



ICP-Forest, Forest Focus, FUTMON

Monitoring van reacties van bossen op luchtverontreiniging en klimaatverandering

Wim de Vries, Ellis Leeters en Albert Bleeker



Inhoud



- **Achtergrond: waarom monitoring**
 - Problemen door luchtverontreiniging (zwavel en stikstof belasting)
 - Veranderde (Forest) Focus in 2006: klimaatverandering/biodiversiteit
 - Vervolg onder LIFE+: nadruk op ecosysteemdiensten
- **Doel en opzet van monitoring**
- **Wat komt er uit**
 - Trends elementen in depositie, bladeren en bodemvocht.
 - Trends bosvitaliteit en bosgroei (soortensamenstelling ondergroei)
 - Relaties tussen luchtverontreiniging/klimaat en koolstofvastlegging
- **Discussie**
 - Conclusies
 - Hoe verder??





Originele doelstelling bosmonitoring

- Naast ICP is ook EU bij bosmonitoring betrokken
- Aanvankelijk gericht op monitoring bosvitaliteit in verband met verwachte effecten luchtverontreiniging (Level I plots)
- Daarna monitoring van zowel luchtverontreiniging (depositie) als effectparameters bossen (Level II plots)
- Doel is o.a. monitoren indicatoren voor duurzaam bosbeheer, in relatie tot luchtverontreiniging, zoals :
 - Bosvitaliteit
 - Bosgroei (productie) en nutriëntenhuishouding
 - Bodem en bodemwater concentraties



Problemen door zwavel en stikstof belasting

- Effecten op de bodem
 - Accumulatie van stikstof (verhoogde NO_3 concentraties)
 - Uitspoeling van basische voedingsstoffen (Ca, Mg en K)
 - Daling van de pH (stijging zuurgraad)
 - Mobilisatie (verhoogde concentraties) van aluminium: toxisch
- Relevante parameters: NO_3 , Al/BC ratio, pH, DOC



Problemen door zwavel en stikstof belasting

■ Effecten op bossen

- Verstoring van de nutriëntenkringloop (stikstof overmaat en basengebrek)
- Verandering in bosgroei (mogelijk toename).
- Wortelschade en bladverlies (afname vitaliteit)
- Veranderde samenstelling bosondergroei (afname diversiteit aan soorten)



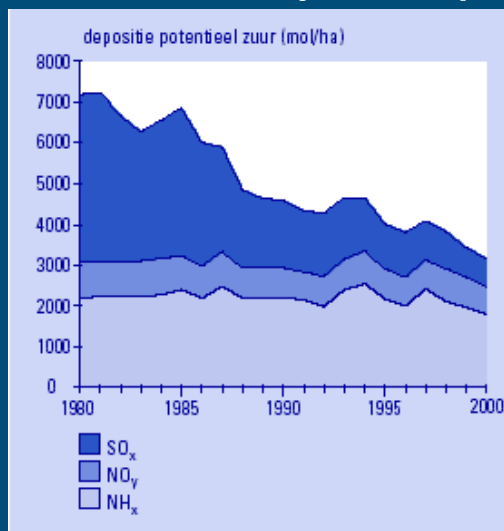
Trends in landelijke emissies van S en N

Trends in emissies in kton.jr⁻¹.

Jaar	Zwaveloxiden	Stikstofoxiden	Ammoniak
1950	385	185	100
1960	625	250	140
1970	840	375	180
1980	481	585	234
1990	202	574	231
1995	141	484	191
2000	91	421	157
2010	46	231	100



Trends in landelijke deposities



Depositie trends SO_x (SO₂ en SO₄²⁻), NO_y (NO, NO₂ en NO₃⁻) en NH_x (NH₃ en NH₄⁺) tussen 1980 en 2000 (RIVM 2001). De deposities zijn bepaald uit een combinatie van metingen en modelberekeningen.



Trends in S en N emissies en depositie

- Emissies en deposities van zwaveldioxide zijn sinds de zeventiger jaren in Nederland sterk gedaald.
- Emissies van stikstofoxiden en ammoniak zijn in Nederland redelijk gedaald maar depositie reducties zijn minder sterk.
- In Europa is de daling van zwaveldioxide groot maar van ammoniak zeer gering.



