

BIJLAGEN Deel I

Bijlage 1 Overzicht van habitats waarvoor herstelstrategieën zijn opgesteld

Bijlage 2 Samenstelling review commissie

Bijlage 3 Samenstelling Taakgroep Ecologische Onderbouwing

Bijlage 4 Deelnemers Expertbijeenkomsten Deel II

1. Droog heidelandschap
2. Bossen
3. Nat zandlandschap
4. Beekdalen
5. Polderlandschap
6. Duinen

Bijlage 5 Toetsing kennisnetwerk O+BN Deel II

Bijlage 6 Kruistabel van habitattypen en landschapstypen Deel III

Bijlage 7 De leden van de schrijfteams voor elk landschapstype Deel III

Bijlage 8 Lijst van externe deskundigen Deel III

Bijlage 9 Ontwikkeling van bodem en vegetatie over een periode van 60 jaar bij drie depositiescenario's: verwachting op grond van een modelsimulatie

Bijlage 1 Overzicht van habitats waarvoor herstelstrategieën zijn opgesteld

Voor de meeste typen zijn de instandhoudingsdoelstellingen behoud, verbetering en uitbreiding. Voor de typen Zinkweiden (H6130) en Veldbies-Beukenbos (H9110) geldt alleen verbetering en uitbreiding. De Kritische Depositiewaarde (KDW) is weergegeven in mol/ha/jr en afkomstig uit *Van Dobben et al. (2012)*.

Naam	KDW
1. Stikstofgevoelige habitattypen	
Zilte pionierbegroeiingen. Zeekraal (H1310A)	1643
Zilte pionierbegroeiingen, Zeevetmuur (H1310B)	1500
Slijkgrasvelden (H1320)	1643
Schorren en zilte graslanden, buitendijks (H1330A)	1571
Schorren en zilte graslanden, binnendijks (H1330B)	1571
Embryonale duinen (H2110)	1429
Witte duinen (H2120)	1429
Grijze duinen, kalkrijk (H2130A)	1071
Grijze duinen, kalkarm (H2130B)	714
Grijze duinen, heischraal (H2130C)	714
Duinheiden met kraaihei, vochtig (H2140A)	1071
Duinheiden met kraaihei, droog (H2140B)	1071
Duinheiden met struikhei (H2150)	1100
Duindoornstruwelen (H2160)	2000
Kruipwilgstruwelen (H2170)	2286
Duinbossen, droog (H2180A)	1071 en 1429
Duinbossen, vochtig (H2180B)	2214
Duinbossen, binnenduintrand (H2180C)	1786
Vochtige duinvalleien, open water (H2190A)	2143 en 1000
Vochtige duinvalleien, kalkrijk (H2190B)	1429
Vochtige duinvalleien, ontkalkt (H2190C)	1071
Stuifzandheiden met struikhei (H2310)	1071
Binnenlandse kraaiheibegroeiingen (H2320)	1071
Zandverstuivingen (H2330)	714
Zeer zwakgebufferde vennen (H3110)	429
Zwakgebufferde vennen (H3130)	571
Kranswierwateren (H3140)	571, 2143 en 2400
Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden (H3150)	2143 en 2400
Zure vennen (H3160)	714
Vochtige heiden, hogere zandgronden (H4010A)	1214
Vochtige heiden, laagveengebied (H4010B)	786
Droge heiden (H4030)	1071
Jeneverbesstruwelen (H5130)	1071
Pionierbegroeiingen op rotsbodern (H6110)	1429
Stroomdalgraslanden (H6120)	1286

Naam	KDW
Zinkweiden (H6130)	1071
Kalkgraslanden (H6210)	1500
Heischrale graslanden (H6230)	714 en 857
Blauwgraslanden (H6410)	1071
Ruigten en zomen, droge bosranden (H6430C)	1857
Glanshaver- en vossenstaarthooilanden, glanshaver (H6510A)	1429
Glanshaver- en vossenstaarthooilanden, grote vossenstaart (H6510B)	1571
Actieve hoogvenen, hoogveenlandschap (H7110A)	500
Actieve hoogvenen, heideveentjes (H7110B)	786
Herstellende hoogvenen (H7120)	500, 1214 en 1786
Overgangs- en trilvenen, trilvenen (H7140A)	1214
Overgangs- en trilvenen, veenmosrietlanden (H7140B)	714
Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150)	1429
Galigaanmoerassen (H7210)	1571
Kalktufbronnen (H7220)	<2400?
Kalkmoerassen (H7230)	1143
Veldbies-beukenbossen (H9110)	1429
Beuken-eikenbossen met hulst (H9120)	1429
Eiken-haagbeukenbossen, hogere zandgronden(H9160A)	1429
Eiken-haagbeukenbossen, heuvelland (H9160B)	1429
Oude eikenbossen (H9190)	1071
Hoogveenbossen (H91D0)	1786
Vochtige alluviale bossen, essen-iepenbossen (H91E0B)	2000
Vochtige alluviale bossen, beekbegeleidende bossen (H91E0C)	1857
Droge hardhoutooibosses (H91F0)	2071
<i>2 Stikstofgevoelige leefgebieden van soorten van de Vogel- en Habitatrichtlijn</i>	
Permanente bron & langzaam stromende bovenloop	<2400
Geïsoleerde meander en petgat	2143
Zwakgebufferde sloot	1786
Zuur ven	1214
Grote-zeggenmoeras	1714
Dotterbloemgrasland van beekdalen	1429
Dotterbloemgrasland van veen en klei	1429
Nat, matig voedselrijk grassland	1571
Droog struisgrasland	1000
Kamgrasweide & Bloemrijk weidevogelgrasland van het zand- en veengebied	1429
Kamgrasweide & Bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeeleigebied	1429
Zoom, mantel en droog struweel van de duinen	1643
Bos van arme zandgronden	1071
Eiken- en beukenbos van lemige zandgronden	1429

- We hanteren de 2400 mol-grens als grens waarboven stikstofeffecten niet aantoonbaar zijn indien er geen KDW voorhanden is. Voor zachthoutoobossen (H91E0A) is echter een KDW berekend van net boven de 2400 mol (zie [Van Dobben et al. 2012](#)).
- De KDW van H91E0A wordt daadwerkelijk overschreden in sommige gebieden.
- We kunnen ons niet voorstellen dat er daadwerkelijk verslechtering zal optreden door stikstofdepositie, gezien de stikstofminnendheid van de samenstellende soorten. De berekening is gedaan op basis van Ellenberg-indicatiegetallen voor stikstofminnendheid per plantensoort die deels aantoonbaar onjuist zijn (blijkt nu). Daarmee komt de KDW in het KDW-rapport ([Van Dobben et al. 2012](#)) feitelijk op losse schroeven te staan. Er loopt een studie bij Alterra naar verbeterde modellering van stikstofeffecten, waarbij geen gebruik meer wordt gemaakt van die indicatiegetallen. De verwachting is dat daarmee zal worden aangetoond dat er geen stikstofprobleem is.
- Om deze reden is er geen herstelstrategie opgenomen voor H91E0A.

Bijlage 2 Samenstelling review commissie

dr. J.T. (Jacques) de Smidt (voorzitter)
Emeritus hoogleraar Universiteit Utrecht

prof. dr. R. (Rudy) van Diggelen
Hoogleraar Universiteit van Antwerpen

prof. dr. M. (Martin) Hermy
Hoogleraar Universiteit van Leuven

prof. dr. M. (Maurice) Hoffmann
Hoogleraar Universiteit van Gent en afdelingshoofd INBO

prof. dr. J.H.J. (Hans) Joosten
Hoogleraar Universiteit Greifswald

prof. dr. P.H. (Piet) Nienhuis
Emeritus hoogleraar Radboud Universiteit Nijmegen

dr. A.T. (Loek) Kuiters (secretaris)
Senior onderzoeker Alterra, Wageningen UR

Bijlage 3 Samenstelling Taakgroep Ecologische Onderbouwing

Dorien Brunt (voorzitter); EL&I, Natura 2000

Dick Bal; EL&I, Natura 2000

Henk Beije; EL&I, Natura 2000

Stefan Breukel; EL&I, regio Zuid

Han van Dobben; Alterra Wageningen UR

Henk Everts; Eggconsult

Jac Hendriks; Staatsbosbeheer

André Jansen; Unie van Bosgroepen

Richard Jonker; I&M

Chrisjan Leermakers; I&M

Peter van der Molen; DLG

Paul Scholte Albers; provincie Overijssel

Henk Siebel; Natuurmonumenten

Nina Smits; Alterra Wageningen UR

Nico de Vries; Eggconsult

Anne-Marie de Wee-Barnas (notulist); Regiebureau Natura 2000

Bijlage 4 Deelnemers Expertbijeenkomsten Deel II

1. Droog heidelandschap

Datum: 21 december 2010

Alterra, 13–17u

Besproken habitattypen

H2310 Stuifzandheiden met struikhei
H2320 Binnenlandse kraaiheibegroeiingen
H2330 Zandverstuivingen
H4030 Droge heiden
H5130 Jeneverbesstruwelen
H2140B Duinheiden met kraaihei (droog)
H2150 Duinheiden met struikhei

Aanwezig

Rein de Waal (Alterra WUR)
Han van Dobben (Alterra WUR)
Arnold van den Burg (St. Bargerveen)
Michel Riksen (WUR)
Marijn Nijssen (St. Bargerveen)
Patrick Hommel (Alterra WUR)
André Aptroot (Aptroot advies; mossen en korstmossen)
Jan Holtland (Staatsbosbeheer)
Henk Siebel (Natuurmonumenten)

Uitgenodigd, maar afwezig (leest mee):

Rienk-Jan Bijlsma (Alterra WUR)
Roland Bobbink (B-ware)

2. Bossen

Datum: 22 december 2010

Alterra, 9–14u

Besproken habitattypen

2180A Duinbossen (droog)
2180B Duinbossen (vochtig)
2180C Duinbossen (binnenduinrand)
6430C Ruigten en zomen (droge bosranden)
9110 Veldbies-beukenbossen
9120 Beuken-eikenbossen met hulst
9160A Eiken-haagbeukenbossen (hogere zandgronden)
9160B Eiken-haagbeukenbossen (heuvelland)
9190 Oude eikenbossen
91D0 Hoogveenbossen
91E0B Vochtige alluviale bossen (essen-iepenbossen)
91E0C Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)
91F0 Droge hardhoutooibossen

Aanwezig

Patrick Hommel (Alterra WUR)
Rein de Waal (Alterra WUR)
Wim de Vries (Alterra WUR)
Han van Dobben (Alterra WUR)
Fons Smolders (B-Ware)
Wim Ozinga (Alterra WUR)
Jan den Ouden (WUR)
Henk Siebel (Natuurmonumenten)

Uitgenodigd, maar afwezig (leest mee):
Rienk-Jan Bijlsma (Alterra WUR)
Rienk Slings (PWN)

3. Nat zandlandschap

Datum: 9 februari 2011

Alterra 9-13u

Besproken habitattypen

H3110 Zeer zwakgebufferde vennen
H3130 Zwakgebufferde vennen
H3140 Kranswierwateren
H3160 Zure vennen
H4010A Vochtige heide (hogere zandgronden)
H6230 Heischrale graslanden
H7110AB Actieve hoogvenen (hoogveenlandschap en heideveentjes)
H7120 Herstellend hoogveen
H7150 Pioniervegetatie met snavelbiezen
H7120 Galigaanmoerassen

