Formatie van Brussel liggen. De tussenliggende lagen zijn namelijk geërodeerd door insnijding van een **vroeg-Pleistocene geul** die dit gebied van oost naar west doorkruiste (Figuur 4-1). Plaatselijk zijn nog vrij grote pakketten van deze fluviatiele sedimenten bewaard gebleven.



Figuur 4-1: Geologische kaart (Uit De Watergroep, 2016 naar dov.vlaanderen.be, 2013).



Enkel de afzettingen bovenop de Caledonische sokkel worden in meer detail besproken:

- De Quartaire afzettingen dekken de Paleogene lagen disconform af. Op de interfluvia nabij het onderzoeksgebied zijn deze Quartaire lagen van eolische origine en bereiken een maximale dikte van een paar meter, maar kunnen er ook volledig ontbreken. In de valleien bestaan deze Quartaire lagen uit colluvium (hellingspuin) en alluvium (rivierafzettingen) en kunnen ze maximaal zelfs meer dan 10 m dik zijn. In het onderzoeksgebied bestaat het quartair uit fluviatiel zand die aan de basis sterk grindhoudend is. Bovenaan ligt een dunne dekmantel van zandleem.
- **De Formatie van Brussel** kan ter hoogte van het studiegebied onderverdeeld worden in een fijnkorrelig facies bovenaan en een grofkorrelig onderaan. Het fijnkorrelige facies bovenaan bestaat uit glauconiethoudend lemig fijn zand, soms kleihoudend, met zandstenen. Het grofkorrelige facies bestaat uit glauconiethoudend middelmatig tot grof zand met zandstenen.
- **De Formatie van Tielt** is onderverdeeld in 3 mariene leden (van boven naar onder): Zand van Egem, Silt van Kortemark en Klei van Egemkapel.
- **De Formatie van Kortrijk** bestaat uit twee boveneenliggende facies: het bovenste is een grijs tot grijsgroen zeer fijn zand met fijne laminaties. Het onderste is een getijdenafzetting en bevat grijze tot blauwgrijze klei met siltige en fijnzandige tussenlagen.
- Formatie van Hannut bestaat uit mariene klei- en siltafzettingen van het Thanetiaan. In deze formatie kan men zandige lagen aantreffen. Bovenaan wordt de formatie afgedekt door glauconiethoudend zand.
- **De Formatie van Heers** bestaat uit grijze fijnkorrelige mergel (Mergels van Gelinden) die voor ongeveer driekwart bestaat uit kalk, met fijne glauconietzanden aan de basis (zanden van Orp).
- Het **Krijt** bestaat uit de **formatie van Gulpen**. Deze formatie bevat zachte, fijnkorrelige kalksteen, waarbij het kalkgehalte varieert van 60% tot 95%. Men kan er glauconiethoudende lagen en silex-concreties in aantreffen.





Figuur 4-2: N-Z geologisch profiel waarbij het studiegebied zich in het uiterste noorden bevindt. (Bron: Vandenberghe & Gullentops, 2001)





Figuur 4-3: Virtuele boring t.h.v. waar de Lipsebeek zich westwaarts van de Groenstraat afwendt (Lambert72: X=168207, Y=178353). (Bron: Geologisch 3D Model v2 - DOV)



4.2 Hydrogeologie

4.2.1 HCOV- lagenindeling

De hydrologische eenheden (HCOV-codes) die voorkomen in het studiegebied en nabije omgeving staan chronologisch opgelijst in Tabel 4-1. In de tabel worden de lagen onderscheiden die zich in het studiegebied Kastanjebos bevinden (met witte kleur gemarkeerd) en die in een nabije omgeving voorkomen (met grijze kleur gemarkeerd). De eenheden die zich onder het Krijt Aquifersysteem bevinden, worden niet weergegeven. Van de hier vermelde eenheden wordt de dikte van de HCOV-lagen in Bijlage 1 voorgesteld.

Tabel 4-1: Hydrogeologische eenheden (HCOV) in het studiegebied en nabije omgeving (bron: HCOV kartering, VMM, 2006) (wit – binnen studiegebied, grijs – nabije omgeving van het modelgebied)

Hoofdeenheid		Subeenheid		Basiseenheid	
0100	Quartaire Aquifersysteem	0110	Ophogingen		
		0140	Alluviale Deklagen		
		0150	Deklagen	0152	Zand-lemige deklagen
				0153	Lemige deklagen
		0160	Pleistocene Deklagen	0163	Pleistoceen van de riviervalleien
0200	Kempens Aquifersysteem	0250	Mioceen Aquifersysteem	0252	Formatie van Diest
0400	Oligoceen Aquifersysteem	0450	Onder-Oligoceen Aquifersysteem		
0500	Bartoon Aquitardsysteem				
0600	Ledo Paniseliaan Brusseliaan Aquifersysteem	0610	Wemmel-Lede Aquifer		
		0620	Zand van Brussel		
0800	leperiaan Aquifersysteem				Zand van Egem
0900	leperiaan Aquitardsysteem	0920	Afzettingen van Kortrijk		
1000	Paleoceen Aquifersysteem				
1100	Krijt Aquifersysteem				

Quartair (HCOV 0100)

Ophogingen (HCOV 0110) zijn alleen plaatselijk belangrijk in of nabij het studiegebied (voornamelijk t.h.v. autoweg, bruggen en kanalen).

De **alluviale deklagen (HCOV 0140)** zijn afgezet in de overstromingsgebieden en/of wetlands van de waterlopen. De sedimenten zijn fijner in korrelgrootte met een samenstelling die varieert van zandleem tot klei. Op verscheidene locaties komt er veen voor in de ondiepe ondergrond.

De **deklagen (HCOV 0150)** bevatten alle niet-alluviale Quartaire deklagen van eolische oorsprong. Er komen 2 basiseenheden in de omgeving van het studiegebied voor, nl. de **zand-lemige en lemige deklagen (HCOV 0152 en 0153)**.

Van de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160) is alleen het **Pleistoceen van de Riviervalleien (HCOV 0163)** aanwezig. Deze sedimenten zijn afgezet in een hoogenergetisch milieu wat mogelijk de diepe insnijding in de onderliggende lagen kan verklaren. Deze laag bestaat uit middelmatig fijn tot middelmatig grof zand, met grindelementen en schelpresten aan de basis, een lemig complex in het midden en aan de top middelmatig tot fijn zand.

De HCOV-lagen stemmen niet goed overeen met de lokale beschrijving van de quartaire afzettingen zoals beschreven door de lokale studies (Deliever, 2005, Tritel ,2011, Ghysels, 2013).



Volgens vorige studies moet binnen het studiegebied zelf een onderscheid gemaakt worden tussen de goed doorlatende fluviatiele afzettingen van het Pleistoceen en de bovenliggende slecht doorlatende leemlaag. De fluviatiele afzettingen in Kastanjebos zijn zeer heterogeen en hebben hierdoor een zeer variabele doorlatendheid. Rond de waterwinning zijn de Quartaire afzettingen dikker dan in de rest van het studiegebied. De verdikking van de Quartaire afzettingen is te wijten aan het feit dat het waterwingebied boven een fossiele riviergeul, van Pleistoceen ouderdom, gelegen is. De dikte van de Quartaire afzettingen bedraagt hier 8-9 m. Vooral de grofkorrelige zand- tot grindafzettingen aan de basis zijn zeer goed doorlatend. Door de grote heterogeniteit van deze fluviatiele afzettingen en de aanwezigheid van fijnkorreligere laagjes is de verticale doorlatendheid ook hier lager dan de horizontale doorlatendheid. De leemlaag is dan weer slecht doorlatend en relatief homogeen.

Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200)

De Formatie van Diest (HCOV 0252) op de heuvels in het zuiden van het studiegebied Kastanjebos maakt deel uit van het Mioceen Aquifersysteem (HCOV 0250). Deze grofkorrelige zanden zijn goed doorlatend. De aanwezigheid van klei-draperingen en de cementatie tot ijzerzandsteen zorgt voor een lagere verticale doorlatendheid. Deze Formatie komt ook enkel voor op de heuvels in het zuiden van het gebied. De grondwatertafel staat nooit tot in deze Formatie.

Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400)

Zoals HCOV 0200 komt ook het Oligoceen Aquifersysteem alleen voor in het zuiden van het studiegebied en als basis van de Miocene heuvels. De Aquifer bestaat uit de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern. De zanden van Grimmertingen aan de basis bestaan uit fijne zanden en zijn relatief kleirijk. Dit kan zorgen voor een slechtere doorlatendheid. De bovenliggende zanden van Neerrepen zijn minder kleirijk en zullen dus een iets hogere doorlatendheid hebben.

Ledo Paniseliaan Brusseliaan Aquifersysteem (HCOV 0600)

HCOV 0600 dat in het studiegebied en de dichtbije omgeving voorkomt, bestaat uit 3 leden – Lid van Wemmel, Formatie van Lede en Formatie van Brussel.

Formatie van Maldegem

Dit Lid van Wemmel bestaat uit fijne zanden en is dus ook gelijkaardig aan het fijnkorrelige facies van de Formatie van Brussel en de Formatie van Lede en heeft dus ook een gelijkaardige doorlatendheid.

Formatie van Lede

Deze afzettingen zijn zeer gelijkaardig aan het bovenste, fijnkorrelige facies van de Formatie van Brussel. Ook deze Formatie is minder doorlatend dan het grove facies van de Formatie van Brussel. De aanwezigheid van kalksteenbanken zorgt ook hier voor een lagere verticale doorlatendheid.

Formatie van Brussel

De Formatie van Brussel is een relatief heterogene formatie. Het onderste, grove facies van deze Formatie is zeer doorlatend. Het is ook uit dit grove gedeelte dat de winningen hun water oppompen. De aanwezigheid van zandsteenbanken zorgt ervoor dat de horizontale doorlaatbaarheid groter zal zijn dan de verticale doorlaatbaarheid.

Het bovenste, fijnkorrelige facies is iets minder doorlatend. Dit is te wijten aan het feit dat dit facies fijnkorreliger is en dat er leem en klei in aanwezig is. Deze leem- en kleilaagjes zullen, samen met de aanwezigheid van zandsteenbanken, ook hier zorgen voor een lagere verticale dan horizontale doorlaatbaarheid.

Volgens Deliever (2005) kunnen de lagen in de omgeving worden samengevat conform hun hydraulische karakteristieken zoals in Figuur 4-4 weergegeven is.



Gesteente	Hydrogeologische eenheid	HCOV-code
Leem	(lemige) deklagen	0150
Grind	Pleistoceen van de Vlaamse Vallei – dit komt voor in een geul uitgesneden in de onderliggende aquifer	0162
Zeer fijn zand en zandsteen banken	Ledo-Paniseliaan Aquiferssysteem –	0620
Matig grof zand	Zanu van brusser	0620
Klei	Afzettingen van Kortrijk – Ieperiaan Aquitardsysteem	0900

	Zandleem (0 - 2 m)	Slecht doorlatende laag	2 m
Quartair	Fluviatiel zand en grind (2- 9 m)		9 m
Formatie van Brussel	Fijn zand (9 - 27 m)	Watervoerendelaag	27 m
	Middelmatig tot grof zand (27 - 40 m)		
Formatie van Kortrijk	Zandige klei en klei (40 m)	Afsluitende laag	40 m

Figuur 4-4: Hydrogeologische schematisatie van de grondwaterwinning Winksele Kastanjebos (Deliever, 2015)

Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV0900)

Formatie van Kortrijk bestaat voornamelijk uit klei en is dus zeer slecht doorlatend. Deze Formatie vormt de onderste laag van de lagen die bestudeerd worden en doet dienst als afsluitende laag naar onderen toe. De doorlatendheid is heterogeen door de afwisseling van de klei met meer siltigere en zandigere intercalaties.



5 Hydraulische parameters

De waarden voor de hydraulische parameters beschikbaar uit voorgaande studies werden geïnventariseerd. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de geraadpleegde bronnen en de geïnventariseerde parameterwaarden.

Er werden op 4 putten van de Watergroep proefpompingen uitgevoerd. Op basis hiervan kunnen volgende hydraulische karakteristieken afgeleid worden:

- Transmissiviteit (T): tussen 200 en 300 m2/dag
- Doorlatendheid (k): 1,9.10-4 tot 2,5.10-4 m/s of 9 tot 22 m/dag

De gekalibreerde waarden van lokale grondwatermodellen van Deliever (2005) en Ghysels (2013) zijn in Tabel 5-1 en Tabel 5-2 weergegeven. De regionale karakteristieken van het Brulandkrijtsysteem en het desbetreffende regionale model zijn weergegeven in Tabel **5-3** en Tabel **5-4**.

Tabel 5-1: De gekalibreerde hydraulische conductiviteit van het niet-stationair model Kastanjebos (Deliever, 2005)

	Invoer (m/dag) Kx, Ky en Kz	Na calibratie (m/dag) Kx en Ky	Na calibratie (m/dag) Kz
Leem	1.8	0.1	0.1
Grind	30	25	10
Fijn zand	6	1	0.5
Grof zand	21	25	25

Tabel 5-2: De gebruikte hydraulische conductiviteit van het stationair model Herent-Bijlok & Winksele-Kastanjebos (Ghysels, 2013)

Loog	Voor ca	libratie	Na calibratie		
Laag	K _{x,y} [m/d]	K _z [m/d]	K _{x,y} [m/d]	K _z [m/d]	
Leem	0.5	0.5	0.5	0.5	
Pleistoceen	10	1	8	0.8	
Diest + SHH	5	1	3	0.3	
Fijne Brussel + Wemmel/Lede	5	1	4	0.4	
Grove Brussel	15	1.5	7	0.7	



HCOV		Beschrijving	Lithologie Kh (m/dag)		ag)	Dikte (m)
0110		Ophogingen	Alle door de mens Goed doorlater aangebrachte ondoorlatend ophogingen		doorlatend tot atend	0 - 17
0140 A		Alluviale deklagen	Slecht doorlatende 0,1 - 0,3 venige, lemige en kleiige alluviale afzettingen			0 – 10
0150 D		Deklagen	Homogene afzettingen van zand, zandig leem, leem of klei.	0,1 - 10		0 – 20
0160		Pleistocene afzettingen	0,01 - 30	0 – 15		
0162		Pleistoceen van de Vlaamse Vallei	Heterogene afzettingen (grind, zand, leem, klei en veen)	0,01 - 30	D	<mark>0 – 15</mark>
0163		Pleistoceen van de Riviervalleien	Middelmatig fijn tot middelmatig grof zand met grindelementen en schelpresten aan de basis, een lemig complex in het midden en aan de top middelmatig tot fijn zand	10 – 30		0 – 15
0170		Maas- en Rijnafzettingen				
0171		Afzettingen Hoofdterras	Zand- en grindhoudende afzettingen met dikke leemlenzen	20 -150		0 – 15
0172		Afzettingen Tussenterrassen	Grind en fijn zand met plaatselijk kleilaagjes	t 30 – 300		0 – 15
0173		Afzettingen Maasvlakte	Grof grind met plaatselijk leemlaagjes	50 – 1300		<mark>0 – 15</mark>
HCOV	Beschrijving		Lithologie Kh (m/dag)		Kh (m/dag)	Dikte (m)
0610	Wemmel-Lede Aquifer		0,6 - 3*		0 - 30	
	0611	Zand van Wemmel	Grijs glauconiethoudend fijn zand, kleiig naar boven toe; basis met Nummulites wemmelensis.			
	0612	Zand van Lede	Gelig zand, sterk kalkhoudend, zwak glauconiet- houdend. Aan het oppervlak kan het ontkalkt zijn. Bevat meerdere (doorgaans 3) kalkzandsteenbanken (max. 20cm dik), meestal in associatie met een fossielrijke, Nummulites variolarius, grindlaag.			
0620	Zand van Brussel		Heterogeen pakket van grove tot fijne zanden, soms glauconiethoudend. Zowel Mergel- en kleilaagjes als massieve kalkzandsteenbanken kunnen voorkomen. 1 en 55			0 - 70

Tabel 5-3: Brulandkrijtsysteem: lithologie, doorlatendheden en diktes voor sub- en basiseenheden van de Quartaire en Ledo Paniselilaan Brusseliaan Aquifersystemen (HCOV 0100, HCOV 0600) (CIW, 2016a)

Zandige afzettingen van het Onder-

Paniseliaan

0640

Zand van Vlierzele en/of

Aalterbrugge

Grijsgroen glauconiethoudend fijn zand, duidelijk horizontaal of kruisgewijs gelaagd, met kleilenzen; bovenaan humeuze tussenlagen; plaatselijk dunne zandsteenbankjes; naar onder toe overgaand in homogeen kleiig zeer fijn zand.

27

0,8 - 6,7*

0 - 30



Tabel 5-4: Het Brulandkrijtsysteem model: gekalibreerde waarden (Haecon, 2007)

HCOV-HUF	Beschrijving	Kh	Kh/Kv	HCOV-eenheden		TT (IN
>170	Alle Quartaire afzettingen uitgezonderd deze	6	4	Hoofd	Sub	\mathbf{K}_{h} (m/d)
	van de Maas en Rijn			0.100	0430	2.3
170	Maas- en Rijnafzettingen	30	4	0400	0450	0.2
210-220	Afzettingen ten noorden van de Feldbiss +	0.4	4	0600		3.5
	klei-zand complex van de Kempen		1.1	1000		0.13
252-253	Zand van Diest + Zand van Bolderberg	10	4	1100		0.15
254	Zanden van Berchem en/of Voort	0.5	4	1100		9.5
256	Zand van Eigenbilzen	10	4			
300	Boom aquitard	10-6	100			
410	Zand van Kerniel	1	4			
420	Klei van Kleine-Spouwen	10-6	100			
430	Ruisbroek-Berg aquifer	4.6	4			
440	Tongeren aquitard	10-6	100			
450	Onder-Oligoceen aquifer	0.1	4			
500	Bartoon aquitard	10-6	100			
600	Ledo-Paniseliaan-Brusselliaan aquifer	20	4			
700	Paniseliaan aquitard	10-4	100			
800	Ieperiaan aquifer	1.0	4			
900	Ieperiaan aquitard	10-4	100			
1000	Paleoceen aquifer	1	25			
1100	Krijt aquifer	5	50			
Base	Dummy laag ter vergemakkelijking van de kalibratie ~Sokkel	3.1	50			



6 Grondwatermeetnet en stijghoogtemetingen

6.1 Grondwatermeetnet

In het projectgebied bevonden zich reeds 23 functionele peilbuizen, waarvan er een deel zijn uitgerust met datalogger. Bijkomend werden 14 peilbuizen (13 in grondwater en 1 in oppervlaktewater) geplaatst die allen zijn uitgerust met automatische dataloggers.

- Er zijn in totaal 37 meetlocaties binnen het projectgebied:
 - o 36 piëzometers
 - 23 oudere piëzometers (geïnstalleerd vóór 2017): KASP001X ... KASP025X
 - 13 recente piëzometers (geïnstalleerd in 2017): KASP026X ... KASP038X
 - 1 peilbuis in de Lipsebeek, als meetpunt van het oppervlaktewaterpeil (geïnstalleerd in 2017): KASS001X

Grafiek met de beschikbaarheid van grondwaterpeilmetingen en oppervlaktewaterpeilmetingen wordt in Figuur 6-1 weergegeven.



Kaart met de piëzometers binnen het studiegebied wordt toegevoegd in Bijlage 2.

Figuur 6-1: Beschikbaarheid van grondwaterpeilmetingen en oppervlaktewaterpeilmetingen



7 Model concept

Eerst wordt een stationair model (= steady state) opgebouwd. Dit stationair model wordt als start gebruikt voor een transiënt model (= niet-stationair).

De modelopbouw is gebeurd in de software GMS 10.2.4 die MODFLOW als rekenhart heeft. Als model voor de onverzadigde zone wordt gekozen voor het SWAP-model (van Alterra/Wageningen).

7.1 Conceptuele afbakening modelgebied (horizontale begrenzing)

Om het modelgebied geografisch af te bakenen, worden geschikte modelgrenzen gedefinieerd.

Het modelgebied wordt groter genomen dan het studiegebied. Aan de randen van het modelgebied treden vaak onnauwkeurigheden op door de keuze van die grenzen. De invloed van die randeffecten kan vermeden of beperkt worden door het modelgebied voldoende groot te nemen zodat de resultaten in het eigenlijke projectgebied niet beïnvloed worden.

Het volledige studiegebied wordt dus omvat door het grondwatermodel.

Verder worden er geschikte modelgrenzen gekozen o.b.v. de topografie, de hydrografie en de regionale stijghoogtekaarten (bron: VMM).

De volgende modelgrenzen worden voorgesteld (Figuur 7-1):

- Noorden, zuidwesten: Constant head boundary (CHD): stijghoogtes kunnen afgeleid worden uit het regionale model BLKS- 'Brulandkrijtsysteem (VMM)'
- Zuidoosten: 0-flux: volgens de veronderstelde aangenomen grenzen van het stroomgebied
- Westen: drainage boundary (DRN): rivier Weesbeek (2^{de} cat waterloop)
- **Oost**: rivier boundary (RIV): rivier Dijle(1^e cat waterloop)



Figuur 7-1: Voorstel voor modelgebied van het grondwatermodel en modelgrenzen



7.2 Verticale begrenzing

De top van het model wordt afgeleid van het DHM – resolutie 5*5 m. Het model wordt in verticale zin begrensd door de top van de ondoorlatende Ieperiaan Aquitardsysteem als ondergrens. Als basis voor de lagendefinitie (basis en dikte) werd de HCOV-kartering in het kader van het Vlaams Grondwatermodel genomen. Figuur 7-2 toont een ZN-doorsnede doorheen het modelgebied: Op deze doorsnede komen alle hydrogeologische subeenheden.



Figuur 7-2: ZN-doorsnede van het modelgebied doorheen de hydrogeologisch onderscheiden lagen (HCOV)

De informatie van de HCOV-kartering werd getoetst aan andere informatiebronnen m.b.t. de gelaagdheid van de ondergrond en de (hydro)geologie. De HCOV-lagen (rasters met het voorkomen, de basis en de dikte) werden vergeleken met de bodemkaart, de quartairgeologische kaart, beschikbare boorbeschrijvingen en de originele voorkomingsgrenzen van de HCOV-kartering (versie 1).

De oorspronkelijke voorkomingsgrenzen van de HCOV-kartering (versie 1) worden gebruikt om de laterale extent van de HCOV-eenheden (volgens de HCOV-rasters met basis en dikte) te checken en zo nodig te corrigeren. In sommige gevallen wordt ook de dikte van de HCOV-eenheid aangepast.

Verschillende HCOV-sublagen waren samengevoegd tot de 'materials' (eenheden) met vergelijkbare hydraulische eigenschappen die werden toegepast via polygons om de modellagen te definiëren.

De bovenstaande conclusies werden in rekening gebracht door een verfijning van de hydrogeologie door te voeren. De methodiek wordt hieronder toegelicht.

- De eerste 2 meter van het geologische profiel werden uniform gekarakteriseerd als leemachtige sedimenten in overeenstemming met de boorgatbeschrijving in het modelgebied (nieuwe afkorting gegeven: Q_loam)
- Voor de Pleistocene rivierafzettingen (HCOV 0160) werden aangepaste voorkomingsgrenzen gebruikt, omdat de oorspronkelijke voorkomingsgrenzen volgens de eerste versie van de HCOV-kartering niet betrouwbaar leken.
- Het bestaan van een Pleistocene vallei in west-oostelijke richting, zoals beschreven in verschillende studies voor zowel de grondwaterwinning Winksele-Kastanjebos als Herent-Bijlok (Deliever, 2005 en Ghysels, 2013), wordt in het HCOV-model echter niet weergegeven. Er werd daarom rekening gehouden met de nieuwe verfijnde informatie over de omvang van de west-oostelijke structuur van de paleovallei. Deze info werd opgenomen in het schema van het geologische model dat voor de grondwatermodellering was opgesteld. De eenheid die uit Pleistoceen grof riviersediment bestaat, kreeg de nieuwe naam Q_alluvium_grind.
- HCOV 0400 en HCOV 0600 (Mioceen en Oligoceen Aquifer) in het zuiden van het modelgebied werden beschouwd als één materiaal vanwege de vergelijkbare hydraulische eigenschappen en kregen de afkorting M_O_Zand.



 HCOV 0600 was volgens de boorgatbeschrijving verdeeld in ondiep fijn zand (BrusseliaanAquifer_fijn_zand genaamd) en diep grof zand (BrusseliaanAquifer_grof_zand genaamd).

Het samenvoegen van verschillende HCOV-eenheden en geologische lagen tot de 'materialen' is gebeurd op basis van de gelijkenis tussen de hydraulische eigenschappen. Het doel is om de complexe geologische situatie van de Kastanjebos site te vereenvoudigen en tegelijkertijd voldoende details te verschaffen voor de karakterisering van de lagen van het grondwatermodel.

De materialen en hun onderverdelingen in de modellagen zijn gespecificeerd in Tabel 7-1.

Modflow lag	HCOV laag	beschrijving
1	0110,0150	Quartair: deklagen - leem
2	0140, 0160, 0200, 0400, 0600	Quartair: fijn zand, alluvium grind, Mioceen en Oligoceen zand, Brusseliaan: fijn zand
3	0600	Brusseliaan: fijn zand
4	0600	Brusseliaan: grof zand

Tabel 7-1: Indeling van het modelgrid in modellagen



Figuur 7-3: ZN-doorsnede van het modelgebied doorheen de modellagen en geconceptualiseerde hydrogeologische eenheden gebruikt in het grondwatermodel



7.3 Geometrie

Het modelgrid wordt opgevat als een onregelmatig raster met de grootste resolutie in het centrale interessegebied (cellen van 10*10 m) en een lagere resolutie buiten het interessegebied (100*100 m aan de modelranden). Dit wordt geïllustreerd in Figuur 7-4.

Het voorgestelde modelgrid telt 236 rijen, 354 kolommen en 4 lagen. Specificaties van het grid:

- Onregelmatig grid
- Resolutie t.h.v. studiegebied: 10x10 m
- Maximale celgrootte buiten het studiegebied: 100x 100 m
- 236 rijen x 354 kolommen = 83 544 cellen per laag
- 334 176 cellen voor 4 lagen



Figuur 7-4: Voorstel voor een onregelmatig Modflow-grid met situering van het studiegebied

Als flow package werd NWT package (MODFLOW-NWT) gebruikt.

7.4 Temporele discretisatie

Eerst wordt een stationair model gebouwd (met gemiddelde randvoorwaarden) dat met jaargemiddelde peilmetingen gekalibreerd wordt.

Met het stationaire model als basis wordt vervolgens een transiënt model gebouwd. Hiervoor worden de randvoorwaarden transiënt gemaakt, met stressperiodes van 1 maand.

De periode van het tijdafhankelijke model wordt gekozen om actuele condities in het studiegebied te evalueren. In overeenstemming met de aanpak van de 'inventarisatiefase' van deze opdracht, worden de laatste 6 jaar als representatief voor 'actuele grondwaterdynamiek' beschouwd. Om de huidige grondwaterdynamiek te simuleren, wordt de periode van de 6 laatste jaar (2013-2018) gekozen waaruit ook de periode van de representatieve gemiddelde freatische grondwaterstanden (GHG, GLG, GVG) afgeleid kunnen worden.



Zie enkele individuele GW-tijdreeksen van Menyanthes modellen in Figuur 7-5. In de periode 2017-2018 lijkt er een interessante dynamiek in de grondwaterstanden, nl. een opeenvolging van GLG (zomer 2017) en GHG (winter 2018). Dit ziet er een min of meer normale hydrologische cyclus uit, die met uitgepompte debieten - die vroeg in de zomer 2017 hoog worden en in de winter van 2018 verminderd worden (zie Figuur 9-2) - 'karakteristiek' genoemd kan worden en vervolgens voor GxGanalyse gebruikt kan worden.



