

Modellering van landgebruikverandering en fosfaat in SMART2 en SUMO2 ten bate van de verbetering van de modellering in de Natuurplanner

Voor kant: Aangeplant bos op voormalig landbouwgrond nabij Sellinger (foto's Wiegert Wamelink).

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het RIVM

# **Modellering van landgebruikverandering en fosfaat in SMART2 en SUMO2, ten bate van de verbetering van de modellering in de Natuurplanner**

**G.W.W. Wamelink  
J.P. Mol-Dijkstra  
H.F. van Dobben  
J. Kros**

**Alterra-rapport 710**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2003**

## REFERAAT

Wamelink, G.W.W., J.P. Mol-Dijkstra, H.F. van Dobben, J. Kros 2003. *Modellering van landgebruiksverandering en fosfaat in SMART2 en SUMO2 ten bate van de verbetering van de modellering in de Natuurplanner*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 710. 73 blz.; 15 fig.; 7 tab.; 14 ref.

Er wordt steeds meer landbouwgrond uit productie genomen voor natuurontwikkeling. De mogelijkheden van natuurontwikkeling kunnen worden beperkt door (over)bemesting in het verleden. Het is daarom wenselijk om mogelijke beheersmaatregelen te verkennen middels modelstudie. Bij het RIVM wordt de 'Natuurplanner' hiervoor gebruikt met als centrale modellen SMART2 en SUMO. Om de mogelijkheden voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden te simuleren zijn de modellen SMART2 en SUMO aangepast. In SMART2 is hiertoe de organischestof dynamiek aangepast en beide modellen zijn uitgebreid met de fosfaathuishouding. Uit eerste vergelijkingen met metingen in het veld, een chronosequentie in Oost-Groningen en het bosvitaliteitsmeetnet, en met de literatuur blijkt dat de gemodelleerde P-concentraties in het bodemvocht en P-gehalten in de vegetatie in de juiste orde van grootte liggen, maar dat nadere parameterisatie noodzakelijk is voordat de modellen in deze vorm ingezet worden in Natuurverkenningen.

Trefwoorden: fosfaat, landgebruik, landgebruikverandering, model, SMART, SUMO, natuurplanner, stikstof, N/P, limitatie

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 710. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Inhoud	5
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Modelaanpassingen in SMART2	13
2.1 Organische stof	13
2.2 P-formulering	15
2.2.1 Mineralisatie	15
2.2.2 'Oplossen'/desorptie:	16
2.2.3 Verwerking en P-beschikbaarheid	17
2.3 Aansluiting STONE	17
3 Modelaanpassing SUMO	21
3.1 P opname	22
3.2 P-limitatie	23
3.3 P-gehalte	24
3.4 Beheer	24
4 Plausibiliteitstest	27
4.1 Overgang landbouw naar natuur	28
4.1.1 Koolstof- en stikstofpools	28
4.1.2 Bodemvochtconcentraties	30
4.2 Bodemvochtconcentraties	31
4.3 Bladgehaltenes	33
4.3.1 Literatuur	33
4.3.2 Bossen	35
5 Discussie	41
6 Conclusies	43
Literatuur	45
<b>Bijlagen</b>	
1. Datastructuur nieuwe dll's SMART2 en SUMO2	47
2. Maximale en minimale N en P gehalten van de functionele typen.	57
3. Literatuurgegevens over N en P gehalten in vegetatie en de P-gehalten in mest	59
4. Gebruikte literatuur voor de parameterisatie en validatie van P modellering	63
5. Verdelingfactoren voor N (N-factor) en P (P-factor) per functioneel type	67
6. Verslag van de wetenschappelijke presentatie van P in SMART2-SUMO2	73



## Woord vooraf

De druk op de Nederlandse natuur is hoog en nieuwe natuur, die zich ontwikkelt op uit productie genomen landbouwgrond, vormt een welkome aanvulling op de schaarse voorraad. Het is echter de vraag welke natuur op deze vaak lang bewerkte en overbemeste grond zich zal gaan ontwikkelen en welke beheersmaatregelen de overheid kan treffen om deze natuur een kans te geven.

Het Milieu en Natuur Planbureau (MNP) van het RIVM maakt voor het beantwoorden van soortgelijke vragen gebruik van de Natuurplanner. Voor het beantwoorden van de specifieke vraag, die zich voordoet bij de ontwikkeling op met fosfaat verrijkte grond, moest de Natuurplanner worden aangepast. Het betrof hierbij de bodemmodule SMART2 en de biomassamodule SUMO1. Beide modules zijn uitgebreid met rekenregels, die de fosfaathuishouding beschrijven. SMART2 sluit hierbij aan op het model voor de effecten van mestgebruik STONE, waar het de initiële fosfaatvoorraad in de bodem betreft. Dankzij de aanpassingen zijn berekeningen van stikstof- en fosfaatbeschikbaarheid en bodemzuurgraad realistischer en kan de invloed van beheer en autonome successie op de vegetatiestructuur beter voorspeld worden.

Het projectteam bestaande uit Wieger Wamelink, Janet Mol, Han van Dobben en Hans Kros heeft veel pionierswerk verricht. Het MNP bedankt Caroline van der Salm, Han Runhaar, Rolf Kemmers, Han van Dobben, en Wim Chardon voor hun bijdrage tijdens de wetenschappelijke presentatie van het vernieuwde model-instrumentarium.

Ir Bronno de Haan  
Projectleider ketenmodel vermesting MNP.





## Samenvatting

Veel landbouwgrond wordt uit productie genomen ten behoeve van natuurontwikkeling. In het kader van het project “Ketenmodel vermessing” is er behoefte aan de berekening van kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden. Er worden steeds meer aanwijzingen gevonden dat naast stikstof fosfaat hier een belangrijke belemmerende rol zal spelen. Voor de kansen van natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden wil het RIVM de Natuurplanner, een beslissingsondersteunend systeem voor natuur en milieu, inzetten. Het bodem-vegetatiemodel SMART2-SUMO heeft een centrale plaats in dit systeem. Om de effecten van landgebruikverandering te kunnen simuleren is in dit onderzoek dit model aangepast en uitgebreid. De aanpassing en uitbreiding van SMART2-SUMO in de Natuurplanner is in 3 fasen uitgevoerd: (1) ontsluiten van nieuwe databestanden en aansluiting bij SMART2-SUMO, (2) het model SMART2 geschikt maken voor landgebruikverandering (C- en N-dynamiek en P-huishouding) en (3) inbouwen van effecten van P-limitatie op de groei in SUMO. Het inbouwen van P limitatie heeft tevens tot gevolg gehad dat de N-modellering ingrijpend is veranderd. Fosfaat en stikstof beperken nu samen de groei, waarbij co-limitatie bijna altijd optreedt.

Een plausibiliteitstest is uitgevoerd voor de simulatie van P-concentraties en pH in het bodemvocht, het P-gehalte in bladeren en de N/P verhouding in blad. Hierbij is gebruik gemaakt van twee datasets. Voor de bodemvochtconcentraties is gebruik gemaakt van de dataset van het bosvitaliteitsmeetnet. De gesimuleerde pH in het bodemvocht bleek goed overeen te komen met de in het veld gemeten waarden evenals de nitraatconcentraties. De gesimuleerde P-concentraties in het bodemvocht waren te hoog, mogelijk veroorzaakt door te lage P-opname.

De gesimuleerde N- en P-gehalten en N/P ratio in blad zijn vergeleken met waarden uit het bosvitaliteitsmeetnet en met een verzameling van gegevens uit de literatuur. De range van voorspelde N-gehalten in het blad van climaxbomen komt goed overeen met de gemeten range in het vitaliteitmeetnet. Met uitzondering van een gering aantal te hoge waarden vallen de gesimuleerde P-gehalten te laag uit. Wanneer de gemeten en gesimuleerde waarden tegen elkaar uitgezet worden blijkt dat er een zeer zwak positief verband aanwezig is. De vergelijking van de gesimuleerde bladgehalten met de landelijke dataset uit de literatuur kon alleen op basis van frequentieverdelingen uitgevoerd worden. De frequentieverdelingen voor zowel het P gehalte als de N/P ratio lieten zien dat de ranges van de modelsimulaties en veldwaarden redelijk goed met elkaar overeenkomen.

Uit de plausibiliteitstest is geconcludeerd dat de uitkomsten uit SMART2-SUMO plausibel zijn, maar dat een nadere parameterisatie van de modellen noodzakelijk is. Hierbij gaat het met name om minimale en maximale P-gehalten van de organen en de maximale groeisnelheid van de functionele typen.



# 1 Inleiding

Ten behoeve van natuurontwikkeling wordt veel landbouwgrond uit productie genomen. Echter, voormalige landbouwgronden hebben een hoge nutriëntenbeschikbaarheid, hetgeen niet wenselijk is als men op deze gronden de beoogde natuurdoelen wil realiseren. Het is daarom van belang om te weten hoe lang het duurt voordat de vereiste standplaatscondities bereikt zijn en welke beheersmaatregelen daarvoor het beste genomen kunnen worden. Naast vocht en zuurgraad spelen met name de beschikbaarheid van stikstof (N) en fosfaat (P) een rol. Door verschravingmaatregelen is het mogelijk om relatief snel weer een lage N-beschikbaarheid te realiseren, maar gedurende vele jaren blijft een hoog P gehalte in de bodem aanwezig (Verhagen & Van Diggelen, 2000). Er zijn aanwijzingen dat de vegetatie niet alleen wordt gelimiteerd door N, maar in sommige gevallen ook door P (Verhagen & Van Diggelen, 2000, Kooiman & Besse, 2002).

In het kader van het project “ketenmodel vermesting” wordt geprobeerd de kansen van natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in kaart te brengen. Een knelpunt hierbij is het modelleren van de overgang van landbouw naar natuur. Tot op heden is er nog geen operationeel instrument beschikbaar om op landelijke schaal de verandering in landgebruik van landbouw naar natuur te modelleren. In principe liggen 2 opties voor de hand: (1) het uitbreiden van het nationale mest- & nutriëntenmodel STONE (Kroon et al., 2001) met natuur en (2) het uitbreiden van het nationale natuurmodel de Natuurplanner (Latour et al., 1997) met de mogelijkheid om landgebruikverandering te modelleren.

Het model STONE heeft een vrij grote databehoeftte en is relatief complex van opzet. Uitbreiding van dit model vraagt dus een grote inspanning. Vanwege de relatief geringe databehoeftte en de flexibiliteit van het systeem is er voor gekozen de effecten van verandering in landgebruik te modelleren in de Natuurplanner. Het ligt dan ook voor de hand om voor een uitbreiding van de Natuurplanner te kiezen. Een belangrijk onderdeel van de Natuurplanner, een beslissingsondersteunend systeem voor natuur en milieu (Latour et al., 1997) is het model SMART2-SUMO dat de bodemprocessen (SMART2; Kros et al. 1995) en de groei en successie van natuurlijke vegetatie (SUMO; Wamelink et al. 2000) beschrijft. Dit model is bedoeld voor (half-)natuurlijke terrestrische ecosystemen en is niet geschikt voor landbouwsystemen. Verandering van landbouw naar natuur kan daarom niet goed gemodelleerd worden. Hierbij is met name de omzetting van organische stof als landbouwgrond uit productie genomen wordt van belang. Bovendien wordt bij de procesbeschrijving P niet meegenomen, waardoor ook de effecten van verhoogde P-toestand op de vegetatie-ontwikkeling niet kunnen worden beschreven.

Om met de Natuurplanner de effecten van landgebruikverandering, inclusief de P-processen te kunnen modelleren, dienen de modellen SMART2 en SUMO2 aangepast en uitgebreid te worden. Ook de aansturing van SMART2-SUMO2 binnen de Natuurplanner dient hiervoor te worden aangepast.

Hiervoor dienen nieuwe databestanden ontsloten te worden, noodzakelijk voor de landgebruikverandering t.b.v. SMART2-SUMO en het aanpassen van de aansturing van SMART2-SUMO in de Natuurplanner. Verder dient de bodem- en vegetatieprocesbeschrijving van SMART2-SUMO2 te worden aangepast. De initialisatie van de C en N in organische stof in SMART2 moet hiervoor aangepast worden en P-processen in de bodem zijn ingebouwd in SMART2. P is volgend in SUMO2, waar de modellering analoog verloopt aan de N modellering, waarbij P de groei kan limiteren.

### ***Leeswijzer***

In het rapport worden eerst de aanpassingen in het model SMART2 beschreven (Hoofdstuk 2), zowel wat betreft de organische stofdynamiek als wat betreft de P-formulering. Ook wordt in dit hoofdstuk aangegeven hoe de aansluiting met STONE is gemaakt. In het derde hoofdstuk worden de aanpassingen in SUMO beschreven. Er wordt eerst een algemene gedachtelijn van de N- en P-formulering in SUMO gegeven, waarna enkele processen verder worden uitgelicht. Hoofdstuk 4 geeft een beschrijving van de resultaten van een plausibiliteittoets van zowel bodemvochtconcentraties als bladgehalten. In hoofdstuk 5 volgt een discussie over de inbouw van landgebruikverandering en P in SMART2-SUMO en de resultaten van de plausibiliteittoets. Tenslotte staan in hoofdstuk 6 de conclusies.

## 2 Modelaanpassingen in SMART2

Bij de overgang van landbouw naar natuur vinden veranderingen in de bodem plaats. Onder landbouw worden condities in de bodem geschapen die zoveel mogelijk aansluiten bij de vereisten van de gewassen die geteeld worden. Door grondbewerking, mesttoediening en bekalking zijn de fysische en chemische omstandigheden in de bodem onder landbouw dus anders dan onder natuur. Als gevolg van bemesting en bekalking liggen de basenverzadiging en het organische stof gehalte in landbouwgronden hoger dan in natuurgronden.

De modellering van omzetting van landbouw naar natuur in SMART2 is zodanig ingebouwd dat er van uitgegaan wordt dat de simulatie start op het moment van omschakeling van landbouw naar natuur. Feitelijk betekent dit dat de initialisatie van met name organische stof en basenverzadiging aangepast is. Voor de initialisatie van de organische stof is het model aangepast (zie paragraaf 2.1). De initiële basenverzadiging in landbouwgronden is toegevoegd aan de database behorende bij het model. Aangezien fosfaatbeschikbaarheid een belangrijke rol kan spelen voor natuurontwikkeling is het gedrag van fosfaat in het model opgenomen (zie paragraaf (2.2)). In paragraaf 2.3 wordt beschreven hoe aangesloten wordt bij het STONE-instrumentarium.

### 2.1 Organische stof

In de oorspronkelijke versie van SMART2 zijn twee pools met organische stof aanwezig: een immobiele en een mobiele pool. De immobiele pool is de organische stof in de minerale grond die niet kan mineraliseren, maar wel stikstof kan immobiliseren afhankelijk van de C/N-ratio van die pool. De mobiele pool bestaat uit een deel vers strooisel en een deel oud strooisel. Een fractie van het vers strooisel mineraliseert binnen een jaar ( $1 - fmifl$ ), de rest ( $fmifl$ ) gaat over naar oud strooisel, dat met een 1e orde reactie mineraliseert (Figuur 1). Via de mineralisatie komen nutriënten vrij uit deze mobiele pool.

De mineralisatie flux van N, P, K en BC2 ( $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ ) van vers strooisel,  $X_{mi,fl}$ , wordt beschreven als een fractie van de input van  $X$  door bladval en wortelsterfte in het strooiselcompartiment volgens:

$$X_{mi,fl} = fmifl \cdot X_{lf} \cdot (1 + ncf \cdot fr_{rt,lt}) \quad (1)$$

hierin is  $fmifl$  de mineralisatie fractie (-),  $ncf$  de 'nutrient cycling factor' die de verhouding weergeeft tussen bovengrondse en ondergrondse strooiselproductie (-) die beide door SUMO berekend worden en  $fr_{rt,lt}$  is de fractie van de hoeveelheid wortels die in de strooisellaag zit (-).

Vers strooisel dat niet mineraliseert gaat naar de pool 'oud strooisel'. De mineralisatie flux van N, P, K en BC2 uit deze pool,  $X_{mi,lt}$ , wordt beschreven met een eerste-orde reactie (Van Veen, 1977):

$$X_{mi,lt} = kmilt \cdot Am_{lt} \cdot ctX_{lt} \quad (2)$$

waarin  $kmilt$  de mineralisatie constante van oud strooisel is ( $j^{-1}$ ),  $Am_{lt}$  is de hoeveelheid van oud strooisel ( $kg\ ha^{-1}$ ) en  $ctX_{lt}$  is het gehalte van element  $X$  in oud strooisel ( $mol_c\ kg^{-1}$ ).

De mineralisatie flux van N, P, K en BC2 uit de humuspool,  $X_{mi,hu}$ , wordt precies zo beschreven als uit de oude strooisel pool:

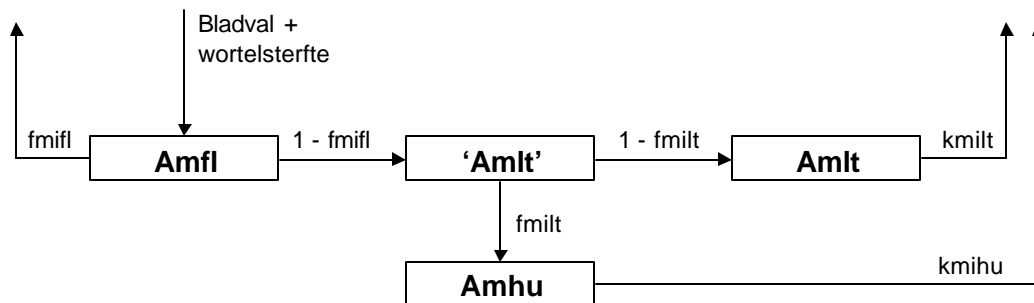
$$X_{mi,hu} = kmihu \cdot Am_{hu} \cdot ctX_{hu} \quad (3)$$

met  $kmihu$  als de mineralisatie constante van humus ( $j^{-1}$ ),  $Am_{hu}$  de hoeveelheid humus ( $kg\ ha^{-1}$ ) en  $ctX_{hu}$  is het gehalte van element  $X$  in humus ( $mol_c\ kg^{-1}$ ).

Er wordt vanuit gegaan dat dode wortels helemaal afbreken binnen een jaar.

Uit een validatiestudie van SMART2-SUMO (Wamelink et al., 2001a), waar SMART2-SUMO werd toegepast op een chronosequentie op voormalige landbouwgronden, bleek dat er te weinig stikstof vrijkwam uit de landbouwgrond. Daarom is toen de organische stof die aanwezig was in de landbouwgrond allemaal in de mobiele pool 'oud strooisel' gestopt.

Om de organische stof dynamiek als gevolg van landgebruikverandering goed te modelleren is een humuspool geïntroduceerd en daarmee een derde pool van waaruit nutriënten kunnen mineraliseren (Figuur 1). Deze humuspool bevat de hoeveelheid organische stof die gedurende de landbouwkundige voorgeschiedenis is geaccumuleerd. Feitelijk betreft dit dus het initiële organische stof gehalte op het moment van landgebruikverandering. De pools voor vers en oud strooisel zijn dan nog leeg en worden pas gevuld als er 'natuurlijke' vegetatie ontstaat. De humuspool kan worden aangevuld door een deel van het oud strooisel over te laten gaan in humus middels een fractie ( $fmilt$ ), net als bij de overgang van vers strooisel naar oud strooisel. De mineralisatieconstante voor humus ( $kmihu$ ) is vooralsnog gelijk aan die van oud strooisel ( $kmilt$ ).



Figuur 1 Organische stof in SMART2

De hoeveelheid humus ( $\text{kg m}^{-2}$ ) wordt berekend uit het organische stof gehalte in landbouwgrond (afkomstig uit STONE). De C/N-ratio van de humuspool komt uit STONE. De stikstofimmobilisatie blijft lopen via de C/N-ratio in de organische stof (Kros, 2002). In Tabel 1 staan de nieuwe invoervariabelen die nodig zijn wanneer omzetting van landbouw naar natuur meegenomen wordt.

Tabel 1 Nieuwe variabelen in de database voor SMART2

Variabele	Omschrijving	Eenheid	Herkomst
<i>agri</i>	vlag voor wel of geen landbouw	-	landgebruikkaart
<i>fbcl</i>	basenverzadiging landbouwgronden	-	BIS (...)
<i>Amhu</i>	hoeveelheid humus	$\text{kg m}^{-2}$	berekenen uit org. stofgehalte uit STONE, komt in database
<i>ctnit<sub>hu</sub></i>	N-gehalte in humus	%	STONE, komt in database
<i>ctP<sub>hu</sub></i>	P-gehalte in humus	%	STONE, komt in database
<i>fmilt</i>	fractie van oud strooisel dat naar humus gaat	-	database (waarden nog bepalen)
<i>kmihu</i>	mineralisatieconstante	$\text{j}^{-1}$	database (waarde gelijk aan kmilt)

## 2.2 P-formulering

Bij de P-formulering in SMART2 is zoveel mogelijk aangesloten bij de formulering in ANIMO (Groenendijk en Kroes, 1999). In SMART2 kan P op drie manieren vrijkomen:

- door mineralisatie (paragraaf 2.2.1),
- door 'oplossen'/desorptie (paragraaf 2.2.2) en
- door verwering (2.2.3).

De P-beschikbaarheid wordt berekend door de som van deze drie.

### 2.2.1 Mineralisatie

De mineralisatie van P wordt analoog aan de andere nutriënten (N, K en Ca + Mg) in SMART2 gemodelleerd. Dit betekent dat P vrij kan komen bij de mineralisatie van vers strooisel, van oud strooisel, van humus en wortelsterfte (en van dood hout als dat door SUMO berekend wordt).

De actuele waarden voor de mineralisatie fractie ( $fmi = fmifl$  of  $fmilt$ ) en mineralisatie constante ( $kmi = kmifl$  of  $kmilt$ ) zijn maximum waarden, die gereduceerd worden door factoren als bodemvocht (GVG), pH en de C/N en C/P ratio. GVG en pH hebben invloed op alle mineralisatiefluxen. De N-mineralisatie wordt daarnaast nog beïnvloed door C/N-ratio en de P-mineralisatie door C/P-ratio:

$$f_{mi} = f_{mi, mx} \cdot r_{f_{mi}, MSW} \cdot r_{f_{mi}, pH} \cdot r_{f_{mi}, CN} \cdot r_{f_{mi}, CP} \quad (4)$$

$$k_{mi} = k_{mi, mx} \cdot r_{f_{mi}, MSW} \cdot r_{f_{mi}, pH} \cdot r_{f_{mi}, CN} \cdot r_{f_{mi}, CP} \quad (5)$$

waarin  $r_{f_{mi}, MSW}$ ,  $r_{f_{mi}, pH}$ ,  $r_{f_{mi}, CN}$  en  $r_{f_{mi}, CP}$  de reductie factoren voor respectievelijk GVG, pH, N-gehalte (C/N ratio) en P-gehalte (C/P-ratio) zijn (-). Voor BC2 en K zijn  $r_{f_{mi}, CN}$  en  $r_{f_{mi}, CP}$  gelijk aan 1. Voor N-mineralisatie is  $r_{f_{mi}, CP}$  gelijk aan 1 en andersom, voor P-mineralisatie is  $r_{f_{mi}, CN}$  gelijk aan 1.

De reductiefunctie voor P is analoog aan de reductiefunctie voor N volgens Janssen (1984):

$$r_{f_{mi}, CP} = \begin{cases} 1 & \text{for } CP_s \leq CP_{mo} \\ 1 - \frac{CP_s - CP_{mo}}{DA_{mo} \cdot CP_{mo}} & \text{for } CP_{mo} < CP_s < (1 + DA_{mo}) \cdot CP_{mo} \\ 0 & \text{for } CP_s \geq (1 + DA_{mo}) \cdot CP_{mo} \end{cases} \quad (6)$$

hierin is  $CP_{mo}$  de C/P ratio van de micro-organismen die het substraat afbreken (-),  $CP_s$  is de C/P ratio van het substraat (vers strooisel ( $\xi=fl$ ), oud strooisel ( $\xi=lt$ )) en  $DA_{mo}$  is de dissimilatie/assimilatie ratio van de micro-organismen (-).  $CP_{mo}$  (waarde is 67) is gerelateerd aan de C/P-ratio in schimmels die verantwoordelijk zijn voor de mineralisatie van strooisel (Janssen, 1983).

