

## **Incentives voor het voorkomen van bodemverdichting**

Een verkenning naar mogelijke oplossingsrichtingen

Zwanet Herbert, Jan-Paul van der Kolk, Chris Koopmans



© 2023 Louis Bolk Instituut

Incentives voor het voorkomen van bodemverdichting – Een verkenning naar mogelijke oplossingsrichtingen

Zwanet Herbert, Jan-Paul van der Kolk, Chris Koopmans

Zoekwoorden

Publicatienummer 2023-018 LbP.

46 pagina's

Deze publicaties is beschikbaar via [www.louisbolk.nl/publicaties](http://www.louisbolk.nl/publicaties)

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

[info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>8</b>
<b>2 Bodemverdichting in Nederland</b>	<b>10</b>
2.1 Bodemverdichting	10
2.2 Draagkracht van de bodem	11
2.3 Status bodemverdichting in Nederland	13
2.4 Voorkomen van bodemverdichting	16
2.5 Beleidsadvies TCB 2011 rondom tegengaan bodemverdichting	17
<b>3 Opzet interviews met ketenpartijen</b>	<b>20</b>
<b>4 Inhoudelijke resultaten interviews</b>	<b>21</b>
4.1 In kaart brengen bodemverdichting in Nederland	21
4.1.1 <i>Huidige status in kaart brengen aandachtsgebieden</i>	21
4.1.2 <i>Nieuwe methoden om bodemverdichting in kaart te brengen</i>	21
4.2 Urgentie problematiek rondom bodemverdichting	22
4.2.1 <i>Urgentie vanuit akkerbouwers</i>	22
4.2.2 <i>Urgentie vanuit ketenpartijen</i>	22
4.3 Werkzaamheden onder slechte omstandigheden	24
4.3.1 <i>Inschatten bodemomstandigheden</i>	24
4.3.2 <i>Voorkomen van werkzaamheden onder slechte omstandigheden</i>	24
4.4 Inzet van zware machines	26
4.4.1 <i>Trend zware machines</i>	26
4.4.2 <i>Kansen en knelpunten voor lichte machines</i>	27
<b>5 Beleidsmatige resultaten interviews</b>	<b>29</b>
5.1 <i>Beleid sinds het TCB-adviesrapport uit 2011</i>	29
5.2 <i>Mogelijke maatregelen, ketenafspraken en aandachtspunten voor beleid</i>	30
5.2.1 <i>Preventieve maatregelen</i>	32
5.2.2 <i>Ketenafspraken</i>	33
5.2.3 <i>Beleidsrichtingen</i>	34
<b>6 Conclusies</b>	<b>39</b>
<b>7 Aanbeveling</b>	<b>41</b>
<b>Literatuur</b>	<b>44</b>
<b>Bijlage 1. Lijst geïnterviewden</b>	<b>46</b>



## Samenvatting

Bodemverdichting is in Nederland een probleem waardoor de kwaliteit van landbouwbodems onder druk staat. Binnen het Nationaal Programma Landbouwbodems (NPL) wordt gestreefd naar een duurzaam beheer van alle Nederlandse landbouwbodems in 2030. Daarmee zal een oplossing gevonden moeten worden voor de problematiek en het risico op toenemende bodemverdichting bij ongewijzigd beleid.

In dit onderzoek wordt nagegaan welke maatregelen, ketenafspraken en aandachtspunten voor beleid de kans op bodemverdichting kunnen verminderen om zo de bodemkwaliteit te behouden en te verbeteren. Dit onderzoek dient daarbij als een verkenning naar factoren die in de markt rond bodemverdichting worden ervaren. In dit onderzoek zijn semigestructureerde interviews afgenomen bij 16 deelnemers vanuit verschillende partijen waaronder akkerbouwer, loonwerker, adviseurs, ketenpartijen, beleidsondersteuning en onderzoek.

Bodemverdichting wordt hier gedefinieerd als de verdichting en vervorming van de bodemstructuur onder druk, voornamelijk als gevolg van de inzet van mechanisatie. Uit de literatuur blijkt dat bodemverdichting speelt op circa de helft van het Nederlandse landbouwareaal en dan met name in de akkerbouw op klei. Ook komt naar voren dat zonder natuurlijk herstel bijna alle Nederlandse ondergronden in de loop van de tijd verder zullen verdichten en ondergrondverdichting daarmee steeds meer een permanente vorm krijgt (van den Akker 2020). Afgelopen jaren is ingezet op technische kennisontwikkeling naar de impact van (zware) machines op ondergrondverdichting. Om bodemverdichting tegen te gaan zijn de omstandigheden van de veldwerkzaamheden belangrijk maar ook de mechanisatie die wordt ingezet. Het vraagstuk van bodemverdichting is echter niet alleen een technisch vraagstuk.

De Technische Commissie Bodem (TCB) stelde in haar onderzoek uit 2011 dat het beleid primair gericht moet zijn op preventie. De TCB pleitte ervoor dat het beleid tegen ondergrondverdichting wordt ontwikkeld in samenhang met andere aspecten van bodemkwaliteit, voornamelijk de bodem fysische en -biologische aspecten. Het opheffen van bestaande ondergrondverdichting lijkt maar beperkt mogelijk door het ontbreken van effectieve curatieve maatregelen, aldus de TCB in 2011.

Naar aanleiding van het advies van de TCB is de mate van ondergrondverdichting in Nederland in kaart gebracht (Van den Akker, 2019). Inmiddels wordt in Europees verband gewerkt aan het inschatten van bodemverdichting en is een risicotool (Terranimo) beschikbaar gekomen.

Het doel van dit onderzoek is, aanvullend op het TCB-advies, om inzicht te krijgen in de maatregelen, ketenafspraken en aandachtspunten voor beleid waardoor de kans op bodemverdichting verder kan afnemen richting 2030.

Akkerbouwers en ketenpartijen geven aan dat de aandacht voor bodemverdichting de afgelopen jaren hoger op de agenda is gekomen. Een deel van de ketenpartijen dragen bij aan bewustwording rond bodemverdichting onder akkerbouwers. Enkele loonwerkers zien het inspelen op bodemverdichting als een kans om zich te onderscheiden. Professioneel inschatten van de bodemomstandigheden met een risicotool (model of visueel) wordt echter nauwelijks ingezet in de akkerbouwpraktijk. Akkerbouwers voelen zich nogal eens opgejaagd in het voorjaar om te beginnen met de veldwerkzaamheden. Eigen mechanisatie, gepaard gaande met een bedrijfsomvang van zo'n 60-80 hectare levert de mogelijkheid om flexibel om te gaan met de werkzaamheden. Dit kan anders zijn bij een (veel) grotere bedrijfsomvang. Met name rond oogstwerkzaamheden neemt het risico op bodemverdichting toe. De mate van flexibiliteit die bij oogstwerkzaamheden wordt geboden verschilt: vroeglever premies lijken onvoldoende om opbrengstderving die ontstaat bij vroeg leveren te compenseren. Daarom maken akkerbouwers hier relatief weinig gebruik van en neemt het risico op oogstwerkzaamheden onder ongunstige omstandigheden toe.

De trend naar zware machines lijkt na 30 jaar, in Nederland, te stabiliseren aldus de geïnterviewden. De inzet op lichtere machines komt echter nog onvoldoende van de grond. Hier lijkt de benodigde capaciteit bij veldwerkzaamheden een knelpunt maar ook kennis van nieuwe techniek. Tijd om goed in te spelen op nieuwe mogelijkheden ontbreekt in veel gevallen. Veel wordt verwacht van autonome machines maar hoge investeringskosten en onduidelijkheid rond wet- en regelgeving staan een snelle uitrol in de weg.