Aanwezig

Fons Smolders (B-ware)
Emiel Brouwer (B-ware)
Ab Grootjans (RUN)
Dick Goenendijk (Vlinderstichting)
Gertie Arts (Alterra WUR)
Jap Smits (Staatsbosbeheer)
Robert Ketelaar (Natuurmonumenten)
André Jansen (Unie van Bosgroepen)

Uitgenodigd, maar afwezig (leest mee):
Juil Limpens (WUR)
Peter vd Molen (DLG)
Loekie van Tweel-Groot (Landschap Overijssel)
Han van Dobben (Alterra WUR)

4. Beekdalen

Datum: 9 februari 2011

Alterra 13.30 - 17.30u

Besproken habitattypen

H3130	Zwakgebufferde vennen
H3140	Kranswierwateren
H3150	Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden
H6120	Stroomdalgraslanden
H6230	Heischrale graslanden
H6410	Blauwgraslanden
H6510AB	Glanshaver en vossenstaarthooilanden
H7140AB	Overgangs- en trilvenen (trilvenen, veenmosrietland)
H7220	Kalktufbronnen
H7230	Kalkmoerassen

Aanwezig

Dick Goenendijk (Vlinderstichting)
Camiel Aggenbach (KWR)
Bas van Delft (Alterra)
Fons Smolders (B-ware)
Ab Grootjans (RUN)
André Jansen (Unie van Bosgroepen)
Robert Ketelaar (Natuurmonumenten)
Piet Schipper (Staatsbosbeheer)
Han van Dobben (Alterra WUR)

Uitgenodigd, maar afwezig (leest mee):

Henk de Vries (It Fryske Gea)
Uko Vegter (Waterschap Hunze en Aa)

5. Polder

Datum: 15 februari 2011

Alterra 9-12.30u

Besproken habitattypen

H3140	Kranswierwateren
H3150	Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden
H4010B	Vochtige heide (laagveen)
H6410	Blauwgraslanden
H6510AB	Glanshaver en vossenstaarthooilanden (glanshaver & vossenstaart)
H7140AB	Overgangs- en trilvenen (trilvenen, veenmosrietland)
H7210	Galigaanmoerassen

Aanwezig

Annemiek Kooijman (UvA)
Geert van Wirdum (TNO)
Aat Barendregt (UU)
Ron van 't Veer (Van 't Veer en De Boer Advies)
Jaap Bouwman (Unie van Bosgroepen)
Geert Kooijman (Staatsbosbeheer)

Uitgenodigd, maar afwezig (leest mee):

Leon Lamers (RUN)

6. Duinen

Datum: 16 februari

Alterra: 13.30 – 17u

H2110	Embryonale duinen
H2120	Witte duinen
H2130ABC	Grijze duinen (kalkrijk, kalkarm, heischraal)
H2140AB	Duinheide met kraaihei (vochtig en droog)
H2150	Duinheide met Struikhei
H2160	Duindoornstruwelen
H2170	Kruipwilgstruwelen
H2190ABC	Vochtige duinvalleien (open water, kalkrijk, ontkalkt)
H6230	Heischrale graslanden
H6410	Blauwgraslanden
H7210	Galigaanmoerassen

Aanwezig

Annemiek Kooijman (UvA)

Marijn Nijssen (Bargerveen)

Eva Remke (Bargerveen)

Rienk Slings (PWN)

Evert-Jan Lammerts (SBB)

Han van Dobben (Alterra)

Uitgenodigd, maar afwezig (leest mee):

Bas Arens (Duinonderzoek)

Rita Ketner-Oostra (voormalig WUR)

Anton van Haperen (Staatsbosbeheer)

Wouter van Steenis (Natuurmonumenten)

Bijlage 5 Toetsing kennisnetwerk O+BN Deel II

Deskundigenteams en de voorgelegde habitattypen.

X = type is voorgelegd aan het DT; grijs gearceerd: type wordt reeds in ander, meer relevant DT besproken; ? = onduidelijk of type er voorkomt

	Heuvelandschap	Nat zandlandschap	Droog zandlandschap	Beekdallandschap	Rivierenlandschap	Laagveen- en Zeekleilandschap	Duin- en kustlandchap
Embryonale duinen (H2110)							x
Witte duinen (H2120)							x
Grijze duinen, kalkrijk (H2130A)							x
Grijze duinen, kalkarm (H2130B)							x
Grijze duinen, heischraal (H2130C)							x
Duinheiden met kraaihei, vochtig (H2140A)							x
Duinheiden met kraaihei, droog (H2140B)							x
Duinheiden met struikhei (H2150)							x
Duindoornstruwelen (H2160)							x
Kruipwilgstruwelen (H2170)							x
Duinbossen, droog (H2180A)							x
Duinbossen, vochtig (H2180B)							x
Duinbossen, binnenduinrand (H2180C)							x
Vochtige duinvalleien, open water (H2190A)							x
Vochtige duinvalleien, kalkrijk (H2190B)							x
Vochtige duinvalleien, ontkalkt (H2190C)							x
Stuifzandheiden met struikhei (H2310)		x					
Binnenlandse kraaiheibegroeiingen (H2320)		x					
Zandverstuivingen (H2330)		x					
Zeer zwakgebufferde vennen (H3110)			x				
Zwakgebufferde vennen (H3130)			x			?	
Kranswierwateren (H3140)			x	x		x	
Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden (H3150)				x	x	x	
Zure vennen (H3160)			x	?			
Vochtige heiden, hogere zandgronden (H4010A)			x				
Vochtige heiden, laagveengebied (H4010B)						x	
Droge heiden (H4030)		x					
Jeneverbesstruwelen (H5130)		x					
Pionierbegroeiingen op rotsbodemp (H6110)	x						
Stroomdalgraslanden (H6120)					x		
Zinkweiden (H6130)	x						

	Heuvellandschap	Nat zandlandschap	Droog zandlandschap	Beekdallandschap	Rivierenlandschap	Laagveen- en Zeekleilandschap	Duin- en kustlandschap
Kalkgraslanden (H6210)	x						
Heischrale graslanden (H6230)	x	x	x	x			x
Blauwgraslanden (H6410)			x	x		x	x
Ruigten en zomen, droge bosranden (H6430C)	x			x			x
Glanshaver- en vossenstaarthooilanden, glanshaver (H6510A)				x	x	x	?
Glanshaver- en vossenstaarthooilanden, grote vossenstaart (H6510B)				?	x	x	
Actieve hoogvenen, hoogveenlandschap (H7110A)			x				
Actieve hoogvenen, heideveentjes (H7110B)			x				
Herstellende hoogvenen (H7120)			x				
Overgangs- en trilvenen, trilvenen (H7140A)				x		x	
Overgangs- en trilvenen, veenmosrietlanden (H7140B)				x		x	
Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150)			x				
Galigaanmoerassen (H7210)			x			x	x
Kalktufbronnen (H7220)	x						
Kalkmoerassen (H7230)			x	x	x		
Veldbies-beukenbossen (H9110)	x						
Beuken-eikenbossen met hulst (H9120)		x	x				
Eiken-haagbeukenbossen, hogere zandgronden (H9160A)				x			
Eiken-haagbeukenbossen, heuvelland (H9160B)	x						
Oude eikenbossen (H9190)		x					
Hoogveenbossen (H91D0)			x			x	
Vochtige alluviale bossen, essen-iepenbossen (H91E0B)				x		x	
Vochtige alluviale bossen, beekbegeleidende bossen (H91E0C)				x			
Droge hardhoutooibossen (H91F0)					x		

Bijlage 6 Kruistabel van habitattypen en landschapstypen Deel III

Habitatype (code)	Heuvel landschap	Nat zandlandschap	Droog zandlandschap	Beekdallandschap	Rivierenlandschap	Laagveenlandschap	Droog duinlandschap	Nat duin- en kustlandschap
Zilte pionierbegroeiing (zeekraal) (H1310A)								X
Zilte pionierbegroeiing (zeevetmuur) (H1310B)							X	X
Schorren en zilte graslanden (H1330)								X
Embryonale duinen (H2110)							X	
Witte duinen (H2120)							X	
Grijze duinen, kalkrijk (H2130A)							X	X
Grijze duinen, kalkarm (H2130B)							X	X
Grijze duinen, heischraal (H2130C)							X	X
Duinheiden met kraaihei, vochtig (H2140A)							X	X
Duinheiden met kraaihei, droog (H2140B)							X	X
Duinheiden met struikhei (H2150)							X	X
Duindoornstruwelen (H2160)							X	X
Kruipwilgstruwelen (H2170)							X	X
Duinbossen, droog (H2180A)							X	
Duinbossen, vochtig (H2180B)							X	X
Duinbossen, binnenduinrand (H2180C)							X	
Vochtige duinvalleien, open water (H2190A)							X	X
Vochtige duinvalleien, kalkrijk (H2190B)							X	X
Vochtige duinvalleien, ontkalkt (H2190C)							X	X
Stuifzandheiden met struikhei (H2310)		X	X		X			
Binnenlandse kraaiheibegroeiingen (H2320)			X					
Zandverstuivingen (H2330)			X					
Zeer zwakgebufferde vennen (H3110)		X						
Zwakgebufferde vennen (H3130)		X		X	X			
Kranswierwateren (H3140)		X			X	X		
Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden (H3150)				X	X	X		
Zure vennen (H3160)		X	X	X				
Vochtige heiden, hogere zandgronden (H4010A)		X	X	X				
Vochtige heiden, laagveengebied (H4010B)						X		
Droge heiden (H4030)		X	X	X				
Jeneverbesstruwelen (H5130)			X		X			
Pionierbegroeiingen op rotsbodem (H6110)	X			X				

Habitatype (code)	Heuvelandschap	Nat zandlandschap	Droog zandlandschap	Beekdallandschap	Rivierenlandschap	Laagveenlandschap	Droog duinlandschap	Nat duin- en kustlandschap
Stroomdalgraslanden (H6120)					X			
Zinkweiden (H6130)				X				
Kalkgraslanden (H6210)	X			X				
Heischrale graslanden (H6230)	X	X	X	X	X			
Blauwgraslanden (H6410)		X		X	X	X	X	X
Ruigten en zomen, droge bosranden (H6430C)	X				X			
Glanshaver- en vossenstaarthooilanden, glanshaver (H6510A)	X			X	X	X		
Glanshaver- en vossenstaarthooilanden, grote vossenstaart (H6510B)					X	X		
Actieve hoogvenen, hoogveenlandschap (H7110A)		X						
Actieve hoogvenen, heideveentjes (H7110B)		X	X	X				
Herstellende hoogvenen (H7120)								
Overgangs- en trilvenen, trilvenen (H7140A)		X		X	X	X		
Overgangs- en trilvenen, veenmosrietlanden (H7140B)		X				X		
Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150)		X						
Galigaanmoerassen (H7210)		X		X		X		X
Kalktufbronnen (H7220)								
Kalkmoerassen (H7230)		X		X	X			
Veldbies-beukenbossen (H9110)	X			X				
Beuken-eikenbossen met hulst (H9120)	X		X	X	X			
Eiken-haagbeukenbossen, hogere zandgronden (H9160A)			X	X				
Eiken-haagbeukenbossen, heuvelland (H9160B)	X			X				
Oude eikenbossen (H9190)			X	X				
Hoogveenbossen (H91D0)		X		X		X		
Vochtige alluviale bossen, essen-iepenbossen (H91E0B)					X			
Vochtige alluviale bossen, beekbegeleidende bossen (H91E0C)	X	X		X	X			
Droge hardhoutooibossen (H91F0)					X			