Daarom wordt deze periode voorgesteld voor de afleiding van GxG-niveaus voor het studiegebied.

Figuur 7-5: Grondwater tijdreeksen voor enkele piëzo's binnen het studiegebied (op basis van Menyanthes modellen) met weergegeven GxG-periodes binnen de rode cirkels

In de grafiek met beschikbare grondwaterstandsmetingen (Figuur 6-1) ligt het grootste aantal van gemeten piëzometers in 2017-2018, omdat er nieuwe divers (KASP026 – KASP038X) in het studiegebied werden geïnstalleerd. Deze periode is belangrijk voor de kalibratie omdat het model op basis van het grootste aantal gemeten grondwaterstanden gekalibreerd kan worden.

Het model wordt voor de hele periode 2013 – 2018 gekalibreerd, met als doelstelling om de 'beste fit' binnen GxG-periodes, voornamelijk GLG, te hebben.



7.5 Randvoorwaarden

7.5.1 Vaste stijghoogtes

Om de vaste stijghoogtes aan de noordelijke en zuidelijke modelranden af te leiden, is de volgende bruikbare bron van regionale stijghoogtes beschikbaar:

o Regionaal model BLKS-'Brulandkrijtsysteem' (VMM) met resolutie 100 x 100 m





7.5.2 Oppervlaktewater: waterlopen en drainage

Om de interactie tussen grond- en oppervlaktewater te modelleren worden in Modflow de RIV en DRN gebruikt voor de oppervlaktewaterrandvoorwaarden.

De waterlopen en grachten worden als volgt geconceptualiseerd, als verschillende types Modflow randvoorwaarden:

- River (RIV): met dit type randvoorwaarde worden de meest belangrijke waterlopen (die zowel drainerend als infiltrerend kunnen werken) in het model gebracht:
 - o Waterlopen cat 1 (Dijle)
 - Bevaarbare waterlopen cat 0 (Kanaal Leuven Dijle)
- Drain (DRN): dit type randvoorwaarde is bedoeld voor de kleinere waterlopen en grachten (die wel drainerend maar niet infiltrerend kunnen werken). Worden als DRN randvoorwaarde in het model gebracht: het detail drainagestelsel + waterlopen cat 2-9

7.5.3 Grondwaterwinningen

Voor wat de grondwaterwinningen betreft, zullen de gegevens afkomstig van VMM gebruikt worden:

- de effectief onttrokken debieten (maandelijkse) uit de grondwaterwinning Winksele-Kastanjebos en Herent-Bijlok (bron: De Watergroep)
- de vergunde grondwaterwinningen binnen het modelgebied uit DOV (huidige en historische) (zie Figuur 7-7)





Figuur 7-7: Vergunde grondwaterwinningen, ingekleurd volgens vergund jaardebiet (m³/jaar) (bron: DOV)

7.5.4 Grondwatervoeding

De gemiddelde grondwatervoeding kan met een ruimtelijke resolutie van 50*50 m uit het Vlaams Grondwater Model in het grondwater model gebruikt worden.

Bovendien kan de transiënte grondwatervoeding als input voor het grondwatermodel als volgt berekend worden: het watertransport in de onverzadigde zone wordt gemodelleerd met 1-D modellen van de onverzadigde zone (SWAP) en de output van SWAP (de netto grondwatervoeding) wordt als input in Modflow (RCH pakket) gebruikt.

De tijdreeksen voor neerslag en evapotranspiratie werden afgeleid van meetstations in de omgeving (neerslag: Heverlee; evapotranspiratie: Liederkerke) en worden als tijdsafhankelijke invoer gebruikt.


8 Steady state model

8.1 Modelopbouw

8.1.1 Modelgebied en modelgrenzen

Voor de keuze van het modelgebied en de modelgrenzen wordt ook verwezen naar de beschrijving van het modelconcept (paragraaf 7.1). Het modelgebied en studiegebied worden nog eens gesitueerd in Figuur 8-1.



Figuur 8-1: Modelgebied met situering van het studiegebied

8.1.2 Geometrie

Het modelgrid wordt opgevat als een onregelmatig raster met de grootste resolutie in het studiegebied (cellen van 10*10 m) en een lagere resolutie buiten het interessegebied (100*100 m aan de modelranden), zoals beschreven in het modelconcept (paragraaf 7.3).

Het finale modelgrid bestaat uit 236 rijen, 354 kolommen en 4 lagen. De specificaties van het modelgrid worden in Tabel 8-1 gegeven.

Tabel 8-1: Overzicht van het aantal celle	n volgens de voorgestelde modelgeometrie
---	--

	Per modellaag	Volledig model (4 lagen)
Aantal cellen	83 544	334 176
Actieve cellen	75 287	301 151
Niet-actieve cellen	8 257	33 025

De top van het model werd afgeleid uit het DHM- Vlaanderen met resolutie 5*5 m. De HCOV-lagen werden over de rekenlagen verdeeld volgens het modelconcept (zie paragraaf \$7.2).

Modflow modellagen: dikte en samenstelling



De verschillende geologische eenheden die in het studiegebied voorkomen, worden samengebracht o.b.v. gelijkaardige hydrogeologische eigenschappen. Deze materiaaleenheden worden ingevuld naar 4 modellagen (zie Tabel 8-2). Elke modellaag kan in horizontale richting door polygons gedifferentieerd worden en kan dus meer eenheden bevatten in horizontale omvang.

Model laag	Beschrijving eenheden	Dikte (m)	Opmerking
1	Quartair: deklagen - leem	2	
2	Quartair: fijn zand, alluvium grind	0.1–52	Deze laag bevat meestal alluviale afzettingen en tertiair zand van HCOV
	Mioceen en Oligoceen zand Brusseliaan: fijn zand		0200 en 0400 ten zuiden van het modelgebied. Waar deze geologische lagen niet bestaan, wordt minimaal een dikte van 0,1m op deze laag toegepast met geologische eenheid van 3 ^{de} laag.
3	Brusseliaan: fijn zand	10-53	
4	Brusseliaan: grof zand	13	

Tabel 8-2: Overzicht van de modellagen en hun samenstelling en dikte

8.1.3 Numerieke parameters

Voor de simulaties in Modflow werd de volgende numerieke solver gebruikt: MODFLOW-NWT Solver.

8.1.4 Randvoorwaarden aan de modelrand

De verschillende types randvoorwaarden aan de modelrand worden gesitueerd op Figuur 7-1.

Vaste stijghoogte - CHD

- Stijghoogtes uit het regionaal grondwatermodel "Brulandkrijtsysteem "
- Noordelijke, westzuidelijke modelranden

No-flow boundary

• Een no-flow boundary werd toegekend aan oost-zuidelijke modelrand waar zich een topografische waterscheiding bevindt

River boundary - RIV

River Dijle, ten oosten van het modelgebied wordt als riviergrens gesimuleerd

Drainage boundary – DRN

 Westelijke grens van het model wordt als drainage boundary langs de waterloop Weesbeek gesimuleerd

8.1.5 Initiële stijghoogtes

De initiële stijghoogtes werden in eerste instantie gelijkgesteld aan de topografische hoogte.

Met het oog op een snellere convergentie van het model, werd daarna de gesimuleerde stijghoogte uit vorige modelruns gebruikt als de initiële stijghoogte voor de volgende modelruns.



8.1.6 Grondwatervoeding door neerslag

De steady state grondwatervoeding (jaarlijks gemiddelde) werd met een ruimtelijke resolutie van 50*50 m uit het Vlaams Grondwater Model in het grondwatermodel ingevuld. De grondwatervoeding is berekend met het WetSpass model. Dit steady state model is aan de Vrije Universiteit Brussel ontwikkeld en voorspelt een seizoensvariabele grondwatervoeding (zomer, winter en jaargemiddeld) voor heel Vlaanderen. Het WetSpass model brengt de bodemeigenschappen en het bodemgebruik in rekening, zodat de resulterende voeding ruimtelijk verdeeld is.

8.1.7 Oppervlaktewater: rivieren en drainage

Voor wat de hydrografie betreft, worden in het model zo goed als mogelijk de waterlopen en grachten in rekening gebracht, op basis van de bestaande en beschikbare informatie, en de aanvullende inventarisatie.

8.1.7.1 River randvoorwaarden (RIV)

De volgende waterlopen worden aan het model toegevoegd als River randvoorwaarden (Tabel 8-3) :

- o Waterlopen cat 1 (Dijle)
- o Bevaarbare waterlopen cat 0 (Kanaal Leuven Dijle)

Tabel 8-3 Gebruikte parameters voor River randvoorwaarden (RIV)

Waterloop	Waterpeil	Bodempeil	Breedte (m)	Kh slib (m/d)	Slibdikte (m)
Kanaal Leuven Dijle	Waterinfo	Waterpeil – 3 m	25	0.01	1.0
Dijle	OW model, Waterinfo	Waterpeil - 1	10	0.01	0.5

8.1.7.2 Drain randvoorwaarden (DRN) buiten het studiegebied

De rest van kleinere waterlopen die zich in het modelgebied bevinden, wordt als DRN randvoorwaarden gesimuleerd omdat daar geen infiltratie van oppervlakte naar grondwater verwacht is.

- De waterlopen van de tweede categorie die door het modelgebied lopen, zijn in het model gedefinieerd aan de hand van de resultaten van het oppervlaktewatermodel 'OWKM van het stroomgebied van de Molenbeek - Weesbeek', die door VMM en Provincie Vlaams Brabant beschikbaar worden gesteld.
 - Het gaat om de volgende rivieren: HogeBeek, Leibeek, stroomafwaartse deel van de Lipsebeek (buiten het studiegebied), Molenbeek , Weesbeek, Zuurbeek
 - Drainage niveau:
 - Minimaal waterpeil gesimuleerd door OWKM
 - o Conductantie:
 - Slibdikte: bepaald o.b.v. de opgemeten dwarssecties (slibdikte = vaste bodem - hoogte slibbodem)
 - Breedte: bepaald o.b.v. orthofoto's
 - Hydraulische geleidbaarheid K van de slibbodem: als initiële waarde werd een waarde van 1 m/d gebruikt.
- Andere waterlopen die niet in het OWKM zijn opgenomen: hiervoor werden volgende aannames gedaan (Tabel 8-4):



Waterloop categorie	Drainage peil	Breedte (m)	Kh slib (m/d)	Slibdikte (m)
2 ^{de}	DHM 5 – 0.5 m	2.5	1	0.3
3 ^{de}	DHM 5 – 0.3	1	1	0.2
< 3 ^{de}	DHM 5	0.5	1	0.2

Tabel 8-4 Gebruikte parameters voor drainage randvoorwaarden (DRN) buiten het studiegebied

8.1.7.3 Drain randvoorwaarden binnen het studiegebied

Het grachtenstelsel werd gekarteerd en gedigitaliseerd tijdens de inventarisatiefase van de opdracht.

Voor een aantal grachten werden ook topografische opmetingen uitgevoerd, waarbij volgende kenmerken opgemeten werden: peil van de vaste bodem, peil van de slibbodem en/of slibdikte, breedte van de gracht.

T.b.v. de invoer van het grachtenstelsel als drainage randvoorwaarden (DRN) in het grondwatermodel werden vervolgens verschillende processing stappen doorlopen.

De volgende relevante eigenschappen zijn voor elk grachtsegment bepaald, om als basis voor de Modflow randvoorwaarden te dienen:

 Drainagepeil: het minimum maaiveldniveau gebaseerd op LiDAR gegevens wordt hier gebruikt. Voor elk segment wordt de minimale waarde van het maaiveld (LiDAR punten) binnen een buffer langs de gracht bepaald. Deze minimumwaarde wordt als draingagepeil gebruikt.

De reden waarom de LiDAR dataset werd gekozen om in deze studie te gebruiken, is om de meest gedetailleerde beschikbare informatie van het maaiveldniveau te gebruiken. LiDAR dataset bevat ruwe remote sensing data die, in het kader van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II (DHMV II), gelijktijdig met multispectrale (RGB) beelden, werden ingewonnen. Op basis van deze ruwe remote sensing data en vermindering van hun resolutie werd digitaal een DHMV II-hoogtemodel afgeleid. De originele LIDAR-gegevens set bestaat uit een veel hoger detailniveau in vergelijking met de DHM omdat er minimaal 16 punten per 1 m² worden gemeten.

- Standaardwaarde grachtbreedte: representeert de breedte van het gedompelde deel van de gracht. De breedte werd ingeschat o.b.v. detailhydrografische veldmetingen en classificatie van type van grachten. De gemiddelde breedte per grachtklasse werd berekend (zie Tabel 8-5)
- Slibdikte: gebaseerd op de detailhydrografische veldmetingen van welke gemiddelde slibdikte per grachtklasse gerekend werd

Tabel 8-5 Gebruikte parameters per klasse voor drainage randvoorwaarden (DRN) binnen het studiegebied

Klasse	Gracht breedte (m)	Slib dikte (m)	K (m/d)
hoofdgracht	1.00	0.20	1
gracht	0.50	0.10	1
ondiepe gracht	0.20	0.05	1

Gekarteerde greppels werden niet zoals drainage randvoorwaarden in het grondwatermodel gebruikt omdat er geen belangrijke drainagefunctie verwacht is.



Conductantie wordt in het grondwatermodel (voor beide rivieren en drainage) afgeleid als:

Conductantie wordt gedefinieerd als:

$$C = \frac{k}{l} \times l \times w$$

met:

- k doorlatendheid van het bodemmateriaal van de waterloop (m/d)
- *t* dikte van het pakket bodemmateriaal (m)
- I lengte van de waterloop in de rekencel (m)
- *w* breedte van de waterloop (m)

8.1.8 Grondwaterwinningen

- de effectief onttrokken debieten (maandelijkse) (bron: De Watergroep) uit de grondwaterwinning :
 - Winksele-Kastanjebos: er wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde pompdebiet opgepompt in de periode 2013-2018 voor elk van de 6 extractiefilters
 - 3004-010: 166 m³/d
 - 3004-011: 432 m³/d
 - 3004-012: 545 m³/d
 - 3004-013: 503 m³/d
 - 3004-014: 475 m³/d
 - 3004-015: 526 m³/d
 - Herent-Bijlok: voor dit grondwaterwinningstation wordt de som van de gemiddelden van de opgepompte volumes per filter in de periode 2013 - 2018 gebruikt. In het model was geen differentiatie verwerkt van de positie van de verschillende extractiefilters die werkten.

Voor wat de grondwaterwinningen in het modelgebied betreft, zijn de gegevens afkomstig van VMM:

• de vergunde grondwaterwinningen uit DOV (huidige en historische):

Voor de huidige en historisch vergunde grondwaterwinningen (uit DOV) zijn voor het grondwatermodel alleen de winningen gebruikt die in de periode van 2013 tot en met 2018 actief waren. De werkelijke effectieve opgepompte debiet is meestal verschillend van de vergunde debiet. Voor dit onderzoek wordt uitgegaan van de veronderstelling dat slechts 70 procent van de vergunde debiet effectief wordt weggepompt.



8.2 Gevoeligheidsanalyse

Het doel van de gevoeligheidsanalyse is om de parameters in het model te testen op hun invloed op de resultaten van het model (voornamelijk stijghoogtes). Dit is nuttig om het modelgedrag te begrijpen (en systeemkennis te vergaren), maar tevens essentieel om te differentiëren tussen "impactvolle" en "impactloze" parameters en randvoorwaarden. Uit de gevoeligheidsanalyse kunnen de parameters geselecteerd worden die verder meegenomen worden in de kalibratiefase.

Een stationaire gevoeligheidsanalyse werd uitgevoerd met het initiële stationaire model. Er zijn 3 types parameters getest op hun invloed op de stijghoogtes :

- K_h (horizontale hydraulische conductiviteit)
- K_v (verticale hydraulische conductiviteit)
- Conductantie van de river- en drain-randvoorwaarden

Een run van PEST werd eerst uitgevoerd en o.b.v. gevoelige parameters in het model werden gevoeligheidskaarten opgemaakt.

De initiële parameterwaarde in het initiële model (afgeleid uit literatuurwaarden) werd beschouwd als centrale waarde. De centrale waarde wordt dan telkens vermenigvuldigd en gedeeld met een bepaalde factor, zodat er een minimale en maximale parameterwaarde verkregen wordt. Het model wordt vervolgens doorgerekend met deze gewijzigde parameterwaarden, en de resultaten vergeleken met het modelresultaat met de initiële parameterwaarden.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse worden voorgesteld als verschilkaarten, d.w.z. het stijghoogteverschil tussen het model met aangepaste parameterwaarden en het model met de centrale parameterwaarde.

Finale verschilkaarten van gevoeligheidsanalyse worden in Bijlage 4 ingelegd. In de tekst worden alleen de meest gevoelige parameters vermeld.

8.2.1 Automatische gevoeligheidsanalyse PEST

Een automatische gevoeligheidsanalyse werd uitgevoerd met PEST ('automated parameter estimation) op basis van alle peilpunten die voor het hele grondwatermodel en zijn kalibratie gebruikt werden. Bij elke PEST-iteratie berekent PEST de gevoeligheden van elk van de parameters. De resultaten worden voorgesteld in Figuur 8-2.

De meest gevoelige modelparameters zijn:

- Horizontale conductiviteit Kh van grindige alluvium, fijne zand van Brussel en grof zand van Brussel
- Conductantie van de grachten binnen en buiten het studiegebied





Figuur 8-2: Resultaat van de automatische gevoeligheidsanalyse voor de verschillende parameters (HK – hydraulische conductiviteit, VANI – anisotropie Kh/Kv, DRN – drainage conductantie)

8.2.2 Manuele gevoeligheidsanalyse

Alle differentiële kaarten van de gevoeligheidsanalyse voor de beschouwde parameters zijn geïllustreerd in Bijlage 4.

De horizontale hydraulische conductiviteit Kh werd onderzocht voor alle "materials" d.w.z eenheden.

Als materialen werden de geologische eenheden in het model beschouwd die gelijkaardige hydraulische eigenschappen representeren.

Tabel 8-6 geeft een overzicht van de gevoeligheidsanalyse voor de horizontale hydraulische conductiviteit K_h .

Material	Min. waarde (m/d)	Centrale waarde (m/d)	Max. waarde (m/d)	Factor
Q_leem	0.05	0.5	5	10
Q _fijn_zand	0.4	4	40	10
Q_alluvium_grind	0.8	8	80	10
M_O_Zand	0.3	3	30	10



BrusseliaanAquifer_fijn_zand	0.4	4	40	10
BrusseliaanAquifer_grof_zand	0.7	7	70	10

De verticale hydraulische conductiviteit Kv werd op basis van PEST analyse beoordeeld als ongevoelig, daarom zijn er geen differentiële kaarten gemaakt..

De gevoeligheid van de modelresultaten voor de conductantie van de drain-randvoorwaarden is onderzocht door de waarde van de hydraulische conductiviteit van de slibbodem te laten variëren. Breedte, lengte en slibdikte werden als constant beschouwd.

Bij de analyse werd een factor 100 beschouwd, waarmee de initiële waarde verdeeld werd om de minimale waarde te verkrijgen. De hogere waarde werd niet getoetst aangezien een slibbodem met k>1 m/d niet wordt verwacht.

De omvang en de locatie van het effect dat verkregen wordt door het wijzigen van verschillende parameters werd onderzocht met behulp van differentiële kaarten. Hierdoor konden de parameters worden onderscheiden die van belang zijn voor de kalibratie van het studiegebied zelf en de parameters die alleen verantwoordelijk zijn voor veranderingen in het modelgebied buiten de Kastanjebossite. De meest gevoelige parameters voor het studiegebied Kastanjebos zijn:

- o Kh van quaternaire leem
- o Kh van grindafzettingen van alluvium
- Kh van zandplaatsen
- o Kh van fijn zand van Brussel
- 0 Kh van grof zand van Brussel
- o Conductantie van het drainagenetwerk binnen het studiegebied



Kh quaternaire leem (hoge waarde)



waarde)



waarde)

Kh van zandige alluviumafzettingen (hoge



Kh van grove alluviumafzettingen (hoge Kh van fijn zand van Brussel (hoge waarde)





Kh van grof zand van Brussel (hoge waarde)

8.3 Kalibratie

8.3.1 Methodiek en kalibratieset

O.b.v. de resultaten van de gevoeligheidsanalyse kan er gedifferentieerd worden tussen "impactvolle" en "impactloze" parameters en randvoorwaarden. De impactvolle parameters worden betrokken bij de modelkalibratie.

Voor de modelkalibratie worden de simulatieresultaten getoetst aan de beschikbare stijghoogtemetingen. De kalibratieset bestaat uit de stijghoogtemetingen die in hoofdstuk 6 toegelicht werden.

De kalibratieset bestaat uit 2 deelsets (zie Figuur 8-3): deelset 1 waarvoor de karakteristieke grondwaterstanden met Menyanthes bepaald werden (voornamelijk piëzometers binnen het studiegebied), en deelset 2 waarvoor de gemiddelde stijghoogte o.b.v. de beschikbare meetreeks bepaald werd (voornamelijk piëzometers buiten het studiegebied).

De eerste schatting van de modelparameters werd gebaseerd op het gekalibreerde model van Ghysels (2013) en literatuurwaarden. Tijdens de kalibratie worden de modelparameters zodanig aangepast dat het verschil tussen de geobserveerde en gesimuleerde stijghoogtes geminimaliseerd wordt. De kalibratiestap bestond uit een combinatie van manuele kalibratie en automatische kalibratie (m.b.v. PEST). Het kalibratiecriterium is in eerste instantie de minimalisatie van de TSSR of de Total Sum of Squared Errors. Bij de kalibratie werd het belang van de 1^e deelset van de kalibratieset hoger ingeschat. Bij de manuele verfijning tijdens de kalibratie werd voornamelijk met deze deelset rekening gehouden.



Figuur 8-3: Peilpunten binnen het studiegebeid (1^e deelset) en peilpunten binnen het modelgebied (2^{de} deelset) die voor kalibratie gebruikt werden



8.3.2 Resultaat

De gekalibreerde waarden van de parameters worden toegevoegd in Tabel 8-7.

Er is een goede overeenkomst tussen de gemeten stijghoogten en de gesimuleerde waarden. De kalibratiegrafieken wordt getoond in Figuur 8-4 (kalibratiedeelset 1) en Figuur 8-5 (kalibratiedeelset 2). Tabel 8-8 toont de kalibratie resultaten .

Tabel 8-7: Gekalibreerde waarden van de modelparameters (steady state model)

	Voor kalibratie		Na kalibrati	ie
HCOV	Kh [m/d]	Kh/Kv	Kh [m/d]	Kh/Kv
Quartair leem	0.5	2.0	5.0	2.0
Quartair alluvium fijn zand	4.0	3.0	15.0	3.0
Quartair alluvium grind	10.0	3.0	40.0	3.0
Mioceen Oligoceen zand	5.0	3.0	16.9	3.0
Brusseliaan Aquifer: fijn zand	5.0	10.0	2.25	10.0
Brusseliaan Aquifer: grof zand	16.0	2.0	5.82	2.0

Tabel 8-8: Performantie van het steady state model na kalibratie

	Maat voor de modelafwijking	Kalibratie resultaat Deelset 1 (studiegebied)	Kalibratie resultaat Deelset 2 (modelgebied)
Mean Residual (Head)	Gemiddelde afwijking [m]	0,27	-0,10
Mean Absolute Residual (Head)	Gemiddelde absolute afwijking [m]	0,31	0,52
Root Mean Squared Residual (Head)	Gemiddelde kwadratische afwijking [m]	0,18	0,44





De gekalibreerde waarde voor de conductantie van de drain randvoorwaarden bedraagt: 0,1 m/d.

Figuur 8-4: Kalibratiegrafieken voor de kalibratiedeelset 1 (steady state model)



Computed vs. Observed Values

Figuur 8-5: Kalibratiegrafieken voor de kalibratiedeelset 2 (steady state model)

De resultaten van het steady state grondwatermodel kunnen als goed genoeg worden beschouwd omdat het model de gemiddelde grondwatercondities goed simuleert en de belangrijkste grondwaterstromingspatronen uit het steady state model kunnen worden bepaald. De fouten tussen de opgemeten en gesimuleerde stijghoogten, die met het steady state model zijn gesimuleerd, kunnen worden toegeschreven aan het 'kunstmatige gemiddelde' dat door dit model wordt gesimuleerd met: gemiddelde netto grondwatervoeding, gemiddelde opgepompte debiet en gemiddelde gemeten stijghoogtes in piezometers. Een dergelijke middelingsbenadering brengt zeker onzekerheden in het model met zich mee, aangezien er geen simulatie van het reële verleden tijdstap plaatsvindt. Om deze reden is het transiënte model gebouwd, omdat het betrouwbaardere simulatieresultaten kan opleveren.



8.4 Modelresultaat

De grondwaterstand voor het gehele modelgebied, gesimuleerd door het steady state model, is weergegeven in Figuur 8-6. De algemene richting van de grondwaterstroming is vanuit het zuiden zuidwesten naar het noorden. Er ontstaan enkele afbuigingen van de grondwaterstroming, die worden veroorzaakt door plaatselijke drainagebases - oppervlaktewaterlopen. De gradiënt van de grondwaterstroming is vrij steil in het zuiden van het modelgebied, waar zich met name de heuvels van de Formatie van Diest uitstrekken. Deze steile helling is in de richting van het noorden verkleind. De regionale grondwaterkaart (Figuur 8-6) geeft al een indicatie dat in het natuurgebied Kastanjebos een natuurlijke afvoer ('kwel') te verwachten is. Het studiegebied strekt zich precies uit op de grens tussen het steile hellingsgebied en het gebied waar de steile helling afneemt (waar de afstand tussen de isolijnen begint te verbreden).



Figuur 8-6 Grondwaterstand voor het gehele modelgebied

De waterbalans van het steady state model is uitgezet in Figuur 8-6. Deze grafiek toont alleen de waterbalans van het studiegebied, waardoor de debieten tussen het modelgebied en het studiegebied kunnen worden geëvalueerd. De bronnen van het grondwater in het studiegebied zijn: grondwatervoeding, dat 16% van het inkomende water vertegenwoordigt, en de instroom uit het zuidelijke gebied (84%). Die leden van de waterbalans creëren de grondwatervoorziening van het natuurgebied (Kastanjebos). De belangrijkste flux uit het studie gebied (41%) wordt veroorzaakt door de grondwateronttrekking (productieputten). Het drainagenetwerk verwijdert 26% van het grondwater en slechts 33% van het grondwater stroomt buiten het studiegebied.



Figuur 8-7 Volumetrische waterbalans van studiegebied voor steady-state model





Figuur 8-8 Stromingsvectoren in het studiegebied

Zoals te zien is op Figuur 8-8, waarin de stromingsvectoren van de tweede laag in kaart zijn gebracht, kan een scheiding van de stroming worden onderscheiden tussen de stroming die naar de productieputten (in het oosten) gaat en de natuurlijke continue stroming naar het noorden (in het westen). De rode lijn in Figuur 8-8 scheidt de gebieden waar de grens (scheiding) tussen de twee stroomrichtingen zich uitstrekt. Dat is ook te zien op Figuur 8-9, waarop de paden van aantrekkingskracht naar de grondwaterwinningstations worden getoond van deeltjes die vrijkomen uit het zuiden van het Kastanjebos.



Figuur 8-9 Stroomlijnen naar studiegebied



9 Transiënt model

Er werd vertrokken vanuit het steady state model als basis voor de opbouw van het transiënte model.

Het transiente model bevat hetzelfde gebied (modelgebied) zoals het steady-state model.

