

Inventaris van de toestand van de
bosbodem in het Vlaamse Gewest
P. Roskams

1 Inleiding

Sinds 1987 wordt de gezondheidstoestand van de bossen in het Vlaamse Gewest jaarlijks geïnventariseerd op basis van een systematisch netwerk van proefvlakken. Deze inventarisaties geven informatie over de vitaliteit van de belangrijkste boomsoorten in een welbepaald jaar en over de evolutie van de bosgezondheidstoestand in de tijd. Tijdens de laatste jaren is de bosgezondheidstoestand in het Vlaamse Gewest ongunstig geëvolueerd: het aandeel beschadigde bomen in onze bossen is duidelijk toegenomen.

Verscheidene factoren zijn verantwoordelijk voor de vastgestelde wijzigingen in de bosgezondheidstoestand: ongunstige weersomstandigheden, insectenaantastingen en schimmelinfecties behoren tot de belangrijkste traditionele schadefactoren. Wat de invloed van één van de belangrijkste niet-traditionele factoren, de luchtverontreiniging, op het boscysteem betreft, wordt de laatste jaren steeds meer belang gehecht aan de hypothese dat pollutie vooral een onrechtstreekse inwerking heeft via de bosbodem. Deze hypothese stelt dat depositie van verontreinigende stoffen uit de atmosfeer kan leiden tot bodemverzuring, verstoring van bodemprocessen en uitloging van voedingsstoffen.

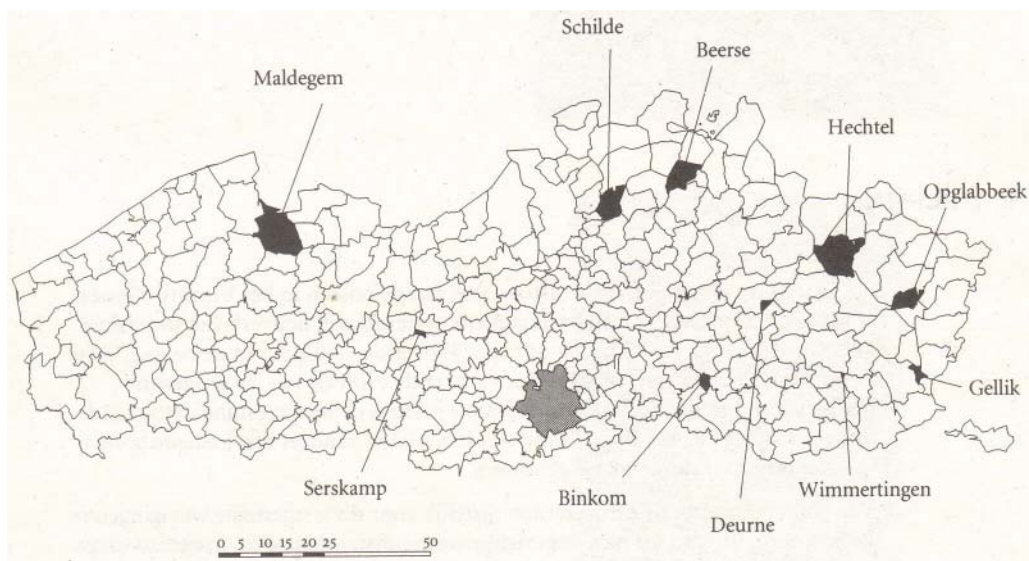
Daarom werd in het kader van het internationale samenwerkingsprogramma naar de effecten van luchtverontreiniging op het boscysteem beslist om, naast de beoordeling van de kroontoestand van de bomen als criterium voor de vitaliteitsbeoordeling, tevens een inventaris op te maken van de toestand van de bosbodem. Verordening nr. 926/93 van de Europese Commissie maakt deze bodeminventaris tot een verplichting voor de lidstaten van de Europese Unie. Een herhaling van deze inventarisatie is gepland binnen 5 – 10 jaar en zal inzicht verschaffen in de evolutie van de onderzochte bodemparameters in de tijd.

2 Algemene informatie

2.1 Steekproef

De totale oppervlakte van het Vlaamse Gewest bedraagt 13 511 km². Daarvan zijn 114 900 ha bebost (Afdeling Bos en Groen, 1980).

Het bodemonderzoek wordt uitgevoerd in het 16 x 16 km-netwerk dat als basis dient voor de transnationale bosgezondheidsinventaris in Europa. In elk snijpunt van dit raster dat in een bos valt, wordt een steekproef genomen. Het meetnet bestrijkt de volledige oppervlakte van het Vlaamse Gewest en omvat 10 proefvlakken (tabel 1 & fig. 1).

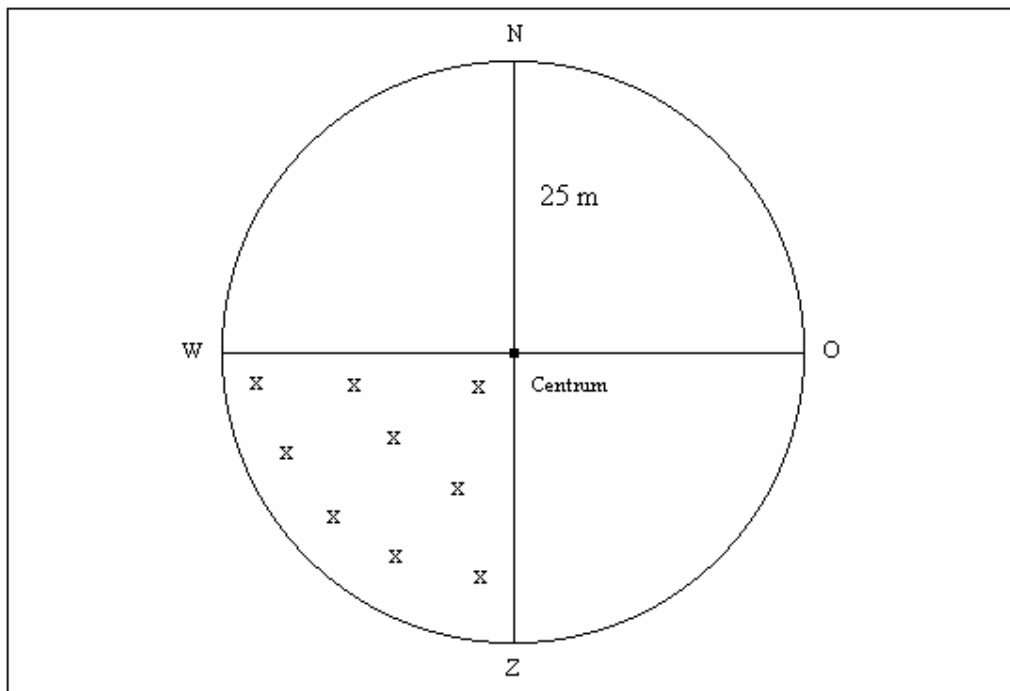


FIGUUR 1: Gemeenten waar de proefvlakken van het 16x16 km-net gelegen zijn

2.2 Methodiek

2.2.1 Monsternamen

In elk proefvlak wordt de strooisellaag en de minerale bodem (0 – 5 cm, 5 – 10 cm en 10 – 20 cm) bemonsterd ten behoeve van chemische analyses. De bodemstalen worden genomen binnen een cirkelvormig proefvlak met straal 25 m, waarvan het middelpunt samenvalt met het snijpunt van het 16 x 16 km raster (fig. 2). Er worden 36 deelmonsters verzameld (9 monsters per kwadrant, volgens een zigzag-patroon), die per strooisel- of bodemlaag vermengd worden tot 1 mengmonster. De chemische analyses werden uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst van België.



x : bemonsteringspunt

FIGUUR 2: Locatie van de bodembemonsteringspunten.