Bijlage 7 De leden van de schrijfteams voor elk landschapstype Deel III

N.B. trekkers van elk team zijn onderstreept

Pleistoceen	Onderzoek	beheer
Nat zandlandschap	<u>Henk Everts</u> Emiel Brouwer Hein van Kleef	Fons Eysink Rob van der Burg
Droog zandlandschap	<u>Jan Sevink</u> Laurens Sparrius Marijn Nijssen	Ido Borkent
Beekdalen	<u>Ab Grootjans</u> Henk Everts Fons Smolders	Bert Takman Fons Eysink
Holoceen	Onderzoek	beheer
Natte duinen	<u>Ab Grootjans</u> Henk Everts	Rienk Slings Anton van Haperen
Droge duinen	<u>Bas Arends</u> Eva Remke Marijn Nijssen	Rienk Slings
Laagveen	<u>Boudewijn Beltman</u> Aat Barendregt	Geert Kooiman Gerard ter Heerdt
Heuvelland & Rivieren	Onderzoek	beheer
Heuvelland	<u>Toos van Noordwijk</u> Roland Bobbink Nina Smits Hans Weinreich	Bart van Tooren
Rivieren (incl. estuaria)	<u>Gilbert Maas</u> Henk Everts Jaap Bouwman Andre Jansen	Bert Takman Fons Eysink

Bijlage 8 Lijst van externe deskundigen Deel III

landschap	reviewer
beekdalen	Rob van Dongen, Rolf Kemmers
droge duinen	Annemiek Kooijman, Anton van Haperen
natte duinen	Pieter Slim, Evert Jan Lammerts
droog zandlandschap	Rienk Jan Bijlsma, Jan van Mourik
nat zandlandschap	Matthijs Schouten, Juul Limpens
heuvelland	Joop Schaminée
laagvenen	Jos Verhoeven
rivieren	Albert Corporaal, Frank Saris

Bijlage 9 Ontwikkeling van bodem en vegetatie over een periode van 60 jaar bij drie depositiescenario's: verwachting op grond van een modelsimulatie

H.F. van Dobben

Beschrijving van de modellen

SMART2-SUMO2 is een bodem-vegetatie model dat ontwikkeld is om op regionale en nationale schaal langjarige effecten van o.a. atmosferische depositie en beheersmaatregelen op de bodem en vegetatie te berekenen. SMART2 is de bodemmodule en SUMO2 de vegetatiemodule, welke volledig zijn geïntegreerd met een jaarlijkse terugkoppeling. SMART2 (Kros 2002) bestaat uit een set vergelijkingen, die de chemische processen in de bodem beschrijven. Het model bevat alle macro-ionen en beschrijft ook de dynamiek van organische stof. De bodemchemie in SMART2 hangt af van de input uit de atmosfeer (depositie) en het grondwater (kwel), kronendakinteracties (opname of afgifte van ionen), nutriëntencyclus-processen en de geochemische interacties in de bodem en bodemoplossing (CO₂-evenwichten, carbonaatverwerking, silicaatverwerking, oplossen van Al-hydroxides en kationenuitwisseling). Opname en strooiselproductie worden berekend door SUMO2. De organischestofdynamiek zit in SMART2 alleen in de strooisellaag. Het strooisel wordt gevormd door de bladval en wortelsterfte. Afbraak van organische stof wordt beschreven met een eerste orde reactie in afhankelijkheid van pH en vochttoestand (GVG). Afbraak wordt geremd bij lagere pH waarden en ondiepere grondwaterstanden.

De tijdstap van het model is een jaar; seizoensvariabiliteit wordt niet meegenomen. Er is bij de huidige simulatie gerekend met een bewortelingsdiepte van 60 cm.

SUMO2 (Wamelink et al. 2009a, b) is een model dat de vegetatieontwikkeling beschrijft, met name successie en daarmee samenhangende processen. Hiermee wordt het mogelijk de invloed van beheer op de vegetatie te simuleren, en wordt een terugkoppeling van de vegetatieontwikkeling naar de bodem mogelijk. Voor de huidige toepassing is SUMO2 direct gekoppeld aan SMART2.

De drijvende kracht in SUMO2 is de biomassa ontwikkeling. Biomassagroei wordt gesimuleerd op basis van de beschikbaarheid van nutriënten, licht en vocht, de temperatuur, de CO₂ concentratie, en het beheer. In SUMO2 concurreren vijf functionele typen elkaar om nutriënten en licht. Beheer is geïmplementeerd als een afvoerterm van biomassa (en eventueel strooisel).

De vijf functionele typen zijn: climaxbomen, pionierbomen, struiken, dwergstruiken en kruiden (inclusief grassen). Voor elk type worden drie organen gesimuleerd: wortels, houtige niet fotosynthetiserende delen en bladeren. De functionele typen onderscheiden zich onder andere van elkaar in de manier waarop nieuwe biomassa over de organen wordt verdeeld en welk deel van de organen per jaar sterft. De concurrentie om nutriënten tussen de typen vindt plaats op basis van de aanwezige wortelbiomassa (hoe meer wortelbiomassa, hoe meer opname van nutriënten). De nutriëntopname is echter gebonden aan een maximum, welke wordt bepaald door het quotiënt van de maximale groeisnelheid en het maximale nutriëntgehalte.

De concurrentie om licht tussen de typen vindt plaats op basis van de lengte (de hoogste vangt eerst licht) en de bladbiomassa (hoe meer bladbiomassa, hoe meer licht er wordt onderschept). Om dit mogelijk te maken wordt van elk functioneel type de lengte gesimuleerd. Voor de bomen wordt dit per boomsoort gedaan, waarbij de soorten gekozen worden op basis van of aanplant of successie. Bij successie bepalen de bodemomstandigheden (bodemtype en grondwatertrap) de boomsoort. De jaarlijkse lengtegroei is afhankelijk van de nieuw gevormde biomassa. Voor de overige functionele typen wordt geen onderscheid gemaakt tussen soorten. Voor de struiken is voor de lengtegroei van

eenzelfde type groeicurve als voor de bomen gebruik gemaakt, waarbij een maximale lengte van ongeveer zeven meter bereikt kan worden. De lengte van de dwergstruiken en kruiden is afhankelijk van de biomassa in het betreffende functionele type.

De hoeveelheid biomassa die per functioneel type aanwezig is, bepaalt het voorspelde vegetatiestructuurtype. Hierdoor wordt het mogelijk successie te voorspellen. Door SUMO2 worden 12 structuurtypen onderscheiden. In elk structuurtype zijn de vijf functionele typen aanwezig, al kan de hoeveelheid biomassa gering zijn (bijv. struiken in grasland).

Uitgangspunten bij de berekeningen

Bij het uitvoeren van de berekeningen zijn de volgende randvoorwaarden gebruikt:

- voor de hydrologie generieke waterbalansen, waarbij is uitgegaan van een:
 - landelijk gemiddelde neerslag (757 mm.j⁻¹)
 - verdamping afhankelijk van de bodem (zie [Kros 2002](#));
- voor de totale depositie van basische kationen en chloride is het landelijk gemiddelde gebruikt (BC²⁺: 540, K⁺: 45, Na⁺: 1068 en Cl⁻: 1270 mol_c.ha⁻¹.j⁻¹);
- voor de SO₂-depositie is een constante waarde van 400 mol ha⁻¹.j⁻¹ gebruikt;
- er is gerekend met een vaste verhouding tussen NH₃-depositie en NO_x-depositie van 2:1.
- groei van de vegetatie wordt uitsluitend gelimiteerd door N; P en basische kationen spelen dus geen rol.

Verder zijn de volgende combinaties van bodemtype, vegetatietype, gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG), kwelflux, kwelkwaliteit en N-depositie gebruikt:

Bodemtypen:	arm zand en lemig zand
Vegetatietypen:	grasland, heide en loofbos
GVG:	0.20 m-mv (nat) en 1.60 m-mv (droog)
Kwel:	3 mm dag ⁻¹ als de GVG 0.20 m-mv is en 0 mm dag ⁻¹ als de GVG 1.60 m-mv is.
Kwelkwaliteit:	Grondwater of regenwaterkwaliteit. Voor de samenstelling zie Tabel 1.
N-depositie:	700, 1500 en 3000 mol ha ⁻¹ j ⁻¹

Tabel 1 Kwelkwaliteit

Element (mol _c l ⁻¹)	Watertype	
	Grondwater	Regenwater
Na	0.522	0.070
K	0.051	0.007
Ca + Mg	6.417	0.037
SO ₄	0.271	0.119
NO ₃	0.021	0.095
NH ₄	0.043	0.055
Cl	0.31	0.084

Voor het beheer is standaard SUMO2 beheer aangehouden. Dit betekent dat er voor gras 1 keer per jaar wordt gemaaid als de bovengrondse biomassa hoger is dan 1 t/ha. Heide wordt 1 keer per 30 jaar geplagd, waarbij alle vegetatie en 90% van de strooisellaag wordt verwijderd. Voor bos is gerekend met 'natuurlijk bosbeheer', dat wil zeggen niets doen tenzij de biomassa boven de 25 t/ha uitkomt, in dat geval wordt eenmaal per tien jaar 10% gedund.

De initialisatie is gedaan met standaard SMART2-SUMO2 startcondities. De initiële leeftijd van de vegetatie is 10 jaar voor grasland en heide en 60 jaar voor loofbos. Met behulp van de leeftijd van de vegetatie en de gemiddelde bladval voor het vegetatietype is een initiële dikte van de strooisellaag berekend. Vervolgens is gerekend met een initialisatieperiode van 10 jaar. Het model start dus op $t = -10$, maar de uitvoer start op $t = 0$. Voor heide geldt dat –omdat de initiële leeftijd op 10 jaar is gesteld– deze geplagd is op $t = -20$ en daarna elke 30 jaar dus op $t = 10$ en $t = 40$. Er wordt elk jaar uitvoer gegenereerd over een periode van 60 jaar, en deze wordt grafisch weergegeven.

Resultaten

In de onderstaande figuren staan de resultaten van de runs voor de periode $t = 0$ tot $t = 60$. Per modeluitgang (Tabel 2) zijn steeds 3 figuren te zien met elk 6 bodem-vegetatiecombinaties. De drie figuren per modeluitgang zijn de drie hydrologische situaties, 1 droge en 2 natte:

Droog: GVG 1.6 m–mv, geen kwel

Nat: GVG 0.2 m–mv, kwel 3 mm/dag met grondwater
 GVG 0.2 m–mv, kwel 3 mm/dag met regenwater

Er is elk jaar output gegenereerd en deze punten zijn met een 'vloeiende' kromme verbonden. Let er op dat in alle plots de Y-as zo geschaald is dat deze loopt tussen de minimale en de maximale waarde in die plot, en dat de schaal dus voor elke plot anders kan zijn. Bovendien kan het verschil tussen minimale en maximale waarde erg klein zijn zodat de plot soms de indruk wekt dat er een ontwikkeling plaatsvindt terwijl de betreffende variabele in feite vrijwel constant is.

