

Profielbeoordeling als basis voor profielverbetering

Profiel met humeuze onderlaag

Ing. J.G.M. Paauw

© 2009 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Financier: Stichting Prov. Dr. J.M. van Bemmelenhoeve

Projectnummer: 3250149400

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business-unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen

: Postbus 16, 6700 AA Wageningen

Tel. : 0317 - 47 83 00

Fax : 0317 - 47 83 01

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 WERKWIJZE.....	9
3 BODEMKUNDIG ONDERZOEK PERCEEL VEERWEG (ALTERRA)	11
3.1 Bodemdichtheid.....	11
3.2 Indringweerstand	12
3.3 Poriënvolume (luchtgevuld)	13
3.4 Infiltratiesnelheid en verzadigde waterdoorlatendheid (Ksat)	14
3.4.1 Infiltratiesnelheid.....	14
3.4.2 Verzadigde waterdoorlatendheid (Ksat).....	15
4 BODEMKUNDIG ONDERZOEK PPO).....	17
4.1 Perceel Veerweg	17
4.2 Perceel Lotweg	19
4.2.1 Origineel profiel	19
4.2.2 Bewerkt profiel	20
5 BESPREKING RESULTATEN	23
LITERATUUR.....	25

Samenvatting

Bij wateroverlast zijn er vaak problemen met de bodemstructuur. Het verbeteren van die structuur kan de waterproblemen oplossen en/of beperken. De praktijk zet vaak verschillende werktuigen in om de doorlatendheid van het profiel te verbeteren. Deze werktuigen werken dan dieper dan de bouwvoor. Niet alle bodemprofielen zijn even geschikt om een diepe bewerking in uit te voeren.. Dat hangt sterk af van de profielopbouw. Een fijnzandige afzetting opbreken kan de dichtheid eerder versterken dan verbeteren. Voordat een diepe grondbewerking wordt uitgevoerd is een bodemkundig onderzoek gewenst. Dit onderzoek geeft informatie over de bodemkundige eigenschappen van het profiel. Op basis van de gemeten kwaliteit is de effectiviteit van een bewerking in te schatten. Er zijn verschillende onderzoeken beschikbaar die de kwaliteit van de bodem beschrijven.

Op een perceel wintertarwe te Anna-Paulowna heeft Alterra bodemonderzoek uitgevoerd op twee monsterplaatsen om in beeld te brengen wat de oorzaak is van wateroverlast op delen van het perceel.

Bodemdichtheid

Tot een diepte van 35 cm was de dichtheid voor beide monsterplaatsen 1,56 kg per liter. Deze bodemdichtheid is relatief hoog voor deze diepte. De bodemdichtheid neemt bij grotere diepte vrij snel af in verband met een veenlaag in de ondergrond.

Indringweerstand

De indringweerstand tot 30 cm beneden maaiveld zit tussen 1 en 2 MPa. Voor een bouwvoor is dit acceptabel. De beworteling ondervindt hierbij geen mechanische weerstand.

Waar geen problemen met water zijn geweest, is de indringweerstand op 40-60 cm diepte 2,4 MPa en minder hoog dan in de plek waar eerder water heeft gestaan. Daar was deze 2,75 MPa.

Opvallend is dat de indringweerstand op beide plaatsen onder de ploegdiepte snel toeneemt en beneden de 47 cm beneden maaiveld weer afneemt. Deze afname is veroorzaakt door de veenlaag op die diepte.

Poriënvolume (luchtgevuld)

In de bodemlaag 27-32 cm beneden maaiveld is het poriënvolume op beide monsterplaatsen erg laag. Op beide plaatsen is het lager dan het minimale gehalte en veel lager dan het gewenste gehalte. Deze lage gehalten kunnen snel zuurstofarme situaties veroorzaken en zal de gewasgroei remmen.

Infiltratiesnelheid

Op de plaats waar geen problemen met water zijn geweest was de infiltratiesnelheid 5 millimeter per dag. Waar wel problemen met water zijn geweest, was de meting niet betrouwbaar. Als de 5 millimeter per dag wordt vergeleken met de norm voor een goede drainage, dan moet dit minimaal 7 millimeter zijn. De 5 mm is dus lager dan de gewenste afvoer voor de drainage.

Verzadigde waterdoorlatendheid (Ksat)

Voor een verzadigde waterdoorlatendheid van de ondergrond is 10 cm per dag een goede drempelwaarde. Waar geen problemen met water waren, voldeden alle monsters daar aan. Waar wel problemen met water waren, zijn er 2 monsters die de drempelwaarde niet halen. Er was zelfs één monster bij die geen water doorliet.

Uit de resultaten van het onderzoek komt naar voren dat de bodemdichtheid, de indringweerstand en het aandeel met lucht gevulde poriën in de laag onder de bouwvoor erg laag is. Deze bodemlaag is mechanisch verdicht en er zijn maatregelen nodig om de bodemeigenschappen weer op een voldoende hoog peil te brengen.

Naast het voorkómen van structuurbederf is het op dit perceel belangrijk de verdichte laag zodanig aan te pakken dat deze qua structuur verbetert. Een betere structuur zal de doorlatendheid, beluchting, beworteling en de verticale waterdoorlatendheid verbeteren.

Bodemonderzoek in Flevoland met werktuigen die dieper dan de bouwvoor werkten, lieten geen positief effect zien. In dit onderzoek is na de bewerking geen groenbemester ingezaaid. De verdichting leek na de diepe grondbewerking iets minder te zijn geworden, maar was nog steeds duidelijk aanwezig. Het probleem van wateroverlast werd niet kleiner (van Geel et al 2009). Inzaai van een groenbemester geeft wortels de

mogelijk de opgebroken grond te bewortelen zodat de grond niet in de oude situatie terugvalt. Aanvoer van organische stof biedt mogelijkheden om structuurherstel van de bodem op gang te brengen. Met betrekking tot de verdichte laag zal organische stof het bodemleven activeren. Het bodemleven moet dan openingen maken in de verdichte laag. Tot welke verdichting dat lukt, is niet duidelijk.