De afgelopen jaren is de aandacht uitgegaan naar eerdergenoemde preventieve maatregelen zoals het zoeken naar oplossingen in bouwplanverband. De marges laten echter weinig ruimte voor bouwplanverbeteringen. Met een verbetering van de samenwerking tussen loonwerkers en akkerbouwers kan de kans op bodemverdichting verminderen. Loonwerkers die beter in staat zijn de werkzaamheden te plannen en vóór seizoenbegin weten wat van hen wordt gevraagd, kan helpen de werkzaamheden beter af te stemmen op de bodemomstandigheden gedurende het seizoen. Ook de transportcapaciteit bij oogstwerkzaamheden blijft cruciaal om de kans op bodemverdichting tegen te gaan. Keuzes hierbij gaan verder dan aanpassing van de banden en bandenspanning, wil bodemverdichting worden voorkomen. Vaak kost dit echter capaciteit en dus geld.

Het voorkomen van bodemverdichting wordt gezien als een complexe uitdaging aangezien er verschillende aspecten meespelen bij het verdichten van de bodem. In grote lijnen zijn dit

(i) het gebrek aan inzicht en kennis, (ii) de belasting van de bodem (machinegewicht), (iii) de timing van werkzaamheden en (iv) het bouwplan. Dit vertaalt zich in concrete maatregelen, mogelijke ketenafspraken en beleidsrichtingen. In het huidige Nederlandse landbouwsysteem worden relatief veel laattroeiende gewassen geteeld vanwege het lage saldo van alternatieven. In deze teelten worden hoge opbrengsttonnages gehaald en is het risico op slechte omstandigheden tijdens werkzaamheden relatief hoog. De beperkte beschikbaarheid en hoge kosten van arbeid maken het uitvoeren van werkzaamheden met een verlaagde capaciteit lastig. Daarnaast is er weinig financiële ruimte om te investeren in bodem besparende maatregelen.

Zeven concrete routes worden aanbevolen waarmee de komende tijd de problematiek van de bodemverdichting verder aangepakt kan worden en waar beleidsmatig op ingezet zou kunnen worden:

1. Kennisontwikkeling en dan met name inzicht in de lange termijnschade die door bodemverdichting ontstaat en de kosten die daarmee zijn verbonden.
2. Kennisverspreiding en met aandacht voor de nieuwste kennis maar ook de mogelijkheid voor onderlinge uitwisseling tussen akkerbouwers, advies en onderzoek in bijvoorbeeld praktijknetwerken.
3. Stimuleren en faciliteren van de ontwikkeling van lichtere (autonome) machines met ook aandacht voor de knelpunten bij implementatie.
4. Stimulering van de samenwerking tussen loonwerker en akkerbouwer om de werkzaamheden en planning vóór het seizoen inzichtelijk te krijgen en veldwerkzaamheden van het afgelopen seizoen samen te evalueren.
5. Betrekken van waterschappen bij de problematiek kan helpen om de waterschappen een actievere rol te laten spelen bij het tegengaan van bodemverdichting daar het ook in hun belang is aangezien bodemkwaliteit van belang is voor de waterkwaliteit en waterberging.
6. In kaart brengen van kansen die de eco-regeling uit het GLB biedt: evaluatie van de huidige maatregelen in het licht van bodemverdichting en effectiviteit van de inzet van gerichte maatregelen om bodemverdichting via de eco-regeling tegen te gaan.
7. Concretisering van afspraken, eventuele eisen en borging om bodemverdichting via de pachtcontracten tegen te gaan.

# 1 Inleiding

De Nederlandse agrarische sector staat voor verschillende grote opgaven op het gebied van klimaat, voedselzekerheid, biodiversiteit en waterkwaliteit. Om deze opgaven te realiseren staat een goede kwaliteit van de landbouwbodems als randvoorwaarde centraal. Duurzaam bodembeheer speelt een hoofdrol in de transitie naar kringlooplandbouw en is daarom een belangrijk thema in het beleid van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Het Nationaal Programma Landbouwbodems (NPL) is opgezet door LNV met als streefdoel om in 2030 alle Nederlandse landbouwbodems duurzaam te beheren. Hierbij is het streven om met gezamenlijke inspanning vanuit zowel de publieke als de private sector aan het doel te werken.

De kwaliteit van landbouwbodems in Nederland staat onder druk door onder andere een toename van bodemverdichting. Bodemverdichting is een verslechtering van de bodemstructuur, waardoor de bewortelbaarheid afneemt en gewassen kwetsbaar worden. Dit kan leiden tot meer inzet van (kunst)mest en gewasbeschermingsmiddelen. Ook vermindert de waterhuishouding van de bodem wat leidt tot hogere risico's op water- en droogteschade en meer noodzaak tot beregening.

Het huidige landbouwsysteem in Nederland werkt met lage winstmarges en hoge grond- en pachtprizen voor agrariërs. Gevolg is dat er door agrariërs veelal gekozen moet worden voor hoogproductieve gewassen zoals aardappels en suikerbieten. In deze teelten worden vaak zware machines ingezet om het land efficiënt te kunnen bewerken en wordt steeds later in het jaar geoogst. Het risico op de inzet van te zware machines onder ongunstige omstandigheden is daardoor vergroot en daarmee ook het risico op bodemverdichting. Hiermee is een hardnekkig probleem ontstaan dat duurzaam bodembeheer richting 2030 in de weg zit.

De meest gelopen route richting het voorkomen van bodemverdichting is het werken aan technologische oplossingen. Techniek is één van de aspecten van de agrarische bedrijfsvoering, maar voor de impact ervan op de bodem geldt dat het gaat over hoe en wanneer een techniek of machine wordt ingezet. Het verkeerde gebruik leidt tot problemen. Dat gebruik wordt beïnvloed door diverse sociaaleconomische en maatschappelijke factoren zoals bijvoorbeeld hoge grondprijzen en de druk vanuit de keten via leverafspraken. Voor het voorkomen van bodemverdichting is het belangrijk dat er aandacht is voor de sociaaleconomische en maatschappelijke aspecten van de hele productieketen (Bakema et. al, 2021).



**Doelstelling**

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de maatregelen, ketenafspraken en aandachtspunten voor beleid waardoor de kans op bodemverdichting door de inzet van zware machines verkleind kan worden om zo tot een verbetering van de bodemkwaliteit te komen.

Dit onderzoek dient als een verkenning naar met name de diverse sociaaleconomische en maatschappelijke factoren die spelen rondom bodemverdichting en die door partijen in de markt worden ervaren. Hierbij ligt de focus specifiek op ondergrondverdichting en wordt gekeken naar de akkerbouwsector op klei aangezien de problematiek daar het grootst is.

## 2 Bodemverdichting in Nederland

Een literatuurstudie is uitgevoerd naar de feitelijkheden rond bodemverdichting in Nederland, de belangrijkste redenen van de inzet van zware machines en de beleidsmatige context en ontwikkelingen.