Verandering doelstelling in 2003: Forest

Focus

- In 2003 kwam EU met “new regulation” met naam “Forest Focus”: uitbreiding van doelen richting biodiversiteit en klimaatverandering
- Doel is monitoren indicatoren bosecosysteem diensten, i.r.t klimaatverandering, luchtverontreiniging:
 - Netto koolstofvastlegging door bossen
 - Bosgroei (productie) en biologische diversiteit
 - Bescherming van bodem en (grond) water voorraden



Huidige doelen van monitoring

- Doelen zijn o.a. het vaststellen van:
 - Trends in stress factoren (depositie, klimaat etc) en in de conditie van het bosecosysteem (nutriëntenvoorziening, vitaliteit, groei, soorten samenstelling bosondergroei).
 - Relaties tussen stressfactoren en ecosystemendiensten.
 - Groei (productie) en koolstofvastlegging (klimaatregulatie)
 - Biodiversiteit
 - Gedrag van stoffen (stikstof, zwavel, aluminium etc) in de bodem (buffer/filterfunctie van de bodem irt waterkwaliteit).



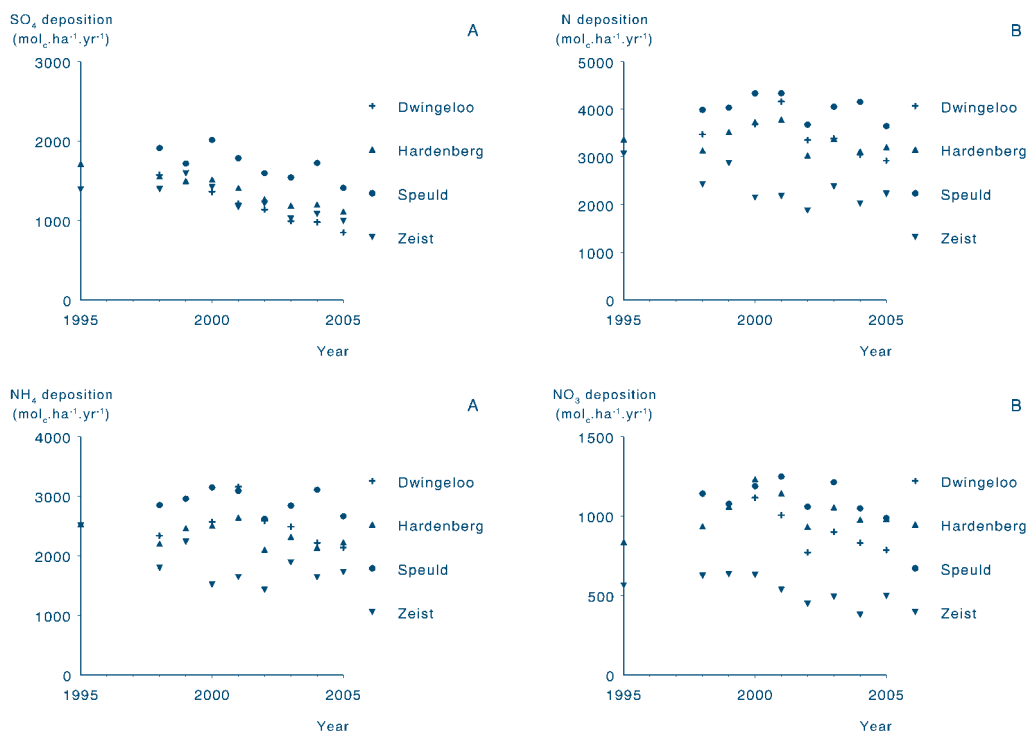
Opzet van monitoring in relatie tot doelen

Surveys m.b.t bosconditie, bodem en stressfactoren

Surveys	Relevante parameters	Aantal plots	
		Nationaal	Europees
Bosvitaliteit	bladbezetting	14	860
Bladsamenstelling	Nutrienten	14	855
Bodemsamenstelling	pH, Nutrienten, metalen	14	865
Bosgroei	DBH, hoogte	14	859
Soortensamenstelling ondergroei	Soorten en abundantie	14	730
Depositie	SO ₄ , NH ₄ , NO ₃ , pH, Al, basen, DOC	4	499
Meteorologie	P, T	-	202
Bodemvocht- samenstelling	SO ₄ , NH ₄ , NO ₃ , pH, basen, DOC	4	243



Trends in atmosferische depositie 1995 -



Trends in de depositie van SO₄, totaal N, NH₄, en NO₃ op de locaties Dwingeloo, Hardenberg, Speuld and Zeist in 1995-2005