Om qua bewerking het perceel aan de Veerweg te vergelijken met het perceel aan de Lotweg is lastig. Aan de Lotweg is een bewerking uitgevoerd die gericht is geweest op de storende veenlaag. Met een tweefasenploeg is de veenlaag gebroken. Een verdichte kleilaag breken is wat anders dan een veenlaag breken. Aan de Lotweg is klei in de veenlaag gebracht, zodat deze beter bewortelbaar is. Dit idee zou misschien ook gebruikt kunnen worden aan de Veerweg. Maar dan andersom.

Met een bewerking zou wat veen in de verdichte kleilaag gebracht moeten worden. Met organische stof tussen de klei wordt voorkomen dat de kleideeltjes weer terug vallen in de oude situatie. Om veen in het kleipakket te krijgen, moet de verdichte laag eerst goed gebroken worden. Het breken van de kleilaag en het mengen met veen vraagt een special bewerking. Of een tweefasenploeg een geschikt werktuig is, is niet duidelijk.

1 Inleiding

Door schaalvergroting en steeds zwaarder wordende mechanisatie wordt de grond steeds zwaarder belast. De mechanisatie heeft zich zodanig ontwikkeld dat tegenwoordig onder nattere omstandigheden geoogst kan worden. Dit pleegt een aanslag op de structuur en het opbrengend vermogen van de grond. Hoewel de agrarische sector zich steeds meer zorgen maakt, is er niemand die de ontwikkelingen tegen kan houden. Veel telers geven aan dat de (onder)grond steeds verder verdicht. Er is sneller sprake van plasvorming bij intensieve regenbuien.

In 2008 heeft Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, onderdeel van Wageningen-UR, een onderzoek uitgevoerd naar de mate van bodemverdichting op praktijkpercelen in Noord-Holland.

Uit dit onderzoek kwam naar voren dat op verschillende percelen problemen waren met de waterdoorlatendheid van het profiel. Om deze waterdoorlatendheid te verbeteren zijn er bewerkingen nodig die op het juiste tijdstip en met het goede werktuig uitgevoerd moeten worden. Echter, voordat een bewerking uitgevoerd gaat worden, moet bekend zijn wat het probleem is. Hiervoor is een bodemkundig onderzoek nodig. Op basis van de resultaten kan geadviseerd worden welke bewerking het beste is.

Alterra, ook onderdeel van Wageningen-UR, heeft op een perceel waar problemen zijn geweest met wateroverlast een bodemkundig onderzoek uitgevoerd. Dit rapport beschrijft de bodemkundige resultaten van dat bodemkundig onderzoek. Dit onderzoek heeft plaatsgevonden op een perceel bij Anna-Paulowna (kop van Noord-Holland). De Alterra-collega's Jan van den Akker, Eduard Hummelink en Bas de Leeuw zijn betrokken geweest bij dit onderzoek.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Stichting van Bemmelenhoeve.

2 Werkwijze

Om een goed beeld te krijgen van de bodemkundige aspecten van percelen met wateroverlast, is een perceel gezocht waar eerder sprake is geweest van wateroverlast. Dit perceel is gelegen aan de Veerweg te Anna-Paulowna. Bij veel neerslag verslempte de bouwvoor en bleef er pleksgewijs water op het land staan. Als in het najaar wintertarwe was gezaaid, ging de tarwe op deze plekken vaak verloren. De vraag kwam naar voren of deze waterplekken via een bodemkundige ingreep te voorkomen of te beperken zijn.

Een bouwvoor kan sterker verslempen als de ondergrond minder goed doorlatend is. Een verdichting, een slecht doorlatende laag en een slecht functionerende drainage kunnen wateroverlast in de bouwvoor versterken.

Het bodemkundig onderzoek op dit perceel is op twee wijzen uitgevoerd. Begin maart heeft Alterra verschillende bodemkundige metingen verricht. Deze zijn beschreven in de paragrafen 3.1 t/m 3.4. Daarnaast heeft PPO het profiel en de beworteling beschreven in de zomer van 2009.

Als de bodemkundige aspecten van een profiel beschreven zijn, is het altijd de vraag of in dat profiel een diepe grondbewerking uitgevoerd kan worden en wat de risico's zijn. Het bodemkundig onderzoek van Alterra kan hier een antwoord op geven. Daarnaast is het goed om te kijken of op percelen met een vergelijkbaar profiel diepe grondbewerkingen zijn uitgevoerd en wat het resultaat daarvan was. Aan de Lotweg te Anna-Paulowna is half 70-er jaren op enkele percelen een bewerking tot onder de bouwvoor uitgevoerd met een tweefasenploeg. De bewerking en de ervaringen staan beschreven in hoofdstuk 4.

Aan de hand van de resultaten is in hoofdstuk 5 besproken welke mogelijkheden er zijn om de geconstateerde problemen aan te pakken.

3 Bodemkundig onderzoek perceel Veerweg (Alterra)

In 2008 zijn op het perceel suikerbieten geteeld. De bieten zijn geoogst met een 6-rijige bunkerrooier. Na de bietenoogst is het perceel geploegd tot 28 cm diepte.

Daarna is er wintertarwe ingezaaid met door middel van kopeggen en zaaien.

De winter van 2008-2009 heeft geen waterplekken veroorzaakt. Er zijn geen extreme regenbuien geweest.

De ontwatering was goed omdat het perceel in het najaar van 2005 is tussen gedraineerd. De oude drainage ligt op 25 meter en de nieuwe is er overal tussen gelegd.