### 2.1 Bodemverdichting

#### Definitie

Bodemverdichting wordt gedefinieerd als de verdichting en vervorming van de bodemstructuur onder druk, gewoonlijk als gevolg van de inzet van mechanisatie. De bodemstructuur wordt bepaald door de vorm en de stabiliteit van de bodemaggregaten. Dit zijn samenhangende bodemdeeltjes die een stabiel geheel vormen met het organisch materiaal in de bodem. Afgeronde aggregaten zorgen voor ruimte tussen de bodemdeeltjes. Deze poriën maken dat de bodem doorlatend is voor water en lucht, en zorgen dat de bodem makkelijk te doorboren is door wortels. Wanneer er door de implementatie van een machine een grote druk wordt uitgeoefend op de bodem worden de aggregaten samengedrukt. De luchtige structuur van de bodem gaat hierdoor verloren. Hierdoor neemt de bulkdichtheid van de bodem toe en neemt de porositeit van de bodem af, waardoor de bodem minder doorlaatbaar wordt (de Lijster et al., 2016).

#### Soorten bodemverdichting

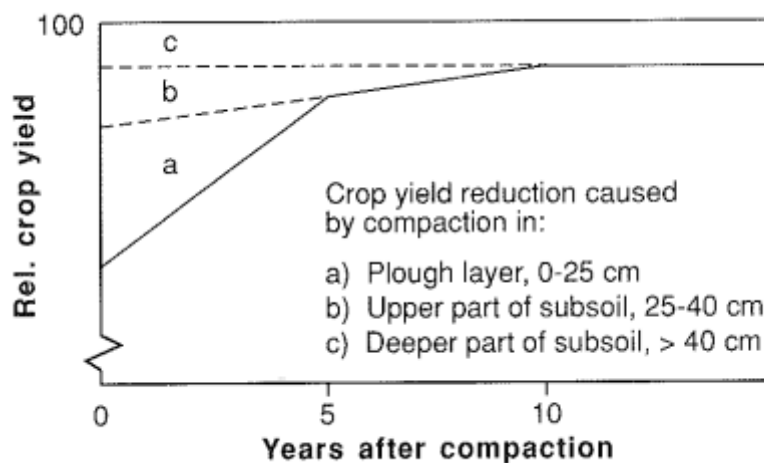
Bodemverdichting kan uitgesplitst worden in ondergrond- en toplaagverdichting. Het opheffen van toplaagverdichting (0-30 centimeter) is niet eenvoudig maar vaak wel mogelijk. De verdichting kan weer worden opgebroken door een bodembewerking (woelen, frezen etc.) en via natuurlijke processen (zwellen en krimp, beworteling en activiteit van het bodemleven). Bij het lostrekken van de bodem bestaat echter het risico dat de structuur nog verder verstoord wordt en de bodem na het zetten van de grond verder verdicht raakt. Het is hierom essentieel alleen een bodembewerking uit te voeren wanneer de bodem voldoende droog is en daarnaast na de bewerking een diepwortelende groenbemester in te zaaien om het zetten van de grond tegen te gaan. In tegenstelling tot de bovengrond kan de ondergrond (>30 centimeter) niet worden losgetrokken omdat de kosten hiervan te hoog zijn, de omstandigheden om een dergelijke bodembewerking uit te voeren zelden gunstig zijn en de bijkomende negatieve effecten waarschijnlijk groot zijn (Bakema et al., 2021). Verdichting van de ondergrond wordt daarom gezien als onherstelbaar.

#### Gevolgen bodemverdichting

Verdichting van de bodem leidt tot lagere gewasopbrengsten doordat de gewassen minder goed groeien. Wortels kunnen minder goed doordringen in de bodem door fysieke barrières, waardoor een minder groot aandeel van de bouwvoor gebruikt kan worden voor de vocht- en nutriëntenvoorziening van het gewas. Daarnaast verslechtert bodemverdichting de

drainage van het perceel, wat kan leiden tot ongunstige lucht- en vochtcondities voor het gewas. Door bodemverdichting vermindert de infiltratiecapaciteit, waardoor water op het perceel kan stagneren en het risico toeneemt dat regenwater met nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen horizontaal afstromen naar het oppervlaktewater. Als je deze effecten vertaalt naar ecosysteemdiensten leidt bodemverdichting tot een achteruitgang van de voedsel- en biomassa-productie, het opslaan, filteren en transporteren van water en stoffen, en de beschikbaarheid van habitat voor bodemleven (TCB, 2011).

Onderzoek op meerdere veldlocaties laat zien dat in het eerste jaar nadat bodemverdichting heeft plaatsgevonden de gewasopbrengsten gemiddeld ongeveer 15 procent lager liggen dan in een situatie waarin de bodem niet is verdicht (Figuur 1; Hakansson en Reeder, 1994). Hierbij is de reductie erg afhankelijk van de mate van droogte in het groeiseizoen (de Lijster et al., 2016). De reductie komt grotendeels door de verdichting van de bovengrond (Figuur 1; a)). Het onderzoek van Hakansson en Reeder (1994) liet zien dat na 10 jaar de opbrengstverliezen beperkt waren tot zo'n 3 procent. Deze 3 procent is toe te schrijven aan ondergrondverdichting (Figuur 1; c) en is vermoedelijk permanent.



Figuur 1: Relatieve gewasopbrengst op een verdichte bodem ten opzichte van een bodem die niet is verdicht (Hakansson en Reeder, 1994).

Berekeningen van Countus laten zien dat bij beperkte verdichting 20% opbrengstverlies bij snijmais een voorzichtige inschatting is met een opbrengstverlies van 495 euro per hectare. (Tinhout, 2020). Voor aardappel wordt niet benoemd hoe gevoelig deze is voor bodemverdichting maar 20% derving kost bij aardappel al 1155,- euro per hectare (Tinhout, 2020)

