

deel 2 **Knaller of Kneusje?**

Naar het effect van de bodeminjectiemethode is weinig onafhankelijk empirisch onderzoek verricht. De methode verkeert wetenschappelijk gezien nog in een experimentele fase. De eigenaren van de machines noemen zichzelf ook wel 'pioniers'. De onderstaande informatie komt deels uit literatuuronderzoek naar wetenschappelijke proeven, deels uit ervaringen van derden met de effecten van deze machines en voor een klein deel uit de ervaringen van de eigenaren van de machines. Aan de lezer het genoegen om uit deze vergaarde informatie een voorlopige conclusie te trekken.

① WETENSCHAPPELIJKE PROEVEN (LITERATUUR)

Het nadeel van de uit de literatuur bekende wetenschappelijke onderzoeken is, dat ze voornamelijk uit de jaren 1970 tot en met 1990 stammen en over het algemeen met veel grover werkende machines zijn gedaan dan die nu gebruikt worden. Desalniettemin geven de onderzoeken wel een beeld van de effectiviteit van de methode.

KPB-SYMPOSIUM BOOM EN BODEM 1987

Op het symposium van de KPB/Dorschkamp in 1987 over 'Boom en Bodem' sprak de consultant voor de Akker- en Tuinbouw te Assen, de heer Maris, onder andere over de bodeminjectiemethode. De ervaringen behelsden toen alleen het gebruik van de Terralift, waarmee toentertijd enkele proeven in Nederland en Duitsland gedaan waren.

Maris heeft met de Terralift in Amsterdam twee proeven gedaan. De eerste vond plaats in sterk verdichte, natte bomengrond ($> 5 \text{ MPa}$). Per keer is 250 liter lucht - tot 20 bar samengeperst - losgelaten tot 80 cm diepte. Hierbij zijn styroporkorrels toegevoegd om de verspreiding van de lucht door de grond te kunnen nagaan. Afgezien van het oplichten van de bestrating tot 7 m van de injectiepen, bleek de bodem slechts tot een straal van 20 cm rond de injectiepen losgemaakt te zijn. De meeste lucht ontsnapte langs de pen en verspreidde zich onder de (hierdoor opgolvende) bestrating. In de bodem ontstonden slechts enkele scheuren, waardoor de lucht tot op grotere afstand van de pen aan de oppervlakte kwam. De oorzaak van dit effect

moet, aldus Maris, gezocht worden in een sterke binding tussen de zanddeeltjes als gevolg van de aanwezigheid van organische stof en de te natte grond (hoge grondwaterstand) (Maris 1987,6-7). De invloed van de bodemvochtigheid op het effect van de compressiemethode is ook gebleken bij proeven in kleigrond. Ook in natte kleigrond ontsnapte de meeste lucht via een smalle trechter rond het insteekpunt (fig.1) (Atsma, In 't Velt, 1994,355; Maris 1987,6; Hodge 1993). Dit resultaat sluit aan bij het onderzoek van Martinovic op kleiige bodems, waaruit is gebleken dat verbetering van de grond alleen plaatsvindt als de bodem niet te droog en niet te nat is. De vochtigheid moet idealiter liggen tussen de vloeigrens en de uitrolgrens² (Martinovic 1982).

Een tweede proef in Amsterdam vond plaats op maagdelijk opgespoten zand met een indringingsweerstand van $> 3 \text{ MPa}$ tot $> 5 \text{ MPa}$ aan de oppervlakte. Het resultaat was hier wat beter, maar de grond was niet homogeen losgemaakt door toepassing van de Terralift. De structuurverbetering had de vorm van een krater. Echter, los zand zal wegens geringe structuurstabiliteit spoedig weer verdicht zijn (Maris 1986,9-11).

Het effect van het 'ploffen' heeft ook gevolgen voor de verdeling van de ingebrachte stoffen. Wanneer het 'ploffen' de bodem niet los krijgt zullen ook de ingebrachte mest en/of structuurverbeterende hulpstoffen slecht door de bodem worden verdeeld. De stoffen kunnen zelfs direct rond het insteekpunt blijven zitten of zich in enkele gemaakte scheuren concentreren (Atsma, In 't Velt, 1994, 355-356).