Op twee plaatsen zijn verschillende bodemkundige metingen uitgevoerd. In Plot 1 zijn er geen problemen geweest met waterplekken, in Plot 2 wel. Plot 1 en Plot 2 zijn de plaatsen waar het bodemkundig onderzoek is uitgevoerd en worden ook zo aangegeven in de figuren die in deze rapportage zijn opgenomen.

De teler beschrijft de bodemeigenschappen van dit perceel als volgt:

- % afslibbaar 20-30
- % org. stof: niet bekend, maar vrij laag: circa 2%
- er is sprake van zwel en krimp van de grond
- in de ondergrond komt eerst weinig materiaal voor en daaronder blauw/grijze klei

Om meer te weten van de bodemkundige eigenschappen van dit profiel, zijn in het voorjaar van 2009 bodemkundige metingen uitgevoerd door Alterra:

1. bodemdichtheid
2. indringweerstand
3. poriënvolume (luchtgevuld)
4. infiltratiesnelheid
5. verzadigde waterdoorlatendheid

Het poriënvolume, de verzadigde waterdoorlatendheid, de infiltratiesnelheid en de bodemdichtheid zijn bepaald volgens gestandaardiseerde protocollen, opgesteld door Alterra.

In de paragrafen 3.1 t/m 3.4 zijn de bodemkundige onderzoeken beschreven. De bodemdichtheid is gemeten met een digitale penetrometer.

3.1 Bodemdichtheid

Een verdichte bodem geeft problemen bij de beworteling en waterdoorlatendheid. Water zakt immers moeilijk door een bodem waarvan veel poriën verdicht zijn. Om een beeld te krijgen van de bodemdichtheid van dit perceel zijn op twee plaatsen (Plot 1 en Plot 2) bodemonsters genomen. De monsters zijn op verschillende dieptes genomen, waren 5 cm hoog en hadden een diameter van 5 cm. De resultaten zijn weergegeven in figuur 1. De paarse stippen zijn de dieptes waarop de monsters genomen zijn.

Er zijn drie klassen van bodemdichtheid te onderscheiden: laag < 1,4, gemiddeld 1,4 tot 1,75 en hoog > 1,75 kg per liter (Akker & de Groot 2008).

Tot een diepte van 35 cm was de dichtheid voor beide plaatsen 1,56 kg per liter. Dit is relatief hoog voor deze diepte. Het organische stofgehalte in Plot 1 was 0,4% , in Plot 2 1,5%. Een gehalte van 0,4% is heel erg laag.

De bodemdichtheid neemt beneden 35 cm diepte vrij snel af. Dit geldt voor beide monsterplaatsen.

In Plot 1 werd op een diepte van 50-80 cm beneden maaiveld een veenlaag gevonden met een dichtheid van 0,32 kg per liter. Dit veen bevatte 45% organische stof. In Plot 2 zat de veenlaag op een diepte van 45 tot 70 cm en was de dichtheid 0,46 kg per liter. Hiervan was het organische stofgehalte 69%.

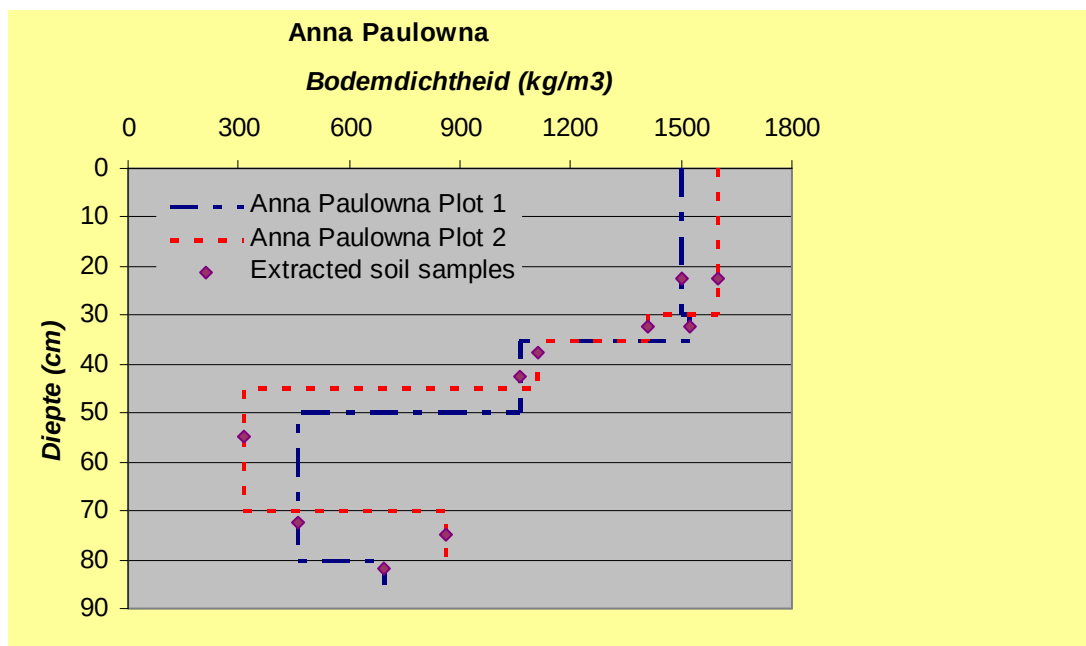


Fig. 1. Bodemdichtheid in Plot 1 en Plot 2.

3.2 Indringweerstand

De mechanische indringweerstand van een verdichte grond is voor wortels een belangrijke beperking om de ondergrond volledig en met name in de diepte te exploreren.