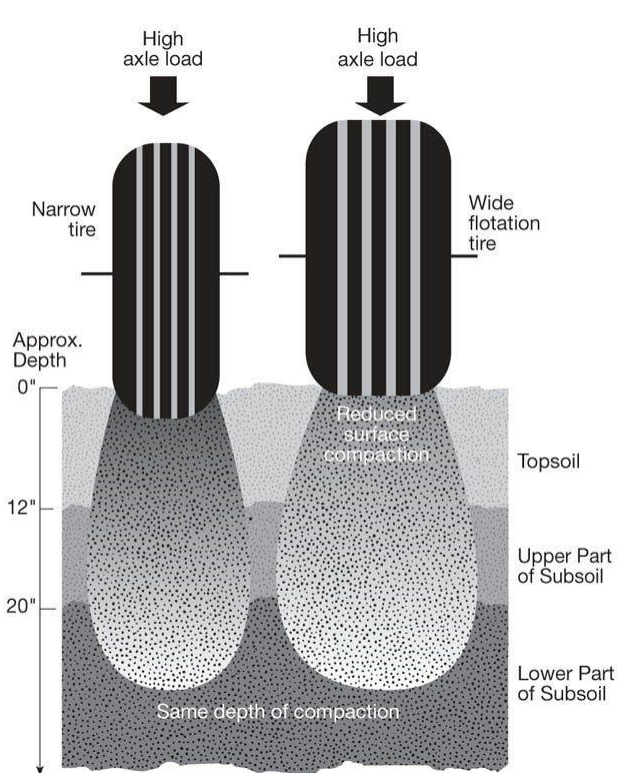
## 2.2 Draagkracht van de bodem

### Wielast en grondspanning

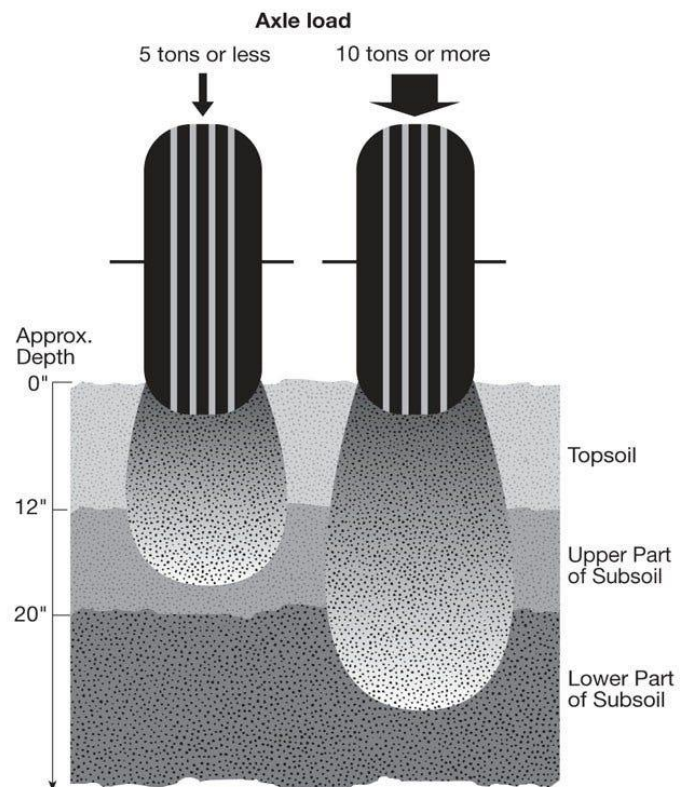
Het effect van een machine op de bodem wordt bepaald door de wielast en door de grondspanning die de machine uitoefent op de bodem. De wielast is het totale gewicht dat gedragen wordt door één wiel. De grondspanning is de druk die uitgeoefend wordt door het

wiel op het bodemoppervlak en wordt bepaald door de wiellast en het contactoppervlak (bepaald door de bandbreedte en de bandenspanning) van de machine.

De wiellast en de grondspanning hebben een verschillende werking op de bodem. Verdichting in de bovenlaag van de bodem (0-30 cm) treedt op bij een te hoge grondspanning (Figuur 2). In het bovenste gedeelte van de ondergrond (30-50 cm) wordt verdichting veroorzaakt door een combinatie van een te hoge grondspanning en een te zware wiellast. In de ondergrond wordt verdichting alleen veroorzaakt door een te zware wiellast (Figuur 3; Abaye et al., 2006).



Figuur 2: Bodemverdichting boven in de bodem wordt bepaald door de grondspanning. Hoe hoger de grondspanning hoe hoger de druk in de bovengrond (Abaye et al., 2006).



Figuur 3: Bodemverdichting in de ondergrond wordt veroorzaakt door een hoge wiellast. Hoe hoger de wiellast, hoe hoger de druk op de ondergrond (Abaye et al., 2006).

Of een bepaalde wiellast en grondspanning leidt tot verdichting en vervorming van de bodemstructuur, en een machine dus te zwaar is, hangt af van de draagkracht van de bodem. Sommige bodems verdichten al bij een grondspanning van 30 kPa terwijl andere bodems bestand zijn tegen een grondspanning van meer dan 150 kPa. Als vuistregel wordt vaak genoemd dat het het beste is om met minder dan 80 kPa (0,8 bar) bandenspanning het perceel te betreden en dit onder natte omstandigheden in het voor- of najaar te beperken tot 40 kPa (0,4 bar) (de Lijster et al., 2016). Onderzoek naar de maximale wiellast in verschillende veldproeven liet zien dat een wiellast van 5 ton al leidt tot verdichting van de ondergrond die zich praktisch niet meer herstelt over tijd.

### **Factoren die de draagkracht bepalen**

De draagkracht van de bodem wordt aan de ene kant bepaald door bodemeigenschappen zoals de bodemtextuur en het organische stofgehalte. Zandgronden worden als verdicht gezien wanneer de bulkdichtheid de  $1,6 \text{ g cm}^{-3}$  overschrijdt. Kleigronden met dezelfde bulkdichtheid zijn massiever en nog moeilijker doordringbaar. Voor kleigronden wordt daarom een lagere maximaal toelaatbare bodemdichtheid gehanteerd welke afhankelijk is van het kleigehalte in de bodem (Van den Akker, 2019). Deze gronden hebben daarom weinig extra belasting nodig om te verdichten. Verder hebben zandgronden weinig cohesie en daarom treedt er niet alleen verdichting op maar ook vervorming van de bodem waardoor wortelgangen en grote poriën verdwijnen. De gevoeligheid van zandgrond op ondergrondverdichting is daarmee groot. Het voordeel van zandgronden is wel dat ze makkelijk draineren en de omstandigheden om het perceel te betreden daarom vaker gunstig zijn (Bakema et al., 2021).

Een goed uitgedroogde kleibodem is veel sterker dan een bodem die bestaat uit zand. Naarmate het lutumgehalte stijgt zal ook de sterkte van de bodem toenemen. Kleigronden blijven wel langer nat, waardoor de tijdspanne waarin de grond bewerkt kan worden zonder dat er ondergrondverdichting optreedt beperkt is (Bakema et al., 2021). Een groot voordeel van kleigronden ten opzichte van zandgronden is dat kleibodems de eigenschap hebben om te krimpen wanneer ze droog worden en te zwellen wanneer ze nat zijn. Hierdoor kan een klei zijn oorspronkelijk doorlatendheid weer gedeeltelijk terugkrijgen (Bakema et al., 2021).

De draagkracht van een bodem wordt daarnaast voor een groot gedeelte bepaald door het vochtgehalte in de bodem. Een nat perceel is minder draagkrachtig dan een droog perceel. Een vochtige bodem loopt daarmee een groter risico om verdicht te raken wanneer deze belast wordt met zware machines. Dit treedt met name op in het vroege voorjaar en het najaar wanneer de verdamping vanuit het perceel laag is.