### 2.2.2 'Oplossen'/desorptie:

Desorptie vindt deels plaats via een snelle reversibele ( $P_{de}$ ) reactie en deels via een langzame reactie ( $P_{de,s}$ ) (Schoumans & Groenendijk, 2000). De snelle reactie wordt beschreven middels een Langmuir vergelijking. Wanneer een evenwicht verondersteld wordt kan de P-concentratie berekend worden volgens (analoog aan de berekeningen van  $[SO_4^{2-}]$  in SMART):

$$P_{ads} = \frac{P_{ads, mx} \cdot [H_2PO_4^-]}{C_{1/2} + [H_2PO_4^-]} \quad (7)$$

Hierin is  $P_{ads}$  de hoeveelheid geadsorbeerd P ( $mmol\ kg^{-1}$ ) en  $P_{ads, mx}$  is de maximale P adsorptiecapaciteit ( $mmol\ kg^{-1}$ ). Voor kalkarme zandgronden geldt dat  $ctP_{ads, mx}$  gelijk is aan 1/6 van de hoeveelheid oxalaat-extraheerbaar ijzer en aluminium (=AlFe<sub>ox</sub> in  $mmol\ kg^{-1}$ ).  $C_{1/2}$  is de half-verzadigingsconstante ( $mol_c\ m^{-3}$ ). Deze is gelijk aan 1/K waarin  $K$  = adsorptieconstante ( $m^3\ mol^{-1}$ ) (= 35 in kalkarme zandgronden).

De evenwichtsconcentratie uit de vorige tijdstap wordt gebruikt in de Freundlich vergelijking om de langzame desorptie ( $P_{de,s}$ ) te berekenen:



$$P_{des} = k_{dif} \cdot (K_F [H_2PO_4^-]^N - P_{adso}) \quad (8)$$

waarin  $P_{adso}$  is de hoeveelheid geadsorbeerd P in de vorige tijdstap ( $\text{mmol kg}^{-1}$ ),  $K_F$  is de Freunlichsorptiecoëfficiënt ( $(\text{m}^3 \text{mol}^{-1})^{1/N} \text{mmol kg}^{-1}$ ),  $N$  is de Freundlich exponent (-),  $a$  is de diffusie of precipitatie snelheidsconstante ( $\text{j}^{-1}$ ) en  $C$  is de ortho-P concentratie ( $\text{mol m}^{-3}$ ).

Bij kalkloze zandgronden is 1/3 deel van  $P_{ox}$  reversibel gebonden en komt gemakkelijk vrij en 2/3 deel komt langzaam vrij. In STONE is de parameterisatie voor kalkloze zandgronden aangehouden, omdat er voor de overige gronden te weinig data beschikbaar zijn. Vooralsnog is dezelfde parameterisatie als in STONE aangehouden, maar in de dataset van het vitaliteitmeetnet zijn gegevens beschikbaar waarmee het mogelijk is ook voor andere bodemtypen adsorptieconstanten af te leiden. Momenteel is de adsorptieconstante onafhankelijk van pH en grondwaterstand.

### 2.2.3 Verwerking en P-beschikbaarheid

De verwerking wordt berekend uit de verhouding van P en BC2 in mineralen. Op de BC2-verwerking wordt een factor gezet die gelijk is aan de verhouding P/BC2.

De P-beschikbaarheid ( $tP_{uptmx}$ ) ( $\text{mol}_c \text{m}^{-2}$ ) is nu gedefinieerd als:

$$tP_{uptmx} = P_{mi} + (P_{des} + P_{we}) \cdot thick \quad (9)$$

hierin is  $P_{mi}$  is de P-mineralisatie,  $P_{des}$  de P desorptie uit de langzame fractie,  $P_{we}$  de P-verwerking en  $thick$  de dikte van het bodemcompartiment dat doorgerekend wordt.

## 2.3 Aansluiting STONE

Voor de landgebruikverandering zijn voor SMART2 3 nieuwe landgebruiktypen toegevoegd die nodig zijn voor de initialisatie van voormalige landbouwgronden. Deze landgebruiktypen komen overeen met de landgebruikindeling van STONE: maïs, bouwland en grasland. Daarnaast is de aansluiting van SMART2 bij STONE op twee plaatsen terug te vinden. Ten eerste sluit de procesformulering volledig aan, echter met één belangrijk verschil dat in STONE de bodem in meerdere compartimenten verdeeld is terwijl in SMART2 de bodem uit één laag bestaat.

Op de tweede plaats sluit SMART2 aan bij STONE doordat uitvoer van STONE gebruikt wordt als invoer voor SMART2. Uit STONE kunnen jaarbalansen uitgevoerd worden voor verschillende diepten. Voor de aansluiting met SMART2 is uitvoer van het jaar 2000 gebruikt voor 3 verschillende dieptes: 0-30 cm, 0-60 cm en 0-100 cm. Dit zijn dieptes waarmee met SMART2-SUMO vaak gerekend wordt, aangezien op die dieptes vaak bodemvochtgehalten gemeten worden. In Tabel 2

staan de variabelen die voor de aansluiting met SMART2 uit de jaarbalansfiles van STONE komen. De resultaten van berekeningen voor heel Nederland zijn gebruikt om organische stof gehalte, N-gehalte en P-gehalte in de organische stof te bepalen. Daartoe zijn deze drie variabelen geclusterd per SMART2-bodem en landgebruiktype van voormalige landbouwgronden (maïs (MAI), bouwland (ARA) en grasland (GRL)) waarna de mediaan van het organische stof gehalte, het N-gehalte en het P-gehalte hierin per klasse is bepaald. In STONE wordt gerekend met een vast percentage (58%) voor het C-gehalte. Voor de hoeveelheid geadsorbeerd P zijn de resultaten uit STONE gebruikt, maar dan niet geclassificeerd per bodemtype maar als ruimtelijk bestand. Dit is gedaan omdat de P-verzadigingsgraad van de bodem onder andere sterk afhankelijk is van de bemesting in het verleden en die kan regionaal nogal verschillen. De AlFe-voorraad in de bodem wordt gebruikt om de adsorptiecapaciteit te bepalen. Het Al- en Fe-oxalaatgehalte zijn afkomstig van het Bodemkundig Informatie Systeem en volgens de STONE-schematisatie ruimtelijk verdeeld (zie Kroon et al., 2001). Deze ruimtelijke verdeling die, voor STONE exact hetzelfde is, is gebruikt als invoer voor SMART2.

Tabel 2 Variabelen uit de jaarbalans van STONE die zijn gebruikt voor de berekening van invoerparameters voor SMART2

Naam	Omschrijving	Eenheid
<i>algemeen</i>		
IPL	Number of plot	-
CHBAL	Vertical profile	-
WALEAV	average groundwater level	m
<i>voor landgebruikverandering</i>		
BAOMST(2)	Solid organic matter, end	kg ha <sup>-1</sup>
BAOMST(4)	Solid humus, end	kg ha <sup>-1</sup>
BANOST(4)	Solid organic N, end	kg ha <sup>-1</sup>
BAPOST(4)	Solid organic P, end	kg ha <sup>-1</sup>
<i>voor P-inbouw</i>		
BAPPST(4)	PO <sub>4</sub> -P at soil complex, end	kg ha <sup>-1</sup>
BAPPST(6)	PO <sub>4</sub> -P precipitated, end	kg ha <sup>-1</sup>
<i>voor afvoer naar oppervlaktewater</i>		
BAWAOU(3)	Surface runoff	mm
BAWAOU(4)	Discharge towards 3 <sup>rd</sup> order drainage system	mm
BAWAOU(5)	Discharge towards 2 <sup>nd</sup> order drainage system	mm
BAWAOU(6)	Discharge towards 1 <sup>st</sup> order drainage system	mm
BAWAOU(7)	Downward flux across lower boundary	mm
BANHOU(3)	Surface runoff of NH <sub>4</sub> -N	mm
BANHOU(4)	Discharge NH <sub>4</sub> -N towards 3 <sup>rd</sup> order drainage system	mm
BANHOU(5)	Discharge NH <sub>4</sub> -N towards 2 <sup>nd</sup> order drainage system	mm
BANHOU(6)	Discharge NH <sub>4</sub> -N towards 1 <sup>st</sup> order drainage system	mm
BANHOU(7)	Downward flux NH <sub>4</sub> -N across lower boundary	mm
BANIOU(4)	Surface runoff NO <sub>3</sub> -N	mm
BANIOU(5)	Discharge NO <sub>3</sub> -N towards 3 <sup>rd</sup> order drainage system	mm
BANIOU(6)	Discharge NO <sub>3</sub> -N towards 2 <sup>nd</sup> order drainage system	mm
BANIOU(7)	Discharge NO <sub>3</sub> -N towards 1 <sup>st</sup> order drainage system	mm
BANIOU(8)	Downward flux NO <sub>3</sub> -N across lower boundary	mm
BAPPOU(3)	Surface runoff PO <sub>4</sub> -P	mm
BAPPOU(4)	Discharge PO <sub>4</sub> -P towards 3 <sup>rd</sup> order drainage system	mm
BAPPOU(5)	Discharge PO <sub>4</sub> -P towards 2 <sup>nd</sup> order drainage system	mm
BAPPOU(6)	Discharge PO <sub>4</sub> -P towards 1 <sup>st</sup> order drainage system	mm
BAPPOU(7)	Downward flux PO <sub>4</sub> -P across lower boundary	mm
<i>ter controle</i>		
BAOMOU(10)	Dissimilation of organic matter	kg ha <sup>-1</sup>
BAOMOU(11)	Dissimilation of humus	kg ha <sup>-1</sup>
BANHIN(6)	NH <sub>4</sub> -N released by mineralisation	kg ha <sup>-1</sup>
BANIIN(6)	NO <sub>3</sub> -N released by nitrification	kg ha <sup>-1</sup>
BANIOU(9)	Denitrification	kg ha <sup>-1</sup>
BANOOU(7)	Mineralisation of organic-N	kg ha <sup>-1</sup>
BANIST(2)	NO <sub>3</sub> -N in soil moisture, end	kg ha <sup>-1</sup>
BANHST(2)	NH <sub>4</sub> -N in soil moisture, end	kg ha <sup>-1</sup>
BAPPST(2)	PO <sub>4</sub> -P in soil moisture, end	kg ha <sup>-1</sup>
BAPPIN(6)	PO <sub>4</sub> -P released by mineralisation	kg ha <sup>-1</sup>
BAPOIN(6)	Org-P released by immobilisation	kg ha <sup>-1</sup>
BAPOOU(7)	Mineralisation of organic P	kg ha <sup>-1</sup>



### 3 Modelaanpassing SUMO

In navolging van de inbouw van de simulatie van de P-huishouding in de bodem door SMART2 is de simulatie van de P-huishouding in de vegetatie door SUMO2 ingebouwd. Een groot deel van de simulatie van P loopt analoog aan de modellering van de N-huishouding. De formulering van de N-huishouding is op belangrijke punten gewijzigd zoals beschreven in Wamelink et al. (2000). Deze wijzigingen worden ook in dit rapport besproken. Er is een subroutine aan SUMO toegevoegd (Popname.for), waarin de fosfaatopname wordt berekend. Daarnaast zijn er veranderingen opgetreden in de subroutine die groei berekent (biomass.for), in de subroutine waarin naast het N-gehalte nu ook het P-gehalte wordt berekend (CNverh.for) en de effecten van begrazing wordt berekend (animal.for). De veranderingen worden hieronder beschreven, waarbij in paragrafen wordt ingegaan op de veranderingen in de subroutines. Figuur 2 geeft een stroomschema van P in SUMO.

#### ***N-huishouding***

Door toevoeging van de modellering van de P huishouding aan SUMO2 bleken een aantal problemen met de modellering van de N-huishouding in SUMO2 op te treden. Dit vroeg om een herformulering van delen van de N-modellering. Dit heeft geleid tot een versimpeling van de berekening van de N-opname door de wortels en een verbetering van de berekening van het N-gehalte van de vegetatie. Eerst zal hier de algemene gedachtenlijn achter de nieuwe N en P formulering worden beschreven.

#### ***Algemene gedachtenlijn voor veranderingen in N en inbouw P***

In de nieuwe versie van SUMO2 wordt de door SMART2 berekende N- en P-beschikbaarheid verdeeld over de vijf functionele typen op basis van de wortelbiomassa. De opname wordt gelimiteerd door het product van de potentiële groeisnelheid en het maximale stikstofgehalte. Op basis van de eventueel gecorrigeerde N-opname wordt de groeifactor berekend. In de versie zonder P wordt de factor vermenigvuldigd met de potentiële groeisnelheid, hetgeen uiteindelijk de actuele groei oplevert (formule 12). De groeifactor wordt achteraf gecorrigeerd, deze correctie wordt verder besproken bij de P-modellering. In de versie met P-modellering wordt op gelijke wijze als hierboven ook de potentiële factor op basis van de P-opname berekend (formule 13 en 14). De actuele groei is dan het product van de factoren voor P en N en de potentiële groei (zie formule 15). Hierdoor beperken zowel N als P de groei. Alleen in zeer extreme gevallen, waar er veel meer N dan P, of omgekeerd, opgenomen wordt zal een van beide factoren 1 naderen, waardoor alleen de andere stof de groei beperkt. De eerste resultaten laten zien dat dit bijna nooit het geval zal zijn en dat er dus bijna altijd sprake is van co-limitatie.

De opgenomen hoeveelheid N en P worden zowel gebruikt voor groei als voor het realiseren van een stikstof- en fosfaatgehalte. De actuele groei wordt berekend volgens een Michaelis Menten vergelijking (zie formule 13, 14 en 15), waarbij de opgenomen N en P wordt geïnvesteerd in groei en een verhoging van het N- en P-

gehalte ten opzichte van een minimum N- en P-gehalte (zowel het minimum als maximum N- en P-gehalte worden ingelezen uit een database). Door deze formulering neemt het stikstof- en fosfaatgehalte lineair toe van het minimum naar het maximum. Verder bleek dat het N-gehalte relatief snel naar het maximum liep en het model daardoor, in vergelijking met gemeten waarden in het veld, te hoge N-gehalten berekende. In de voor P aangepaste versie wordt daarom het N-gehalte niet meer berekend als de opgenomen hoeveelheid N gedeeld door de groei (en verrekend met de eventueel al aanwezige biomassa) maar ook op basis van een Michaelis Menten achtige vergelijking. Het N- en ook P-gehalte loopt nu veel langzamer naar het maximum. Het N- en P-gehalte wordt hierdoor lager dan eerst geschat op basis van de opname volgens de wortelbiomassa. Er blijft dus eigenlijk N en P over die 'teruggeven' worden aan de bodem. De correctie op het N- en P-gehalte wordt ook gebruikt om teveel opgenomen N en P op basis van de groeifactoren af te voeren (formule 14). Dit teveel ontstaat doordat bijna altijd zowel N als P de groei beperken. Dit betekent dat er relatief teveel N wordt opgenomen, omdat ook P de groei beperkt en omgekeerd. De overtollig opgenomen N en P zouden beschikbaar moeten zijn voor de overige functionele typen, deze zouden deze N en P immers nog wel op kunnen nemen en groei realiseren. Echter er is voor gekozen om deze relatief ingewikkelde terugkoppeling niet op te nemen. De N en P worden 'teruggegeven' aan de bodem.

### 3.1 P-opname

Voor de berekening van de P-opname door de vegetatie is een nieuwe subroutine aan SUMO toegevoegd (Popname.for). Deze subroutine is geheel analoog aan de aangepaste subroutine die de N-opname berekent. De aanwezige P in de bodem die beschikbaar is voor de plant wordt in SMART2 berekend en doorgegeven aan SUMO2. Op basis van de wortelbiomassa van de functionele typen wordt de beschikbare P evenredig verdeeld over de vijf functionele typen (formule 10). De werkelijke opname wordt berekend door de opnamefactor te vermenigvuldigen met de P-beschikbaarheid (formule 11). De opname wordt per functioneel type beperkt door de maximale opname. De maximale opname wordt berekend als het product van de potentiële groeisnelheid van elk functioneel type en het maximale P-gehalte. Het maximale P-gehalte ligt vast en wordt ingelezen uit een file, tegelijk met o.a. het maximale N-gehalte (uit de file paramete.txt en boomparamete.txt voor de bomen; zie bijlage 2). Het minimale en maximale P-gehalte is gebaseerd op literatuur gegevens (zie bijlage 3 en 4).

$$k_{op(l)} = \frac{B_{w(l)}}{\sum_{l=1,5} B_{w(l)}} \quad (10)$$

$$P_{op(l)} = k_{op(l)} * P_{bes} \quad (11)$$

met  $k_p$  = opnamefactor,  $B_w$  = biomassa wortel (ton/ha),  $l$  = functioneel type,  $Pop$  = fosfaatopname (ton/ha),  $P_{bes}$  = fosfaat beschikbaarheid (ton/ha)

### 3.2 P-limitatie

Een van de redenen om de P-huishouding toe te voegen aan SMART2-SUMO2 was om de ontwikkelingen op P-gelimiteerde gronden te kunnen simuleren. Op deze gronden wordt de groei van de vegetatie niet (alleen) geremd door N, maar ook door P. Om deze reden heeft er een aanpassing plaatsgevonden in de berekening van de groei van de vegetatie. Tot nu toe werd de biomassagroei (per functioneel type) berekend volgens formule (12). Om de groei ook afhankelijk te maken van de P-beschikbaarheid waren er twee manieren denkbaar. Ten eerste kan er bepaald worden bij welke N/P verhouding het 'omslagpunt' van N-limitatie naar P-limitatie ligt. Ten tweede omdat uit bemestingsproeven blijkt dat bijna altijd co-limitatie optreedt kan echter ook voor een andere benadering gekozen, waarbij de groei van zowel van N als P afhankelijk wordt gemaakt. Het nadeel van de eerste methode is dat moeilijk te bepalen is wanneer de vegetatie N of P beperkt is. Vuistregels zijn hiervoor weliswaar beschikbaar, maar de verhouding waarbij de omslag ligt lijkt standplaatsafhankelijk. Verder is het niet duidelijk of de N/P in de bodem of in de plant als maatstaf moet dienen. Om deze problemen te voorkomen is gekozen voor de tweede. Deze methode heeft ook als belangrijk voordeel dat er geen plotselinge overgang wordt gecreëerd (ene jaar N-beperkt, volgend jaar P-beperkt) wat tot ongewenste effecten kan leiden. Er kunnen hierdoor grote sprongen ontstaan in bijvoorbeeld N- en P-opname bij een verandering van limiterende stof. De actuele groei is nu het product van de potentiële groei op basis van zowel de N-opname als de P-opname (formule 15). In formule 13 wordt de berekening van de ongecorrigeerde groeifactor voor fosfaat weer gegeven. De factor voor stikstof wordt op dezelfde wijze berekend. Omdat de groeifactor voor fosfaat ( $fP_{corr}$ ) maximaal 1 moet kunnen worden is er een correctiefactor nodig. Anders zou de maximale factor in het geval van fosfaat  $P_{max}/(P_{max} + P_{min})$  bedragen (met  $P_{max}$  = het maximale fosfaatgehalte en  $P_{min}$  het minimale fosfaatgehalte). De correctiefactor wordt weergegeven in formule (14). Omdat in het verleden bleek dat het stikstofgehalte door deze formulering vrij snel naar het maximum toe liep wordt tegelijkertijd hiervoor gecorrigeerd. Net als voor de berekening van de actuele biomassagroei wordt hiervoor gebruik gemaakt van een Michaelis-Menten achtige vergelijking.

Als er besloten wordt om bijvoorbeeld ook het effect van kalium op de groei te gaan simuleren kan hiervoor modeltechnisch makkelijk een extra term worden ingevoegd in formule 15, analoog aan de termen voor N en P. Dit betekent echter wel dat de parameterisatie opnieuw zou moeten worden aangepast.

$$G_{L=1,5} = G_{pot_{L=1,5}} \cdot \left\{ \frac{N_{op_{L=1,5}}}{N_{op_{L=1,5}} + (G_{pot_{L=1,5}} \cdot N_{min_{L=1,5}})} \right\} \quad (12)$$

$$f_{P_{L=1,5}} = \frac{P_{op_{L=1,5}}}{P_{op_{L=1,5}} + (G_{pot_{L=1,5}} \cdot P_{min_{L=1,5}})} \quad (13)$$

$$f_{P_{corr_{l=1,5}}} = f_{P_{l=1,5}} \cdot \left( \frac{G_{pot_{l=1,5}} * P_{max_{l=1,5}} + G_{pot_{L=1,5}} * P_{min_{l=1,5}}}{G_{pot_{l=1,5}} * P_{max_{l=1,5}}} \right) \quad (14)$$

$$G_{l=1,5} = G_{pot_{l=1,5}} \cdot f_{P_{corr_{l=1,5}}} \cdot f_{N_{corr_{l=1,5}}} \quad (15)$$

met  $G$  = groei (ton/ha),  $G_{pot}$  = potentiële groei (ton/ha),  $N_{op}$  = N-opname (ton/ha),  $N_{min}$  = minimaal N-gehalte,  $f_p$  = fosfaat opname factor,  $P_{op}$  = P-opname (ton/ha),  $P_{min}$  = minimaal P-gehalte,  $L$  = functioneel type,  $f_{p_{corr}}$  = gecorrigeerde fosfaat opname factor

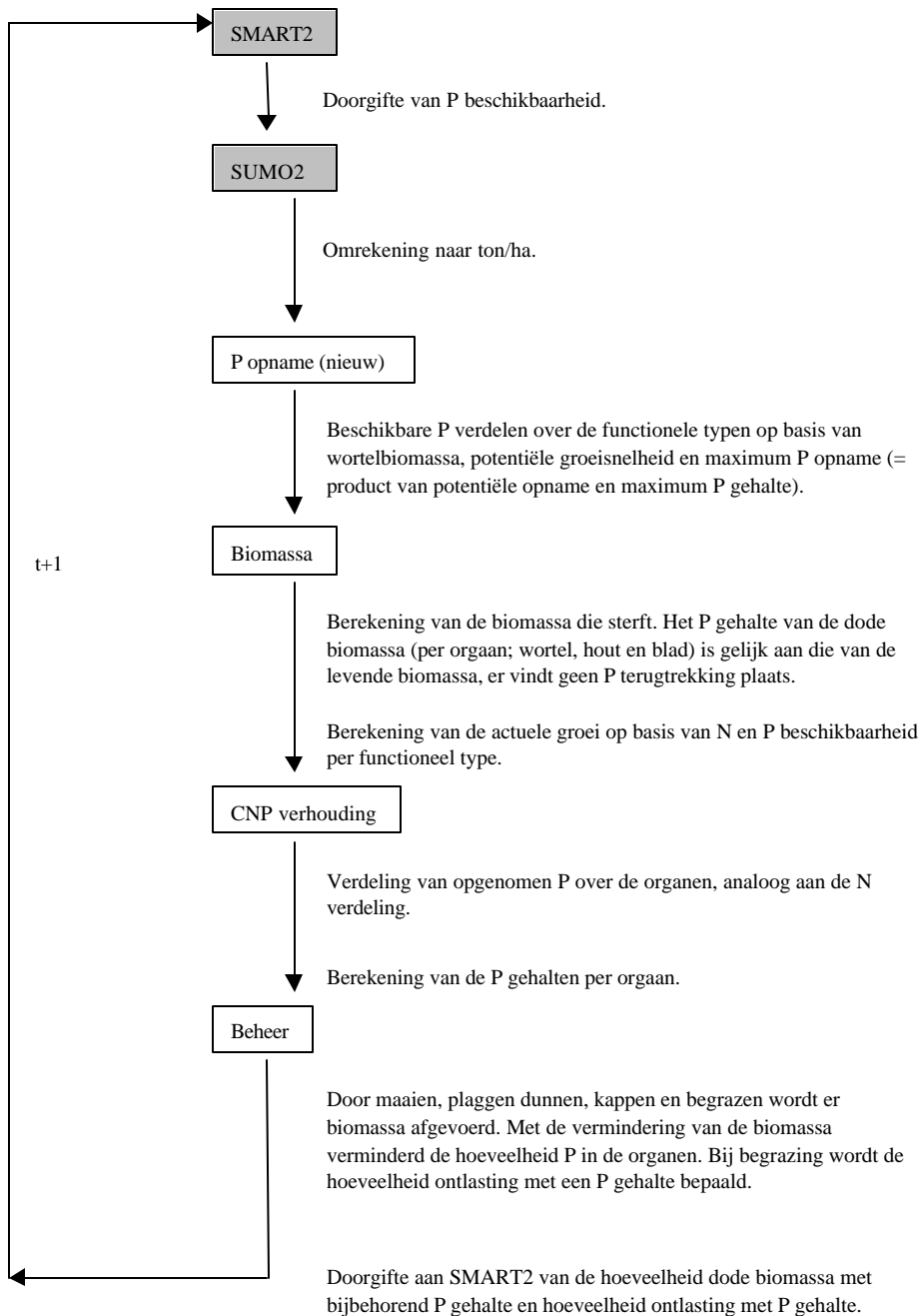
### 3.3 P-gehalte

De daadwerkelijk opgenomen P wordt verdeeld over organen volgens dezelfde verdeelsleutel als de verdeling van N over de organen. Omdat deze verdeling afwijkt van de verdeling van de biomassa over de organen ontstaan er verschillende P-gehaltenes en dus ook N/P verhoudingen in de organen. Per orgaan wordt een P-voorraad bijgehouden, het P-gehalte wordt eenvoudig berekend door de P-voorraad te delen door de biomassa. Net als voor N wordt de P-voorraad minder als gevolg van beheer (zie paragraaf 3.4) en sterfte. Anders dan voor N wordt er bij sterfte geen P teruggetrokken (reallocatie) uit de dode delen. Dit betekent o.a. dat het vers gevallen strooisel hetzelfde P-gehalte heeft als het orgaan waar het vandaan komt.