Een hoge indringweerstand beperkt de intensiteit en diepte van de beworteling. Een minder diep en intensief wortelstelsel geeft een minder goede opname van mineralen en vocht. Dit is nadelig voor een goede en snelle ontwikkeling van het gewas. Het vergroot ook de droogtegevoeligheid (Akker & de Groot 2008). In figuur 2 is de indringweerstand van beide bemonsteringsplaatsen (Plots) weergegeven. De indringweerstand is gemeten met een digitale penetrometer. De gebruikte conus heeft een oppervlakte van 1 cm² en een tophoek van 60°. De indringweerstand wordt uitgedrukt in MPa (Mega Pascal). Bij een indringweerstand groter dan 2,5 -3 MPa (Akker en de Groot 2008, ten Cate et al 1995) vindt bijna geen wortelgroei meer plaats.

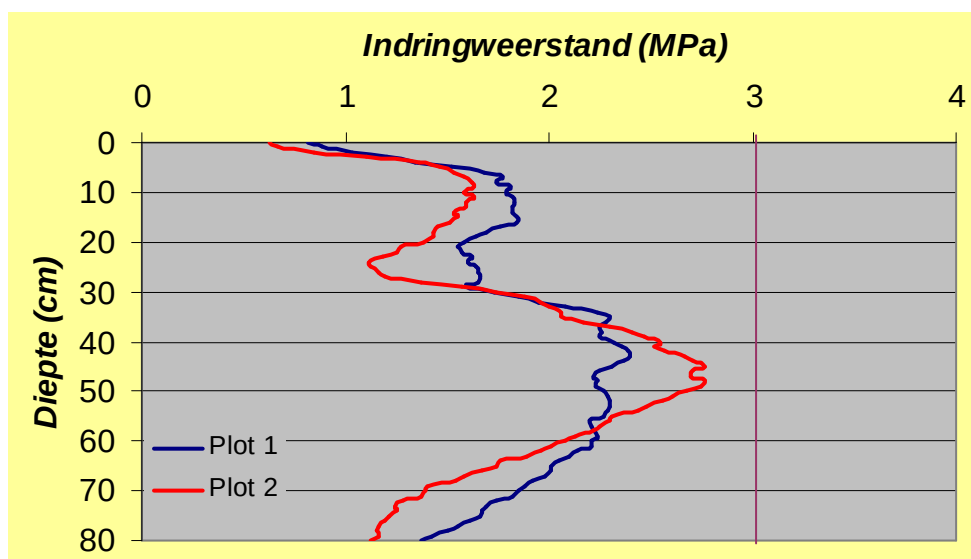


Fig. 2. Indringweerstand in plot 1 en 2.

Figuur 2 laat zien dat de indringweerstand tot 30 cm beneden maaiveld tussen 1 en 2 MPa zit. Voor een bouwvoor is dit acceptabel. De beworteling ondervindt hierbij geen mechanische weerstand. In Plot 1 (geen problemen met water) is de indringweerstand op 40-60 cm diepte minder hoog dan in Plot 2. De hoogste indringweerstand in Plot 2 is 2,75 MPa. In Plot 1 is dat 2,4. Opvallend is dat de indringweerstand op beide plaatsen onder de ploegdiepte snel toeneemt en beneden de 47 cm beneden maaiveld weer afneemt, vooral in Plot 2. Deze afname wordt veroorzaakt door de veenlaag die op die diepte voorkomt. Van deze veenlaag is bekend dat deze goed bewortelbaar is als deze vochtig is. Bij sterk opdrogen in een droog jaar is deze laag moeilijk bewortelbaar en veroorzaakt dan droogteschade aan het gewas. Bij sterk opdrogen van het veen ontstaan er verticale scheuren waarlangs wortels naar beneden kunnen groeien. Hoe intensief dit gebeurt, is niet duidelijk. Omdat dit profiel in droge perioden droogtegevoelig is, geeft deze veenlaag een te beperkte beworteling. Als de droge periode vrij laat komt, kunnen wortels al door het veen gegroeid zijn en zo profiteren van het vocht in de ondergrond.

3.3 Poriënvolume (luchtgevuld)

Het poriënvolume en de grootte van de poriën bepalen enerzijds de mate van waterdoorlatendheid en beluchting (aëratie) en anderzijds de mate van capillaire opstijging van het bodemvocht. In kleine poriën zakt regenwater minder snel naar beneden, maar geeft wel een goede capillaire opstijging van bodemvocht. Dit beperkt de droogtegevoeligheid.

Het poriënvolume is bepaald in drie verschillende bodemlagen: 27-32, 37-42 en 47-52 cm beneden maaiveld. De metingen zijn uitgevoerd bij verschillende vochtgehalten (zuigspanningen) van de grond. Deze zuigspanningen zijn uitgedrukt in cm water. De grondmonsters hadden een diameter van 7,5 cm en waren 5 cm hoog.

Bakker et al (1987) hebben voor een serie Nederlandse landbouwgronden gekeken naar luchtge vulde poriëngehaltes. De structuur van de grond speelt hierbij een belangrijke rol. Ze hebben met hun onderzoek drempelwaarden vastgesteld voor het luchtge vulde poriëngehalte (tabel 1).

Figuur 3 laat het poriënvolume zien van Plot 1 (geen waterproblemen) en figuur 4 van Plot 2.