De aanpassingen t.o.v. het steady state model worden hieronder toegelicht.

9.1 Tijdsdiscretisatie

Als modelperiode voor het transiënte model is gekozen voor de periode: 01/01/2013 tot 01/09/2018. De modelperiode is verdeeld in 69 stressperiodes voor elke maand. Omdat GxG perioden voor deze studie van het grootste belang zijn, zijn de desbetreffende stressperiodes van GLG en GHG in het model nog verfijnd met hogere waarden van Time Steps om beter de grondwaterfluctuaties in deze periodes te simuleren.

In deze modelperiode konden de volgende data afgeleid worden die representatief zijn voor de volgende kenmerkende grondwaterstanden:

- GHG: 31/01/2018
- GG: 31/03/2018
- GLG: 30/06/2017
- GVG:01/04/2017

Dit resultaat is gebaseerd op een statistische analyse met Menyanthes (paragraaf 7.4).

9.2 Modelaanpassingen

9.2.1 Rivier-, drainage en general head randvoorwaarden

De rivierrandvoorwaarden die de Dijle en het kanaal Leuven Dijle representeren, blijven constant.

De drainagerandvoorwaarden zijn voor zover mogelijk transiënt gemaakt.

Het gebruik van een transiënte grondwatervoeding en het aanpassen van de waarde voor de vrije berging Sy resulteerde in een onvoldoende dynamiek (fluctuaties) van de grondwaterstanden. Daarom is ook het drainagepeil van de DRN randvoorwaarden transiënt gemaakt.

Om de verandering van drainagebase van grachten tussen natte en droge omstandigheden te simuleren, werd de volgende regel gehanteerd:

Voor elke jaar werden er natte (GHG) omstandigheden vastgesteld o.b.v tijdreeksen van Menyanthes. In de zomerperiode wordt het drainagepeil uit het steady state model gebruikt; maar in de winterperiode worden de grachten beschouwd als half gevuld met water en het drainagepeil wordt aangepast conform een half gevulde gracht. Schematische weergeving van deze regel wordt in Figuur 9-1 getoond.



Figuur 9-1 Schematische weergeving van functionering van grachten in GLG en GHG omstandigheden en hun vertaling naar drainagebase voor grondwatermodel



9.2.2 Vaste stijghoogtes aan de modelrand

Voor deze randvoorwaarden werden dezelfde waarden gebruikt als in het steady state model.

9.2.3 Grondwaterwinningen

De vergunde grondwaterwinningen uit DOV die in het modelgebied plaatsvinden, met constante opgepompte debieten, blijven zoals in 8.1.8 beschreven wordt.

De opgepompte debieten van De Watergroep installaties in Winksele-Kastanjebos en Herent Bijlok zijn transiënt gemaakt. De maandelijkse effectief onttrokken debieten zijn voor elke stressperiode in het model ingevoerd.

De variatie van de opgepompte debieten in het jaar 2018, met aangeduide GLG en GHG perioden, is weergegeven in Figuur 9-2.



Figuur 9-2 De effectief opgepompte volumes per productieput in Kastanjebos-Herent in de periode 2017 – 2018.

9.2.4 Grondwatervoeding

De netto grondwatervoeding is transiënt gemaakt door de SWAP berekende grondwatervoeding op dagbasis te aggregeren (som) per stressperiode.

De transiënte grondwatervoeding als input voor het grondwatermodel is als volgt berekend: het watertransport in de onverzadigde zone wordt gemodelleerd met 1-D modellen van de onverzadigde zone (SWAP) en de output van SWAP (de netto grondwatervoeding) wordt als input in Modflow gebruikt.

De tijdreeksen voor neerslag en evapotranspiratie werden afgeleid van meetstations in de omgeving (neerslag: Heverlee; PET: Liederkerke) en worden als tijdsafhankelijke invoer gebruikt. Ter vereenvoudiging van de berekeningen werd een uniforme grasvegetatie aangenomen.



Grasvegetatie wordt beschouwd als het gewas voor de studie omdat het grootste deel van het modeldomein bedekt is met akkerbouw en verschillende landbouwgewassen (zie Figuur 9-3 en Figuur 9-4) die vergelijkbare eigenschappen voor grondwatervoeding hebben als gras. De gewasparameters werden afgeleid uit de literatuur.



Figuur 9-3 Bodemgebruik kaart voor het modelgebied.



Figuur 9-4 Bodemgebruik binnen het modelgebied in %.

KASP004X werd gekozen als piëzometer voor de SWAP-simulatie, vanwege de verwachte lage impact van de grondwaterwinning op het grondwaterniveau. Het is niet mogelijk de invloed van grondwaterwinning met behulp van SWAP te simuleren d.w.z. de gesimuleerde grondwatervoeding volledig overeen te stemmen met de natuurlijke omstandigheden zonder kunstmatige impact.



Zones met verschillende dieptes van grondwater werden afgebakend (zie Figuur 9-5) o.b.v. vergelijking van stijghoogtes uit het steady state model met DHM. Voor verschillende diepteklassen (maaiveld tot 3 m mv, 3-5 m mv, 5-10 m mv, 10-20 m mv, 20-40 m mv, >40 m mv) werd de grondwatervoeding berekend.



Uit de initiële SWAP-reeks werd de maandelijks gemiddelde grondwatervoeding berekend voor elke stressperiode van het transiënt model.

Na de initiële transiënt modelrunnen werd opgemerkt dat de grondwatervoeding in de diepste klassen te hoog is en dat dit zorgt voor een foute grondwaterstijging in het zuidelijke deel van het modelgebied. Er werd vastgesteld dat de grondwatervoeding van de SWAP deze klassen waarschijnlijk overschrijdt. Om dit op te lossen, wordt de berekende grondwatervoeding met een factor 10 verminderd.

Figuur 9-5 toont de gebruikte dagelijkse grondwatervoedingsreeks voor de periode van het grondwatermodel. Hieruit valt af te leiden dat er in droge periodes een negatieve netto grondwatervoeding is (netto verdamping).





Figuur 9-5 Evolutie van de netto grondwatervoeding (recharge)

9.3 Kalibratie

9.3.1 Methodiek en kalibratieset

De methode voor kalibratie van het transiënt model is gelijkaardig aan de methodiek die voor de kalibratie van het steady state model gevolgd werd, met dit verschil dat het in dit geval getoetst wordt aan een tijdreeks van stijghoogtemetingen i.p.v. een gemiddelde waarde.

Tijdens de kalibratie worden de modelparameters zodanig aangepast dat het verschil tussen de geobserveerde en gesimuleerde stijghoogtes geminimaliseerd wordt. Het kalibratiecriterium is in eerste instantie de minimalisatie van de TSSR of de Total Sum of Squared Errors. Bij het finetunen van de kalibratie ging er speciale aandacht naar het kalibratieresultaat in de periode van de representatieve hoogste en laagste grondwaterstand (GHG en GLG). Het grootste belang werd gehecht aan de GLG-periode.

Tijdens de kalibratieproces van transiënt model werd ook onderzocht of de aanname van een halfvolle gracht tijdens GHG kon uitgebreid worden naar een volle gracht tijdens GHG (zie in §9.2.1 voor meer uitleg over deze regel). De resultaten (Figuur 9-6) tonen aan dat de toepassing van een volle gracht een overschatting van de grondwatertafel tijdens de natte omstandigheden veroorzaakt. Daarom werd deze bijgewerkte regel niet geïmplementeerd in de definitieve versie van het model.





Figuur 9-6 Overschatting van het grondwaterpeil voor GHG omstandigheden met de aanname van volle gracht

9.3.2 Resultaat

De gekalibreerde waarden van de parameters in het transiënte model worden toegevoegd in Tabel 9-1. De hydraulische parameters voor de slibbodem van de rivier randvoorwaarden bleven ongewijzigd t.o.v. het steady state model. De K-waarde van het slibmateriaal van grachten werd naar 1m/d gewijzigd.

De performantie van het transiënte model na kalibratie wordt samengevat in Tabel 9-2 a.d.h.v. enkele maten voor de modelafwijking. De modelfouten (gesimuleerd - geobserveerd) worden ruimtelijk voorgesteld in Figuur 9-8 (toestand GLG) en Figuur 9-9 (toestand GHG). Voor elke piëzometer in het studiegebied wordt het symbool ingekleurd volgens de afwijking tussen de gesimuleerde en de geobserveerde stijghoogte. De piëzometer KASP004X is uitgesloten van de resultaten van de gesimuleerde fouten, omdat hij vanaf eind 2016, dus de periode van de GxG, onjuiste metingen weergeeft.

Om de resultaten van de kalibratie te presenteren, worden in de onderstaande figuren de representatieve tijdreeksen getoond. Er zijn goede resultaten verkregen voor de periode 2017 en 2018, het hoofddoel van de kalibratie, aangezien deze de GLG en GHG periode omvatten. Gesimuleerde tijdreeksen voor alle piëzometers wordt in Bijlage 5 weergegeven.





KASP002X - ten zuiden van het studiegebied



KASP003X - ten noorden van het studiegebied



KASP020X – het centrum van het studiegebied

Figuur 9-7 Gesimuleerde stijghoogte in enkele piezometers (punt – gemeten stijghoogte, lijn – gesimuleerde stijghoogte)



Enkele vaststellingen hierbij van de kalibratieresultaten:

- Voor de meeste piëzometers in het studiegebied is er een goede overeenkomst tussen de gesimuleerde en geobserveerde grondwaterstand. De performantie van het steady state model na kalibratie wordt samengevat in Tabel 9-2 a.d.h.v. enkele maten voor de modelafwijking.
- De gekalibreerde Kh-waarden van de geologische eenheden komen overeen met de realistische grenzen van de permeabiliteitsparameters.
- De grondwaterfluctuatie in de periode 2013 2018 is voor alle piëzometers goed gesimuleerd, met een goede weergave van de seizoensgebonden schommelingen van de grondwaterstand.
- In overeenstemming met de doelstellingen van de huidige studie, waarvoor de GLG van het grootste belang is, simuleert het model de stijghoogtes in vergelijking met de gemeten waarden voor de droogste omstandigheden met kleinere fouten.
- De gesimuleerde grondwatertafel tijdens GLG-condities is iets hoger dan de waargenomen grondwatertafel. De grootste fouten vinden plaats in het zuidelijke deel van het studiegebied. Het westelijke deel van het studiegebied daarentegen is zeer goed gesimuleerd en bevat slechts kleine fouten.
- M.b.t. GLG omstandigheden (alle piëzometers in het studiegebied): de gemiddelde afwijking (geobserveerd-gesimuleerd) bedraagt 11 cm. Het gemiddelde van de absolute waarde van de afwijking is 19 cm.
- De grondwaterstand tijdens natte omstandigheden (GHG) wordt door het model onderschat. Dat kan worden toegeschreven aan de onbekende drainagebasis van de grachten in natte omstandigheden, wanneer de bodem van de grachten niet meer kan worden beschouwd als de drainagebasis omwille van het water dat erin aanwezig is.
- M.b.t. GHG omstandigheden (alle piëzometers in het studiegebied): de gemiddelde afwijking (geobserveerd-gesimuleerd) bedraagt -16 cm. Het gemiddelde van de absolute waarde van de afwijking is 20 cm.

нсоу	Kh [m/d]	Kh/Kv	Ss [1/m]	Sy	n
Quartair leem	1.0	2.0	0.0001	0.1	0.3
Quartair fijn zand	12.0	3.0	0.0001	0.2	0.3
Quartair alluvium grind	50.0	3.0	0.0001	0.2	0.3
Mioceen Oligoceen zand	3.04	3.0	0.0001	0.2	0.3
BrusseliaanAquifer: fijn zand	2.86	2.0	0.0001	0.2	0.3
BrusseliaanAquifer: grof zand	5.0	2.0	0.0001	0.2	0.3

Tabel 9-1: Gekalibreerde waarden van de modelparameters	(transiënt model)	
Tabel 5 1. Ockalisteerae waarach van de modelparameters	(thansient model)	

57



Maat voor de modelafwijking			Performantie GLG	Performantie GHG
Mean Residual (Head)	Gemiddelde afwijking	[m]	0.11	-0.16
Mean Absolute Residual (Head)	Gemiddelde absolute afwijking	[m]		
			0.19	0.20
Mean Squared Residual (Head)	Gemiddelde kwadratische	[m²]		
	afwijking		0.06	0.06
Root Mean Squared Residual (Head)	Vierkantswortel van de gemiddelde kwadratische afwijking	[m]	0.24	0.25

Tabel 9-2: Performantie van het transiënt model na kalibratie, voor de piëzometers in het studiegebied



Figuur 9-8: Ruimtelijke spreiding van de modelfout (fout=gesimuleerd – geobserveerd; in m) t.h.v. de piëzometers in het studiegebied voor de toestand GLG





Figuur 9-9: Ruimtelijke spreiding van de modelfout (fout=gesimuleerd – geobserveerd; in m) t.h.v. de piëzometers in het studiegebied voor de toestand GHG

59



9.4 Modelresultaten

9.4.1 Grondwaterstand

De modelresultaten m.b.t. de grondwaterstand voor de referentiesituatie worden in deze alinea toegelicht.

Als referentie transiënte model is gekozen voor de periode: 01/01/2013 tot 01/09/2018. De modelperiode is verdeeld in 69 stressperiodes voor elke maand.

In deze modelperiode konden de volgende data afgeleid worden die representatief zijn voor de volgende kenmerkende grondwaterstanden:

- GHG: 31/01/2018
- GG: 31/03/2018
- GLG: 30/06/2017
- GVG:01/04/2017

De gesimuleerde stijghoogten op het moment van de GLG en GHG (zie §9.1) werden verwerkt tot **grondwaterstandskaarten**, door de gesimuleerde stijghoogte te combineren met het DHMV II met resolutie 5*5m (Figuur 9-10). De volgende figuren tonen de grondwaterstandskaarten (ook GXG kaarten genoemd) voor het studiegebied:

- Grondwaterstandskaart voor de toestand GLG : Figuur 9-11
- Grondwaterstandskaart voor de toestand GHG : Figuur 9-12
- Grondwaterstandskaart voor de toestand GVG : Figuur 9-13



Figuur 9-10: DHMVII Studiegebied Kastanjebos



GLG condities:

Tijdens het droge seizoen daalt de grondwaterstand voor het hele studiegebied aanzienlijk. De laagste gesimuleerde grondwaterstand ligt in de omgeving van de productieput 3004-014 en tussen de putten 3004-013 en 3004-015. Tijdens de droge omstandigheden van het jaar is er een duidelijk groot effect van de grondwaterwinning op de grondwater stijghoogten. Het gehele noord-centraal en zuidoostelijk deel van het studiegebied heeft grondwaterstanden die lager dan 2 m onder het maaiveld liggen. Het westelijke deel, dat minder beïnvloed wordt door grondwaterwinning, handhaaft een iets hogere grondwaterstand tijdens de GHG en schommelt tussen 1,5 en 2 m-mv.



Figuur 9-11: Gesimuleerde GLG (cm-mv), referentietoestand

GHG condities:

Tijdens de natte omstandigheden (GHG) is de grondwaterstand aanzienlijk hoger dan tijdens de droge omstandigheden. Ondiep grondwater reikt tot in de terreindepressie in het oostelijke deel van het studiegebied. De hoogste grondwaterstand (0-40 cm-mv) wordt bereikt in de richting van ZW-NO. In het kleine cirkelvormige gebied in het oostelijke deel van het studiegebied overstijgt het grondwater zelfs het terreinniveau. Dat gebeurt bij lokale terreindepressie waarvan de vorm ook duidelijk zichtbaar is op het terreinhoogtemodel. Het bestaan van dit lokale drainage gebied is bevestigd door de veldwaarneming tijdens de inventarisatiefase van het project.

Ondiep grondwater strekt zich uit in het westen van het studiegebied (ten noorden van Veltem-Beisem), met een diepte van ongeveer 20 - 40 cm mv. De laagste grondwatertafel komt voor in de omgeving van de onttrekkingsputten, met name 3004-014. De laagste grondwatertafel zorgt voor een depressie en verbindt het gebied van 3004-014 en 3004-015 (hetzelfde patroon als bij GLG en GVG).





Figuur 9-12: Gesimuleerde GHG (cm-mv), referentietoestand

GVG condities:

De condities in de lente (GVG) zijn vergelijkbaar met de gemiddeld hoogste grondwatercondities (GHG) en een relatief hoge grondwaterstand strekt zich in ZW-NO-richting uit in het oostelijk deel en in het westen van het studiegebied.



Figuur 9-13: Gesimuleerde GVG (cm-mv), referentietoestand



9.4.2 Kwel en infiltratie

Op basis van de stromingsvectoren in de modellagen werd er gedifferentieerd tussen kwel (opwaartse gerichte stroming) en infiltratie (neerwaartse gerichte stroming). De kwelintensiteit werd berekend en wordt uitgedrukt in mm/d. Indien de kwelintensiteit <0, spreekt men van kwel; Indien de kwelintensiteit >0, spreekt men van infiltratie.

De volgende figuren tonen de kwelkaarten per verschillende modellagen voor het studiegebied:

- Kwelkaarten voor de toestand GLG : Figuur 9-14
- Kwelkaart voor de toestand GHG :Figuur 9-15

In **droge omstandigheden (toestand GLG**) komt kwel bijna overal in het studiegebied voor in de ondiepe lagen. In de nabijheid van de extractieputten gaat de stroomopwaartse grondwaterstroming geleidelijk neerwaarts afbuigen vanwege de grondwateronttrekking uit de diepe filters. Zoals te zien is op de figuren voor GLG voor de verschillende lagen (Figuur 9-10), zijn zowel de intensiteit als de richting van de flux verticaal gestratificeerd.

De quaternaire lagen (eerste twee lagen) worden gekenmerkt door een overheersend stroomopwaartse grondwaterstroming in het gehele studiegebied. De invloedstraal op de stroomrichting voor de grondwaterwinning in de ondiepe lagen is vrij beperkt, terwijl in de diepe lagen de stroomafwaartse stroom overheerst. De stroomrichting van het grondwater in het zuidelijk deel van het studiegebied blijft opwaarts (van de dieper gelegen laag naar de hoger gelegen laag). Tijdens lage grondwateromstandigheden (GLG) is er feitelijk geen oppervlakkig drainerend effect van de grachten te zien op de kwelkaart.

Anderzijds, tijdens de **natte omstandigheden (GHG toestand)** is de grondwaterstroming in de bovenste laag algemeen naar beneden gericht in het studiegebied. Dit is zo omdat er voldoende grondwater is dat continu wordt bijgevuld door neerslag. Als gevolg hiervan wordt nieuw grondwater ofwel verticaal verplaatst (naar de diepere lagen) ofwel afgevoerd door grachten.

Volgende grachten hebben een afvoerfunctie in het studiegebied:

- In het oostelijk deel
 - een deel van de Lipsebeek tussen productieput 3004-013 en 3004-011,
 - Zijgracht St. Jobsbeek,- Kastanjebosloop- Kastanjeboszijgracht.
- In het westelijke deel
 - Weisetterbeek
 - Mastellebeek (alle namen gebruikt volgens VHA).

Hoewel de infiltratie en de stroomafwaartse flux domineren voor de oppervlakkige laag in het zuidelijk deel van het studiegebied, blijft de kwelfunctie er toch behouden.





Figuur 9-14: Kwel GLG (mm/d), referentietoestand





Figuur 9-15: Kwel GHG (mm/d), referentietoestand



9.4.3 Gecorrigeerde kwelkaart

De hierboven in Figuur 9-14 en Figuur 9-15 gepresenteerde kwelkaarten geven de verticale stroming (kwel) en de intensiteit van de kwel per modellaag weer. Omdat vaak de diepe kwel is niet van belang omdat het is niet voor vegetatie effectief bruikbaar daarom er een nieuwe gecorrigeerde kwelkaart gemaakt is om inzicht te geven in de kwel die door de planten effectief kan worden gebruikt. Deze kaart is afgeleid voor de GLG-situatie van het referentiemodel. Om deze kaart af te leiden is de volgende methodiek gebruikt om de ecologisch belangrijke kwel te bepalen:

- Worteldiepte wordt beschouwd als 30 cm-mv (alleen de kwel die dit niveau bereikt, wordt in aanmerking genomen)
- De bodemkaart die de textuur van de bodem in het studiegebied bepaalt, is gekoppeld aan de capillaire stijging van de relevante bodem. Op deze manier kan de hoogte van de capillaire opstijging (kritisch niveau) in de onverzadigde zone worden bepaald. Met andere woorden, het kritische niveau is het niveau waarop het water dankzij de capillaire krachten uit de grondwatertafel kan stijgen. Op basis van Tabel 9-3 de volgende parameters toegeschreven aan de bodems binnen het studiegebied: klei - 750 cm, leem - 300 cm, lichtzandleem en zandleem 100 cm (zie Figuur 9-16).
- De kaart met de hoogte van de bovenkant van de capillaire opstijging (GLG + capillaire stijging) is afgeleid op basis van de gesimuleerde GLG in het referentiemodel.
- Als het niveau van GLG + capillaire stijging de worteldiepte van de vegetatie bereikt, betekent dit dat de kwel die belangrijk is voor de vegetatie, op dat punt kan optreden.
- De diepte van de kwel die belangrijk is voor de vegetatie werd bepaald en vergeleken met de modellaag: als de diepte van de kwel die belangrijk is voor de vegetatie behoort tot modellaag 1, dan werd de kwel uit modellaag 1 gebruikt voor de uiteindelijke kaart. Zo gaat het verder voor de diepere lagen.

De resulterende kaart van ecologisch belangrijke kwel is weergegeven in Figuur 9-17.

A second s	Uniform Grain	Pore Radius	Capillary Rise
Sediment	Diameter (cm)	(cm)	(cm)
Fine silt	0.0008	0.0002	750
Coarse silt	0.0025	0.0005	300
Very fine sand	0.0075	0.0015	100
Fine sand	0.0150	0.003	50
Medium sand	0.03	0.006	25
Coarse sand	0.05	0.010	15
Very coarse sand	0.20	0.040	4
Fine gravel	0.50	0.100	1.5

Tabel 9-3: Capillaire stijging van de bodem (Fetter, 1994)









Figuur 9-17: Ecologisch belangrijke kwel.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- In het centrale gebied van het Kastanjebos komt geen ecologisch belangrijke kwel voor omwille van de te lage grondwatertafel en de lagere capillaire stijgingscapaciteit (uit de grondwatertafel) in de 'zandleem' die zich in dit gebied uitstrekt
- Het westelijke deel van het studiegebied kan worden gekenmerkt door de stabiele kwel naar de vegetatie
- De hoogste intensiteit van de kwel komt voor in het zuidelijke deel van het studiegebied (ten noorden van Vlotgras)



DEEL 2 ECOHYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE



1 Algemene Systeemwerking

1.1 Opzet en doelstelling

Dit hoofdstuk beschrijft de ecohydrologische systeemanalyse uitgevoerd i.h.k.v. de opdracht Ecohydrologische studie Kastanjebos ter voorbereiding van de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen: studie van hydrologische herstelmaatregelen in het kader van het Life14 IPE BE 002 BNIP – actie A15 project.

In dit hoofdstuk worden als onderdeel van de ecohydrologische studie alle data verzameld in het rapport van de inventarisatiefase en het deelrapport grondmodellering en standplaatsonderzoek geïntegreerd om een inzicht te krijgen in de actuele abiotische omstandigheden en de bepalende fysische (ecohydrologische) factoren in het studiegebied, met de bedoeling inzicht te verwerven in de werking van het watersysteem en sleutelprocessen zoals ecologische kwel. Ook relevante data uit de eerdere studies en inventarisaties en terreinwaarnemingen worden hierbij in beschouwing genomen (chemische samenstelling grondwater, vegetatieopnames, kwelindicatoren, bodemkaart, boorbeschrijvingen, landgebruik, ...).

Op basis van een integratie van de abiotische en biotische gegevens wordt de waterhuishouding in het volledige projectgebied beschreven en in beeld gebracht. In deze integratiefase van het project worden immers alle data, verzameld in de inventarisatiefase, geïntegreerd om een inzicht te krijgen in de actuele abiotische omstandigheden en de bepalende fysische (ecohydrologische) factoren in het studiegebied. Het finale doel is om de actuele systeemwerking in beeld te brengen d.m.v. een ecohydrologische dwarssnede.

De verschillende analyses uit de diverse disciplines (oppervlaktewater- en grondwaterdynamiek inclusief de overstromingsdynamiek, oppervlaktewater- en grondwaterkwaliteit, vegetatieontwikkeling, ...) worden hierbij met elkaar in overeenstemming gebracht. Dat leidt tot een goed begrip van de **processen** (hydrologische, hydrochemische, beheer, etc.) die de patronen in het voorkomen van vegetaties, soorten, bodemtypes en standplaatstypes in het studiegebied verklaren. Na het aftoetsen van de (kwantitatieve) modelresultaten aan de waarnemingen en na onderzoek van hoe het studiegebied en de verschillende deelgebieden momenteel hydrologisch functioneren, wordt een beeld verkregen over **welk proces op welke plek in het Kastanjebos** speelt.

1.2 Sleutelvragen

In dit hoofdstuk wordt gepoogd een helder antwoord te formuleren op vragen zoals bv. waar treden de grootste verschillen op in de freatische grondwaterschommelingen, waar situeert zich een constante grondwatertafel vlak tegen het maaiveld, waar vindt er veenvorming en/of veenafbraak plaats, waar treedt er lokale of regionale kwel op van mineralenrijk grondwater?

Tevens worden antwoorden gedestilleerd op vragen zoals welke waterlopen werken drainerend en welke werken eerder infiltrerend en vindt er omwisseling van het infiltrerend of drainerend effect van alle waterlopen plaats in zomer- en wintersituatie? Wat is de invloedszone van drainerende waterlopen, grachten, pompen, …? Wat is herkomst van het water in de natte zones: grondwater of om stagnerend regenwater?



1.3 Algemene situering

Het Kastanjebos is gesitueerd in de gemeente Herent in de provincie Vlaams-Brabant. Het Kastanjebos ligt net ten noorden van het dorp Veltem-Beisem en sluit aan bij de zogenaamde fossiele Vlaamse vallei. Kastanjebos is gelegen in een soort laagte in een **pedimentvlakte** op een paar kilometers ten noorden van een **steilrand** die een duidelijk zichtbare (visueel baken) overgangszone vormt tussen het reliëfrijke Brabantse leemplateau en de vrij vlakke zandleemstreek van Laag België tussen Herent en Everberg (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2020).



Figuur 1-1:: Situering van het studiegebied.



Figuur 1-2: Schaduwkaart waarop de ligging van het Kastanjebos (rode ellips) in de pedimentvlakte aan de voet van de steilrand van het Brabants Plateau is weergegeven met weergave van de onbevaarbare waterlopen (blauw) en niet-ingeschreven grachten (geel).



Het studiegebied bestaat uit enkele boskernen die omringd en doorsneden zijn door graslanden. De Lipsebeek ontspringt in het Kastanjebos en wordt gevoed door een stel drainagegrachten die ten dele de depressie ontwateren waarin het Kastanjebos gelegen is.

Het gebied is gedeeltelijk in eigendom van de vzw Natuurpunt en van de Watergroep, die hier een drinkwaterwinning heeft gevestigd in 1968. Sinds 1969 pompt de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening grondwater op te Winksele – Kastanjebos. Op dit moment bestaat de grondwaterwinning uit 6 productieputten die grondwater oppompen uit de zanden van Brussel (op 40-45 meter diepte). De waterwinning was vergund voor een volume van 4.800 m³/dag en 1.752.000 m³/jaar tot 13/07/2018. Sinds 14/07/2018 is de waterwinning vergund voor een jaardebiet van 1.200.000 m³/jaar.