De conclusie van Maris over de compressiemethode met de Terralift op het symposium van de KPB in 1987 was als volgt:

- uit de weinige proeven die zijn gedaan is gebleken dat het effect van de bodeminjectiemachine afhankelijk is van grondsoort, vochtigheidsgraad en verdichtingsgraad.
- bij penetratie tot 80 cm wordt slechts een deel van de te verbeteren laag bereikt; doordat de doorlatendheid van de laag 0 - 40 cm hoger is dan van de laag 40 - 110 cm vindt snel sterke luchtdrukverlaging plaats in die laag, waardoor deze niet wordt losgemaakt. De laag van 40 - 80 cm wordt alleen volledig losgemaakt bij een groot aantal injectiepunten (Maris 1987,14).

natte kleigrond

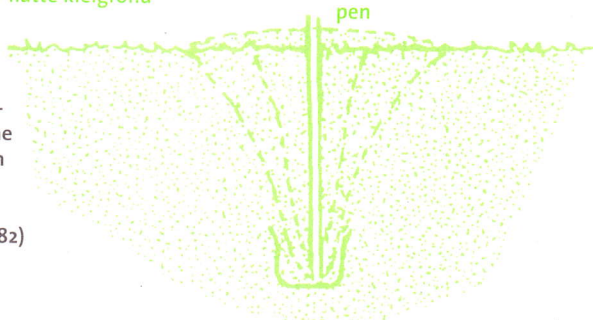
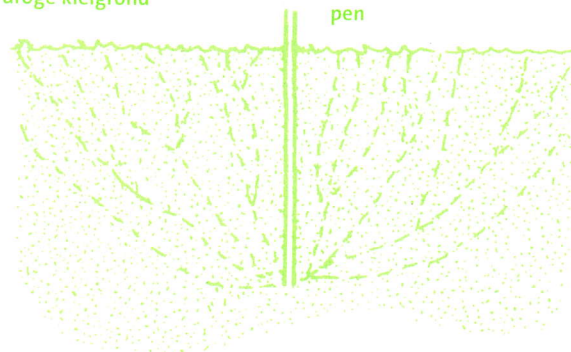


Fig.1
Het effect
van de bodem-
injectiemachine
in een natte en
een droge
kleigrond
(Martinovic,1982)

droge kleigrond



ERVARINGEN IN DUITSLAND

Tijdens een studiereis van Maris door Duitsland in 1985 bleek, dat de ervaringen met de Terralift per gemeente nogal uiteen liepen. In Krefeld had men positieve resultaten van behandelde bomen ten opzichte van onbehandelde bomen. De resultaten leken grondsoortafhankelijk; des te lemiger de grond, des te slechter het resultaat. In Bremen had men de ervaring dat de Terralift voornamelijk geschikt is om storende lagen te doorbreken.

RESULTAAT GRONDSOORT AFHANKELIJK

Op basis van eigen ervaringen met de Terralift en zijn studiereis door Duitsland, stelde Maris, onder voorbehoud, de volgende tabel op:

GRONDSOORT	BREUKVORM	WAARDERING
Humusloos leemarm zand	Kratervormig	Slecht (tijdelijke werking)
Bomengrond (grof gemengd)	Krater- en scheurvorming	Redelijk
Humeuze leemarme grond	Scheurvorming	Matig
Kleiige grond	Schacht- en scheurvorming	Slecht (bij hoog vochtgehalte) Goed (bij laag vochtgehalte)
Lemige grond	Scheurvorming	Slecht

Effecten van bodemverbetering met luchtcompressie met de Terralift per grondsoort (uit: Voorlichting Stedelijk Groen, 1987 en KPB/Dorschkamp 1987).

In 1987 zijn proeven gedaan in Zweden met de Terralift in een kunstmatig verdichte zandige leembodem en een zeer lemige leembodem. De machine plofte zowel op 45 als 75 cm diepte, om simpele kratervorming te voorkomen. Het effect in de zandige leembodem was redelijk: een verminderde dichtheid, een vergroot (macro)poriënvolume en een verlaagde verdichting. Na één jaar was de verdichting wel weer wat toegenomen met ca. 20% door de natuurlijke zetting van de bodem. In de lemige bodem nam de dichtheid toe, nam het poriënvolume af, en was er slechts een geringe toename van de luchtdoorlatendheid (Rolf, 1992). In die tijd werden er nog geen vulstoffen gebruikt.

Eenzelfde soort resultaat werd in Engeland (Bromley) behaald met bodeminjectie proeven. Met een 'Robin Dagger' werden in oktober 1989 luchtcompressie injecties in een verdichte zandige leembodem gegeven, met en zonder toevoeging van gecoate kunstmeststaafjes op 30 cm diepte rond de druplijn van de boom. Dit verbeterde in alle gevallen de scheutlengte van 50-jarige berken gedurende drie controlejaren. In het derde jaar bleek de bladgrootte én de bladkleur van bomen waarbij niets was gedaan, wel beter dan bij bomen waarbij 'geploft' was en/of kunstmest toegediend.