Gemeente	Nummer proefvlak	Hoofdboomsoort
Maldegem	12	Zomereik, Gewone es
Schilde	17	Grove den
Beerse	18	Grove den
Hechtel	32	Corsicaanse den
Serskamp	39	Zomereik
Deurne	44	Grove den
Opglabbeek	46	Grove den
Binkom	55	Zomereik, Amerikaanse eik
Wimmertingen	57	Populier
Gellik (Bilzen)	58	Grove den

Tabel 1: Proefvlakken in het 16 x 16 km-net in het Vlaamse Gewest.

Voor de bepaling van het schijnbaar soortelijk gewicht (schijnbare dichtheid) van de organische laag wordt met behulp van een houten raster met een oppervlakte van 0.25 m² een hoeveelheid organisch materiaal met een gekend volume verzameld. Voor de bepaling van het schijnbaar soortelijk gewicht van de minerale lagen wordt een ongestoord monster verzameld d.m.v. Copecy-ringen.

2.2.2 Bodemkartering

In elk proefvlak wordt een bodemkartering uitgevoerd aan de hand van boringen met een grondboor. Daarbij worden 5 boringen uitgevoerd in een satellietstelsel: 1 boring in het centrum van het proefvlak en telkens 1 boring in het centrum van elke subgroep van 6 bomen, op 25 m van het centrum in de 4 hoofdwindrichtingen. Op basis van deze informatie wordt een profielbeschrijving opgemaakt.

De profielbeschrijvingen werden opgemaakt door het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer.

2.2.3 Transport, opslag en voorbehandeling

De verzamelde deelmonsters worden op het terrein samengebracht en gehomogeniseerd, waarna een mengstaal wordt genomen (± 1 kg, afhankelijk van de bemonsterde horizont). De mengstalen worden vervoerd in linnen staalnamezakjes, voorzien van een volgnummer (proeflocatie/horizontnummer). Afhankelijk van de weersomstandigheden (temperatuur) en de uit te voeren analyse, worden de stalen onmiddellijk na staalname gekoeld in een koelbox.

De stalen worden onmiddellijk vervoerd naar het laboratorium, waar ze een volgnummer krijgen en gedroogd worden (40 °C). De droge stalen worden vervolgens gemalen in een mechanische molen, gezeefd door een 2 mm zeef en gehomogeniseerd. Zowel de molen als de zeef zijn vervaardigd uit gehard staal. De monsters worden bewaard op kamertemperatuur in genummerde kunststofbokalen, waaruit een deelstaal genomen wordt voor de chemische analyse. De resterende hoeveelheid monster wordt bewaard.

2.2.4 Periode

De bodemkarteringen werden uitgevoerd in de periode 27.07. - 02.08.1993.

De stalen voor chemische analyse werden verzameld in de periode 23.06. - 22.07.1993.

De chemische analyses werden uitgevoerd op 25.08.1993 (verplichte parameters), bijkomende analyses werden uitgevoerd op 13.04.1995 (optionele parameters).

2.2.5 Parameters en analysemethodes

Tabel 2 geeft een overzicht van de bepaalde parameters en de gebruikte analysemethodes. Voor de chemische analyses worden de referentiemethodes toegepast van de "Manual on methodologies of forest soil sampling and analysis", opgesteld door het Forest Soil Expert Panel van het UN/ECE ICP Forests, met uitzondering van de analysemethode voor totale stikstof.

Bijkomende parameters omvatten:

- schijnbaar soortelijk gewicht (bepaling in laboratorium);
- moedermateriaal (bodemkaart van België);
- textuur (handgeschat op het terrein);
- stenigheid (schatting);
- structuur (handgeschat op het terrein).

Bepaling van totale stikstof

a/ Reagentia

- zwavelzuur-salicylzuur: 50 g C₆H₄OH-COOH oplossen in sterk zwavelzuur H₂SO₄, lichtjes opwarmen, afkoelen en aanvullen met H₂SO₄ tot 1 l.
- seleniummengsel: 20 g Se-poeder + 15 g CuSO₄ + 950 g Na₂SO₄, goed mengen.
- verzadigd boorzuur 10%: 100 g H₃BO₃ oplossen in ± 900 ml gedistilleerd water, 15' koken, afkoelen en aanlengen met gedistilleerd water tot 1 liter.
- Natriumhydroxide 40%: 400 g NaOH oplossen in gedistilleerd water, afkoelen en aanlengen tot 1 liter.
- Zoutzuur 0.05 N.
- Mengindicator: 0.15 g bromocresolgroen + 0.10 g methylrood, oplossen in 200 ml ethanol 96%.

b/ Werkwijze

250 mg analysemateriaal wordt afgewogen en overgebracht in een Kjeldahl-kolf van 250 ml. Hieraan 1 g Se-mengsel + 10 ml zwavelzuur-salicylzuuroplossing toevoegen en destrueren tot een heldere vloeistof overblijft. In het begin op lage temperatuur houden en dan geleidelijk de temperatuur verhogen tot de vloeistof helder is. Dan nog 15' koken. Voorzichtig afkoelen, 30 ml gedistilleerd water toevoegen, mengen en de kolf aansluiten op het stoomdistillatieapparaat. 45 ml NaOH-oplossing laten toedruppelen en gedurende 15' distilleren. Het distillaat opvangen in een erlenmeyer (100 ml) die 10 ml H₃BO₃ 10% bevat. Het uiteinde van de koeler moet zich onder het vloeistofniveau bevinden. Titrezen met HCl 0.05 N tot kleuromslag.

2.2.6 Opslag en verwerking van de gegevens

De verzamelde gegevens werden opgeslagen en verwerkt met Microsoft Excel 4.0.

3 Resultaten en discussie

3.1 Profielbeschrijving

De textuur varieert van zand (proefvlakken 17, 18, 32, 44, 46 en 58) over lemig zand (proefvlak 12) en zandleem (proefvlakken 39 en 55) tot lemige klei (proefvlak 57).

Het moedermateriaal wordt afgeleid uit de verklarende tekst bij de bodemkaart van België en bestaat uit:

- Dekzand: proefvlakken 12, 17, 18, 44, 46 en 58;
- Duinzand: proefvlak 32;
- Eolische zandige loess: proefvlakken 39 en 55;
- Kalkhoudende alluviale klei: proefvlak 57.

De profielontwikkeling wordt in de zandgronden gekenmerkt door een humus en/of ijzer B-horizont, in de zandleemgronden door een textuur B-horizont. Het proefvlak op lemige klei vertoont nog geen profielontwikkeling.

Parameter	Strooisellaag	Minerale bodem
pH _{CaCl2}	Potentiometrisch, in supernatans van strooisel/CaCl ₂ suspensie 1/20 (CaCl ₂ 0.01 M)	Potentiometrisch, in supernatans van bodem/CaCl ₂ suspensie 1/5 (CaCl ₂ 0.01 M)
organische koolstof	droge verbranding	droge verbranding
totale stikstof	Kjeldahl + zwavelzuur-salicyl-zuur	Kjeldahl + zwavelzuur-salicyl-zuur
totale P, K, Ca, Mg	destructie met koningswater, meting met ICP	
totale Na, Al, Fe, Si		extractie met koningswater, meting met ICP
Uitwisselbare ionen K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, Mn		extractie met (onbufferd) 0.1 M BaCl ₂ . Meting met ICP
% basenverzadiging		(som basische kationen/CEC) x 100
CEC		som basische kationen + uitwisselbare zuurheid
uitwisselbare zuurheid		extractie met (onbufferd) 0.1 M BaCl ₂ . Bepaling uitwisselbare zuurheid door titratie.

Tabel 2: *Parameters en analysemethodes*

De drainageklasse varieert in de zandgronden van matig droog (proefvlakken 32, 46) over matig nat (proefvlakken 12, 58) tot nat (proefvlakken 17, 18). Proefvlak 44 wordt gekenmerkt door een complexe waterhuishouding, variërend van (zeer) droog tot matig nat.

In de zandleem- en kleigronden varieert de drainageklasse van sterk gleyig (proefvlakken 39 en 57) tot zeer sterk gleyig (proefvlak 55).