1.4 Historische bosontwikkeling

Wanner de actuele bosoppervlakte met deze van enkele eeuwen geleden wordt vergeleken, dan mag er geconcludeerd worden dat **het Kastanjebos reeds lang (deels) bebost is**. Het Kastanjebos vormde tezamen met het Kareelbos en het Silsombos een relatief groot boscomplex in de 18^{de} eeuw . Vooral in het oostelijk deel van het gebied is er jong bos, dat meer dan een eeuw geleden een graslandgebruik heeft gekend. In het westelijk en vooral in het centraal deel is de beboste oppervlakte nagenoeg constant gebleven. Dit is dan ook het oudste deel bos binnen het Kastanjebos. In het O en Z bevatten de percelen globaal relatief jong bos.







Figuur 1-3: Bosleeftijdskaart van het Kastanjebos opgesteld door Antea in het kader van het deel inventarisatie.

Het bosbeheer was grotendeels **middelhout- of hakhout**. Het bestaan van oude boswallen en een poel in het bos doen vermoeden dat delen ook in zekere mate begraasd werden. In de 20ste eeuw werd op vrij grote schaal populier ingeplant (ref).

1.5 Huidig beheer

In het recente verleden werd een **omvormingsbeheer** toegepast met o.a. verwijderen sruiken in hooilanden, verwijderen en kappen populieren, aanplant houtkant en poelenherstel. Het huidig **Regulier beheer** bestaat vooral uit het jaarlijks maaien van hooilanden met afvoer maaisel, nabegrazing op enkele percelen, lokaal middelhoutbeheer, cyclisch afzetten en onderhouden van houtkanten en het kappen van uitheemse boomsoorten.

1.6 Topografie

Het Kastanjebos is een vrij zacht in noordelijke richting afhellend gebied in het dalhoofd van de Lipsebeek in het oosten en de Weisetterbeek in het westen. De topografie kan als vrij vlak worden bestempeld: in het gebied variëren de hoogten slechts tussen de 20 à 25mTAW.

1.7 Bodem

De bodem bestaat uit **matig gleyige leemgronden** met een hydromorfe grijsbruine podzolachtige bodem die vaak tijdens de winter en het voorjaar zeer nat is, ofwel gaat het om sterk gleyige leemgronden die daarentegen permanent nat zijn. Anderzijds vinden we in dit gebied ook afwisselend **matig en sterk gleyige zandleemgronden** die respectievelijk ook wisselend of permanent nat zijn.

Het voorkomen van een bodem met drainageklassen d en h en verder gekenmerkt door matige tot sterke gleyverschijnselen eventueel met reductiehorizont, duiden erop dat er in het Kastanjebos van nature een hoge grondwaterstand voorkomt.

Typisch voor het Kastanjebos is dat in de van oorsprong alluviale beekvallei op vele plaatsen de alluviale processen, die verbonden waren met de oude loop van de Demer al duizenden jaren zijn stilgevallen (Wouters *et al.* 2018). In deze bodems primeren bijgevolg de bodemvormingsprocessen op de alluviale processen. Hierdoor hebben ze een bodemprofiel gekregen: structuur B-horizont op de nattere bodems, sterk gevlekte textuur B (pseudo-gley) op de drogere. Op 'pseudo-gley'-bodems is er sprake van de vorming van stuwwatertafels. Aan de zuidrand van het bos hebben heel waarschijnlijk ook colluviale processen een rol in de bodemontwikkeling gespeeld (Wouters *et al.* 2018).




Figuur 1-4: Textuurklassen in het studiegebied volgens de Belgische bodemkaart



Figuur 1-5: Drainageklassen in het studiegebied volgens de Belgische bodemkaart

Uit de bodemkaart voor dit gebied kan worden afgeleid dat in het verleden **geen veenafzettingen** zich hebben voortgedaan in het Kastanjebos. Veenbodems of permanent zeer natte bodems komen en kwamen in dit gebied niet voor. Veenpakketten ontstaan enkel in situaties als er voldoende natte omstandigheden optreden. Hiervoor moet de grondwatertafel doorheen het jaar nagenoeg constant



dicht tegen het maaiveld liggen. Dergelijke omstandigheden zijn slechts mogelijk indien er erg veel grondwater aangevoerd worden. Als dat niet het geval is, daalt de grondwatertafel gedurende het zomerhalfjaar als gevolg van o.a. **evapotranspiratie**, een situatie die zich voordoet in het Kastanjebos. Een grondwatersimulatie heeft immers aangetoond dat de evaporatie een grote impact heeft en dat er bijgevolg **grote seizoenale grondwaterschommelingen** optreden. Met de grondwaterwinning uit bedrijf stijgt volgens de modellering het grondwaterpeil in de meeste peilbuizen boven maaiveld (kweldruk) tijdens het najaar, de winter en het voorjaar. In de zomermaanden kan het waterpeil nog relatief diep wegzakken (1 à 1.5 m en zelfs tot 2m, zie verder) onder het maaiveld.

1.8 Geologie algemeen

De lokale geologie is gepresenteerd in een geologisch profiel (figuur 6, figuur 7) en een virtuele boring (figuur 8).

De ondergrond t.h.v. het studiegebied behoort tot het **Brabants Massief**. Ten zuiden van het onderzoeksgebied kan men de Caledonische sokkel op een geringe diepte terugvinden. Deze Paleozoïsche sokkel helt echter naar het noorden toe en nabij Herent ligt de top al meer dan 100 meter onder het maaiveld.

De **dekmantel** van Boven-Krijt tot Quartaire afzettingen ligt discordant bovenop de Paleozoïsche gesteenten. De dekmantel is wigvormig verdikkend naar het noordoosten toe ten gevolge van de helling van de sokkel. De dekmantel is opgebouwd uit afzettingen uit het Quartair, Eoceen (Fm van Brussel, Fm van Tielt en Kortrijk), Paleoceen (Fm van Hannut, Fm van Heers) en het Krijt. Merk op dat de Quartaire afzettingen hier discordant bovenop de Eocene afzettingen van de Formatie van Brussel liggen. De tussenliggende lagen zijn namelijk geërodeerd door insnijding van een **vroeg-Pleistocene geul** die dit gebied van oost naar west doorkruiste (Figuur 4-1). Plaatselijk zijn nog vrij grote pakketten van deze fluviatiele sedimenten bewaard gebleven.



Figuur 1-6: Geologische kaart (Uit De Watergroep, 2016 naar dov.vlaanderen.be, 2013).

Enkel de afzettingen bovenop de Caledonische sokkel worden in meer detail besproken:

• **De Quartaire afzettingen** dekken de Paleogene lagen disconform af. Op de interfluvia nabij het onderzoeksgebied zijn deze Quartaire lagen van eolische origine en bereiken een maximale dikte van een paar meter, maar kunnen er ook volledig ontbreken. In de valleien bestaan deze Quartaire lagen uit colluvium (hellingspuin) en alluvium (rivierafzettingen) en kunnen ze maximaal zelfs meer dan 10 m dik zijn. In het onderzoeksgebied bestaat het quartair uit fluviatiel zand die aan de basis sterk grindhoudend is. Bovenaan ligt een dunne dekmantel van zandleem.



- **De Formatie van Brussel** kan ter hoogte van het studiegebied onderverdeeld worden in een fijnkorrelig facies bovenaan en een grofkorrelig onderaan. Het fijnkorrelige facies bovenaan bestaat uit glauconiethoudend lemig fijn zand, soms kleihoudend, met zandstenen. Het grofkorrelige facies bestaat uit glauconiethoudend middelmatig tot grof zand met zandstenen.
- **De Formatie van Tielt** is onderverdeeld in 3 mariene leden (van boven naar onder): Zand van Egem, Silt van Kortemark en Klei van Egemkapel.
- **De Formatie van Kortrijk** bestaat uit twee boveneenliggende facies: het bovenste is een grijs tot grijsgroen zeer fijn zand met fijne laminaties. Het onderste is een getijdenafzetting en bevat grijze tot blauwgrijze klei met siltige en fijnzandige tussenlagen.
- Formatie van Hannut bestaat uit mariene klei- en siltafzettingen van het Thanetiaan. In deze formatie kan men zandige lagen aantreffen. Bovenaan wordt de formatie afgedekt door glauconiethoudend zand.
- **De Formatie van Heers** bestaat uit grijze fijnkorrelige mergel (Mergels van Gelinden) die voor ongeveer driekwart bestaat uit kalk, met fijne glauconietzanden aan de basis (zanden van Orp).
- Het **Krijt** bestaat uit de **formatie van Gulpen**. Deze formatie bevat zachte, fijnkorrelige kalksteen, waarbij het kalkgehalte varieert van 60% tot 95%. Men kan er glauconiethoudende lagen en silex-concreties in aantreffen.





Figuur 1-7: N-Z geologisch profiel waarbij het studiegebied zich in het uiterste noorden bevindt. (Bron: Vandenberghe & Gullentops, 2001)

76





Figuur 1-8: Virtuele boring t.h.v. waar de Lipsebeek zich westwaarts van de Groenstraat afwendt (Lambert72: X=168207, Y=178353). (Bron: Geologisch 3D Model v2 - DOV)

1.9 Hydrogeologie:

De hydrologische eenheden (HCOV-codes) die voorkomen in het studiegebied en nabije omgeving staan chronologisch opgelijst in Tabel 4-1. In de tabel worden de lagen onderscheiden die zich in het studiegebied Kastanjebos bevinden (met witte kleur gemarkeerd) en die in een nabije omgeving voorkomen (met grijze kleur gemarkeerd).

Tabel 4: Hydrogeologische eenheden (HCOV) in het studiegebied en nabije omgeving (bron: HCOV kartering, VMM, 2006) (wit – binnen studiegebied, grijs – nabije omgeving van het modelgebied)

Hoofdeenheid		Subeenheid		Basise	Basiseenheid	
0100	Quartaire Aquifersysteem	0110	Ophogingen			
		0140	Alluviale Deklagen			
		0150	Deklagen	0152	Zand-lemige deklagen	
				0153	Lemige deklagen	



		0160	Pleistocene Deklagen	0163	Pleistoceen van de riviervalleien
0200	Kempens Aquifersysteem	0250	Mioceen Aquifersysteem	0252	Formatie van Diest
0400	Oligoceen Aquifersysteem	0450	Onder-Oligoceen Aquifersysteem		
0500	Bartoon Aquitardsysteem				
0600	Ledo Paniseliaan Brusseliaan Aquifersysteem	0610	Wemmel-Lede Aquifer		
		0620	Zand van Brussel		
0800	leperiaan Aquifersysteem				Zand van Egem
0900	leperiaan Aquitardsysteem	0920	Afzettingen van Kortrijk		
1000	Paleoceen Aquifersysteem				
1100	Krijt Aquifersysteem				

1.9.1 Quartair (HCOV 0100)

Ophogingen (HCOV 0110) zijn alleen plaatselijk belangrijk in of nabij het studiegebied (voornamelijk t.h.v. autoweg, bruggen en kanalen).

De **alluviale deklagen (HCOV 0140)** zijn afgezet in de overstromingsgebieden en/of wetlands van de waterlopen. De sedimenten zijn fijner in korrelgrootte met een samenstelling die varieert van zandleem tot klei. Op verscheidene locaties komt er veen voor in de ondiepe ondergrond.

De **deklagen (HCOV 0150)** bevatten alle niet-alluviale Quartaire deklagen van eolische oorsprong. Er komen 2 basiseenheden in de omgeving van het studiegebied voor, nl. de **zand-lemige en lemige deklagen (HCOV 0152 en 0153)**.

Van de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160) is alleen het **Pleistoceen van de Riviervalleien (HCOV 0163)** aanwezig. Deze sedimenten zijn afgezet in een hoogenergetisch milieu wat mogelijk de diepe insnijding in de onderliggende lagen kan verklaren. Deze laag bestaat uit middelmatig fijn tot middelmatig grof zand, met grindelementen en schelpresten aan de basis, een lemig complex in het midden en aan de top middelmatig tot fijn zand.

De HCOV-lagen stemmen niet goed overeen met de lokale beschrijving van de quartaire afzettingen zoals beschreven door de lokale studies (Deliever, 2005, Tritel ,2011, Ghysels, 2013).

Binnen het studiegebied kan een onderscheid gemaakt worden tussen de goed doorlatende fluviatiele afzettingen van het Pleistoceen en de bovenliggende slecht doorlatende leemlaag. De fluviatiele afzettingen in Kastanjebos zijn zeer heterogeen en hebben hierdoor een zeer variabele doorlatendheid. Rond de waterwinning zijn de Quartaire afzettingen dikker dan in de rest van het studiegebied. De verdikking van de Quartaire afzettingen is te wijten aan het feit dat het waterwingebied boven een fossiele riviergeul, van Pleistocene ouderdom, gelegen is. De dikte van de Quartaire afzettingen bedraagt hier 8-9 m. Vooral de grofkorrelige zand- tot grindafzettingen aan de basis zijn zeer goed doorlatend. Door de grote heterogeniteit van deze fluviatiele afzettingen en de aanwezigheid van fijnkorreligere laagjes is de verticale doorlatendheid ook hier lager dan de horizontale doorlatendheid. De leemlaag is dan weer slecht doorlatend en relatief homogeen.

1.9.2 Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200)

De Formatie van Diest (HCOV 0252) op de heuvels in het zuiden van het studiegebied Kastanjebos maakt deel uit van het Mioceen Aquifersysteem (HCOV 0250). Deze grofkorrelige zanden zijn goed doorlatend. De aanwezigheid van klei-draperingen en de cementatie tot ijzerzandsteen zorgt voor een lagere verticale doorlatendheid. Deze Formatie komt ook enkel voor op de heuvels in het zuiden van het gebied. De grondwatertafel staat nooit tot in deze Formatie.



1.9.3 Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400)

Zoals HCOV 0200 komt ook het Oligoceen Aquifersysteem alleen voor in het zuiden van het studiegebied en als basis van de Miocene heuvels. De Aquifer bestaat uit de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern. De zanden van Grimmertingen aan de basis bestaan uit fijne zanden en zijn relatief kleirijk. Dit kan zorgen voor een slechtere doorlatendheid. De bovenliggende zanden van Neerrepen zijn minder kleirijk en zullen dus een iets hogere doorlatendheid hebben.

1.9.4 Ledo Paniseliaan Brusseliaan Aquifersysteem (HCOV 0600)

HCOV 0600 dat in het studiegebied en de dichtbije omgeving voorkomt, bestaat uit 3 leden – Lid van Wemmel, Formatie van Lede en Formatie van Brussel.

Formatie van Maldegem

Dit Lid van Wemmel bestaat uit fijne zanden en is dus ook gelijkaardig aan het fijnkorrelige facies van de Formatie van Brussel en de Formatie van Lede en heeft dus ook een gelijkaardige doorlatendheid.

Formatie van Lede

Deze afzettingen zijn zeer gelijkaardig aan het bovenste, fijnkorrelige facies van de Formatie van Brussel. Ook deze Formatie is minder doorlatend dan het grove facies van de Formatie van Brussel. De aanwezigheid van kalksteenbanken zorgt ook hier voor een lagere verticale doorlatendheid.

Formatie van Brussel

De Formatie van Brussel is een relatief heterogene formatie. Het onderste, grove facies van deze Formatie is zeer doorlatend. Het is ook uit dit grove gedeelte dat de winningen hun water oppompen. De aanwezigheid van zandsteenbanken zorgt ervoor dat de horizontale doorlaatbaarheid groter zal zijn dan de verticale doorlaatbaarheid.

Het bovenste, fijnkorrelige facies is iets minder doorlatend. Dit is te wijten aan het feit dat dit facies fijnkorreliger is en dat er leem en klei in aanwezig is. Deze leem- en kleilaagjes zullen, samen met de aanwezigheid van zandsteenbanken, ook hier zorgen voor een lagere verticale dan horizontale doorlaatbaarheid.

Volgens Deliever (2005) kunnen de lagen in de omgeving van het studiegebied worden samengevat conform hun hydraulische karakteristieken zoals in Figuur 4-4 weergegeven is.



Gesteente	Hydrogeologische eenheid	HCOV-code
Leem	(lemige) deklagen	0150
Grind	Pleistoceen van de Vlaamse Vallei – dit komt voor in een geul uitgesneden in de onderliggende aquifer	0162
Zeer fijn zand en zandsteen banken	Ledo-Paniseliaan Aquiferssysteem –	0620
Matig grof zand	Zanu van brusser	0620
Klei	Afzettingen van Kortrijk – Ieperiaan Aquitardsysteem	0900

	Zandleem (0 - 2 m)	Slecht doorlatende laag	2 m
Quartair	Fluviatiel zand en grind (2- 9 m)		9m. 5 5 5 5 5 5
Formatie van Brussel	Fijn zand (9 - 27 m)	Watervoerendelaag	27 m
	Middelmatig tot grof zand (27 - 40 m)		
Formatie van Kortrijk	Zandige klei en klei (40 m)	Afsluitende laag	40 m

Figuur 1-9: Hydrogeologische schematisatie van de grondwaterwinning Winksele Kastanjebos (Deliever, 2015)

1.9.5 Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV0900)

Formatie van Kortrijk bestaat voornamelijk uit klei en is dus zeer slecht doorlatend. Deze Formatie vormt de onderste laag van de lagen die bestudeerd worden en doet dienst als afsluitende laag naar onderen toe. De doorlatendheid is heterogeen door de afwisseling van de klei met meer siltigere en zandigere intercalaties.

1.9.6 Watervoerende laag in het Kastanjebos

Het Kastanjebos maakt zoals hierboven werd verduidelijkt deel uit van de fossiele vallei van de oer-Demer. In deze fossiele vallei die als een riviergeul kan aanzien worden, is er naast ander alluvium ook flink wat grind afgezet. Onder het Kastanjebos bevinden zich immers **grindafzettingen die vrij dik en omvangrijk**, meteen ook de reden zijn waarom hier destijds een grondwaterwinning werd uitgebouwd. Het onderaan zandige en bovenaan lemige quartaire dek is hier beperkt tot een paar meter dikte. In het noordelijk deel van het Kastanjebos is het wat dikker (Wouters *et al.* 2018).

Het (enige) **watervoerende pakket** waaruit het grondwater afkomstig is dat in het Kastanjebos aan de oppervlakte komt (kwel, zie verder) is, zijn de **grove, kalkrijke zanden van de formatie van Brussel**.





Figuur 1-10: Detaildoorsnede van de ondergrond in de omgeving van het Kastanjebos (naar De Smedt, 1973, overgenomen uit Wouters et al. 2018)

De infiltratiegebieden (inzijggebieden) omvatten zowel de zanden van de formatie van Brussel als die van Diest. De infiltratiezone situeert zich grotendeels ca. 3 à 4km tot 6 à 7km ten zuiden van het Kastanjebos (Wouters *et al.* 2018).

1.10 Hydrografie

1.10.1 Macro-hydrografie

Het Kastanjebos ligt in het stroomgebied van de Schelde, maakt deel uit van het bekken van de Dijle en behoort tot het deelbekken Leibeek – Weesbeek - Molenbeek. De ontwatering van het Kastanjebos verloopt via een complex systeem van grachten en greppels (zie verder) die aangesloten zijn op twee onbevaarbare waterlopen binnen het studiegebied die behoren tot 2 afzonderlijke VHA-zones: Leikbeek/Laakbeek (VHA code: 722) en Weesbeek (VHA-zone: 723). Binnen het Kastanjebos vinden we dan ook een 2-tal afstroomgebieden. In het centraal deel stroomt de **Lipsebeek**, een onbevaarbare waterloop van cat. 2 die het zuidelijk deel van het Kastanjebos dat zeer drassig is mee ontwatert. De Lipsebeek en verschillende zijbeken/zijgrachten zoals Ellestraatloop, Timmerikbeek, Sint-Jorisbeek, Gracht Kastanjebos, Kastanjebosbeek en Spekveldbeek ontwateren het Kastanjebos. Deze grachten betreffen niet-ingeschreven waterlopen volgens de VHA. In het westelijk deelgebied gebeurt de ontwatering via de geklasseerde **Weisetterbeek** en de niet-ingeschreven zijlopen genaamd Duivenstraatloop en Mastellebeek





Figuur 1-11: Weergave van de macro-hydrografie (waterlopen en grachten van de VHA) binnen het Kastanjebos.

Het Kastanjebos ligt in feite in het **dalhoofd** van zowel de Lipsebeek en de Weisetterbeek die voor een divergerend (waaiervormig) afwateringspatroon zorgen vanuit het bos naar de noordelijk gelegen laagvlakte. De Lipsebeek watert af in NO richting; de Weisetterbeek stroomt af naar het noordwesten.

Het gegeven dat er verschillende kleine waterloopjes (Lipsebeek, Weisetterbeek, ...) in het Kastanjebos ontspringen, is al een **eerste indicatie** dat hier op zijn minst sprake is van **lokale kwel**.

1.10.2 Detailhydrografie

Om verdroogde beekdalnatuur te kunnen herstellen, is een goed inzicht in de lokale afwatering van cruciaal belang. **Een essentiële vraag bij de ecohydrologische systeemanalyse luidt dan ook of het lokale watersysteem in het Kastanjebos grofmazig of eerder fijnmazig is**. M.a.w. is er in zekere mate een detailhydrografie terug te vinden. Fijnmazige structuren met een dens netwerk van kleine greppels hebben immers een groter drainerend vermogen en liggen veelal in (van oorsprong) natte(re) gebieden.

In figuur 12 wordt de **micro-hydrografie** binnen het Kastanjebos in beeld gebracht. Hierop is duidelijk te zien dat in het gebied op sommige plekken zowel in het centraal deel en het westelijk gedeelte een erg **verfijnde ontwateringsstructuur** voorkomt bestaande uit een netwerk van waterlopen, hoofdgrachten, kleinere grachten en zeer plaatselijk een dicht netwerk van greppels. Dergelijke interne detailontwatering stamt vaak nog uit de tijd van productiebos (rabatten en greppels) en waterafvoer van natte, bovenstrooms gelegen gronden. Rabatten vormen een patroon van sloten en ophogingen gesitueerd in (vroeger) zeer nat terrein, en waren destijds bij aanleg ervan gericht op het vergroten van de doorwortelbare diepte van de bosbodem.

Vooral de plaatsen waar nog **historisch bos** aanwezig is kenmerken zich door een **fijnmazig netwerk van greppels.** Dat wijst erop dat de omstandigheden hier ten minste in een belangrijk deel van het jaar nat moeten zijn of waren.





Figuur 1-12: Het voorkomen van een fijnmazig grachten- en greppelsysteem met een sterke connectiviteit is gelinkt aan de aanwezige bodem.

Op de plaatsen waar microhydrografie terug te vinden is, komen leembodems voor die minder goed doorlatend zijn dan de hoger gelegen zandlemige gronden op de waterscheidingskammen (interfluvia) tussen de afstroomgebieden. Daardoor is de invloed van waterlopen op het freatisch grondwater kleiner en werd er in het verleden een fijnmazig grachtenstelsel (zie figuur 13) gegraven om de afwatering te bevorderen.



Figuur 1-13: Impressie van enkele (drooggevallen) grachten in het Kastanjebos.

Centraal in het Kastanjebos bevindt zich een zone met relatief weinig freatofyten niettegenstaande de bodem hier bestaat uit natte leem en nat zandleem met een fijnmazig grachtenstelsel dat bedoeld is om te ontwateren. De oorzaak hiervan zijn aanwezige niet-ingeschreven hoofdgrachten (macrohydrografie) die het gebied diep doorsnijden en dus sterk drainerend werken met een negatief effect op de freatofyten, in tegenstelling tot het oppervlakkig fijnmazig microhydrografisch net waar freatofyten juist standhouden en er zelfs van kunnen profiteren).

In het centraal gedeelte van het Kastanjebos is een zeer **grote overlap van de drainerende invloedzone van de VHA-grachten**. Hierdoor wordt het **drainerend effect danig versterkt** in die zone. Uitzondering vormt het centrum van de afpomping zelf waar er amper freatofyten voorkomen, los van hierboven opgesomde factoren. Dit betreft een erg klein gebied pal in het centrum van het bos. In de nabijheid komen reeds relatief freatofytenrijke sites voor. Dit doet vermoeden dat –anders dan het



hydrografisch net- de afpomping reeds op relatief korte afstand geen doorslaggevend effect meer lijkt te hebben op voorkomende grondwatergebonden plantensoorten (en dito vegetaties).

Zowel in het westelijk deel als in het centraal gedeelte komen naast een uitgesproken detailhydrografie ook **enkele grachten voor die kwelwater bevatten**. Bij terreinbezoeken in het voorjaar konden hier kwelindicatoren (o.a. roestkleur) worden waargenomen. Deze kwelgrachten zijn in het oranjerood weergegeven in figuur 14. Het gaat hier in de meeste gevallen over grachten die wat dieper ingesneden zijn dan de andere naburige grachten, en die dus mogelijk een sterk drainerend effect kunnen hebben.



Figuur 1-14: Aanduiding van grachten met waargenomen kwelverschijnselen binnen het Kastanjebos.

De hoofdwaterlopen in het centraal deel van het Kastanjebos zoals de **Lipsebeek en de Spekveldbeek** zijn **niet permanent waterhoudend**. Beide intermitterende beken vallen droog gedurende de droogste periode van het jaar.

Dit wordt duidelijk in beeld gebracht in figuur 15 die het waterpeil en het bodempeil in de Lipsebeek weergeeft. Uit deze grafiek is af te leiden dat de Lipsebeek tussen oktober 2017 en oktober 2018 alleen watervoerend was gedurende de maanden januari t.e.m. mei. In de overige periodes (zomer en najaar) zakt het waterpeil tot onder het bodempeil van de waterloop.





Figuur 1-15: Waterpeil [mTAW] Lipsebeek (opgemeten in peilbuis KASS001X) ten opzichte van het bodempeil [m TAW] van de waterloop.

Het Kastanjebos is in feite het **brongebied van de Lipsebeek** die haar punt van oorsprong heeft t.h.v. de Groenstraat/Kastanjebosstraat in het dorp Veltem-Beisem. Zulke waterlopen zijn enkel watervoerend in periodes wanneer het grondwaterpeeil voldoende hoog staat, d.w.z. wanneer dit gedraineerd en afgevoerd kan worden door de grachten en waterlopen. Naar alle waarschijnlijkheid wordt het afvoerregime van de Lipsebeek en de Spekveldbeek ook geaffecteerd door de oppervlakkige afstroming van hemelwater afkomstig van de verharde oppervlakken in de dorpskern van Veltem-Beisem tijdens periodes met (piek)neerslag.

De greppels, ondiepe grachten en de grachten kennen een **periode van droogval** die reeds aanvangt bij de start van het hydrologisch jaar in april en duurt tot laat in het najaar. De Lipsebeek en de hierop aangesloten hoofdgrachten zoals de niet-ingeschreven Spekveldbeek zijn in het voorjaar wel nog watervoerend, maar bepaalde trajecten worden gekenmerkt door het voorkomen van **stagnant water** of trajecten met weinig stroming. Een aanzienlijk deel van de grachten was droog tijdens het voorjaar 2018, terwijl de waterhoudende grachten voornamelijk stilstaand water bevatten. De meeste ondiepe grachten stonden droog, zeker in het westelijke deel van het studiegebied, terwijl alle greppels droog stonden. **Tijdens de zomer en in het najaar vallen alle grachten en waterlopen in het gebied droog**. Dit impliceert dat de waterlopen en grachten **niet-jaarrond een drainerende werking** uitoefenen in het Kastanjebos.

85





Figuur 1-16: Impressie van een droogevallen Lipsebeek (met peilbuis in de beekbodem).