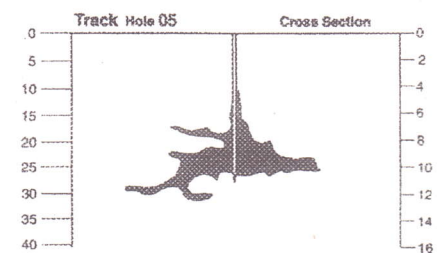
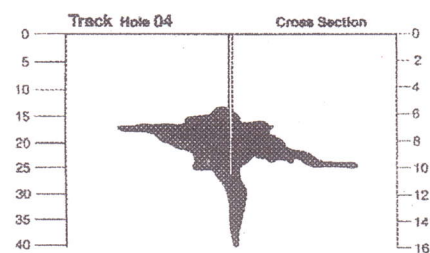
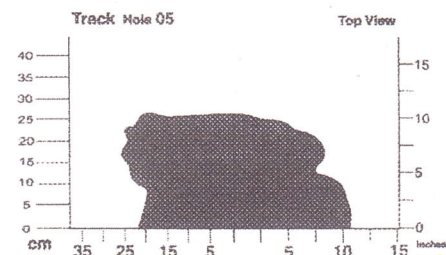
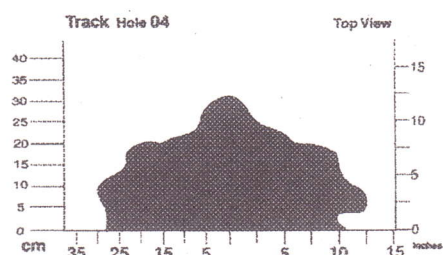
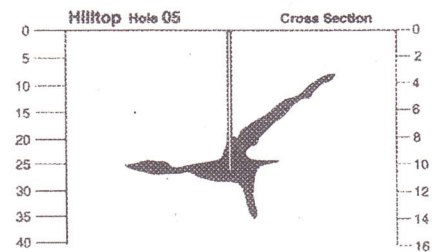
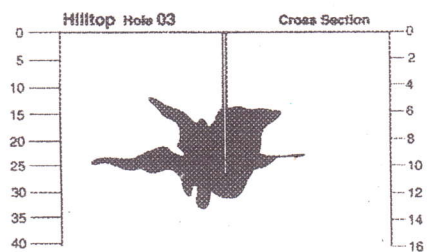
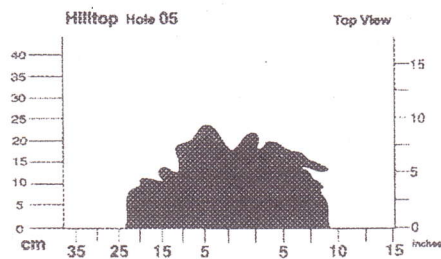
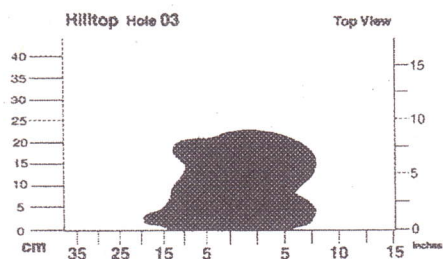
Geen positief effect werd behaald bij 50-jarige kwijnende tamme kastanjes in Colchester op een verdichte klei-leem-bodem. Hierbij werd in 1991 de Terralift gebruikt, in combinatie met ofwel geëxpandeerde polystyreen balletjes, ofwel een bemesting met zowel zeewierbodemverbeteraar als kunstmest.

Bij het 'ploffen' is gelet op de goede bodemvochtigheid. Het eerste groeiseizoen begonnen de bladeren te vergelen. Het 'ploffen' van de bodem, met of zonder polystyreenkorrels, bleek na twee jaar geen enkel verbeterend effect gehad te hebben op de dichtheid en de bodemluchtuitwisseling (Hodge, 1993). In een eerdere publicatie meldt Hodge (1991) een verbetering van de scheutlengte van platanen, twee jaar na het gebruik van de Terralift in een klei-leem bodem. Uit nader onderzoek bleek echter dat door het ploffen een ondoordringbare laag op 12 tot 24 cm diepte was opengebroken (Colderick en Hodge, 1991). Geen enkel positief effect werd na gebruik van de Terralift waargenomen bij paardekastanjes in een klei-leem bodem op een andere locatie (Hodge, 1993).

Rolf (1994?) heeft veel (literatuur-)onderzoek gedaan naar onder andere bodeminjectiemachines. Een probleem ná het open maken van de bodem is, dat deze vrij snel opnieuw verdicht kan worden door bijvoorbeeld verkeer (trillingen). Hij citeert Martinovic (1982), die een vergelijkende studie maakte van het pneumatisch en het mechanisch openmaken van de bodem. Martinovic overwoog dat, als de apparatuur goed doorgetest was, het pneumatisch beluchten van de bodem een waardevolle methode zou kunnen zijn voor relatief kleinschalige bovenlagen en voor standplaatsen die moeilijk met andere methoden te bewerken zijn. Rolf concludeert dat de bodeminjectiemachine enig effect lijkt te hebben op zandige bodems (Rolf 1992), maar niet op lemige of kleiige leembodems (Smiley et al. 1991; Rolf 1992; Hodge 1993). Alle auteurs zijn het er over eens dat de effectiviteit van de luchtcompressie methode erg afhangt van het type bodem en de vochtigheidsgraad.