Tabel 2 Betekenis afkortingen in de figuren

afkorting	betekenis	eenheid
pH	pH	–
strooisel	strooiselproductie	t.ha ⁻¹ .j ⁻¹
N_uitsp	N uitspoeling	kg.ha ⁻¹ .j ⁻¹
Nupt	N opname	kg.ha ⁻¹ .j ⁻¹
biomassa	biomassa	t.ha ⁻¹
Nbiom	N in biomassa	t.ha ⁻¹
N_besch	N beschikbaarheid ¹⁾	kg.ha ⁻¹ .j ⁻¹
diktestr	dikte strooisellaag	cm

¹⁾ de beschikbaarheid is de som van depositie en mineralisatie

De drie lijnen geven drie depositieniveaus:

groen = 700 mol ha⁻¹ j⁻¹ = 9.8 kg N ha⁻¹ j⁻¹

zwart = 1500 mol ha⁻¹ j⁻¹ = 21 kg N ha⁻¹ j⁻¹

rood = 3000 mol ha⁻¹ j⁻¹ = 42 kg N ha⁻¹ j⁻¹

In de ontwikkeling in de tijd zijn duidelijk de plagcyclus in heide (1x per 30 jaar) en de dunningscyclus in bos (1x per 10 jaar) te zien. In het algemeen is het effect van het depositieniveau het grootst in grasland.

De pH in lemige of grondwatergevoede situaties wordt vooral door buffering bepaald en is daarom onafhankelijk van de depositie en constant na ca. $t = 50$. In de droge, arme situatie loopt in grasland

de pH langzaam op en is deze in bos vrijwel constant. In heide treedt onder het hoogste depositieniveau een daling van de pH tot onder de 4 op in de periode kort na het plaggen.

De strooiselproductie is voor grasland constant omdat dit jaarlijks wordt gemaaid, waarbij een vaste hoeveelheid biomassa (1 t/ha) overblijft, waarvan weer een vast percentage strooisel wordt (let er op dat de drie lijnen voor de depositieniveau's samenvallen waardoor alleen de rode zichtbaar is). Voor de andere vegetatietypen neemt de strooiselproductie toe met de depositie.

De N uitspoeling is onder alle omstandigheden onder het hoge depositie scenario beduidend hoger dan onder de andere twee scenario's.

De biomassa is vooral in grasland sterk depositie-afhankelijk. Let er op dat in grasland de biomassa wordt bepaald vóór het maaien (en dus in feite peak standing crop is) maar dat de hoeveelheid strooisel wordt bepaald na het maaien (en dus constant is). Er vindt in grasland in de loop van de tijd een lichte afname van biomassa plaats, zelfs onder het hoogste depositie scenario. De sprongen in biomassa in de natte graslanden (met name regenwatergevoed) zijn niet verklaarbaar. De N in biomassa volgt ongeveer de biomassa zelf. De N beschikbaarheid is sterk depositie-afhankelijk (let er op dat de N beschikbaarheid berekend kan worden als mineralisatie + depositie – immobilisatie – denitrificatie). De in de tijd toenemende N beschikbaarheid in bos is het gevolg van de opbouw van de strooisellaag.

De dikte van de strooisellaag is weinig depositie-afhankelijk. In grasland vindt een afname van de dikte plaats behalve in regenwatergevoede situaties, in bos vindt een toename plaats. Hierbij dient men zich te realiseren dat alleen jaarlijks gemaaid grasland is doorgerekend, waarvan de strooiselproductie constant is en onafhankelijk van de depositie.

A priori is het moeilijk om een uitspraak te doen over de relatie tussen depositie en strooiseldikte, omdat:

meer depositie > hogere productie > meer strooisel > dikkere strooisellaag

meer depositie > lagere pH > minder strooiselvertering > dikkere strooisellaag

maar:

meer depositie > meer N in strooisel > lagere C/N ratio > snellere strooiselvertering > dunnere strooisellaag.

Waarschijnlijk hangt het van de overige omstandigheden af welk mechanisme zal overheersen. Daarom zijn generieke uitspraken moeilijk en is hier eigenlijk een landelijke, locatiespecifieke doorrekening nodig.

De C/N ratio heeft bijna altijd een dalende tendens, met andere woorden er vindt accumulatie van N plaats, ook onder het lage depositie scenario. Maar dit komt wellicht ook omdat de initiële C/N ratio altijd erg hoog is (rond de 30, voor grasland is dit onrealistisch hoog!). Om die reden wordt de C/N ratio hier niet geplot.

Bepaling van de 'kritische niveaus' in Figuren 1.X en 1.Y

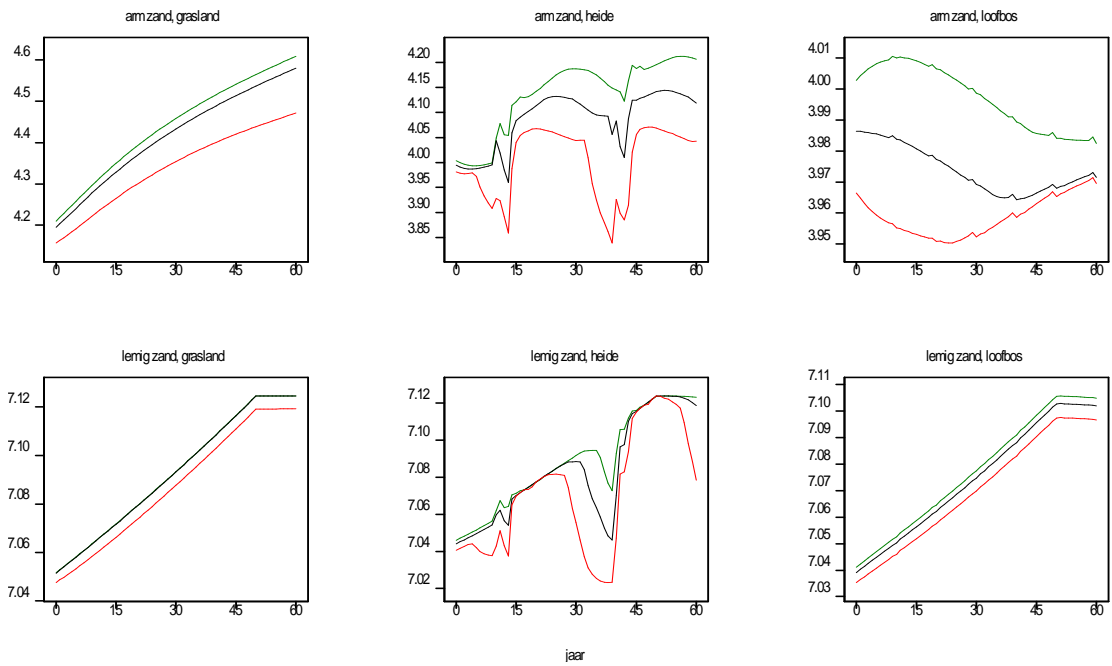
De als stippelijnen weergegeven kritische niveaus in Figuren 1.X en 1.Y zijn ontleend aan de simulatie door Van Dobben et al. (2006), waarop de hier gebruikte KDW's van Van Dobben & Van Hinsberg (2008) zijn gebaseerd. Hiertoe zijn van de kritische N beschikbaarheden en pH's uit de invoerbestanden van de simulatie voor het betreffende vegetatiestructuurtype (in de Figuren dus grasland) gemiddelde en standaarddeviatie bepaald. Vervolgens zijn gegeneraliseerde kritische niveaus per vegetatiestructuurtype voor N beschikbaarheid bepaald als (gemiddelde + 2*standaarddeviatie) en

voor pH als (gemiddelde – standaarddeviatie). Deze niveaus zijn dus niveau's waarboven (voor N beschikbaarheid) resp. waaronder (voor pH) associaties van dit structuurtype vrijwel niet voorkomen.

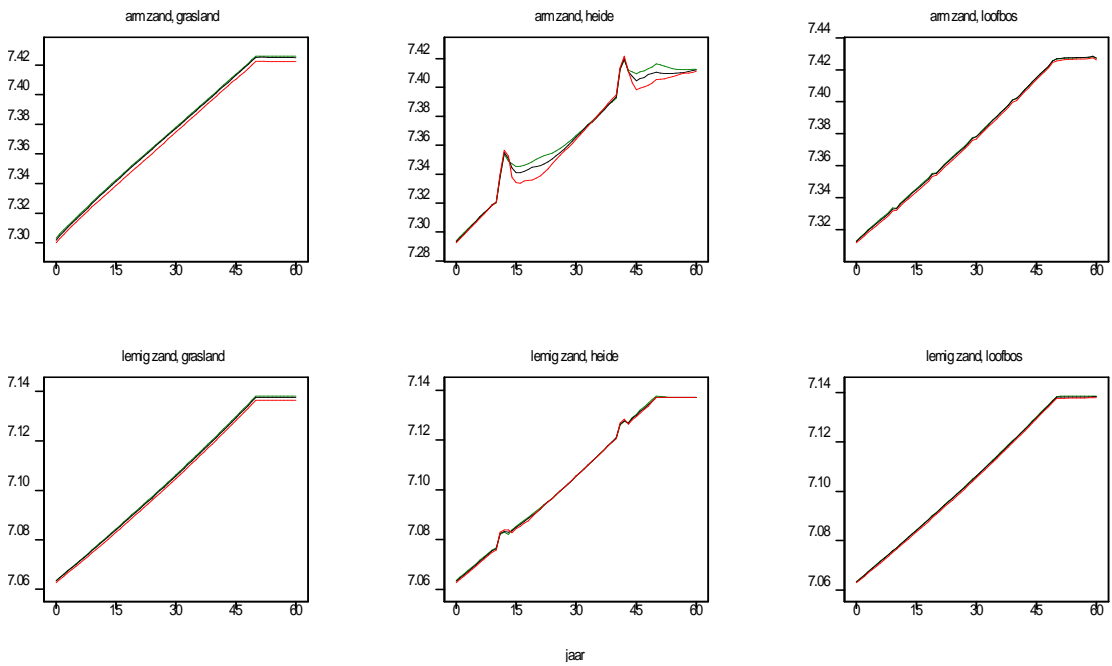
Literatuur

- Kros, J. 2002. Evaluation of biogeochemical models at local and regional scale. Thesis, Wageningen: Alterra scientific contributions 7.
- Wamelink, G.W.W., H.F. van Dobben & F. Berendse. 2009a. Vegetation succession as affected by decreasing nitrogen deposition, soil characteristics and site management: a modelling approach. *Forest Ecology and Management* 258: 1762–1773.
- Wamelink, G.W.W., R. Wieggers, G.J. Reinds, J. Kros, J. P. Mol-Dijkstra, M. van Oijen and W. de Vries, 2009b. Modelling impacts of changes in carbon dioxide concentration, climate and nitrogen deposition on carbon sequestration by European forest and forest soils. *Forest Ecology and Management* 258: 1794–1805.
- Van Dobben, H.F., Van Hinsberg, A., Schouwenberg, E.P.A.G., Jansen, M., Mol-Dijkstra, J.P., Wieggers, H.J.J., Kros, J., De Vries, W., 2006. Simulation of critical loads for nitrogen for terrestrial plant communities in The Netherlands. *Ecosystems* 9: 32–45.

