

BOSBOUW

Les 11 – Koolstof- en nutriëntencycli & Nutrientenbeheer

Inhoud

- Inleiding
- Koolstofkringloop
 - BPP en NPP
 - Verdeling
- Nutriëntenkringlopen
 - Biochemische cyclus
 - Biogeochemische cyclus
 - Geochemische cyclus
- Nutriëntenbeheer
 - Nutriëntengiften
 - Aangepast bosbeheer
 - boomsoortenkeuze
 - bosrandenbeheer
 - exploitatiewijze
 - plaggen en strooiselroof

Bosecologie en bosbeheer Hfdst 11 (p. 167-175) en 33 (p. 403-415)



Inleiding

- voorraden koolstof (C) en nutriënten (N, P, K, ...)
= dynamisch in tijd & ruimte
-> fluxen als gas en opgelost in water tussen:
 - verschillende compartimenten binnen ecosysteem
 - ecosystemen

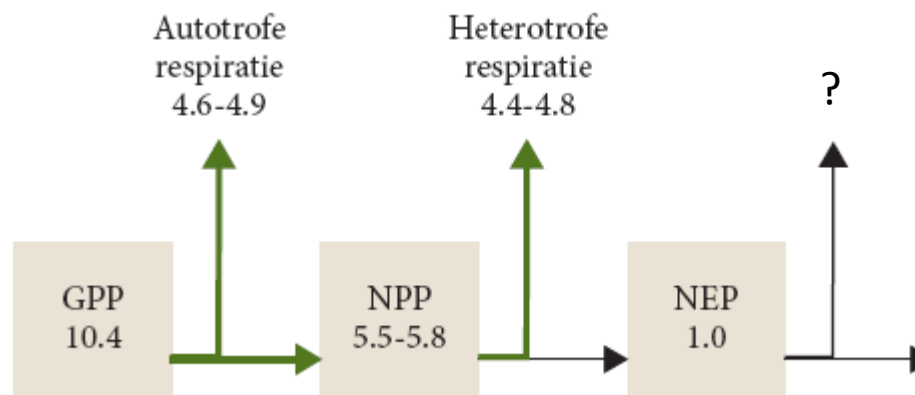


11.1. Koolstofkringloop: BPP en NPP

- C = ½ droge stof van planten: lignine, cellulose, suiker, zetmeel
- fotosynthese: $\text{CO}_2 \rightarrow$ suikers
- **bruto primaire productie (BPP)**= jaarlijkse productie v suikers
- deel BPP wordt verademd = **autotrofe respiratie** R_a
 - > E-productie voor:
 - synthetiseren complexere molecules
 - nutriëntenopname
 - transport
 - ...
- $\text{BPP} - R_a =$ **netto primaire productie (NPP)**
 - > beschikbaar voor synthese biomassa: hout, wortels, blad, ...

11.1. Koolstofkringloop: BPP & NPP

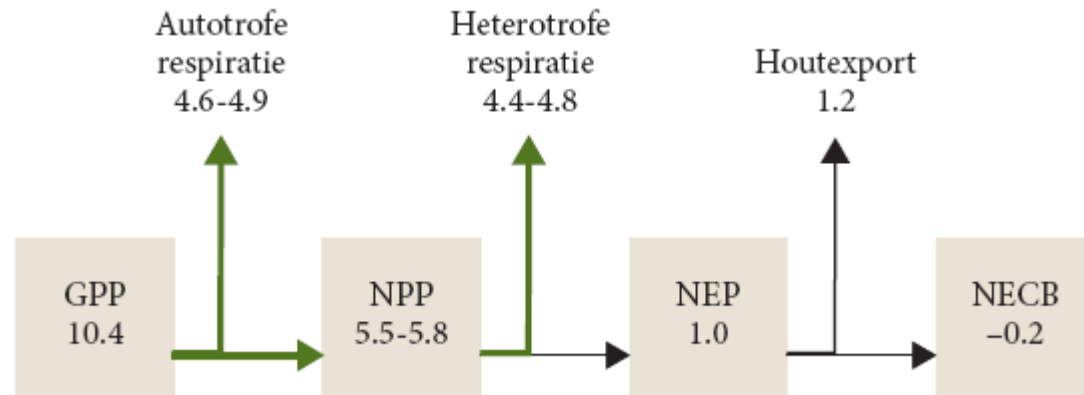
- biomassa -> strooiselval -> dode organische materie
-> door microben & mesofauna afgebroken en omgezet tot CO₂ (ev. via humus) = **heterotrofe respiratie** R_h
- $BPP - R_a - R_h = NPP - R_h = \text{netto ecosysteem productie (NEP)}$
 - < 0: winter & 's nachts (R_a & R_h > BPP) = bos verliest CO₂
 - > 0: opname CO₂ uit atmosfeer
 - netto: > 0 en 20% v BPP
- vb: C-stromen in bestand grove den-zomereik in Kempen (ton C ha⁻¹ j⁻¹)



11.1. Koolstofkringloop: BPP & NPP

- C-verliezen:

- houtoogst
- brand
- herbivorie
- uitlogen van organische C (opgelost in water)
- vervluchtigen organisch C (gas)



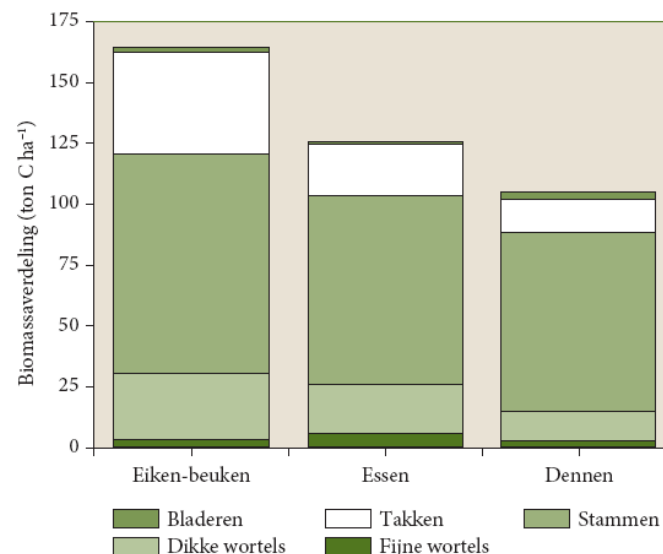
-> nettoverandering in C-voorraad = **netto ecosysteem koolstofbalans** (NECB)

- NPP NH \approx NPP LH

- BPP: gematigd NH > gematigd LH
- Ra: gematigd NH > gematigd LH (NPP > $\frac{1}{2}$ BPP)

11.1. Koolstofkringloop: verdeling

- biomassa: hout, bladeren, wortels, vruchten,...
 - NPP -> 40% hout + 60% bladeren en fijne wortels
 - C-verdeling afhankelijk van:
 - leeftijd:
 - jong: fijne wortels & bladeren
 - ouder: belang hout (stam, tak, houtige wortels) ↑
 - 75j: houtige organen > 95% v totale biomassa-C
 - groeiplaats: bladeren en wortels prioritair bij lagere NPP
 - boomsoort



11.1. Koolstofkringloop: verdeling

- dood organisch materiaal in en op bodem
 - jonge bossen: > biomassa-C
 - oudere: \approx biomassa-C
 - hoeveelheid strooisel afhankelijk van:
 - strooiselproductie
 - strooiselafbraak (CO_2 & humus) (zie verderop)
 - zandgrond vs. kleigrond
 - droge vs. natte bodems



Inhoud

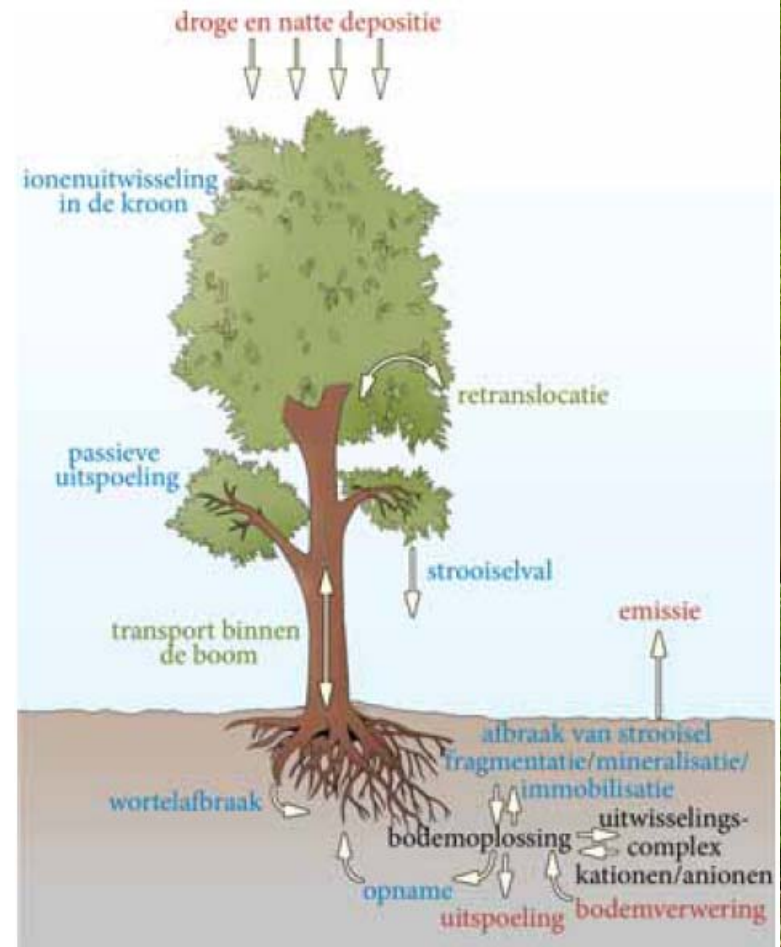
- Inleiding
- Koolstofkringloop
 - BPP en NPP
 - Verdeling
- Nutriëntenkringlopen
 - Biochemische cyclus
 - Biogeochemische cyclus
 - Geochemische cyclus
- Nutriëntenbeheer
 - Nutriëntengiften
 - Aangepast bosbeheer
 - boomsoortenkeuze
 - bosrandenbeheer
 - exploitatiewijze
 - plaggen en strooiselroof