Rolf stelt dat het overbodig is om bodems te beluchten die geen beluchting nodig hebben. Hierdoor verstoor je alleen maar de poriënstructuur. Bodembewerking zou alleen uitgevoerd mogen worden als de noodzaak is aangetoond en enkel tot de diepte van de beschadigde bodemstructuur (Rolf 1994?, 6). Hij was in zijn conclusie in 1994 niet al te optimistisch over de methode. De machines bestrijden enkel de symptomen en voorzien daarbij slechts tijdelijk voor verlichting bij kwarrende bomen (Rolf 1994?, 5).

Een proef met een bodeminjectiemachine die hier zijdelings mee te maken heeft, is gedaan in Berlijn, Duitsland, waar na een langdurige gasschade in de bodem een luchtcompressiemachine is ingezet. Bij acht 50-jarige lindes, die door een langdurige gaslekage een verminderde conditie kregen, is een jaar ná het dichten van het gaslek bij een aantal bomen de bodem belucht binnen de kroonprojectie. Hiertoe is in de zomer van 1996 gedurende vier weken elke week tot een diepte van 200 cm de bodem belucht (firma Bio-Santech, machine: ? I, ? bar). Als vulmateriaal is Liapor gebruikt. Hierna werden metingen gedaan in zowel behandelde als onbehandelde bodems. Het methaan verdween uit de bodem. Na een aanvankelijke stijging direct na de behandeling daalden na 24 uur de percentages zuurstof en kooldioxide weer naar het oude niveau (zuurstof: < 10%; kooldioxide: > 5%). Uiteindelijk waren er geen opvallende meetverschillen



figuur 2 Breukpatronen in een zandige kleibodem (Hilltop) en fijnzandige bodem (Track) door het injecteren van kleurstof met de Terravent bodeminjectiemachine (Smiley 2001).

top view = bovenaanzicht
cross section = dwarsdoorsnede

tussen de behandelde en de onbehandelde bodems. De bodem bestond voor de eerste 60 cm uit verdicht split en puin; hieronder was overwegend zand aanwezig. De bodem was hier duidelijk losser. De onderzoekers suggereren dat bij een open bodem en de behandeling van de gehele oppervlakte wellicht een beter effect was bereikt. De verdichte bovenste laag verhinderde de luchtuitwisseling in hoge mate (Krüger, Noé, Balder, 1997).

COMPRESSIE MET STIKSTOF

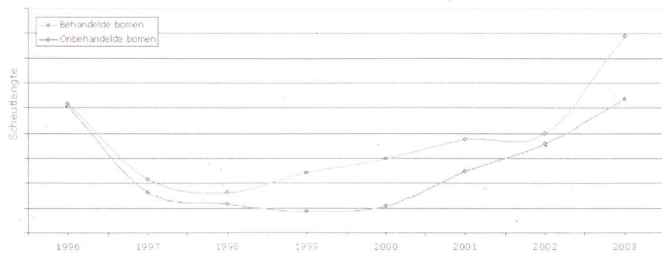
Onderzoek naar het breukpatroon van bodems en hun invloed op de verdichting is gedaan met de TerraventTM. Het Terravent systeem is in 2000 in Amerika geïntroduceerd en gebruikt samengeperste stikstof in flessen in plaats van samengeperste lucht in combinatie met een krachtige compressor. De Terravent gebruikt een lans met tien gaten aan de zijkanten om het gas in de bodem toe te laten. Met het systeem kunnen ook vloeibare

stoffen worden geïnjecteerd. Met de TerraventTM is op drie locaties geëxperimenteerd. Het betrof een fijnzandige leembodem en twee zandige kleibodems. De lans moest volgens instructie niet dieper dan 30 cm in de grond gestoken worden. De verdichting is vastgesteld en de aard van het breukpatroon is opgetekend. Tussen wel en niet behandelde bodems werden geen significante verschillen in de dichtheid waargenomen. De breukpatronen waren over het algemeen horizontaal tot bolronde met een gemiddelde breedte van 56 cm, veelal ca. 23 cm onder het maaiveld (fig. 2). Het diepste effect was waarneembaar op 40 cm beneden maaiveld. Nadeel van de Terravent is, dat het niet mogelijk is om vulmaterialen als perlite of compost in de ontstane scheuren te blazen (Smiley³, 2001).