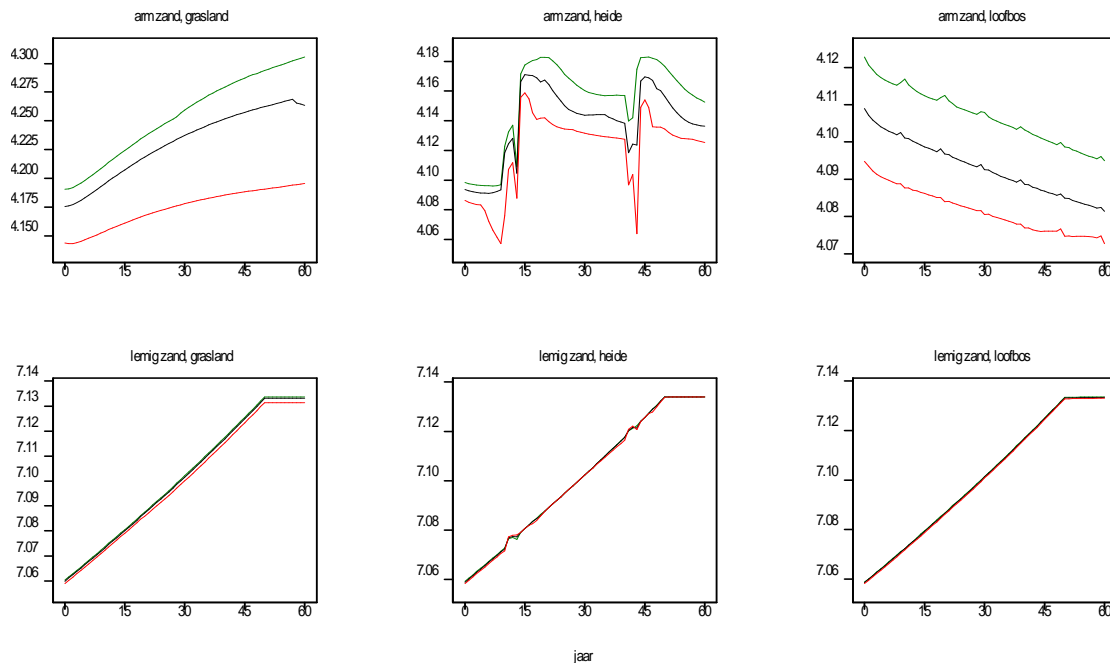
pH, droog



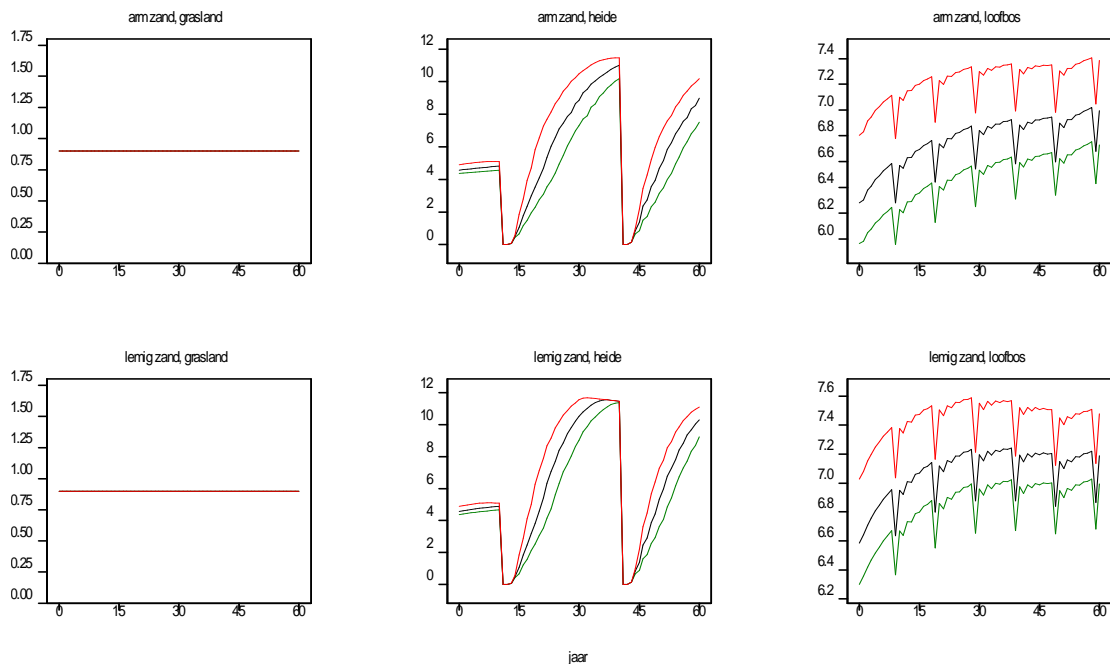
pH, grondwater



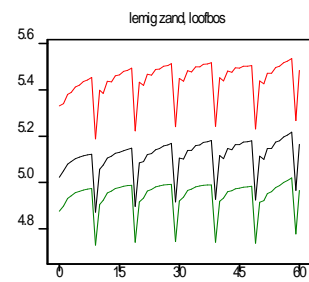
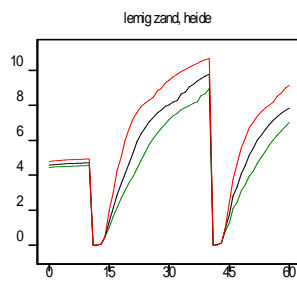
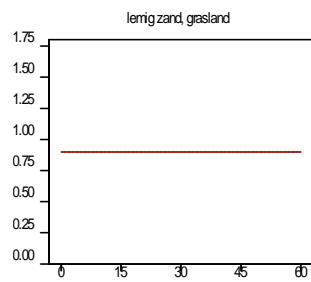
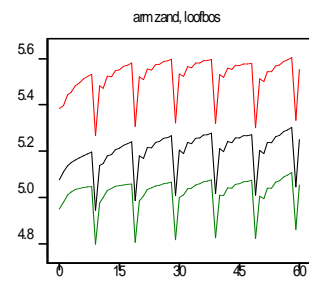
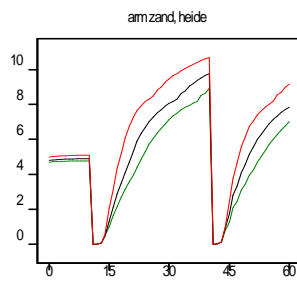
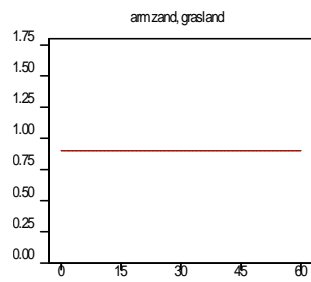
pH, regenwater



strooisel, droog

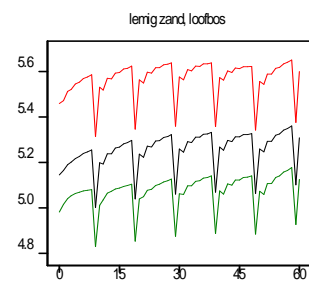
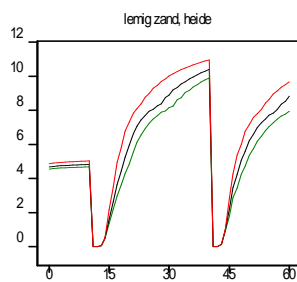
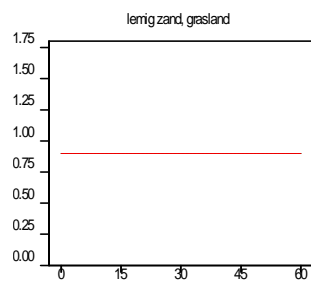
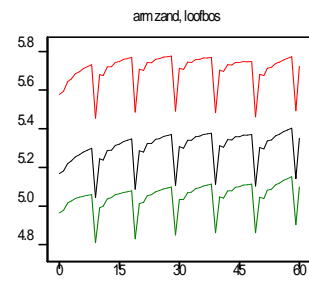
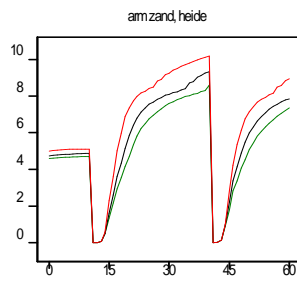
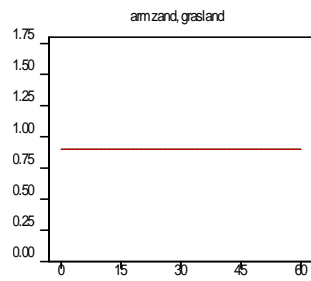