### 3.4 Beheer

Het opgelegde beheer heeft invloed op de P-huishouding. Bij maaien wordt er P met biomassa afgevoerd en uit het systeem verwijderd. Hetzelfde geldt voor het plagen van de vegetatie, dunnen en kappen. Bij begrazing wordt de gegeten P afgevoerd, maar komt voor een deel weer terug in het systeem via mest. In de meeste gevallen betekent beheer dus het afvoeren van fosfaat, geheel analoog aan de modellering van stikstof (zie Wamelink et al. 2000, 2001b).





*Figuur 2. Stroomschema van de processen in SUMO2 waar fosfaat een rol speelt. Omliggende tekstblokken geven de naam van een programma onderdeel, een grijze ondergrond geeft aan dat het om een modelnaam gaat, in de andere gevallen om een subroutine van SUMO2. Onder de subroutines staan de belangrijkste processen kort beschreven*



## 4 Plausibiliteitstest

Voor de plausibiliteitstest van SMART2 en SUMO2 is een dataset met gegevens van het bosvitaliteitsmeetnet (Leeters en De Vries, 2001) en een chronosequentie van bossen op voormalige landbouwgrond rond Sellinger (Oost-Groningen) gebruikt (Wamelink et al., 2001a). Daarnaast is een grote set literatuurgegevens (Bijlage 4) gebruikt voor het toetsen van de gesimuleerde bladgehalten door SUMO2.

De dataset van het vitaliteitmeetnet bevat bossen op verschillende locaties in Nederland, van een verschillende leeftijd en met een verschillende boomsoort. In 1995 zijn in deze bossen o.a. pH, fosfaat en nitraat gehalten in het bodemcompartiment 0-30 cm, en de N- en P-gehalten in het blad van de bomen gemeten. Met SMART2 en SUMO2 zijn de bodem pH en de gehalten gesimuleerd voor 1995 op basis van generieke invoer voor bodem- en vegetatieparameters. De bodemtypen en vegetatietypen zelf zijn wel van de locatie. De gebruikte initiële biomassa en N-gehalten zijn de standaard waarden in SUMO2 voor een landelijke toepassing. De simulatie is gestart in 1975, er is dus een run van 20 jaar uitgevoerd. De database bevat een aantal bossen die na 1975 zijn aangeplant, deze zijn niet meegenomen in de simulatie. Verder zijn er een aantal bossen waar geen standaard emissiegegevens en/of bodemgegevens aanwezig zijn. Ook deze zijn niet meegenomen in de simulatie. Hierdoor bleven er 176 sites over van overwegend jonge bossen. Voor bossen jonger dan 5 jaar is niet de initiële biomassa genomen voor bossen die in de categorie < 40 jaar vallen, maar de initiële biomassa van een net aangeplant bos. Het bosbeheer bestaat uit regulier bosbeheer (dunnen), echter daar waar oude bossen daardoor in de simulatieperiode zouden worden gekapt is gekozen voor natuurlijk bosbeheer (elke 10 jaar dunnen, zonder eindkap). De modelvoorspelling is uitgevoerd voor het 30 cm bodemcompartiment. De gesimuleerde en gemeten waarden zijn met elkaar vergeleken door middel van frequentieverdelingen en performance waarde (NAE, formule 16; normalized average error en NRMSE, formule 17; normalized root mean square error), Zie Janssen en Heuberger (1995):

$$NAE = \frac{\bar{P}_i - \bar{O}_i}{\bar{O}_i} \quad (16)$$

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}}{\bar{O}_i} \quad (17)$$

Waarin *NAE* (-) de Normalised Average Error betreft, *NRMSE* (-) de Normalised Root Mean Square Error,  $P_i$  is de gemodelleerde waarde,  $O_i$  de meting,  $\bar{O}$  en  $\bar{P}$  betreffen de gemiddelde waarden van betreft een absolute indicator voor de verschillen tussen modeluitkomsten en metingen en doet geen uitspraak over onder-

of overschatting. Voor een optimale overeenkomst geldt dat zowel de *NAE* als de *NRMSE* nul zijn. respectievelijk de meting en de gemodelleerde waarde. De *NAE* maakt een vergelijking op basis van het gemiddelde en geeft dus een globale indruk of er sprake is van een overschatting ( $NAE > 0$ ) of een onderschatting ( $NAE < 0$ ). De *NRMSE*

De literatuurgegevens die verkregen zijn bij het literatuuronderzoek om de minimum en maximum gehalten van fosfaat in de vegetatie te schatten (zie bijlage 4) zijn ook gebruikt voor een vergelijking met de door SMART2-SUMO2 gesimuleerde P-gehalten en N/P ratio's. De literatuurwaarden zijn gemeten in heel Nederland en over een lange periode. Met SMART2-SUMO2 zijn de N- en P-gehalten gesimuleerd voor de standaard testset en is uit beide gehalten de N/P ratio berekend. Van zowel de literatuurgegevens als de gesimuleerde gegevens is een frequentieverdeling gemaakt voor P-gehalten en N/P ratio in het blad. Deze frequentieverdelingen zijn met elkaar vergeleken. Hiervoor zijn alleen de berekende waarden en de literatuurwaarden voor blad gebruikt, maar wel voor alle functionele typen.

## **4.1 Overgang landbouw naar natuur**

Om de organischestofdynamiek in SMART2 te testen is SMART2-SUMO2 toegepast op een locatie waar bos is aangeplant op voormalige landbouwgrond. In de buurt van Sellingeren, Oost-Groningen, zijn in het verleden bossen aangeplant op voormalige landbouwgrond. In het kader van het EU-project MEMO zijn bossen van verschillende leeftijden bemonsterd en onder andere geanalyseerd op organische stof gehalte, C- en N-pools en bodemvochtconcentraties. Op deze manier was het mogelijk inzicht te krijgen in de ontwikkeling van organische stof in de tijd als gevolg van omzetting van landbouw naar natuur.

### **4.1.1 Koolstof- en stikstofpools**

De gemeten koolstof- en stikstofpools, de dikte van de strooisellaag en de biomassa zijn gebruikt om de organischestofdynamiek in het model te toetsen. Daarnaast zijn ook de gemeten pH, nitraat ( $NO_3$ ) en fosfaat ( $PO_4$ ) concentraties vergeleken met de modelresultaten. De spreiding in de metingen van de organische C- en N-pools is groot (Tabel 3), waardoor het moeilijk is een trend waar te nemen. Er is verondersteld dat de uitgangssituatie voor alle bossen gelijk is, maar door ontwikkelingen in de landbouw en depositie gedurende de laatste 90 jaar is het aannemelijk dat op moment van aanplant de initiële situaties niet gelijk waren. Bij de modelberekeningen is echter wel uitgegaan van identieke uitgangssituaties. Voor elke leeftijd is een aparte run uitgevoerd vanwege het verloop in de depositie. Alle runs werden geïnitieerd met de organische pools uit het 0-jarig stadium, op basis van een akkerbouwgrond in de buurt van de bossen.

De gemodelleerde C- en N-pools (zie Tabel 3) zijn veel lager dan de gemeten pools. Dit kan enerzijds komen doordat initieel een te lage hoeveelheid organische stof is

aangenomen, doordat de gemeten hoeveelheid organische stof in het 0-stadium laag was. Anderzijds kan de oorzaak van de te laag gemodelleerde pools de procesbeschrijving in SMART2 zijn. In SMART2 wordt in principe alle organische stof afgebroken (1<sup>e</sup>-orde proces). In werkelijkheid zal een deel van de organische stof niet afbreken (refractory organic matter). Het model voorspelt eerst een afname van de C- en N-pools en later een toename van deze pools. De afname van beide pools in het begin kan volledig worden toegeschreven aan de afbraak van de organische stof in de voormalige landbouwgrond. De berekende C- en N-pools worden groter doordat door toenemende biomassa en bladval een strooisellaag gevormd wordt, die ook meegerekend wordt bij de C- en N-pools. Bij het 86-jarig stadium echter, zijn zowel de gemeten als de gesimuleerde C- en N-pools weer lager dan in het 29-jarig stadium. Dit komt doordat in het 86-jarig stadium de organische stof uit de voormalige landbouwgrond is afgebroken en in de stadium de pools (bijna) volledig bestaan uit organische stof die afkomstig is van de strooiselproductie. De biomassaproductie en de berekende dikte van de strooisellaag komen wel goed overeen met de metingen (Tabel 3).

*Tabel 3 Gemeten en gemodelleerde organisch materiaal en biomassa voor bossen van verschillende leeftijden rond Sellingen*

	Organisch C (ton C ha <sup>-1</sup> )	Organisch N (kg N ha <sup>-1</sup> )	Dikte strooisellaag (cm)	Biomassa (ton ha <sup>-1</sup> )
<i>11-jarig stadium</i>				
meting <sup>1)</sup>	119-172	6998-10585	1-2	29
model	105	4288	2	22
<i>22-jarig stadium</i>				
meting	257	12936	2	44
model	101	4095	3	48
<i>29-jarig stadium</i>				
meting <sup>1)</sup>	212-221	10829-11376	3	67
model	105	4110	4	64
<i>86-jarig stadium</i>				
meting	203	5597	7	117
model	117	3590	6	159

1) Van dit stadium zijn 2 bossen bemonsterd

## 4.1.2 Bodemvochtconcentraties

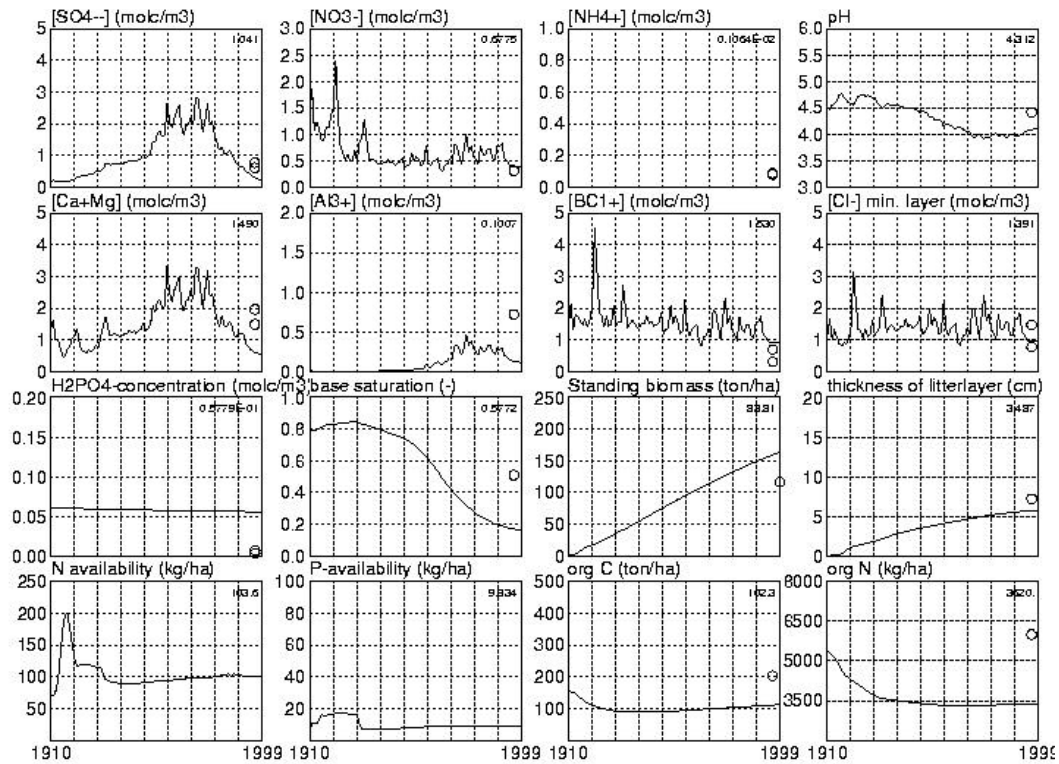
Belangrijk voor de natuurontwikkeling is de ontwikkeling in nutriëntenbeschikbaarheid en de zuurgraad. Nitraatconcentraties in het bodemvocht geven een indicatie over hoe goed de N-huishouding gesimuleerd wordt.

Tabel 4 Gemeten en gemodelleerde bodemvochtconcentraties voor bossen van verschillende leeftijden rond Sellingen

	pH	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
	-	mol <sub>e</sub> m <sup>-3</sup>	mol <sub>e</sub> m <sup>-3</sup>
<i>11-jarig stadium</i>			
meting <sup>1)</sup>	4.9-5.0	0.03-1.00	0.01
model	4.5	1.02	0.08
<i>22-jarig stadium</i>			
meting	4.8	0.51	0.01
model	4.5	0.64	0.04
<i>29-jarig stadium</i>			
meting <sup>1)</sup>	4.3-5.3	0.53-2.80	0.00
model	4.4	0.48	0.06
<i>86-jarig stadium</i>			
meting	4.4	0.31	0.00
model	4.1	0.41	0.06

1) Van dit stadium zijn 2 bossen bemonsterd

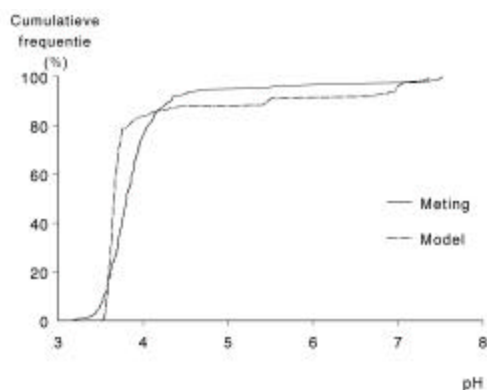
Uit Tabel 4 blijkt dat nitraatconcentraties vrij goed gesimuleerd worden. De stikstofbeschikbaarheid neemt kort na het uit gebruik nemen van landbouwgrond eerst sterk toe (plaatje links onder in Figuur 3). Dit komt doordat veel stikstof mineraliseert uit de organische stof uit de landbouwgrond. Na zo'n 20 jaar is de N-beschikbaarheid met 100 kg ha<sup>-1</sup> teruggelopen en blijft gedurende de hele run ongeveer hetzelfde niveau. Voor de P-beschikbaarheid geldt ongeveer hetzelfde, al ligt het niveau veel lager; van 20 kg ha<sup>-1</sup> in het begin tot 10 kg ha<sup>-1</sup> aan het eind. De gesimuleerde fosfaatconcentraties zijn hoger dan de gemeten concentraties. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door te lage P-opname door de vegetatie. De gesimuleerde P-gehalten in de vegetatie zijn lager dan de gemeten (zie paragraaf 4.3). Een andere mogelijkheid om de P-concentraties in het bodemvocht beter te voorspellen is de parameterisatie van de adsorptieconstanten. Er wordt een evenwicht verondersteld met de geadsorbeerde hoeveelheid P. Aanpassing van de adsorptieconstanten zal daarom waarschijnlijk een groter effect hebben op de gesimuleerde P-concentraties dan een verhoging van de P-opname. De zuurgraad loopt terug met ongeveer een halve eenheid, van 4.5 naar 4.0. De metingen laten dit ook zien zij het dat de gemeten pH circa 0.3 hoger ligt dan de gesimuleerde (Tabel 4).



Figuur 3 Simulatie met SMART2-SUMO2 van bodemvochtconcentraties en organische stof van het 86-jarig stadium van de bossen rond Selligen

## 4.2 Bodemvochtconcentraties

De cumulatieve frequentieverdeling van de gesimuleerde pH-waarden komt goed overeen met die van de gemeten pH in bodemvocht (Figuur 4). Er is echter een aantal punten waarbij het model steeds een pH van rond de 7 voorspelt, terwijl lagere pH's waargenomen zijn. Dit komt doordat op die punten een ten onrechte kalkrijke bodem verondersteld is en dan berekent SMART2 altijd een pH van rond de 7. Aan de andere kant worden lagere pH-waarden enigszins onderschat door het model. Voor zo'n 80% van de lokaties berekent het model een pH van circa 3.7 terwijl de metingen een range vertonen van 3 tot 4.5. De gesimuleerde pH vertoont minder spreiding dan de gemeten, doordat bij de modelparameterisatie slechts rekening wordt gehouden met een beperkt aantal bodemtypen en vegetatietypen en dat binnen de betreffende klasse met een gemiddelde parameterinstelling wordt gerekend.



Figuur 4. Cumulatieve frequentieverdeling voor de in het veld gemeten en de gemodelleerde pH in de bodem

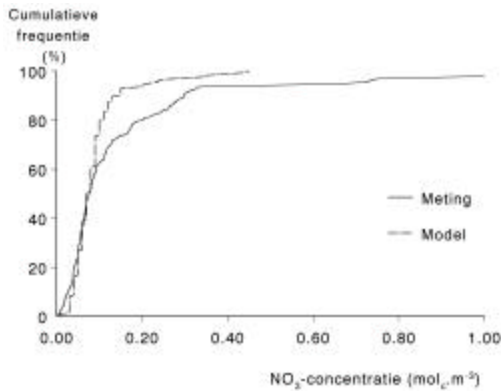
De berekende NAE en NRMSE geven aan dat de gemeten waarden gemiddeld genomen vrij goed worden voorspeld. Het grote verschil tussen beide waarden geeft echter aan dat de spreiding (i.e. afwijkingen op het niveau van individuele punten) vrij groot is en dat 18% van de simulaties een vrij grote afwijking vertoont (Tabel 5). Voor de pH geldt dat deze zowel gemiddeld als wat betreft de spreiding vrij goed worden gemodelleerd (zowel de NAE als de NRMSE vrijwel 0). De gemiddelde  $\text{NO}_3$  concentratie wordt enigszins onderschat ( $\text{NAE} < 0$ ) en er is sprake van een behoorlijke spreiding. Voor  $\text{PO}_4$  is echter sprake van zowel een substantiële overschatting op het niveau van het gemiddelde ( $\text{NAE} \gg 0$ ) als van een substantiële afwijkingen op het niveau van individuele punten ( $\text{NRMSE} \gg 0$ ).

Tabel 5 NRMSE en NAE voor in het veld gemeten en gemodelleerde pH,  $\text{NO}_3$  en  $\text{PO}_4$  concentraties in het bodemvocht ( $n=172$ )

	NRSE	NAE
pH	0.18	0.01
$\text{NO}_3$	1.66	-0.42
$\text{PO}_4$	27.07	25.63

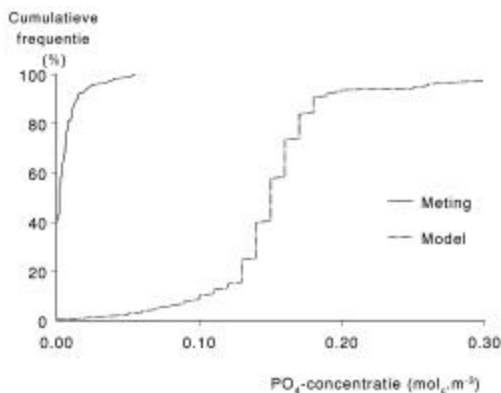
De cumulatieve frequentieverdeling voor de nitraatconcentratie in het bodemvocht (Figuur 5) laat zien dat modelvoorspellingen en gemeten waarden in dezelfde orde grootte zitten. De spreiding in de metingen is groter dan in de modelresultaten. Meestal komen gemeten en gesimuleerde waarden redelijk met elkaar overeen, maar op sommige plaatsen werden hoge waardes gesimuleerd terwijl op die plekken lage concentraties gemeten waren.





Figuur 5. Cumulatieve frequentieverdeling voor de in het veld gemeten en de gemodelleerde nitraat concentratie in het bodemvocht

De verschillen tussen gesimuleerde en gemeten waarden voor de fosfaat concentratie in het bodemvocht zijn vrij groot (Figuur 6 en (Tabel 5)). De gemeten waarden liggen veel lager dan de gesimuleerde waarden. In de bosopstanden zijn zeer lage concentraties gemeten, vaak onder de detectiegrens. De overschatting van de concentraties door SMART2 wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat de parameterisatie nog verbeterd moet worden, zowel voor SMART2 als voor SUMO. Door SUMO wordt waarschijnlijk te weinig P opgenomen (zie paragraaf 4.3) waardoor het mogelijk is dat te hoge bodemvochtconcentraties berekend worden. Aanpassing van de adsorptieconstanten heeft echter waarschijnlijk een groter effect op de gesimuleerde P-concentraties in het bodemvocht.