De Lipsebeek en de Spekveldbeek liggen erg diep (> 2.8m) onder het maaiveld ingesneden. De diepte van greppels en ondiepe grachten varieert tussen 0.2m à 0.35m en 0.4m à 0.6m en de grotere grachten hebben een diepte van 0.65m à 1.2m. Het bodempeil van de greppels situeert zich tussen de peilen 23mTAW en 21mTAW. De meest zuidelijke grachten in het gebied kennen een nog hoger bodempeil. De centraal gelegen grachten hebben een bodempeil van 21mTAW à 20mTAW. Het peil van de Lipsebeek ligt beduidend lager dan de omliggende grachten en bedraagt 20mTAW à 18mTAW.

1.10.3 Detailafwatering

De **detailafwatering** in het Kastanjebos gebeurt **in grote lijnen** volgens een **zuid-noord gerichte stromingsrichting**. Dit patroon volgt het reliëf, dat t.h.v. het studiegebied ook een overwegend zuidnoord gerichte topografische gradiënt heeft, met een maaiveldhoogte van ongeveer 25 mTAW in het zuiden, en 20 à 21 mTAW in het noorden. Binnen het Kastanjebos kunnen **verschillende afwateringsblokken** worden aangeduid, die elk afgewaterd worden d.m.v. één of meerdere hoofdgrachten of grachten die zelf ook in hoofdzaak zuid-noord georiënteerd zijn. De stroomrichting van het grachtenstelsel in het **centraal deel** is quasi volledig **uni-directioneel** (van zuid naar noord) en de afwateringsrichting van grachten staat hier zo goed als loodrecht op stroomrichting van de Lipsebeek die hier naar het oosten/noordoosten afbuigt richting Lipsestraat. In het **westelijk deel** vertoont de stroomrichting een lichtjes ander patroon. Hier komt een eerder **multi-directionele stroomrichting** voor met een detailafwatering die in verschillende stroomrichtingen verloopt. Dit wordt geïllustreerd in de volgende figuur 17:





Figuur 1-17: Stroomrichting van de verschillende afwateringsblokken in het centraal en westelijk deel.

De ecohydrologische implicaties van het dempen van grachten en/of het verhogen van het bodempeil van het grachtenstelsel kunnen als volgt worden samengevat. De diep ingesneden en bijgevolg sterk drainerende grachten en greppels zijn (in de huidige dimensies) vaak niet meer nodig, onder meer omdat ze 's zomers tot vergaande verdroging kunnen leiden. Door de afvoerende grachten te dempen of de natte sectie te verkleinen, wordt netto minder water afgevoerd en zal de grondwaterstand stijgen en de kweldruk toenemen. Het dempen van ontwateringsgrachten, het naar boven brengen van het peil van de waterbodem (verondiepen van grachten) en de beekbedding van de drainerende hoofdwaterloop optrekken heeft een belangrijke invloed op het lokale grondwaterpeil. Door de verminderde afstroming en verhoogde infiltratie zal het grondwaterpeil stijgen en zal ook de opwaarts gerichte grondwaterkwel toenemen. Door deze maatregelen zal ook de kwel opnieuw naar het maaiveld en de wortelzone kunnen afbuigen.

1.10.4 Overstromingszones en wetlands

Binnen het Kastanjebos komen zoals verwacht **geen effectieve overstromingsgebieden** voor die veroorzaakt worden door een recente overtopping vanuit een waterloop (de zogenaamde alluviale of fluviale inundaties). Het Kastanjebos ligt immers in het dalhoofd van 2 kleine waterlopen en niet in een alluviale vallei van een grotere waterloop of rivier die jaarlijks in de winter inundeert.

Op 1 locatie komt wel een **laagte** voor waarin van nature **waterstagnatie** (grond- en regenwater) optreedt. In het oostelijk deel van het studiegebied ten oosten van de Lipselaan komt zeer lokaal een **kleinschalig wetland** voor. Het gaat hier waarschijnlijk om een lokaal afgegraven zone. De afwatering van deze zone gebeurt via grachten richting het pompstation, aldus richting het westen en door een duiker onder de Lipselaan.



1.10.5 Debieten en Oppervlaktewaterkwaliteit

De Lipsebeek, Weisetterbeek en Mastellebeek transporteren slechts een **klein debiet**, en het optreden van piekdebieten is volgens Wouters *et al.* (2018) nergens terug te vinden. De Lipsebeek ontvangt voorts het effluentwater van het WPC. In de zomerperiode is er geen afvoer vanuit de Lipsebeek in het Kastanjebos wegens droogval.

Er zijn geen oppervlaktewaterkwaliteitscijfers voor deze waterlopen binnen het Kastanjebos beschikbaar. Een VMM-meetpunt stroomafwaarts van het Kastanjebos toont nog op een duidelijke vuilvracht. Er is wel een oud VMM meetpunt gelegen aan de St. Jobsbeek die ter hoogte van de grondwaterwinning samenvloeit met de Lipsebeek. Een BBI van 2 werd gemeten in 1990 en 1995 ter hoogte van het meetpunt in de Lipsebeek, wat beoordeeld wordt als een zeer slechte waterkwaliteit. Er is geen meting van de BBI in het meetpunt ter hoogte van de St. Jobsbeek. Er is verder een overstortpunt op de Lipsebeek in het Kastanjebos nabij het punt van oorsprong t.h.v. de Kastanjebosstraat. Vermoedelijk zijn er nog aanzienlijke huishoudelijk afvalwatervrachten die het gebied instromen via een aantal beken en grachten aan de zuidkant.

1.11 Grondwaterdynamiek

Op basis van de hoger beschreven detailbegreppeling in het studiegebied en de bodemkaart kan een eerste aanname gedaan worden dat er ten minste in het winterhalfjaar peilen in de buurt van of boven het maaiveld staan.

Tijdreeksen van grondwaterpeilmetingen in de zuidrand van het Kastanjebos uit de Watina databank illustreren dat het grondwaterpeil in het **winterhalfjaar** gedurende een (erg korte) periode gelijk staat met het maaiveld (Wouters *et al.* 2018). Het is in die periode dat het **rabattensysteem in het Kastanjebos kortstondig gevuld** is met (grond)water. Vrij snel daalt het grondwater en zakt (erg) diep weg, en dat nagenoeg overal in het gebied. Erg lage grondwaterstanden van 2 meter beneden het maaiveld en meer waren enkele decennia geleden nog de regel, tegenwoordig zakken de grondwaterpeilen in het kwelgebied al wat minder diep (1.5 meter en minder) (Wouters *et al.* 2018).

In de grondwaterstudie binnen deze opdracht zijn meetreeksen opgesteld, zowel voor de productieputten van de waterwinning (statisch en dynamisch peil) als voor de peilputten (per zone). Voor de peilputten (per zone) zijn ook duurlijnen gemaakt, zowel voor de volledige meetreeks (tot en met 2018), als voor de meetreeks van 2004 t.e.m. 2018. De duurlijnen betreffen gemiddelde duurlijnen d.w.z. dat er een jaargemiddelde duurlijn over de volledige meetreeks getoond wordt.

De meetreeksen volgen in hoofdlijnen een min of meer gelijkaardige dynamiek, met duidelijke seizoenale variaties tussen de zomer- en wintertoestand.

In de lange meetreeksen (die vóór 2004 gestart zijn) is de invloed van de relatief hoge pompdebieten tot het jaar 2003 heel goed op te merken. Vooral de laagste grondwaterstanden in de periode vóór 2004 zijn duidelijk lager dan in de periode erna (figuur 18).





Figuur 1-18: Meetreeks van de grondwaterstanden vanaf 1985 t.e.m. 2018.

De grootste amplitude tussen zomer- en winter is te merken bij de peilputten die dicht bij de productieputten gelegen zijn. De grondwateramplitude van deze peilputten is beduidend groter dan deze van de peilputten in verder van de productieputten gelegen zones. De hoogste grondwaterstanden (wintersituatie) komen nog tot relatief dicht tegen het maaiveld (ong. 0,5 m-mv). De laagste grondwaterstanden in de zomerperiodes zakken tot vrij diep onder het maaiveld.

Het gemeten peil (nieuwe piëzometers) van de freatische grondwatertafel gedurende 1 jaar startend vanaf oktober 2017 t.e.m. october 2018 vertoont een eerder **golvend verloop** (figuur 19) met hoge grondwaterniveaus tussen januari en april en lage waarden in de periode juli - october.



Figuur 1-19: Verloop van de grondwaterstandspeilen tussen oktober 2017 en oktober 2018.



De actuele **grondwateramplitude** in het Kastanjebos kan algemeen omschreven worden als **behoorlijk groot** voor een gebied waar van nature zeer natte leembodems voorkomen en waar kleinere amplitudes te verwachten zijn louter op basis van de bodemeigenschappen.

Er zijn 5 meetraaien (figuur 20) uitgezet waar de grondwaterstand gedurende een jaar werd opgevolgd. De ligging van de raaien in het Kastanjebos wordt in beeld gebracht op de volgende figuur.



Figuur 1-20: Situering van de 5 raaien, peilschalen en piëzometers.

De onderstaande dwarsprofielen van de raaien illustreren zeer duidelijk dat de grondwateramplitude van de meetpunten in het laagst gelegen deel van het gebied (centraal deel van het Kastanjebos) aanzienlijk groter is dan de amplitude in de hoger zones in het meer zuidelijk van het gebied.



Figuur 1-21: Dwarsnede van Raai I.





Figuur 1-22: Dwarsnede van Raai II.



Figuur 1-23: Dwarsnede van raai III.





Figuur 1-24: Dwarssnede van raai IV.



Figuur 1-25: Dwarssnede van raai V.

De grootste grondwateramplitude (schommelingen in hoogte van grondwaterstand; verschil GHG en GLG) van de huidige grondwaterdynamiek (na 2013) wordt waargenomen nabij enkele productieputten (figuur 26). Op deze locaties bedraagt het verschil tussen de zomer- en wintergrondwaterstand meer dan 2m (tot zelfs 2,3 m). Naarmate de afstand t.o.v de productieputten groter wordt, zakt de amplitude tot normale condities van 1,1-1,5m à 1,6-2,0m die in een dergelijk ecohydrologisch systeem kunnen verwacht worden.





Figuur 1-26: Amplitude van de huidige grondwaterdynamiek.

Uit de meetraaien doorheen het Kastanjebos kan een **ecohydrologisch profiel** worden afgeleid. Een dergelijk ecohydrologische dwarssnede verschaft onmiddellijk een duidelijk beeld van de samenhang en de werking van het lokale watersysteem en de daarbij horende deelsystemen. Een dergelijke ecohydrologisch profiel (zie verder) geeft namelijk in hoofdlijnen de relatie weer tussen bodemopbouw, grondwaterstroming, grondwaterdynamiek, oppervlaktewater (ontwatering, overstroming) en (grond)watergerelateerde vegetatietypen.

1.12 Grondwaterchemie

Het grondwater dat passeert doorheen de **zanden van de formatie van Brussel**, is normaal gezien zeer uitgesproken **mineraalrijk (Ca en HCO3**). In het hele gebied zijn verhoogde orthofosfaat, nitriet en nitraatconcentraties te meten, evenals verhoogde sulfaatconcentraties wat wijst op instroom van met nutriënten aangerijkt grondwater. De fosfaatconcentraties zijn niet extreem hoog, maar aangezien ze samen lopen met de stikstofinstroom heeft dit een productie verhogend effect op de vegetatie. De soms zeer hoge sulfaatconcentraties wijzen erop dat er met nitraat aangerijkt grondwater infiltreert in het grondwatervoedingsgebied (Wouters *et al.* 2018).

Uit het opgestelde **EC/IR diagram** (Figuur 27) blijkt dat het bemonsterde grondwater een chemische samenstelling heeft die **ongeveer het midden houdt tussen een lithocline en een atmocline samenstelling**. De punten liggen grosso modo midden tussen het Li- en het At-referentiepunt, maar vallen toch iets dichter bij het Li-referentiepunt. Atmoclien is water met een chemische samenstelling die op regenwater gelijkt. Dit type van grondwater wordt aangetroffen op standplaatsen waar infiltratie van neerslagwater domineert (inzijggebieden). Lithoclien water is water dat op een mineraalrijk grondwaterstaal uit het midden van Nederland gelijkt. Het gaat dus niet om regenwater, maar om zogenaamd jong opwellend grondwater dat in evenwicht verkeert met kalk.





Figuur 1-27: EC/IR diagrammen (van Wirdum driehoek).

Een groot deel van de geanalyseerde stalen zitten overigens dicht tegen het referentiestaal van regenwater (het centrale referentiepunt in de Van Wirdum driehoek) aan. Voor veel stalen is het watertype gelijkaardig aan de lithotrofe referenties waar de ionen meer geconcentreerd zijn door de oplossingen van mineralen in de aquifer.

Er kan bijgevolg geconcludeerd worde dat **het grondwatertype in het Kastanjebos een mengeling is van regenwater en lithoclien water zodat de term "atmo-lithotroof" hier eerder van toepassing is**. Lithoclien water wordt gevormd wanneer regenwater infiltreert en passeert doorheen carbonaathoudend gesteenten, wat resulteert in CaHCO₃ watertype. Hoge concentraties aan CaHCO₃ tonen aan dat het grondwater een wat langere verblijfstijd heeft dan het regenwater met lagere concentraties.

Grondwater met een lage mineralisatie is bv. waargenomen voor in een staal uit de oostelijke zone gedurende het voorjaar. Door de kortere verblijfstijd in het substraat worden slechts weinig mineralen geabsorbeerd, wat resulteert in grondwater met een samenstelling gelijkaardig als regenwater. Dit diagram heeft dan eerder de vorm van een been of een dunnen staaf (figuur 28).



KASP036X, 31/05/2018

Figuur 1-28: Stiff diagram van staal met weinig gemineraliseerd grondwater.

De andere locaties betreffen en mengeling van infiltrerend mineraalarm regenwater met nauwelijks aanrijking door mineralen van de ondiepe bodem, of met carbonaat- en/of sulfaatrijk grondwater. In dit laatste geval spreken we van lithotroof jong grondwater dat al meer mineralen heeft kunnen absorberen.

Uit de vele Stiff-diagrammen (waarvan er één als voorbeeld wordt afgebeeld in Figuur 29) valt trouwens op te maken dat het **daadwerkelijk om grondwater gaat**.

94





Figuur 1-29: Stiff diagram van stalen met mineralenrijk grondwater.

De diagrammen hebben allemaal een beetje een zogeheten "**paddenstoelvorm**" hetgeen indiceert dat er verhoudingsgewijs meer calcium en bicarbonaat voorkomt dan andere ionen. Een paddenstoelvorm wijst ook op **met mineralen aangerijkt kwelwater**.

Volgens het onderstaande Piper diagram (figuur 30) worden de grondwaterstalen geclassificeerd als CaHCO₃ water type, CaSO₄ type voor verschillende stalen en een mengeling van CaHCO₃SO₄ wateren.

95





Figuur 1-30: Piper plot.

Het classificatiesysteem van Stuyfzand (figuur 31) combineert vier wezenlijke kenmerken van een watermonster in één codering: de saliniteit (hoofdtype), alkaliteit (type), belangrijkste kation en anion (subtype) en de uitwisselingscoëfficiënt (klasse, bepaalt door de som van Na K en Mg gecorrigeerd voor een bijdrage van zeezout).



Figuur 1-31: Het classificatiesysteem van Stuyfzand.

In dit systeem bepalen concentraties van ionen de grenzen tussen de watertypen, in plaats van relatieve aandelen.

De illustratie van Stuyfzand die de **ruimtelijke verdeling van de waterklassen in het Kastanjebos** weergeeft wordt hieronder afgebeeld in figuur 32.





Figuur 1-32: Ruimtelijke verdeling van de verschillende waterklassen volgens de Stuyfzand classificatie.

De ruimtelijke verdeling van de verschillende watertypes binnen het Kastanjebos wordt hieronder gepresenteerd (voor het najaar dat in feite nagenoeg identiek is aan de voorjaarssituatie).



Figuur 1-33: Ruimtelijke verdeling van de waterklassen binnen het studiegebied van het Kastanjebos.

Volgens de classificatie van Stuyfzand kan het overgrote deel van het grondwater (**gemengde watertype met een lage mineralisatie**) van het studiegebied worden geclassificeerd als **CaHCO₃**- **water**. CaSO₄-water en een mengeling met SO₄²⁻ komen ook voor. Desalniettemin blijft HCO₃⁻ het voornaamste anion. Alle stalen van het Kastanjebos vallen verder onder het **zoetwatertype** (Fresh(F): Cl⁻ < 150 mg/l). De hardheidswaarden voor het voor- en najaar wijzen op overwegend hard tot zeer



hard water. Zacht en matig zacht water worden slechts in enkele voorjaarsstalen in de oostelijke zone gevonden. Zeer hard water wordt zowel in het najaar en voorjaar gemeten in de zuidelijke, centrale en westelijke zones. De positieve coëfficiënt voor alle stalen is een indicatie dat kationuitwisseling heeft plaatsgevonden en geeft aan dat de aquifer gespoeld wordt door zoetwater met een oplossing van carbonaatgesteente.

Wegens de positie in het landschap **aan de voet van een steilrand** kan verwacht worden dat het grondwater in het Kastanjebos nog overwegend mineraalarm is. Het grondwater wordt in het algemeen gekenmerkt door een **lage mineralisatie** (weinig opgeloste hoeveelheden natrium, kalium, magnesium of calcium) en kan worden bestempeld als **jong lithotroof** uitredend grondwater. In een dalhoofd treedt namelijk relatief **jong** en **horizontaal stromend grondwater** uit dat relatief nog **mineraalarm** is wegens een korte verblijftijd in het freatisch pakket.

Aangezien het gaat om het dalhoofd van de Lipsebeek, komt hier kwelwater aan de oppervlakte dat slechts gedurende een korte tijdsspanne een weg door de ondergrond heeft afgelegd. **De zanden van Brussel** worden gekenmerkt door een **erg hoge hydraulische geleidbaarheid** waarin de **verblijftijden van het grondwater kort** (ca. 10 à 20 jaar) zijn. Iets verder stroomafwaarts (vb. centraal deel + noordelijke grens van het Kastanjebos) is het grondwater al wat langer onderweg, en treedt grotendeels verticaal opstijgend uit (kwel) en is ook wat mineralenrijker.

1.13 Grondwaterstroming

De richting van de grondwaterstroming loopt **vanuit het zuiden-zuidwesten naar het noorden**. Er ontstaan enkele afbuigingen van de grondwaterstroming, die worden veroorzaakt door plaatselijke drainerende oppervlaktewaters zoals waterlopen. De gradiënt van de grondwaterstroming is vrij steil in het zuiden van het grondwatermodelgebied (niet te verwarren met het SBZ-gebied), waar zich met name de heuvels van de Formatie van Diest uitstrekken. Deze steile hellingsgraad neemt af in de richting van het noorden.

De stijghoogte daalt van ongeveer 28 m TAW in het zuiden van het modelgebied naar 14 m TAW (Kastanjebos zelf 19m), wat neerkomt op een **gradiënt van gemiddeld 0,0028 m/m**. In het Quartiar en in het zand van Brussel is de stijghoogte ongeveer gelijk door het ontbreken van een scheidende laag. Het oppervlaktewater heeft alleen lokaal een iets grotere impact (voornamelijk een drainerende werking) op de stijghoogtes in het Quartair.

De regionale grondwaterkaart (figuur34) die de isolijnen in beeld brengt, geeft al een eerste indicatie dat in het Kastanjebos een natuurlijke afvoer ('kwel') te verwachten is. Het Kastanjebos strekt zich namelijk precies uit in de overgangszone tussen het hoger gelegen Brabants plateaugebied waar de isopiezen dicht tegen elkaar liggen (steile helling) en het meer vlakker gebied in het noorden waar de onderlinge afstand tussen de isolijnen groter wordt (minder steile helling).





Figuur 1-34: Grondwaterstand voor het volledig modelgebied.

1.14 Waterbalans

De hydrologische deelcomponenten (waterfluxen of waterstromen) van een **gekwantificeerde waterbalans** (van het steady state model) zijn grafisch uitgezet in de onderstaande figuur. De inkomende flux bestaat uit resp. grondwatervoeding via neerslag (16% van het inkomende water) en de instroom vanuit het zuidelijke gebied (84% van de influx). Deze componenten van de waterbalans staan in voor de grondwatervoorziening van het Kastanjebos.

De belangrijkste uitgaande flux uit het studiegebied is de grondwateronttrekking via productieputten van het WPC (41 %). Het dicht drainagenetwerk verwijdert 26% van het grondwater uit het gebied en slechts 33% van het grondwater stroomt weg naar buiten het studiegebied.



Figuur 1-35: Volumetrische waterbalans van studiegebied voor steady-state model.





In droge periodes is er een negatieve netto grondwatervoeding is (netto evaporatie). Dit wordt verduidelijkt in figuur 36.





1.15 Stromingsvectoren en stroomlijnen grondwater

De **snelheidsvectoren** van de grondwaterstroming vormen op kaart een **waaiervormig, divergerend** patroon (figuur 37).



Figuur 1-37: Stromingsvectoren in het studiegebied.

De stromingsvectoren die naar de productieputten in het oosten lopen, zijn immers gescheiden van de natuurlijke continue grondwaterstroming in noordelijke richting die waarneembaar is in het westelijk deel van het Kastanjebos. De rode lijn op de figuur hierboven vormt de scheidingslijn tussen de twee grondwaterstroomrichtingen.

Een gelijkaardig beeld zien we op figuur 38, waarop stroombanen naar de grondwaterwinningsputten worden getoond.



Figuur 1-38: Stroomlijnen vanuit het inzijggebied naar het Kastanjebos.



1.16 GXG's

Grondwaterstandskaarten, ook wel GXG kaarten genoemd, werden binnen het deelluik van de grondwatermodellering opgesteld door de gesimuleerde stijghoogte op het moment van de GLG en GHG te combineren met het DHMV II met resolutie 5*5m.

1.16.1 GLG condities

Tijdens het droge seizoen daalt de grondwaterstand voor het hele studiegebied aanzienlijk. De laagste gesimuleerde grondwaterstand ligt in de omgeving van de productieput 3004-014 en tussen de putten 3004-013 en 3004-015. Tijdens de droge omstandigheden van het jaar is er een duidelijk groot effect van de grondwaterwinning op de grondwater stijghoogten. Het gehele noord-centraal en zuidoostelijk deel van het studiegebied heeft grondwaterstanden die lager dan 2 m onder het maaiveld liggen. Het westelijke deel, dat minder beïnvloed wordt door grondwaterwinning, handhaaft een iets hogere grondwaterstand tijdens de GHG en schommelt tussen 1,5 en 2 m-mv (figuur 39).



Figuur 1-39: Gesimuleerde GLG (cm-mv), referentietoestand

1.16.2 GHG condities

Tijdens de natte omstandigheden (GHG) is de grondwaterstand aanzienlijk hoger dan tijdens de droge omstandigheden (figuur 40). Ondiep grondwater reikt tot in de terreindepressie in het oostelijke deel van het studiegebied. De hoogste grondwaterstand (0-40 cm-mv) wordt bereikt in de richting van ZW-NO. In het kleine cirkelvormige gebied in het oostelijke deel van het studiegebied overstijgt het grondwater zelfs het terreinniveau. Dat gebeurt bij lokale terreindepressie waarvan de vorm ook duidelijk zichtbaar is op het terreinhoogtemodel. Het bestaan van dit lokale drainage gebied is bevestigd door de veldwaarneming tijdens de inventarisatiefase van het project.

Ondiep grondwater strekt zich uit in het westen van het studiegebied (ten noorden van Veltem-Beisem), met een diepte van ongeveer 20 - 40 cm mv. De laagste grondwatertafel komt voor in de omgeving van de onttrekkingsputten, met name 3004-014. De laagste grondwatertafel zorgt voor een depressie en verbindt het gebied van 3004-014 en 3004-015 (hetzelfde patroon als bij GLG en GVG).





Figuur 1-40: Gesimuleerde GHG (cm-mv), referentietoestand

1.16.3 GVG condities

De condities in het voorjaar (GVG) zijn vergelijkbaar met de gemiddeld hoogste grondwatercondities (GHG) en een relatief hoge grondwaterstand strekt zich in ZW-NO-richting uit in het oostelijk deel en in het westen van het studiegebied (figuur 41).





Figuur 1-41: Gesimuleerde GVG (cm-mv), referentietoestand

1.16.4 Kwelfuxen

Kwelfluxen zijn vanuit hydrogeologisch oogpunt **verticale watersnelheden**, ongeacht of deze tot boven het maaiveld uitkomen. Waar een aquifer aan de oppervlakte komt en de opwaartse stroming groter is dan de nuttige neerslag, spreekt men van kwel. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds kwel dat gedefinieerd kan worden als een opwaartse gerichte verticale grondwaterstroming en infiltratie dat beschouwd wordt als een neerwaartse gerichte verticale grondwaterstroming. Indien de kwelintensiteit <0 en negatieve waarden vertoont, spreekt men van kwel. Bedraagt de kwelintensiteit >0 en dus een positieve waarden heeft, gebruiken we in dit geval de term infiltratie. Een nulwaarde betekent dat er geen verticale waterstroming optreedt en het grondwater ter plaatse blijft. De hieronder gepresenteerde kwelkaarten geven de verticale stroming (kwel) en de intensiteit van de kwel per modellaag weer.

In periodes van **droge omstandigheden (toestand GLG)** komen opwaarts gerichte grondwaterstromen quasi overal voor in het studiegebied in de ondiepe lagen. In de nabijheid van de extractieputten gaat de stroomopwaartse grondwaterstroming geleidelijk neerwaarts afbuigen vanwege de grondwateronttrekking uit de diepe filters. Ter hoogte van de onttrekkingsputten is er een dominante neerwaartse waterbeweging. De afpompingskegel van de waterwinning doet het freatisch grondwater zakken zodat hier geen opstijgende kwel aanwezig is. De Quaternaire lagen worden gekenmerkt door een overheersend opwaartse grondwaterstromingen in het gehele studiegebied. De invloedstraal van het WPC op de stroomrichting van de grondwaterwinning in de ondiepe lagen is vrij beperkt, terwijl in de diepe lagen afwaartse grondwaterstromingen dominant zijn. De stroomrichting van het grondwater in het zuidelijk deel van het Kastanjebos blijft opwaarts gericht (dus van de dieper gelegen laag naar de hoger gelegen laag). Tijdens zomeromstandigheden gekenmerkt door een lage grondwaterstand is er geen oppervlakkig drainerend effect van de grachten waarneembaar op de kwelkaarten (figuur 42).





Figuur 1-42: Kwel GLG (mm/d), referentietoestand

Gedurende de **natte omstandigheden (toestand GHG)** vindt er een omkering plaats van de verticale snelheidsvectoren (figuur 43) en is de grondwaterstroming in de bovenste laag algemeen neerwaarts gericht in het studiegebied (omslag van opwaartse kwelfluxen naar neerwaartse infiltratie). De verklaring hiervoor is dat er voldoende grondwater aanwezig is dat continu wordt bijgevuld door neerslag. Als gevolg hiervan wordt nieuw grondwater ofwel verticaal naar beneden verplaatst naar de diepere lagen, ofwel wordt het grondwater afgevoerd door afwateringsgrachten. De belangrijkste grachten met een afvoerfunctie in het Kastanjebos zijn ondermeer het tracé van de Lipsebeek tussen productieput 3004-013 en 3004-011 en de zijgrachten St. Jobsbeek, Kastanjebosloop en Kastanjeboszijgracht. In het westelijke deel zorgen de Weisetterbeek en Mastellebeek voor de afvoer.





Figuur 1-43: Kwel GHG (mm/d), referentietoestand.