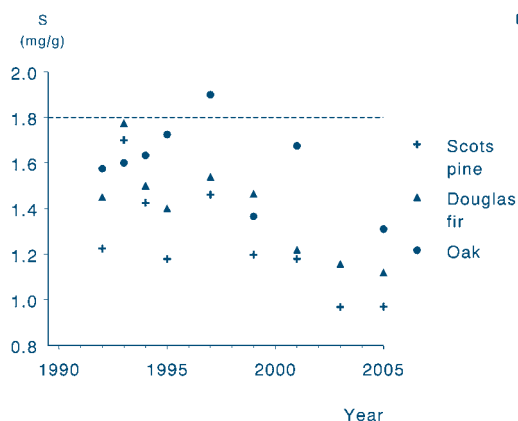
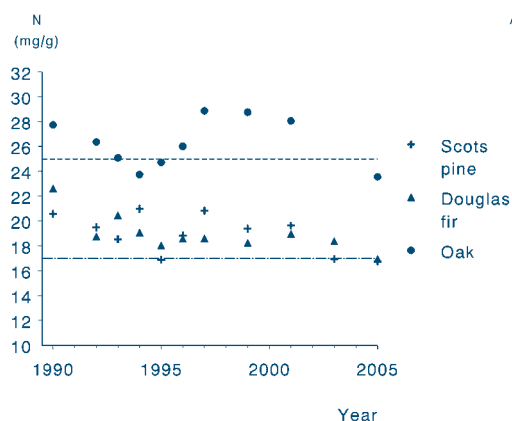
Trends in atmosferische depositie 1995 -

Berekende trends in de jaarlijkse SO₄, NO₃ en NH₄ depositie (mol_c.ha⁻¹.yr⁻¹) in de periode 1995-2005

Element	Locatie	Gem trend	Sd trend	R ² _{adj}
SO ₄	Dwingeloo	-102	5.7	98
	Hardenberg	-62	5.1	95
	Speuld	-61	22	50
	Zeist	-52	15	58
Totaal N	Dwingeloo	-108	59	28
	Hardenberg	-22	32	*
	Speuld	-39	40	*
	Zeist	-91	31	48
NH ₄	Dwingeloo	-52	58	*
	Hardenberg	-31	20	15
	Speuld	-23	32	*
	Zeist	-72	31	35
NO ₃	Dwingeloo	-56	14	72
	Hardenberg	10	14	*
	Speuld	-16	14	4
	Zeist	-19	7.8	39



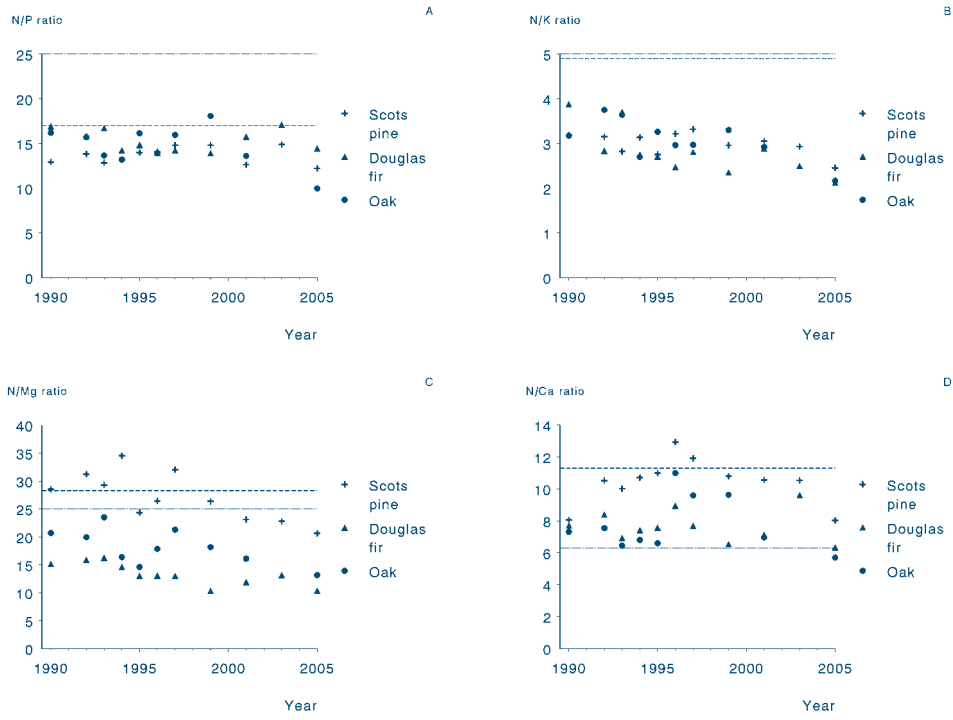
Trends in elementgehalten in bladeren 1990 - 2005



Trends in de gehalten aan stikstof (A) en sulfaat (B) in bladeren/naalden van Douglas spar, eik en grove den in de periode 1990 – 2005.