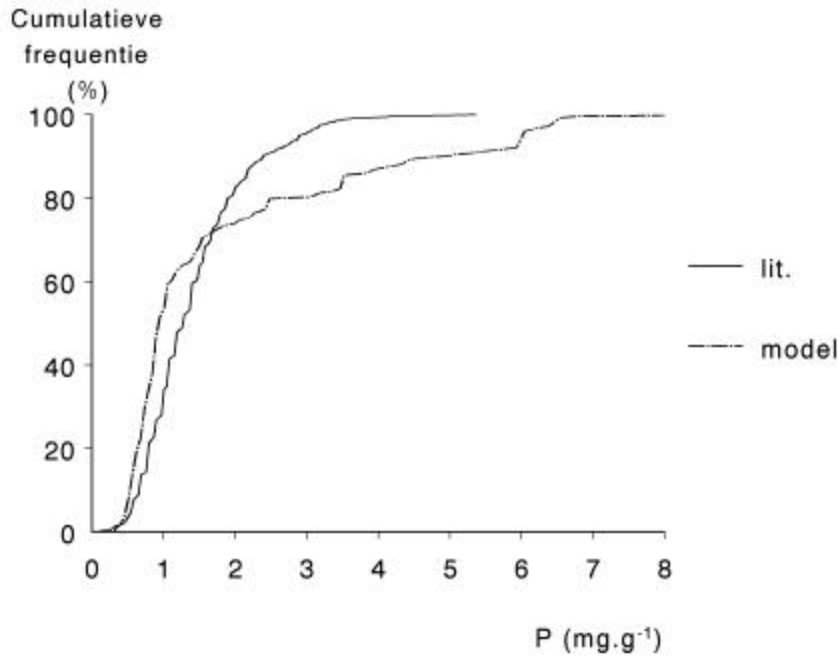
Figuur 6. Cumulatieve frequentieverdeling voor de in het veld gemeten en de gemodelleerde fosfaat concentratie in het bodemvocht

## 4.3 Bladgehalten

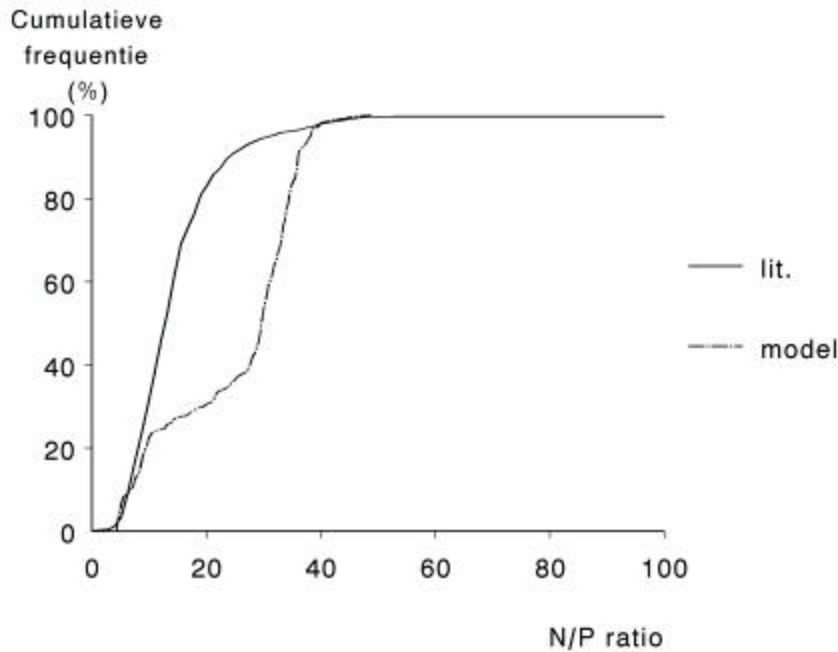
### 4.3.1 Literatuur

De frequentie verdelingen voor P en N/P ratio voor zowel de literatuur als voor de modelberekeningen door SMART2-SUMO2 voor de standaard testset worden gegeven in Figuur 7 en Figuur 8. De standaard testset wordt beschreven in Wamelink et al. (2001b). De frequentieverdeling voor het P-gehalte komt redelijk goed overeen

met de literatuurwaarden, hoewel het model meer hoge waarden geeft dan de literatuur. Het gemodelleerde mediane P-gehalte valt iets lager uit dan de mediane literatuurwaarde. De frequentieverdeling van de N/P ratio's komt eveneens redelijk overeen met de gemodelleerde frequentieverdeling. De ratio's van de modelvoorspellingen liggen iets hoger. Dit wordt deels veroorzaakt door een onderschatting van de P-gehalten in het blad. De N/P ratio wordt dus overschat.



Figuur 7 Cumulatieve frequentieverdeling voor het P gehalte voor blad (in  $\text{mg.g}^{-1}$ ), uit de literatuur (lit) en berekend door SMART2-SUMO2 (model). De gegevens zijn de totalen voor alle vijf functionele typen



Figuur 8 Cumulatieve frequentieverdeling voor de N/P ratio voor blad, uit de literatuur (lit) en berekend door SMART2-SUMO2 (model). De gegevens zijn de totalen voor alle vijf functionele typen

### 4.3.2 Bossen

Door de inbouw van P modellering en de verandering van de N modellering in SUMO2 treedt co-limitatie, d.w.z. dat zowel N als P beperkend zijn op de groei, veelvuldig op (zie paragraaf 3.2 en bijlage 5). Figuur 9 en Figuur 10 laten voor respectievelijk N en P beschikbaarheid zien in hoeverre de limitatie van die factoren samenhangt met de N en P beschikbaarheid voor de bossendataset. De N- en P beschikbaarheid zijn de door SMART2 berekende beschikbaarheden. Hoe hoger de beschikbaarheid, hoe hoger de groeifactor. Als de groeifactor de maximale waarde van 1.00 heeft vindt er geen reductie van de groei plaats als gevolg van de stikstof en/of fosfaat beschikbaarheid. Zijn beide factoren kleiner dan 1.00, d.w.z. dat ze beide de groei beperken dan is er sprake van co-limitatie. Duidelijk zichtbaar is dat de verschillende functionele typen verschillend reageren op de beschikbaarheid van N en P. Duidelijk is ook dat er in de doorgerekende bossen bijna altijd limitatie optreedt, en dat het hierbij bijna altijd om co-limitatie gaat. In Figuur 11 en Figuur 12 zijn voor respectievelijk het functionele type kruiden en climaxbomen de groeifactoren voor stikstof en fosfaatbeschikbaarheid tegen elkaar uitgezet. Voor punten boven de  $y=x$  lijn geldt dat zij meer beperkt worden door de stikstofbeschikbaarheid (voor het betreffende functionele type) dan door de fosfaatbeschikbaarheid. Voor punten onder de lijn geldt het omgekeerde. Het functionele type kruiden wordt voor alle punten duidelijk meer beperkt door de stikstofbeschikbaarheid, voor de climaxbomen geldt dat er ook punten zijn waar fosfaat de meest beperkende factor is. Omdat, de climaxbomen door hun grotere wortelbiomassa meer stikstof op kunnen nemen worden de climaxbomen niet altijd het meest beperkt door de N beschikbaarheid. Voor deze situatie geldt dat N de meest beperkende factor is en dat P beperking pas een rol gaat spelen als N in voldoende mate opgenomen kan worden door een functioneel type. Wanneer beide figuren worden vergeleken is ook direct duidelijk dat door de verschillende parameters voor de functionele typen er duidelijke verschillen aanwezig zijn in de groeifactoren tussen de functionele typen kruiden en climaxbomen.

Tabel 6 geeft het aantal functionele typen (maximaal 5 per grid) en de fractie waar de groei meer door P dan door N beperkt wordt. De limitatie van de groei door P vindt voornamelijk plaats op de nutriëntenarme gronden en in iets mindere mate op de zandgronden, met een gering verschil tussen de rijke en arme zandgronden. Op kleigronden komt geen P-limitatie voor, het aantal grids dat gemodelleerd is, is echter klein. De overige functionele typen (5 - fractie P beperkt) worden dus voornamelijk door N beperkt.

Tabel 6 Fractie functionele typen (maximaal 5) dat voornamelijk beperkt wordt door P-limitatie in de bodem per bodemtype (CC = kalkrijke klei, CN = nutriëntenarme klei, LN = nutriëntenarme löss, PN = nutriëntenarm veen, SC = kalkrijk zand en SR = nutriëntenarm zand). De achtergrondgegevens staan vermeld in bijlage 5

bodemtype	aantal gridcellen	aantal gridcellen P fractie P beperkt	P fractie P beperkt
CC	1	0	0.00
CN	6	19	0.63
LN	5	19	0.73
PN	3	2	0.13
SC	5	0	0.00
SP	102	246	0.48
SR	153	335	0.35

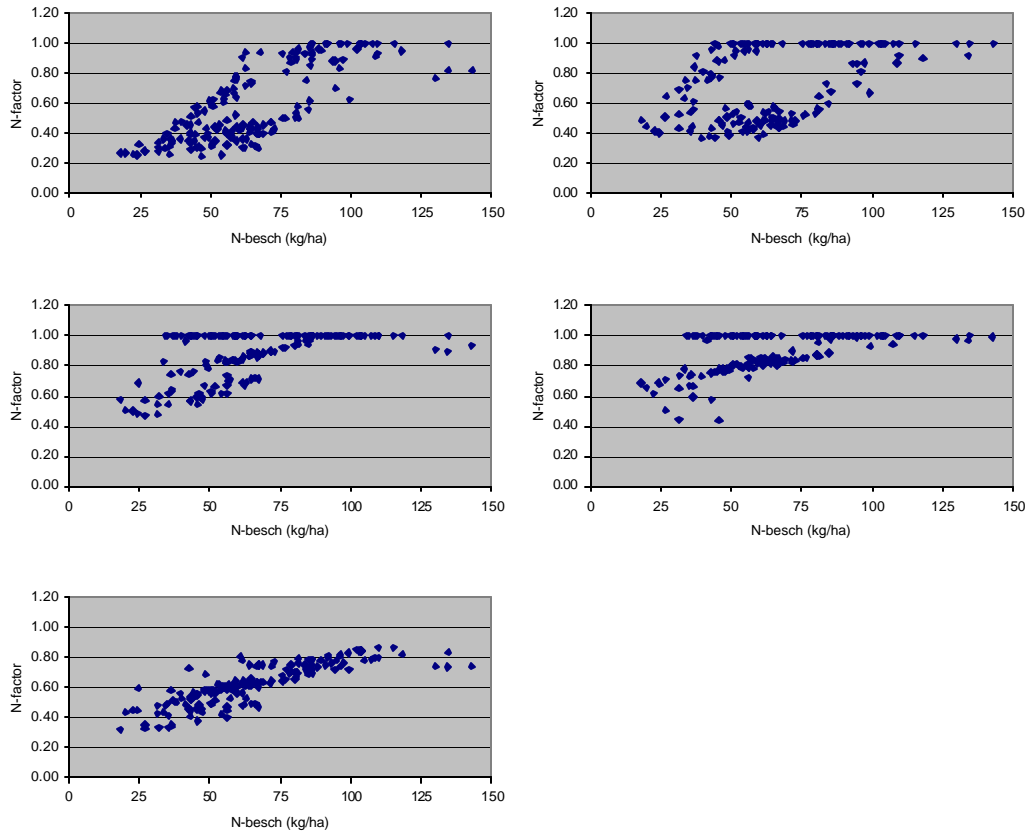
De gemeten en gesimuleerde waarden zijn weergegeven in cumulatieve frequentieverdelingen (Figuur 13 tmt. Figuur 15). Ook de simulaties voor het N-gehalte liggen in de buurt van de gemeten waarden, al loopt de lijn voor de simulaties steiler dan de lijn voor de gemeten waarden (Figuur 13, Tabel 7). De ordegrrootte van de voorspellingen is goed (NAE dicht in de buurt van 0), de afwijkingen op het niveau van individuele punten is echter groter (NRMSE > 0).

Voor het P-gehalte in het blad (Figuur 15) liggen de simulaties duidelijk te laag, maar lopen de lijnen wel mooi parallel. Een verhoging van het maximale P-gehalte in het blad is waarschijnlijk voldoende om de lijnen voor modelsimulaties en veldmetingen samen te laten vallen. De onderschatting blijkt ook uit Tabel 12: NAE < 0. Tevens blijkt dat de afwijkingen op puntniveau ook groot zijn (RNMSE = 0,50).

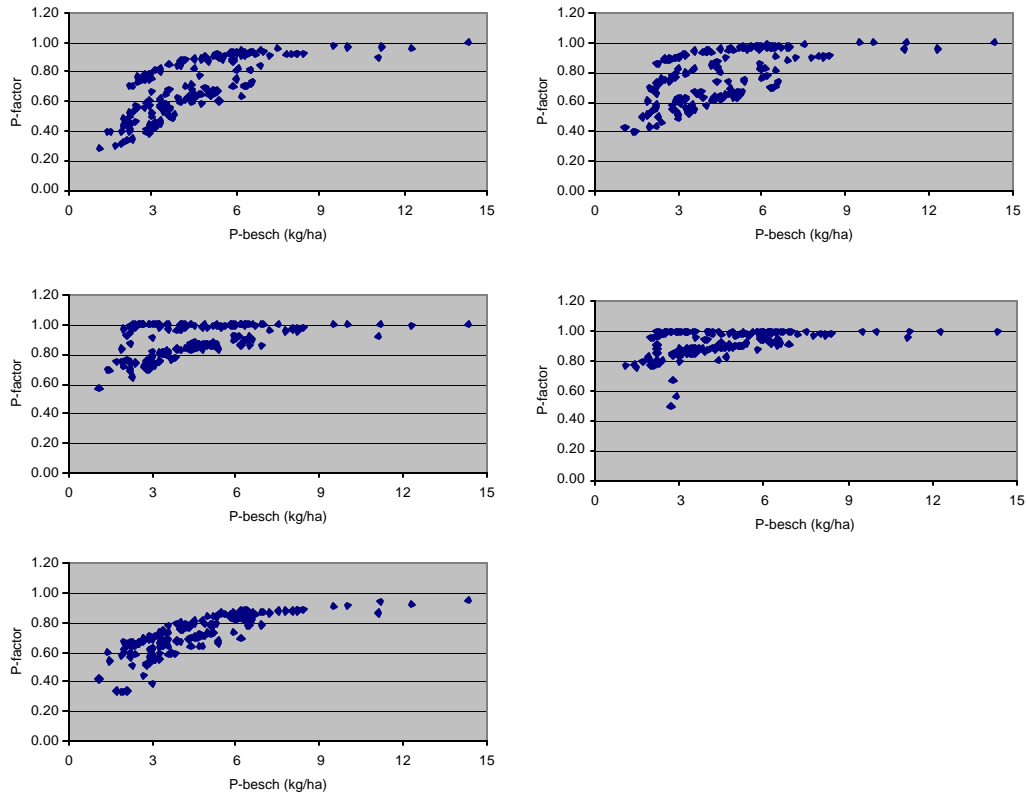
De afwijkingen voor de N- en P-gehalten komen terug in de N/P ratio's (Figuur 15). De gesimuleerde ratio's liggen wat aan de hoge kant door de te lage P-gehalten. Dit komt ook tot uiting in Tabel 12, NAE >0. Tevens blijkt dat de afwijkingen op puntniveau nog groter zijn dan de afwijkingen voor alleen het P-gehalte (RNMSE = 0,88).

Tabel 7 NRMSE en NAE voor het veld gemeten en gemodelleerde N-gehalten, P-gehalten en N/P ratio voor blad van climaxbomen (n= 172)

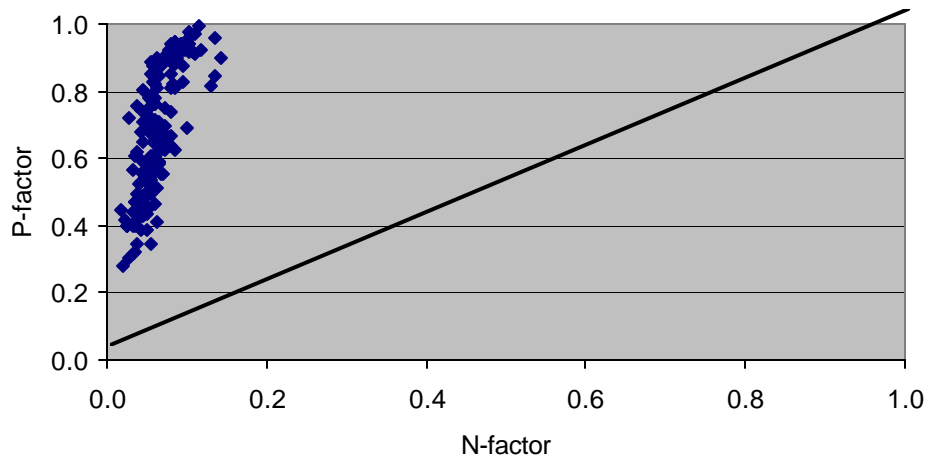
	NRMSE	NAE
N-gehalte	0.27	-0.08
P-gehalte	0.50	-0.45
N/P ratio	0.88	0.74



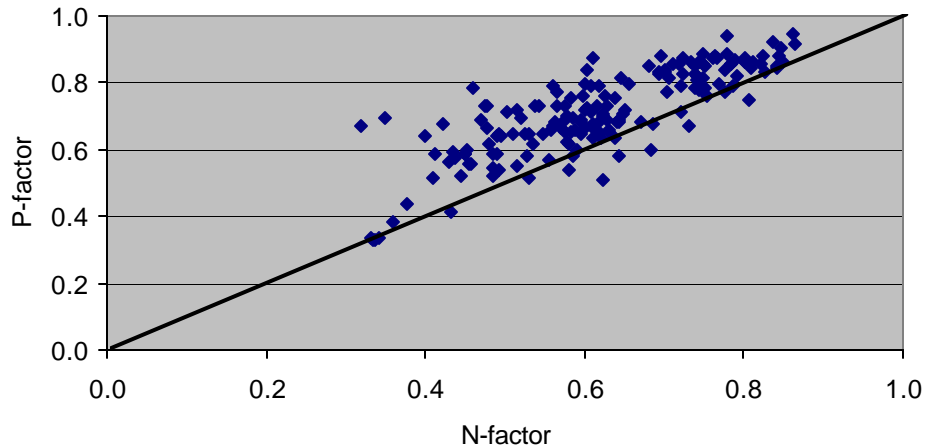
*Figuur 9. Groeifactor als functie van de N-beschikbaarheid voor de vijf functionele typen (links boven: kruiden, rechts boven: dwergstruiken, links midden: struiken, rechts midden: pionierboom en links onder: climaxboom). De maximale groeifactor is 1.00, ligt de factor lager dan wordt de groeisnelheid gereduceerd met de factor*



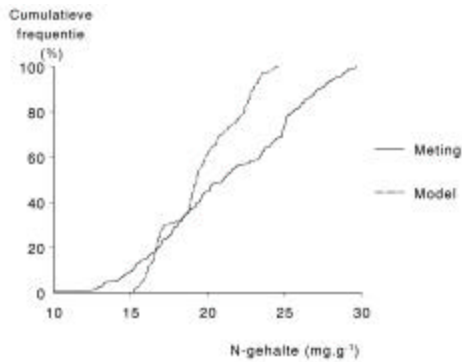
Figuur 10. Groefactor als functie van de P-beschikbaarheid voor de vijf functionele typen (links boven: kruiden, rechts boven: dwergstruiken, links midden: struiken, rechts midden: pionierboom en links onder: climaxboom). De maximale groefactor is 1.00, ligt de factor lager dan wordt de groeisnelheid gereduceerd met de factor



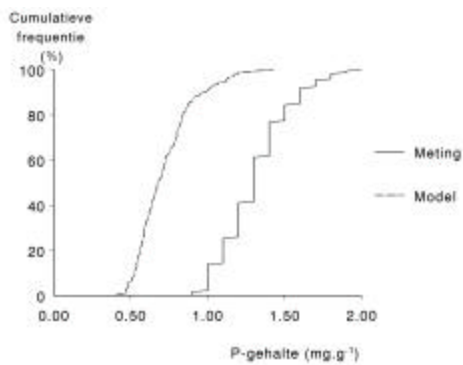
Figuur 11. Groefactor voor N ten opzigt van de groefactor voor P voor het functionele type kruiden en grassen. De getrokken lijn geeft de 1 op 1 verhouding weer. Punten boven deze lijn geven aan dat de groei meer door N wordt beperkt, punten onder de lijn geven aan dat groei meer door P wordt beperkt. Hoe verder het punt van de lijn af ligt hoe meer zij door een van de factoren wordt beperkt ten opzigt van de andere factor. De maximale groefactor is 1.00. De kruiden en grassen worden voor de bossendataset dus duidelijk beperkt in de groei door de stikstofbeschikbaarheid



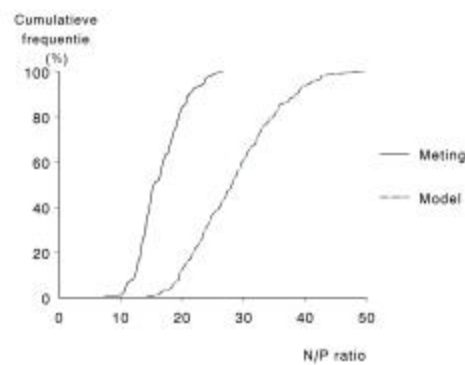
Figuur 12. Groeifactor voor N ten opzigt van de groeifactor voor P voor het functionele type climaxboom. De getrokken lijn geeft de 1 op 1 verhouding weer. Punten boven deze lijn geven aan dat de groei meer door N wordt beperkt, punten onder de lijn geven aan dat groei meer door P wordt beperkt. Hoe verder het punt van de lijn af ligt hoe meer zij door een van de factoren wordt beperkt ten opzigt van de andere factor. De maximale groeifactor is 1.00. De climaxbomen worden voor de bossendataset voornamelijk het meest beperkt in de groei door de stikstofbeschikbaarheid, er zijn echter ook gevallen waarbij fosfaatbeschikbaarheid de meest beperkende factor is



Figuur 13. Cumulatieve frequentieverdeling voor de in het veld gemeten en de gemodelleerde stikstofgehalten in blad van climaxbomen



Figuur 14. Cumulatieve frequentieverdeling voor de in het veld gemeten en de gemodelleerde fosfaatgehalten in blad van climaxbomen



Figuur 15. Cumulatieve frequentieverdeling voor de in het veld gemeten en de gemodelleerde N/P ratio in blad van climaxbomen





## 5 Discussie

Gesteld kan worden dat over het algemeen de inbouw van landgebruikverandering in SMART2-SUMO2 redelijk succesvol is verlopen. Technisch is de eerste fase afgerond. De eerste resultaten uit de plausibiliteitstests zijn redelijk tot goed. De parameterisatie van zowel SMART2 als SUMO2 moet echter nog worden verbeterd. Naast de parameterisatie zijn er nog enkele punten die de aandacht verdienen, zoals het effect van de vochtthuishouding en de pH op de fosfaatbeschikbaarheid.

### ***Overgang landbouw naar natuur in SMART2***

De organischestofdynamiek in SMART2 is aangepast voor de overgang van landbouw naar natuur. Wanneer gekeken wordt naar het effect op de vegetatie lijkt de huidige formulering te voldoen. Het gemodelleerde verloop in de nutriëntenbeschikbaarheid en de zuurgraad verloopt volgens verwachting. Bovendien komt de gemodelleerde biomassa-ontwikkeling goed overeen met de waargenomen ontwikkeling. De gemodelleerde C en N pools worden echter flink onderschat. Voor de effecten op de vegetatie is dit misschien niet zo belangrijk, maar wanneer uitspraken gedaan moeten worden over C-vastlegging in de bodem verdient de organische stofdynamiek in SMART2 nog de nodige aandacht.

### ***P-modellering in SMART2***

De P-modellering in SMART2 is volledig afgestemd op de formulering in ANIMO (bodemmodule van STONE). ANIMO is binnen STONE alleen geparameteriseerd voor de droge zandgronden. Op basis van de metingen uit het bosvitaliteitsmeetnet is voor SMART2 de parameterisatie te verfijnen voor verschillende bodemtypen. Behalve de parameterisatie verdient het aanbeveling pH-afhankelijkheid en vochtafhankelijkheid aan te brengen in de P-processen. P-adsorptie is sterk afhankelijk van de pH en aangezien de zuurgraad verandert wanneer landbouw omgezet wordt naar natuur lijkt het van groot belang de adsorptie ook in het model afhankelijk te maken van de pH. Dit geldt ook voor de vochttoestand in de bodem. Dit zou echter wel gecompliceerder kunnen zijn, omdat niet zozeer de vochttoestand zelf als wel de redoxpotentiaal een belangrijke rol speelt. Er moet dan rekening gehouden worden met ijzer en sulfaatreductie. Om deze processen op een eenvoudige manier te implementeren is nader onderzoek nodig (zie ook bijlage 6).