1.16.5 Ecologische kwel

Voor grondwaterafhankelijke vegetaties is vooral de ondiepe kwel die tot in de wortelzone (30 cm onder het maaiveld) van de vegetaties reikt van belang.

De hieronder getoonde gecorrigeerde kwelkaart (figuur 44) brengt de **ecologisch belangrijke kwel** in beeld die door de planten effectief kan worden gebruikt. Deze kaart is afgeleid voor de GLG-situatie van het referentiemodel. De gebruikte methodiek om de ecologisch belangrijke kwel te bepalen staat beschreven in het deelrapport grondwatermodel. Bij een situatie dat het niveau van de GLG + capillaire stijging de worteldiepte van de vegetatie bereikt, betekent dit dat de kwel die belangrijk is voor de vegetatie, op dat punt kan optreden. Er wordt hier dus ook rekening mee gehouden met grondwater dat via **capillariteit** uit de grondwatertafel kan opstijgen.





Figuur 1-44: Het voorkomen van gesimuleerde ecologisch belangrijke kwel.

De patronen van voorkomen van (gesimuleerde) ecologische kwel worden hieronder nader toegelicht:

1. Ecologisch relevante kwel komt in het centrale kerngebied van het Kastanjebos niet tot zeer weinig voor wegens de te lage freatische grondwatertafel. Ook op de zandleemgronden in de overgangszones ontbreekt ecologische kwel o.w.v. de lagere capillaire stijgingscapaciteit uit de grondwatertafel.

2. Een voor de grondwatergebonden vegetaties stabiele ecologische kwel handhaaft zich in het westelijke deel van het studiegebied waar de dominerende kwelflux slechts zeer lage waarden optekent en tussen -1 en 0 mm/d bedraagt.

3. De hoogste intensiteit van de ecologische kwel (waarden tussen -5 en -1 mm/d) is terug te vinden in het meest zuidelijke deel van het studiegebied, zowel in het centraal deel net ten noorden van het toponiem Vlotgras en de zuidwestelijke hoek noordwaarts van de woonkern van Veltem-Beisem. In deze delen komt geen fijnmazig netwerk van grachten/greppels voor en de zones met ecologische kwel liggen bovendien het verst verwijderd van de productieputten van het WPC.

Er kan bijgevolg geconcludeerd worden dat **sterke kwelfluxen** die ecohydrologisch relevant zijn voor de grondwatergebonden plantensoorten en vegetaties **nauwelijks voorkomen in het centrale kerngebied van het Kastanjebos**. Ofwel is er geen ecologische kwel aanwezig, ofwel is de kweldruk hiervan erg laag. **Alleen in de zuidelijke randzone van het projectgebied komt pleksgewijs kwel voor met een sterkere kwelintensiteit**

Men zou eerder verwachten dat de kweldruk in het centraal deel van het Kastanjebos groter zou zijn dan in het zuidelijk deel omdat het centraal deel verder verwijderd ligt van het hoger gelegen inzijggebied op het plateau en de verblijftijd en de stroombanen van de kwel wat groter is.

Een zeer plausibele verklaring voor de schijnbare afwezigheid van sterke kwelfluxen in het centraal deel is het fijnmazige netwerk van vooral diepe drainerende hoofdgrachten en diep ingesneden kleinere grachten die de opstijgende kwel wegvangen en onder het maaiveld afvoeren (drainering). Grachten vertonen dan kwelverschijnselen zoals roestvorming door oxidatie van ijzer, hetgeen ook kon worden bevestigd bij de terreinbezoeken (zie hoger onder microhydrografie), maar de kwel bereikt het maaiveld (en de wortelzone) niet. Additioneel zullen ook de productieputten van het WPC zeer lokaal bijdragen tot de verminderde kweldruk (zie verder) in het centrale deel van het bos. Het



lokaal uittredend, jong grondwater dat hier aan de oppervlakte komt is vooral afkomstig uit de watervoerende laag van de Zanden van Brussel.

1.17 Synthese systeemwerking Kastanjebos

Het hydrologisch systeem van het Kastanjebos gelegen in een dalhoofd van een beekvallei aan de voet van de steilrand van een hoger gelegen massief vertoont in zekere mate gelijkenissen met het watersysteem t.h.v. het dalhoofd van een Kempische beek aan de voet het Kempisch Plateau in Limburg. Het grote verschil hiermee is dat er in het Kastanjebos geen veenpakketten liggen die in de dalhoofden van Kempense waterlopen wel aanwezig zijn.

Op het plateau verlopen de grondwaterstroombanen neerwaarts (infiltratie) en ter hoogte van het dalhoofd treden de eerste, meteen ook de kortste, nagenoeg horizontaal verlopende stroombanen uit. In de Nederlandse literatuur wordt dit 'lokale' kwel genoemd. Verder stroomafwaarts, in de eigenlijke beekvallei, treden langere stroombanen uit die al snel loodrecht vanuit de diepte opwaarts richting maaiveld verlopen. Dit wordt naar Nederlandse begrippen als 'regionale' kwel aangeduid.

Zowel de 'regionale' als de 'plaatselijke' kwel maken deel uit van hetzelfde, eenvoudige hydrologische systeem. Omdat de stroombanen die uittreden in het dalhoofd kort zijn (en dus ook een horizontaal verlopen), zitten in het kwelwater in het dalhoofd minder opgeloste mineralen dan in het kwelwater dat verder stroomafwaarts in de vallei uittreedt. Dat kwelwater is langer onderweg en is dus ook langer in contact geweest met de watervoerende laag waardoor het verhoudingsgewijs minder regenwater bevat maar mineraalrijker en meestal ook erg ijzerrijk is. **Tussen de zone met het uittredend grondwater van lokale oorsprong en de zone met diepe kwel, ligt een overgangszone. Het is in zulk overgangsgebied dat het Kastanjebos gelegen is (zie ook figuur 34 met de isolijnen)**.

1.18 Invloed van het WPC op de grondwaterdynamiek

Sinds 1969 is een deel van het Kastanjebos in gebruik als waterwinningsgebied. Dit leidt minstens in een deel van het gebied tot een **structurele verdroging**. Tot in 1994 exploiteerde de VMW op het terrein twee typen van putten, ondiepe tot 14m en diepe tot 45m. Beide putten pompten water uit de Brusseliaanzandlaag. De ondiepe batterijputten werden in de periode 1988-1994 vervangen door 6 diepere putten in dezelfde watervoerende laag van het zand van Brussel. Tegenwoordig zijn uitsluitend nog de diepe putten operationeel en werd in 1994 een nieuwe vijfde diepe put in werking gesteld. De waterwinning was vergund voor een volume van 4.800 m3/dag en 1.752.000 m3/jaar tot 13/07/2018. Sinds 14/07/2018 is de waterwinning vergund voor een jaardebiet van 1.200.000 m3/jaar.

Er is een vrij abrupte daling van het opgepompte debiet vanaf 2003. Vóór 2003 bedroeg het gemiddelde jaarlijks opgepompte debiet ongeveer 1.550.000 m³/jaar. Vanaf 2003 is dit bijna gehalveerd tot ongeveer 840.000 m³/jaar. In de zomermaanden (juli-augustus-september) lijkt het maanddebiet wel iets lager te liggen dan in de rest van het jaar, maar er kunnen verder geen duidelijke seizoenale variaties afgeleid worden.

De invloed van de drinkwaterwinning is duidelijk zichtbaar in de tijdreeksen (zie hoger), weerspiegelt zich in de grondwateramplitudes in het gebied en laat zich zeker ook voelen in de vegetatieontwikkeling (zie verder). De afpompingskegel van de waterwinning doet het freatisch grondwater lokaal zakken zodat hier geen opstijgende kwel aanwezig is. Door de van nature bestaande lokale kwel in het Kastanjebos is het effect van de grondwateronttrekking minder groot. **Alleen rond de eigenlijke productieputten en in de directe omgeving van de waterwinning is er een neerwaartse verticale grondwaterbeweging**.

1.19 Vegetaties

1.19.1 Vegetatiezonering

Het Kastanjebos wordt gekenmerkt door een eerder 'klassieke' vegetatiezonering die typisch is voor een leemstreek (Figuur 45). De zonering kan volgens een zuid-noord-transect als volgt beschreven


worden (naar Wouters *et al.* 2018). Op de hoogste (zuidelijkste) delen ontwikkelen zich glanshavergraslanden (6510_hu). Iets lager op de helling zijn dottervegetaties (rbbhc) terug te vinden, o.a. met herfsttijloos. Op vochtige onbemeste bodems met kwel kunnen zich schraallandvegetaties ontwikkelen (6410_mo). Tot einde 20ste eeuw was er nog een dergelijke vegetatie (gevlekte orchis, blauwe knoop, blauwe zegge, pijpenstrootje...) aanwezig in het Kastanjebos (Wouters *et al.* 2018).



Figuur 1-45: Schematisering van de vegetatiezonering in het Kastanjebos (Wouters et al. 2018).

Meer noordelijk in het Kastanjebos komt quasi uniform **eikenhaagbeukenbos (9160)** voor. Open vegetaties zijn hier meer voorhanden, maar uit de vegetatie op de tijdelijke kapvlakten valt op te maken dat hier een ruige vorm van moerasspirearuigte (rbbhf) tijdelijk ontwikkeld (Wouters *et al.* 2018).

1.19.2 Vegetatiekartering en habitattypes

Op basis van de **vegetatiekartering** die door Antea in 2018 werd uitgevoerd, kan gesteld worden dat het Kastanjebos voor een groot deel bestaat uit **habitattype 9160: Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint** (zeldzaam in Vlaanderen met een belangrijke natuurwaarde).

In beperkte mate zijn ook de volgende habitats sporadisch terug te vinden in het Kastanjebos:

- 9120: Eiken-Beukenbossen op zure bodems.
- 91E0_va: Beekbegeleidend Vogelkers-Essenbos
- gh/91E0_va: geen habitat, in tweede instantie Beekbegeleidend Vogelkers-Essenbos
- rbb_hc: Dotterbloemgraslanden
- 6510_hu: Soortenrijke glanshavergraslanden

Een typische vegetatiegemeenschap van het dominante habitattype 9160 is **het eiken**haagbeukenbos (43AB1), wat een oud, zeer structuur- en soortenrijke bos is, kenmerkend voor matig voedselrijke tot voedselrijke leembodems. In de onderstaande tabel wordt een overzicht gepresenteerd van de standplaatsvereisten van dit habitattype.



Tabel 5: Standplaatsvereisten voor habitat 9160.

variabele	AB	eenheid	toetswaarde
N depositie	26	kg N/ha/jaar	<max< td=""></max<>
BODEMCHEMIE	ODEMCHEMIE		
рН КСІ	>3.2		5%-95% percentiel freq.distr.
N Kj	0,16-0,43	%	10%-90% percentiel freq.distr.
P Olsen	<59.8	mg P/kg luchtdroge bodem	10%-90% percentiel freq.distr.
HYDROLOGIE			
GLG	17-214	cm onder maaiveld	min/max
GHG	5-66	cm onder maaiveld	min/max

De vegetatieopnames wezen er verder op dat een goede kwaliteit van dit habitattype slechts beperkt aanwezig is in het gebied en dat het habitat op vele plaatsen gedegradeerd is (verruigd en/of onvoldoende kenmerkende soorten).

De potentiekaart via NICHE modellering onder normaal pompdebiet toonde alvast een beperkter geschikt areaal dan de inkleuring van de BWK (zie verder).



Figuur 1-46: Potentiekaart voor habitattype 9160 bij normaal pompdebiet.

1.19.3 Verspreidingspatroon freatofyten

Het voorkomen van freatofyten (waterplanten en plantensoorten gebonden aan ondiep grondwater) in het Kastanjebos is niet-homogeen verdeeld. Er bestaan immers markante verschillen in het voorkomen van het aantal freatofyten tussen percelen. In het zuiden van het centraal deel van het Kastanjebos herbergen de percelen over het algemeen het hoogst aantal freatofyten. Dit kan gelinkt worden aan 1) hoge gesimuleerde GHG en GLG waarden en 2) het voorkomen van gesimuleerde ondiepe ecologische kwel in de zuidelijke randzone van het studiegebied.





Figuur 1-47: Overzicht verspreiding van het aantal freatofyten (links) en voorkomen van ondiepe ecologische kwel (rechts). De oranje omcirkeling duid de zone in het zuiden waar de meeste freatofyten voorkomen. In deze zone komt ook de hoogste ondiepe ecologische kweldruk voor.

Deze zuidelijk gelegen deelzone van het centraal deel waar ondiepe kwel aanwezig is en een hoog aantal freatofyten genoteerd kunnen worden, overlapt ook in sterke mate met de zone waar er **geen overschrijding is van de van de kritische depositiewaarde** (donker groene zone aangeduid op onderstaande kaart) van de actueel aanwezige habitats, op basis van de gemodelleerde stikstofdeposities volgens het VLOPS17-model, dat gebruik maakt van emissie- en meteogegevens van het jaar 2012, en de vectoriële habitatkaart (figuur overgenomen uit Wouters *et al.* 2018).



Figuur 1-48: Overschrijding van de kritische depositiewaarde van de actueel aanwezige habitats (De Saeger *et al.* 2016; overgenomen uit Wouters *et al.* 2018).



1.19.4 Invloed van de grondwaterwinning op de vegetaties

Uit eerdere grondwater- en ecohydrologische modellering voor het gebied valt tevens op te maken dat de situatie bij nulpompen (i.e. de grondwaterwinning uitzetten), wel degelijk een nattere situatie zou ontstaan (Wouters *et al.* 2018). Uit die studies blijkt eveneens dat er hier destijds (voor de periode van de grondwaterwinning) zones zouden voorgekomen hebben waar er zich constante grondwatertafels tegen of net onder maaiveld zouden voordoen. Met andere woorden, bij een situatie wanneer de grondwaterwinning volledig wordt stilgelegd, zal het milieu natter worden. Er zouden woarschijnlijk meer dottergraslanden voorkomen en de alluviale elzen-essenbossen (91EO_va) zouden worden vervangen door mesotroof elzenbroek (91EO_vm) en het eikenhaagbeukenbos zou grotendeels worden vervangen door alluvial elzen-essenbos. Kalkmoeras of andere vegetatietypen van die strekking kunnen in het Kastanjebos meer dan waarschijnlijk niet tot ontwikkeling komen (Wouters *et al.* 2018).

1.20 Ecohydrologisch dwarsprofiel Kastanjebos

Alle hierboven beschreven informatie over de verschillende deelcomponenten (beken, grachten, grondwaterpeilen, kwel, vegetaties, bodem, etc.), de processen en de werking van het ecohydrologisch systeem van het Kastanjebos wordt geïntegreerd en in één beeld gebracht in onderstaande "principeschets" die het ecohydrologisch dwarsprofiel (van ZW naar NO) illustreert van het studiegebied Kastanjebos (figuur 49).



Figuur 1-49: Ecohydrologisch dwarsprofiel Kastanjebos volgens ZW – NO oriëntatie.



de Lipsebeek.					
A)	A) Westelijk deel:				
	Afstroming grondwater en oppervlaktewater is georiënteerd van Z naar N/NW; Fijnmazig netwerk van waterlopen, grachten, greppels aanwezig op leembodem: versterkend drainerend effect;				
 Afwatering van de micro-hydrografie is eerde Ontbreken van een rabattenstructuur op de h Stabiele kwel met lage fluxwaarden; ecologise Afstroming vanuit hoger gelegen woongebied Grondwateramplitude GLG-GHG (+/- 1 à 1,5 westelijk deel is lager dan in het centraal deel Droogval in zomer van waterlopen, grachter bodempeil): 		Afwatering van de micro-hydrografie is eerder multi-directioneel; Ontbreken van een rabattenstructuur op de hoger gelegen zandlemige gronden; Stabiele kwel met lage fluxwaarden; ecologische kwel aanwezig in de ZW uithoek; Afstroming vanuit hoger gelegen woongebied: inzijggebied (verstedelijkt) is verhard; Grondwateramplitude GLG-GHG (+/- 1 à 1,5 m) in het meest zuidelijk deel van dit westelijk deel is lager dan in het centraal deel (meer dan 2m) van dit westelijk deel; Droogval in zomer van waterlopen, grachten en greppels (GLG zakt tot onder het bodempeil);.			
D)	0 Contro	Waterlopen (Weisetterbeek) uitsluitend een drainerende werking in de winter.			
в)	B) Centraal deel ("echte" Kastanjebos):				
 Alstronning grondwater en oppervlaktewater is georen vervolgens naar het oosten; Fijnmazig netwerk van diep ingesneden waterlopen, gracht leembodem: versterkend drainerend effect; 		vervolgens naar het oosten; Fijnmazig netwerk van diep ingesneden waterlopen, grachten, greppels aanwezig op leembodem: versterkend drainerend effect;			
	0	Afwatering van de micro-hydrografie is eerder uni-directioneel;			
	0	Ontbreken van een rabattenstructuur op de hoger gelegen zandlemige gronden;			
	0	Weinig tot geen stabiele kwel met lage fluxwaarden; ecologische kwel afwezig in het Kastanjebos (essen-eikenbos) zelf; wel ecologische kwel in zuidelijk randgebied;			
 Afstroming vanuit hoger gelegen woongebied en regioner 		Afstroming vanuit hoger gelegen woongebied en run-off vanuit landbouwgebied;			
	 Grondwateramplitude GLG-GHG (+/- 1,6 à 2m en meer dan 2m) in het centraal is hoger dan in het meest zuidelijk deel (1 à 1,5m) van dit centraal deel; 				
	 Volledige droogval in zomer van waterlopen, grachten en greppels (GLG zak onder het bodempeil); Lipsebeek uitsluitend een drainerende werking in de win 				
 Lokale invloed van de constant naar beneden 		Lokale invloed van de productieputten van het WPC op het GW en kwel: hier constant naar beneden gerichte grondwaterstromingsfluxen.			

ightarrow 2 aparte deelgebieden van elkaar gescheiden door een interfluvium tussen de Weisetterbeek en

Agentschap Onroerend Erfgoed 2020: Kastanjebos https://id.erfgoed.net/erfgoedobjecten/135096 (Geraadpleegd op 26-06-2020).

De Saeger S., Guelinckx R., Oosterlynck P., Erens R., Hennebel D., Jacobs I., Van Oost F., Van Dam G., Van Hove M., Wils C. & Paelinckx D. (red.) (2016). Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart, uitgave 2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2016 (12049231). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Wouters J., De Becker P., Thomaes A. (2018). PAS-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2400010 Valleigebied tussen Melsbroek, Kampenhout, Kortenberg en Veltem. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (35). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.



2 Standplaatsvereisten doelhabitats

In wat volgt, wordt voor de verschillende doelhabitats een overzicht gegeven van de standplaatsvereisten. Deze betreffen het gunstige abiotische bereik van de relevante milieuvariabelen voor de goede staat van instandhouding van de verschillende habiattypes. Dit wil zeggen het globale meetbereik van elke milieuvariabele waarbinnen een habitat duurzaam kan functioneren. In de rapportage van Raman *et al.* (2014)¹ werden de gunstige bereiken van de verschillende milieuvariabelen (standplaatvereisten) bepaald op basis van integratie en interpretatie van zowel Vlaamse data, internationale data als publicaties. Wanneer verschillende studies meerdere gunstige bereiken of manuele selectie. In deze studie worden waarden overgenomen uit Raman *et al.* (2014) omdat deze het actueel meest correcte en complete beeld geven.

De standplaatsvereisten qua grondwater voor grondwaterafhankelijke habitats zijn tevens gekend uit de literatuur in de vorm van een range voor de GLG (de minimale en maximale GLG) en een range voor de GHG (de minimale en maximale GHG). In deze studie maken we gebruik van de meest recente referentiewaarden uit de NICHE tabel² voor de kenmerkende grondwaterafhankelijke doelhabitats 9160 en 91E0. Dotterbloemgrasland (rbbhc) is niet opgenomen in de NICHE tabel, en voor dit habitat werden GXG waardes toegeleverd door Piet De Becker van het INBO, coauteur van NICHE Vlaanderen². In het studiegebied zijn ook een paar kleine percelen als glanshavergraslanden (6510_hu) ingekleurd op de BWK, een habitat dat ook grondwaterafhankelijk is. Enkele percelen zijn gekarteerd als eiken-beukenbossen op zure bodems, maar dit habitat is niet grondwaterafhankelijk. In deze twee laatste type habitats was echter geen PQ geplaatst en is er dus geen evaluatie van de vegetatiegemeenschappen beschikbaar.

2.1 Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint)

Het Kastanjebos bestaat voor een groot deel uit habitattype 9160: Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint (zeldzaam in Vlaanderen met een belangrijke natuurwaarde). Een typische vegetatiegemeenschap van dit habitat is het eiken-haagbeukenbos (43AB1), wat een oud, zeer structuur- en soortenrijke bos is, kenmerkend voor matig voedselrijke tot voedselrijke leembodems.

De bodemvochtigheid is meestal hoog in de winter en in het voorjaar, maar veel lager in de zomer. De struiklaag is goed ontwikkeld, en de kruidlaag kan bijzonder soortenrijk zijn en telt veel voorjaarsbloeiers. Kenmerkende soorten zijn haagbeuk, zoete kers, gewone es en zomereik. In de struiklaag komen hazelaar, gewone vlier en wilde lijsterbes voor. De kruidlaag telt een vijftiental kensoorten zoals boszegge, mannetjesvaren, donkersporig bosviooltje, klimop, bosanemoon, bosandoorn, gewone salomonszegel, gevlekte aronskelk.

Bossen waar de bodem voldoende gedraineerd is om ook Beuk als dominante boom toe te laten, behoren in principe niet tot dit habitattype maar naargelang de zuurtegraad tot Eiken-Beukenbossen op zure bodems (9120) of Parelgras-Beukenbossen (9130).

Qua voedselrijkdom is dit habitattype mesotroof tot eutroof. Het habitat is matig gevoelig voor N-aanrijking door grondwateraanrijking en voor P-aanrijking door inspoeling van landbouwgrond van hoger gelegen akkers.

¹ Raman et al. Bepaling van het gunstig abiotisch bereik voor Europese habitattypen in Vlaanderen. INBO.R.2014.3019274

² Callebaut et al. NICHE Vlaanderen. INBO.R.2007.3



Naast **verdroging** is dit bostype ook zeer gevoelig voor **verzuring**. Bij verzuring onder de grenswaarde van 3.2 verdwijnt de voorjaarsflora grotendeels. De soortenrijke vormen van dit habitattype vereisen een bodem PH die ver boven de grenswaarde ligt (pH KCL > 5, **Tabel 2-1**). **Verruiging** zal dus optreden onder invloed van verzuring door atmosferische depositie en inspoeling van nutriënten.

variabele	AB	eenheid	toetswaarde	
N depositie	26	kg N/ha/jaar	<max< td=""></max<>	
BODEMCHEMIE				
рН КСІ	>3.2		5%-95% percentiel freq.distr.	
N Kj	0,16-0,43	%	10%-90% percentiel freq.distr.	
P Olsen	<59.8	mg P/kg luchtdroge bodem	10%-90% percentiel freq.distr.	
HYDROLOGIE				
GLG	17 - 214	cm onder maaiveld	min/max	
GHG	5 - 66	cm onder maaiveld	min/max	

Tabel 2-1: Standplaatsvereisten voor habitat 9160

2.2 Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos)

Het beekbegeleidend volgekers-essenbos komt overwegend voor op bodems die 's winters kortstondig kunnen overstromen. De boomlaag is soortenrijk waarbij naast es en vogelkers ook vaak grauwe abeel, gladde iep, zomereik en zoete kers voorkomen. Typisch is ook de rijke voorjaarsflora met soorten zoals o.a. slanke sleutelbloem, grote kerverorchis, eenbes, bosanemoon, dotterbloem, enz. Het zomeraspect bestaat uit allerlei vochtminnende soorten zoals moesdistel, echte valeriaan, moerasspirea, kale jonker, gele lis, enz. Op hogere plaatsen kan successie optreden naar het essen-eikenbos (habitattype 9160). Qua fauna worden broekbossen en alluviale bossen gekenmerkt door een grote diversiteit aan specifieke insecten en spinnen, zoals de grote weerschijnvlinder en de kleine ijsvogelvlinder. Deze bossen herbergen vaak vuursalamanders en zijn een broedplaats en/of foerageergebied voor heel wat vogelsoorten.

Verruiging treedt op door verdroging en door toevoer van water van slechte kwaliteit. Goed ontwikkelde voorbeelden van dit habitat vereisen zeer lage concentraties Olsen- P (Tabel 2-2). Hogere P beschikbaarheid kan aanleiding geven tot dominantie van Grote brandnetel en verlies aan bosplanten met een geringe concurrentiekracht. De stikstofvoorziening is in dit habitat door de snelle mineralisatie en nitrificatie doorgaans minder bepalend.

Gedegradeerde bossen kunnen hersteld worden via het herstel van een goede kwaliteit van grond- en oppervlaktewater, natuurlijke grondwaterpeilen en een natuurlijke beekdynamiek.

variabele	AB	eenheid	toetswaarde
N depositie	26	kg N/ha/jaar	<max< td=""></max<>
BODEMCHEMIE			
рН Н2О	5,7-7,8		5%-95% percentiel freq.distr.

Tabel 2-2:	Standplaat	svereisten	voor l	habitat	91E0_	va
------------	------------	------------	--------	---------	-------	----



variabele	AB	eenheid	toetswaarde	
pH KCl	>4,06		5%-95% percentiel freq.distr.	
N Kj	0,25-0,47	%	10%-90% percentiel freq.distr.	
P Olsen	<7,06	mg P/kg luchtdroge bodem	10%-90% percentiel freq.distr.	
HYDROLOGIE				
GLG	8 - 124	cm onder maaiveld	min/max	
GHG	-1 - 89	cm onder maaiveld	min/max	

2.3 Dotterbloemgrasland (rbbhc)

Dotterbloemgraslanden behoren tot regionaal belangrijk biotoop en zijn **natte graslandvegetaties** met soorten uit graslanden, broekbossen en moerassen. Deze graslanden zijn grondwaterafhankelijk en zijn in de winter vaak overstroomd, maar in de zomer is een zekere doorluchting van de bodem nodig. Het water en/of de bodem zijn voedselrijker (**mesotroof**) dan voor graslandtypes als blauwgrasland of heischraal grasland, maar deze graslanden **vereisen wel P-arme condities**.

Het Dotterbloemverbond (Calthion) is ook een typisch voorbeeld van een halfnatuurlijke plantengemeenschap. Een combinatie van hooien, nabeweiden, eventueel lichte bemesting en enige waterhuishoudingsbeïnvloeding zijn de belangrijkste menselijke invloeden. Vooral door een gebrek aan beheer of onregelmatig hooibeheer zijn veel Dotterbloemgraslanden tegenwoordig in een verruigingsfase en de meeste Calthions in Vlaanderen zijn relatief sterk verarmd.

variabele	AB	eenheid	toetswaarde
N depositie	15	kg N/ha/jaar	<max< td=""></max<>
BODEMCHEMIE			
pH H2O	5,5-7,6		5%-95% percentiel freq.distr.
рН КСІ	4,7-7,5		5%-95% percentiel freq.distr.
C/N	16-25	%	5%-95% percentiel freq.distr.
N totaal	0,093-0,7	kg/ha	5%-95% percentiel freq.distr.
P totaal	150-520	kg/ha	5%-95% percentiel freq.distr.
P Olsen	1,1-19	mg P/kg luchtdroge bodem	min/max
P AUM	0,22-4,3	mg P/kg luchtdroge bodem	min/max
K totaal	200-1000	mg/ha	5%-95% percentiel freq.distr.
Conductiviteit	44,5-253	μS/cm (25°C)	min/max
Ca AgTU	4,6-26	mmol/m2	5%-95% percentiel freq.distr.
Na	28,3-273	mg/kg luchtdroge bodem	min/max
HYDROLOGIE			
GLG	15 - 123	cm onder maaiveld	min/max
GHG	-16 - 51	cm onder maaiveld	min/max

Tabel 2-3: Standplaatsvereisten voor rbbhc, gebaseerd op habitat 6410_mo



3 Aftoetsen hydrologie aan habitats

3.1 Toetsing potentiekaarten aan habitats

3.1.1 Gebruikte methodologie

Op basis van de gemodelleerde grondwaterstanden (GXG's) uit het transiënt grondwatermodel in de referentietoestand werden potentiekaarten voor de relevante doelhabitats opgemaakt.