strooisel, grondwater



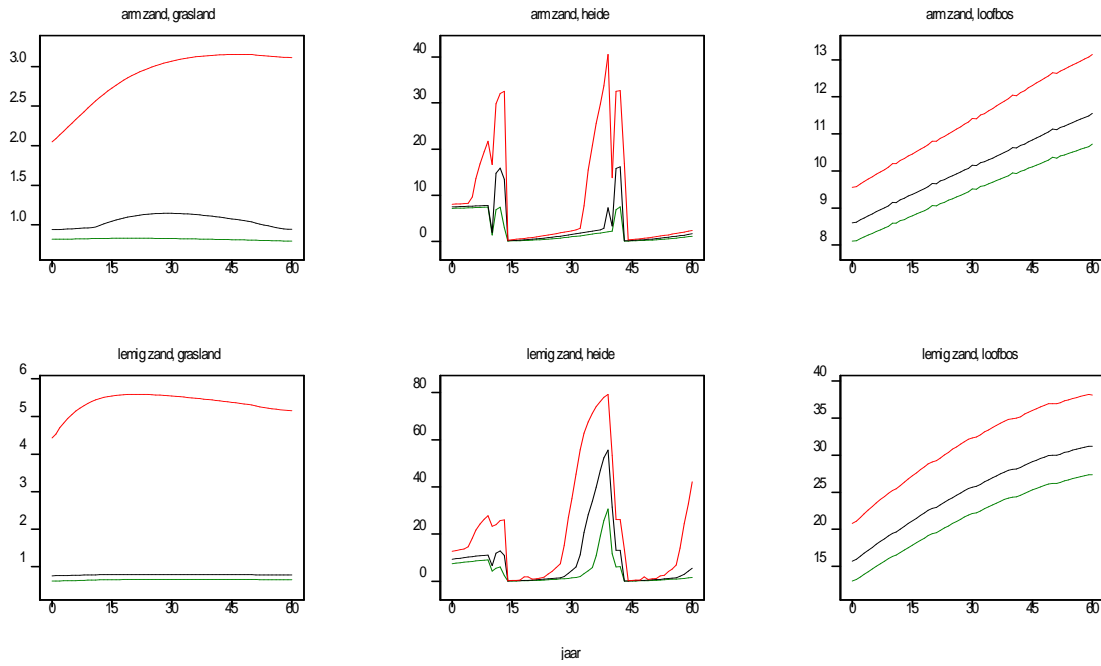
jaar

strooisel, regenwater

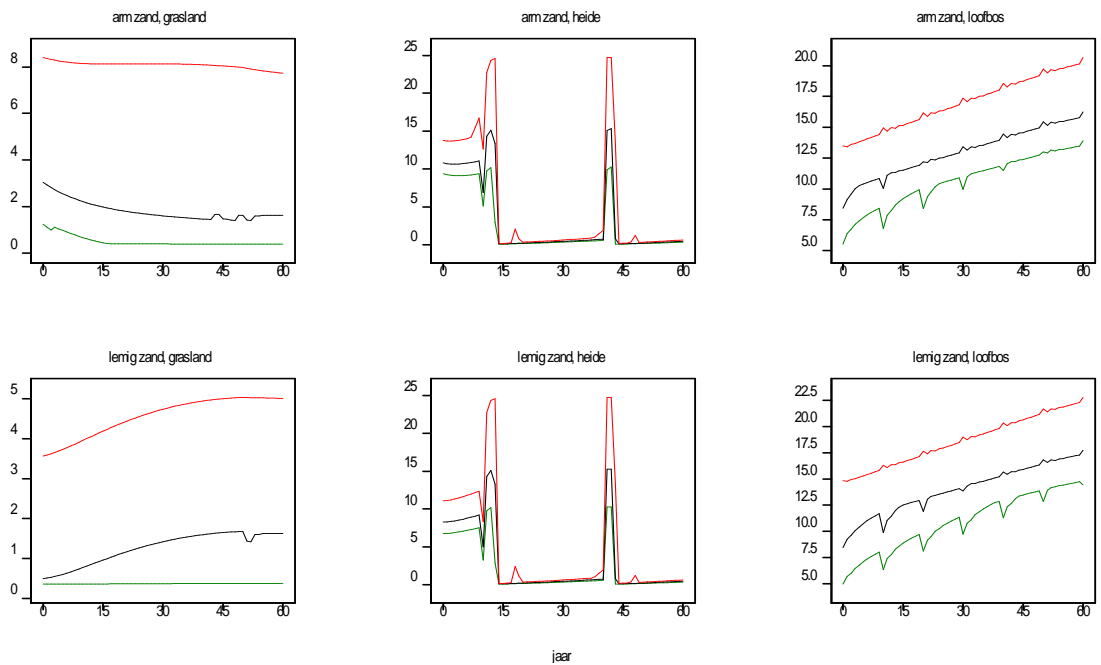


jaar

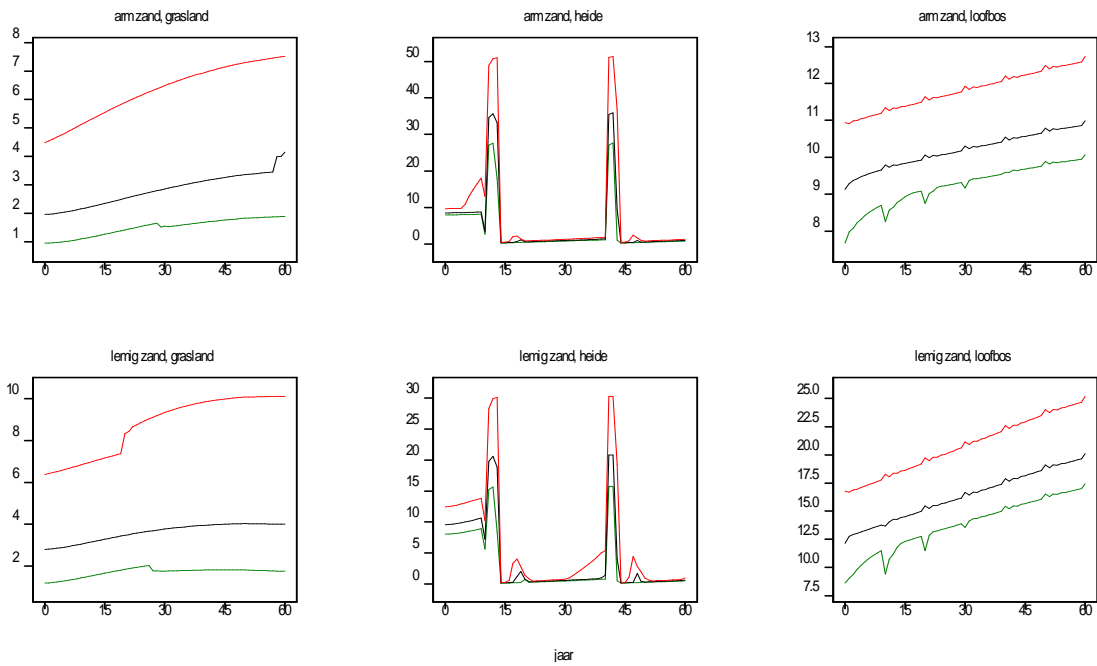
N_uitsp, droog



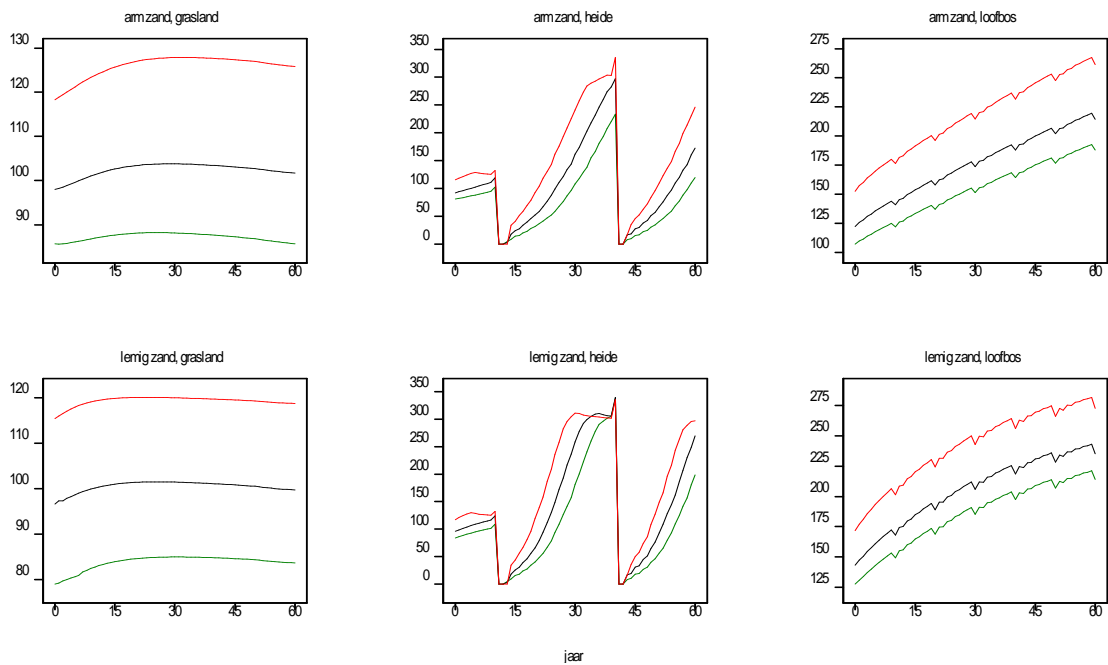
N_uitsp, grondwater



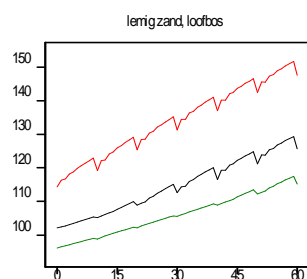
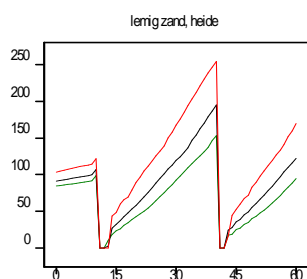
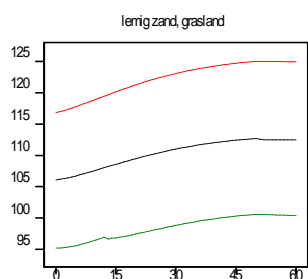
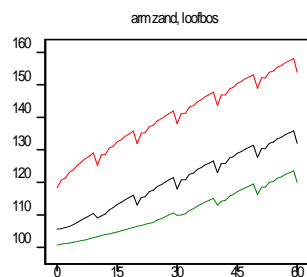
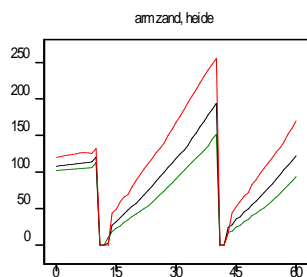
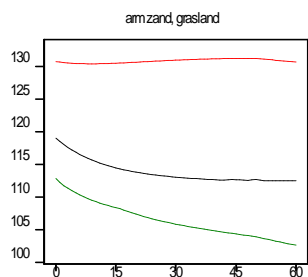
N_uitsp, regenwater



Nupt, droog

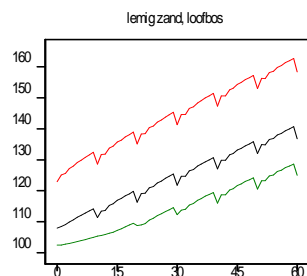
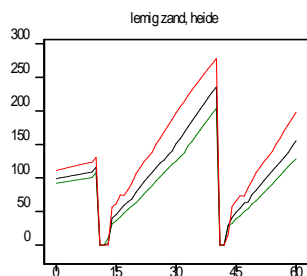
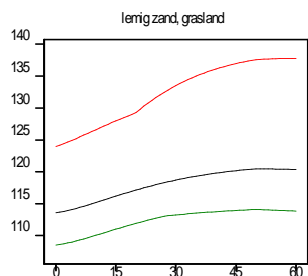
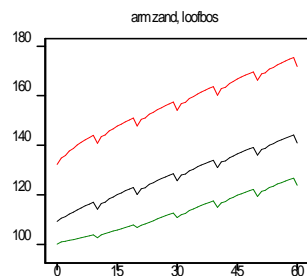
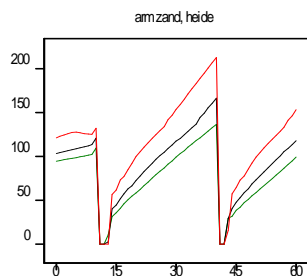
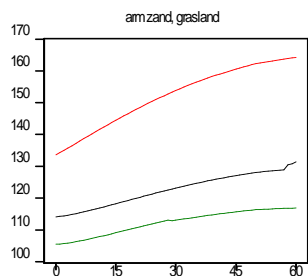