Bosecologie en bosbeheer Hfdst 11 (p. 167-175) en 33 (p. 403-415)



11.2. Nutriëntenkringlopen

- drie schaalniveaus:
 - biochemisch: binnen een organisme, gericht op behoud
 - biogeochemisch: binnen ecosysteem, gestuurd door opname en strooiselval en -afbraak
 - geochemisch: tussen ecosystemen
- inhoud, voorraad of pool vs. flux
- 96% DS: H, O, C, N
- essentiële macro- & micronutriënten
 - N, P, K, Ca, Mg, S
 - Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo, Cl (< 100 ppm)



11.2. Nutriëntenkringlopen

Element	Symbool	Atomair gewicht	Voorkomen in bodem	Opgenomen als	Voornaamste functie binnen de plant	Waar vnl. opgeslagen?
Stikstof	N	14.01	Organisch gebonden, anorganisch als NO_3^- en NH_4^+	NO_3^- NH_4^+	Essentiële component van protoplasma en enzymen	Jonge scheuten, bladeren, knoppen, zaden
Fosfor	P	30.98	Organisch gebonden, anorganisch als Ca-, Fe- en Al-fosfaat	HPO_4^{2-} en H_2PO_4^-	Basaal metabolisme	Meer in zaden & vruchten dan in vegetatieve structuren
Zwavel	S	32.07	Organisch gebonden, mineralen, Ca-, Mg- en Na-sulfaten	SO_4^{2-} , SO_2 (uit lucht)	Component van protoplasma en enzymen	Bladeren, zaden
Kalium	K	39.10	Veldspaat, mica, klei	K^+	Regulatie van wateropname, elektrochemische processen (membraanpotentiaal & osmoregulatie), fotosynthese, nitraatreductase	Meristeem, jong weefsel, schors
Calcium	Ca	40.08	Carbonaat, fosfaat, silicaat	Ca^{2+}	Regulatie van de wateropname, enzymactivator, regulatie van de lengtegroei	Bladeren, schors
Magnesium	Mg	24.32	Carbonaat, silicaat, sulfaat, chloride	Mg^{2+}	Regulatie van de wateropname, basaal metabolisme (fotosynthese, fosfaattransport)	Bladeren

11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biochemische cyclus**

- opname -> verdeling in verschillende delen boom (bladeren, takken, spint- en kernhout, schors, wortels)

- boomsoort

	Element	Blad/naald	Tak	Schors	Stam	Wortel	Totaal
		%	%	%	%	%	kg/ha
Douglas	N	<u>32</u>	19	15	24	10	320
Berk	N	14	<u>31</u>	-	27	<u>28</u>	543
Douglas	P	44	19	14	14	9	66
Berk	P	12	35	-	32	21	34
Douglas	K	28	17	20	24	11	220
Berk	K	22	23	-	32	23	200
Douglas	Ca	22	32	21	14	11	333
Berk	Ca	6	28	-	<u>42</u>	24	651
Douglas	Biomass	4.5	10.7	9.1	60	16	204000
Berk	Biomass	1.2	13.3	-	62	23	215500

- binnen kroon

- positie

- leeftijd

- » NPK ↓

- » Ca Mg ↑

11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biochemische cyclus**

- interne herverdeling = nutriëntenbehoud
= verzekert boomgroei en –vitaliteit

vnl. bij continue of periodieke lage nutriëntenbeschikbaarheid

- meestal vlak voor bladuitloop en bladval (=retranslocatie)
- evengoed binnen groeiseizoen

- retranslocatie

- gem. 25-30% v totale nutriëntenbehoefte
- tot 80% totale bladvoorraad NPK
- vnl. van belang voor bladverliezende soorten
- naaldbomen: retranslocatie gerelateerd aan # jaren:
vb. grove den (2 j) > fijnspar (4 j)
- NPK (als verbindingen in celvocht of organellen) vs. andere nutriënten (ingebouwd in celweefsel -> strooiselval!)



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** nutriëntenopname & -afgifte vanuit bodem
 - afhankelijk van:
 - beschikbaarheid & verspreiding nutriënten in bodemoplossing
 - waterhoeveelheid
 - snelheid watertransport
 - beworteling (bij minder mobiele nutriënten, P):
 - patroon
 - » boomsoort & voedingstoestand bodem
 - » > 90 % fijne wortels in humuslaag & bovenste 20 cm bodem
 - » bewortelingsdiepte LH > NH
 - fysiologische specialisatie
 - mycorrhiza: bevorderen opname door
 - hogere wateropname (groter contactoppervlak)
 - mycotrofie (organ. zuren lossen moeilijk beschikbare nutriënten op uit organisch materiaal & bodem)



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** nutriëntenopname & -afgifte vanuit bodem
 - natuurlijke verzuring: compensatie door afgifte OH^- en H^+
 - opname N_2 -gas:
 - symbiose met Rhizobium in wortelknolletjes
 - $50\text{-}200 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$
 - tot 90% van N in bladeren
 - belangrijk in N-gelimiteerde systemen (\uparrow bodemvruchtbaarheid)
 - N niet-limiterend: hoge NO_3^- -concentraties bodemwater
 - vb. ...



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** nutriëntenopname & -afgifte vanuit atmosfeer
 - gassen (O_2 , CO_2 , NH_3 , NO_2 , SO_2): via huidmondjes
 - opgeloste elementen (NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}): door apoplasma
 - opname H en NH_4^+
 - afgifte van K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}
 - afhankelijk van:
 - leeftijd bladeren
 - physiologie/seizoen
 - beschadiging
 - boomsoort
 - belangrijk aandeel vb.:
 - NH_4^+ kroonopname = 50% N-behoefte
 - grove den Brasschaat: $10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$

11.2. Nutriëntenkringlopen

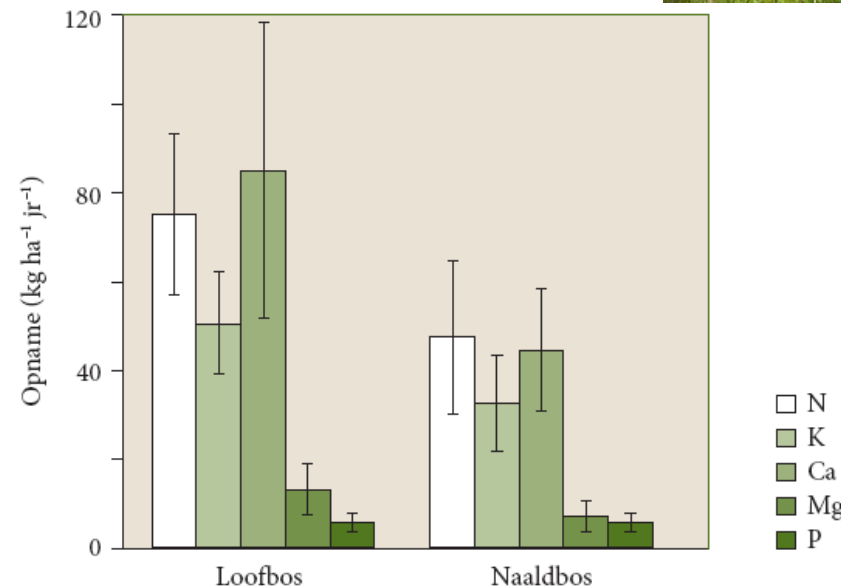
- **Biogeochemische cyclus:** nutriëntenopname & -afgifte

- nutriëntenopname afhankelijk van:

- bostype

- LH nemen meer N, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ op dan NH
- snelheid van nutriëntencirculatie LH > NH

- vb. gem. opname 14 LH & 13 NH



- ontwikkelingsstadium

- jong: snelle groei & hoge beschikbaarheid

- oud: retranslocatie

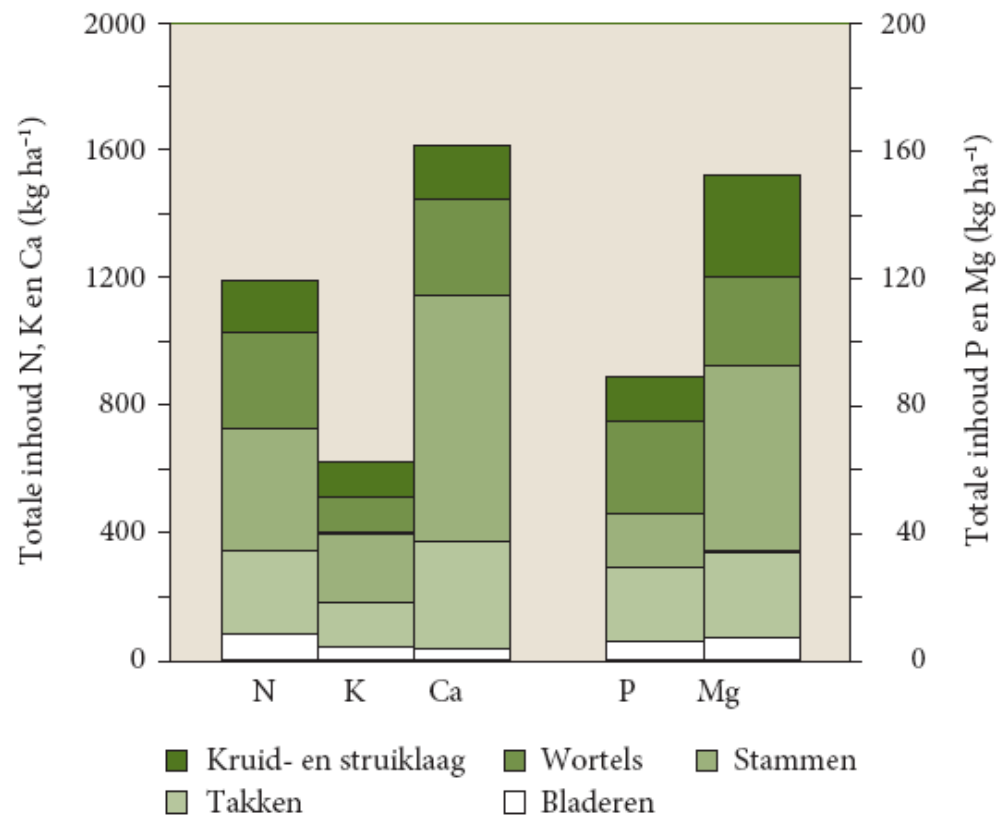
11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** nutriëntenopname & -afgifte
 - nutriëntenopname afhankelijk van:
 - boomsoort -> nutriëntenbehoefte!
Hoge eisen Lage eisen Zeer lage eisen