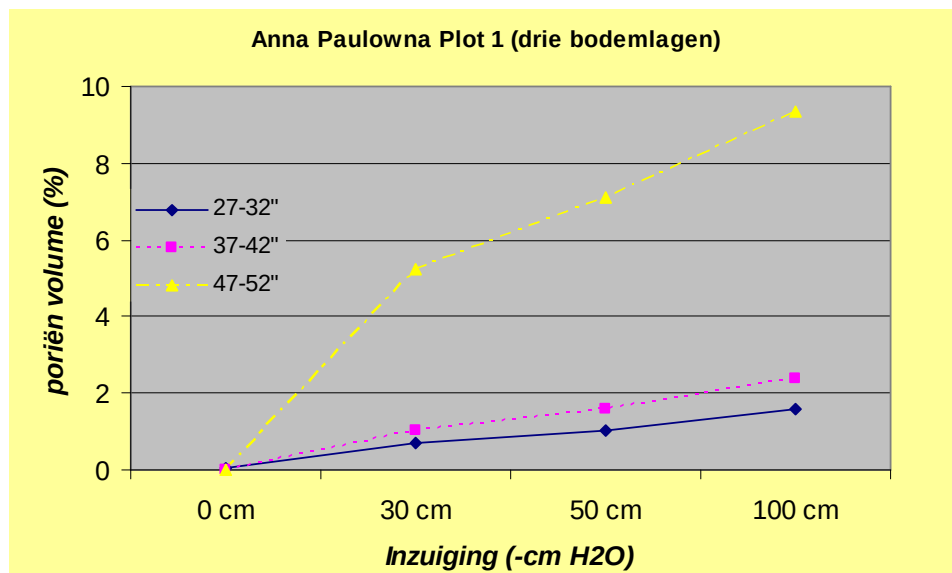


Fig 3. Poriënvolume Plot 1 in drie bodemlagen.

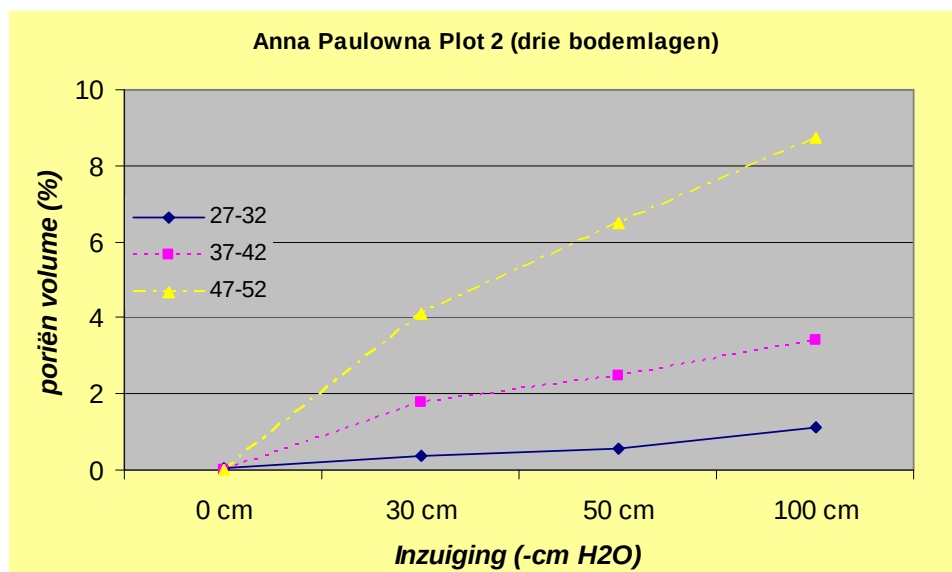


Fig. 4. Poriënvolume Plot 2 in drie bodemlagen.

In de bodemlaag 27-32 cm beneden maaiveld is het poriënvolume bij een zuigspanning van pF 2 (-50 cm) 1,01% in Plot 1 (fig. 3) en 0,57% in Plot 2 (fig. 4). Deze resultaten krijgen alleen een waarde als ze vergeleken worden met de minimale en/of gewenste waarde voor een bodemlaag. Deze waarden staan in tabel 1 (Akker en de Groot 2008) en zijn mede afhankelijk van de bodemstructuur. Hoe slechter de bodemstructuur, hoe hoger de minimale en gewenste waarde van het poriënvolume moet zijn. De bodemstructuur van de bodemlaag 27-32 cm was slecht. Op beide plaatsen is het gemeten poriënvolume in die laag lager dan het minimale gehalte en veel lager dan het gewenste gehalte. Deze lage gehalten kunnen snel zuurstofarme situaties veroorzaken en zal de gewasgroei remmen.

Tabel 1. Minimale and gewenste poriënvolume in relatie tot de bodemstructuur.

<i>Bodemstructuur</i>	<i>Poriënvolume</i>	
	Minimaal	Gewenst
Zeer goed	meer dan 2 %	meer dan 14 %
Goed	meer dan 5 %	meer dan 15 %
Gemiddeld	meer dan 8 %	meer dan 17 %
Slecht	meer dan 12 %	meer dan 21 %

3.4 Infiltratiesnelheid en verzadigde waterdoorlatendheid (Ksat)

3.4.1 Infiltratiesnelheid

De infiltratiesnelheid is gemeten in het veld. Foto 1 laat de opstelling van de meting zien.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van een dubbele ring infiltrometer. De diameter van de buitenring is 100 cm, van de binnenring 30 cm. De infiltratiesnelheid is gemeten op 30 cm beneden maaiveld. Op deze diepte begon de indringweerstand snel toe te nemen.



Foto. 1. **Opstelling dubbele ring infiltrometer.**

In de opstelling van foto 1 wordt water in beide ringen opgezet. Het water zakt vervolgens naar beneden zodat de ondergrond verzadigd raakt. In de binnenring is gemeten hoe snel het water zakt in een waterverzadigde toestand. De gemeten infiltratiesnelheid is beschreven in tabel 2.

Tabel 2. **Infiltratiesnelheid gemeten met de dubbele ring infiltrometer.**

Locatie	Plot nr	Date	Infiltratiesnelheid (m/d)
Anna Paulowna	1	07-04-09	0.05
Anna Paulowna	2	07-04-09	-

In tabel 2 is alleen een waarde bij Plot 1 vermeld. Bij Plot 2 is bij de meting een fout opgetreden zodat deze niet meer betrouwbaar is.