De humuslaag in de respectievelijke proefvlakken wordt geïnclassificeerd als:

- mull: proefvlak 57;
- moder: proefvlak 12;
- mor-moder: proefvlak 39;
- mor: proefvlakken 17, 18, 32, 44, 46, 55 en 58.

Tabel 3 geeft de indeling van de proefvlakken naar bodemtype volgens de FAO-classificatie (1990).

Proefvlaknr.	FAO-bodemtype	Code
12	Fimic Anthrosols	251
17	Haplic Podzols	215
18	Haplic Podzols	215
32	Carbic Podzols	218
39	Stagnic Alisols	230
44	Haplic Arenosols	129
46	Haplic Podzols	215
55	Stagnic Alisols	230
57	Eutric Gleysols	108
58	Carbic Podzols	218

Tabel 3: *Bodemtypes volgens FAO-classificatie (1990).*

3.2 Zuurtegraad (pHCaCl₂)

De zuurheid in bodems is te wijten aan de aanwezigheid van bestanddelen die als een zuur reageren. Het betreft meestal zwakke zuren, waarvan enkel een deel van de aanwezige protonen gedissocieerd is, de resterende protonen vormen de potentiële zuurheid (zuurheid die vrij kan komen bij wijziging in de omgevingsomstandigheden). De zuurtegraad of pH van een bodem vertegenwoordigt een concentratie aan vrije protonen in een bepaalde hoeveelheid water of oplossing in evenwicht met de vaste bodemfase. Deze waarde geeft een benadering van de concentratie aan protonen waarmee de wortels van planten in contact komen in de bodem. De pH geeft echter geen informatie over de oorsprong van de zuurheid, d.w.z. over de aard van de aanwezige zuren. De zuurheid van een bodem wordt in hoge mate bepaald door de mineralogische samenstelling en het ontwikkelingsstadium van de bodem. Verzuring is in onze streken een natuurlijk bodemproces, dat echter door menselijke invloed, bvb. door depositie van verzurende stoffen via luchtverontreiniging, kan versneld worden.

De pHH₂O is een weergave van de actuele pH-waarde in de bodemoplossing en is doorgaans hoger dan de pH gemeten in een CaCl₂-oplossing. Hierin komen ook H⁺-ionen van het sorptiecomplex in oplossing en in zure bodems worden eveneens zure kationen uitgewisseld waardoor de pH daalt. De pHCaCl₂ geeft daardoor een betere aanduiding van de zuurvoorraad van de bodem en is constanter dan de pHH₂O, die sterker beïnvloed wordt door biologische processen en klimaatsfactoren.

De pH_{CaCl2}-waarden in het meetnet variëren van 2.9 tot 6.8. Algemeen worden de laagste pH-waarden gevonden in de oppervlaktelaag van de minerale bodem, de hogere waarden vooral in de diepere bodemlagen. De pH van de strooisellaag is meestal iets hoger dan die van de minerale oppervlaktelaag (Tabel 5).

In de zandbodems is de gemiddelde pH lager dan in de zandleembodems, de hogere pH-waarden worden in het proefvlak met lemige klei gemeten.

Algemeen worden in de proefvlakken zure bodemomstandigheden vastgesteld: in 90 % van de proefvlakken wordt in alle bemonsterde lagen, zowel organische als minerale, een pH-waarde lager dan 4 gemeten. Wanneer enkel de bovenste bodemlagen (0 - 5 cm, 5 - 10 cm) in beschouwing worden genomen, wordt in 80 % van de proefvlakken een pH ≤ 3.5 gemeten. Enkel in proefvlak 57 op lemige klei wordt een pH > 5 vastgesteld. Gelijkaardige waarden worden vastgesteld in de 12 Level II-plots in het Vlaamse Gewest.

3.3 Kationenuitwisselingscapaciteit

De kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) is een maat voor het vermogen van de bodem om basische en zure kationen te binden en tegen andere uit te wisselen. Na⁺, K⁺, Ca²⁺ en Mg²⁺ zijn basische uitwisselbare kationen; H⁺, Al³⁺, Fe²⁺ en Mn²⁺ zijn zuurvormende kationen. De CEC is van doorslaggevend belang voor de chemische filterwerking van de bodem voor verontreinigende stoffen en voor het opslagvermogen van minerale voedingsstoffen. Hoe lager de kationenuitwisselingscapaciteit, hoe gevoeliger de bodem is voor verzuring en hoe beperkter het vermogen om voedingsstoffen en verontreinigende stoffen te binden. De CEC wordt in hoge mate bepaald door het klei-, leem- en het humusgehalte van de bodem.

KILIAN (1992a) geeft aan de CEC (meq/100 g) volgende waardering:

≤ 3	extreem gering
3.1 - 6	zeer gering
6.1 - 10	gering
10.1 - 20	middelmatig (voldoende)
20.1 - 40	hoog
> 40	zeer hoog

Volgens deze schaal kunnen de proefvlakken naar CEC (tabel 6) ingedeeld worden in 3 groepen:

- extreem geringe CEC: proefvlakken 17, 18, 32 en 46;
- zeer geringe tot geringe CEC: proefvlakken 12, 39, 44, 55 en 58 (58 extreem gering in M12);
- middelmatige CEC: proefvlak 57

De CEC in proefvlakken 12, 39, 44, 55, 57 en 58 neemt duidelijk af met de diepte van bemonstering. Deze daling gaat samen met een afname van het organisch materiaal met toenemende diepte.

De bodems met een extreem geringe CEC worden gekenmerkt door zeer lage gehalten aan uitwisselbare kalium, calcium en magnesium. Proefvlak 57 op lemige klei is duidelijk de rijkste bodem, met hoge concentraties aan uitwisselbare kationen en een hoge basenverzadiging in alle bemonsterde lagen.

Het vermogen van de bodem om stoffen uit de bodemoplossing te absorberen, wordt fysisch-chemische filterwerking genoemd.

Naar de referentieschaal van BLUM (1989) is de fysisch-chemische filterwerking van bodems met een $CEC < 5$ meq/100 g zeer gering, met een CEC van 5 - 10 meq/100 g gering en met een CEC van 10 - 20 meq/100 g middelmatig.

Volgens deze schaal is de fysisch-chemische filterwerking in 80 % van de proefvlakken zeer gering in minstens 2 bemonsterde minerale lagen, in 40 % van de proefvlakken is dit in alle bemonsterde minerale lagen het geval. Slechts in 1 proefvlak (klei) wordt in alle minerale lagen een middelmatige fysisch-chemische filterwerking vastgesteld.

3.4 basenverzadiging

De basenverzadiging wordt uitgedrukt in % van de kationenuitwisselingscapaciteit en geeft een indicatie van de mate waarin de uitwisselbare basische kationen door zuurtoevoer zijn verdrongen. Ze is daarom een goede maat voor de bodemverzuring.

Algemeen neemt de basenverzadiging af met toenemende diepte van bemonstering (tabel 6). Enkel in het proefvlak op lemige klei blijft de basenverzadiging constant in de verschillende minerale lagen.

KILIAN (1992a) geeft voor de basenverzadiging van bosbodems volgende richtwaarden:

< 6 %	extreem gering
6.1 - 12 %	zeer gering
12.1 - 18 %	gering
18.1 - 30 %	matig tot voldoende
30.1 - 99 %	voldoende tot rijk
> 99 %	basenverzadigd

Slechts in 30 % van de proefvlakken is de basenverzadiging voldoende tot rijk in alle bemonsterde minerale lagen (proefvlakken 12, 57 en 58). Uitschieter is proefvlak 57 met een basenverzadiging van > 97 % in alle lagen. Opvallend is ook de vrij hoge basenverzadiging van proefvlak 58 op zandbodem. Dit kan verklaard worden door de aanwezigheid van een grindsubstraat en zandige klei op geringe diepte (afzettingen van de Maas).

In 40 % van de proefvlakken is de basenverzadiging gering tot extreem gering in alle minerale lagen (nrs. 17, 18, 46 en 55). Deze proefvlakken hebben tevens een zeer lage CEC. In de overige proefvlakken is de basenverzadiging matig tot rijk in de oppervlakkige minerale laag en gering tot zeer gering in de dieper gelegen lagen.