In eerste instantie werden afzonderlijke potentiekaarten voor GLG en GHG, per habitattype opgemaakt. Op deze kaarten wordt rekening gehouden met een "marge" op basis van de modelnauwkeurigheid, de gemiddelde absolute afwijking tussen gesimuleerde en de geobserveerde grondwaterstand in de piëzometers (zie **Bijlage 6** voor de gebruikte methodologie en de weergave van deze kaarten).

Vervolgens werd per habitattype een potentiekaart opgemaakt waarbij de berekende GLG's en GHG's werden getoetst aan de geschikte grondwaterstand per habitattype/rbb. Voor deze geïntegreerde kaarten werd geen rekening gehouden met modelfouten. De regels die gehanteerd werden:

- Wanneer een pixel voor zowel GLG als GHG in de optimale klasse volgens de standplaatsvereisten van het habitat valt, dan wordt de gecombineerde score ook "optimaal".
- Valt een pixel in 1 of beide individuele standplaatskaarten in een ongunstige klasse, dan wordt de gecombineerde score "ongunstig".

Per habitat (> habitatkaart) werden **boxplots** gegenereerd met de GXG's van het grondwatermodel van iedere gridcel (5x5m²) in het studiegebied. Er werd daarbij een opdeling gemaakt tussen zandleembodem en leembodem. De boxplots geven telkens de verdeling per habitat van de gemodelleerde GXG data weer en duiden de mediaan en het eerste en derde kwartiel (box) aan. De whiskers hebben een lengte van 1.5 IQR (interkwartielafstand). Waarden die buiten de whiskers liggen worden beschouwd als outliers (uitschieters). De GXG's worden in cm onder het maaiveld weergegeven: hoe positiever de waarde, hoe dieper de grondwatertafel onder het maaiveld ligt. Negatieve waarden duiden op waterstanden boven het maaiveld.

De referentiewaarden voor minimum en maximum GXG voor het doelhabitat (zie §1 Standplaatsvereisten) worden weergegeven met een separate blauwe en rode lijn respectievelijk.

Een inspectie van de algemene gemiddelde GLG/GHG-boxplots voor de verschillende grondwatergebonden habitats in het studiegebied leert dat vooral habitats 91EO en rbbhc te droog zijn om duurzaam in stand te kunnen worden gehouden, vooral wat betreft GLG en op zandleem bodem (Figuur 3-1).



118



⊨ leem 🖨 zandleem

Figuur 3-1: Boxplots van gemiddelde GLG en GHG voor de verschillende grondwatergebonden habitats in het studiegebied. Horizontale lijnen tonen de optimale range van de grondwaterstanden voor de verschillende habitats (rood = min GXG, blauw = max GXG).

3.1.2 Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint)

De potentiekaart toont aan dat er in grote delen van het Kastanjebos zich een optimale grondwaterstand voordoet voor dit habitat (Figuur 3-2). Ongunstige condities doen zich voor in het centrale deel in de buurt van de waterwinning. Verder valt ook op dat er zich op zandleembodem veelal ongunstige tot suboptimale grondwaterstanden voordoen. Alhoewel dit niet altijd het geval is, bijvoorbeeld het oostelijk deel van het Kastanjebos ligt op zandleembodem, maar vertoont op veel plaatsen optimale grondwatercondities voor essen-eikenbossen zonder wilde hyacint.

Bij het vergelijken van de potentiekaart met de habitatkaart van het gebied blijkt dat veel oppervlakte met potentieel geschikte grondwaterstanden momenteel niet als habitat 9160 ingekleurd staat op de BWK. De percelen 9160 in het westelijk deel van het Kastanjebos vertonen optimale grondwatercondities. De percelen die ongunstige grondwatercondities vertonen liggen enerzijds in de buurt van de waterwinning, en anderzijds op zandleem bodems in het zuidoostelijk deel van het gebied.

Om een beter inzicht te krijgen waar de knelpunten qua grondwatercondities zich bevinden tonen de Box-plots op Figuur 3-3 de GLG en GHG toestand per BWK perceel





ingekleurd als 9160 en per bodemtype in het studiegebied. De labels die aangeduid zijn op de potentiekaart komen overeen met de labels getoond op de box-plots.

Figuur 3-2: Potentiekaart voor het habitat 9160 met aanduiding van de BWK percelen voor dit habitat. Op de achtergrond wordt de DTM weergegeven.

We willen hierbij wijzen op het gegeven dat het BWK-perceel 340047 (zie potentiekaart voor de locatie, in het noorden van het gebied) door ons niet als habitat 9160 gehonoreerd werd specifiek in het kader van deze analyse. Dit omdat het een heel ander bostype betreft (9120) dat in deze grondwater gerelateerde context niet besproken dient te worden (dit perceel is dus niet in de boxplots opgenomen). Voor BWK-perceel 561421 geldt dit ook, maar slechts in beperkte mate. Dit perceel wordt dus wel nog als 9160 gezien en is bijgevolg vervat in de boxplots. Gezien de ligging van dit perceel op een hellend vlak, met mozaïekinslag van een aangrenzend habitat, dienen de GLG randvoorwaarden hier echter met de nodige nuance geïnterpreteerd (i.e. enige afwijking van de norm kan in dit geval wel als normale variatie gezien worden). Voor de overige percelen geldt dat de range aan GLG/GHG waarden grosso modo binnen de normen dient te vallen (anders geen duurzame instandhouding).

Op de boxplots is te zien dat in veel percelen grondwaterstanden voorkomen die voor zowel GLG als GHG binnen de referentiegrenzen vallen van dit habitat (Figuur 3-3) maar dat bijna alle percelen ook delen hebben die op de rand van te droog zijn voor dit habitattype.

Ten zuidwesten van het studiegebied (percelen 426264 en 456781, Figuur 3-2) en een klein perceel in het noorden (610319) hebben ongunstige grondwatercondities die te wijten zijn aan de GHG die te ver onder het maaiveld blijft (Figuur 3-3).

Anderzijds speelt in het zuidoosten het bodemtype een rol (percelen 339751 en 458799, Figuur 3-2) met ongunstige grondwaterstanden voor zowel GLG als GHG op zandleembodem, daar waar deze op leembodems beter binnen de referentiegrenzen van het habitat vallen (Figuur 3-3).

119





Figuur 3-3: Boxplots van gemiddelde **A)** GLG en **B)** GHG in de verschillende BWK percelen ingekleurd als habitat 9160. Horizontale lijnen tonen de GXG referentiewaarden voor habitat 9160. Rode lijnen tonen de min GXG en blauwe lijnen de max GXG.

In de buurt van de waterwinning zakken de grondwaterstanden voor zowel GLG als GHG te ver weg voor dit habitattype (perceel 329698 en delen van perceel 561421, **Figuur 3-2**). Perceel 561421 is het grootste BWK perceel binnen het studiegebied waarbij de breedte van de boxplot wijst op de grote variatie in grondwaterstanden binnen het perceel en een groot aantal outliers, zowel voor onderste als bovenste waarden en zowel op leem als op zandleembodems. Deze variatie is ook duidelijk te zien op de potentiekaart.

3.1.3 Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos)

De potentiekaart toont aan dat er in het Kastanjebos slechts een heel beperkte oppervlakte is waar zich een optimale grondwaterstand voordoet voor het habitat 91E0_va (Figuur 3-4).

Een enkel perceel (328608) in het Kastanjebos is gekarteerd als habitat 91E0_va op de BWK. Verder is er nog een klein perceel dat gedeeltelijk in het studiegebied ligt aan de zuidwestelijke rand (477391). Er zijn tevens twee percelen die in eerste instantie als geen habitat gekarteerd zijn, maar in tweede instantie als 91E0_va (percelen 466782 en 328366) (**Figuur 3-4**).





Figuur 3-4: Potentiekaart voor het habitat 91E0_va met aanduiding van de BWK percelen voor dit habitat

Behalve kleine delen van het BWK-perceel 328608 en enkele verspreide gridcellen, heeft het studiegebied in zijn geheel ongunstige grondwaterstanden voor dit habitat (Figuur 3-4).



Figuur 3-5: Boxplot van GHG en GLG in de BWK percelen toegekend als 91E0. Rode lijnen tonen de min GXG en blauwe lijnen de max GXG als referentiewaarden voor het habitat.



De boxplot wijst erop dat de ongunstige situatie in de BWK percelen vooral veroorzaakt wordt doordat de grondwaterstand te diep wegzakt bij GLG (Figuur 3-5). Dit blijkt ook uit de potentiekaarten voor de GLG en GHG afzonderlijk. In het studiegebied zijn er geen zones die optimaal scoren voor GLG, maar op natte leemgronden zijn veelal suboptimale tot optimale GHG voor dit habitat (zie **Bijlage 6**).

3.1.4 Habitat rbbhc (Dotterbloemgraslanden)

De potentiekaart toont dat er zich in een kleine zone ten zuiden van het Kastanjebos optimale grondwaterstanden bevinden voor dotterbloemgraslanden (**Figuur 3-6**). De rest van het studiegebied heeft grotendeels ongunstige grondwaterstanden voor dit vegetatietype.

In het Kastanjebos worden 2 BWK percelen gekarteerd als Dotterbloemgraslanden (316609 en 450341). Een heel klein deeltje van het perceel 316609 overlapt in het noorden met de zone waar optimale grondwaterstanden zicht voordoen, daar waar in de rest van het perceel en op het perceel 450341 zich ongunstige grondwaterstanden voordoen.

De boxplots met de gemiddelde GXG's bevestigen dat de grondwatercondities op de BWK percelen te droog zijn voor Dotterbloemgraslanden, maar dat de bodem in dit gebied ook een belangrijke rol speelt. Een veel te laag weggezakte GLG en GHG doet zich voornamelijk voor op zandleem en in veel mindere mate op leem (**Figuur 3-7**), het verschil in grondwaterstand tussen beide bodemtypes bedraagt ongeveer een halve meter. Dit is ook waar te nemen op de separate potentiekaarten in Bijlage 6.



Figuur 3-6: Potentiekaart voor rbbhc met aanduiding van de BWK percelen gelegen binnen het studiegebied.





Figuur 3-7: Boxplot van GHG en GLG in de BWK percelen toegekend als rbbhc. Rode lijnen tonen de min GXG en blauwe lijnen de max GXG als referentiewaarden voor het habitat.

3.2 GXG op peilbuislocaties

De gemiddelde GLG en GHG van de monitoring in de peilbuizen werd vergeleken met de referentiewaarden (NICHE) van de gekarteerde habitats volgens de habitatkaart (Figuur 3-8, Figuur 3-9). Voor lange tijdreeksen werden GXG data afgeleid van de gemeten grondwaterstanden. Voor een aantal peilbuizen was de meetreeks niet lang genoeg en werden waarden afgeleid uit het Menyanthes tijdreeksmodel (blauwe versus oranje kern op de figuren, zie rapport Inventarisatie §3.3.2.2 voor een verdere toelichting). Een groene kleur wijst erop dat de gemeten grondwaterstanden binnen de optimale referentiewaarden voor het bewuste habitat vallen, een gele kleur wijst op te droge en een blauwe kleur wijst op te natte omstandigheden.

In overeenstemming met de potentiekaart, bevestigen onderstaande figuren dat er een droge (verdroogde) gordel optreedt in de 9160 habitats centraal gelegen in het studiegebied, ter hoogte van de waterwinning. Zowel de hoogste als laagste gemiddelde



grondwaterstanden zitten te diep onder het maaiveld. In de westelijke kant van het gebied zijn de grondwaterstanden wel optimaal voor 9160 habitat.

Voor de dotterbloemgraslanden bevestigen de peilbuismetingen tevens de potentiekaart en valt KASP032X binnen de optimale range, maar KASP002X vertoont verdroging bij GLG.

Voor de overige habitats zijn geen peilbuismetingen beschikbaar.



Figuur 3-8: Overzicht van de gemiddelde laagste grondwaterstanden in vergelijking met habitat referentiewaarden. De locaties waar vegetatieopnames werden uitgevoerd worden ook getoond (PQ's). Als achtergrond wordt de bodemkaart op DTM gebruikt.



Figuur 3-9: Overzicht van de gemiddelde hoogste grondwaterstanden in vergelijking met habitat referentiewaarden. De locaties waar vegetatieopnames werden uitgevoerd worden ook getoond (PQ's). Als achtergrond wordt de bodemkaart op DTM gebruikt.



3.3 Aftoetsing IHD doelen

In het aanwijzingsbesluit van het SBZ "Valleigebied tussen Melsbroek, Kampenhout, Kortenberg en Veltem" dat door de Vlaamse Regering werd goedgekeurd op 23 april 2014, worden voor de betrokken habitats en soorten oppervlakte- en populatiedoelstellingen geformuleerd. Deze doelstellingen werden nog niet gelokaliseerd in het gebied. Het is de bedoeling om een optimaal lokalisatievoorstel met een minimale maatschappelijke impact en een maximale invulling van de doelstellingen uit te werken.

Het Kastanjebos wordt als essentieel beschouwd voor de realisatie van de IHD's voor habitat 9160 en 6410_mo/rbbhc en als zeer belangrijk voor de realisatie van de IHD's voor 91E0_va. Hieronder worden de specifieke IHD's voor de doelhabitats besproken, alsook de habitatkwaliteit op basis van de BWK kartering en gerichte vegetatie-opnames in relatie tot de standplaatsvereisten van de doelhabitats (§2). Op 10 percelen werden telkens in de buurt van een peilbuis **vegetatie-opnamen en de LSVI** van de vegetatie geanalyseerd (PQ's, zie rapport Inventarisatie).

3.3.1 Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint)

Voor de esssen-eikenbosen zonder wilde hyacint wordt een behoud van de huidige oppervlakte (72 ha) in het Kastanjebos beoogd met een kwaliteitsverbetering tot een goede staat van instandhouding volgens de LSVI-normen.

Op de BWK wordt dit habitat gekarteerd als vegetatietype qa. Een aantal percelen habitat 9160 zijn gekarteerd als qa + pop (de boomlaag wordt gekenmerkt en gedomineerd door de inplant van populier en er zijn andere boom- of struiksoorten aanwezig) (**Figuur 3-10**).

Er werden zes vegetatieopnames gemaakt in dit habitat (alle op percelen gekarteerd als qa op de BWK, **Figuur 3-10**) en deze wezen erop dat een goede kwaliteit van dit habitattype slechts beperkt aanwezig is in het Kastanjebos en dat het habitat op vele plaatsen gedegradeerd is (verruigd en/of onvoldoende kenmerkende soorten, zie rapport Inventarisatie).

De LSVI voor vegetatie-opnames KASP028X en KASP029X (Figuur 3-10) hadden een gunstige evaluatie, en liggen qua grondwatercondities en bodem pH op gunstige locaties. De potentiekaart op basis van het grondwatermodel bevestigt hier ook de bevindingen van de peilbuismetingen in relatie tot de standplaatsvereisten van essen-eikenbossen zonder wilde hyacint (Figuur 3-2, Figuur 3-8, Figuur 3-9).



126



Figuur 3-10: De BWK kartering van de vegetatietypes voor habitat 9160 in het Kastanjebos. De locatie van de vegetatieopnames (PQ's) wordt ook getoond.

De meest gedegradeerde opnames van dit habitat zijn WG3004-026 en KASP035X. Deze laatste locatie ligt in een perceel ten noorden van het Kastanjebos met ongunstige grondwatercondities voor dit habitat, ongeacht de bodemstructuur (**Figuur 3-2, Figuur 3-8**). De vegetatieopname WG3004-026 ligt op de zandleemrug centraal in het gebied, waar zich diepere suboptimale grondwaterstanden voordoen, vooral wat GLG betreft (**Figuur 3-8**). Beide locaties hebben bovendien een te lage bodem pH voor een optimale ontwikkeling van dit habitat (zie Ellenbergwaarden Rapport inventarisatie-vegetatieopnames, bodem pH 4 en 3.5 respectievelijk).

Twee vegetatieopnames (KASP030X en KASP033X) resulteerden in de typische vegetatieassociatie van 9160, maar de LSVI gaf aan dat deze wel gedegradeerd waren. De bodem pH en voedselrijkdom vallen ook binnen de grenswaarden van het habitat (op basis van Ellenbergwaarden vegetatieopnames). De twee vegetatieopnames vallen volgens het ecologisch model (zie verder § 4.1 en Bijlage 7) wel in een zone die gekenmerkt wordt door veel fijne greppels, die blijken een negatieve impact te hebben op het voorkomen van freatofyten. Dit zou de gedegradeerde staat van de vegetaties op deze locaties kunnen verklaren.

3.3.2 Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos)

Voor beekbegeleidend vogelkers-essenbos beogen de IHD's een lichte uitbreiding van de huidige 6,4 ha (binnen het studiegebied volgens de BWK) naar ca. 9 ha. Tevens wordt een kwaliteitsverbetering tot een goede staat van instandhouding volgens de LSVI-normen tot doel gesteld.

Op de BWK heeft het grootste perceel dat aangeduid wordt als habtiat 91E0_va (Figuur 3-11) het vegetatietype va + pop, wat er op wijst dat de boomlaag gedomineerd wordt door de inplant van populier. Het kleine perceel dat in het zuidwesten gedeeltelijk binnen



het studiegebied ligt wordt gekenmerkt door va + gml, wat wijst op inplant van gemengd loofhout. De twee percelen die gekarteerd zijn als gh/91E0_va betreffen vegetaties van lhb + va. Onder deze eenheid worden populierenbosjes met een minder goed ontwikkelde en minder diverse kruidlaag dan va-bossen beschouwd.



Figuur 3-11: De BWK labels van de vegetatietypes voor habitat 91E0_va in het Kastanjebos. De locatie van de vegetatieopname (PQ) wordt ook getoond

De LSVI van de vegetatieopname die werd gemaakt in beekbegeleidend vogelkersessenbos kreeg de evaluatie 'gedegradeerd' (verruiging en te weinig kenmerkende soorten). De potentiekaart toont dat het BWK-perceel ongunstige grondwatercondities heeft voor dit habitat (Figuur 3-4). Op basis van de boxplot (Figuur 3-5) werd duidelijk dat de GHG binnen de optimale range valt, maar dat de GLG gemiddeld ca. 30 cm te diep is. De vegetatiegemeenschap die werd toegekend aan de opname is het essenbronbos (Carici remotae-Fraxinetum, 43AA04) waardoor de opname eerder tot 91E0_vc dan 91E0_va hoort. De GXG referentiewaarden verschillen echter nauwelijks voor beide habitat-types volgens de NICHE tabel, en er kan besloten worden dat het gebied te droog is voor valleibossen en er momenteel verruiging optreedt.

Grote brandnetel kwam nauwelijks voor in de vegetatieopnames, wat erop wijst dat het perceel waarschijnlijk niet gedegradeerd is door inspoeling van P, waarvoor dit habitattype gevoelig is.

3.3.3 Habitat rbbhc (Dotterbloemgraslanden)

Er worden grotere graslandcomplexen met aanwezigheid van verschillende grashabitattypes (6510, 6410, rbb's) tot doel gesteld in het Kastanjebos. De huidige nog aanwezige kernen van dotterbloemgraslanden dienen optimaal beheerd te worden met oog voor een goede waterhuishouding en geen aanrijking om een goede soortenrijkdom op lange termijn de handhaven. De IHD's stellen een kwaliteitsverbetering tot een goede staat van instandhouding volgens LSVI-normen.

In het Kastanjebos worden 2 BWK percelen gekarteerd als Dotterbloemgraslanden (HAB1 = rbbhc) en in tweede instantie als Basenrijke blauwgraslanden (HAB2 = 6410_mo). De vegetaties zijn op beide percelen een combinatie van hc (dotterbloemgrasland) + hme



(kalkrijke variant van vochtige schraalgraslanden) (Figuur 3-12). Op het ene perceel is dit gecombineerd met khgml (houtkant met gemengd loofhout) op het andere met kbs en kbq (bomenrij met typische kruidlaag van zuureikenbos en bomenrij met dominantie van eik). De code hc* wijst op graslanden die bijzonder soortenrijk zijn en/of zeldzame soorten (orchideeën, zegges...) herbergen.



Figuur 3-12: De BWK labels van de vegetatietypes voor de percelen rbbhc in het Kastanjebos. De locatie van de vegetatieopnamed (PQ's) wordt ook getoond

In beide percelen werd een vegetatieopname uitgevoerd (KASP032X en KASP002X, **Figuur 3-12**). De vegetatieopnames gebeurden telkens aan de rand van deze percelen, nabij de peilbuizen. De potentiekaart toont voor KASP32x optimale grondwatercondities, maar voor KASP002 ongunstige condities. Uit de LSVI beoordeling bleek echter dat de vegetatie op beide locaties gedegradeerd is: er treedt vergrassing op en er zijn onvoldoende kenmerkende soorten voor Dotterbloemgraslanden. De ene opname (KASP32X) werd eenduidig toegekend aan een kenmerkende associatie van het Dotterbloemverbond: gewone engelwortel en moeraszegge (Angelico-Cirsietum oleracei, 16AB06), terwijl de andere opname (KASP002X) eerder tot de veldrus-associatie (Crepido-Juncetum acutiflori, 16AB01) behoort. De veldrus-associatie betreft een weinig productief (cf. biomassa) hooiland, dat het minst productief is van de vijf associaties uit het Dotterbloemverbond.



4 Knelpuntenanalyse

4.1 Ecologisch model

Welke facetten echt cruciaal of determinerend zijn en/of waar zich concrete problemen/knelpunten stellen, wordt via ecologische modellering van ecologische indicatoren voor de grondwaterstand kwantitatief geduid (**zie Bijlage 7 voor details en uitwerking het ecologisch model**).

Als ecologische indicatoren voor de grondwaterstand wordt de aanwezigheid van freatofyten gebruikt. Aangezien freatofyten grondwatergebonden soorten zijn, vormen ze waardevolle indicatoren van vernatting of verdroging.

Er werd voor deze benadering geopteerd in navolging van de NICHE modellering die gebeurde in het Kastanjebos m.b.v. freatofyten in het kader van een passende beoordeling. Uit de modelresultaten bleek het bodemtype een belangrijke verklarende factor te zijn voor het voorkomen van freatofyten, met een hogere aanwezigheid in leem ten opzichte van zandleembodems.

In de ecologische analyse die uitgevoerd werd voor deze studie (zie **Bijlage 7**), werden naast de gemodelleerde grondwaterstanden dus ook bodemtextuur en tevens de aanwezigheid van verschillende types van grachten meegenomen (grachtlengte, verdeeld in categorieën naargelang de grachtdimensie, cf. detailkartering microhydrografisch net), aangezien deze variabelen een belangrijke invloed kunnen uitoefenen op de grondwaterstanden.

De resultaten leverden een duidelijk verband op tussen freatofytenaantal en GLG, wat bevestigt dat freatofyten als een betrouwbare indicator van GLG kunnen worden beschouwd.

Verder bleek dat de grondwaterstand op zich niet zaligmakend is om het aantal voorkomende freatofyten te kunnen verklaren. Zo bevestigde het model dat bodemtextuur cruciaal is. Een zandleembodem ligt ook hoger dan een leembodem (cf. geomorfologie, bodemvormingsproces sedert laatste ijstijd) en hierdoor wordt ook de habitatkwaliteit beïnvloed (in die zin dat het systematisch droger is op zandleem).

Verder bleek uit de modellering dat aanwezige grachten, en dan vooral kleinere greppels, een mogelijk negatief effect hebben op het voorkomen van freatofyten. Ofwel betekent dit dat het milieu er op die plaatsen omwille van het licht hoger gelegen reliëf/rabatten of om nog andere (onduidelijke) redenen ongeschikt is en bieden de kleinere greppels geen geschikt (niche)biotoop voor freatofyten. Anderzijds is het mogelijk dat de greppels zelf die verdroging in de hand werken – schijnbaar evident via verhoogde drainage en/of hogere evapotranspiratie (zie **Bijlage 7** voor meer duiding van deze resultaten).

De ecologische modellering liet toe om het centrumgebied van het Kastanjebos op te splitsen in 5 deelzones (Figuur 4-1, zie Bijlage 7 voor verdere duiding).





Figuur 4-1: De onderscheiden zones 1-5 met de bodemtextuur en het aantal freatofyten (zwarte cirkels)op de achtergrond. **Zone 1** = zandleem, **zone 2** = leem + GLG <157cm – mmv, **zone 3** = leem + GLG > 157cm –mmv, zonder grachten, **zone 4** = vooral omgeving Lipsebeek met beperkt aandeel kleine greppels (<12,45m totaallengte) op leem, met GLG > 157cm –mmv, **zone 5** = groot aandeel kleine greppels (>12,45m totaallengte) op leem met GLG > 157cm –mmv.

Er werd een groot centraal gebied onderscheiden waar freatofyten weinig tot niet voorkomen: zone 1 op **Figuur 4-1**. Deze zone wordt grotendeels gekenmerkt door zandleem en de GLG zakt er tot 2 m onder het maaiveld. Bij gebrek aan afdoende ecologische vochtindicatoren (freatofyten) stelt dit een probleem t.a.v. duurzame instandhouding van habitat 9160.

Anderzijds is er de zone 5 (roze op Figuur 4-1) die vooral in het W van het centrale deel van het Kastanjebos gelegen is. Deze zone wordt getypeerd door veel grachten en vrij weinig freatofyten. Opvallend is dat het intense microhydrografische net (pal in het centrum maar ook in het Z) mogelijks in het voorjaar te fel draineert via N-Z verlopende grotere (kwelvoerende/-snijdende) greppels die –opvallend- de hoger gelegen zandleemrug doorsnijden (zie Bijlage 7). Het drainagepotentieel zal echter, gegeven de stijghoogtes (zie ook kwalitatieve grondwaterkenmerken), mogelijks vooral effect hebben op oppervlaktewaterafvoer en minder op afvoer van grondwater (kwel). De nood om dit alles modelmatig in beeld via scenario-analyses te brengen is er hoe dan ook.

De resultaten van dit ecohydrologisch model laten toe om gebiedsdekkend betrouwbaar afleidingen te maken om de interactie tussen habitats en grondwaterstanden te duiden en knelpunten te formuleren. Dit is op zich ook ondersteunend t.a.v. de systeemanalyse die aangeeft waar habitats op basis van grondwaterkenmerken duurzaam kunnen voorkomen.

4.2 Conclusies knelpunten

Op basis van de combinatie van het ecologisch model, de potentiekaarten, de box-plots en de LSVI van vegetatie-opnamen zal de huidige toestand in het studiegebied besproken worden, alsook waar de condities momenteel optimaal zijn en waar de knelpunten zich



bevinden om een kwaliteitsverbetering van de doelhabitats tot een goede staat van instandhouding volgens de LSVI-normen te ontwikkelen.