### **Inschatten draagkracht**

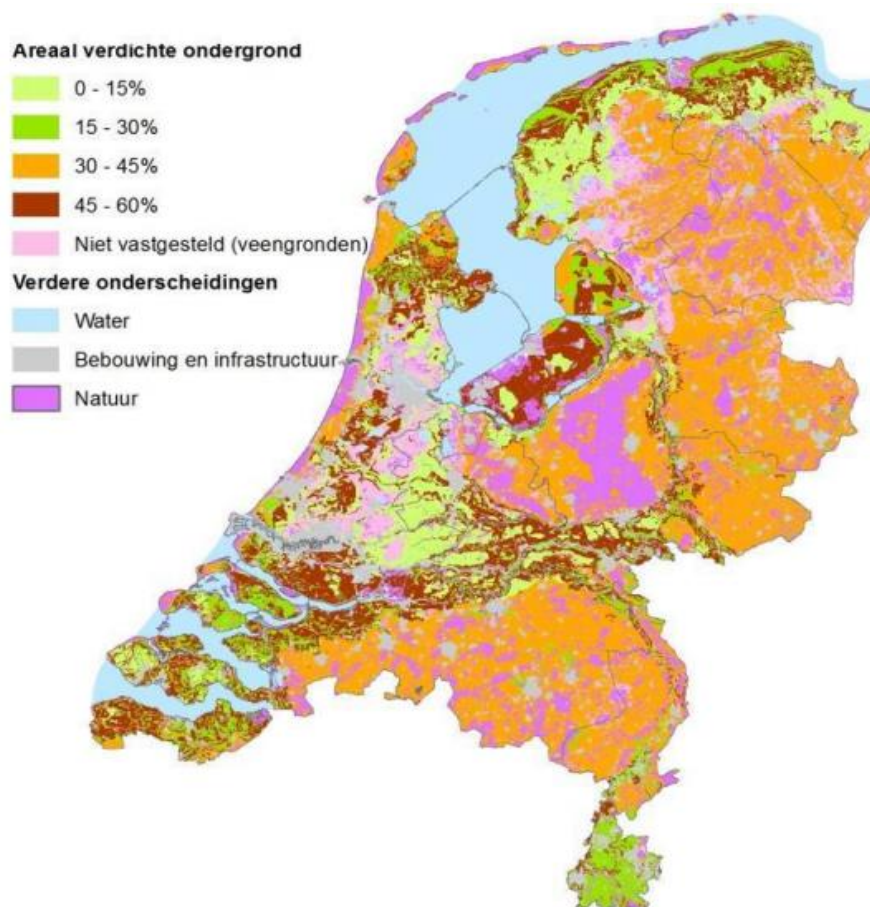
Het is erg lastig om de daadwerkelijke draagkracht van de bodem op het moment van betreding in te schatten. Tools en checklists zijn beschikbaar voor boeren om te bepalen wanneer de omstandigheden op hun perceel voldoende zijn om het perceel te berijden zonder risico op verdichting (Cosun, checklist overzicht bodemverdichting, Terranimo). Bij dit soort tools worden verschillende trucs gegeven die je iets vertellen over de bodemvochtigheid als indicator voor de draagkracht van de bodem.

## **2.3 Status bodemverdichting in Nederland**

Vermeulen et al. (2013) heeft onderzoek gedaan naar de bodembelasting die wordt uitgeoefend op de bodem gedurende de teelt van verschillende gewassen en hoe deze zich

verhoudt tot de bodembelasting in 1980. In de periode 1980 – 2010 blijken de wiellasten flink te zijn toegenomen (ongeveer een verdubbeling, van gemiddeld 3700 kg naar 7100 kg per wiel). De breedte van de band nam met zo'n 70% toe om de toegenomen wiellasten te kunnen dragen en de gemiddelde grondspanning onder de band te kunnen verlagen. Bij wiellasten onder de 7000 kg nam de bandendruk gemiddeld af en bij wiellasten boven de 7000 kg nam deze juist toe omdat er in die situatie geen mogelijkheden waren om de toegenomen wiellast voldoende te compenseren door bredere banden te implementeren. De samenvattende conclusie van dit onderzoek is dat de bodembelasting in de ondergrond van 1980 tot 2010 ongeveer gelijk gebleven is op 25 centimeter diepte, 10 procent is toegenomen op 40 centimeter diepte en 20 procent is toegenomen op 50 centimeter diepte. Daarmee is het risico op ondergrondverdichting in de periode 1980 - 2010 duidelijk toegenomen.

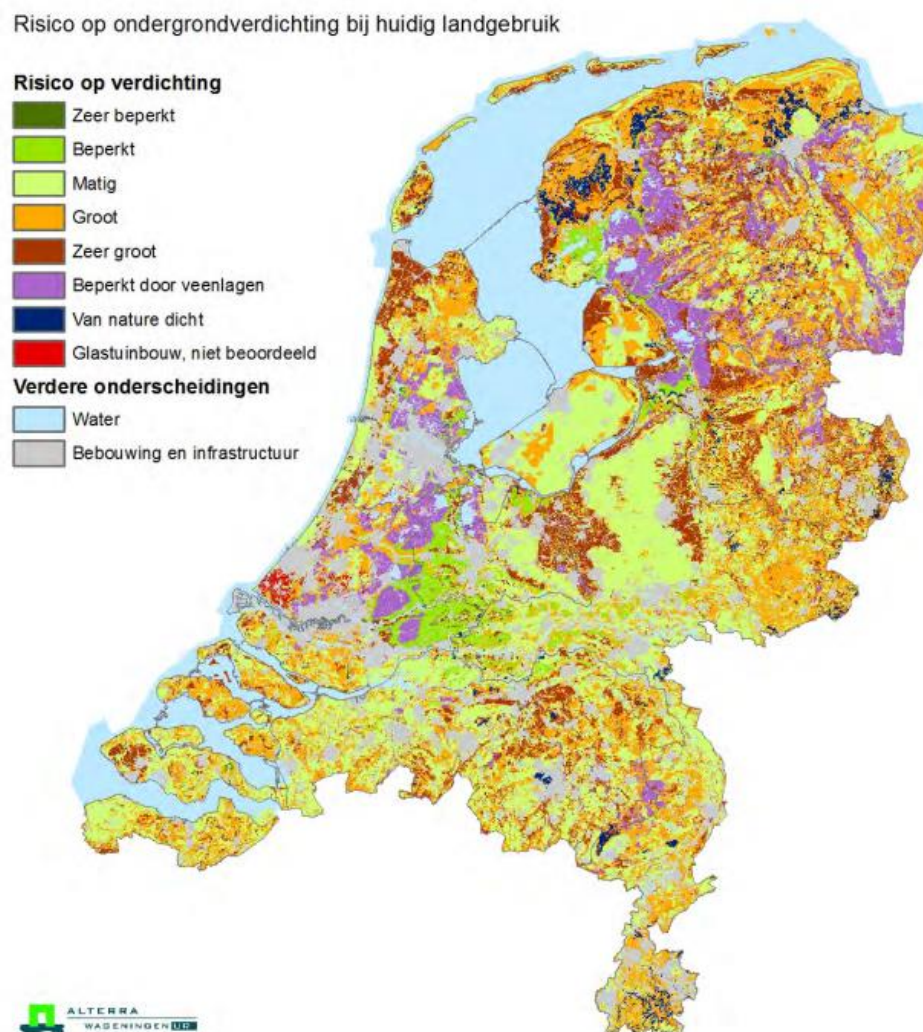
Gebaseerd op gemeten dichtheden op 128 locaties (Brus en van den Akker, 2018) is een grove schatting gemaakt dat iets minder dan 50 procent van de Nederlandse landbouwgrond een te dichte ondergrond heeft (Figuur 4; van den Akker et al., 2019). Het blijkt dat ondergrondverdichting in akkerland meer voorkomt dan op grasland.



Figuur 4: Ondergrondverdichting in 2013 (Van den Akker et al., 2019).



De data uit deze steekproef is daarnaast gebruik door van den Akker et al. (2013) om het risico op ondergrondverdichting bij het huidige landgebruik in kaart te brengen (Figuur 5). Hiervoor is het SOCOMO model gebruikt. Het blijkt dat bijna alle ondergronden in Nederland niet sterk genoeg zijn om de wiellasten die gebruikt worden bij gemiddelde veldwerkzaamheden zonder verdichting te dragen. Vooral bij zelfrijdende bemesters en oogstmachines zijn de wiellasten zo groot, dat het voorkomen van ondergrondverdichting onmogelijk wordt. Op basis van de draagkracht zouden bijna alle ondergronden onder de categorie "zeer groot risico op verdichting" vallen. Factoren zoals de mogelijkheid van natuurlijk herstel maken de grond minder gevoelig voor ondergrondverdichting en hebben ervoor gezorgd dat veel ondergronden onder categorieën met een lager risico vallen. Uit dit onderzoek komt naar voren dat zonder natuurlijk herstel bijna alle Nederlandse ondergronden in de loop der tijd alleen verder zullen verdichten en de ondergrondverdichting steeds meer een permanent karakter krijgen (van den Akker 2020).