3.5 *Uitwisselbare elementen*

De gehalten aan uitwisselbare elementen werden enkel voor de minerale bodem bepaald (tabel 6). Voor alle elementen nemen de concentraties af met toenemende bemonsteringsdiepte, met uitzondering van aluminium.

Van de basische kationen komt calcium in de hoogste concentraties voor. Ze variëren van 0.19 meq/100 g tot 12.15 meq/100 g in de oppervlakkige minerale laag en van 0.08 meq/100 g tot 8.21 meq/100 g in de laag 10 - 20 cm. In de kalkrijke bodem in proefvlak 57 bedraagt de Ca-verzadiging > 80 % van de CEC, tegenover < 10 % in de kalkarme bodems. Uit literatuur blijkt dat bio-accumulatie van calcium in de strooisellaag en oppervlakkige minerale laag vaak voorkomt, waardoor het belang van diepwortelende boomsoorten geïllustreerd wordt.

Magnesium is een essentieel voedingselement voor planten wegens zijn centrale rol in de chlorofylmolecule. Magnesiumgebreksverschijnselen werden in verschillende bosgebieden in het Vlaamse Gewest vastgesteld. Ze wijzen echter niet per definitie op een te lage Mg-concentratie in de bodem, aangezien ze ook het gevolg kunnen zijn van fysiologische storingen (KILIAN, 1992a). De concentraties aan uitwisselbaar Mg zijn laag in proefvlakken 17, 18, 32 en 46. Ze variëren van 0.02 meq/100 g tot 0.07 meq/100 g. In de proefvlakken op lemig zand (nr. 12), zandleem (nrs. 39 en 55) en klei (nr. 57) worden hogere gehalten vastgesteld. Hetzelfde geldt voor proefvlakken 44 en 58 op zandbodems, waar de hogere gehalten aan uitwisselbaar Mg respectievelijk door ontsluitingen van het Diestiaan en afzettingen van de Maas kunnen verklaard worden. Volgens ULRICH (1984) geeft de Mg-verzadigingsgraad (in % van de CEC) een aanduiding van de elasticiteit (weerstand) van de bodem tegenover Mg-gebrek: waarden < 1 % duiden op een zeer geringe elasticiteit, waarden < 2 % op een geringe elasticiteit. Volgens deze indeling vertoont 60 % van de onderzochte proefvlakken in het Vlaamse Gewest een geringe tot zeer geringe elasticiteit van de bodem tegenover Mg-gebrek in minstens 2 minerale lagen. In de proefvlakken 32 en 46 is dit voor alle minerale lagen het geval.

De gehalten aan uitwisselbaar kalium variëren van < 0.03 meq/100 g tot 0.37 meq/100 g. Zeer lage concentraties aan uitwisselbaar K worden vastgesteld in proefvlakken 17, 18, 32 en 46 (< 0.03 tot 0.06 meq/100 g).

De gehalten aan uitwisselbaar natrium variëren van 0.02 meq/100 g tot 0.15 meq/100 g.

De gehalten aan uitwisselbaar mangaan zijn algemeen zeer laag en bevinden zich in verschillende proefvlakken onder het meetbereik (< 0.01 meq/100 g). KILIAN (1992a) stelt dat de hoogste gehalten aan uitwisselbaar Mn in een relatief eng pH-bereik voorkomen. Bij sterk zure pH-waarden wordt, in tegenstelling tot ijzer en aluminium, weinig uitwisselbaar Mn gemeten. Een hoog aandeel aan uitwisselbaar Mn zou erop wijzen dat de verzuring vrij recent begonnen is. Veruit de hoogste concentraties aan uitwisselbaar Mn worden gemeten in proefvlak 57 op lemige klei.

Ook de gehalten aan uitwisselbaar ijzer zijn over het algemeen laag: ze variëren van <0.02 meq/100 g tot 0.31 meq/100 g. De hoogste gehalten worden gemeten in proefvlakken 55, 39, 44 en 12. Het procentueel aandeel van Fe in de CEC varieert van 0.6 % in de laag 10 - 20 cm tot 4.5 % in de laag 0 - 5 cm.

De gehalte aan uitwisselbaar aluminium variëren van < 0.11 meq/100 g in proefvlak 57 tot 4.82 meq/100 g in proefvlak 55. In de zure bodemomstandigheden die in de proefvlakken worden vastgesteld, bepaalt aluminium voor een zeer belangrijk deel de CEC: de Al-verzadigingsgraad stijgt met toenemende diepte en kan tot 83.5 % van de CEC bedragen (proefvlak 55).

3.6 Stikstof en koolstof

3.6.1 Stikstof

In vergelijking met andere elementen hebben planten de grootste behoefte aan stikstof voor hun groei. Het overwegende deel van de bodemstikstof wordt door de planten via biologische processen uit de luchtstikstof gewonnen en komt zo via bladval op de bodem terecht. Het grootste deel is aan het organisch materiaal gebonden en is in die vorm niet rechtstreeks beschikbaar voor de plant. Enkel de anorganische stikstof (ammonium, nitraten), die uit mineralisering van het organisch materiaal afkomstig is, kan door planten opgenomen worden.

Stikstofgebrek was in bosgebieden vaak een beperkende factor voor de boomgroei. Strooiselroof, en dus onttrekking van stikstof aan het ecosysteem, versterkte deze situatie.

De depositie van stikstof uit de lucht via landbouw, verkeer en industrie kan deze situatie wijzigen en er kan stikstofovermaat optreden. Via depositie komt stikstof in anorganische vorm, en dus beschikbaar voor de planten, in het boscysteem terecht. Hoge stikstofdepositie kan leiden tot uitspoeling van voedingselementen uit de bodem en latente gebrekssituaties acuut maken. N-overaanbod kan verder leiden tot voedingsonevenwichten, verhoogde vorstgevoeligheid en een lagere resistentie tegen potentieel schadelijke organismen. Uit analyse van het regenwater opgevangen onder het kronendak (doorvalwater) in het Vlaamse bosbodemmeetnet, blijkt dat in 1993 gemiddeld 36 kg/ha.j anorganische stikstof op de bosbodem terecht kwam.

In de literatuur worden voor de stikstofconcentraties in de strooisellaag volgende bereiken opgegeven: 0.84 - 1.81 % (BILLET et al., 1987), 0.4 - 1.4 % (LOHMEIER & VON ZEZSCHWITS, 1982). De totale N-concentraties in de strooisellaag (tabel 5) vallen binnen het door BILLET aangegeven bereik, maar zijn in verschillende proefvlakken hoger dan deze van LOHMEIER & VON ZEZSCHWITS. Algemeen worden vrij hoge N-concentraties vastgesteld (1.13 - 1.77 %) met een gemiddelde van 1.49 %.

De N-voorraad in de strooisellaag (tabel 8) varieert van 50 kg/ha tot 1491 kg/ha, met een gemiddelde van 782 kg/ha. Afhankelijk van het humustype bedraagt de gemiddelde N-voorraad in de strooisellaag 1034 kg/ha in mor-humus, 329 kg/ha in morachtige

moder, 361 kg/ha in moder en 50 kg/ha in mull. De zeer lage voorraad in het proefvlak met mull-humus is mede te wijten aan het feit dat de strooisellaag op het moment van staalname (zomer) - nagenoeg volledig verteerd was. Algemeen blijkt dat in de proefvlakken met een slechte humuskwaliteit een grote hoeveelheid stikstof in een niet onmiddellijk beschikbare vorm voor de bomen en de begeleidende vegetatie is opgeslagen.

In alle proefvlakken nemen de stikstofconcentraties af met toenemende diepte van bemonstering. De gemiddelde N-concentratie in de oppervlakkige minerale laag (0 - 5 cm) bedraagt 0.21 %, in de laag 5 - 10 cm 0.13 % en in de laag 10 - 20 cm 0.08 %. Voor N-concentraties in de minerale bodem wordt door SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1982) een bereik van 0.02 - 1 % opgegeven. Alle proefvlakken vallen binnen deze grenswaarden. De proefvlakken 17 en 18 hebben een zeer lage stikstofconcentratie in de oppervlakkige minerale laag.