In Den Haag zijn in het verleden diverse proeven gedaan met als doel het verbeteren van de bodemomstandigheden van bomen, en het verminderen van de opdruk van wortels. Hierbij is onder andere ook gewerkt met bodeminjectiemachines. De resultaten van de diverse proeven zijn later gecontroleerd, zowel boven- als ondergronds, door Kopinga en Van den Burg (voormalig medewerker) van Alterra uit Wageningen, en Ros (voormalig medewerker) van OMEGAM uit Amsterdam.

Rond 1985 is hiertoe op de Sophialaan de bodemprojectie van oude paardekastanjes geïnjecteerd met Bycobact (bacteriepreparaat) en Hokaan (anorganische meststof). De bomen, met een doorsnede van ca. 100 cm, waren flink in verval. Ze staan in open (zand)grond die niet verdicht was, met de bereikbare grondwaterspiegel op 120 cm beneden maaiveld. In samenwerking met Van den Burg is de groei gemeten aan de hand van de scheutlengte. De eerste zeven jaar verbeterde de groei. Hierna is nog een keer geïnjecteerd, dit keer met kunstmest. Dit werkte 5 tot 7 jaar en had eveneens een duidelijk effect op de scheutlengte.

Wat minder effect had het injecteren van de kroonprojectie van oude lindes. Deze stonden in het trottoir, in een verdichte (zand)bodem (m.m. Koudstaal, Dienst Stadsbeheer, gemeente Den Haag).



figuur 3
Scheutlengteanalyse (gemiddelde totaal) van de paardekastanjes in Tilburg (bron: COBRA, Wilbertoord)

Recent onderzoek (2001-2005) in Tilburg bij ca. 90 paardekastanjes van 15 tot ca. 35 jaar leverde vooralsnog positieve resultaten op. De bomen staan in grasstroken in humusarme, zeer fijne lemige zandgrond. De sterk verdichte groeiplaats van deze bomen is met een bodeminjectiemachine los gebroken, waarbij per boom ca. 300 liter schimmelgedomineerde humusaarde is geïnjecteerd, in combinatie met endo-mycorrhiza's. Daarnaast is een mulchlaag aangebracht bij de behandelde bomen. Uit een tussentijdse beoordeling blijkt, dat de scheutlengte van zowel behandelde als onbehandelde bomen is toegenomen (fig.3). De behandelde bomen hebben echter een grotere toename van de scheutlengte. Tevens hebben deze bomen een structurele toename van beschikbare voedingsstoffen. Bodembologisch is de schimmelbiomassa toegenomen ten opzichte van de onbehandelde bomen. In 2005 wordt het onderzoek afgerond en worden definitieve conclusies getrokken (m.m. Verhagen, COBRA, Wilbertoord).

Uit Amerikaans onderzoek is gebleken, dat bij een verwerkdruk boven 5 bar in een verdichte bodem de meeste organismen imploderen of ernstig beschadigen. Bij een lagere druk is dat niet het geval. Op niet verdichte bodems kan, 'bodemleven-technisch' een hogere druk worden gebruikt. De enige manier om zeker te weten welk effect een bepaalde druk in een bepaalde bodem op het bodemleven heeft, is het nemen van monsters voor en na de bewerking (E-mail Mw. E.R. Ingham van het Soil Foodweb, 15.8.2004).



2 ERVARINGEN VAN DERDEN

Tijdens de KPB-dag op 11 mei 1996 werden een aantal injectiemachines vergeleken. Op Groote Beek in Eindhoven vond een beperkte proef met vijf verschillende injectiemachines plaats in sterk verdichte zandgrond; op 10 cm diepte was de weerstand al meer dan 3 MPa. De proef liet zien, dat in alle gevallen direct na de behandeling een gunstiger situatie was ontstaan (tot 65 cm beneden maaiveld < 3 MPa). Bij het uitgraven van de behandelde bodems bleek, dat een probleem van het merendeel van de machines is dat zij ook nesten met substraat produceren (Stolk 1996).

In Amsterdam, stadsdeel Zuider-Amstel, is ongeveer vijf jaar geleden een proef gedaan om verdichte humusarme zandgrond open te maken met behulp van de bodeminjectiemachine. Het betrof een lange straat met lindes van ca. 35 jaar, waarbij om de vijf bomen bij vijf exemplaren de bodem met een bodeminjectiemachine werd behandeld. Tevens werden wormenmest en mycorrhiza's toegevoegd. Dhr. R. van Putten van de afdeling groen van dit stadsdeel zegt na vijf jaar geen verschil te kunnen constateren tussen de behandelde en de onbehandelde bomen. (m.m. Van Putten). Ook de aannemer, die de werken had uitgevoerd, wist geen bevredigend antwoord te geven op het ontbreken van enig resultaat.