### ***P in SUMO***

De toevoeging van P modellering grijpt diep in op SUMO2. Naast N is nu ook P beperkend op de groei. Aangezien in bijna alle gevallen er in meer of mindere mate co-limitatie aanwezig is zal de gerealiseerde groei bijna altijd lager liggen dan de SUMO2 versie zonder P modellering. Hierdoor is aanpassing van de parameterwaarden noodzakelijk, immers vóór de inbouw van P werd er gemodelleerd met een niet limiterende P beschikbaarheid. Hoewel de plausibiliteitstests redelijk goede resultaten laten zien is het noodzakelijk SUMO2 beter te parameteriseren, de gesimuleerde biomassa's zijn duidelijk te laag. Dit betekent dat de parameterwaarden zullen veranderen ten opzichte van de versie

zonder P. Hierdoor ontstaan er parametersets voor SUMO2 zonder en met P modellering, hetgeen onhandig is. Er moet nog een oplossing gevonden worden voor de uitwisseling van parametersets.

### ***Plausibiliteittoets***

De chronosequentie rond Sellingen is op zich een goede locatie om het model te toetsen op de overgang van landbouw naar natuur. Het is echter de vraag in hoeverre de omstandigheden waaronder de verschillende bossen zijn aangeplant met elkaar overeenkomen. Enerzijds is de depositie in de tweede helft van de twintigste eeuw flink toegenomen, anderzijds is de landbouwstrategie in de twintigste eeuw behoorlijk veranderd.

De toets op de metingen uit de bosopstanden is gedaan met generieke waarden voor bodem- en vegetatiegerelateerde parameters. Hierdoor wordt door het model een kleinere spreiding in de bodemvochtconcentraties gesimuleerd dan waargenomen. Variabiliteit binnen een bodem- en/of vegetatietype is niet meegenomen in de simulaties.

De plausibiliteitstests laten redelijk goede resultaten zien voor de simulatie van zowel P-gehalten als N/P ratio's in het blad. De cumulatieve frequentieverdelingen geven aan dat de gesimuleerde waarden redelijk dicht bij of in de range van de gemeten waarden liggen, de performance waarden laten echter zien dat een simulatie voor een specifieke site nog niet goed mogelijk is. Voor het maken van landelijke simulaties, waarbij het individuele resultaat niet belangrijk is zou dit voldoende kunnen zijn. De modellen worden echter ook op site en regionaal niveau gebruikt en het is daarom noodzakelijk de parameterisatie nog te verbeteren. Het 'verhogen' van de gesimuleerde P-gehalten is daarbij vrij makkelijk op te lossen, echter dat zal voornamelijk de resultaten uitgezet in frequentieverdelingen verbeteren. Voor de verbetering van de site specifieke simulaties is nader onderzoek nodig. Een veranderende P-opname kan effect hebben op de N-opname en daarmee ook op de biomassa simulatie. Een andere parameterisatie voor P kan daarom tot gevolg hebben dat ook andere parameters aangepast moeten worden.

## 6 Conclusies

De modellering van landgebruikverandering in de natuurplanner is mogelijk gemaakt door de initialisatie in SMART2 aan te passen voor voormalige landbouwgronden. Hiervoor zijn gegevens gehaald uit het modelinstrumentarium STONE. Voor de berekening van N- en P-beschikbaarheid lijkt de huidige formulering te voldoen, maar wanneer gekeken wordt naar C- en N-vastlegging in de bodem verdient de modellering van de organische stof huishouding in de bodem extra aandacht.

Het is technisch mogelijk om met SMART2-SUMO2 de fosfaat-kringloop in de bodem en vegetatie te modelleren. De P-processen zijn 'kaal' in de modellen ingebouwd. Het verdient aanbeveling pH-afhankelijkheid en vochtafhankelijkheid in de toekomst mee te nemen.

Een toets op drie verschillende datasets laat zien dat de modelsimulaties plausibel zijn. De gesimuleerde bodemvochtconcentraties en bladgehalten liggen in dezelfde orde van grootte als de waarnemingen. De gesimuleerde P-concentraties in bodemvocht zijn echter structureel hoger dan de waargenomen concentraties, die in blad juist lager.

Een aparte parameterisatie voor de P-processen in SMART2 is noodzakelijk. Tot nu toe is de parameterisatie van STONE aangehouden, maar die is geldig voor landbouwgronden en bovendien maar voor één bodemsoort.

Opnieuw parameteriseren van SUMO2 is door de veranderde limitatie van de groei noodzakelijk, maar nog niet uitgevoerd. Hierdoor worden met de huidige versie van SMART2-SUMO2 te lage biomassa's gesimuleerd.



## Literatuur

Groenendijk, P. & J.G. Kroes 1999. Modelling the nitrogen and phosphorus leaching to groundwater and surface water with ANIMO 3.5. Wageningen, Winand Staring Centre. Report 144.

Janssen, B.H., 1983. *Organische stof en bodemvruchtbaarheid*. Landbouwwuniversiteit, Wageningen, Intern Rapport.

Janssen, B.H., 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of young organic matter. *Plant and Soil* 76: 297-304.

Kooijman, A.M. & M. Besse 2002. The higher availability of N and P in lime-poor than in lime-rich coastal dunes in the Netherlands. *Journal of Ecology* 90(2): 394 - 403.

Kroon, T., P.A. Finke, I. Peereboom & A.H.W. Beusen, 2001. Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters. RIZA rapport 2001.017, Lelystad

Kros, J., G.J. Reinds, W. de Vries, J.B. Latour, & M. Bollen, 1995. Modelling of soil acidity and nitrogen availability in natural ecosystems in response to changes in acid deposition and hydrology. DLO Winand Staring Centre, Report 95, Wageningen, the Netherlands.

Kros, J., 2002. Evaluation of biogeochemical models at local and regional scale. Wageningen, PhD thesis Wageningen University.

Latour, J.B., I.G. Staritsky, J.R.M. Alkemade en J. Wiertz, 1997. De natuurplanner. Decision Support Systeem natuur en milieu. Versie 1.1. Bilthoven, RIVM, Rapport 711901019.

Leeters, E.E.J.M. & W. de Vries, 2001. Chemical composition of the humus layer, mineral soil and soil solution of 200 forest stands in the Netherlands in 1995. Wageningen, Alterra-rapport 424.2

Verhagen, R. en R. van Diggelen, 2000. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in pleistoceen Nederland: Herstel van de nutriëntenlimitatie. Rijksuniversiteit Groningen, Lab. voor plantenoecologie.

Van Veen, J.A., 1977. The behaviour of nitrogen in soil: a computer simulation model. PhD Thesis, Free University Amsterdam, Netherlands.

Wamelink, G.W.W., J.P. Mol-Dijkstra, H.F. van Dobben, J. Kros & F. Berendse 2000a. Eerste fase van de ontwikkeling van het Successie Model SUMO 1. Verbetering van de vegetatiemodellering in de Natuurplanner. Rapport 045. Alterra, Wageningen.

Wamelink, G.W.W., H. van Oene, J.P. Mol-Dijkstra, J. Kros, H.F. van Dobben & F. Berendse, 2001a. Validatie van de modellen SMART2, SUMO 1, NUCOM en MOVE op site- regionaal en nationaal niveau. Wageningen, Alterra-rapport 065, 120 blz.

Wamelink, G.W.W., R.M.A. Wegman, P.A. Slim, J. Dirksen, J.P. Mol-Dijkstra & H.F. van Dobben. 2001b. Modelling van begrazing in SUMO; verbetering van de vegetatiemodellering in de natuurplanner. Alterra-rapport 368, 95 blz. Alterra, Wageningen.

## Bijlage 1 Datastructuur nieuwe dll's SMART2 en SUMO2

### Datastructuur SMART2-dll

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
itask	integer	0 = initialisatie, 1 = tot aanroep sumo, 2 = na aanroep sumo, 3 = geen sumo	-	0, 1, 2, of 3	MRE
imodel	integer	0 = zonder sumo, 1 = met SUMO	-	0 of 1	MRE
itime	integer	tijdstap	-	1-1000	MRE
igropt	integer	Groei-optie (0 = constant, 1 = logistisch)	-	0 of 1	MRE
thick	real	Rekendiepte	m	0.1, 0.2, ... 1.0	MRE
prec	real	Neerslag (bruto)	m.j <sup>-1</sup>	0.2 - 5	Dbase of hydr. model
gvgr	real	Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand	m	-1 - 50	Dbase of hydr. Model
se	real	Kwel	m.j <sup>-1</sup>	0 - 5	Dbase of hydr. Model
ps	real	Neerslagoverschot	m.j <sup>-1</sup>	0 - 5	Hydr. Model of smart
so2dep	real	SO <sub>2</sub> -depositie	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0.01 - 0.5	Dbase
noxdep	real	NO <sub>x</sub> -depositie	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0.01 - 0.5	Dbase
nh3dep	real	NH <sub>3</sub> -depositie	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0.01 - 0.5	Dbase
cadep	real	Ca-depositie (=constant in de tijd)	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0.01 - 0.1	Dbase
mgdep	real	Mg-depositie (=constant in de tijd)	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0.01 - 0.2	Dbase
nadep	real	Na-depositie (=constant in de tijd)	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0.01 - 1	Dbase
kdep	real	K-depositie (=constant in de tijd)	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0.1 - 0.05	Dbase
cldep	real	Cl-depositie (=constant in de tijd)	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0.1 - 1	Dbase
cso4se	real	Kwel concentratie SO <sub>4</sub>	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 100	Dbase
cno3se	real	Kwel concentratie NO <sub>3</sub>	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 1	Dbase
cnh4se	real	Kwel concentratie NH <sub>4</sub>	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 1....	Dbase
cbc2se	real	Kwel concentratie BC2	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 500....	Dbase
cnase	real	Kwel concentratie Na	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 800	Dbase
ckse	real	Kwel concentratie K	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 50	Dbase
cclse	real	Kwel concentratie Cl	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 800	Dbase
cut	integer	Plaggen ja (1) of nee (0)	-	0 of 1	SUMO
tnitupt	real	N-opname	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 2	SMART of SUMO
iagevg	integer	Leeftijd vegetatie	j	0 - 1000	initieel: Dbase, run: SMART of SUMO
iagelt	integer	Leeftijd opstand	j	0 - 1000	initieel: Dbase, run: SMART
frrlt	real	fractie van wortels in de strooisellaag	-	0 - 1	Dbase
ncf	real	nutrient cycling factor	-	0 - 5	Dbase of SMART
fmifl	real	mineralisatiefractie vers strooisel	-	0 - 1	Dbase
kmilt	real	mineralisatieconstante oud strooisel	j <sup>-1</sup>	0 - 0.5	Dbase
fint	real	interceptiefractie	-	0 - 0.8	Dbase
fnh4fu	real	fractie van NH <sub>3</sub> -depositie voor bladopname	-	0 - 0.8	Dbase
fhfu	real	fractie van H-depositie voor bladopname	-	0 - 0.8	Dbase
fkfe	real	fractie blad exudaten K	-	0 - 0.8	Dbase

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst	
fre	real	reallocatie fractie	-	0 -0.8	Dbase	of
ctnitlv	real	minimaal N-gehalte in bladeren	%	0.5 - 5	Dbase	
ctnitvmx	real	maximaal N-gehalte in bladeren	%	0.5 - 5	Dbase	
ctnitlv	real	N-gehalte in bladeren	%	0.5 - 5	SMART	of
					SUMO	
ctnitlvo	real	N-gehalte in bladeren vorige tijdstap	%	0.5 - 500	SMART	of
					SUMO	
ctbc2lv	real	BC2-gehalte in bladeren	%	0 - 2	Dbase	
ctbc2lvo	real	BC2-gehalte in bladeren vorige tijdstap	%	0 - 2	SMART	
ctklv	real	K-gehalte in bladeren	%	0 - 2	Dbase	
Ctklvo	real	K-gehalte in bladeren vorige tijdstap	%	0 - 2	SMART	
Ctnitst	real	N-gehalte in stammen	%	0 - 1	Dbase, alleen als SUMO niet meedraait	
ctbc2st	real	BC2-gehalte in stammen	%	0 - 1	Dbase	
Ctkst	real	K-gehalte in stammen	%	0 - 1	Dbase	
Ctnitlt	real	N-gehalte in strooisel	%	0 - 5	SMART	
Ctbc2lt	real	BC2-gehalte in strooisel	%	0 - 1	SMART	
Ctklt	real	K-gehalte in strooisel	%	0 - 1	SMART	
ctnitr	real	N-gehalte in wortels	%	0 - 1	SUMO	
ctnitrdo	real	N-gehalte in wortels vorige tijdstap	%	0 - 1	SUMO	
ffso2	real	filterfactor voor SO <sub>2</sub> -depositie	-	0 - 2	Dbase	
ffnox	real	filterfactor voor NO <sub>x</sub> -depositie	-	0 - 2	Dbase	
ffnh3	real	filterfactor voor NH <sub>3</sub> -depositie	-	0 - 2	Dbase	
fdd	real	filterfactor voor basische kationen depositie	-	0 - 5	Dbase	
amlf	real	strooiselproductie	kg.m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 1	Dbase, SMART	of
					SUMO	
amlfo	real	Strooiselproductie vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 1	SMART	of
					SUMO	
amlt	real	Hoeveelheid oud strooisel	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 100	SMART	
amltto	real	Hoeveelheid oud strooisel vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 100	SMART	
amst	real	hoeveelheid staande biomassa	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 100	SMART	of
					SUMO	
amsto	real	hoeveelheid staande biomassa vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 100	SMART	of
					SUMO	
amrd	real	hoeveelheid dode wortels	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 100	SUMO	
amrdo	real	hoeveelheid dode wortels vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 100	SUMO	
anitlto	real	Hoeveelheid N in oud strooisel	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup>	0 - 0.5	SMART	
abc2lto	real	Hoeveelheid BC2 in oud strooisel	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup>	0 - 0.5	SMART	
aklto	real	Hoeveelheid K in oud strooisel	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup>	0 - 0.5	SMART	
cacarb	real	Ca-gehalte in carbonaten	mmolc.kg <sup>-1</sup>	0 - 10000	Dbase	
cec	real	omwisselcapaciteit	mmolc.kg <sup>-1</sup>	0 - 1000	Dbase	
theta	real	volumetrisch vochtgehalte	m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>	0.01 - 0.95	Dbase	
rho	real	dichtheid van de minerale laag	g.cm <sup>-3</sup>	0.1 - 2	Dbase	
rholt	real	dichtheid van de strooisellaag	g.cm <sup>-3</sup>	0.1 - 0.5	Dbase	
omc	real	organische-stofgehalte	kg.kg <sup>-1</sup>	0 - 0.95	Dbase	
cnrat	real	C/N ratio van de bodem	kg.kg <sup>-1</sup>	5 - 60	Dbase	
namo	real	N in minerale laag	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup>		SMART	
gtal	real	omwisselconstante Al/BC	log(mol.l <sup>-1</sup> )	-10	Dbase	
gth	real	omwisselconstante H/BC	log(mol.l <sup>-1</sup> )	0 - 5	Dbase	
gibb	real	oplossingsconstante Al-hydroxide	log(mol.l <sup>-1</sup> )	5 - 10	Dbase	



naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
fbc	real	basenbezetting	-	0 - 1	initieel: Dbase, run: SMART
fnitmx	real	maximale nitrificatiefractie	-	0 - 1	Dbase
fdnmx	real	maximale nitrificatiefractie	-	0 - 1	Dbase
alox	real	gehalte van secundair Al in de bodem	mmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0 - 500	Dbase
adsmx	real	Sulfaat adsorptiecapaciteit	mmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0 - 10	Dbase
adsh	real	half-verzadigings constante voor sulfaat sorptie	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0.1 - 10	Dbase
coacid	real	concentratie organische zuren	mmol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 5	Dbase
pkpar(3)	real	parameters om de dissociatie van organische zuren te berekenen	-	0 - 5	Dbase
pco2	real	partiële CO <sub>2</sub> -druk in de bodem	atm	0.0 - 0.1	Dbase
bc2w	real	verwerking van divalente basische kationen	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 0.1	Dbase
naw	real	Verwerking van Na	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 0.1	Dbase
kw	real	Verwerking van K	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 0.1	Dbase
rfnigvgm	real	Maximale waarde voor GVG reductiefractie		0 - 1	Dbase
x					
z1nit	real	GVG tot waar minimale nitrificatie is	m	0 - 1	Dbase
z2nit	real	GVG vanaf waar nitrificatie = 1	m	0 - 1	Dbase
rfdevgm	real	Minimale waarde voor GVG reductiefractie		0 - 1	Dbase
n					
frpp	real	transpiratie correctie factor (= altijd 0 als hydr. model wordt gebruikt)		0 - 1	Dbase
anit	real	bodemafhankelijke parameters voor bepaling van reductie van nitrificatie als functie van GVG		-2	Dbase
bnit	real	bodemafhankelijke parameter voor de bepaling van de reductie van nitrificatie als functie van GVG	m <sup>-1</sup>	0 - 5	Dbase
aden	real	bodemafhankelijke parameter voor de bepaling van de reductie van denitrificatie als functie van GVG	m <sup>-1</sup>	0 - 1	Dbase
thickrz	real	dikte van de wortelzone	m	0.1 - 1	Dbase
tr	real	transpiratie	m.j <sup>-1</sup>	0.1 - 1	Dbase of hydr. model
amstmx	real	maximale hoeveelheid staande biomassa	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 100	Dbase
krgl	real	parameter die "steilheid" van de groeicurve aangeeft	j <sup>-1</sup>	0 - 0.5	Dbase
t05	real	tijdstip waarop de helft van de maximale biomassa is bereikt (groei is maximaal)	j	0 - 100	Dbase
Nain	real	Na flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
kin	real	K flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
bc2in	real	BC2 flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
alin	real	Al flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
so4in	real	SO <sub>4</sub> flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
no3in	real	NO <sub>3</sub> flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
nh4in	real	NH <sub>4</sub> flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
clin	real	Cl flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
oain	real	Organische zuren flux	mol <sub>c</sub> .m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	0 - 10	SMART
chplus	real	H <sup>+</sup> concentratie	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0.0001 - 2	SMART
cso4	real	SO <sub>4</sub> concentratie	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
cno3	real	NO <sub>3</sub> concentratie	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
cnh4	real	NH <sub>4</sub> concentratie	mol <sub>c</sub> .m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
ck	real	K concentratie	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
cna	real	Na concentratie	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
ccl	real	Cl concentratie	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
cbc2	real	BC2 concentratie	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
cal	real	Al concentratie	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
chco3	real	HCO <sub>3</sub> concentratie	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
ph	real	pH	-	2 - 8	SMART
cbc1	real	BC1 concentratie	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
calbc2rat	real	Al/ BC ratio	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 100	SMART
corg	real	concentratie organische anionen	mol.c.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
fal	real	Al bezetting	-	0 - 1	SMART
fh	real	H bezetting	-	0 - 1	SMART
nout	real	N uitspoeling	mol.c.m <sup>-2</sup> .j <sup>1</sup>	0 - 10	SMART
nitmi	real	Mineralisatie	mol.c.m <sup>-2</sup> .j <sup>1</sup>	0 - 2	SMART
tnituptmx	real	N beschikbaarheid	mol.c.m <sup>-2</sup> .j <sup>1</sup>	0 - 2	SMART
nh4fu	real	Bladopname	mol.c.m <sup>-2</sup> .j <sup>1</sup>	0 - 0.5	SMART
thickl	real	Dikte strooisellaag	m	0 - 1	SMART
cnratl	real	C/N-ratio strooisel	kg.kg <sup>-1</sup>	5 - 60	SMART
agri	integer	wel (1) of geen (0) voormalige landbouwgrond		0 of 1	indirect Dbase
amhu	real	hoeveelheid humus (in landbouwgrond)	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 100	initieel Dbase, daarna SMART
ctnithu	real	N-gehalte in humus	%	0 - 10	initieel Dbase, daarna SMART
fmilt	real	mineralisatiefractie vers strooisel	-	0 - 1	Dbase
kmihu	real	mineralisatieconstante oud strooisel	j <sup>-1</sup>	0 - 0.5	Dbase
amhuo	real	hoeveelheid humus, vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup>	0-100	SMART
anithuo	real	hoeveelheid N in humus, vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 0.5	SMART
abc2huo	real	hoeveelheid BC2 in humus, vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 0.5	SMART
akhuo	real	hoeveelheid K in humus, vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup>	0 - 0.5	SMART
iP	integer	wel (1) of geen (0) P	-	0 of 1	indirect Dbase
Pox	real	hoeveelheid oxalaat extraheerbaar (=geadsorbeerd P)	P mmol.kg <sup>-1</sup>	0-2000	Dbase
AlFeox	real	hoeveelheid oxalaat extraheerbaar Al en Fe	mmol.kg <sup>-1</sup>	0 - 2000	Dbase
kdif	real	diffusie of precipitatie snelheidsconstante	j <sup>-1</sup>	1 - 1000	Dbase
NF	real	Freundlich exponent	-	0.01 - 1	Dbase
KeFH2P	real	Freundlich adsorptieconstante	(m <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup> ) <sup>N</sup>	0.01 - 10	Dbase
O4ads	real	half-verzadigings constante voor P	mmol.kg <sup>-1</sup>		
adshP	real	half-verzadigings constante voor P	mol.c.m <sup>-3</sup>	0.01 - 10	Dbase
Pbcrat	real	Verhouding P/BC in mineralen (voorverwerking)	-	0.01 - 10	Dbase
Pdes	real	P-desorptie uit langzame pool	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 0.2	SMART
Pw	real	P-verwerking	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 0.2	SMART
PO4in	real	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> flux	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 10	SMART
ch2PO4	real	concentratie H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	mol.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART
ch2PO4o	real	concentratie H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> vorige tijdstap	mol.m <sup>-3</sup>	0 - 10	SMART

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
Pmi	real	P mineralisatie	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 2	SMART
tPuptmx	real	P beschikbaarheid	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 2	SMART
tPupt	real	P opname	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 2	SUMO
tPupto	real	P opname vorige tijdstap	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 2	SMART
ctPlv	real	P gehalte in bladval	%	0 - 5	SUMO
ctPhu	real	P gehalte in humus	%	0 - 5	initieel Dbase, daarna SMART
ctPst	real	P gehalte in stammen en takken	%	0 - 5	Dbase, alleen als SUMO niet meedraait
ctPlvo	real	P gehalte in bladval vorige tijdstap	%	0 - 5	SMART
aPhuo	real	hoeveelheid P in humus vorige tijdstap	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 100	SMART
aPlto	real	hoeveelheid P in oud strooisel vorige tijdstap	mol.m <sup>-2</sup>	0 - 0.5	SMART
∧ P					
∨					
begrazing					
amex	real	hoeveelheid uitwerpselen	kg.m <sup>-2</sup>	0 - ?	SUMO
ctnitex	real	N gehalte uitwerpselen beesten	%	0 - 15	SUMO
ctPex	real	P gehalte uitwerpselen beesten	%	0 - 15	SUMO
∧					
begrazing					
∨ sumoP +					
deadwood					
ctPrd	real	P gehalte in dode wortels	%		SUMO
amdww	real	hoeveelheid dood hout	kg.m <sup>-2</sup>		SUMO
ctnitdw	real	N gehalte in dood hout	%		SUMO
ctPdw	real	P gehalte in dood hout	%		SUMO
amdwo	real	hoeveelheid dood hout vorige tijdstap	kg.m <sup>-2</sup>		SMART
anitdwo	real	hoeveelheid N in dood hout vorige tijdstap	mol.c.m <sup>-2</sup>		SMART
aPdwo	real	hoeveelheid P in dood hout vorige tijdstap	mol.c.m <sup>-2</sup>		SMART
ctnitdwo	real	N gehalte in dood hout vorige tijdstap	%		SMART
ctPdwo	real	P gehalte in dood hout vorige tijdstap	%		SMART