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** nutriëntenopname & -afgifte
– nutriënteninhoud & -verdeling binnen ecosysteem



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** strooiselval & decompositie
strooiselval = flux dood organisch materiaal v bomen
struiken: naalden/bladeren, bloemen, takken, vruchten, schors, wortels
 - herfst vs. ganse jaar
 - gematigd: 2.5-6.5 ton ha⁻¹ j⁻¹(bovengronds), f(bostype, leeftijd)
 - vrijstellen deel nutriënten opgenomen in biomassa
- nutriëntenconcentraties & flux
 - algemeen LH > NH
 - grote verschillen tussen soorten (vb. in mg g⁻¹)

Boomsoort	N	P	Ca	K	Mg
Populier (cv. Robusta)	18.8	1.39	32.4	15.55	1.75
Zoete kers	15.9	1.07	24.4	8.29	3.63
Amerikaanse es	15.3	1.18	21.7	12.62	2.86
Winterlinde	18.4	1.05	19.8	4.10	1.17
Zwarte els	26.8	1.16	18.2	8.58	2.03
Amerikaanse eik	13.3	0.53	14.8	4.88	0.80
Beuk	17.1	0.78	10.4	4.49	1.18

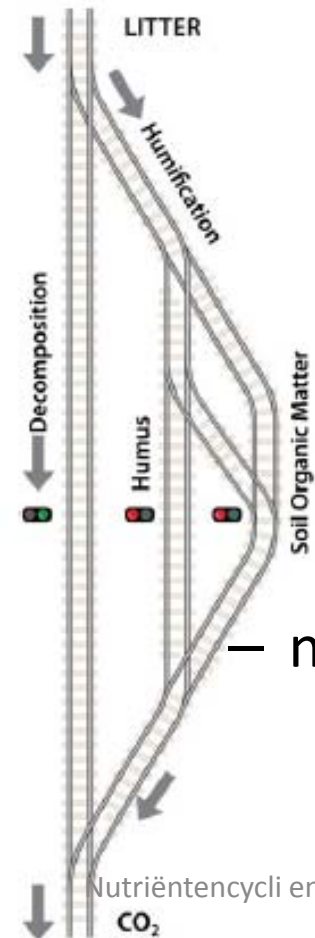
11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** strooiselval & decompositie
decompositie = vrijstellen van opneembare nutriënten, CO_2 , water en stabiele humus door:

- bodem- en strooiselfauna
 - **fragmentatie:** ↑ contactoppervlak & beschadigen waslaagje
 - **begraving:** gunstigere omstandigheden & contact micro-org.
- micro-organismen
 - **mineralisatie:** omzetting organische → anorganische bestanddelen
 - N: ammonificatie (NH_4^+) + nitrificatie (NO_3^-)

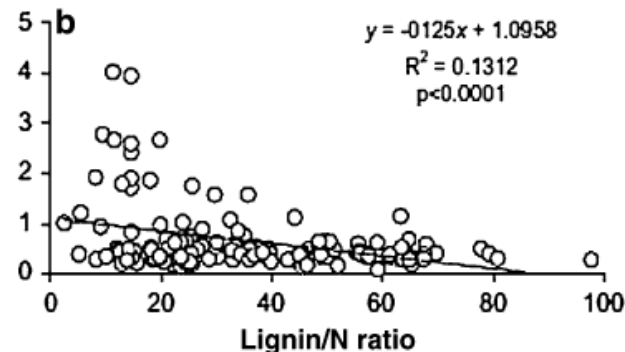
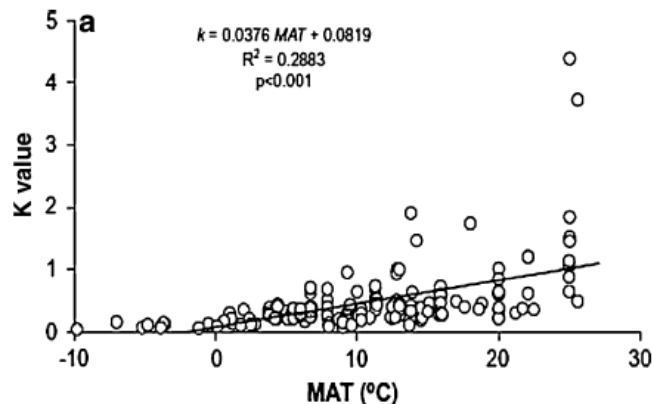
– na mineralisatie:

- biotische immobilisatie (vegetatie & micro-organismen)
- abiotische immobilisatie (klei, humus, Fe- & Al-oxiden)



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** strooiselval & decompositie
 - afbraaksnelheid: micro-organismen & strooiselfauna hebben milieuvorkeuren
 - bodem- en strooiselklimaat: T & RV
 - warm en vochtig vs. te droog, te nat, koud, te warm
 - strooiselkwaliteit: chemische samenstelling
 - nutriëntenrijk (K, Ca, Mg), lagere zuurgraad, lagere C:N, lignine-arm



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** strooiselval & decompositie
 - strooiselkwaliteit: chemische samenstelling
 - afhankelijk van:
 - » voedselrijkdom
voedselrijke bodems: rijker strooisel met lagere ligninegehalten
 - » bostype:
gematigde LH (1-3 j) vs. gematigde en boreale NH (4-30 j)
 - » boomsoort



Ca-concentratie = sleutelrol

hoge Ca-concentraties

-> hoge abundantie & diversiteit
regenwormpopulaties

-> hogere afbraaksnelheid

-> meer plantopneembare K, Ca, Mg

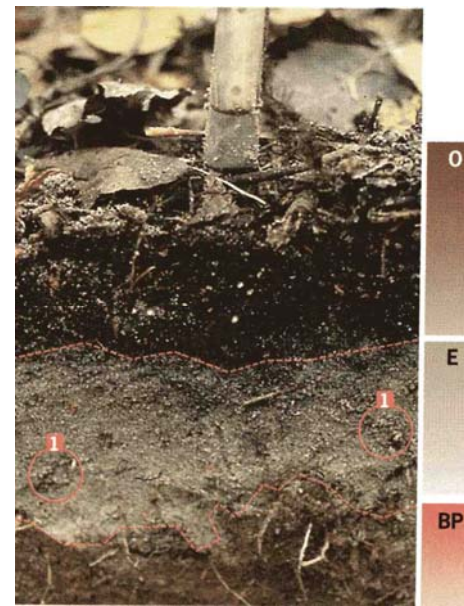
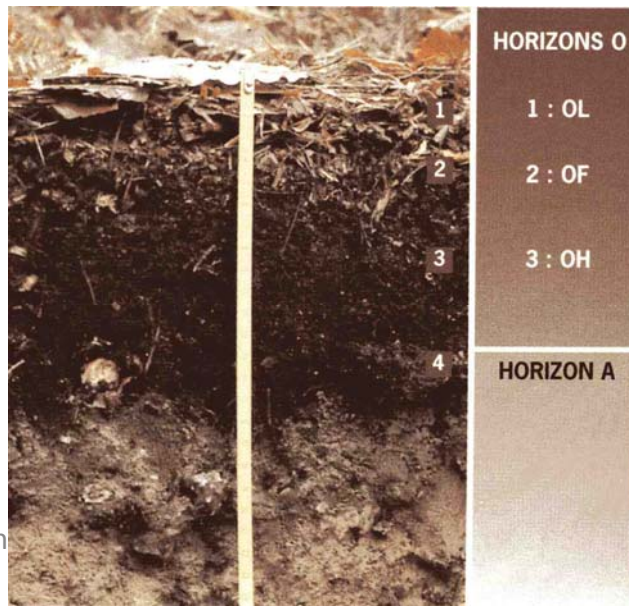
-> lagere zuurtegraad

Nutriëntencycli en -beheer

Soort	Heel goed < 1 jaar	Goed < 2 jaar	Matig < 4 jaar	Slecht > 4 jaar
Iep				
Els				
Es				
Haagbeuk				
Esdoorn				
Linde				
Lijsterbes				
Wilg				
Populier				
Eik				
Berk				
Beuk				
Zilverspar				
Fijnspar				
Grove den				
Douglas				
Lariks				