3.6.2 Koolstof, C/N- en C/P-verhouding

De chemische samenstelling van de strooisellaag hangt af van de samenstelling van het strooisel zelf, de afbrekingsgraad van dat strooisel en van de vermenging met de minerale bodem. Bij de classificatie van humusvormen van de strooisellaag zijn het C-percentage, de C/N-verhouding en de C/P-verhouding veel gebruikte parameters.

De koolstofconcentratie neemt in alle proefvlakken af met toenemende diepte van bemonstering (tabel 5). Naar koolstofpercentage van de strooisellaag kunnen de proefvlakken ingedeeld worden in 2 groepen:

- in proefvlakken 57, 12 en 39 ligt het C-percentage van de strooisellaag tussen 23 en 37 %;
- de overige proefvlakken hebben een C-percentage tussen 46 en 50 %.

Deze indeling op basis van het koolstofpercentage bevestigt de humusclassificatie opgemaakt tijdens de profielbeschrijvingen op basis van morfologische kenmerken, waarbij de humusvorm in de tweede groep als mor-humus werd getypeerd, tegenover resp. mull, moder en mor-moder in de eerste groep.

De strooisellaag van de eerste groep proefvlakken heeft tevens een lagere C/N-verhouding (tussen 17 en 24) dan deze in de tweede groep (C/N tussen 27 en 41) (tabel 8). De C/N-verhouding in proefvlak 32 (Corsicaanse den) bedraagt 41 en is veel hoger dan in alle andere proefvlakken. De boomsoort heeft een duidelijke invloed op de C/N-verhouding. Onder populier bedraagt de C/N in de strooisellaag 17, onder eik bedraagt de gemiddelde C/N 25, onder Gewone den 30 en onder Corsicaanse den 41.

De C/N-verhouding in de minerale lagen is in de meeste proefvlakken hoger dan 30. Enkel de proefvlakken 12, 55 en 57 hebben een lagere C/N-verhouding.

Ook de C/P-verhouding (tabel 8) in de strooisellaag ligt in de eerste groep proefvlakken (C/P van 163 tot 671) in het algemeen lager dan in de tweede groep (603 tot 871). Enkel proefvlak 44 heeft een C/P-verhouding die van dezelfde grootte-orde is als die van de eerste groep. Dit is te wijten aan het relatief hogere P-gehalte in de strooisellaag van dit proefvlak.

VON ZEZSCHWITS (1980) classeert de humusvorm op basis van deze grootheden als volgt:

Humusvorm	% koolstof	C/N	C/P
F-Mull	3 - 7	15 - 17	50 - 100
mullachtige Moder	4 - 10	16 - 20	80 - 170
Fijnhumusrijke Moder	20 - 35	22 - 25	260 - 560
morachtige Moder	24 - 41	25 - 31	400 - 750
Mor	33 - 47	29 - 38	600 - 1100

Tabel 4: Koolstofgehalte, C/N en C/P verhouding van verschillende humusvormen (Von Zezschwits, 1980)

Hierbij worden C%, C/N en C/P door Von Zezschwits voor Mull en mullachtige Moder in de A1-horizont bepaald, voor de overige humusvormen in de strooisellaag. Deze grenswaarden bevestigen grotendeels de hoger vermelde indeling van de proefvlakken:

- proefvlak 57: Mull tot mullachtige Moder;
- proefvlak 12: fijnhumusrijke Moder;
- proefvlak 39: morachtige Moder;
- overige proefvlakken: morachtige Moder tot Mor.

Algemeen kan gesteld worden dat zowel de C/N- als de C/P-verhouding stijgen naarmate de humuskwaliteit afneemt. Beide verhoudingen zijn het laagst voor het proefvlak met mull humus en stijgen naargelang de humuskwaliteit afneemt van moder, mor-moder naar mor.

De koolstofvoorraden in de strooisellaag (tabel 8) variëren van 0.8 ton/ha in proefvlak 57 (mull) tot 44.4 ton/ha in proefvlak 18 (mor). Algemeen worden de hoogste voorraden vastgesteld in de proefvlakken met de slechtste humuskwaliteit (mor). Dit is te wijten aan de relatief langzamere afbraak van het strooisel in deze proefvlakken door de lage biologische bodemactiviteit.

3.7 Macronutriënten

De totale concentraties aan macronutriënten (P, K, Ca en Mg) werden enkel in de strooisellaag bepaald (tabel 5). Er zijn geen uitschieters, afgezien van de strooisellaag in proefvlak 57 (mull), die duidelijk rijker is dan alle overige proefvlakken. De strooisellaag van de proefvlakken met eik als hoofdboomsoort (proefvlakken 12, 39 en 55) is gekenmerkt door hogere concentraties aan kalium, calcium en magnesium dan de naaldboomproefvlakken, proefvlak 44 uitgezonderd. De strooisellaag van dit laatste proefvlak vertoont hogere concentraties aan fosfor, calcium en magnesium (ontsluitingen van Diestiaan) dan de overige naaldboomproefvlakken.

Uit de berekening van de totale voorraden aan macronutriënten in de strooisellaag (Tabel 4b) - blijkt dat in de proefvlakken met mor-humus, waar een dikke laag onverteerd strooisel aanwezig is, de grootste voorraden worden vastgesteld.

Humustype	K	Ca	Mg	P
	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
mor	48.98	186.94	28.82	41.73
mor-moder	19.18	78.36	15.75	11.94
moder	18.13	99.00	15.10	15.80
mull	21.22	54.80	13.60	5.09

Tabel 4b: *Gemiddelde totale voorraad aan macronutriënten (kg/ha) in de strooisellaag per humustype.*

3.8 Totale Na, Al, Fe en Si

Deze bepaling werd enkel uitgevoerd op de minerale bodem (0 - 20 cm). De proefvlakken 17, 18, 32 en 58 vertonen voor de 4 elementen de laagste gehalten (tabel 7). In deze proefvlakken worden tevens lage CEC-waarden gemeten. In proefvlak 57 op lemige klei worden de hoogste totale gehalten aan Na en Al vastgesteld. In dit proefvlak wordt tevens een hoge concentratie aan uitwisselbaar Na gemeten, wat niet geldt voor Fe en Al.

4 Besluiten

In het kader van het onderzoek naar de invloed van luchtverontreiniging op het boscossysteem, werd in 1993 een eerste inventaris opgemaakt van de toestand van de bosbodem in het Vlaamse Gewest. Deze inventarisatie werd uitgevoerd in het paneuropese 16 x 16 km-bosvitaliteitsmeetnet. De huidige inventaris beoogt in de eerste plaats een beschrijving van de actuele bodemtoestand. De toekomstige meetcampagnes zullen inzicht verschaffen in de evolutie van de onderzochte bodemparameters in de tijd.

Elke standplaats heeft een eigen karakter, die, wat de bodem betreft, getypeerd wordt door een combinatie van fysische en chemische bodemparameters. Hoewel er aanzienlijke verschillen tussen de standplaatsen worden vastgesteld, kunnen op basis van enkele belangrijke criteria 3 grote groepen onderscheiden worden.

Op de zandbodems komen voornamelijk Grove den en Corsicaanse den voor. Ze worden gekenmerkt door een lage pH_{CaCl2}, lage CEC-waarden en een vrij lage basenverzadiging. De gehalte aan uitwisselbare kationen zijn in het algemeen laag, maar het plaatselijk voorkomen van rijkere bodemlagen op geringe diepte (afzettingen van de Maas, ondiepe kleilagen, ...) resulteert in hogere concentraties aan P, K, Ca en Mg. Er komt vaak een dikke laag onverteerd strooisel voor (mor-humus), waarin grote voorraden aan koolstof, stikstof en andere hoofdelementen (P, K, Ca en Mg) opgeslagen zijn. De hoge C/N en C/P-verhouding van de strooisellaag wijzen op een eerder beperkte biologische bodemactiviteit.