Direct na een kleine proef eind 2003 in stadsdeel De Baarsjes in Amsterdam met een bodeminjectiemachine bij 3 bomen in verdicht, enigszins vochtig bomenzand (vanaf ca. 30 cm diepte was de dichtheid >3 MPa) bleek de bodem tot 50 à 55 cm diep weer voldoende open te zijn⁴. De werkdruk van de machine was 3 bar, met uitschieters, het volume van de tank 7000 liter, de werklengte van de lans 80 cm. In de bodem is wormenmest en perlite ingebracht. Bij metingen eind 2004 lijkt de indringingsweerstand nauwelijks tot niet toegenomen te zijn (Van Amerongen, Van Amerongen Boomverzorging, Amsterdam, eigen metingen 2003 en 2004).

Met droog injecteren (het injecteren met een droge, pneumatische spuitlans) worden zeer wisselende resultaten geboekt, aldus Platje van Boom KCB in Emmen. In een homogene, redelijk vochtige, bodem kunnen bevredigende resultaten bereikt worden. Twee waarnemingen lijken er op te wijzen dat bomen die reeds door parasitaire schimmels zijn geïnfecteerd, slecht op het droog injecteren reageren. Bij deze methode worden haarwortels beschadigd en raakt het contact tussen wortel en bodem verstoord. Een hypothetische verklaring voor de slechte reactie is dat de door schimmels verzwakte bomen niet in staat zijn geweest om het volume aan haarwortels weer snel op peil te krijgen (m.m. Platje).

Verhagen heeft vooral ervaring met bodeminjectiemachines in zandgrond. Naar zijn mening is het injecteren van kunstmest funest, omdat dat het (fragiele) bodemleven wat er nog is verniet. Ten tweede is het effect van injecteren van anorganische meststoffen op de middel- en lange termijn dubieus.

Uit een onderzoek dat Verhagen zo'n 10 jaar geleden begeleidde, bleek dat de scheutlengte van bomen bij het injecteren van alleen lucht en vloeibare anorganische meststoffen de eerste paar jaar doorgaans fors toenam. Echter, na twee tot vijf jaar nam de scheutlengte van de boom ten opzichte van de uitgangssituatie, in meer of mindere mate af (m.m. Verhagen).

De hoeveelheid te injecteren organische stof is onder bestrating zeer beperkt. Als teveel mest- en/of vulstoffen worden geïnjecteerd komt het trottoir namelijk (blijvend) omhoog. In open grond speelt dit probleem niet. Ook is de menging van de organische stof met het bodemprofiel een probleem. Bij bomenzand zit de organische stof goed verdeeld door de grond, waardoor deze zich min of meer aan het zandkorreltje 'vasthecht'. Bij het injecteren ontstaan vaak lokale plekken met veel organische stof (m.m. Kaljee, bomenconsulent, Amsterdam).

Het gebruik van de bodeminjectiemachine in mei 1999 op het sterk verdichte Amstelveld in Amsterdam had niet het gewenste resultaat. Het betreft hier vleugelnoten van zo'n 35 jaar oud die in humusarm geroerd zand staan dat zwaar verdicht is. De bomen wortelen hoofdzakelijk in de eerste 20 cm en hadden mede als gevolg hiervan een geringe groei. Per boom is ca. 150 liter medium in de bodem ingebracht. Hierdoor is de klinkerverharding op de geïnjecteerde plekken sterk opgedrukt. De organische stof is onder andere in ballen aangetroffen op 20 - 25 cm en 60 - 70 cm onder maaiveld, dus van een gelijkmatige verdeling van het medium was nauwelijks sprake. Ook na het injecteren bleef de bodem sterk verdicht. De scheutlengte was na behandeling met enkele centimeters toegenomen (Sakko⁵, 2001, 84-85).

Op de Europaweg in Vlissingen staan paardekastanjes met een stamdoorsnede van ruim 50 cm. In voorjaar 1998 zijn de bomen belucht en bemest met 50 liter medium per boom. Een deel van de bomen is echter onbehandeld gebleven. In 2000 zijn de kronen tevens flink gesnoeid. Zowel de behandelde als de onbehandelde bomen vertoonden tot en met 2001 een sterke toename van de scheutlengte (Sakko, 2001, 50-51; Sakko en Sneep, 2001).

Koudstaal van de gemeente Den Haag ziet de bodeminjectiemachine op basis van zijn onderzoeken en proeven (zie boven) niet als wondermiddel, maar op basis van onderzoek wordt de machine soms wel ingezet. Naar aanleiding van de diverse bodemverbeteringsproeven is de gemeente deels gestopt met het uitwisselen van grond met behulp van bomenzand op bestaande locaties. De kosten werden namelijk vaak extra hoog daar de af te voeren grond vaak als (enigszins) vervuild werd bestempeld. Wel wordt op nieuw in te richten locaties bomenzand gebruikt. Verder wordt op andere wijze bemest en bijvoorbeeld geëxperimenteerd met de afzuigmethode en watershells. Ook bij het afzuigen wordt de bestaande grond vervangen door bomenzand, omdat bij de opbouw van een nieuwe constructie met bijvoorbeeld watershells niets aan het toeval wordt overgelaten. Afhankelijk van de bodem wordt de bodeminjectiemachine wel gebruikt om bodems open te breken,

waarvan de bovenlaag is verdicht. Indien lager in de bodem nog een redelijke zuurstofhuishouding aanwezig is, heeft het ploffen van de bovenlaag wel effect. En ook kan de machine met name in de diepere lagen wel wat effect hebben voor de beworteling (m.m. Koudstaal).