Nupt, grondwater



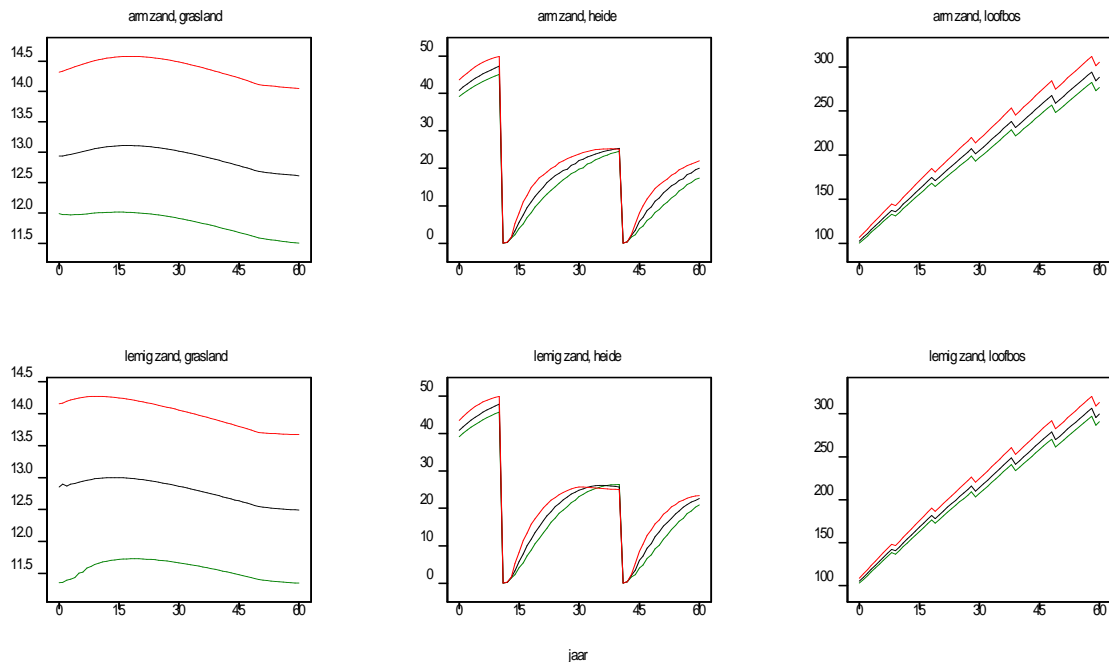
jaar

Nupt, regenwater

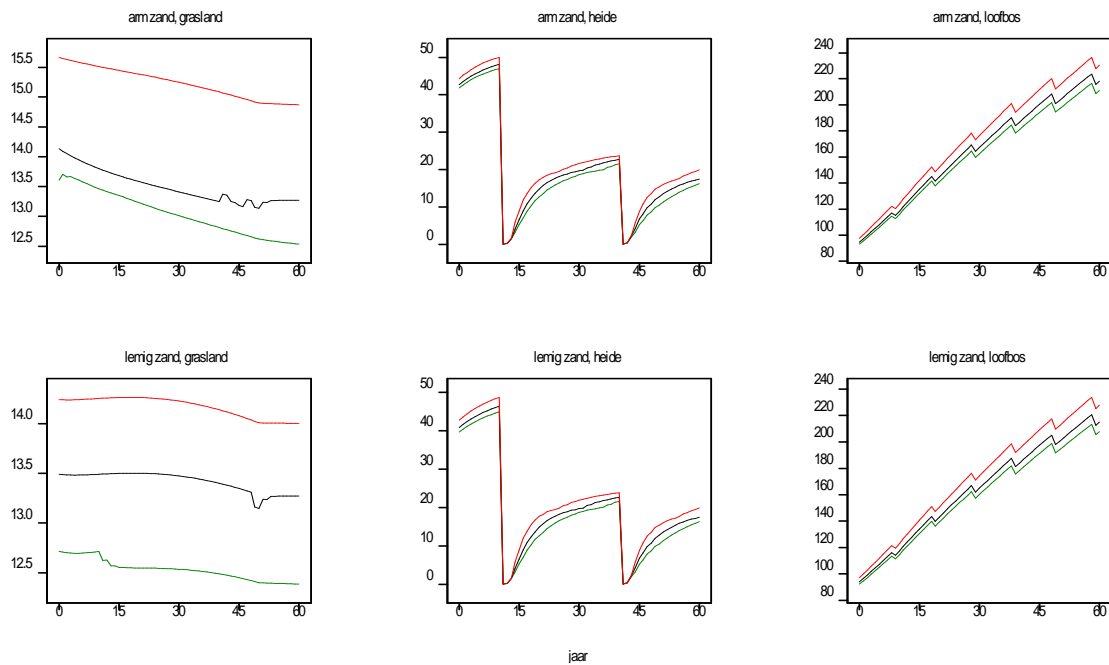


jaar

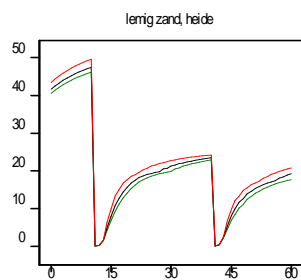
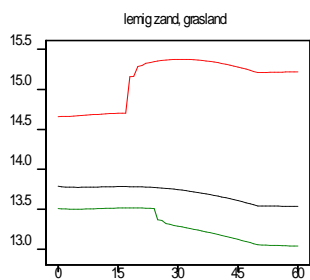
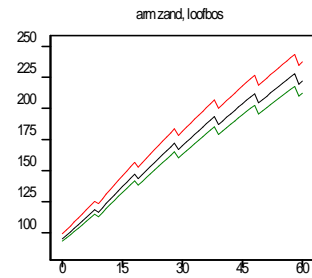
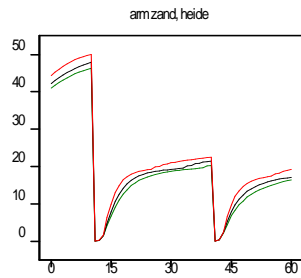
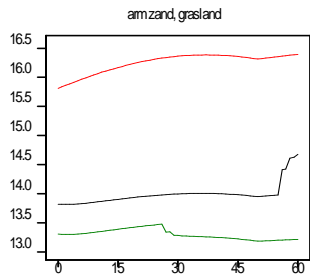
biomassa, droog



biomassa, grondwater

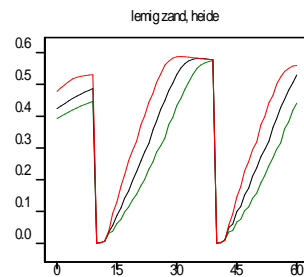
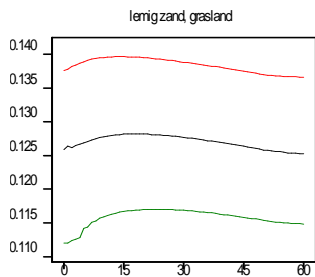
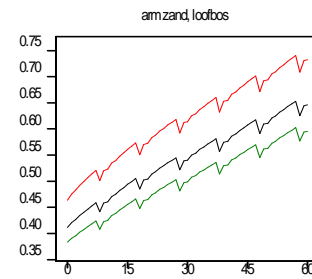
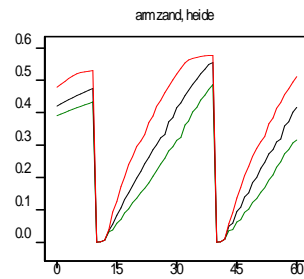
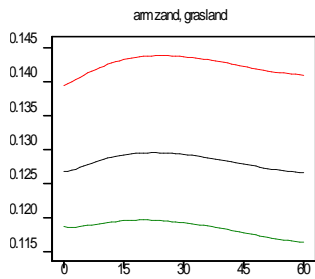