#### Datastructuur SUMO dll

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
sustart	integer				
tnituptmx	real	N input uit SMART	mol.c.m <sup>-2</sup> .j <sup>1</sup>	>0	SMART
nh4fu	real	bladopname uit smart	mol.c.m <sup>-2</sup> .j <sup>1</sup>	>0	SUMO
gvg	real	voorjaarsgrondwaterstand	m	-1 - 50	Dbase of hydr. model
amlf	real	biomassa dode bladeren = strooisel	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	SUMO
amrd	real	totale wortelverlies	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	SUMO
ctnitrd	real	N gehalte van de totale hoeveelheid dode wortels	gehalte	0.0001 - 0.5	SUMO
ctnitlv	real	N-gehalte van de totale	gehalte	0.0001 - 0.5	SUMO

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
cut	integer	hoeveelheid dood blad in het jaar van plaggen wordt 0 1; SMART verwijderd strooisel		0 of 1	SUMO
amrt	real	wortelbiomassa; uitvoer naar SMART	kg.m <sup>-2</sup>	>0	SUMO
amlv	real	bladbiomassa; uitvoer naar SMART	kg.m <sup>-2</sup>	>0	SUMO
amst	real	tak/stambiomassa; uitvoer naar SMART	kg.m <sup>-2</sup>	>0	SUMO
itime	integer	Aantal jaren na t=0		>0	SUMO
tniupt	real	de totale opname uit de grond	ton.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>	>0	SUMO
b(15,5)	real	intercept voor de gvg formule	m	constante	SUMO
beheer1	integer	gevoerde beheer; 0=geen, 1=maaïen, 2=plaggen		1 - 6	Dbase
plaggen	real	Plaggen; om de hoeveel jaar wordt er geplagd	x.j <sup>-1</sup>	0 of 1	Dbase
maaïen	real	maaïfrequentie per jaar	x.j <sup>-1</sup>	>0	Dbase
bemesting	real	mest gift	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	Dbase
iagelt	integer	leeftijd van de opstand		>0	Dbase
biomini(54,5,3)	real	initiële biomassa per orgaan	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	Dbase
biom(5,3)	real	biomassa per orgaan	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	SUMO
biomoud(5,3)	real	biomassa per orgaan van vorig jaar	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	SUMO
verdeling(15,5,3)	real	fractie verdeling biomassa over organen		0 - 1	Dbase
verliesorg(15,5,3)	real	fractie verlies per orgaan			Dbase
zaad(15,5,3)	real	Input van zaadbiomassa van buitenaf	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	Dbase
Ngeh_org(5,3)	real	N-gehalte per laag en per orgaan	gehalte	0.0001 - 0.5	SUMO
Ngeh_orgini(54,5,3)	real	initiële N gehalte per orgaan	gehalte	0.0001 - 0.5	Dbase
uitdoving(15,5)	real	uitdoving per laag			SUMO
Nmin(15,5)	real	minimaal N gehalte	gehalte	0.0001 - 0.5	Dbase
Nmax(15,5)	real	maximale N-gehalte	gehalte	0.0001 - 0.5	Dbase
Gmax(15,5)	real	maximale groei	ton.ha <sup>-1</sup>	>0, <30	Dbase
gvgl(15,5)	real	gvg waarbij groeireductie op gaat treden	m	constante	Dbase
gvgh(15,5)	real	gvg waarbij de groeireductie maximaal wordt	m	constante	Dbase
verdelingN(15,5,3)	real	verdeling van de stikstof over de organen		0 - 1	Dbase
vegtype	integer	vegetatietype in SUMO		1 - 20	Dbase
opp	real	oppervlakte van het vegetatietype ha in het 250*250 hok		>0	Dbase
filenr	integer	vegetatiestructuurtype gecombineerd met de leeftijd		1 - 55	Dbase
bodemtype(3)	byte	bodemtype uit SMART			Dbase
cboom(4)	byte	hoofdboomtype volgens de kaart			Dbase
pboom(4)	byte	bijboomtype volgens de kaart			Dbase
biomt_param_smart(5)	real	totale biomassa voor uitrekenen parameters in smart; 1=kruiden, 2=heide, 3=loofhout, 4=naalddhout	kg.m <sup>-2</sup>	>0	SUMO
onderschepping(5)	real	lichtonderschepping		>0	SUMO
nterugini(9)	real	De initiële stikstof terugtrekking	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	dBase/ SUMO
nterugl(5)	real	stikstof terugtrekking per laag	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	SUMO

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
voorraad(5)	real	som van bladopname en N terug	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	SUMO
structuur	integer	vegetatiestructuurtype voor SMART en NTM			SUMO
groei(5)	real	groei van de laag	ton.ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>	>0, <30	SUMO
switchv	integer	schakel voor de vegetatie		0 of 1	SUMO
larchfilenr(4)	byte	vegetatietype in Larch termen			Dbase
amin(12)	real	parameter voor de lengtegroei	m	0-1	dbase
bmin(12)	real	parameter voor de lengtegroei	m	0-1	dbase
rmin(12)	real	parameter voor de lengtegroei			dbase
amax(12)	real	parameter voor de lengtegroei	m	>0 - 60	dbase
bmax(12)	real	parameter voor de lengtegroei	m	>0 - 60	dbase
rmax(12)	real	parameter voor de lengtegroei			dbase
lc	real	lengte climaxboom	m	>0 - 60	SUMO
lcoud	real	lengte climaxboom vorig jaar	m	0 - 50	SUMO
lcmaxoud	real	maximale lengte climaxboom vorig jaar	m	0 - 50	SUMO
lcmvoud	real	minimale lengte climaxboom vorig jaar	m	0 - 50	SUMO
lp	real	lengte pionierboom	m	>0 - 60	SUMO
lpoud	real	lengte pionierboom vorig jaar	m	0 - 50	SUMO
lpmaxoud	real	maximale lengte pionierboom vorig jaar	m	0 - 50	SUMO
lpmvoud	real	minimale lengte pionierboom vorig jaar	m	0 - 50	SUMO
leeftijdboom	integer	leeftijd van de climaxboom			SUMO
leeftijdboom	integer	leeftijd van de pionierboom			SUMO
leeftijdstruik	integer	leeftijd van de struiken			SUMO
LAI	real	leaf area index		>0 - 10	SUMO
dun	integer	dunningsjaar ja of nee		0 of 1	SUMO
dunning	real	biomassa die gedund is	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	SUMO
filenr_oud	integer	vegetatiestructuurtype van vorig jaar		1 - 55	SUMO
hak	integer	hakjaar ja of nee		0 of 1	SUMO
hakcyclus	integer	lengte van de cyclus van het jaar hakbeheer		0 - 40	SUMO
hakleeftijd	integer	tijd verstreken na de laatste keer hakken	jaar	0 - 40	SUMO
jaari	real	aantal jaren na de laatste jaar hakhoutdunning		>0	SUMO
kap	integer	kapjaar ja of nee		0 of 1	SUMO
kappen	real				SUMO
dunper(11,28)	real	dunningspercentage			SUMO
kapjaar(11)	real	aantal jaren na de start van beheer waarna het bos wordt gekapt			SUMO
beest(15,5,3)	real*8	verhouding biomassa die per beest van elk orgaan gegeten wordt		0 - 1	dbase
aantal(15)	real	aantal grazer per soort		>=0	dBase/ SUMO
aantaloud(15)	real	aantal grazers per soort in het vorige jaar		>=0	SUMO
aantalmax(15)	real	het maximum aantal grazers per soort		>=0	SUMO
eten(15)	real	totale voedselbehoefte per grazer	ton.ha <sup>-1</sup>	>0	dbase
poeppercentage(15)	real*8	deel van de gegeten biomassa die poep wordt		0 - 1	dbase

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
amex	real	hoeveelheid poep (uivoer voor SMART)	kg.m <sup>-2</sup>	>0	SUMO
ctnitex	real	overall N gehalte van de poep (invoer voor SMART)		>0 - 0.10	SUMO
Ngehpoepe(15)	real*8	N-gehalte van de poep per grazer		>0 - 0.10	dbase
Ngehureum(15)	real	overall N gehalte van ureum		>0 - 0.10	dbase
biommin(5,3)	real*8	biomassa per orgaan die beschikbaar voor begrazing	ton.ha <sup>-1</sup>	>=0	dbase
gegetentot	real	totale hoeveelheid gegeten biomassa	ton.ha <sup>-1</sup>	>=0	SUMO
ls	real	lengte struiken	m	>0 - 8	SUMO
ld	real	lengte dwergstruiken	m	>0 - 8	SUMO
lk	real	lengte kruiden	m	>0 - 8	SUMO
switchb1	integer	schakelaar		0 of 1	SUMO
switchb2	integer	schakelaar		0 of 1	SUMO
switchb3	integer	schakelaar		0 of 1	SUMO
switchb4	integer	schakelaar		0 of 1	SUMO
tPuptmx	real	P beschikbaarheid uit SMART	mol.c.m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	>0	SMART
tPupt	real	totale hoeveelheid P opgenomen wordt door vegetatie voor SMART	mol.c.m <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup>	>0	SUMO
ctPrd	real	P gehalte van dode wortels		0.00001 - 0.5	SUMO
ctPlv	real	P gehalte van dode bladeren		0.00001 - 0.5	SUMO
Pgeh_org(5,3)	real	P gehalte van de organen		0.00001 - 0.5	SUMO
Pmin(15,5)	real	minimale P gehalte			database
Pmax(15,5)	real	maximale P gehalte			database
b_Pmin(13)	real*8	minimale P gehalte bomen			database
b_Pmax(13)	real*8	maximale P gehalte bomen			database
Pover	real	P die niet wordt opgenomen	ton.ha <sup>-1</sup>	0 - 1.00000	s
Pgehpoep(15)	real*8	P gehalte mest per dier			database
ctPex	real	P gehalte voor de totale mest			SUMO
opnamegrondP	real	Hoeveelheid P die opgenomen wordt door de vegetatie	ton.ha <sup>-1</sup>	0 - 1.00000	SUMO
amdw	real	totale hoeveelheid dood hout	ton.ha <sup>-1</sup>	0-300	SUMO
ctnitdw	real	N gehalte van de totale hoeveelheid dood hout		0.0001 - 0.01	SUMO
ctPdw	real	P gehalte van de totale hoeveelheid dood hout		0.0001 - 0.01	SUMO
lvp(3)	real	leeftijdssterfte voor pionierboom			SUMO
lvc(3)	real	leeftijdssterfte voor climaxboom			SUMO
b_verdeling(13,3)	real*8	verdeling biomassa over de organen voor bomen			database
b_verdelingN(13,3)	real	verdeling N over de organen voor bomen			database
b_verliesorg(13,3)	real	verlies biomassa per orgaan voor bomen	ton.ha <sup>-1</sup>		database
b_zaad(13,3)	real	input van zaad voor bomen	ton.ha <sup>-1</sup>	0 - 0.01	database
b_uitdoving(13)	real	lichtonderschepping door bomen			database

naam	type	Omschrijving	eenheid	technisch bereik	Herkomst
b_Nmin(13)	real	minimale N gehalte voor bomen			database
b_Nmax(13)	real	maximale N gehalte voor bomen			database
b_Gmax(13)	real	maximale groeisnelheid voor bomen			database
b_gvgl(13)	real	gvg waarbij de groeibeperking m -mv maximaal wordt voorbomen			database
b_gvgh(13)	real	gvg waarbij beperking van de groei m -mv optreed voor bomen			database
b_b(13)	real	afsnijding y-as voor bomen (gvg)			database
bsp	integer	pionierboomsoort nummer			SUMO
bsc	integer	climaxboomsoort nummer			SUMO
pbs	integer	switch om successie boomsoorten aan te geven	voor		SUMO
cbs	integer	switch om successie boomsoorten aan te geven	voor		SUMO





## Bijlage 2 Maximale en minimale N en P gehalten van de functionele typen.

De waarden worden ingelezen uit de files paramete.txt en b\_paramete.txt (voor de bomen) of in het geval van de Natuurplanner uit de Acces-database. De waarden zijn de minima en maxima voor het gehele functionele type. Door middel van een verdelingsfactor wordt N verdeeld over de organen, waardoor maxima en minima van de organen af kunnen wijken van het overall minimum en maximum.

*Minimum en maximum N en P gehalte van de functionele typen exclusief bomen. De extra hoogveentypen zijn reserves die later ingevuld kunnen worden.*

vegetatietype	orgaan	Nmin	Nmax	Pmin	Pmax
grasland	kruiden en grassen	0.01	0.03	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
heide	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
donker naaldbos	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
licht loofbos	kruiden en grassen	0.01	0.03	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
licht naaldbos	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
donker eiken beukenbos	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
donker beukenbos	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
structuurrijk loofbos	kruiden en grassen	0.01	0.03	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
riet	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
struweel	kruiden en grassen	0.01	0.03	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
kwelder	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.00	0.00	0.0001	0.004
hoogveen	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
hoogveen	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004
hoogveen	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004

vegetatietype	orgaan	Nmin	Nmax	Pmin	Pmax
hoogveen	kruiden en grassen	0.01	0.02	0.0001	0.005
	dwergstruiken	0.01	0.02	0.0001	0.005
	struiken	0.01	0.02	0.0001	0.004

*Minimum en maximum N en P gehalte van de bomen.*

vegetatietype	Nmin	Nmax	Pmin	Pmax
Geen	0.0085	0.023	0.0001	0.0038
Amerikaanse eik	0.0100	0.018	0.0001	0.0028
beuk	0.0100	0.023	0.0001	0.0020
douglas	0.0100	0.018	0.0001	0.0023
eik	0.0100	0.018	0.0001	0.0028
grove den	0.0085	0.023	0.0001	0.0038
larix	0.0050	0.018	0.0001	0.0038
populier	0.0100	0.018	0.0001	0.0017
berk	0.0085	0.023	0.0001	0.0028
es	0.0100	0.023	0.0001	0.0017
fijnspar	0.0100	0.018	0.0001	0.0038
els	0.0100	0.023	0.0001	0.0017
wilg	0.0100	0.018	0.0012	0.0017

### Bijlage 3 Literatuurgegevens over N en P gehalten in de vegetatie en de P-gehalten in mest

Voor de vijf functionele typen worden, zover bekend, per orgaan en per boomsoort N en P weergegeven. De waarden zijn verkregen uit de literatuur. De gebruikte literatuur staat vermeld in bijlage 4.

soort	orgaan	N					P					K				
		min	max	gem	s.e.	n	min	max	gem	s.e.	n	min	max	gem	s.e.	n
abies balsamea	naalden	13.30	19.50	15.99	2.31	8	1.20	2.80	1.78	0.51	8	2.30	5.40	3.46	1.09	8
Acer saccharum	totale plant	23.50	31.50	28.50	3.49	4	3.00	6.20	4.43	1.67	4					0
Agrostis cappilaris	blad	16.50	17.10	16.80	0.42	2	1.90	2.30	2.10	0.28	2	7.80	8.30	8.05	0.35	2
Anthoxanthum odoratum	blad	5.50	11.40	8.45	4.17	2	0.70	1.10	0.90	0.28	2	2.60	7.40	5.00	3.39	2
Betula humilis	blad	18.27	20.79	19.53	1.78	2	1.09	3.26	2.18	1.53	2	6.55	9.73	8.14	2.25	2
Betuletum humilis	blad	13.86	16.55	15.21	1.90	2	1.98	2.03	2.01	0.04	2	6.58	10.12	8.35	2.50	2
beuk	blad	17.20	25.50	21.49	2.87	10	0.91	1.25	1.03	0.12	10	3.83	8.70	5.71	1.92	10
bryophyte	blad	11.40	20.40	14.77	2.91	15	0.11	3.36	1.46	1.16	15	1.10	18.40	6.92	5.36	15
Calamagrostidetum strictae	blad	13.78	19.53	16.66	4.07	2	0.98	1.53	1.26	0.39	2	7.64	12.49	10.07	3.43	2
Calamagrostis stricta	blad	8.99	12.85	10.86	1.93	3	0.74	2.59	1.42	1.02	3	8.22	11.57	10.06	1.70	3
Carex appropinquata	blad	10.99	12.60	11.69	0.80	4	0.61	1.95	1.02	0.62	4	9.58	10.68	10.30	0.49	4
Carex diandra	blad	11.38	12.98	12.27	0.82	3	0.85	1.83	1.27	0.51	3	8.30	11.62	10.44	1.85	3
carex elata	blad	12.42	18.19	14.61	2.26	5	0.74	1.63	1.13	0.38	5	7.35	11.43	9.89	1.66	5
Carex lasiocarpa	blad	10.23	11.55	11.09	0.75	3	0.55	0.84	0.66	0.16	3	5.49	8.78	6.86	1.71	3
Carex rostrata	blad	11.57	16.55	13.55	1.91	5	0.74	2.08	1.15	0.54	5	6.24	12.00	9.32	2.08	5
Caricetum limoso-diandrae	blad	15.22	17.15	16.19	1.36	2	0.74	0.99	0.87	0.18	2	4.00	8.50	6.25	3.18	2
Caricetum limoso-diandrae (B)	blad	12.63	18.59	15.61	4.21	2	0.57	0.78	0.68	0.15	2	3.35	7.70	5.53	3.08	2
Corsicaanse den	naalden	10.70	20.60	15.49	3.30	16	0.11	2.00	1.31	0.48	16	1.10	8.90	5.07	2.75	16
douglas	naald	1.41	28.50	18.66	4.93	130	0.10	2.30	0.96	0.41	130	2.60	11.70	5.18	2.05	76
Douglas	blad	25.00	28.60	27.33	2.02	3	1.90	2.20	2.00	0.17	3	6.00	8.30	7.53	1.33	3
duinvegetatie	blad	8.80	27.00	14.56	4.04	98	0.60	2.18	1.25	0.38	98	7.30	17.90	10.99	2.79	80
eenarig wollegras	blad	7.10	34.30	14.15	8.89	24	0.10	3.50	1.01	0.89	20	1.00	18.70	7.02	4.84	20
Equisetum fluviatile	blad	15.72	20.43	18.10	2.05	4	1.26	2.66	1.79	0.61	4	12.83	19.15	15.50	2.68	4
es	blad	15.50	23.80	19.65	5.87	2	2.40	2.90	2.65	0.35	2	7.40	19.20	13.30	8.34	2
esdoorn	blad	9.90	27.10	18.30	3.99	27	0.70	3.50	1.34	0.51	27	7.80	15.70	12.25	1.67	27
Fagus sylvatica	blad	28.00	32.00	30.67	2.31	3	1.70	2.00	1.90	0.17	3	1.60	9.60	6.63	4.38	3
Festuca rubra	blad	17.70	17.80	17.75	0.07	2	1.80	2.40	2.10	0.42	2	9.90	11.60	10.75	1.20	2
fijnspar	naald	6.10	24.50	12.58	2.79	110	0.70	3.80	1.25	0.54	110	3.80	11.30	6.74	1.43	110

soort	orgaan	N					P					K				
		min	max	gem	s.e.	n	min	max	gem	s.e.	n	min	max	gem	s.e.	n
grasland	strootisel	9.50	13.60	12.13	1.83	4	1.00	2.40	1.73	0.61	4	5.10	20.10	9.10	7.34	4
grasland	wortels	16.20	17.50	16.83	0.56	4	1.40	1.90	1.53	0.25	4	0.40	1.80	1.08	0.64	4
grasland	blad	15.40	22.60	17.70	3.32	4	1.10	3.00	2.25	0.83	4	8.40	25.20	13.60	7.80	4
grasland (Calthion)	blad	11.79	24.47	14.91	3.36	16	2.04	5.39	3.10	1.05	16	4.44	22.53	11.38	6.04	16
grasland (Carcion curto-nigrae)	blad	13.15	25.58	18.09	4.54	16	1.66	3.94	2.63	0.73	16	3.29	13.12	8.78	3.36	16
grasland (kalkgrasland) andere grassen	blad	8.60	14.90	11.71	2.04	10	0.60	1.60	0.95	0.35	10					0
grasland (kalkgrasland) andere kruiden	blad	7.20	18.20	11.04	3.48	10	0.47	1.18	0.73	0.22	10					0
grasland (kalkgrasland) andere soorten	wortels	7.30	13.50	9.97	1.77	10	0.35	1.02	0.62	0.22	10					0
grasland (kalkgrasland) Brachypodium	blad	9.00	16.20	12.01	2.21	10	0.36	1.23	0.69	0.25	10					0
grasland (kalkgrasland) Brachypodium	wortels	6.10	9.80	7.15	1.13	10	0.26	0.61	0.40	0.14	10					0
grasland (kalkgrasland) legaminosen	blad	10.50	17.30	13.27	2.14	10	0.29	0.78	0.56	0.18	10					0
grasland nat	blad	12.00	18.00	14.13	2.66	4	0.30	1.65	0.76	0.60	4	1.20	4.50	2.28	1.52	4
grove den	hout (bast)	4.48	7.72	6.36	0.96	8	0.69	0.80	0.74	0.04	8	2.44	2.98	2.71	0.18	8
grove den	hout (stam)	0.68	1.20	0.99	0.16	8	0.06	0.11	0.09	0.02	8	0.56	0.68	0.62	0.04	8
grove den	hout (tak)	2.47	3.91	3.28	0.51	6	0.42	0.55	0.49	0.04	6	1.74	1.91	1.83	0.06	6
grove den	naald	10.94	22.50	15.83	2.27	81	0.70	2.60	1.24	0.35	81	3.40	9.50	5.70	1.28	81
Holcus lanatus	blad	12.80	19.40	15.48	3.13	4	1.70	2.90	2.28	0.61	4	8.00	27.20	14.40	8.67	4
hooiland (eerste oogst)	blad	15.50	27.00	19.00	5.40	4	1.50	2.55	2.14	0.45	4	2.60	12.00	5.30	4.50	4
hooiland (tweede oogst)	blad	16.50	27.00	22.25	4.33	4	2.15	3.00	2.61	0.40	4	1.80	7.20	3.55	2.48	4
iep	blad	14.20	31.10	23.37	5.75	6	1.30	2.50	1.87	0.46	6	17.70	27.10	20.58	3.44	6
Lysimachia vulgaris	blad	15.48	26.94	21.13	4.68	4	1.65	2.42	2.04	0.42	4	7.77	14.28	10.69	3.28	4
Menyanthes trifoliata	blad	25.11	31.02	28.13	2.37	5	1.73	4.00	2.80	0.91	5	8.36	24.24	16.82	5.89	5
Molinea carulea	blad	11.89	15.32	13.61	2.43	2	0.69	2.42	1.56	1.22	2	6.61	9.22	7.92	1.85	2
mos ven (Carcion davallianae)	blad	16.70	19.10	18.35	1.11	4	1.17	1.96	1.60	0.39	4					0
Oxalis acetosella	totale plant	36.00	48.50	41.92	5.15	6	10.00	20.00	14.92	5.04	6					0
phanerogam	blad	11.20	17.80	14.41	2.25	15	0.62	1.99	1.32	0.47	15	7.30	19.90	12.57	3.94	15
picea abies	naald	10.50	25.90	15.56	4.31	10	0.86	1.25	1.01	0.13	10	3.57	5.39	4.25	0.57	10
Picea abies	naalden	10.60	21.00	14.45	1.95	39	1.00	2.60	1.84	0.46	39	4.20	10.10	6.68	1.64	39
Picea engelmannii	naalden	19.70	20.80	20.25	0.78	2	2.90	3.00	2.95	0.07	2	3.80	5.60	4.70	1.27	2
Picea rubens	naalden	10.10	11.90	11.00	1.27	2	1.20	1.20	1.20	0.00	2	8.10	9.20	8.65	0.78	2
Poa trivialis	blad	12.90	27.10	20.00	10.04	2	2.10	3.50	2.80	0.99	2	7.20	22.10	14.65	10.54	2
Potentilla palustris	blad	17.84	19.96	18.74	0.89	4	0.97	2.44	1.58	0.62	4	9.01	13.37	11.48	1.95	4
riet	riet	9.00	27.00	16.33	7.09	6	0.35	1.40	0.87	0.42	6					0

soort	orgaan	N					P					K				
		min	max	gem	s.e.	n	min	max	gem	s.e.	n	min	max	gem	s.e.	n
riet ven ( <i>Carcion davalliana</i> )	blad	8.30	9.00	8.70	0.36	4	0.53	0.60	0.56	0.03	4					0
Rumex acetosa	blad	9.80	19.17	15.56	5.04	3	1.60	3.54	2.45	0.99	3	9.00	30.34	17.18	11.51	3
Rumex hydrolapathum	blad	17.56	26.33	21.95	6.20	2	1.79	3.06	2.43	0.90	2	23.36	29.33	26.35	4.22	2
tamme kastanje	blad	28.80	36.40	32.60	5.37	2	2.20	2.20	2.20	0.00	2	5.10	5.40	5.25	0.21	2
Vaccinio uliginosi-Pinetum typicum	blad	12.13	12.83	12.48	0.49	2	0.77	0.99	0.88	0.16	2	6.55	7.74	7.15	0.84	2
veen	mos	14.20	19.10	16.33	2.33	4	1.27	2.27	1.76	0.44	4	3.90	5.10	4.53	0.57	4
veen	strooisel	6.30	12.20	9.95	2.56	4	0.72	1.28	0.94	0.25	4	2.50	5.20	3.98	1.25	4
veen	fanerogamen	9.00	16.10	12.33	2.92	4	0.96	2.11	1.54	0.49	4	2.60	4.10	3.48	0.65	4
veen	wortels	8.60	12.50	10.30	1.64	4	0.76	1.41	1.08	0.36	4	2.80	3.80	3.20	0.49	4
ven	blad	11.00	18.00	13.13	3.28	4	0.85	2.20	1.23	0.65	4	5.00	7.00	5.80	0.91	4
ven ( <i>Carcion davalliana</i> )	blad	11.40	12.70	12.10	0.54	4	0.85	1.56	1.21	0.40	4					0
wintereik	blad	11.60	34.60	20.58	5.95	16	0.60	1.40	1.03	0.24	16	4.70	18.90	10.51	3.84	16
wintereik	stam	3.80	12.10	7.61	2.40	16	0.30	1.10	0.69	0.24	16	2.30	7.00	4.64	1.61	16
wintereik	wortel fijn	6.90	21.90	13.50	4.88	16	0.50	1.50	0.89	0.29	16	3.00	11.00	6.80	2.35	16
wintereik	wortel grof	2.30	11.40	6.63	2.93	16	0.20	0.80	0.51	0.21	16	1.80	5.60	3.61	1.23	16
zegge ven ( <i>Carcion davalliana</i> )	blad	9.10	16.10	12.50	2.13	32	0.49	2.15	1.13	0.53	32					0
zomereik	blad	15.00	37.60	24.91	5.31	67	0.80	2.80	1.60	0.37	67	5.00	13.80	8.66	1.67	67
zwarte els	blad	23.30	31.20	27.02	2.76	13	1.20	1.70	1.47	0.14	13	6.90	12.20	9.51	1.50	13