3 ERVARINGEN EIGENAREN BODEMINJECTIEMACHINES

Hierbij is getracht de verkooppraatjes te onderscheiden van de feitelijke gebruikerservaring.

VOCHTGEHALTE BODEM

Het is van belang, dat de bodem voldoende vochtig is als er geïnjecteerd wordt; daarom is de machine maar een beperkt deel van het jaar inzetbaar. In een te droge bodem krijg je alleen maar een bodemlaag die oplicht en weer neerploft (m.m. Hogenboom, TFI4000 BV). Het te injecteren materiaal laat zich het beste in horizontale richting doseren als er een normale veldcapaciteit⁶ aanwezig is. De periode om te injecteren ligt gewoonlijk van oktober tot ongeveer half juli, de beste periode is van januari tot juni, afhankelijk van bodemgesteldheid (m.m. Van Jaarsveld, Boomtotaalzorg). Quercus Boomverzorging injecteert alleen in het voorjaar, als de bodem bewerkbaar is (m.m. Van Dijk). Het droog injecteren werkt alleen maar als de bodem voldoende vochtig is; als de bodem te droog is, is er onvoldoende spreiding van de lucht/ingebrachte stoffen (m.m. Korstanje, Seko).

Bij het gebruik van de injectiemachine in enigszins vochtige klei kan, volgens Hoppenbrouwers, de verdichting voor ca. 3 tot 4 jaar opgeheven worden. Helaas sluit klei het perlitekorreltje af, zodat de beluchtende werking hiervan teniet wordt gedaan. In een zand of leembodem, die niet al te nat is, zijn wat blijvender resultaten te bereiken (m.m. Hoppenbrouwers, Van Helvoirt, Berkel-Enschot).

Je moet voedingsstoffen ook dáár brengen, waar ze het meest gewenst zijn: van ca. 30 tot 60 à 70 cm beneden maaiveld. Komen de meststoffen te hoog, dan voed je de beplanting om de boom; komen ze te laag, dan is de kans op uitspoelen erg groot (m.m. Korstanje, Seko, Raalte).

Volgens Hoppenbrouwers kun je zeer algemeen zeggen dat bomen tot ca. 50 jaar redelijk tot goed reageren op de methode. Bij oudere bomen zie je geen vermindering van vitaliteit, maar ook geen duidelijke groei. Korstanje vindt dat op deze laatste stelling eik en linde een uitzondering vormen.

*Veronica van Amerongen
vvaboom@xs4all.nl; fax: 072 50 65 475*

*Onderbouwde reacties en suggesties
zijn altijd welkom bij de auteur.*

In het volgende nummer het derde deel:

HIERIN WORDT GETRACHT CONCLUSIES TE TREKKEN EN WORDEN ANDERE MOGELIJKHEDEN GEGEVEN VOOR HET BEHANDELEN VAN VERDICHTTE, GEBRUIKTE GROEIPLAATSEN.

Op de oproep in het vorige artikel om meer informatie over proeven/artikelen is één reactie binnengekomen, namelijk van dhr. Lecluyse uit België. Waarvoor hartelijk dank!

Aanvullingen/reacties op het concept van dit artikel zijn ontvangen van: Boomtotaalzorg, COBRA-advies, Kaljee, Van Helvoirt, Boom KCB, Koudstaal.

De overige geciteerde bedrijven/personen die allen per e-mail het concept met hun citaat hebben gekregen, worden geacht stilzwijgend akkoord te zijn gegaan met de verwoording van hun mening: TFI 4000 BV, Quercus boomverzorging, Boomtechniek, Van Helvoirt, Seko boomverzorging, Van Putten van stadsdeel Amsterdam Zuideramstel.