biomassa, regenwater



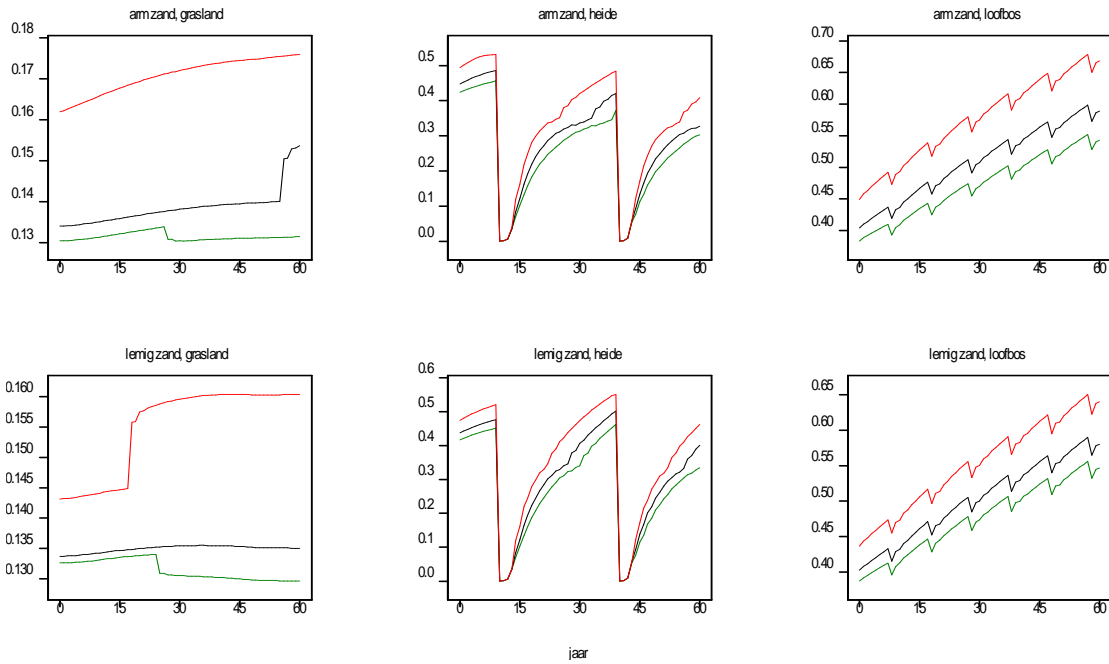
jaar

Nbiom, droog

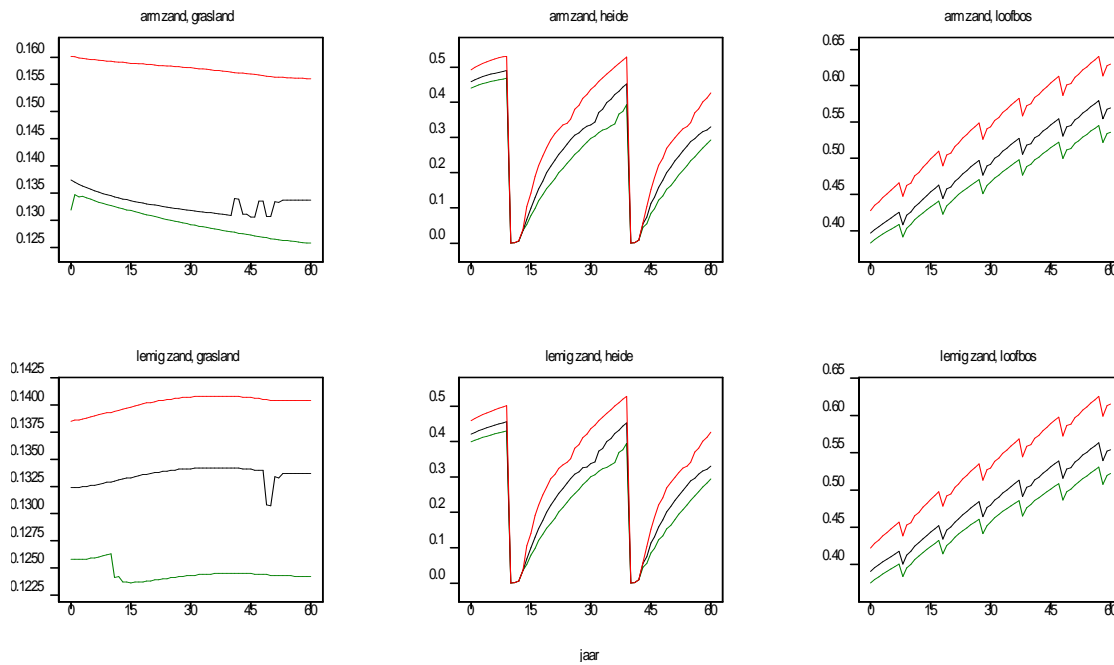


jaar

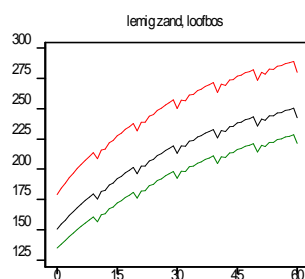
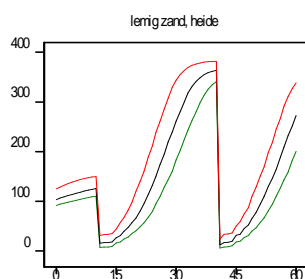
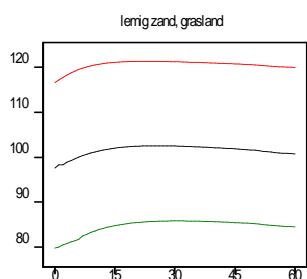
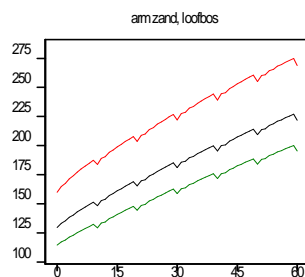
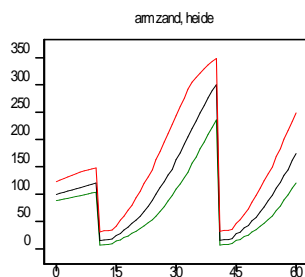
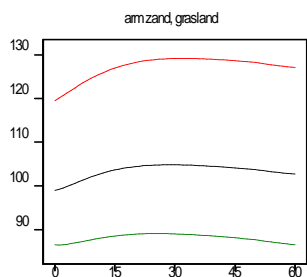
Nbiom, regenwater



Nbiom, grondwater

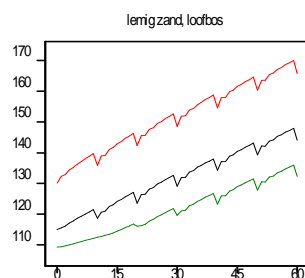
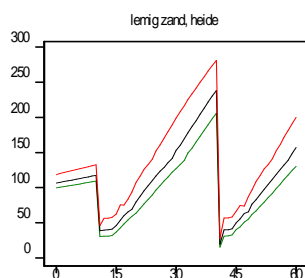
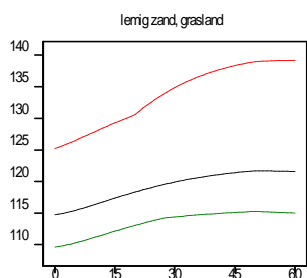
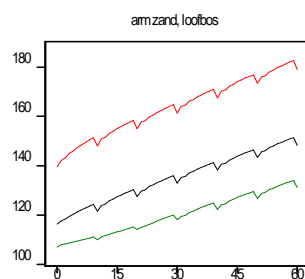
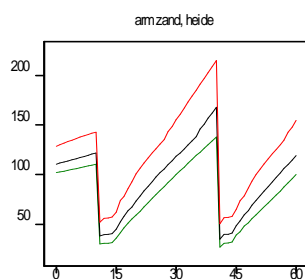
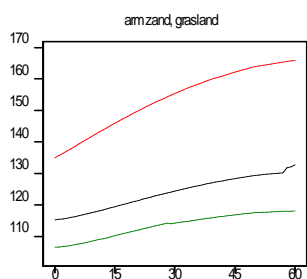


N_besch, droog



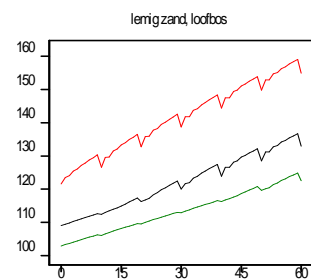
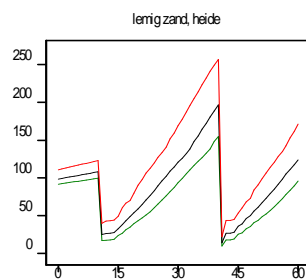
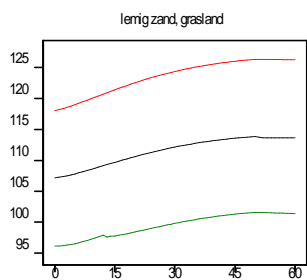
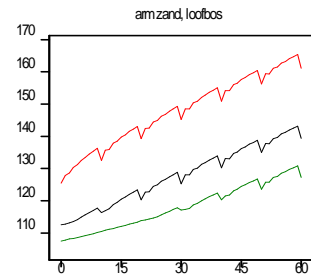
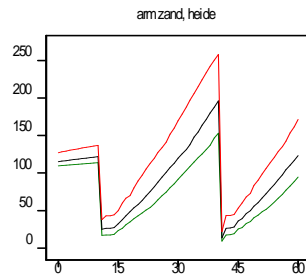
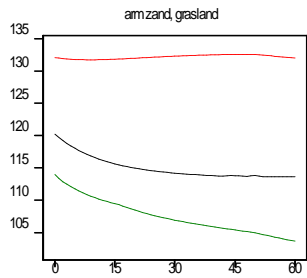
jaar

N_besch, regenwater



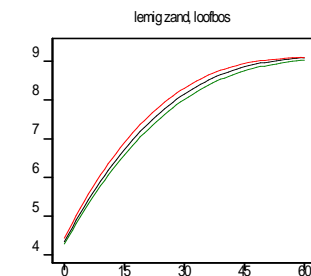
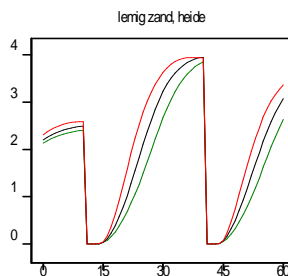
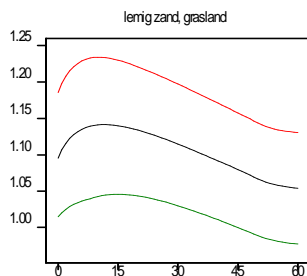
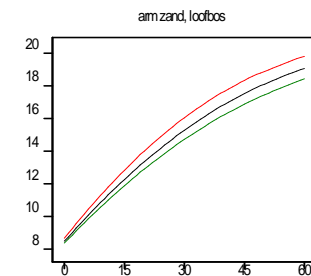
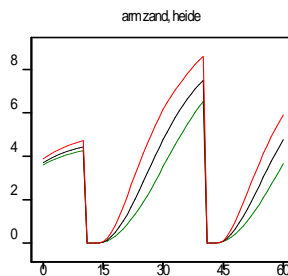
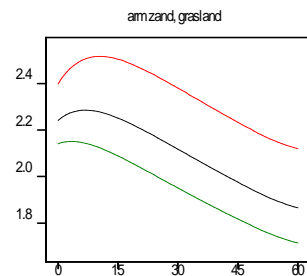
jaar

N_besch, grondwater



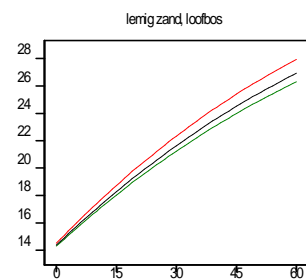
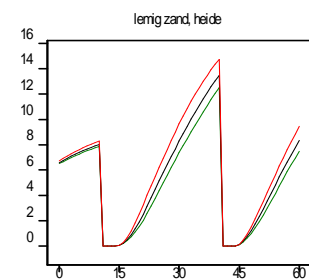
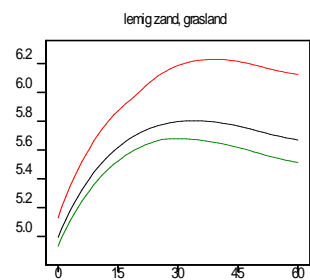
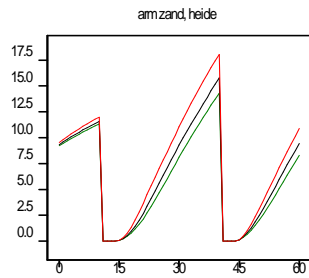
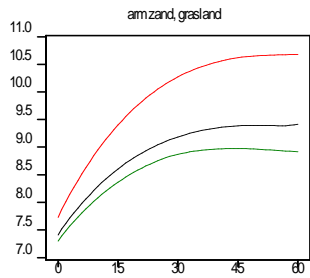
jaar

diktestr, droog



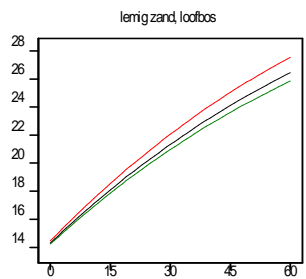
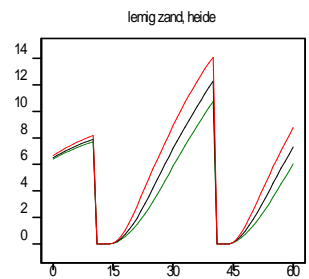
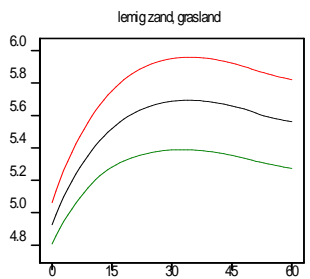
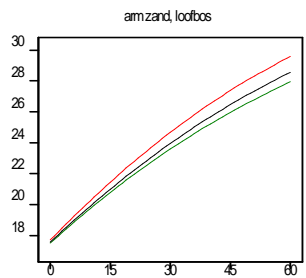
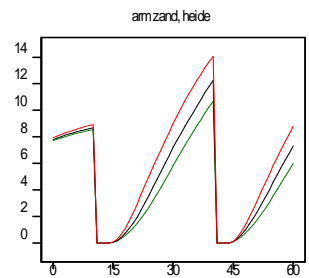
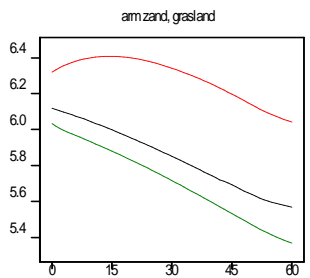
jaar

diktestr, regenwater



jaar

diktestr, grondwater



jaar