Op lemig zand en zandleem komt Zomereik als hoofdboomsoort voor, eventueel bijgemengd met Amerikaanse eik of Gewone es. De humuslaag is van het type

moder, mor-moder of mor. De pH_{CaCl2}-waarden zijn laag en verschillen nauwelijks van deze in de zandgronden. De CEC-waarden zijn hoger dan in de zandbodems, maar de basenverzadiging blijft vrij laag: in de onderzochte zandleembodems is de gemiddelde basenverzadiging in de bovenste 20 cm van de minerale bodem zelfs lager dan in de gemiddelde zandbodem. Ook wat de gehalte aan uitwisselbare kationen betreft, zijn de verschillen eerder gering. Lemige zand- en zandleembodems worden, op basis van hun hogere leemgehalte, vaak als rijker aanzien dan de zandbodems. Op basis van de voorliggende analyseresultaten kan echter gesteld worden dat de onderzochte lemige zand- en zandleembodems, net als de zandbodems, chemisch vrij arm zijn.

Het proefvlak met populier op alluviale klei daarentegen is een rijke bodem en wordt gekenmerkt door een hoge pH_{CaCl2} en hoge waarden voor de CEC, basenverzadiging en gehalte aan uitwisselbare kationen. Het strooisel wordt snel afgebroken (mull-humus) en is goed vermengd met de minerale bodem.

Deze eerste inventaris heeft als hoofddoel de beschrijving van de actuele toestand van de bosbodems in het Vlaamse Gewest. De meerderheid van de onderzochte bodems kunnen op basis van de lage pH, lage CEC en basenverzadiging als chemisch vrij arm getypeerd worden. In de zandbodems is dit waarschijnlijk ten dele terug te voeren tot het moedermateriaal, dekzanden en duinzanden, die chemisch arm en zuur zijn. De boomsoorten die op deze bodems groeien zijn weliswaar in aanzienlijke mate aangepast aan deze zure en arme omstandigheden, maar op deze tolerantie staat een grens. Bij te lage nutriëntengehalten of onevenwichtige nutrintenverhoudingen kan hun vitaliteit negatief beïnvloed worden.

In de zandleembodems is het moedermateriaal rijker dan in de zandbodems. Uit de analyseresultaten blijken iets hogere CEC-waarden, maar algemeen kunnen ze eveneens als zuur en chemisch vrij arm beschouwd worden. Door het ontbreken van voldoende vergelijkingsmateriaal uit het verleden, is het echter onduidelijk in welke mate het hier om een recente evolutie gaat.

Onder de in onze streken heersende klimatologische omstandigheden, met een overschot aan neerslag in verhouding tot de evapotranspiratie, zijn bodemverzuring en uitloging van voedingsstoffen natuurlijke processen. Menselijke activiteiten kunnen deze processen echter versnellen. Houtwinning en strooiselroof betekenen een export van voedingsstoffen uit het ecosysteem en kunnen op langere termijn mede aan de basis liggen van bodemverarming. Recent staan vooral de verzurende atmosferische deposities van zwavel- en stikstofverbindingen in de actualiteit. Depositie metingen in het Vlaamse Gewest tonen aan dat het regenwater, opgevangen onder het kronendak, sterk aangerijkt is met verschillende pollutanten zoals sulfaten, nitraten en ammonium.

KILIAN (1992b) stelt dat vooral die bodems door verzuring bedreigd zijn, die momenteel nog niet zeer zuur zijn en nog net voldoende basenverzadigd zijn, maar een geringe basenreserve hebben en daardoor een geringe weerstand tegen zuurinput. Hier zijn relatief snelle veranderingen in de bodemomstandigheden mogelijk, waardoor schade kan ontstaan aan de plantengemeenschappen, die slechts in beperkte mate aangepast zijn aan zure en arme bodemcondities.

Informatie over de beschikbare reserves aan macronutrinten in de minerale bodem is dus van essentieel belang voor de inschatting van de gevoeligheid van de bodems voor verdere verzuring. Het ontbreken van deze gegevens in de huidige meetcampagne beperkt de interpretatiemogelijkheden. De bepaling ervan in een volgende meetcampagne is dan ook absoluut wenselijk. Ook al blijven er momenteel talloze lacunes in de huidige kennis over de invloed van luchtverontreiniging op de bosbodem, toch geven de voorliggende meetgegevens aanwijzingen over mogelijke bodemdegradatie. De input van verzurende deposities via de atmosfeer kan mede aan de basis hiervan liggen. In een aanzienlijk deel van de onderzochte bosbodems worden momenteel reeds zeer lage pH-waarden gemeten. Een verdere spectaculaire daling van de pH ligt hier niet in de lijn van de verwachtingen. Indien zich een verdere degradatie van deze bodems voordoet, zal deze zich waarschijnlijk eerder uiten in een verdere afname van de gehalte aan beschikbare voedingsstoffen, met gebreksverschijnselen tot mogelijk gevolg. Door de hoge stikstofdeposities kunnen eveneens onevenwichten ontstaan in de voedselhuishouding. Voor de bomen kan dit resulteren in fysiologische storingen, verminderde vorst- en droogteresistentie en een algemene afname van de weerstand tegen de inwerking van schadefactoren.

5 Literatuur

BILLET, M.F. et al., 1990. "Changes in the Carbon and Nitrogen Status of Forest Soil Organic Horizons between 1949/50 and 1987". In: "Österreichische Waldboden-Zustandsinventur - Band I - Waldbodenbericht" (ed. ENGLISCH, M. et al.). Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 168/I, pp. 45 - 57. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

BLUM, W.E.H., SPIEGEL, H. & WENZL, W.W., 1989. "Bodenzustandsinventur. Konzeption, Durchführung und Bewertung. Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich". In: "Het Bosbodemmeetnet in het Vlaamse Gewest - Resultaten van de meetcampagne 1991 - 1992", Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 1996 (in druk).

KILIAN, W., 1992a. "Säurehaushalt - Austauschbare Kationen." In: "Österreichische Waldboden-Zustandsinventur - Band I - Waldbodenbericht" (ed. ENGLISCH, M. et al.). Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 168/I, pp. 89 - 144. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

KILIAN, W., 1992b. "Zusammenschau und Ausblick" In: "Österreichische Waldboden-Zustandsinventur - Band II - Waldbodenbericht" (ed. ENGLISCH, M. et al.). Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 168/II, pp. 243 - 246. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

LOHMEIER, W. & VON ZEJSCHWITS, E., 1982 "Einfluss von Reliefform und Exposition auf Vegetation, Humusform und Humusqualität" In: "Österreichische Waldboden-Zustandsinventur - Band I - Waldbodenbericht" (ed. ENGLISCH, M. et al.). Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 168/I, pp. 45 - 57. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, P., 1982. "Lehrbuch der Bodenkunde" In: "Österreichische Waldboden-Zustandsinventur - Band I - Waldbodenbericht" (ed. ENGLISCH, M. et al.). Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 168/I, pp. 45 - 57. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

ULRICH, B. et al., 1984. "Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihre Folgen in Waldböden." In: "Österreichische Waldboden-Zustandsinventur - Band I - Waldbodenbericht" (ed. ENGLISCH, M. et al.). Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 168/I, pp. 89 - 144. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

VANONGEVAL, L. et al., 1995 "Project bodemonderzoek (Level I) in het Paneuropese meetnet voor de bosvitaliteitsinventaris - BNO/Bosbodem/5/1993" Bodemkundige Dienst van België, 8 pp. + bijlagen.

VANONGEVAL, L. et al., 1995 "Bijkomend onderzoek op bodemstalen van de proefvlakken behorend tot het Level I - meetnet". Bodemkundige Dienst van België, 8 pp.