Noten

1. MPa = MegaPascal. 1 MPa = 1 kg/cm² ofwel 100 N/cm². Megapascal is de maat om de indringingsweerstand van de bodem te meten. Daarvoor wordt een penetrograaf of een penetrometer gebruikt. In een bodem die meer dan 3 MPa verdicht is, is beworteling in principe niet mogelijk.
2. Vloei grens en uitrolgrens zijn bodemtechnische termen, die worden gebruikt om de mechanische eigenschappen van grond met een hoog lutumgehalte te classificeren. De deskundigen zoeken hun handboeken er nog op na wat deze termen betekenen voor niet-bodemtechnici. We houden u op de hoogte!
3. Opmerking: Smiley is als wetenschapper verbonden aan Bartlett boomverzorgers in Amerika.
4. Interessant was de reactie van de machine-eigenaar hierop. Volgens hem was de weerstand in de diepere laag niet goed meetbaar met de penetrograaf, daar theoretisch dieper in de grond scheuren en scheurtjes minder veelvuldig voorkomen, dus niet als een intensief netwerk, waardoor dit voor een penetrograaf niet meetbaar is (verklaring machine-eigenaar).
5. Naast het beoordelen van deze situatie, heeft dhr. Sakko in het kader van een afstudeerproject 12 weken lang meerdere objecten beoordeeld, waarbij ofwel bomenzand ofwel de bodeminjectiemachine was gebruikt. Dit gebeurde in opdracht van BSI Bomen-service te Baarn. Sakko heeft, naast het Amstelveld, nog twee objecten beoordeeld waarbij een bodeminjectiemachine werd gebruikt. Hiervan is Vliissingen het meest interessant.
6. De volumefractie vocht, die hoort bij de situatie in de bodem ontstaat na uitzakken van regenwater, heet veldcapaciteit.

Bronnen

- Atsma, J. en Y. in 't Velt (1994). Stadsbomenadvies, deel 3, verzorging, Arnhem, 355-366.
- Hodge, S.J. (1993). The effect of stem nutriënt injection and compressed air soil injection on the performance of established amenity trees, in: *Arboricultural Journal* vol.17, 287-300.
- Krüger, G., H. Noë en H. Balder, (1997). Zum Einfluss von Bodenbelüftungsmassnahmen auf die Verbesserung der Bodenluft nach Langzeitgasschäden am Beispiel des Berliner Lustgartens, in: *Jahrbuch der Baumpflege* 1997, 192-195.
- Maris, A. (1986). Grondverbetering bij bomen in bestaande situaties (concept), Proefstation voor de Boomteelt en het Stedelijke Groen.
- Maris, A. (1987). Methoden voor het vergroten van het doorwortelbaar bodemvolume bij straatbomen, in: BOOM en BODEM-syllabus behorende bij het symposium 'Boom en Bodem', 19 en 20 november 1987, Wageningen en Rhenen, (red.) KPB/De Dorschkamp, Wageningen.
- Locher, W.P. en H. de Bakker (red.) (1985). Bodemnatuurkunde- Voorpublicatie uit: Bodemkunde van Nederland, deel 1, Algemene bodemkunde, Den Bosch.
- Martinovic, L. (1982). Einfluss von mechanischer und pneumatischer Tieflockerung des Bodens auf Gefüge, Wasserdynamik, Wurzelentwicklung und Ertrag bei drei Bodentypen. Diss., Bonn.
- Rolf, K. (1992). Soil physical effects of pneumatic subsoil loosening using a terralift soil aerator, in: *Journal of Arboriculture* 18(5), 235-240.
- Rolf, K. (1994? of later). Soil conditions for good tree growth, uit: <http://www.comune.merano.bz.it/giardinerie/congreso/atti/caratter.htm>
- Ros, E. (1996). Boomonderzoek Erasmusweg, Den Haag. Probleem van wortelopdruk, onderzoek door OMEGAM Groenadvies Amsterdam voor Gemeente Den Haag.
- Sakko, D.J.B. (2001). Vergelijkend onderzoek diverse groeiplaatsinrichtingen/verbeteringen/bomenzand in stedelijke omgeving, Velp (afstudeerscriptie; onder begeleiding van BSI - H. Sneepe).
- Sakko, D.J.B. en H.D. Sneepe (2001). Groeiplaatsinrichting en -verbetering: Actie is reactie, in: Groen, november 2001, 29-35.
- Smiley, E. Th. (1997). Treating soil compaction near trees. New techniques can help you overcome the challenging problem of soil compaction around established trees, in: *Tree Topics-Bartlett tree experts*, summer 1997, 11-14 (eerder gepubliceerd in: *Grounds Maintenance* (January 1997).
- Smiley, E. Th. (2001). Terravant: soil fracture patterns and impact on bulk density, in: *Journal of Arboriculture* 27(6), 326-330.
- Stolk, T. (1996). Storende lagen breken en bodem bemesten, in: *Tuin en Landschap* 14, 26-29.
- Voorlichting Stedelijk Groen (1987). Effecten van bodemverbetering met luchtcompressie per grondsoort, in: *Tuin en Landschap* 19, 37.

Een redelijk gelijkmatige verdeling van het ingebrachte medium met behulp van een bodeminjectiemachine.