Figuur 5: Risico op ondergrondverdichting bij huidig grondgebruik (Van den Akker et al., 2013).

## 2.4 Voorkomen van bodemverdichting

### Vermijden ongunstige omstandigheden

Om werkzaamheden op het land onder slechte omstandigheden te kunnen voorkomen hebben agrariërs inzicht nodig in de bodemomstandigheden van hun perceel. Zoals eerder genoemd is de draagkracht van de bodem erg variabel en is het niet haalbaar voor een agrariër om deze draagkracht herhaaldelijk te kwantificeren. Het inzicht in de bodemomstandigheden bij agrariërs kan vergroot worden door middel van bijvoorbeeld tools en checklists, telersbijeekkomsten en praktijkdagen. Dit geeft een agrariër handvaten om de momenten waarop het risico op ondergrondverdichting hoog is te mijden (Cosun Beet Company, 2020; Van Balen, 2019).

Het is daarbij essentieel dat een agrariër de mogelijkheid heeft om zijn bezigheden op het perceel flexibel in te plannen. Bij een late oogst of een natte zomer zijn er maar weinig momenten om onder gunstige omstandigheden werkzaamheden uit te voeren op het veld. Levertijden zijn krap en in veel gevallen zijn agrariërs in het oogstseizoen afhankelijk van loonwerkers om gewassen van het land te halen. De afstemming van landbouwer, verwerker en loonwerker moeten nauw op elkaar aansluiten, terwijl de oogstmogelijkheden juist sterk afhankelijk zijn van het moeilijk voorspelbare weer. Dit maakt dat een agrariër met name tijdens het oogstseizoen genoodzaakt is onder ongunstige omstandigheden het veld op te gaan en daarbij een hoog risico loopt op ondergrondverdichting en structuurbederf. In de keten is daarom samenwerking nodig om de oogst en logistiek daaromheen zo optimaal mogelijk in te richten wat betreft de bodemomstandigheden. Alle partijen in de keten zouden voldoende oog moeten hebben voor de oorzaken en negatieve effecten van bodemverdichting en hun handelen hierop aan moeten passen. Oogstmomenten zouden waar nodig naar voren gehaald moeten kunnen worden om natte omstandigheden voor te zijn, of juist naar achteren wanneer de bodemomstandigheden op het moment van de geplande oogst slecht blijken te zijn (Van Balen, 2019). Zo kan het uitvoeren van werkzaamheden tijdens slechte omstandigheden worden vermeden. Hiervoor is voldoende inzicht nodig in de financiële voordelen van oogsten onder gunstige omstandigheden. Vaak wordt er te veel aandacht besteed aan de eventueel gemiste groeidagen bij een vroege oogst, maar wordt er bijvoorbeeld niet goed genoeg gekeken naar de negatieve effecten op het volggewas bij een late oogst onder ongunstige omstandigheden.

### Technische oplossingen

Om bodemverdichting tegen te gaan zijn niet alleen de omstandigheden van de veldwerkzaamheden belangrijk, maar ook de mechanisatie die wordt ingezet. Zoals eerder genoemd blijkt dat bijna alle ondergronden in Nederland niet sterk genoeg zijn om de wiellasten te dragen die bij gemiddelde veldwerkzaamheden gebruikt worden. Om bodemverdichting te voorkomen is het dus van belang om met lichtere machines te gaan rijden. Door bij het rooien een extra kar of overlaadwagen in te zetten kan het gewicht van



de rooier en daarmee de impact op de bodem verkleind worden. Naast de wiellast wordt de impact op de bodem beïnvloed door de bandenkeuze en de bandenspanning. Er zijn veel ontwikkelingen om de grondspanning te verlagen, zoals flexibele lagedrukbanden, rupsen en centrale luchtdruksystemen om snel de spanning van de band aan te kunnen passen. Rekenmodellen zoals Terranimo kunnen inzicht geven in de grondspanning die een machine uitoefent op de bodem (Bakema, 2021). Hoe minder een plek bereiden wordt, hoe minder verdicht de bodem hier zal zijn. Het beperken van het aantal werkgangen door bijvoorbeeld meerdere handelingen te combineren in één werkgang kan hierom het risico op bodemverdichting verkleinen. Door het toepassen van vast rijpaden kan het berijden van de oppervlakte waar de gewassen groeien sterk worden verminderd (De Lijster et al., 2016).

### **Verbeteren bodemstructuur**

Een goede bodemstructuur is veerkrachtig en is daardoor essentieel voor de draagkracht van de bodem. Inzetten op het verbeteren van de bodemstructuur kan daarom bijdragen aan het voorkomen van bodemverdichting (LTO Noord, 2021). Maatregelen die een positief effect hebben op de bodemstructuur zijn bijvoorbeeld maatregelen die het organische stofgehalte van de bodem vergroten, zoals het toedienen van vaste mest en compost, of het telen van groenbemesters. Organische stof in de bodem zorgt ervoor dat aggregaten zich beter kunnen vormen. Daarnaast komen bij de afbraak van organische stof door het bodemleven stoffen vrij die de aggregaatvorming en -stabilisatie bevorderen (Bussink et al., 2008). Er kan ook gedacht worden aan het hanteren van een extensiever bouwplan met minder rooigewassen. Het type machines dat wordt gebruikt is sterk gelinkt aan het landgebruik. Minder rooivruchten of laat te rooien gewassen in het bouwplan is een manier om het gebruik van zware machines te verminderen (LTO Noord, 2021).

## **2.5 Beleidsadvies TCB 2011 rondom tegengaan bodemverdichting**

In 2009 heeft LNV advies gevraagd aan de destijds actieve Technische Commissie Bodem (TCB) over bodemverdichting. De adviesaanvraag geeft de volgende zaken aan:

- Mogelijke kosteneffectieve methode om bodemverdichting vast te stellen
- Mogelijke maatregelen om bodemverdichting te voorkomen
- En waar bodemverdichting toch is opgetreden advies over mogelijkheden om deze structureel op te heffen.

In 2011 publiceerde de TCB een adviesrapport omtrent bodemverdichting (TCB, 2011). In dit rapport wordt dieper ingegaan op de vraag wat een kosteneffectieve methode is om de bodemverdichtingssituatie zo goed mogelijk te beoordelen. Kosteneffectief wordt omschreven als: tegen redelijke kosten zo goed mogelijk beoordelen van de situatie. Het advies richt zich op regionaal (provincie) niveau waarbij een deel van de uitvoering de verantwoordelijkheid is van gemeenten en waterschappen. Wat betreft de gevolgen van bodemverdichting onderscheidt de TCB de gevolgen op de agrarische bedrijfsvoering en de gevolgen op het algemene belang. Omdat de TCB aan het rijk en de provincie adviseert

richt zij zich primair op de gevolgen op algemene belangen zoals de effecten op waterhuishouding en milieueffecten.

De TCB stelt dat de prioriteit van het beleid moet liggen op de ondergrondverdichting. Om de noodzaak van het probleem van bodemverdichting onder de aandacht te brengen en daarmee de noodzaak van preventieve maatregelen en preventief beleid, vindt de TCB het van belang dat er onderzoek komt naar het oorzakelijk verband tussen ondergrondverdichting en de hieraan toegeschreven effecten. De TCB stelt een werkwijze voor waarmee 1) aandachtsgebieden wat betreft ondergrondverdichting in kaart gebracht worden, 2) preventieve maatregelen worden uitgevoerd en 3) de effectiviteit van deze maatregelen wordt gemonitord.