De infiltratiesnelheid is uitgedrukt in meter water per dag (m/d). In Plot 1 was deze 0,05 meter per dag. Er zijn geen drempelwaarden bekend of dit voldoende is. De drempelwaarde van een goed functionerende drainage kan ook gebruikt worden. Deze moet minimaal 7 millimeter water per dag afvoeren. Dat lukt alleen als het profiel ook 7 mm per dag doorlaat. De gemeten 0,05 meter is echter 5 millimeter per dag. Dat is dus lager dan de gewenste afvoer voor een goede drainage.

3.4.2 Verzadigde waterdoorlatendheid (Ksat)

De verzadigde doorlatendheid van een grond kan worden beschouwd als één van de beste indicatoren voor de fysische kwaliteit van de grond. Het heeft een directe relatie met de kwaliteit van de structuur en de aanwezigheid van continue macroporiën. Door de vervorming van de grond tijdens verdichting neemt de continuïteit van de macroporiën af. Zowel de afname van het volume aan macroporiën als de onderbreking van de continuïteit van de macroporiën resulteren in een sterke afname van de verzadigde waterdoorlatendheid en de diffusie van zuurstof in de grond (Akker & de Groot 2008). Een slechte waterdoorlatendheid en daardoor lage infiltratiecapaciteit kan bij zware neerslag oppervlakkige afstroming en erosie veroorzaken en aanleiding geven voor overstromingen.

De verzadigde waterdoorlatendheid wordt gemeten in het laboratorium. Foto 2 laat hiervan de opstelling zien.



De monsters voor dit onderzoek hadden een diameter van 19 cm en een hoogte van 10 cm. De grondmonsters zijn eerst in plastic boxen geplaatst om ze met water te verzadigen. Voor kleimonsters zijn hiervoor 1 tot 4 weken nodig. Na verzadiging zijn de monsters in de opstelling van foto 2 geplaatst en opnieuw met water verzadigd.

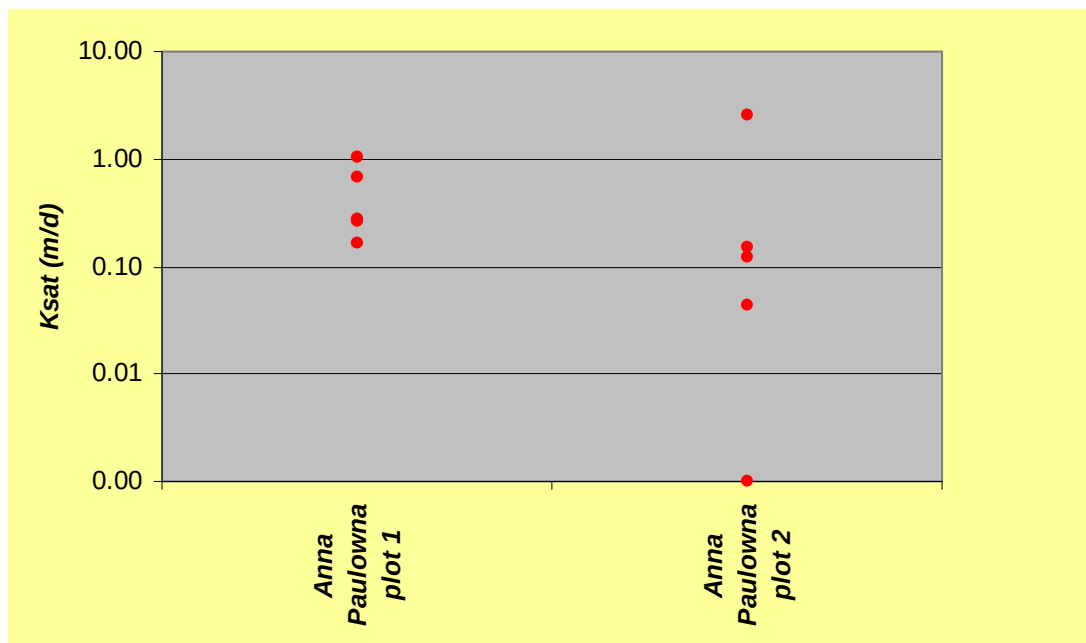


Fig 5. **Verzadigde waterdoorlatendheid.**

Volgens Lebert et al 2003 is voor een ondergrond een verzadigde waterdoorlatendheid van $K_{sat} = 10$ cm per dag een goede drempelwaarde. In figuur 5 is dat een waarde van 0,10 m/d. In Plot 1 voldoen alle monsters daar aan. De K_{sat} range varieerde hier van 0,27 tot 1 meter per dag. In Plot 2 zijn 2 monsters die die drempelwaarde niet halen. In Plot 2 was zelfs één monster die geen water doorliet.

4 Bodemkundig onderzoek PPO)

Naast het bodemkundig onderzoek van Alterra is op twee percelen een bodemkundige beoordeling uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar het voorkomen van de typen bodemlagen en de ontwikkeling van het wortelstelsel binnen het profiel.

Allereerst is dit gebeurt op het perceel aan de Veerweg.

Daarnaast is een perceel aan de Lotweg bezocht, op enkele kilometers van de Veerweg. Vóór de 70-er jaren was dit perceel in droge perioden erg droogtegevoelig. Er was geen sprake van wateroverlast ondanks dat dit perceel niet was gedraineerd. Omliggende percelen lieten dezelfde eigenschappen zien. Op enkele percelen aan de Lotweg is halverwege de 70-er jaren een diepe grondbewerking uitgevoerd om de droogtegevoeligheid te beperken. Van het originele profiel en het bewerkte profiel zijn profielbeschrijvingen uitgevoerd. Vooral het resultaat van de diepe grondbewerking is interessant om te kijken of het aansluit bij het onderzoek van Alterra.

4.1 Perceel Veerweg

Eind juli heeft op dit perceel een bodembeoordeling plaatsgevonden in de wintertarwe.