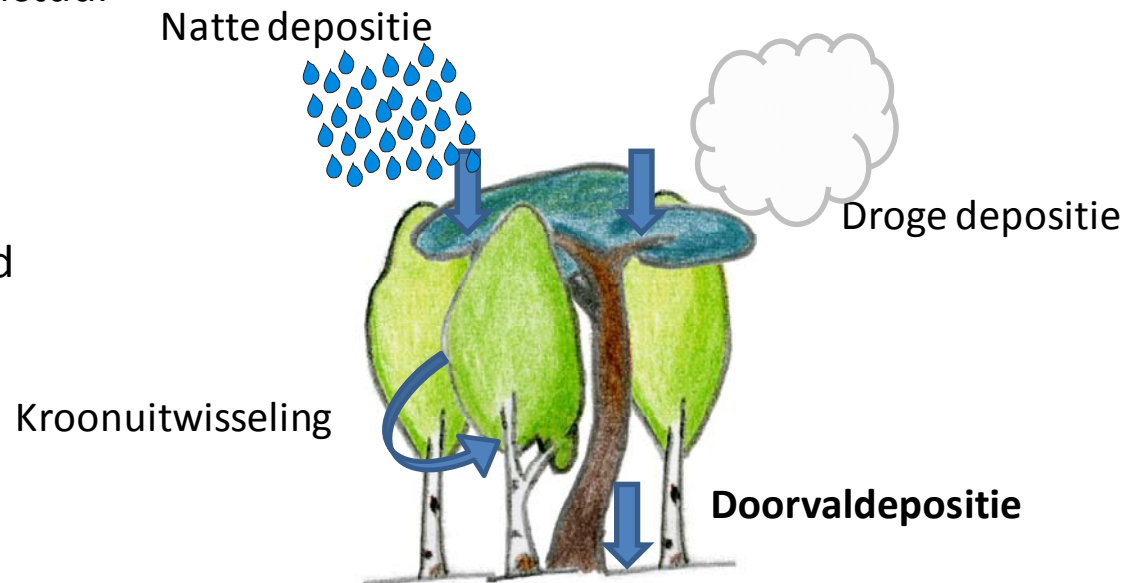
11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Biogeochemische cyclus:** strooiselval & decompositie
 - trage afbraak -> accumulatie -> morhumus
 - grote voorraad immobiele, niet-beschikbare nutriënten
 - zure bodem
 - snelle afbraak -> mulhumus
 - snelle nutriëntencirculatie
 - potentieel grote verliezen via uitspoeling als niet benut



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer
 - natte, droge en occulte depositie
 - doorvaldepositie
 - bossen vs. heide, grasland, akkerland: groot opp. & ruwheid
 - variatie binnen bossen
 - locatie
 - bostype: NH vs. LH
 - » fijne naaldstructuur
 - » hoge LAI
 - » immergroen
 - bestandstructuur
 - afstand tot bosrand



11.2. Nutriëntenkringlopen

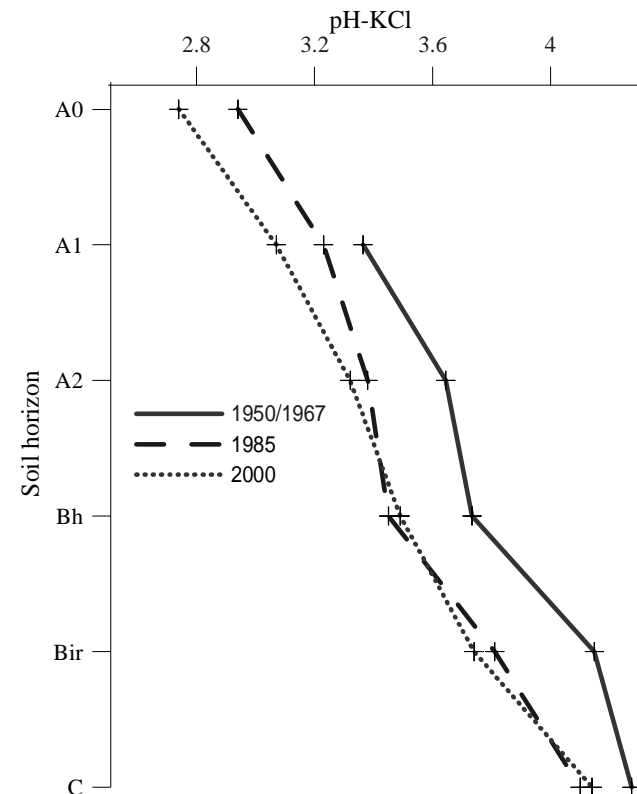
- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer

- cyclus verstoord door verhoogde aanvoer N en S

- NH_x : landbouw
- NO_x , SO_2 : verbranding fossiele brandstoffen (verkeer, industrie, huishoudens, landbouw)

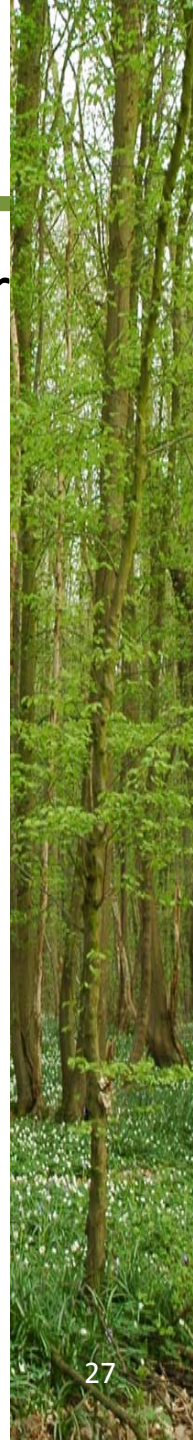
-> versnelde bodemverzuring

- nitrificatie: $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$
- uitspoeling van SO_4^{2-} en NO_3^- met Mg^{2+} , K^+ en Ca^{2+} (vrijstelling Al & Fe)
- Al-toxiciteit, voedingsonevenwicht



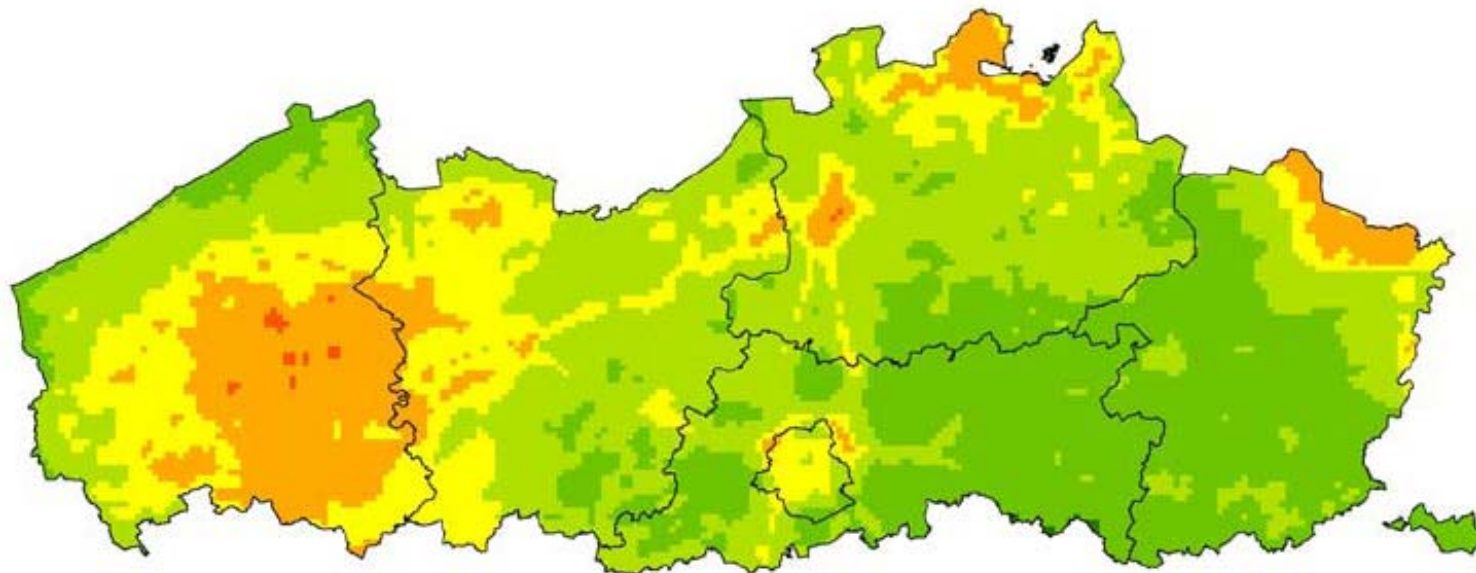
11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer
 - cyclus verstoord door verhoogde aanvoer N en S
 - > vermesting: N-gelimiteerd -> N-(over)verzadigd
- N-gelimiteerd: nutriëntenarme zandbodems zijn van nature zuur en N-gelimiteerd
 - N-cyclus van ecosysteem gesloten
 - input van N via strooisel en depositie volledig geconsumeerd door vegetatie en/of vastgelegd in humuslaag en bodem
 - zeer lage uitspoeling van NO_3^- onder de wortelzone (weinig en enkel in winter)
- N-verzadigd: capaciteit van plant en bodem tot accumulatie van N is overschreden
 - de N-cyclus is niet in evenwicht
 - volledige verzadiging van vegetatie, humuslaag en bodem
 - NO_3^- spoelt uit naar grond- en oppervlaktewater
 - output van N wordt volledig bepaald door de input: hoe hoger de N-depositie, hoe hoger de uitspoeling
 - NO_3^- uitspoeling
 - hogere groei -> hogere verdamping & nutriëntenvraag -> waterstress & nutriëntenonevenwichten
 - wijziging in samenstelling bodemvegetatie



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer
 - cyclus verstoord door verhoogde aanvoer N en S
 - Vlaamse bos: 18-33 kg N en 10-22 kg S ha⁻¹ j⁻¹
 - lage industrialisatie & landbouwactiviteit: 0.5-3.5 kg N & S ha⁻¹ j⁻¹