### **Inventariseren aandachtsgebieden**

De TCB adviseert om als eerste stap op provinciaal niveau in beeld te brengen wat de aandachtsgebieden voor ondergrondverdichting zijn. De TCB heeft geconstateerd dat het aantal meetgegevens beperkt is en vindt daarom dat de landelijke database BIS uitgebreid en aangevuld moet worden. Daarnaast wordt het belang van een inventarisatie van het bodemgebruik benoemd, aangezien bodemverdichting ook in sterke mate veroorzaakt wordt door bodemgebruik en -beheer.

Het landelijk grondgebruiksbestand Nederland (LGN) beschrijft het grondgebruik tot op teeltniveau (Hazeu et al., 2023). Een verfijning is gewenst door bijvoorbeeld onderscheid te maken tussen wortel- en knolgewassen en andere akkerbouwgewassen. Daarnaast adviseert de TCB om onderzoek te doen naar het gemiddelde machinegebruik en hoe deze zich als trend ontwikkelt. Remote sensing kan in de toekomst wellicht ook gebruikt worden om probleemgebieden te identificeren. Bodemtemperatuur en bodemvocht lijken geschikte grootheden voor het lokaliseren van ondergrondverdichting (Zwart et al., 2011). De TCB pleit ervoor om de mogelijkheden van remote sensing verder te onderzoeken. Of bodemverdichting daadwerkelijk optreedt is uit de geschatte kans op bodemverdichting, landgebruik en remote sensing niet af te leiden. Daarom vindt de TCB het belangrijk dat er gebruik gemaakt wordt van ervaringskennis van boeren en andere bodem- en waterbeheerders. Ter verificatie kunnen uiteindelijk dan nog veldmetingen verricht worden. Samengevat ziet het stappenplan er dan als volgt uit:

1. Kwetsbare gebieden in kaart brengen
2. Verzamelen van ervaringen
3. Waarnemingen doen

Naar aanleiding van het advies van de TCB uit 2011, zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd. Vermeulen et al. (2013) heeft de bodembelasting in kaart gebracht op landbouwgronden en hoe deze zich verhoudt ten opzichte van de belasting 30 jaar geleden.

Van den Akker et al. (2013) heeft het risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart gebracht (zie hoofdstuk 2.3).

### **Uitvoeren van preventieve maatregelen in de aandachtsgebieden**

De TCB stelt dat het beleid primair gericht moet zijn op preventie. Het opheffen van bestaande ondergrondverdichting is maar beperkt mogelijk door het ontbreken van effectieve curatieve maatregelen. De TCB pleit ervoor dat het beleid tegen ondergrondverdichting wordt ontwikkeld in samenhang met andere aspecten van bodemkwaliteit voornamelijk de bodemfysische en -biologische aspecten zoals slomp, bodemerosie, organische stof en bodembiodiversiteit.

Een verminderde druk op de ondergrond door machines en de timing van berijden zijn volgens de TCB de meest voor de hand liggende *preventieve* maatregelen. Uit de literatuur (Westerhof et al., 2010; Kuhlman et al., 2010; Zwart et al., 2011) noemt de TCB de volgende maatregelen die druk op de bodem kunnen verminderen:

- Lage drukbanden en rupsbanden
- Lichtere machines
- Aanpassing van de wijze van ploegen
- Goede ontwatering/drainage
- Grondbewerking aanpassen aan het vochtgehalte van de bodem
- Beweiding door vee aanpassen aan het vochtgehalte van de bodem
- Begrazing afstemmen op draagkracht van de bodem
- Vruchtwisseling (o.a. met diepwortelende gewassen als granen)
- Vaste rijpadenteelt
- Op afstanden aangedreven systemen
- Niet-kerende grond bewerking
- Akkerranden beheer ter voorkoming van afstroming naar het oppervlaktewater

De TCB stelt dat naast de bovengenoemde preventieve maatregelen de werkzaamheid van curatieve maatregelen beperkt is onderzocht. Daarnaast stelt de TCB dat een curatieve maatregel alleen zinvol kan zijn als er aansluitend ook preventieve maatregelen getroffen worden.

### **Monitoring van de effecten van de maatregelen**

Wanneer maatregelen ingezet worden is het belangrijk dat vervolgens de effectiviteit van de maatregelen bepaald wordt middels monitoring. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden in toestands- en gebruiksindicatoren. Toestandsindicatoren betreffen bijvoorbeeld de biologische en fysische bodemkwaliteit. Gebruiksindicatoren hebben betrekking op handelingen.

### 3 Opzet interviews met ketenpartijen

Om inzicht te krijgen in hoe partijen in de keten aankijken tegen bodemverdichting en welke maatregelen, ketenafspraken en beleidsinstrumenten zij kansrijk achten om het risico op bodemverdichting te verkleinen zijn semigestructureerde interviews afgenomen. In deze semigestructureerde interviews zijn de volgende thema's besproken:

1. De huidige status van de bodem wat betreft bodemverdichting;
2. De urgentie van bodemverdichting zoals ervaren door akkerbouwers en hoger in de keten;
3. Redenen waarom veldwerkzaamheden onder slechte omstandigheden worden uitgevoerd;
4. Trend van het gebruik van zware machines;
5. Redenen waarom zware mechanisatie wordt ingezet bij het uitvoeren van veldwerkzaamheden;
6. Maatregelen die akkerbouwers kunnen nemen om bodemverdichting te voorkomen;
7. Hoe ketenpartijen kunnen bijdragen aan het voorkomen van bodemverdichting;
8. Beleidsinstrumenten die nodig zijn om bodemverdichting te voorkomen.

In totaal zijn 16 interviews afgenomen met onder andere akkerbouwers, afnemers, onderzoekers en belangenbehartigers. De lijst met geïnterviewde partijen is te vinden in Bijlage 1.

Elk interview duurde ongeveer een uur en vond plaats via een digitale videoafpraak of in sommige gevallen fysiek op locatie van de geïnterviewde. De inbreng uit de interviews is anoniem verwerkt tot een bredere samenvatting van alle interviews over de inhoudelijke en beleidsmatige vraagstukken rondom bodemverdichting (hoofdstuk 4 en 5).

## **4 Inhoudelijke resultaten interviews**

### **4.1 In kaart brengen bodemverdichting in Nederland**

#### **4.1.1 Huidige status in kaart brengen aandachtsgebieden**

Naar aanleiding van het TCB-adviesrapport bodemverdichting uit 2011, is de mate van ondergrondverdichting in Nederland in kaart gebracht door Van den Akker et al. (2019) (zie Hoofdstuk 2.3). Sindsdien zijn er geen nieuwe landelijke initiatieven geweest om aandachtsgebieden in kaart te brengen. Op provinciaal niveau hebben een aantal aanvullende onderzoeken plaatsgevonden. Het bepalen of in een bodem ondergrondverdichting heeft plaatsgevonden is een complex proces waarbij een groot aantal meetpunten nodig zijn en verder gekeken moet worden dan alleen de bodemfysische eigenschappen. Dit maakt het erg lastig om aandachtsgebieden goed in beeld te krijgen. De inventarisatie van Van den Akker et al. (2019) berust alleen op gemeten bulkdichtheden en het aantal meetpunten is relatief klein. Hierdoor is de informatie die achter deze inventarisatie van aandachtsgebieden ligt enigszins dun. Het is daarom belangrijk om voorzichtig te zijn in de interpretatie van deze kaarten en in hoeverre deze aandachtsgebieden meegenomen worden in beleid.