Trends in elementgehalten in bladeren 1990 - 2005



Trends in de nutriënten ratio's van N en P (A), N en K (B), N en Mg (C) N en Ca (D) in bladeren/ naalden van Douglas spar, eik en grove den.



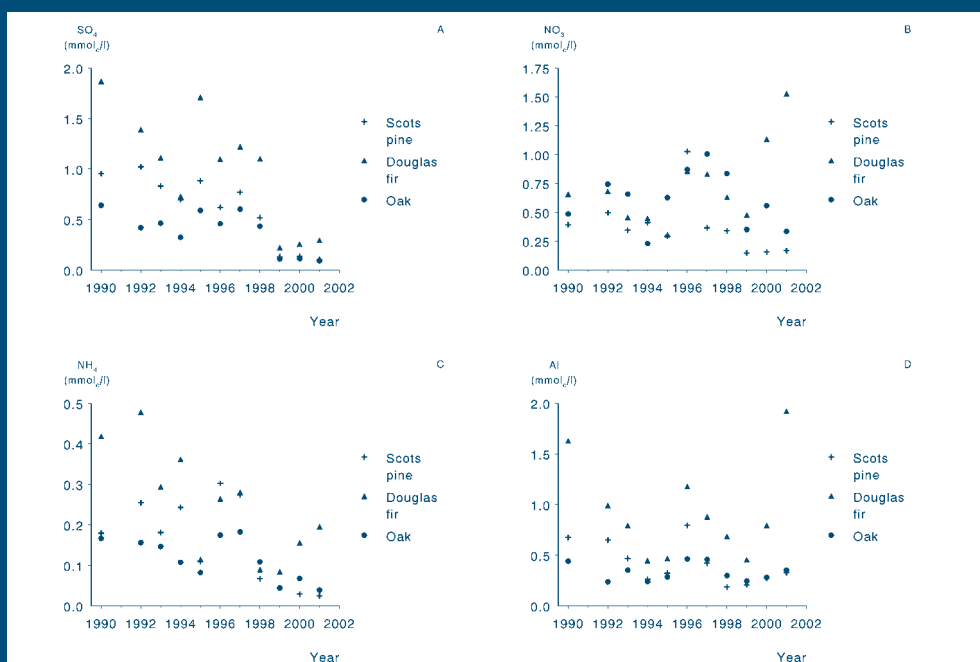
Trends in elementgehalten in bladeren 1990 - 2005



Berekende trends in de jaarlijkse element concentraties in bladeren/naalden tussen 1990-2005

Element	Gem trend	Sd trend	R ²	Aantal boomsoorten met significante trend
N	-0.1135	0.0529	66	2
S	-0.03117	0.00588	39	3
P	-0.00567	0.00575	41	3
K	0.0784	0.0216	48	3
Ca	-0.0166	0.0140	54	3
Mg	0.01969	0.00440	77	3

Trends in bodemvochtconcentraties 1990- 2001



Trends in de gehalten aan sulfaat (A), nitraat (B), ammonium (C) en aluminium (D) in de bovengrond (0-30 cm) van Douglas spar, eik en grove den



Trends in bodemvochtconcentraties 1990- 2001



Berekende trends in jaarlijkse element concentraties in bodemvocht tussen 1990-2001

Diepte	Element	Gem trend	Sd trend	R ²	Aantal boomsoorten met significante trend
0-30	SO ₄	-0.088	0.014	33	3
	NO ₃	0.0056	0.011	10	3
	Al	-0.024	0.010	31	2
60-100	SO ₄	-0.079	0.008	55	3
	NO ₃	-0.021	0.009	13	2
	Al	-0.049	0.010	43	2