*N, P en K-gehalten in mest van verschillende dieren*

type mest	N-gehalte tot	P-gehalte tot	P-gehalte laag	P-gehalte hoog	K-gehalte tot	opmerking
kalvermest	38.1	6.4				drijfmest???
kalvermest	32.7	7.9				drijfmest???
meststierenmest	22.5	7.9				drijfmest???
meststierenmest	28.5	8.6				drijfmest???
melkveemest	25.1	6				drijfmest???
melkveemest	31.6	11.3				drijfmest???
biggenmest	36.5	18.5				drijfmest???
biggenmest	46	22				drijfmest???
mestvarkensmest	27.3	20.8				drijfmest???
mestvarkensmest	43.8	23.6				drijfmest???
zeugenmest	42.7	18.8				drijfmest???
zeugenmest	27.6	16.2				drijfmest???
slachtkuikenmest	47.4	20.6				
slachtkuikenmest	51.4	9				
legghenmest	38	19.1				
legghenmest	55	18.8				
rundveemest	44	7.9			45.6	dunne mest
mestkalveren	30	5.7			19.9	dunne mest
mestvarkens	55	20.5			41.5	dunne mest
fokvarkens	39	16.2			32.4	dunne mest
kippen	92	35			41.5	dunne mest
slachtkuikens	260	104.8			178.4	vaste mest
kippen	158	87.3			91.3	vaste mest
strooiselmest						
koe (zuivel)			6	16		
koe (vlees)			4.5	10.7		
koe (vlees)			3.7	10.6		
varken			19.7	40		
kip (vlees)			13.1	23.3		
kip (leg)			16.3	30.3		
koe (zuivel)		4.7				
koe (zuivel)			2.6	6.4		
koe (vlees)		8.4				
koe (vlees)		11.5				
varken		11				
varken			14.8	18		
kip (vlees)			13.2	23.2		
kip (leg)			7.2	29.8		
schaap		3.2				klaver-gras voer
schaap		12.6				fosfaatrijke brokken
schaap		9.8				
koe		4.7				
schaap			1.8	17		onbemeste wilde gronden(min) tot weiden (max)

## **Bijlage 4 Gebruikte literatuur voor de parameterisatie en validatie van P modellering**

Bakker, J., Bargerbos, G. & Verhoeven, C. 1986. Uitspoeling van stikstof, fosfaat en kali voor verschillende bodemgebruiksvormen in Drenthe. Werkgroep nutriëntenbalans drenthe, Assen.

Balsberg Pahlsson, A.M. 1992. Influence of nitrogen fertilization on minerals, carbohydrates, amino acids and phenolic compounds in beech (*Fagus sylvatica* L.) leaves. *Tree Physiology* 10: 93-100.

Barnett, G.M. 1994. Phosphorus forms in animal manure. *Bioresource technology* 49: 139-147

Beltman, B., Kooijman, A.M., Ellers, J. & Oosterbeek B.J. 1992. Nutrient availability and plant species composition of rich fens in the dune complex at Dooaghtry, Co. Mayo, Ireland. In: Carter, R.W.G., Curtis, T.G.F. & Sheehy-Skeffington, M.J. Coastal Dun.

Berger, T.W. & Glatzel, G. 2001. Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization. *Forest Ecology and Management* 149: 1-14.

Bobbink, R. 1991. Effects of nutrient enrichment in Dutch chalk grassland. *Journal of Applied Ecology* 28: 28-41.

Boeye, D., Verhagen, B., Haesebroeck, V. van & Verheyen, R.F. 1997. Nutrient limitation in species-rich lowland fens. *Journal of Vegetation Science* 8: 415-424.

Bromfield, S.M. 1961. Sheep faeces in relation to the phosphorus cycle under pastures. *Australian Journal of Agricultural Research* 12: 111-123

Burg, J. van den & Schaap, W. 1995. Richtlijnen voor mineralentoediening en bekalking als effectgerichte maatregelen in bossen. Rapport 16. IKC Natuurbeheer, Wageningen.

Burg, J. van den & Vries, W. de. De bladsamenstelling van enige loofboomsoorten in beplantingen op arme mariene zandgronden in de afgesloten Lauwerszee 1974-1984. Rapport nr. 504. RBL De Dorschkamp, Wageningen

Burg, J. van den, Zielhorst, A.J.M. & Boersma, F. 1989. De invloed van fosforbemesting en bekalking op de groei na 30 jaar van een fijnsparopstand in de boswachterij smilde, vak 12. Rapport 560. RBL De Dorschkamp, Wageningen

Burg, J. van den. 1986. Waarnemingen over de minerale voedingstoestand en de bodemvruchtbaarheid van beplantingen en opstanden van zomereik (*Quercus robur* L.) in de Peel (augustus 1986). Rapport 552. RBL De Dorschkamp, Wageningen.

Burg, J. van den. 1989. Het verloop van de ammonium- en nitraatgehalten van de minerale bovengrond en van de naaldsamenstelling van vijf naaldboomcultures in de boswachterij Oostreeng 1987/1988

Burg, J. van den. Blad- en naaldsamenstelling van boomsoorten in Nederlandse bossen en hun relatie met bodemeigenschappen. IBN-DLO, Wageningen

Dobben, H.F. & Vries, W. de. 2001. Relatie tussen vegetatie en abiotische factoren in het Meetnet Vitaliteit en Verdroging. Een statistische studie op grond van waarnemingen in 200 opstanden in 1995 en 1996. Rapport 406. Alterra, Wageningen.

Dobben, H.F. van, Mulder, J., Dam, H. van & Houweling, H. 1992. Impact of acid atmospheric deposition on the biogeochemistry of moorland pools and surrounding terrestrial environment. Agricultural research reports 931. Pudoc, Wageningen.

Driessche, R. van den & Ponsford, D. 1995. Nitrogen induced potassium deficiency in white spruce (*Picea glauca*) and Engelmann spruce (*Picea engelmannii*) seedlings. Canadian Journal of Forestry Research 25: 1445-1454.

Duren, I.C. van, Boeye, D. & Grootjans, A.P. 1997. Nutrient limitations in an extant and drained poor fen: implications for restoration. Plant Ecology: 91-100.

Duren, I.C. van, Pegtel, D.M., Aerts, B.A. & Inberg, J.A. 1997. Nutrient supply in undrained and drained Calthion meadows. Journal of Vegetation Science 8: 829-838.

Faassen, h.g. van & Dijk, h. van. 1985. Mineralisatiesnelheid van organische stikstof (en fosfaat) uit mest in de grond. Rapport 7-85. IB, Haren.

Fluckiger, W. & Braun, S. 1998. Nitrogen deposition in Swiss forests and its possible relevance for leaf nutrient status, parasite attacks and soil acidification. Environmental Pollution 102: 69-76.

Gessner, M.O. 2001. Mass loss, fungal colonisation and nutrient dynamics of *Phragmites australis* leaves during senescence and early aerial decay. Aquatic Botany 69: 325-339.

Hosoi, Y., Kido, Y., Miki, M. & Sumida, M. 1998. Field examination on reed growth, harvest and regeneration for nutrient removal. Water Science Tech. 38: 351-359.

Huttl, R.F. 1990. Nutrient supply and fertilizer experiments in view of N saturation. Plant and Soil 128:45-58

Janssen, P.H.M. and P.S.C. Heuberger, 1995. Calibration of process-oriented models. *Ecol. Model.* 83: 55-66.



- Kam, M. de, Verstegen, C.M., Burg, J. van den & Werf, D.C. van der 1991. Effect of fertilization with ammonium sulphate and potassium sulphate on the development of *Sphaeropsis sapinea* Corsican pine. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 97: 265-274.
- Koerselman, W., Meuleman, A.F.M. 1994. Groeibeperkende voedingsstoffen in verschillende duinvalleitypen. KIWA, Nieuwegein.
- Koerselman, W. 1992. The nature of nutrient limitation in Dutch dune slacks. In: Carter, R.W.G., Curtis, T.G.F. & Sheehy-Skeffington, M.J. *Coastal Dunes*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- McAuliffe, C. & Peech, M. 1949. Utilization by plants of phosphorus in farm manure: I. Labeling of phosphorus in sheep manure with P<sup>32</sup>. *Soil Science* 68: 179-184
- Mohren, G.J.M., Burg, J. van den & Burger, F.W. 1986. Phosphorus deficiency induced by nitrogen input in Douglas fir in the Netherlands. *Plant and soil* 95: 191-200.
- Pacovsky, R.S. & Fuller, G. 1986. Development of two endomycorrhizal symbioses on soyabean and comparison with phosphorus fertilization. *Plant and Soil* 95: 361-377.
- Pegtel, D.M., Bakker, J.P., Verweij, G.L. & Fresco, F.M. 1996. N, K, and P deficiency in chronosequential cut summer-dry grasslands on gley podzol after the cessation of fertilizer application. *Plant and Soil* 178: 121-131.
- Tamm, C.O. 1954. Some observations on the nutrient turn-over in a bog community dominated by *Eriophorum vaginatum* L. *Oikos* 5: 189-194.
- Tamm, C.O., Aronsson, A., Popovic, B. & Flower-Ellis, J. 1999. Optimum nutrition and nitrogen saturation in Scots pine stands. *Studia Forestalia Suecica* 206: 3-126.
- Tessier, J.T., McNaughton, S.J. & Raynal, D.J. 2001. Influence of nutrient availability and tree wildling density on nutrient uptake by *Oxalis acetosella* and *Acer saccharum*. *Environmental and Experimental Botany* 45: 11-20.
- Verhoeven, J.T.A. & Schmitz, M.B. 1991. Control of plant growth by nitrogen and phosphorus in mesotrophic fens. *Biogeochemistry* 12: 135-148.
- Vermeer, H.J.G. 1986. The effect of nutrients on shoot biomass and species composition of wetland and hayfield communities. *Acta Oecologica* 7 (21): 31-41.

Wassen, M.J., Olde Venterink, H.G.M. & Swart, E.O.A.M. de. 1995. Nutrient concentrations in mire vegetation as a measure of nutrient limitation in mire ecosystems. *Journal of Vegetation Science* 6: 5-16.

Wouters, A.P. 2000. Grasproductie sterk fosfaat fixerende gronden. Rapport 191. PR, Lelystad.

## Bijlage 5 Verdelingfactoren voor N (N-factor) en P (P-factor) per functioneel type

verdelingfactoren voor N (N-factor) en P (P-factor) per functioneel type met biomassagroei, N beschikbaarheid en P beschikbaarheid in de bodem en het bodemtype in 1995. Afkortingen: k. = kruiden, d. = dwergstruiken, s. = struiken, pb. = pionierboom en cb. = climaxboom

xcoörd	ycoörd	N-factor					P-factor					biomassa groei (ton.ha <sup>-1</sup> )					bodem- type	N-besch kg.ha <sup>-1</sup>	P-besch kg.ha <sup>-1</sup>
		k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.			
199000	551000	0.28	0.43	0.54	0.65	0.48	0.44	0.60	0.73	0.87	0.62	0.01	0.16	0.30	2.83	0.15	SR	31.60	2.90
215000	568000	0.27	0.44	0.51	0.66	0.43	0.28	0.42	0.57	0.77	0.42	0.00	0.03	0.11	1.73	0.08	PN	19.90	1.10
212000	558000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.69	0.95	0.99	1.00	1.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	9.21	SP	86.20	6.20
223000	559000	0.40	0.45	0.88	0.82	0.75	0.65	0.64	0.86	0.90	0.78	0.06	0.17	0.10	5.24	0.53	SP	68.60	5.20
246000	551000	0.36	0.38	0.74	0.76	0.73	0.44	0.42	0.72	0.80	0.67	0.01	0.03	0.10	3.41	0.12	SP	42.40	2.00
246000	555000	0.51	0.95	1.00	1.00	0.52	0.75	0.88	1.00	1.00	0.69	0.01	0.01	0.00	0.02	4.78	SP	43.10	2.70
246000	556000	0.34	0.79	1.00	1.00	0.46	0.68	0.83	1.00	1.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.01	4.85	SR	42.70	4.40
247000	553000	0.39	0.44	0.87	0.82	0.75	0.65	0.63	0.86	0.90	0.78	0.06	0.16	0.10	5.17	0.51	SP	67.00	5.10
248000	553000	0.39	0.44	0.87	0.82	0.75	0.65	0.63	0.86	0.90	0.78	0.06	0.16	0.10	5.17	0.51	SP	67.00	5.10
274000	565000	0.24	0.45	0.58	0.76	0.44	0.48	0.64	0.76	0.89	0.59	0.01	0.03	0.11	3.93	0.31	SR	47.00	3.70
182000	533000	0.37	0.43	0.84	0.78	0.58	0.65	0.65	0.86	0.90	0.73	0.04	0.12	0.10	4.70	0.42	SP	57.90	4.70
183000	533000	0.40	0.46	0.89	0.82	0.74	0.70	0.69	0.89	0.92	0.81	0.09	0.19	0.10	5.52	0.61	SP	71.90	6.30
206000	547000	0.26	0.42	0.50	0.61	0.45	0.42	0.58	0.70	0.86	0.60	0.01	0.21	0.32	2.02	0.16	SR	22.60	2.20
217000	545000	0.36	0.45	0.74	0.74	0.58	0.40	0.39	0.69	0.76	0.54	0.01	0.04	0.10	3.00	0.09	SP	36.00	1.50
218000	548000	0.39	0.41	0.81	0.77	0.58	0.53	0.51	0.79	0.84	0.62	0.03	0.08	0.12	4.09	0.25	SP	48.90	3.00
219000	544000	0.41	0.44	0.82	0.80	0.61	0.52	0.51	0.78	0.84	0.63	0.03	0.07	0.09	4.33	0.23	SP	55.50	3.00
220000	544000	0.40	0.41	0.82	0.79	0.60	0.54	0.53	0.80	0.86	0.64	0.03	0.07	0.08	4.57	0.23	SP	55.90	3.40
220000	545000	0.27	0.49	0.58	0.69	0.32	0.44	0.65	0.87	0.91	0.67	0.00	0.03	0.67	0.30	1.24	SR	18.10	2.20
227000	538000	0.36	0.63	0.83	0.78	0.44	0.40	0.60	0.83	0.83	0.58	0.00	0.01	0.88	0.44	2.11	SP	33.40	1.90
221000	527000	0.39	0.79	1.00	1.00	0.52	0.53	0.72	0.98	0.97	0.65	0.00	0.00	0.00	0.02	4.40	SP	43.20	2.20
240000	548000	0.40	0.70	1.00	1.00	0.49	0.47	0.68	0.93	0.96	0.65	0.00	0.00	0.01	0.02	3.93	SP	34.80	2.10
240000	549000	0.31	0.47	0.61	0.81	0.48	0.39	0.54	0.70	0.85	0.52	0.01	0.03	0.10	3.97	0.23	SP	50.70	2.80
243000	544000	0.42	0.45	0.84	0.86	0.81	0.56	0.55	0.81	0.87	0.75	0.06	0.12	0.13	4.13	0.53	SP	60.50	3.40
245000	547000	0.28	0.51	0.57	0.70	0.33	0.30	0.50	0.75	0.80	0.34	0.00	0.01	1.86	0.90	0.01	SP	26.70	1.70
242000	537000	0.43	0.48	0.89	0.84	0.77	0.67	0.66	0.87	0.90	0.79	0.09	0.23	0.10	5.19	0.68	SP	72.70	5.30
234000	507000	0.77	1.00	1.00	1.00	0.61	0.78	0.90	1.00	1.00	0.68	0.02	0.00	0.00	0.01	6.01	SP	59.30	2.70
225000	487000	0.88	0.87	1.00	1.00	0.78	0.92	0.91	0.98	0.98	0.89	1.01	0.85	0.05	0.02	6.66	SR	94.60	8.40

xcoord	ycoord	N-factor					P-factor					biomassa groei (ton.ha <sup>-1</sup> )					bodem- type	N-besch kg.ha <sup>-1</sup>	P-besch kg.ha <sup>-1</sup>
		k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.			
144000	469000	0.42	0.44	0.84	0.84	0.62	0.57	0.55	0.82	0.88	0.68	0.05	0.10	0.11	4.02	0.29	SP	57.80	3.40
145000	470000	0.90	1.00	1.00	1.00	0.70	0.91	0.97	1.00	0.99	0.88	0.05	0.00	0.03	0.02	7.45	SR	78.40	6.40
146000	468000	0.82	1.00	0.94	0.99	0.74	0.90	0.95	0.92	0.95	0.86	5.86	1.29	0.59	0.14	2.94	SP	142.90	11.10
147000	468000	0.67	1.00	1.00	1.00	0.58	0.78	0.90	1.00	1.00	0.69	0.02	0.00	0.00	0.01	5.67	SP	53.50	2.90
175000	469000	0.91	0.87	1.00	1.00	0.80	0.92	0.90	0.96	0.97	0.87	1.44	1.18	0.07	0.03	6.08	SP	108.70	7.80
180000	466000	0.62	1.00	1.00	1.00	0.56	0.75	0.88	1.00	1.00	0.67	0.02	0.00	0.00	0.01	5.20	SP	50.80	2.60
226000	455000	0.35	0.84	1.00	1.00	0.52	0.62	0.80	1.00	0.99	0.72	0.00	0.00	0.00	0.01	5.14	SR	36.80	3.30
222000	442000	0.63	1.00	1.00	1.00	0.61	0.89	0.96	0.99	0.97	0.87	0.04	0.00	0.12	0.04	5.92	CN	54.60	5.90
247000	439000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	0.97	1.00	1.00	1.00	0.91	0.00	0.00	0.01	0.00	10.26	CN	103.10	9.50
154000	401000	0.35	0.54	0.67	0.82	0.52	0.45	0.62	0.75	0.87	0.55	0.03	0.05	0.11	4.07	0.58	SR	51.80	3.30
183000	423000	0.94	0.92	1.00	1.00	0.80	0.91	0.90	0.97	0.98	0.86	1.08	0.91	0.05	0.05	6.77	SP	109.60	7.20
111000	395000	0.65	1.00	1.00	1.00	0.60	0.76	0.88	1.00	1.00	0.69	0.02	0.00	0.00	0.01	5.62	SP	55.70	2.70
122000	392000	0.88	0.86	1.00	1.00	0.76	0.92	0.91	0.97	0.98	0.88	1.03	0.85	0.05	0.03	6.59	SR	93.20	8.20
123000	390000	0.70	0.73	1.00	0.99	0.72	0.83	0.82	0.92	0.95	0.82	1.06	0.93	0.16	2.10	3.16	SP	94.50	6.10
124000	386000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.79	0.94	0.97	1.00	1.00	0.87	0.09	0.00	0.01	0.01	8.88	SR	86.00	6.90
154000	377000	0.78	1.00	1.00	1.00	0.62	0.76	0.89	1.00	1.00	0.66	0.03	0.00	0.00	0.01	5.85	SP	59.10	2.50
206000	380000	0.58	0.64	0.96	0.96	0.69	0.81	0.81	0.92	0.95	0.84	0.43	0.73	0.15	2.97	2.35	SR	81.00	6.50
146000	365000	0.47	0.50	0.88	0.83	0.63	0.59	0.58	0.82	0.86	0.66	0.11	0.16	0.10	4.66	0.45	SP	65.00	3.50
146000	371000	0.44	0.48	0.85	0.84	0.78	0.61	0.61	0.84	0.89	0.78	0.09	0.27	0.13	4.50	0.56	SR	61.40	4.20
148000	371000	0.48	0.81	1.00	1.00	0.53	0.52	0.72	0.98	0.97	0.65	0.00	0.00	0.00	0.01	4.60	SP	39.90	2.30
163000	372000	0.43	0.50	0.89	0.85	0.63	0.66	0.66	0.87	0.91	0.73	0.07	0.21	0.09	4.89	0.69	SR	66.90	5.00
164000	370000	0.50	0.52	0.92	0.86	0.65	0.64	0.64	0.85	0.88	0.70	0.12	0.17	0.08	5.27	0.57	SP	76.60	4.50
164000	371000	0.51	0.53	0.94	0.87	0.65	0.67	0.66	0.87	0.90	0.72	0.14	0.19	0.07	5.47	0.64	SP	80.10	5.10
174000	372000	0.54	0.57	0.95	0.87	0.67	0.64	0.63	0.85	0.87	0.69	0.14	0.22	0.08	5.35	0.64	SP	80.60	4.30
213000	563000	0.41	0.46	0.87	0.81	0.75	0.62	0.61	0.84	0.88	0.76	0.07	0.20	0.11	4.89	0.52	SP	64.10	4.30
217000	555000	0.25	0.41	0.49	0.69	0.45	0.40	0.56	0.69	0.89	0.59	0.01	0.22	0.35	1.90	0.16	SR	24.00	2.20
218000	551000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.96	0.95	0.99	1.00	0.92	1.02	0.80	0.03	0.05	8.06	SP	134.50	12.30
246000	553000	0.39	0.44	0.87	0.81	0.74	0.71	0.70	0.89	0.92	0.82	0.08	0.22	0.11	5.16	0.66	SR	66.30	6.30
182000	535000	0.31	0.57	0.72	0.85	0.49	0.58	0.73	0.83	0.91	0.64	0.04	0.04	0.11	4.49	0.94	SC	65.80	4.80
217000	548000	0.44	0.95	1.00	1.00	0.57	0.68	0.83	1.00	1.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.01	6.02	SP	51.70	3.60
222000	527000	0.47	0.92	1.00	1.00	0.50	0.75	0.89	1.00	1.00	0.71	0.01	0.01	0.00	0.02	4.71	SR	37.80	2.90
243000	549000	0.33	0.57	0.71	0.86	0.49	0.59	0.74	0.83	0.91	0.64	0.06	0.05	0.12	3.93	1.12	SP	64.90	4.40