ZEZSCHWITS, von, E., 1980. In: "Project bodemonderzoek (Level I) in het Paneuropese meetnet voor de bosvitaliteitsinventaris - BNO/Bosbodem/5/1993" (ed. VANONGEVAL, L. et al., 1995)

Verleenden medewerking:

- Bodemkundige Dienst van België
- Universiteit Gent – Faculteit Wetenschappen Laboratorium voor Bodemkund
- Werkgroep ad hoc Bodemonderzoek van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

Fincanciering:

- Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer.
- Europese Commissie (project EG 93.60.BI.001.0).

Samenvatting

Inventaris van de toestand van de bosbodem in het Vlaamse Gewest

Om de rol van de bodem in samenhang met de immissiebelasting van het bosecosysteem te kunnen beoordelen, wordt in Europa een transnationale inventaris van de bosbodem uitgevoerd. Voorliggend artikel behandelt de Vlaamse bijdrage aan dit onderzoek, waarin achtereenvolgens volgende aspecten aan bod komen:

- beschrijving van de onderzoeksmethodiek, de onderzochte parameters en analysemethodes;
- weergave en bespreking van de resultaten van het bodemonderzoek in het 16 x 16 km-meetnet in het Vlaamse Gewest (Level I van de EU).

Uit deze eerste inventaris van de bodemtoestand in de 10 Vlaamse proefvlakken van het Europese Level I-net blijkt dat de meerderheid van de onderzochte bodems, op basis van het lage pH, lage kationenuitwisselingscapaciteit en basenverzadiging, als chemisch vrij arm kunnen getypeerd worden:

in 80% van de proefvlakken worden zeer zure bodemomstandigheden vastgesteld ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2} \leq 3.5$ in minerale lagen 0-5 cm and 5-10 cm);

de basenverzadiging in de minerale laag 5-20 cm is gering tot extreem gering in 70% van de proefvlakken, in de laag 0-5 cm worden hogere waarden voor de basenverzadiging vastgesteld;

- in 30% van de proefvlakken bedraagt de kationenuitwisselingscapaciteit < 3 meq/100g in alle bemonsterde lagen.

In 70% van de proefvlakken is de humuslaag van het type mor. In deze dikke laag onverteerd strooisel zijn grote voorraden aan koolstof, stikstof en andere hoofdelementen opgeslagen in een niet onmiddellijk beschikbare vorm voor de bomen en de begeleidende vegetatie. Deze humusaccumulatie kan leiden tot een ont koppeling van de voedingsstoffenkringloop.

Voor al in de zaadgronden kan de chemisch arme bodemsituatie ten dele terug te voeren zijn tot het moedermateriaal. De voorliggende onderzoeksresultaten geven echter aanwijzingen over mogelijke bodemdegradatie, waarvan de input van verzurende deposities mede aan de basis kunnen liggen.

Depositiemetingen in het Vlaamse Gewest tonen aan dat het regenwater, opgevangen onder het kronendak, sterk aangerijkt is met verschillende pollutanten. Een potentiële bedreiging voor de bomen vormt de verdere afname van de gehalten aan beschikbare voedingselementen in de bodem, met gebreksverschijnselen als mogelijk gevolg. De hoge stikstofdeposities kunnen leiden tot onevenwichten in de voedselhuishouding en fysiologische storingen, verminderde vorst- en droogteresistentie en een algemene afname van de weerstand tegen de inwerking van schadefactoren..

Een herhaling van deze inventarisatie in de toekomst zal meer inzicht verschaffen over de invloed van natuurlijke en antropogene factoren op de bodemprocessen.

Summary

Inventory of the state of the forest soil in the Flemish Region

In order to evaluate the role of the soil in relation to the pollution load in forest ecosystems, a transnational inventory of the forest soil condition is carried out in Europe. This article deals with the Flemish part of this survey. Following topics are considered: sampling design, parameters and analysis methods, presentation and discussion of the results of the inventory in the 16 x 16 km grid in Flanders (level I of the EU).

The first inventory shows that the soil is chemically poor in most of the 10 Flemish sample plots (low pH values, low cation exchange capacity and base saturation). 80 % of the plots show very acid soils ($pH_{CaCl_2} < 3.5$ in the mineral layers 0-5 cm and 5-10 cm). The base saturation in the mineral layer 5-20 cm is low to extremely low in 70 % of the plots. In the 0-5 cm layer higher values are recorded. In 30 % of the plots the cation exchange capacity is below 3 meq/100 g in all the sampled mineral soil layers .

70 % of the plots show a humus layer of the mor type. Large stocks of carbon, nitrogen and other macronutrients are immobilized in a thick organic layer and are not directly available for the trees and the accompanying vegetation. This humus accumulation can lead to an interruption of the nutrient cycle.

The chemical poverty of the sandy soils is partly caused by the parent material. However the results of the survey indicate a soil degradation, in which acidifying deposition might be involved. Deposition measurements in the Flemish Region show that throughfall water is considerably enriched with pollutants. A further decrease of the available nutrients in the soil may lead to deficiencies, which may damage the trees. High nitrogen depositions may lead to a disturbance of the nutrient balance, physiological malfunctions, reduced frost and drought resistance and a general decrease of the resistance against damaging factors. The execution of a second inventory will result in a better understanding of the evolution and the influence of natural and anthropogenic factors on soil processes.

Bijlage: tabellen

Plot	Nr.	Laag	pH(CaCl2)	Org. C (g/kg)	N (g/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Org. laag (kg/m2)
Maldegem	12	O	3,7	288,0	12,400	543	623	3402	519	2,91
		M05	3,1	80,7	3,410					
		M51	3,2	51,0	2,130					
		M12	3,5	32,3	1,510					
Schilde	17	O	3,3	449,4	15,430	571	515	1316	308	8,50
		M05	3,1	21,7	0,638					
		M51	3,1	16,6	0,471					
		M12	3,2	18,1	0,443					
Beerse	18	O	3,2	459,0	15,420	590	484	1873	418	9,67
		M05	3,1	23,4	0,675					
		M51	3,3	20,0	0,579					
		M12	3,4	20,8	0,655					
Hechtel	32	O	3,1	469,0	11,320	599	485	1672	295	7,04
		M05	2,9	42,9	1,130					
		M51	3,1	23,4	0,630					
		M12	3,2	24,2	0,611					
Serskamp	39	O	3,4	368,9	15,170	550	884	3611	726	2,17
		M05	3,3	51,9	1,660					
		M51	3,6	23,1	0,755					
		M12	3,8	19,2	0,677					
Deurne	44	O	3,7	496,2	17,670	823	1219	3989	509	3,16
		M05	3,2	85,2	2,690					
		M51	3,3	18,4	0,645					
		M12	3,4	14,8	0,457					
Opglabbeek	46	O	3,3	495,8	16,770	597	685	2182	316	7,70
		M05	3,2	39,9	1,140					
		M51	3,4	27,8	0,856					
		M12	3,6	26,6	0,840					
Binkom	55	O	3,9	447,1	16,690	636	992	5200	786	3,07
		M05	3,2	65,6	3,130					
		M51	3,4	27,8	1,230					
		M12	3,7	15,9	0,656					
Wimmertingen	57	O	6,8	230,3	13,890	1413	5895	15223	3777	0,36
		M05	5,5	87,6	4,630					
		M51	5,4	78,6	4,580					
		M12	5,6	48,5	2,220					
Gellik (Bilzen)	58	O	3,7	463,0	14,600	540	733	3282	377	7,80
		M05	3,6	89,1	1,910					
		M51	3,4	29,8	0,850					
		M12	3,4	15,6	0,390					

Tabel 5: Analyseresultaten van de bemonsterde lagen per proefvlak (verplichte parameters)
(O= strooisellaag, M05= minerale laag 0 - 5 cm, M51= 5 - 10 cm,
M12= 10 - 20 cm)