Relaties tussen depositie en nutriëntgehalten in bladeren en bodemvocht

Correlaties tussen depositie en bladgehalten in grove den

Element	S _{dep}	N _{dep}	K _{dep}	Ca _{dep}	Mg _{dep}
S _{fol}	0.951	0.422	0.422	-0.022	-0.633
N _{fol}	0.289	0.89	-0.626	-0.714	0.324
K _{fol}	0.007	-0.434	0.651	0.231	-0.345
Ca _{fol}	0.079	-0.45	0.736	0.448	-0.495
Mg _{fol}	-0.695	0.405	-0.926	-0.822	0.968

Correlaties tussen depositie and gehalten in bodemvocht op 60-100 cm

Element	SO _{4,dep}	NO _{3,dep}	NH _{4,dep}	Na _{dep}	Cl _{dep}
[SO ₄]	0.497	-0.041	0.123	-0.282	-0.293
[NO ₃]	0.628	0.288	0.253	-0.195	-0.27
[NH ₄]	0.367	0.51	0.409	-0.146	-0.173
[Al]	0.572	0.111	0.247	0.051	0.051
[Na]	0.269	0.699	0.427	0.437	0.338
[Cl]	0.021	0.541	0.126	0.462	0.355

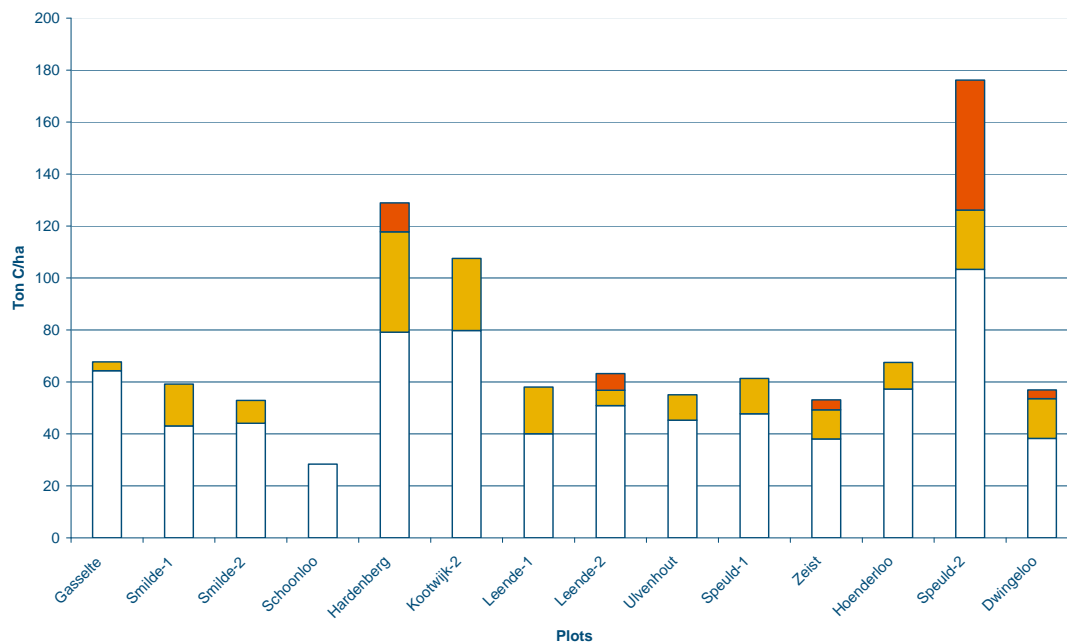


Trends in de bosvitaliteit 1990-2005

Trends in de jaarlijkse ontbladering per boomsoort in 1990-2005

Tree species	Gem trend	Sd trend	R ²	Aantal plots met significante trend
Grove den	0.089	0.046	28	10/11
Douglas	1.242	0.062	20	5/9
Eik	0.770	0.060	9	5/9

Trends in boomgroei/koolstofvoorraden 1990-2005



Koolstofvoorraden in bomen (ton C/ ha) in 1995 (wit), 2000 (wit en geel) en 2005 (wit, geel en oranje) voor 14 plots.

Relaties luchtverontreiniging en groei/biodiversiteit

- Dergelijke relaties vereisen veel data: effecten van bos- en bodemeigenschappen moeten worden meegenomen
- Dergelijke relaties zijn met de NL datasets niet echt te leggen maar vereisen analyses van Europese datasets
- In die analyses speelt NL een cruciale rol omdat de N depositie in NL zeer hoog is (extreme waarden)
- Eerste Europese analyses zijn gedaan met data voor veranderingen in groei en soortensamenstelling in 5 jaar.