Het profiel waar geen problemen met water zijn geweest (Plot 1) zag er als volgt uit:

0-30 cm	bouwvoor: circa 20-25% afslibbaar met 2% organische stof
30-50 cm	kleilaag: is vergelijkbaar met de bouwvoor
50-70 cm	veenlaag: vooral heideveen
>70 cm	grijze zware klei

Foto 3 laat de profielopbouw en de beworteling zien. De bewortelingsdiepte ging dieper dan 80 cm beneden maaiveld. De veenlaag heeft hier niet storend gewerkt op de beworteling ondanks het droge weer. Omdat wintertarwe een vroeg gewas is, waren de wortels al in een vroeg stadium door het veen gegroeid. Het gewas had zo geen last van het opdrogend veen.

Het profiel waar wel problemen met water zijn geweest (Plot 2) had de volgende beschrijving:

0-30 cm	bouwvoor: circa 20-25% afslibbaar met 2% organische stof
30-42 cm	kleilaag: is vergelijkbaar met de bouwvoor
42-62 cm	veenlaag: vooral heideveen
>62 cm	grijze zware klei

Foto 4 laat de profielopbouw en de beworteling van Plot 2 zien. De veenlaag zit in dit profiel wat hoger in het profiel. De bewortelingsdiepte ging dieper dan 62 cm beneden maaiveld maar was minder intensief dan in Plot 1. De andere opmerkingen bij Plot 1 gelden ook voor Plot 2.

Foto's 3 en 4 laten duidelijk het verschil in beworteling zien tussen Plot 1 en Plot 2. Dat Plot 2 een minder intensieve beworteling had, komt voort uit de hogere indringweerstand en de hogere dichtheid op deze plaats. De minder goede bodemstructuur komt dus terug in de groei van het gewas. Effecten op de opbrengst zijn echter niet gemeten.



Foto 3. Profiel en beworteling Plot 1.



Foto 4. Profiel en beworteling Plot 2.

4.2 Perceel Lotweg

4.2.1 Origineel profiel

Het originele bodemprofiel (foto 5) is opgebouwd uit de volgende bodemlagen:

0-30 cm	bouwvoor: circa 20-25% afslibbaar met 2% organische stof
30-40 cm	kleilaag: is vergelijkbaar met de bouwvoor
40-85 cm	veenlaag: bovenste veen is heideveen, onderste veen is rietveen
>85 cm	grijze zware klei



Foto 5. **Origineel profiel perceel Lotweg.**

Foto 5 laat duidelijk de veenlaag zien die in het profiel aanwezig is. De veenlaag is halverwege de profielkuil onderbroken omdat daar een drain in ligt. Het veenpakket is sterk laagsgewijs opgebouwd en is hierdoor moeilijk bewortelbaar, vooral als het veen droog is. Wel heeft dit veenpakket zwel- en krimpvermogen, waardoor er verticale scheuren zichtbaar waren. Via deze scheuren groeiden de wortels naar beneden. Als het veen vochtig is en er groeit een diep wortelend gewas, kunnen de wortels diep wortelen. In 2009 groeiden er suikerbieten en de beworteling ging dieper dan 90 cm beneden maaiveld. Foto 6 laat de beworteling zien van het veen op 85 cm diepte. Dit perceel is nu gedraineerd.



Foto 6. **Beworteling veenlaag op 80-85 cm diepte.**

4.2.2 Bewerkt profiel

In verband met de grote mate van droogtegevoeligheid is op dit perceel half 70-er jaren een diepe grondbewerking uitgevoerd met een tweefasenploeg (foto 7).



Foto 7. **Tweefasenploeg om de veenlaag te breken.**

De tweefasenploeg bewerkt de ondergrond met het grote ploeglichaam. De voor achter het grote ploeglichaam wordt opgevuld met grond uit de bouwvoor. Het kleine ploeglichaam ploegt de bestaande bouwvoor in die voor. Het grote ploeglichaam breekt en mengt de grond enigszins, maar brengt ook een deel van de ondergrond naar boven (foto 8).



Foto 8. **Het grote ploeglichaam brengt een deel van de ondergrond naar boven.**

Foto 9 laat de profielopbouw zien 30-35 jaar na de bewerking. Deze is als volgt:

0-30 cm	bouwvoor: circa 30-35% afslibbaar en met 5-8% organische stof
30-40 cm	kleilaag: vergelijkbaar met de bouwvoor
40-85 cm	veenlaag: bovenste veen is heideveen, onderste veen is rietveen; op 50-70 cm diepte is het veen onderbroken door kleikluiten
>85 cm	grijze zware klei

Het organische stofgehalte van de bouwvoor is gestegen naar 6-9%. Na 30-35 jaar is dit gehalte met 1% gedaald. De aanwezige organische stof is dan redelijk stabiel. Ook is de bouwvoor iets zwaarder geworden. Door het hogere gehalte aan organische stof is de bewerkbaarheid nog goed.

In 2009 groeiden er consumptieaardappelen op dit perceel. De beworteling ging tot 60 cm diepte.

Na de diepe bewerking zijn er geen problemen meer geweest met waterplekken en was de droogtegevoeligheid veel minder. Dit perceel is nu ook gedraineerd.