Plot	Nr.	Laag	uitwisselb. zuurheid
			(meq/100 g)
Maldegem	12	M05	3,51
		M51	2,66
		M12	3,24
Schilde	17	M05	1,91
		M51	1,75
		M12	2,15
Beerse	18	M05	2,40
		M51	2,34
		M12	3,08
Hechtel	32	M05	3,15
		M51	2,84
		M12	2,96
Serskamp	39	M05	5,06
		M51	4,30
		M12	4,02
Deurne	44	M05	4,39
		M51	3,30
		M12	3,30
Opglabbeek	46	M05	2,32
		M51	2,22
		M12	2,41
Binkom	55	M05	6,14
		M51	4,92
		M12	4,39
Wimmertingen	57	M05	0,32
		M51	0,32
		M12	0,26
Gellik (Bilzen)	58	M05	2,21
		M51	1,63
		M12	1,26

Tabel 6: Analyseresultaten van de bemonsterde lagen per proefvlak (optionele parameters)

*: berekend zonder K

O= strooisellaag M05= minerale laag 0 - 5 cm

M51= 5 - 10 cm M12= 10 - 20 cm)

K	Uitwisselbare						CEC	basen- verzadig.
	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Mn		
(meq/100 g)	(meq/100 g)	(meq/100 g)	(meq/100 g)	(meq/100 g)	(meq/100 g)	(meq/100 g)	(meq/100 g)	(%)
0,22	2,02	0,34	0,07	0,14	1,85	0,02	6,17	43,11
0,13	1,03	0,18	0,05	0,11	1,96	0,01	4,05	34,32
0,08	0,82	0,10	0,06	0,08	2,50	<0,01	4,32	24,80
<0,03	0,19	0,06	0,03	0,04	0,74	<0,01	*2,18	*12,62
<0,03	0,11	0,03	0,02	0,03	0,91	<0,01	*1,92	*8,71
<0,03	0,08	0,02	0,03	0,03	1,28	<0,01	*2,29	*5,91
0,03	0,30	0,07	0,03	0,03	1,27	<0,01	2,83	15,21
<0,03	0,19	0,04	0,02	0,02	1,51	<0,01	*2,59	*9,53
<0,03	0,10	0,02	0,02	0,02	2,05	<0,01	*3,23	*4,59
0,04	0,61	0,07	0,03	0,08	1,61	0,01	3,91	19,39
<0,03	0,25	0,03	0,03	0,05	1,64	<0,01	*3,15	*9,80
<0,03	0,18	0,02	0,02	0,03	1,93	<0,01	*3,18	*6,93
0,20	1,07	0,24	0,04	0,24	4,11	0,03	6,61	23,54
0,12	0,34	0,09	0,03	0,13	3,74	0,01	4,88	11,95
0,09	0,24	0,07	0,02	0,08	3,49	<0,01	4,44	9,48
0,25	1,39	0,27	0,08	0,17	2,64	0,06	6,38	31,14
0,13	0,36	0,11	0,03	0,13	2,43	0,02	3,93	16,07
0,12	0,23	0,08	0,03	0,08	2,47	0,01	3,75	12,03
0,06	0,21	0,05	0,03	0,12	1,13	<0,01	2,66	12,86
0,04	0,12	0,03	0,02	0,08	1,26	<0,01	2,43	8,66
<0,03	0,08	0,02	0,02	0,08	1,70	<0,01	*2,53	*4,95
0,17	0,53	0,28	0,06	0,31	4,82	0,03	7,18	14,47
0,09	0,15	0,10	0,04	0,19	4,33	0,02	5,30	7,08
0,05	0,09	0,06	0,03	0,09	3,86	0,01	4,62	4,98
0,37	12,15	1,70	0,14	<0,02	<0,11	0,26	14,68	97,82
0,31	10,26	1,51	0,14	<0,02	<0,11	0,33	12,54	97,45
0,20	8,21	1,40	0,15	<0,02	<0,11	0,19	10,22	97,46
0,18	4,09	0,29	0,06	0,06	0,98	0,04	6,83	67,72
0,06	1,66	0,07	0,03	0,03	0,70	0,01	3,45	52,83
<0,03	0,71	0,03	0,02	0,02	0,42	<0,01	*2,02	*37,49

Plot	Nr.	Laag	Totale concentratie			
			Na	Al	Fe	Si
			(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Maldegem	12	M05	34,50	1751,34	2714,23	1430,89
		M51	34,40	2130,09	2927,48	1286,74
		M12	43,50	2707,35	3142,70	1278,85
Schilde	17	M05	12,20	514,35	646,60	449,28
		M51	7,60	535,14	521,40	346,37
		M12	7,90	665,80	561,08	393,68
Beerse	18	M05	10,00	882,80	693,38	432,16
		M51	7,90	810,18	484,74	365,84
		M12	7,50	1214,21	485,88	547,07
Hechtel	32	M05	9,20	877,36	1700,09	516,63
		M51	<4,0	727,74	1106,31	436,29
		M12	<4,0	829,08	1003,12	368,68
Serskamp	39	M05	23,60	4942,24	6232,14	1625,29
		M51	20,90	5681,93	6619,09	1981,24
		M12	35,80	5848,70	6401,07	2408,53
Deurne	44	M05	22,00	4142,42	39440,49	1514,75
		M51	9,90	5012,08	56227,97	1375,49
		M12	12,40	5179,63	55851,87	1137,57
Opplabbeek	46	M05	18,10	960,19	3404,39	582,10
		M51	6,60	927,51	2881,07	545,38
		M12	13,90	1686,81	4681,27	894,86
Binkom	55	M05	29,50	5917,09	9245,17	1457,78
		M51	27,20	7098,29	9226,92	1515,83
		M12	27,90	7761,53	9661,05	1107,64
Wimmertingen	57	M05	92,20	18257,93	27191,89	1747,79
		M51	92,40	18235,11	28278,69	1918,97
		M12	101,30	20355,04	35622,61	1934,58
Gellik (Bilzen)	58	M05	14,80	567,56	1120,41	376,55
		M51	11,70	382,31	515,79	254,17
		M12	6,00	239,17	231,45	200,56

*Tabel 7: Analyseresultaten van de bemonsterde lagen (optionele parameters)
(M05=minerale laag 0-5 cm, M51= 5-10 cm, M12= 10-20 cm)*

Plot	Nr.	Laag	C/N	C/P	C	N	K	Ca	Mg	P
					(ton/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
Maldegem	12	O	23	530	8,4	361	18	99	15	16
		M05	24		29,9	1265				
		M51	24		24,0	1002				
		M12	21		38,3	1792				
Schilde	17	O	29	787	38,2	1312	44	112	26	49
		M05	34		13,4	394				
		M51	35		11,9	339				
		M12	41		26,0	637				
Beerse	18	O	30	778	44,4	1491	47	181	40	57
		M05	35		14,2	410				
		M51	35		14,2	410				
		M12	32		29,2	919				
Hechtel	32	O	41	783	33,0	797	34	118	21	42
		M05	38		15,9	419				
		M51	37		10,9	294				
		M12	40		26,5	670				
Serskamp	39	O	24	671	8,0	329	19	78	16	12
		M05	31		13,6	435				
		M51	31		13,1	428				
		M12	28		24,6	869				
Deurne	44	O	28	603	15,7	558	39	126	16	26
		M05	32		53,9	1703				
		M51	29		14,5	510				
		M12	32		22,3	689				
Opglabbeek	46	O	30	830	38,2	1291	53	168	24	46
		M05	35		18,9	540				
		M51	32		15,6	482				
		M12	32		32,3	1019				
Binkom	55	O	27	703	13,7	512	30	160	24	20
		M05	21		25,8	1230				
		M51	23		17,4	769				
		M12	24		22,6	933				
Wimmertingen	57	O	17	163	0,8	50	21	55	14	5
		M05	19		24,4	1287				
		M51	17		25,2	1470				
		M12	22		43,7	2002				
Gellik	58	O	32	857	36,1	1139	57	256	29	42
		M05	47		36,6	784				
		M51	35		17,7	506				
		M12	40		20,4	511				

Tabel 8 : Totale voorraad aan hoofdelementen, C/N- en C/P-verhouding,
o = strooisellaag, M05= minerale laag 0-5 cm, M51 = 5-10 cm, M12 = 10-20 cm

MEDEDELINGEN IBW 70 BOSBOUW