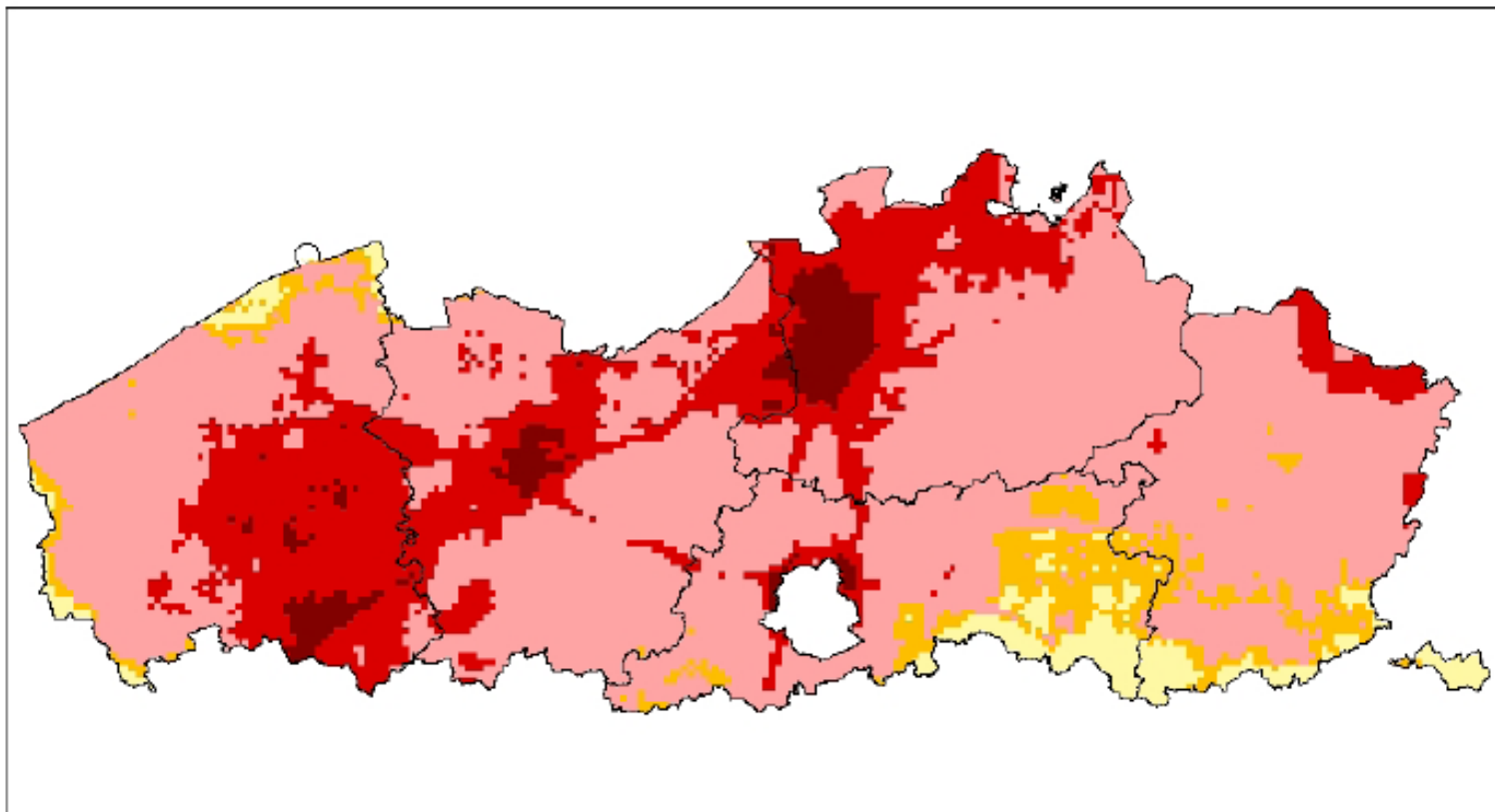


Vermestende depositie in kg N/(ha.jaar) in 2006



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer
 - cyclus verstoord door verhoogde aanvoer N en S



Totale verzuring in Zeq/ha j



0 20 40 km

11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer

- cyclus verstoord door verhoogde aanvoer N en S:

- concept 'kritische last'

“The concept of critical load (CL) was defined to express the tolerance of natural and semi-natural habitats for anthropogenic air pollution (Nilsson & Grennfelt 1988). It relates to the maximum exposure to one or more pollutants without occurrence of any significant harmful effect on for example biodiversity, forest vitality or nitrate leaching to groundwater, according to present knowledge.”

= maximale blootstelling aan één of meerdere pollutanten zonder dat er schadelijke effecten voor biodiversiteit of bosvitaliteit of nitraatuitspoeling naar het grondwater optreden voor zover gekend door huidige wetenschappelijk kennis

-> in functie van het beschouwde effect: nitraatuitspoeling, biodiversiteit, ...

- KL N-depositie ter bescherming van biodiversiteit in bossen:

- NH: $10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$

- LH: $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$

- KL zuurdepositie ter bescherming van bossen tegen wortelschade:

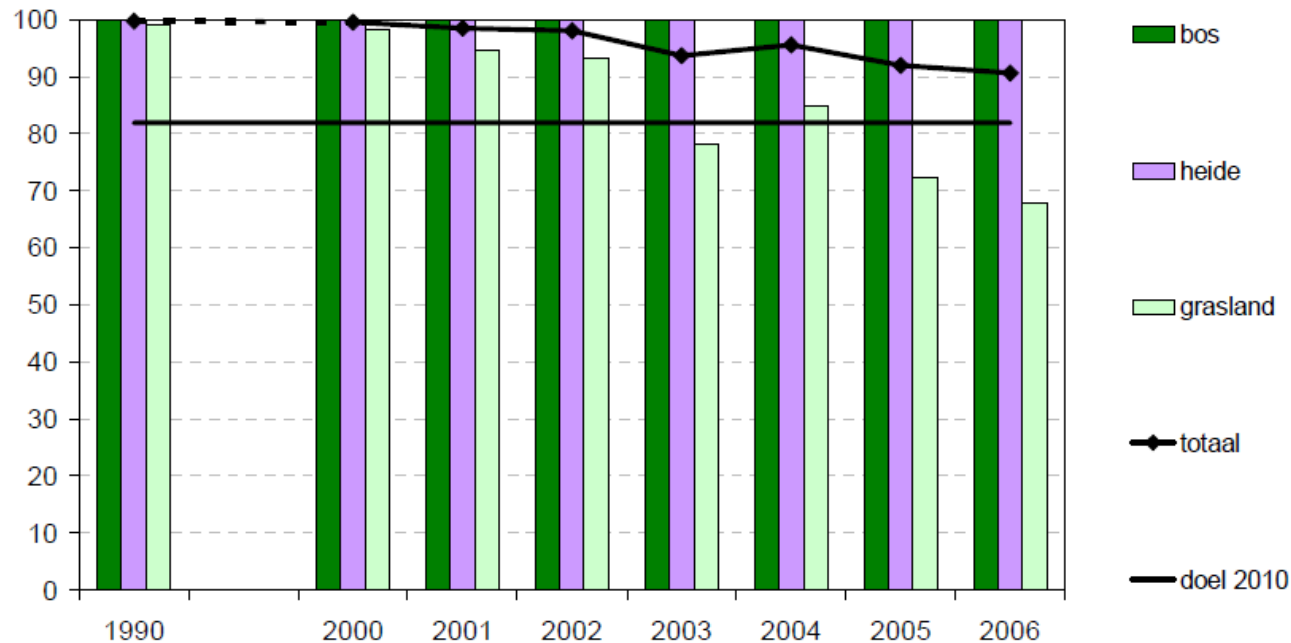
- NH: $2753 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$

- LH: $3086 \text{ mol}_c \text{ ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$



11.2. Nutriëntenkringlopen

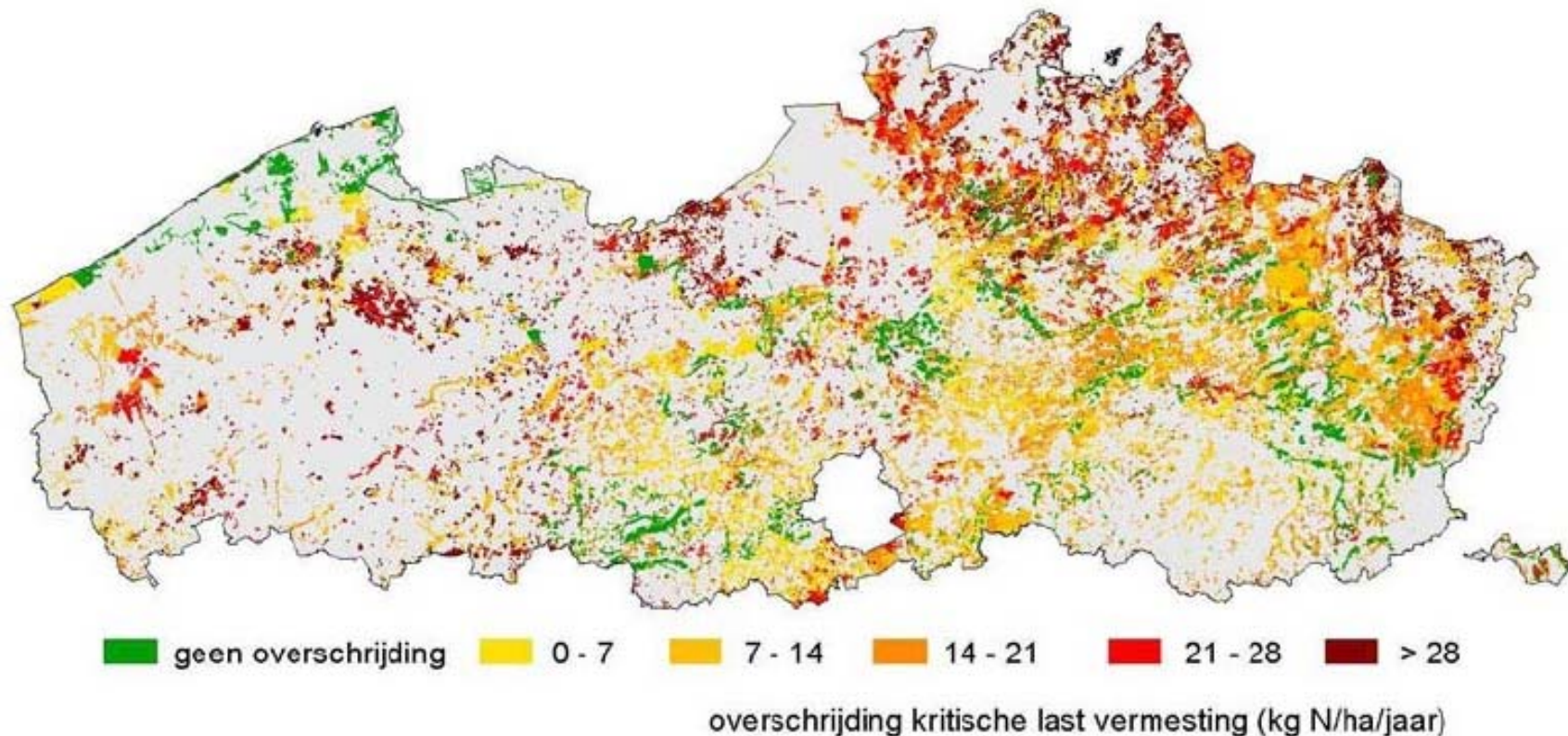
- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer
 - cyclus verstoord door verhoogde aanvoer N en S:
concept 'kritische last'