Empirical field study at ICP forests plots

- Aim was to quantify the effect of atmospheric deposition and climate on above-ground forest growth using a large-scale data set (space-for-time approach).
- Use monitoring plots with actual measured forest increment, deposition and climate.



Two Growth Model Approaches

- An **individual tree growth model** for 5-year basal area increment (Laubhann et al. 2009)
- A forest **stand-based model** for 5-year stand volume increment (Solberg et al. 2009)





Statistical models: monitoring data set used

- Individual tree growth model:
 - 382 stands, 40'000 trees
 - Trees must be identifiable
 - Two-time dbh measurements

- Stand-based growth model:
 - 363 stands; +/- even-aged
 - At least 70% of main species
 - Two-time growth measurements (dbh), one-time tree height measurement



Results Individual Tree Growth Model

Multivariate regression results at tree level indicating the relative change in stem volume growth per unit change in influencing factor. Note: - implies that the effect was insignificant ($p > 0.05$).

Tree species	BAL ¹	SDI	C/Nsoil ²	N dep	Temp ³	Temp change
Norway spruce	-0.39	-0.00056	-0.023	0.013	-	-
Scots pine	-0.29	-0.00066	-	0.015	0.053	-
Common beech	-0.16	-	-	0.012	-	0.064
Oak	-0.38	-0.00062	-	0.013	0.080	-

¹BAL is basal area of larger trees ($m^2 ha^{-1}$), ² C/N soil is the C/N ratio of the mineral topsoil (0-30cm) and ³Temp is average temperature 1993-2000 ($^{\circ}C$). For common beech, the effect was almost significant at $p = 0.05$ ($p = 0.77$).

20.7 - 25.8 kg C per kg N deposition



De Vries et al. (2008); Laubhann et al. (2009)

Conclusions statistical models



- An increase in temperature mostly shows a significant positive effect on growth; tree species respond differently
- An increase in $1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ corresponds to an increase in basal area or stem growth increment of 1.0-2.0 % (depending on species and site), corresponding to a range of approx. 15-30 kg tree carbon sequestration per kg N deposition
- Other effects, such as drought are uncertain (only found for Scots pine in stand growth model).



Volume 258, issue 8, 25 September 2009

ISSN 0378-1127

Forest Ecology and Management



Special Issue
Assessment of the relative importance of nitrogen deposition and climate change on the sequestration of carbon by forests in Europe: an overview

Guest Editor
W. de Vries



Conclusies



- Monitoring maakt duidelijk dat
 - De ingezette emissievermindering heeft geleid tot een duidelijke depositievermindering, met name voor SO_4 .
 - De depositievermindering een gunstig effect heeft gehad op de chemische samenstelling van bladeren en bosstrooisel (afname van stikstofgehalten) en bodemvocht (afname van aluminiumconcentraties).
 - Stikstofdepositie leidt tot een toename in groei/koolstofvastlegging en afname in biodiversiteit (niet getoond).

Discussie: relevantie monitoring



- Alleen op basis van *langjarige* monitoring zijn:
 - Trends te bepalen
 - Relaties te leggen tussen luchtverontreiniging/klimaat verandering en ecosysteem diensten, zoals
 - koolstofvastlegging (klimaatregulerende functie)
 - Bodemen water kwaliteit (buffer en filter functie)
 - Biodiversiteit (o.a. recreatie functie).



Discussie: relevantie monitoring

- Alleen op basis van *langjarige* monitoring zijn:
 - *Regionale* inschattingen te maken van effecten middels metingen: experimenten/ veldstudies zijn altijd lokaal.
 - Modellen die op regionale schaal schattingen maken op diezelfde schaal te valideren.
- In kader van FPVII is er een call over effecten van lucht kwaliteit op ecosysteemdiensten onder klimaatverandering. Aanpak:
 - Experimenteel onderzoek
 - Model berekeningen
 - Verificatie van berekeningen op experimenten en monitoring data,
 - Daarbij is korte tijdsduur monitoring een probleem.



Discussie: suggestie voor voortgang

- Zet relevante monitoring voort t.b.v.:
 - evaluatie effectiviteit emissiereducties (nutriënten voorziening en bodemvochtkwaliteit)
 - een bijdrage aan vaststellen relaties ecosysteemdiensten op Europese schaal
- Essentieel is dan de monitoring van response factoren, zoals:
 - groei, samenstelling ondergroei
 - nutriënten in bladeren/bodemvocht (minder frequent)