Habitat 9160

- In het westelijk deel van het Kastantjebos zijn de standplaatscondities voor dit habitat optimaal en is de LSVI ook gunstig. Hier dient dus vooral ingezet te worden om deze condities te behouden.
- Verdroging vormt een algemeen probleem voor dit habitat in het centrale deel van het studiegebied nabij de waterwinning. Zones in het Kastanjebos die gekenmerkt worden door zandleem hebben ook vaak ongunstige tot suboptimale grondwatercondities, voornamelijk wat GLG betreft (zie boxplots, potentiekaart, ecologisch model).
- De aanwezigheid van veel kleinere greppels heeft een mogelijk negatief effect op het voorkomen van freatofyten en op de LSVI van dit habitat (zie ecologisch model).

Maatregelen om verlies en verdere degradatie van habitat 9160 te verminderen moeten focussen op het verminderen van verdroging en verzuring in bepaalde delen van het gebied. Een scenario-analyse dient te mikken op GXG's die minstens 50-60 cm (op zandleem) (cf boxplots) dichter bij het maaiveld komen, wat dit habitattype ten goede zou komen. Het dempen van een aantal kleine greppels in bepaalde delen van het bos (zone 5, Figuur 4-1) kan de kwaliteit van het habitat verbeteren. Verder moet onderzocht worden wat de oorzaken zijn van bodem verzuring in WG3004-026 en KASP035X, daar moet vermeden worden dat verzuring zich uitbreidt over het gebied.

Habitat 91E0_va

De grondwaterstanden zijn voor dit habitat ongunstig in het ganse Kastanjebos. Op het BWK perceel gekarteerd als 91E0_va in het zuiden van het Kastanjebos blijkt er vooral een probleem wat de GLG betreft. Een scenario-analyse dient op dit perceel dus te mikken op een verkleinen van de amplitude tussen GLG en GHG, zodat de GLG minimum een halve meter dichter bij het maaiveld komt.

Het kleine perceel ten zuidwesten van het Kastanjebos heeft ongunstige grondwatercondities zowel wat GLG als GHG betreft. Om de kwaliteit van het habitat hier te verbeteren dient de GLG minimum 70 cm dichter bij het maaiveld te komen.

De twee percelen ingekleurd als gh/91E0_va hebben hetzelfde probleem van een GLG die ca. een halve meter te ver zakt onder het maaiveld. Een uitbreiding en verbetering van de kwaliteit van dit habitat kan hier gerealiseerd door een scenario waarbij de GLG minimum 50 cm dichter bij het maaiveld komt.

Rbbhc

Om de kwaliteit van de dotterbloemgraslanden gecombineerd met schrale blauwgraslanden te verbeteren dienen ook in dit deel van het gebied maatregelen genomen te worden die zowel de GHG, maar vooral de GLG, dichter onder het maaiveld brengen. De distance-to-target om optimale standplaatscondities te bereiken is minder groot op leem dan op zandleembodems (Figuur 3-7). Een aangepast beheer is echter ook van fundamenteel belang om dit habitat in een goede conditie te houden.



REFERENTIES

Agentschap Onroerend Erfgoed 2020: Kastanjebos https://id.erfgoed.net/erfgoedobjecten/135096 (Geraadpleegd op 26-06-2020).

- Bogemans, F. (VUB) (2005). Technisch verslag bij de opmaak van de quartairgeologische overzichtskaart van Vlaanderen. Opgemaakt in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie.
- Bogemans , Van Molle (2007). Toelichting bij de Quartair Geologische kaart: Kaartblad 24 Aarschot. Belgische Geologische Dienst en Vlaamse overheid, afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen
- CIW (2016). Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021. Grondwatersysteemspecifiek deel Centraal Kempisch Systeem. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. Aalst. 87 p.
- Fetter, C.W., 1994, Applied hydrogeology (3rd edition): Macmillan College Publishing Company, New York.

Deliever L. (2005). Het effect van de waterwinning Winksele-Kastanjebos op de grondwatertafel in het natuurgebied Kastanjebos. K.U.Leuven, 2005. Thesis.

- De Saeger S., Guelinckx R., Oosterlynck P., Erens R., Hennebel D., Jacobs I., Van Oost F., Van Dam G., Van Hove M., Wils C. & Paelinckx D. (red.) (2016). Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart, uitgave 2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2016 (12049231). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Goosens, Gullentops & Vandenberghe (2007): Toelichting bij de Quartair Geologische kaart: Kaartblad
 32 Leuven. Belgische Geologische Dienst en Vlaamse overheid, afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen.
- Ghysels, G. (2013). Grondwaterstromingsmodel Herent Bijlok & Winksele Kastanjebos. Vlaamse Maatschappij voor watervoorziening CVBA. Stage verslag.
- Haecon (2007b). Ontwikkeling van Regionale Modellen ten behoeve van het Vlaams Grondwater Model (VGM) in GMS/MODFLOW. Perceel 3: Brulandkrijtmodel. Deelrapport 2: Opbouw van het grondwaterstromingsmodel, gevoeligheidsanalyse en kalibratie. Studie in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer AMINAL, afdeling Water. 87 p.
- Meyus, Y., Adyns, D., Woldeamlak, S.T., Batelaan, O. & De Smedt, F. (2004). Opbouw van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel. Eindrapport. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Afdeling Water, 81 p + CD.
- Raman M., De Keersmaeker L., Denvos L., Leyssen A., Provoost S., Vandevoorde B., Hens M. & Wouters J. (2014) Bepaling van het gunstig abiotisch bereik voor Europese habitattypen in Vlaanderen: Overzicht 2014. INBO.R.2014.3019274
- Schitz, Vandenberghe & Gullentops, (1993). Toelichting bij de Geologische kaart: Kaartblad 24 Aarschot. Belgische Geologische Dienst en Vlaamse overheid, afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen;
- Tritel (2011): Ecologische impactstudie voor de grond-waterwinning te Winksele Kastanjebos.
- De Watergroep (2016): Waterveiligheidsplan WPC Winksele-Kastanjebos: Beschrijving hydrogeologie.
- Vandenberghe, Gullentops (2001): Toelichting bij de Geologische kaart: Kaartblad 32 Leuven.
- Vlaamse Milieumaatschappij (2006). Kartering Hydrogeologische Codering Ondergrond Vlaanderen. Data ter beschikking gesteld door Vlaamse Milieumaatschappij, afdeling Operationeel Waterbeheer. Kartering uitgevoerd door Vrije Universiteit Brussel, Soresma, Haskoning, Arcadis en Belgische Geologische Dienst.



VMM (2008). Grondwater in Vlaanderen: het Brulandkrijtsysteem. Vlaamse Milieumaatschappij. Aalst. 125 p.

Wouters J., De Becker P., Thomaes A. (2018). PAS-gebiedsanalyse in het kader van herstelmaatregelen voor BE2400010 Valleigebied tussen Melsbroek, Kampenhout, Kortenberg en Veltem. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (35). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

- BIJLAGE 1 DIKTE HCOV LAGEN
- BIJLAGE 2 SITUERINGSKAART GROND- EN OPPERVLAKTEWATERMEETNET
- BIJLAGE 3 MODELLAGEN
- BIJLAGE 4 GEVOELIGHEIDSANALYSE VERSCHILKAARTEN
- BIJLAGE 5 GESIMULEERDE STIJGHOOGTEN
- BIJLAGE 6 POTENTIEKAARTEN GLG EN GHG VOOR DOELHABITATS
- BIJLAGE 7 KNELPUNTENANALYSE OP BASIS VAN FREATOFYTEN



Bijlage 1 Dikte HCOV lagen



HCOV 0100

HCOV 0110

HCOV 0140







HCOV 0150

HCOV 0160







HCOV 0600

HCOV 0800

HCOV 0900













×

138





×Ĩ





,×J



Bijlage 4 Gevoeligheidsanalyse verschilkaarten

De onderstaande figuren stellen verschilkaarten voor, d.w.z. het stijghoogteverschil tussen het model met aangepaste parameterwaarden en het initiële model.

- Positieve verschilwaarden (geel tot rood): de aangepaste parameterwaarde resulteert in een hogere stijghoogte (meer dan +5 cm)
- Negatieve verschilwaarden (groen tot blauw): de aangepaste parameterwaarde resulteert in een lagere stijghoogte (minder dan -5 cm)
- Beperkte verschilwaarden (minder dan ± 5 cm) worden met een witte kleur aangeduid

In alle verschilkaarten wordt het stijghoogteverschil in de 1ste modellaag getoond.

In alle verschilkaarten wordt dezelfde kleurenschaal gebruikt:

Start Value		End Value	Color
-5.0		-3.0	
	-3.0	-1.0	
	-1.0	-0.5	
	-0.5	-0.3	
-0.3		-0.1	
	-0.1	-0.05	
	-0.05	0.05	
	0.05	0.1	
	0.1	0.3	
	0.3	0.5	
	0.5	1.0	
	1.0	3.0	
	3.0	5.0	







Q_leem_L (quartair leem - hoog)







Ì_→×





Q_alluvium_grind_L (quartair alluvium grind - laag)

Q_alluvium_grind_H (quartair alluvium grind - hoog)






M_O_Zand_L (mioceen, oligoceen zand - laag)





BrusseliaanAquifer_fijn_zand_L (Zand van Brussel - laag)





BrusseliaanAquifer_grof_zand_L (Zand van Brussel - laag)

BrusseliaanAquifer_grof_zand_H (Zand van Brussel - hoog)



Ĭ_→×



DRN_detailhydrographie (conductantie van het drainage netwerk binnen het studiegebied)



DRN (conductantie van het drainage netwerk buiten studiegebied – rivieren volgens VHA)





Bijlage 5 Gesimuleerde stijghoogten

Ligging deelgebieden



WEST





















































NOORD

















Bijlage 6 Potentiekaarten GLG en GHG voor doelhabitats

Gebruikte methodologie

Er werden afzonderlijke potentiekaarten voor GLG en GHG, per habitattype opgemaakt. Op deze kaarten wordt rekening gehouden met een "marge" op basis van de modelnauwkeurigheid, de gemiddelde absolute afwijking tussen gesimuleerde en de geobserveerde grondwaterstand in de piëzometers. Voor de meeste piëzometers is de absolute afwijking tussen de gesimuleerde en de geobserveerde grondwaterstand beperkt tot 20 cm of minder (zie Deel 1 Rapport Grondwatermodel). Bij de interpretatie van de potentiekaarten moet dan ook rekening gehouden worden met de modelafwijkingen.

Voor elk habitattype werden de GLG en de GHG kaart ingekleurd volgens 5 klassen gebaseerd op optimale habitatranges uit de literatuur (zie §1 Standplaatsvereisten) en de standaardfout van het grondwatermodel:

- Ongunstig (te nat): GXG is meer dan 20 cm hoger dan de optimale range
- Mogelijk gunstig (of te nat): GXG is tussen 0 en 20 cm hoger dan de optimale range
- **Standaard fout transiënt model:** GXG valt binnen de optimale range, maar GXG + 20 cm valt buiten de optimale (waarschijnlijk gunstig of te nat)
- Habitatvoorwaarden voldaan: GXG ± 20 cm valt binnen de habitatrange volgens de literatuur
- **Standaardfout transiënt model:** GXG valt binnen de optimale range, maar GXG 20 cm valt buiten de habitatrange (waarschijnlijk gunstig of te droog)
- Mogelijk gunstig (of te droog): GXG is tussen 0 en 20 cm lager dan de optimale range
- Ongunstig (te droog): GXG is meer dan 20 cm lager dan de habitatrange

Habitat 9160 (Essen-eikenbossen zonder Wilde hyacint)

Onderstaande figuren geven de potentiekaart voor de GLG en GHG voor habitat 9160. De BWK-percelen die gekarteerd staan als dit habitat worden eveneens aangeduid.







Habitat 91E0_va (Beekbegeleidend vogelkers-essenbos)

Onderstaande figuren geven de potentiekaart voor de GLG en GHG voor habitat 91E0_va. De BWKpercelen die gekarteerd staan als dit habitat worden eveneens aangeduid.



108 - 350 (te droog)



Habitat rbbhc (Dotterbloemgraslanden)

Onderstaande figuren geven de potentiekaart voor de GLG en GHG voor rbbhc. De BWK-percelen die gekarteerd staan als dit habitat worden eveneens aangeduid.



168



169

Bijlage 7 Knelpuntenanalyse op basis van Freatofyten

Inleiding

Welke facetten echt cruciaal of determinerend zijn en/of waar zich concrete problemen/knelpunten stellen, werd via ecologische modellering kwantitatief geduid en gebeurde m.b.v. ecologische indicatoren voor de grondwaterstand, nl. de aanwezigheid van freatofyten. Aangezien freatofyten grondwatergebonden zijn, vormen ze waardevolle indicatoren van vernatting of verdroging.

De freatofytenkartering, opgemaakt op schaal 40x40m², werd vertaald in een 'freatofytenaantal' (= aantal soorten freatofyten aanwezig per rastercel). Deze kartering werd reeds gebruikt voor een NICHE modellering onder normaal en maximaal pompdebiet, die plaats vond in het kader van een passende beoordeling (2017). Uit deze modelresultaten bleek geen sterk effect van pompdebiet op het voorkomen van habitat 9160, en waren de resultaten voor habitat 91E0 niet eenduidig.

Methode

Het freatofytenaantal werd vergeleken met de GXG's -vooral de GLG- waaruit duidelijk werd of er ook voor het Kastanjebos al dan niet een eenduidig verband bestaat tussen het voorkomen van freatofyten en de GXG's. Om een verband tussen het aantal freatofyten en de GXG's verder statistisch te toetsen, werd een Lineair Model (LM) gemaakt waarbij op een lokale schaal, per gridcel van 40x40m², de lokaal maximale GLG (= 5x5m² cel met de waarde van de minst diep wegzakkende GLG als verklarende variabele) in verband gebracht met het aantal freatofyten (responsvariabele) op die plaats. Verder werd ook een non-lineair model opgesteld om te bekijken welke kwantitatieve variabelen 1/ specifieke drempelwaarden vertonen die van belang zijn om het freatofytenaantal (als ecologisch valabele indicator van o.a. GLG) te helpen verklaren, of 2/ toelaten om in het Kastanjebos zones af te bakenen die in het kader van scenario-analyse mogelijks een gedifferentieerde actie vergen. In dit model werden naast GXG ook grachtlengte (verdeeld in categorieën naargelang de grachtdimensie, cf. detailkartering microhydrografisch net), bodemtextuur e.d. betrokken.

In conclusie: door nazicht van de relatie freatofytenaantal – GXG (GLG) krijgen we zicht op betrouwbaarheid freatofyten als GXG-indicator, op de van eventuele irreguliere/afwijkende plaatsen waar deze relatie niet zou opgaan (met als mogelijke redenen voor dergelijke discrepantie zowel het optreden van groter dan verwachte modelfouten als ecologische distorties m.b.t. voorkomen van freatofyten als gevolg van bv. verstoringseffecten), én tot slot krijgen we meteen ook een feitelijke ecologische validatie van de GXG in de zin dat een ecologische respons op soortniveau (en in de vegetatie/habitat) waarneembaar is. Dit laatste is dan een teken dat het model globaal juist zit en dat er derhalve ook een juiste parametrisatie van het model plaats gevonden heeft. Via het ecohydrologisch model kunnen dan gebiedsdekkend betrouwbaar afleidingen gebeuren om de interactie tussen habitats en grondwaterstanden te duiden en knelpunten te formuleren. Dit is op zich ook ondersteunend t.a.v. de standplaatskaarten die aangeven waar habitats op basis van grondwaterkenmerken duurzaam kunnen voorkomen.

Relatie tussen GXG en freatofytenaantal

Onderstaande figuren geven het freatofytenaantal (zwarte cirkels) weer op een achtergrond van DTM (Figuur B6 1), GHG (Figuur B6 2) en GLG (Figuur B6 3), met in overlay telkens de bodemkaart (witte lijnen). Er ontstaat een variabel beeld.



Het blijkt dat de natste zone ten zuiden van het studiegebied ook het hoogst aantal freatofyten herbergt (percelen 2, 3 en 4). Op plaatsen waar de grondwatertafel te diep weg zakt (GHG > 1 m, GLG > 2.5 m) vinden we zo goed als geen freatofyten (bv. perceel 11, 9, noordelijkste deel van perceel 15, en zuidelijkste deel van perceel 14).



Figuur B6 1: Freatofytenaantal (zwarte circels, hoe groter hoe meer freatofyten) op een achtergrond van DTM, met overlay van de bodemkaart (witte lijnen)



Figuur B6 2: Freatofytenaantal (cirkels, hoe groter, hoe meer freatofyten) op een achtergrond van de gemodelleerde GHG, met overlay van de bodemkaart (witte lijnen). De percelen worden tevens getoond.





Figuur B6 3: Freatofytenaantal (cirkels, hoe groter, hoe meer freatofyten) op een achtergrond van de gemodelleerde GLG, met overlay van de bodemkaart (witte lijnen). De percelen worden tevens getoond.

Om na te gaan of er in het Kastanjebos een duidelijk verband is tussen GLG en freatofyten is een lineair model opgesteld, waarin (lokaal maximale) GLG, bodemtextuur en grachtlengte constant gehouden wordt. Dit levert een duidelijk verband op tussen freatofytenaantal en GLG (de variantie wordt in hoge mate verklaard $R^2 = 88,4\%$). De freatofyten kunnen bijgevolg ter plekke als een betrouwbare indicator van GLG gezien worden, en -vice-versa- heeft het model (de gefitte GLG) een voldoende hoog realiteitsgehalte (i.e. ecologisch betrouwbaar, met derhalve ook een afdoende fijnschalige resolutie). Het blijkt dat grondwaterstanden lager dan ca. 155cm -mmv ter plekke geen natte habitats kunnen huisvesten (die gekenmerkt worden door min. 6 verschillende freatofyten), laat staan dat deze in goede staat zouden verkeren (vereist is GLG minstens ca -120 -mmv). Deelgebieden (Figuur B6 4) in het centrale deel van het Kastanjebos met een GLG (lok.max.) < ca. 200-210cm -mmv hebben in de regel <(2)1 freatofyten en stellen een probleem t.a.v. duurzame instandhouding van habitat 9160. De met rode kruisjes (Figuur B6 4) aangegeven deelzones geven bij gebrek aan afdoende ecologische vochtindicatoren actueel weinig hoop voor duurzame instandhouding van habitat 9160 op precies die locaties (zie verder standplaatskaart). Het is dan ook in deze zone dat Heelkruid (Sanicula europeae) het moeilijk heeft met zijn (ter plaatse laatste?) populatie.





Figuur B6 4: Freatofytenaantal en GLG: rode kruisjes indiceren zones zonder of met zeer weinig freatofyten

Vraag is verder welke determinanten nu cruciaal zijn voor het verklaren van het freatofytenaantal en/of welke zones met gemeenschappelijke abiotiek die relevant zijn voor freatofyten onderscheiden kunnen worden.

Zonering drempelwaarden freatofyten (knelpuntenanalyse)

Om na te gaan welke kwantitatieve variabelen ten aanzien van freatofyten drempelwaarden vertonen en om binnen het Kastanjebos zones af te bakenen die mogelijks relevant voor mitigerende maatregelen, werd een non-lineaire ecologische analyse uitgevoerd. In deze analyse werden naast GXG ook grachtlengte (verdeeld in categorieën naargelang de grachtdimensie, cf. detailkartering microhydrografisch net), bodemtextuur e.d. betrokken. Het blijkt dat (Figuur B6 5) naast GLG ook de bodemtextuur en grachtlengte (in het bijzonder dan nog de lengte aan kleine vrij ondiepe greppels) zeer sterk samenhangen met het aantal freatofyten in het Kastanjebos:

• Op zandleembodem komen amper freatofyten voor (volgens een alternatief model, hier niet weergegeven, enkel daar waar de GVG dichter dan 23cm onder maaiveld zit – maar dan nog relatief matig in aantal). Zoals verderop duidelijk zal worden is de GLG ook systematisch lager op zandleembodem dan op leembodem (allicht door hoger liggend zandleem, i.e. door historische depositie van zand/zandleem en/of door wegspoeling ervan in de depressies die volledig in de leem zitten).

• Op leem is de freatofytensom maximaal indien de GLG zich <157cm onder maaiveld bevindt en er geen grachten voorkomen, of de lengte aan greppels lokaal (schaal 40x40m²) een totaallengte van ca. 12,5m niet overschrijden (volgens alternatief model dan veel freatofyten vooral indien de GVG <79 –mmv). Elders scoren freatofyten laag (tot middelmatig).





Figuur B6 5: Modelresultaat met aanduiding van de onderscheiden categorieën (te zien als concrete ruimtelijke zones 1-5). 'Len_G' staat voor lengte aan ondiepe greppels. 'Lengte' staat voor totaallengte van alle waterlopen.

Bovenstaande vaststellingen laten toe om het centrumgebied waar freatofyten bestudeerd werden en de GXG's het meest onder druk staan, meer nauwgezet onder de loep te nemen. We delen het gebied daarom volgens freatofytenraster op in 5 deelzones volgens het bovenstaand resultaat. Dit levert onderstaand beeld op **Figuur B6 6**:

- Een belangrijke zone (3) op en naast de Lipsebeek waar epifyten een variabel patroon vertonen, een patroon dat –in tegenstelling tot elders in het Kastanjebosgeen gelijke tred houdt met de GLG.
- Een gebied haast zonder freatofyten met zandleemtextuur (1)
- Enkele gebieden met veel freatofyten (2 & 4)
- Een zone (5) met veel grachten maar minder freatofyten





Figuur B6 6: De onderscheiden zones 1-5 met de bodemtextuur (dikke witte lijnen) en het aantal freatofyten op de voorgrond (~ witte cirkels), en GLG op de achtergrond. **Zone 1 (rood)** = zandleem, **zone 2 (paars)** = leem + GLG <157cm –mmv, **zone 3 (blauw)** = leem + GLG > 157cm –mmv, zonder grachten, **zone 4 (lichtblauw)** = vooral omgeving Lipsebeek met beperkt aandeel kleine greppels (<12,45m totaallengte) op leem, met GLG > 157cm –mmv, **zone 5 (groen)** = van kleine greppels (>12,45m totaallengte) voorziene omgeving op leem met GLG > 157cm –mmv.

Conclusies knelpuntenanalyse

Uit de resultaten van de knelpuntenanalyse blijkt dat de GXG op zich niet zaligmakend zijn om het aantal voorkomende freatofyten te kunnen verklaren. Zo bleek uit het ecologisch model dat ook de bodemtextuur kennelijk cruciaal is. Een zandleembodem ligt ook hoger dan een leembodem (cf. geomorfologie, bodemvormingsproces sedert laatste ijstijd) en hierdoor wordt ook de habitatkwaliteit beïnvloed (in die zin dat het systematisch droger is op zandleem, zie boxplots § 2.3).

Verder bleek uit de modellering dat aanwezige grachten, en dan vooral nog de greppels, een mogelijk effect hebben op het voorkomen van freatofyten. Ofwel betekent dit dat het milieu er op die plaatsen omwille van het licht hoger gelegen reliëf/rabatten of om nog andere (onduidelijke) redenen ongeschikt is en bieden de kleinere greppels geen geschikt (niche)biotoop voor freatofyten. Anderzijds is het mogelijk dat de greppels zelf die verdroging in de hand werken - schijnbaar evident via verhoogde drainage en/of hogere evapotranspiratie. Elders kunnen de grotere grachten door de specifieke microniches die ze herbergen (in grotere getale) wellicht plaats bieden aan voorkomende freatofyten terwijl ze de rest van de omgeving al bij al stevig(er) draineren dan de kleinere greppels. Dit effect (greppels als mogelijk biotoop) kan via onze modellering echter niet worden aangetoond gezien dergelijke basisinfo ontbreekt. Wel is bekend dat de wanden van kleine greppeltjes sneller door bladval afgedekt worden, minder lang vochthoudend zijn, een kleinere kweldruk in de wand/bodem vertonen,... waardoor de greppeltjes in casu weinig kansrijk zijn om (veel) freatofyten te herbergen. Ze werden echter evenmin genoteerd als kwelvoerende slootjes (zie inventarisatie). Uiteraard takken ze via het netwerk van greppels wel aan op kwelvoerende grachten (N-Z lopend).

Op basis van zowel GLG, bodemtextuur en de aanwezigheid van kleine greppels kon het centrumgebied waar freatofyten bestudeerd werden en de GXG's het meest onder druk staan, opgedeeld worden in 5 deelzones (Figuur B6 6).



Er werd een groot gebied onderscheiden waar freatofyten weinig tot niet voorkomen: zone 1 op Figuur B6 6, die heel goed overeenstemt met de zone met 'kruisjes' aangeduid op Figuur B6 4. Deze deelgebieden in het centrale deel van het Kastanjebos worden grotendeels gekenmerkt door zandleem en hebben vaak een lage GLG (lok.max.) < ca. 200-210cm –mmv met in de regel <(2)1 freatofyten. Bij gebrek aan afdoende ecologische vochtindicatoren stelt dit een probleem t.a.v. duurzame instandhouding van habitat 9160.

Anderzijds is er de zone 5 (groen op Figuur B6 6) waar er misschien nog beperkte winst kan geboekt worden mits de grondwaterstand (GLG & GVG) verhoogd zou kunnen worden (Figuur B6 7). Deze zone is vooral gelegen in het W van het centrale deel van het Kastanjebos. Let wel: het ecologisch model stelt niet dat de grondwaterstand door ingrijpen op de grachten verhoogd kan worden maar wel dat deze zone –getypeerd door veel grachten- gekenmerkt wordt door weinig freatofyten. De standplaatskaart geeft verder aan dat een deel van de oppervlakte alvast wel voldoet aan de standplaatscondities van het voorkomende habitat 9160 (zie verder). Het hydrologisch model kan hier alvast een scenario meenemen om na te gaan of / welke milderende maatregelen hier toegepast kunnen worden.

In zone 3 (Figuur B6 6) is er een variabel patroon in freatofyten en een lage correlatie met GLG (in tegenstelling tot de rest van het kastanjebos). Een mogelijke verklaring kan wellicht gezocht worden in twee redenen die elkaar niet uitsluiten:

- een verstoring van freatofyten alsook toegenomen kansrijkdom door bv. lokaal hogere microhabitatdiversiteit

- een grotere modelfout (lagere GLG dan reëel) met causale factor (?) Lipsebeek anderzijds (cf. overschatting door Menyanthes). Deze modelfout manifesteert zich mogelijks sterker langs een gradiënt dwars op de lange meetraai (centraal), en dus parallel aan de Lipsebeek.

Zoals verderop nog aangetoond dient een scenario-analyse in globo een stijging te garanderen van minstens 52cm (op leem) voor de GLG. De bovenstaande analyses wijzen tevens op de nood aan GVG's die <79cm –mmv zitten op leembodem zonder een grachtlengte die lokaal 12,5m overstijgt. Het verbeterpotentieel blijkt zo mogelijks vooral aan de W-zijde van het centrale gedeelte van het Kastanjebos gelegen te zijn (**Figuur B6** 7). Opvallend is dat het intense microhydrografische net (pal in het centrum maar ook in het Z) mogelijks in het voorjaar te fel draineert via N-Z verlopende grotere (kwelvoerende/-snijdende) greppels die –opvallend- de hoger gelegen zandleemrug doorsnijden (**Figuur B6 1**). Het drainagepotentieel zal echter, gegeven de stijghoogtes (zie ook kwalitatieve grondwaterkenmerken), mogelijks vooral effect hebben op oppervlaktewaterafvoer en minder op afvoer van grondwater (kwel). De nood om dit alles modelmatig in beeld via scenario-analyses te brengen is er hoe dan ook.





Figuur B6 7: Het verbeterpotentieel voor het centrale deel van het Kastanjebos: gearceerde grids en omgeving binnen gele ellipsen (pijlen illustratief voor potentieel relevante drainagesloten).