	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	doel
totaal	99,7	99,5	98,5	98,0	93,7	95,5	91,9	90,6	
bos	100	100	100	100	100	100	100	100	
heide	100	100	100	100	100	100	100	100	
grasland	99,0	98,4	94,7	93,2	78,2	84,7	72,3	67,7	

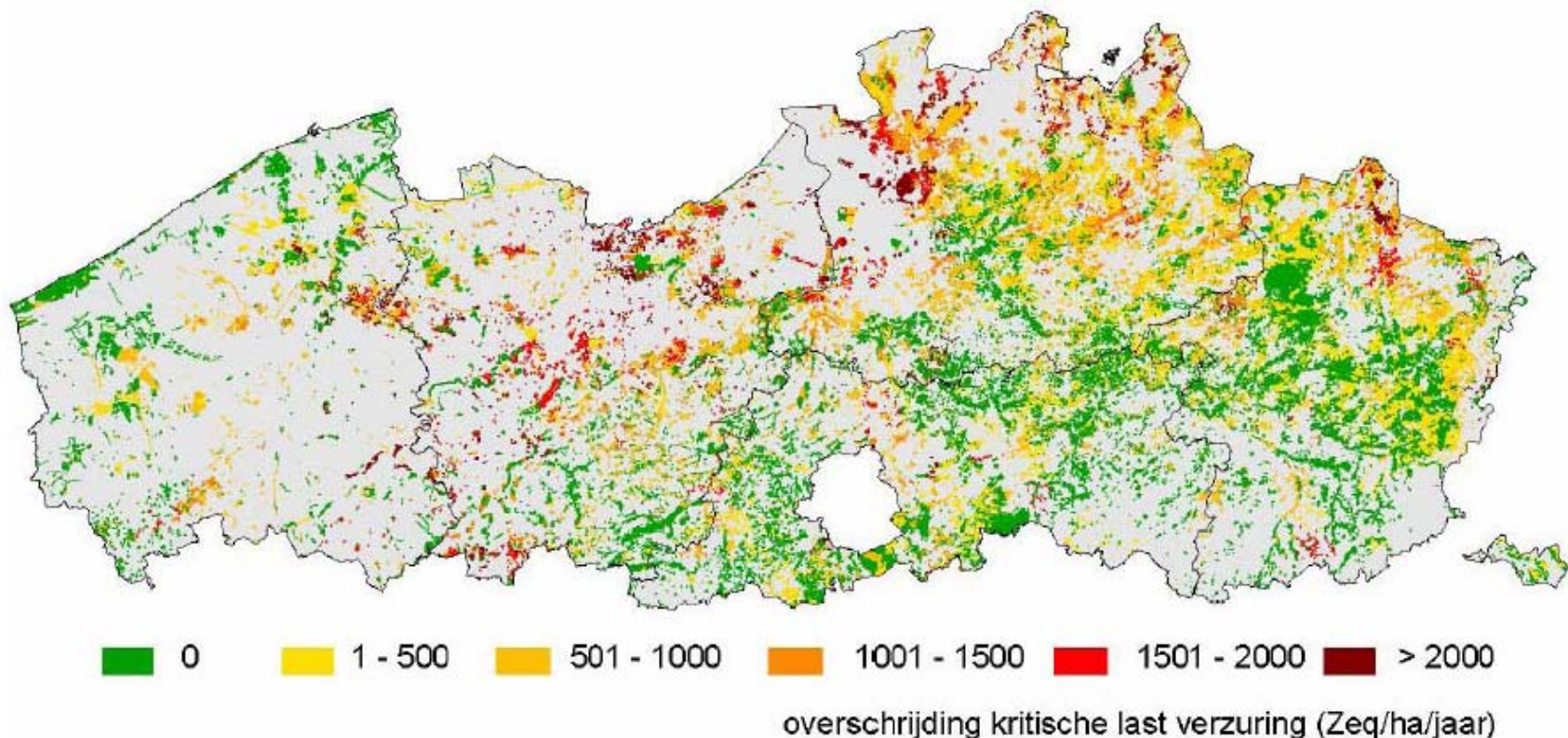
11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer
 - cyclus verstoord door verhoogde aanvoer N en S:
concept 'kritische last' (overschrijding 2006)



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer
 - cyclus verstoord door verhoogde aanvoer N en S:
concept 'kritische last' (overschrijding 2004)



11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit atmosfeer
 - verlaagde aanvoer basische kationen (K, Ca, Mg):
 - Europa & N-Amerika
 - sterkere bodemverzuring & verstoorde nutriëntenvoorziening
 - Vln & Nl: aanvoer verzekerd door nabijheid zee
- **Geochemische cyclus:** aanvoer nutriënten uit bodem
 - fysische afbraak en chemische oplossing
 - samen met atmosferische aanvoer enige langetermijnbron voor basische kationen
 - snelheid
 - bodemtype (leem, klei > zand)
 - bodem-pH (hoger in zure bodems)
 - bodem: vrijgestelde BK 'binden' aan klei en organisch materiaal = kationenuitwisselingscomplex (CEC)

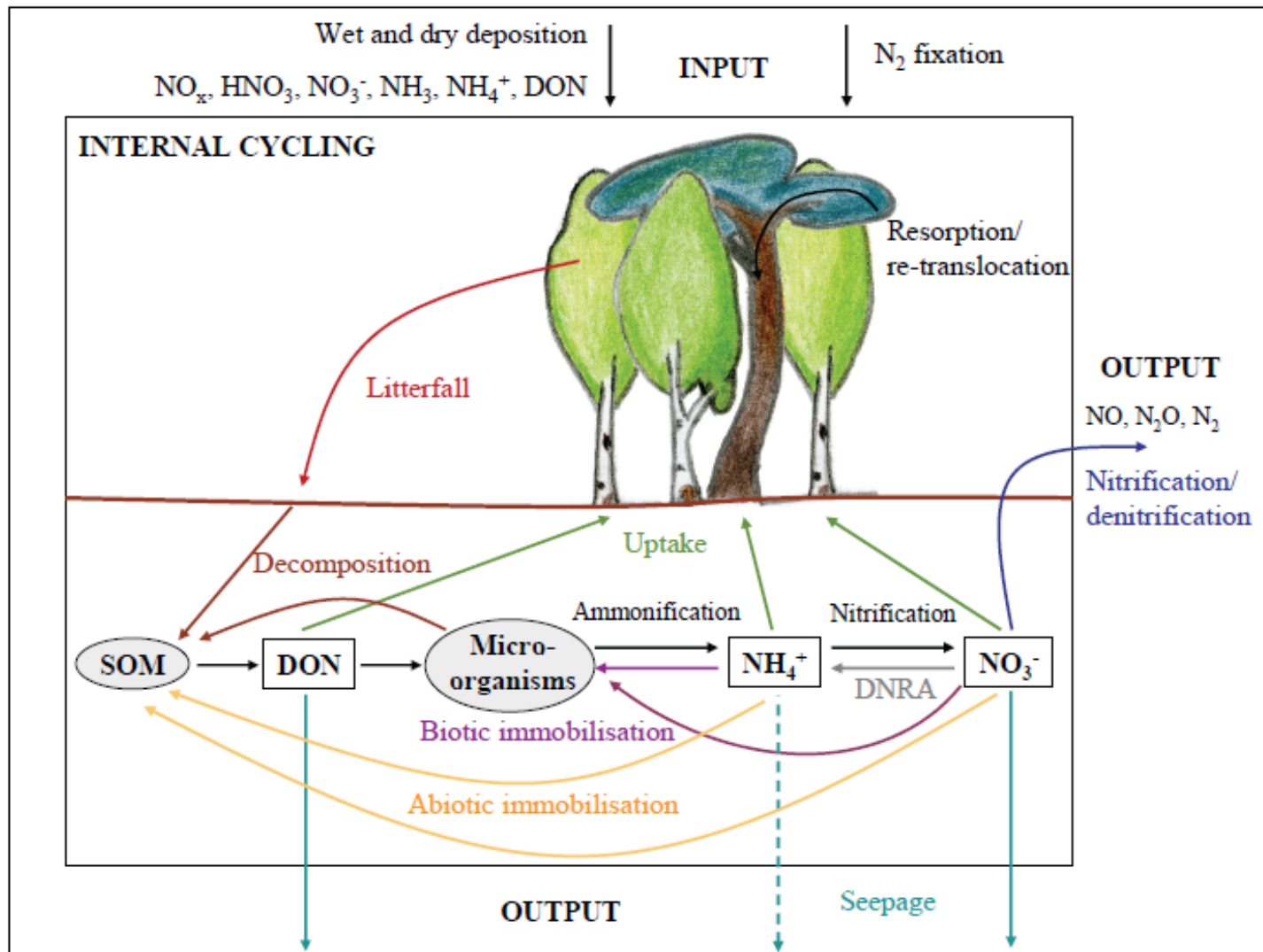
11.2. Nutriëntenkringlopen

- **Geochemische cyclus:** afvoer nutriënten
 - uitspoeling: NO_3^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}
 - vijf Vlaamse bossen: 0.7-19 kg N en 11-24 kg S $\text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$
 - tot 50 kg N $\text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$ (NB op arme zandgrond in regio van intensieve veeteelt)
 - afhankelijk:
 - input (N-depositie)
 - bostype
 - leeftijd
 - voormalig landgebruik
 - beheermaatregelen
 - emissies: gasvormige verliezen N_2 , N_2O en NO
 - door denitrificatie ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2\text{O}$ en N_2) en nitrificatie
 - afhankelijk van N-input, bodem-T en -RV
 - tot 15 kg N $\text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$ (vb. fijnsparrenbos D: 8 kg NO en N_2O -N en 7 kg N_2 -N $\text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$)