xcoord	ycoord	N-factor					P-factor					biomassa groei (ton.ha <sup>-1</sup> )					bodem- type	N-besch kg.ha <sup>-1</sup>	P-besch kg.ha <sup>-1</sup>
		k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.			
234000	510000	0.46	0.49	0.87	0.86	0.64	0.58	0.57	0.83	0.88	0.69	0.10	0.16	0.11	4.15	0.39	SP	61.80	3.50
185000	488000	0.39	0.44	0.87	0.83	0.60	0.65	0.64	0.86	0.90	0.72	0.04	0.12	0.08	5.12	0.44	SP	67.10	5.00
248000	491000	0.77	1.00	0.91	0.98	0.74	0.82	0.91	0.86	0.91	0.78	5.64	1.29	0.58	0.12	2.30	SP	130.10	6.50
257000	489000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.97	1.00	1.00	1.00	0.92	0.00	0.00	0.01	0.01	10.37	CN	109.60	10.00
191000	422000	0.43	0.51	0.83	0.78	0.68	0.44	0.43	0.72	0.77	0.60	0.02	0.18	0.21	3.76	0.05	SP	48.40	2.00
112000	396000	0.31	0.49	0.61	0.78	0.48	0.43	0.59	0.73	0.86	0.54	0.01	0.04	0.11	3.93	0.33	SR	45.90	3.10
121000	390000	0.43	0.49	0.89	0.82	0.61	0.68	0.67	0.87	0.90	0.73	0.06	0.20	0.09	5.04	0.61	SR	64.40	5.20
152000	377000	0.43	0.50	0.89	0.83	0.62	0.65	0.65	0.86	0.89	0.71	0.05	0.18	0.08	5.10	0.59	SR	64.30	4.80
186000	377000	0.37	0.57	0.67	0.77	0.59	0.43	0.59	0.72	0.83	0.58	0.04	0.19	0.32	4.26	0.20	SR	48.00	3.00
187000	376000	0.39	0.59	0.70	0.81	0.62	0.35	0.50	0.65	0.78	0.51	0.02	0.11	0.24	4.32	0.11	SP	56.30	2.30
145000	371000	0.61	0.95	1.00	1.00	0.60	0.61	0.79	1.00	0.99	0.68	0.00	0.00	0.00	0.01	5.85	SP	54.80	2.90
216000	551000	0.42	0.45	0.83	0.80	0.60	0.57	0.56	0.81	0.86	0.66	0.04	0.11	0.11	4.30	0.33	SP	55.50	3.30
209000	552000	0.41	0.78	0.56	0.58	0.41	0.59	0.78	0.75	0.67	0.52	0.00	0.01	3.85	0.08	0.44	PN	42.90	2.80
198000	551000	0.43	0.75	1.00	1.00	0.51	0.50	0.70	0.95	0.96	0.65	0.00	0.00	0.01	0.02	4.22	SP	37.30	2.20
243000	551000	0.30	0.76	1.00	1.00	0.48	0.61	0.78	0.99	0.99	0.73	0.00	0.00	0.00	0.01	4.64	SR	34.00	3.30
225000	571000	0.35	0.37	0.76	0.77	0.56	0.56	0.55	0.82	0.88	0.68	0.01	0.07	0.10	4.03	0.24	SR	44.20	3.60
167000	544000	0.33	0.59	0.74	0.86	0.47	0.70	0.83	0.89	0.95	0.73	0.08	0.04	0.11	3.30	1.82	CN	55.90	5.90
255000	539000	0.67	1.00	1.00	1.00	0.60	0.87	0.95	0.98	0.96	0.84	0.07	0.00	0.17	0.05	5.77	SR	58.70	5.00
252000	542000	0.71	1.00	1.00	1.00	0.61	0.84	0.94	0.96	0.94	0.79	0.14	0.00	0.18	0.05	5.45	SP	62.60	3.90
235000	523000	0.30	0.49	0.59	0.76	0.46	0.45	0.62	0.73	0.86	0.55	0.02	0.05	0.13	3.74	0.31	SR	45.20	3.10
216000	477000	0.54	0.88	1.00	1.00	0.56	0.56	0.75	1.00	0.98	0.66	0.00	0.00	0.00	0.01	5.11	SP	45.50	2.50
217000	486000	0.59	1.00	1.00	1.00	0.59	0.70	0.85	1.00	1.00	0.66	0.03	0.00	0.00	0.01	5.06	SP	50.60	2.30
212000	496000	0.50	0.56	0.94	0.86	0.79	0.74	0.73	0.90	0.92	0.82	0.19	0.44	0.10	5.45	1.08	SR	81.20	6.60
197000	491000	0.36	0.37	0.76	0.73	0.56	0.46	0.43	0.74	0.81	0.57	0.01	0.06	0.17	3.52	0.05	SP	39.50	2.20
257000	495000	0.95	0.90	1.00	1.00	0.82	0.92	0.90	0.96	0.97	0.88	1.60	1.43	0.08	0.03	6.03	SP	118.00	8.20
222000	483000	0.82	0.92	0.90	0.97	0.74	0.85	0.87	0.86	0.91	0.78	4.98	2.28	0.71	0.14	2.04	SP	134.40	6.90
234000	484000	0.44	0.48	0.84	0.83	0.64	0.47	0.46	0.74	0.81	0.58	0.03	0.08	0.09	4.23	0.22	SP	59.20	2.40
227000	487000	0.50	0.52	0.92	0.85	0.64	0.64	0.63	0.85	0.88	0.69	0.12	0.17	0.07	5.42	0.52	SP	75.60	4.60
173000	471000	0.94	1.00	1.00	1.00	0.71	0.89	0.96	0.99	0.98	0.82	0.09	0.00	0.04	0.02	7.10	SP	79.10	4.50
172000	472000	0.96	1.00	1.00	1.00	0.78	0.92	0.96	0.99	1.00	0.84	0.17	0.00	0.01	0.03	8.31	SP	89.30	5.80
153000	456000	0.94	1.00	1.00	1.00	0.70	0.90	0.96	0.99	0.98	0.84	0.08	0.00	0.03	0.02	7.30	SP	80.40	5.20
148000	457000	0.47	0.77	0.54	0.43	0.38	0.55	0.74	0.72	0.50	0.44	0.00	0.01	4.35	0.08	0.02	SP	45.70	2.70

xcoord	ycoord	N-factor					P-factor					biomassa groei (ton.ha <sup>-1</sup> )					bodem- type	N-besch kg.ha <sup>-1</sup>	P-besch kg.ha <sup>-1</sup>
		k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.			
114000	458000	0.81	1.00	1.00	1.00	0.72	0.92	0.96	0.99	1.00	0.86	0.17	0.01	0.02	0.06	7.69	SR	77.30	6.70
219000	457000	1.00	1.00	1.00	0.94	0.78	0.92	0.97	1.00	0.88	0.85	0.00	0.00	0.02	1.38	7.30	SP	107.60	5.80
182000	451000	0.47	0.53	0.89	0.90	0.65	0.75	0.75	0.90	0.94	0.81	0.14	0.35	0.12	4.04	1.17	SR	71.70	6.00
183000	455000	0.47	0.49	0.90	0.84	0.63	0.63	0.62	0.85	0.88	0.69	0.10	0.14	0.08	5.28	0.46	SP	71.50	4.50
181000	459000	0.44	0.48	0.86	0.83	0.63	0.56	0.55	0.80	0.85	0.65	0.06	0.10	0.08	4.76	0.33	SP	66.60	3.40
182000	459000	0.83	0.81	1.00	1.00	0.74	0.87	0.85	0.93	0.96	0.82	1.56	1.16	0.14	0.18	5.03	SP	96.20	5.90
185000	459000	0.75	0.73	0.97	1.00	0.72	0.82	0.80	0.89	0.93	0.79	1.76	1.26	0.24	0.05	3.94	SP	83.90	4.50
247000	473000	0.43	0.47	0.83	0.80	0.62	0.55	0.54	0.80	0.86	0.64	0.04	0.15	0.09	4.44	0.34	SR	52.60	3.40
247000	474000	0.74	1.00	1.00	1.00	0.66	0.84	0.94	0.97	1.00	0.79	0.12	0.00	0.10	0.01	6.11	SR	64.40	4.00
159000	446000	0.89	1.00	1.00	1.00	0.75	0.91	0.97	0.99	0.89	0.89	0.12	0.00	0.05	0.03	7.41	SR	86.10	6.30
212000	435000	0.89	0.87	1.00	1.00	0.77	0.92	0.91	0.97	0.98	0.88	1.12	0.95	0.06	0.07	6.43	SR	97.30	8.00
171000	404000	0.62	0.67	1.00	0.93	0.72	0.69	0.69	0.87	0.89	0.71	0.22	0.30	0.06	5.63	1.10	SP	99.40	4.90
139000	383000	0.91	1.00	1.00	1.00	0.63	0.87	0.95	1.00	1.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	7.30	SR	61.30	4.10
139000	384000	0.90	1.00	1.00	1.00	0.70	0.85	0.94	0.97	0.96	0.77	0.09	0.00	0.05	0.03	6.62	SP	80.20	3.60
133000	388000	0.94	1.00	1.00	1.00	0.62	0.90	0.96	1.00	1.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	7.56	SR	62.60	4.90
114000	392000	0.46	0.48	0.88	0.84	0.64	0.55	0.54	0.81	0.85	0.64	0.07	0.11	0.08	5.11	0.31	SP	69.00	3.60
115000	396000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.96	0.99	1.00	1.00	0.88	0.01	0.00	0.01	0.01	9.87	SR	103.70	7.50
166000	379000	0.57	1.00	1.00	1.00	0.54	0.80	0.91	1.00	1.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.01	5.50	SR	44.20	3.30
199000	397000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83	0.93	0.97	1.00	0.99	0.83	0.01	0.00	0.01	0.01	8.99	LN	98.80	5.30
261000	572000	0.26	0.42	0.54	0.67	0.41	0.47	0.63	0.75	0.88	0.59	0.01	0.05	0.17	3.03	0.25	SR	35.30	3.30
130000	546000	0.30	0.55	0.71	0.84	0.47	0.63	0.77	0.86	0.93	0.69	0.05	0.04	0.11	4.77	0.91	SP	67.00	6.20
134000	544000	0.48	0.96	0.67	0.72	0.40	0.77	0.90	0.86	0.83	0.64	0.02	0.01	4.16	0.09	1.32	SP	56.10	4.70
181000	534000	0.29	0.43	0.57	0.75	0.45	0.39	0.54	0.70	0.85	0.52	0.01	0.03	0.10	3.92	0.11	PN	43.00	2.90
219000	549000	0.33	0.56	0.63	0.66	0.34	0.34	0.54	0.76	0.76	0.34	0.00	0.02	2.42	1.18	0.02	SP	36.40	2.10
220000	547000	0.30	0.53	0.60	0.74	0.33	0.32	0.51	0.75	0.81	0.33	0.00	0.02	2.25	0.84	0.01	SP	31.70	1.90
244000	545000	0.37	0.39	0.79	0.77	0.58	0.50	0.49	0.78	0.84	0.62	0.01	0.04	0.08	4.20	0.17	SP	49.40	3.00
251000	541000	0.32	0.40	0.69	0.68	0.59	0.40	0.39	0.69	0.78	0.60	0.00	0.08	0.18	2.30	0.04	SP	24.50	1.40
104000	507000	0.25	0.41	0.61	0.78	0.42	0.60	0.74	0.84	0.92	0.68	0.02	0.03	0.12	4.22	0.58	SC	54.00	5.40
184000	508000	0.30	0.54	0.70	0.82	0.48	0.61	0.75	0.84	0.92	0.66	0.05	0.05	0.12	4.60	0.80	SC	61.40	5.40
186000	506000	0.27	0.65	0.47	0.50	0.35	0.72	0.87	0.87	0.81	0.70	0.00	0.02	2.64	0.12	0.83	CC	26.90	4.40
217000	515000	0.62	1.00	1.00	1.00	0.57	0.73	0.87	1.00	1.00	0.66	0.02	0.00	0.00	0.01	5.21	SP	49.90	2.50
224000	503000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.82	0.94	0.97	1.00	1.00	0.85	0.02	0.00	0.01	0.01	9.19	SP	96.40	6.20

xcoord	ycoord	N-factor					P-factor					biomassa groei (ton.ha <sup>-1</sup> )					bodem- type	N-besch kg.ha <sup>-1</sup>	P-besch kg.ha <sup>-1</sup>
		k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.			
232000	509000	0.45	0.79	1.00	1.00	0.54	0.49	0.69	0.97	0.95	0.62	0.00	0.00	0.00	0.02	4.24	SP	42.90	2.00
96000	479000	0.31	0.48	0.62	0.79	0.45	0.49	0.64	0.76	0.88	0.59	0.01	0.03	0.11	4.29	0.34	SP	56.00	3.70
99000	486000	0.36	0.39	0.84	0.80	0.57	0.71	0.69	0.90	0.93	0.77	0.04	0.12	0.09	5.00	0.50	SC	61.50	6.40
195000	488000	0.75	1.00	1.00	1.00	0.60	0.83	0.92	1.00	1.00	0.72	0.01	0.00	0.00	0.01	6.40	SP	58.80	3.30
198000	493000	0.31	0.54	0.61	0.73	0.34	0.32	0.51	0.75	0.80	0.33	0.00	0.02	2.32	1.06	0.01	SP	35.30	2.00
183000	486000	0.69	1.00	1.00	1.00	0.58	0.79	0.90	1.00	1.00	0.69	0.02	0.00	0.00	0.01	5.83	SP	56.00	2.90
185000	477000	0.30	0.53	0.67	0.83	0.48	0.51	0.67	0.78	0.88	0.59	0.02	0.04	0.11	4.38	0.56	SP	62.20	3.80
187000	477000	0.52	0.95	1.00	1.00	0.60	0.70	0.84	1.00	1.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.01	6.55	SP	59.00	4.20
187000	485000	0.93	1.00	1.00	1.00	0.75	0.93	0.96	0.99	1.00	0.85	0.10	0.00	0.01	0.01	8.15	SP	83.60	6.00
188000	480000	0.85	1.00	1.00	1.00	0.73	0.89	0.96	0.99	0.97	0.86	0.25	0.00	0.06	0.04	6.91	SP	85.50	5.50
201000	496000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.94	0.97	1.00	1.00	0.86	0.04	0.00	0.01	0.01	8.98	SP	91.60	6.50
206000	478000	0.87	1.00	1.00	1.00	0.75	0.89	0.95	0.98	0.99	0.81	0.16	0.00	0.02	0.01	7.69	SR	78.50	4.80
206000	482000	0.97	1.00	1.00	1.00	0.78	0.93	0.97	1.00	1.00	0.86	0.06	0.00	0.01	0.01	8.73	SR	85.10	6.30
228000	482000	0.76	1.00	1.00	1.00	0.61	0.82	0.92	1.00	1.00	0.71	0.01	0.00	0.00	0.01	6.39	SP	59.40	3.20
245000	477000	0.96	1.00	1.00	1.00	0.85	0.92	0.96	1.00	1.00	0.86	0.04	0.00	0.01	0.01	9.15	SR	102.20	6.30
264000	488000	0.38	0.58	0.71	0.85	0.53	0.51	0.67	0.78	0.88	0.58	0.04	0.06	0.12	3.90	0.96	SR	57.00	3.60
159000	452000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.94	0.98	1.00	1.00	0.85	0.02	0.00	0.01	0.01	9.46	SP	103.60	6.20
172000	474000	0.69	1.00	1.00	1.00	0.58	0.85	0.94	1.00	1.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.01	6.55	SR	54.00	4.00
173000	472000	0.70	1.00	1.00	1.00	0.60	0.85	0.94	0.97	0.94	0.79	0.07	0.00	0.22	0.05	5.42	SR	58.40	4.00
174000	469000	0.73	1.00	1.00	1.00	0.64	0.66	0.82	1.00	1.00	0.68	0.00	0.00	0.00	0.01	6.60	SP	64.60	3.00
176000	475000	0.96	1.00	1.00	1.00	0.74	0.90	0.96	0.99	0.98	0.85	0.03	0.00	0.03	0.02	7.70	SP	88.20	5.30
177000	467000	0.36	0.55	0.69	0.85	0.53	0.41	0.57	0.71	0.84	0.51	0.04	0.04	0.11	4.32	0.43	SP	63.00	2.80
176000	456000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.94	0.98	1.00	1.00	0.85	0.01	0.00	0.01	0.01	9.37	SP	103.40	6.00
191000	473000	0.94	1.00	1.00	1.00	0.64	0.87	0.95	1.00	1.00	0.75	0.01	0.00	0.00	0.00	7.37	SP	68.00	4.00
221000	463000	0.36	0.61	0.64	0.60	0.36	0.42	0.63	0.82	0.80	0.39	0.00	0.05	2.69	1.32	0.07	SR	36.40	3.00
224000	470000	0.33	0.53	0.63	0.80	0.49	0.44	0.60	0.72	0.85	0.54	0.02	0.04	0.11	3.89	0.42	SR	50.40	2.90
220000	455000	0.34	0.69	0.48	0.44	0.43	0.57	0.76	0.76	0.56	0.57	0.00	0.04	3.52	0.16	0.06	SR	31.60	2.90
156000	448000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.81	0.94	0.97	1.00	1.00	0.85	0.02	0.00	0.01	0.01	8.93	SP	95.90	5.90
156000	449000	0.83	1.00	1.00	1.00	0.62	0.81	0.92	1.00	1.00	0.70	0.02	0.00	0.00	0.01	6.45	SP	62.60	3.10
161000	446000	0.64	1.00	1.00	1.00	0.58	0.76	0.89	0.91	0.88	0.70	0.11	0.00	1.00	0.08	4.07	SP	59.20	3.00
202000	449000	0.89	1.00	1.00	1.00	0.71	0.89	0.96	0.99	0.98	0.86	0.03	0.00	0.04	0.02	7.23	LN	80.60	5.40
205000	445000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.78	0.97	1.00	1.00	1.00	0.94	0.00	0.00	0.01	0.01	9.35	CN	104.80	11.20

xcoord	ycoord	N-factor					P-factor					biomassa groei (ton.ha <sup>-1</sup> )					bodem- type	N-besch kg.ha <sup>-1</sup>	P-besch kg.ha <sup>-1</sup>
		k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.	k.	d.	s.	pb.	cb.			
38000	412000	0.35	0.38	0.82	0.82	0.56	0.71	0.70	0.90	0.94	0.79	0.04	0.11	0.09	4.73	0.48	SC	59.50	6.50
135000	388000	0.58	0.92	1.00	1.00	0.58	0.57	0.76	1.00	0.98	0.65	0.00	0.00	0.00	0.01	5.32	SP	51.00	2.40
135000	377000	0.46	0.51	0.86	0.80	0.62	0.57	0.56	0.81	0.85	0.64	0.07	0.23	0.11	4.33	0.49	SR	53.30	3.30
138000	383000	0.92	1.00	1.00	1.00	0.79	0.88	0.94	0.98	0.98	0.79	0.19	0.00	0.01	0.01	7.90	SP	86.40	4.20
151000	396000	0.55	0.88	1.00	1.00	0.57	0.55	0.74	0.98	0.98	0.65	0.00	0.00	0.00	0.01	5.17	SP	47.80	2.40
141000	371000	0.46	0.75	0.96	0.97	0.49	0.45	0.65	0.87	0.90	0.59	0.00	0.01	0.89	0.28	3.03	SP	41.60	2.20
162000	371000	0.39	0.88	1.00	1.00	0.54	0.65	0.82	1.00	1.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.01	5.56	SR	44.90	3.50
163000	369000	0.44	0.45	0.87	0.82	0.61	0.59	0.58	0.83	0.87	0.67	0.06	0.10	0.08	5.00	0.35	SP	64.00	4.00
187000	327000	0.94	1.00	1.00	1.00	0.72	0.91	0.97	1.00	0.99	0.88	0.02	0.00	0.03	0.02	7.69	LN	86.20	6.20
198000	330000	0.29	0.47	0.59	0.78	0.45	0.44	0.61	0.73	0.87	0.56	0.01	0.04	0.12	3.73	0.34	SR	46.70	3.10
188000	319000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	10.97	CN	115.20	14.30
188000	321000	0.93	1.00	1.00	1.00	0.68	0.91	0.97	0.99	0.99	0.85	0.07	0.00	0.03	0.02	7.21	LN	75.50	5.60
172000	414000	0.55	0.60	0.95	0.88	0.69	0.63	0.62	0.83	0.86	0.68	0.14	0.22	0.07	5.23	0.68	SP	84.70	3.90
189000	462000	0.96	1.00	1.00	1.00	0.76	0.94	0.97	1.00	1.00	0.87	0.08	0.00	0.01	0.01	8.57	SR	81.30	7.00
215000	459000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.81	0.94	0.98	1.00	1.00	0.86	0.04	0.00	0.01	0.01	9.20	SR	91.90	6.60
191000	418000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.93	0.98	1.00	1.00	0.86	0.01	0.00	0.02	0.01	8.25	LN	90.90	5.80
175000	473000	0.58	0.98	1.00	1.00	0.55	0.71	0.86	1.00	1.00	0.65	0.02	0.01	0.00	0.01	4.71	SP	45.40	2.20
226000	539000	0.61	0.68	0.97	0.98	0.70	0.81	0.82	0.92	0.95	0.83	0.74	0.88	0.19	2.21	2.76	SP	85.20	6.00



## **Bijlage 6 Verslag van de wetenschappelijke presentatie van P in SMART2-SUMO2**

Datum 28-11-2002.

Aanwezig: Hans Kros, Han Runhaar, Rolf Kemmers, Dirk-Jan van der Hoek, Jaap Wiertz, Han van Dobben, Janet Mol, Rob Alkemade, Wim Chardon, Caroline van der Salm, Bronno de Haan en Wieger Wamelink.

---

In deze bijlage wordt de discussie na afloop van de presentatie van SMART2-SUMO2 kort weergegeven.

De C/P verhouding van het strooisel in bossen kunnen er hoog zijn, d.w.z. dat er zeer lage P-gehalten in het strooisel voor kunnen komen.

pH heeft een vrij groot effect op de adsorptie van P aan de bodem. Daar wordt in het model op het ogenblik geen rekening mee gehouden. Dit is vooral van belang in natuurgebieden op voormalige landbouwgronden, waar de pH meer dan een eenheid zal dalen.

De P-beschikbaarheid is ook gecorreleerd met de vocht huishouding, vooral onder natte omstandigheden kan dit een grote rol spelen, hierbij speelt het ijzeroxalaat-complex een belangrijke rol.

Het is aanbevelenswaardig om de reductieprocessen voor P in de bodem verder uit te werken.

P heeft een vrij grote integratie met zwavelprocessen in de bodem. Het verder ontwikkelen van de beschrijving van de zwavelprocessen in de bodem door SMART2 zou ook een positieve invloed kunnen hebben op de P-modellering.

In Nijmegen wordt veel fundamenteel onderzoek verricht naar bovengenoemde processen, aansluiting met deze groepen zou meer kennis kunnen opleveren.

Als we met de modellen uitmijningsprocessen willen simuleren lijkt het opnemen van K een belangrijke voorwaarde.