Foto 9. **Profielopbouw na de diepe bewerking in de 70-er jaren.**

5 Bespreking resultaten

Uit de resultaten van het grondonderzoek van de Veerweg komt naar voren dat de bodemdichtheid, de indringweerstand en het aandeel met lucht gevulde poriën in de laag onder de bouwvoor erg laag is. Deze laag is mechanisch verdicht en er zijn maatregelen nodig om deze bodemeigenschappen weer op een voldoende hoog peil te brengen. Allereerst is het belangrijk een verdere verdichting te voorkomen en/of te beperken. Hiervoor zijn verschillende maatregelen beschikbaar:

1. voer geen werk uit onder natte omstandigheden (Hoogmoed 2008)
2. beperk het aantal bewerkingen zoveel als mogelijk (Larson et al, 1994)
3. beperk overmatig gewicht (Alakkukku, 1996)
4. zorg voor een goede ontwatering (drainage) van het perceel (Isbell, 2002)
5. zorg voor een goede vruchtopvolging: niet alleen hakvruchten (Champers *et al.*, 1990)
6. maak gebruik van goede werktuigen
7. gebruik radiaalbanden met een grote diameter
8. gebruik tandmassen
9. gebruik voorwielaandrijving

De slemgevoeligheid van de bouwvoor is lastig aan te pakken. Er zijn wel enkele teeltmaatregelen die slem (kunnen) beperken:

- De grond bewerken als deze redelijk droog is
- De grond niet te fijn leggen
- Grondbewerking uitvoeren als er droog weer voorspeld wordt
- Een wintergewas vroeg zaaien in het najaar. Het gewas is dan verder ontwikkeld (dieper wortelstelsel) als er veel water valt en zal een natte periode beter overleven

Naast het voorkomen van structuurbederf is het op dit perceel belangrijk de verdichte laag aan te pakken. Een betere structuur zal de doorlatendheid, beluchting, beworteling en de verticale waterdoorlatendheid verbeteren.

In Flevoland is onderzoek uitgevoerd op een perceel met een verdichte laag op 25-40 cm beneden maaiveld. Er is verschillende werktuigen ingezet o.a. een gewone woelpoot, Agrisem combiplot en een spitmachine. Na de bewerking is geen groenbemester ingezaaid. De verdichting leek na de diepe grondbewerking iets minder dicht te zijn geworden, maar was nog steeds duidelijk aanwezig. Het probleem van wateroverlast werd niet kleiner (Van Geel et al 2009).

Een diepe grondbewerking zonder groenbemester is dan niet de oplossing. Als er in één bewerking bij het opbreken wel een groenbemester wordt gezaaid, zouden de plantenwortels de breukvlakken kunnen bewortelen, zodat de opgebroken grond minder snel terugvalt in de oude situatie. Vergelijkbaar onderzoek in 2008 (Paauw en Dekker 2008) liet dit echter niet duidelijk zien.

Aanvoer van organische stof biedt mogelijkheden om structuurherstel van de bodem te stimuleren. Organische stof activeert het bodemleven zodat er openingen in de verdichte laag ontstaan. Tot welke mate van verdichting dit lukt, is niet duidelijk.

Om qua bewerking het perceel aan de Veerweg te vergelijken met het perceel aan de Lotweg is lastig. Aan de Lotweg is een bewerking uitgevoerd die gericht is geweest op de storende veenlaag. Met een tweefasenploeg is de veenlaag gebroken. Een verdichte kleilaag breken is wat anders dan een veenlaag breken. Aan de Lotweg is klei in de veenlaag gebracht, zodat deze beter bewortelbaar is. Dit idee zou misschien ook gebruikt kunnen worden aan de Veerweg. Maar dan andersom.

Met een bewerking zou wat veen in de verdichte kleilaag gebracht moeten worden. Met organische stof tussen de klei wordt voorkomen dat de kleideeltjes weer terug kunnen vallen in de oude situatie. Om veen in het kleipakket te krijgen, moet de verdichte laag eerst goed gebroken worden. Het breken van de kleilaag en het mengen met veen vraagt een special bewerking. Of een tweefasenploeg hiervoor een geschikt werktuig is, is niet duidelijk.

Literatuur

Akker, J.J.H. van den & W.J.M. de Groot (2008). Een inventariserend onderzoek naar de ondergrondverdichting van zandgronden en lichte zavel. Alterra-rapport 1450, Wageningen 77 p.

Alakukku, L. 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic: I. Long-term effects on the properties of fine-textured soils. *Soil Tillage Res.* 37 (1996), pp. 223–238.

Bakker J.W., F.R. Boone, P. Boekel 1987. Diffusie van gassen in grond en zuurstofdiffusiecoëfficiënten in Nederlandse akkerbouwgronden. ICW-rapport 20, Alterra Wageningen UR, Wageningen, 44 p.

Champers, R., Natho-Jina, S., Weil, C., McKyes, E. 1990. Crop rotations and subsoiling on compacted clay soils. ASAE Paper No. 90–1102. Am. Soc. of Agric. Engineers, St. Joseph, MI.
Hoogmoed, W.B. 2008. Lecture notes Advanced soil technology. Wageningen University.

Isbell, R.F. 2002. The Australian soil classification, revised 1st ed. CSIRO Publishing, Melbourne.

Larson, W.E., Eynard, A., Hadas, A., Lipiec, J. 1994. Control and avoidance of soil compaction in practice. In: Soane, B.D., van Ouwerkerk, C. (Eds.), *Soil Compaction in Crop Production*. Elsevier Science, pp. 597–625.

Lebert, M., Brunotte, J., Sommer, C. 2003. Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr. Abschlussbericht Förderkennzeichen (UFOPLAN) 200 71 245, Umweltbundesamt, Berlin.

Paauw J.G.M. en Dekker P.H.M. 2008. Bodemverdichting Noord-Holland 2008. Inventarisatie vocht- en structuurproblemen. 39 p.

Ten Cate, J.A.M., Van Holst, A.F., Kleijer, H., Stolp, J. 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel D. Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Technisch Document 19D. DLO Staring Centrum, Wageningen, 135 p.

Van Geel, P.H.M. Dekker, W.J.M. Groot 2009. Verbetering structuur ondergrond. Verslag van veldonderzoek op een zavelgrond te Lelystad 2006-2009. 60 p.