11.2. Nutriëntenkringlopen

- Voorbeeld: N



Inhoud

- Inleiding
- Koolstofkringloop
 - BPP en NPP
 - Verdeling
- Nutriëntenkringlopen
 - Biochemische cyclus
 - Biogeochemische cyclus
 - Geochemische cyclus
- Nutriëntenbeheer
 - Nutriëntengiften
 - Aangepast bosbeheer
 - boomsoortenkeuze
 - bosrandenbeheer
 - exploitatiewijze
 - plaggen en strooiselroof

Bosecologie en bosbeheer Hfdst 11 (p. 167-175) en 33 (p. 403-415)



11.3. Nutriëntenbeheer

- Nutriëntengiften

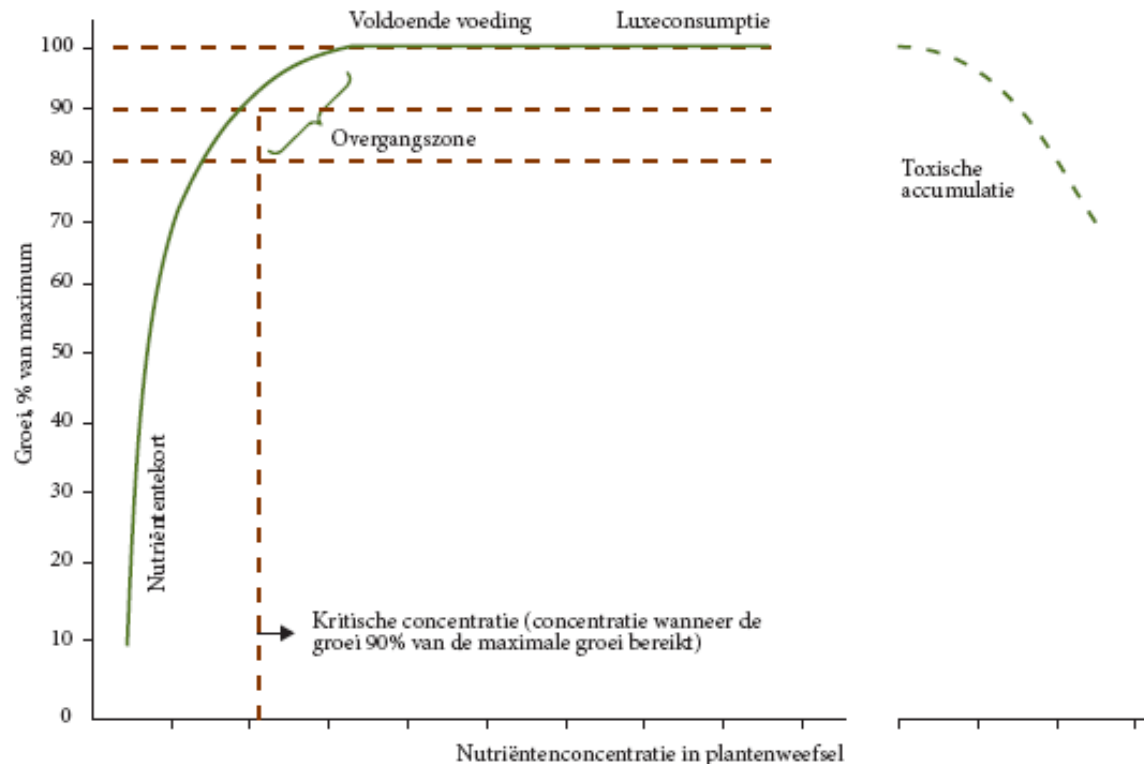
- bemesting (NPK) en bekalking (CaCO_3 en MgCO_3)
- nutriëntengehaltes voor optimale boomgroei?
 - afhankelijk van boomsoort
 - antagonistische effecten (vb. K & Mg tekort bij overmaat aan NH_4^+)
 - afleiden van groeirespons:

- limiterend:

toename beschikbaarheid -> hogere groei & ongewijzigde concentratie

- voldoende beschikbaar:

toename beschikbaarheid -> geen effect op groei & concentraties stijgen



11.3. Nutriëntenbeheer

- Nutriëntengiften
 - nutriëntengehaltes voor optimale boomgroei?
 - nutriëntenstatus: vergelijking bladconcentraties met richtwaarden

		N	P	K	Ca	Mg
Beuk	Hoog	>28	>3.0	>8.0	–	>3.0
	Voldoende	22-28	1.5-3.0	6.0-8.0	≥4.0	1.5-3.0
	Laag	<22	<1.5	<6.0	<4.0	<1.5
Es	Hoog	>28	>1.9	>15.0	–	>1.9
	Voldoende	22-28	1.5-1.9	6.0-15.0	–	–
	Laag	<22	<1.3	<6.0	–	–
Zomereik	Hoog	>28	>1.7	>8.0	>17.0	>2.8
	Voldoende	23-28	1.4-1.7	6.0-8.0	3.0-17.0	1.6-2.8
	Laag	<23	<1.4	<6.0	<3.0	<1.6
Wintereik	Hoog	>28	>1.7	>8.0	–	>2.8
	Voldoende	23-28	1.3-1.7	6.0-8.0	3.0-18.0	1.5-2.8
	Laag	<23	<1.3	<6.0	<3.0	<1.5
Amerikaanse eik	Hoog	>25	>1.7	>8.0	–	>2.8
	Voldoende	21-25	1.3-1.7	6.0-8.0	3.0-18.0	1.6-2.8
	Laag	<21	<1.3	<6.0	–	<1.6
Lariks	Hoog	>25	>4.0	>15.0	–	>3.0
	Voldoende	18-25	2.0-4.0	7.0-15.0	≥3.0	1.0-3.0
	Laag	<18	<2.0	<7.0	(<3.0)	<1.0
Fijnspar	Hoog	>17	>2.0	>8.0	–	>1.0
	Voldoende	13-17	1.4-2.0	6.0-8.0	≥2.0	0.7-1.0
	Laag	<13	<1.4	<6.0	<2.0	<0.7
Corsicaanse den	Hoog	>18	>1.6	>7.0	>1.5	>1.0
	Voldoende	13-18	1.3-1.6	5.0-7.0	1.0-1.5	0.6-1.0
	Laag	<13	<1.3	<5.0	<1.0	<0.6
Grove den	Hoog	>18	>1.7	>7.0	–	>1.0
	Voldoende	14-18	1.4-1.7	5.0-7.0	≥1.5	0.7-1.0
	Laag	<14	<1.4	<5.0	<1.5	<0.7
Douglas	Hoog	>18	>2.2	>8.0	–	>1.0
	Voldoende	14-18	1.4-2.2	6.0-8.0	≥2.5	0.7-1.0
	Laag	<14	<1.4	<6.0	<2.5	<0.7

11.3. Nutriëntenbeheer

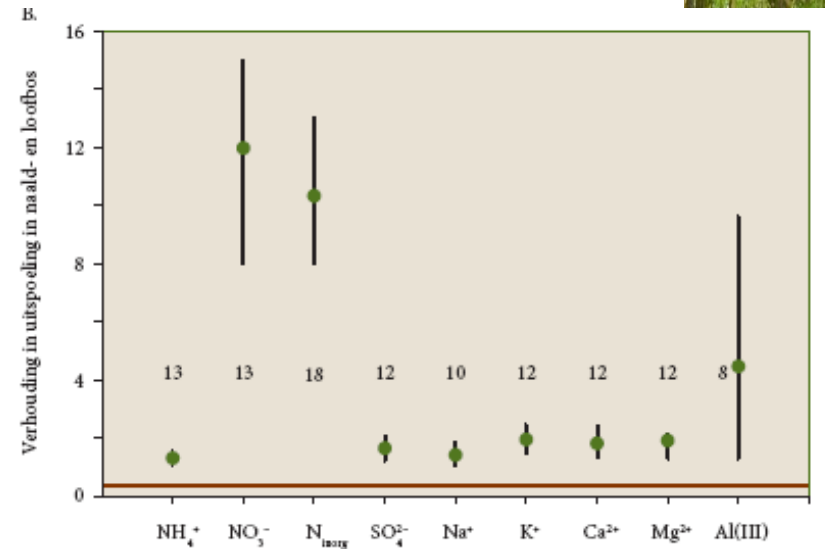
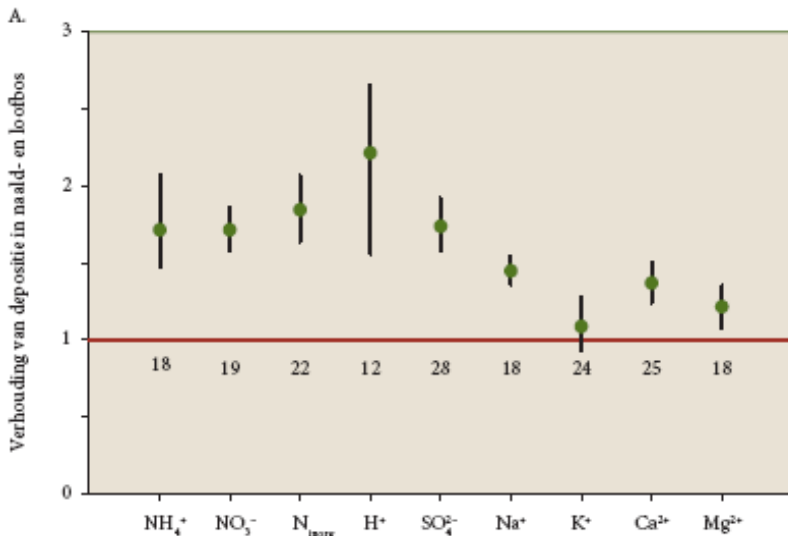
- Nutriëntengiften

- bemesting met N: not done omwille van hoge N-input via depositie
- bekalking als:
 - nutriëntentekort of onevenwicht
 - compensatie van gevolgen bodemverzuring
 - deelmaatregel van geïntegreerd bodemherstel:
 - combinatie met boomsoortenverandering met diepwortelende soorten en rijk bladstrooisel (zie verder) en/of herintroductie van regenwormen
 - eventuele startbemesting bij sterk gedegradeerde bodems
- nadeel bekalking:
 - stimuleert de afbraak van OM door toename in biologische activiteit
 - ⇒ hogere N-beschikbaarheid met effect op vegetatie
 - uitspoeling van nitraat
 - uitspoeling basische kationen
 - ⇒ positief langetermijneffect? stijging van pH van korte duur



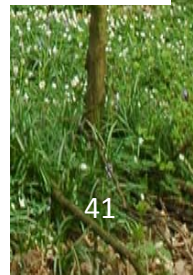
11.3. Nutriëntenbeheer

- Aangepast bosbeheer
 - boomsoortenkeuze
 - LH vs. NH
 - lagere aanvoer van N en S via atmosferische depositie
 - betere strooiselkwaliteit (veel lignine, weinig Ca)
 - hogere N-opname en opslag in biomassa en bodem



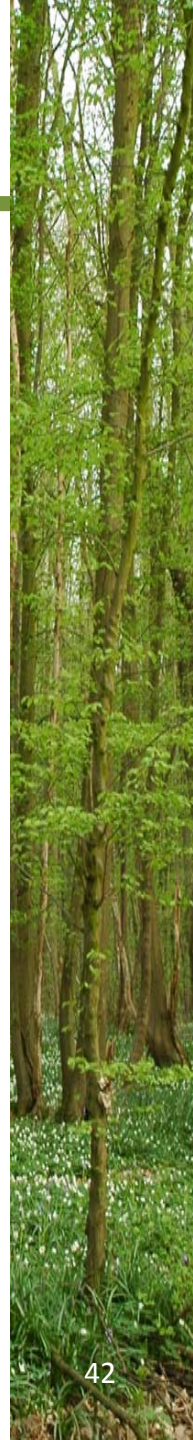
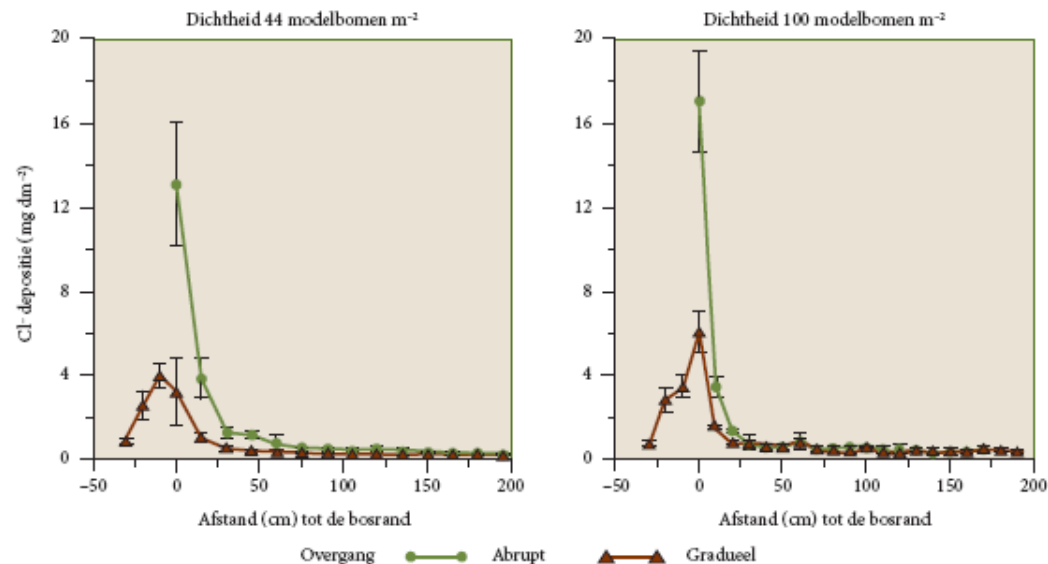
- boomsoorten:
 - naaldbomen, eik, beuk: bodemverzurend
 - es, kers, linde, populier: bodemverbeterend

-> **bosomvorming (naald -> loof) en keuze van bodemverbeterende soorten**



11.3. Nutriëntenbeheer

- Aangepast bosbeheer
 - bosrandenbeheer
 - atmosferische depositie x 2.5 dan in boskern, 50 m diep
 - 58% van de totale bosoppervlakte = bosrand (bij 50 m)
 - indringingsdiepte & mate van toename afhankelijk van:
 - bostype: LH < NH
 - densiteit: kleinere depositietoename maar grotere indringingsdiepte in ijlere bossen
 - structuur: geleidelijk opgaande < scherpe bosrand



11.3. Nutriëntenbeheer

- Aangepast bosbeheer
 - bosrandenbeheer
 - aangepast bosrandenbeheer:
 - geen nieuwe bosranden creëren & nieuw bos aansluiten op bestaand bos
 - bosomvorming LH -> NH
 - aanleg of spontane ontwikkeling van mantel- en zoomvegetaties aan bestaande bosranden (+ ecologisch waardevol!)
 - exploitatiewijze
 - kaalkap: versnelde afbraak & mineralisatie humuslaag en organisch materiaal
 - als weinig vegetatie aanwezig -> uitspoelen nutriënten naar grondwater
 - verliezen nog groter als bodem wordt gefreesd of geploegd
 - schermkap of groepenkap (< 0.1 ha): kleinere verliezen
 - minder snelle vrijstelling nutriënten
 - aanwezige vegetatie neemt nutriënten op



11.3. Nutriëntenbeheer

- Aangepast bosbeheer
 - exploitatiewijze
 - nutriëntenverlies door oogst
 - enkel stamhout < volledige boom
 - » takhout en bladeren= belangrijk aandeel nutriëntenvoorraad
 - » N vs. basische kationen op rijke vs. arme bodems
 - bedrijfstijd
 - » jonge bomen: relatief meer nutriëntenrijkere schors en spinthout tov kernhout dan oude bomen

	Oogst stammen					Oogst volledige boom				
	Biomassa	N	P	K	Ca	Biomassa	N	P	K	Ca
Douglas 55 jaar (A)	281	478	56	225	23	318	728	96	326	411
Douglas 55 jaar (B)	134	161	27	81	–	165	325	56	140	–
<i>Picea</i> sp. – <i>Abies</i> sp. 60 jaar	155	141	19	121	272	232	410	59	245	537
Gemengd loofbos 45 jaar	48	67	4	43	129	111	242	19	128	344
Gemengd loofbos 70 jaar	43	58	7	48	130	178	277	41	216	544
Gemengd loofbos 80 jaar (A)	64	110	7	36	410	175	323	23	123	1090
Gemengd loofbos 80 jaar (B)	121	162	5	108	442	158	273	19	162	530
<i>Alnus</i> sp. 55 jaar (A)	137	287	41	151	388	147	347	47	174	426
<i>Alnus</i> sp. 55 jaar (B)	111	311	22	122	–	120	378	27	143	–

11.3. Nutriëntenbeheer

- Aangepast bosbeheer

- plaggen en strooiselroof

plaggen = verwijderen bovenste bodemlaag (< 5 cm) & vegetatie

- was zeer algemeen gebruik op de heide
 - nu: zeer snel zeer nutriëntenrijke bodems verarmen om nutriëntenarme vegetatietypes te bevorderen:

vb. bebossing landbouwgrond:

- rijk aan P, zelfs na 100 j (vs. N spoelt uit)
 - negatief verband rijkdom plantensoorten en P-beschikbaarheid
 - P sterke belemmering voor ontwikkeling soortenrijke bosplantengemeenschappen



11.3. Nutriëntenbeheer

- Aangepast bosbeheer
 - plaggen en strooiselroof

strooiselroof = verzamelen onverteerd bladstrooisel

- tot halverwege 20e E potstal: mengstof voor diermest -> bemesting akkers
 - sterke bodemverarming: verlies N, C, basische kationen = f(duur, frequentie, boomsoort, bodemtype)
 - in N-verzadigde bossen:
 - ↓ N-voorraad in bodem & NO_3^- -uitspoeling
 - maar ook:
 - ↓ basische kationen -> verzuring
 - ↓ koolstofgehalte
 - ↓ boniteit
- vb. naaldbos op arme zandgrond:
- » 2400 kg N ha⁻¹
 - » 40 kg K, 200 kg, Ca, 30 kg Mg, 50 kg P ha⁻¹