Het belang om met name ondergrondverdichting beter in kaart te brengen is nog steeds groot.

#### **4.1.2 Nieuwe methoden om bodemverdichting in kaart te brengen**

In het Europese project SoilCompac (2021-2023), worden mogelijkheden om bodemverdichting in te schatten door middel van remote sensing onderzocht. Hierbij wordt gekeken naar de gewasgroei als indicator voor verdichting in de bodem. Het nadeel hiervan is dat je alleen van bovenaf naar het gewas kijkt en daarbij niet meet in de bodem zelf. Bij alle methoden blijft de vraag hoe je de verkregen informatie moet beoordelen. Op welk moment een bodem verdicht is en het gewas daaronder te lijden heeft kan er in verschillende soorten bodems verschillend uitzien. Het is daardoor lastig te zeggen wanneer een bodem als verdicht moet worden beschouwd en zeker wanneer getracht wordt dit op landelijke schaal in kaart te brengen.

De risicotool voor bodemverdichting Terranimo wordt genoemd als middel om op perceelniveau inzichtelijk te krijgen wat de status is van een bodem wat betreft bodemverdichting en –draagkracht (Bakema & Van den Akker, 2021). Deze tool geeft inzicht in het risico op bodemverdichting gezien de bodemeigenschappen, vochttoestand en machine-eigenschappen.

## **4.2 Urgentie problematiek rondom bodemverdichting**

### **4.2.1 Urgentie vanuit akkerbouwers**

Het duurste productiemiddel van een akkerbouwer is zijn bodem. Bodemkwaliteit en specifiek bodemverdichting krijgen bij akkerbouwers daarom steeds meer aandacht. Akkerbouwers gaan meer denken vanuit hun bodem en proberen daarom bewuster met hun bodems om te gaan. Ook in het agrarische onderwijs wordt meer focus gelegd op duurzaam bodembeheer, waardoor de jonge generatie akkerbouwers de bodem goed op het vizier heeft. Voor hoge gewasopbrengsten is een veerkrachtige bodem met een goede vochtregulatie nodig. Akkerbouwers krijgen bijvoorbeeld steeds meer problemen met verdroging in de zomer of juist schade door wateroverlast in het voorjaar; klassieke problemen die veroorzaakt of versterkt worden door bodemverdichting. Er ontstaat steeds meer bewustwording over de schadelijke effecten van laat oogsten en het toepassen van zware machines op de bodemkwaliteit.

Toch is bodemverdichting nog steeds een moeilijk grijpbaar probleem doordat de negatieve gevolgen lastig te kwantificeren zijn en er recentelijk weinig onderzoek gedaan is naar de invloed van bodemverdichting op de productie. Het komt veel voor dat de nadelige effecten van bodemverdichting niet herkend worden. Bij het herkennen en toeschrijven van problemen aan bodemverdichting bestaat het probleem dat er eigenlijk geen vergelijk is met een onverdichte bodem. Alle percelen hebben een historie van berijden en zijn in een bepaalde mate verdicht. De geteelde rassen worden door veredeling steeds productiever en daarnaast worden teelttechnisch stappen genomen om de gewasgroei op peil te houden, bijvoorbeeld door te beregenen. Eventuele nadelige effecten van bodemverdichting op de gewasontwikkeling worden daardoor (deels) opgeheven. Uiteindelijk bepaalt de portemonnee of er actie moet worden ondernomen. Zolang de gemiddelde gewasopbrengsten over de tijd heen een stabiele of stijgende trend laten zien is er weinig directe urgentie om wat aan bodemverdichting te doen. Acutere problemen, zoals hoe om te gaan met het wegvallen van bepaalde gewasbeschermingsmiddelen, komen daardoor hoger op de agenda te staan. De meeste akkerbouwers weten wel in grote lijnen wat goed en wat slecht is voor hun bodem. Hier wordt alleen niet altijd naar gehandeld door de hoge investeringskosten en praktische belemmeringen, zoals tijdsdruk door leverdata, noodzaak van hoog salderende rooigewassen in het bouwplan, schaarste aan arbeid en gemaakte afspraken met de loonwerker.

### **4.2.2 Urgentie vanuit ketenpartijen**

Verwerkers van akkerbouwgewassen geven aan dat bodemkwaliteit en daarmee ook bodemverdichting hoger op de agenda is komen te staan. Voor verwerkers is het belangrijk dat de opbrengsten voorspelbaar en constant zijn om een optimale verwerking in de fabriek

te kunnen realiseren. Sommige teelten, waaronder de aardappelteelt, komen steeds verder onder druk te staan door klimaatverandering en de steeds strenger wordende wet- en regelgeving, waardoor opbrengsten sterker fluctueren. Om de productie op peil te houden heeft de bodem veerkracht nodig om met deze extremere omstandigheden om te gaan. Verwerkers zijn om die reden ook gebaat en bewust van de noodzaak van robuustere teeltsystemen en enkele verwerkers zijn daarbij ook bereid om akkerbouwers te belonen voor maatregelen die bijdragen aan de bodemkwaliteit zoals het vergroten van de gewasdiversiteit en het reduceren van de grondbewerking.

Als het gaat om het voorkomen van bodemverdichting, dragen verwerkers met name bij aan de kennisoverdracht en voorlichting rondom bodemverdichting. Sommige verwerkers zijn daarnaast ook actief betrokken bij kennisontwikkeling. Door het organiseren van trainingen, telersbijeenkomsten en demo's over bijvoorbeeld nieuwe machines, bandendruk, manieren van bodembewerking en het telen van groenbemesters willen verwerkers hun telers op de hoogte houden van de nieuwste inzichten om het risico op bodemverdichting te verlagen. Via deze route kunnen verwerkers bijdragen aan het creëren van bewustwording voor de bodemkwaliteit. Verwerkers vervullen een rol in het samenbrengen van akkerbouwers om van elkaar te leren en zo verduurzaming te stimuleren.

Ook loonwerkers verdiepen zich steeds meer in bodemkwaliteit en bodemverdichting. Zij reageren hiermee op de toenemende vraag vanuit akkerbouwers rondom dit thema en daarmee de vraag naar machines met technieken die bodemverdichting kunnen beperken zoals bandendruk wisselsystemen. Bepaalde loonwerkbedrijven zien het als een manier om hun bedrijf te onderscheiden van concurrenten. Door mee te denken over het verbeteren van de bodemkwaliteit en hierin te kunnen adviseren kunnen zij akkerbouwers wat extra's bieden. Bodemverdichting is hierbij het belangrijkste thema.

Belangenbehartigers merken dat de aandacht voor de bodem aan het toenemen is en proberen hier zoveel mogelijk op in te spelen. Vanuit de belangenbehartigers wordt vooral ingezet op kennisontwikkeling en -verspreiding. Net als de verwerkers willen zij wat betreft het voorkomen van bodemverdichting met name bewustwording creëren en akkerbouwers handvaten geven hoe zij bodemverdichting kunnen voorkomen, herkennen en opheffen.

Als laatste partij in de keten kunnen de supermarkten genoemd worden. Op kleine schaal zijn er nu initiatieven waar supermarkten op aanhaken die via hogere marges voor de teler mogelijkheden creëren om de bodemkwaliteit te verbeteren. Supermarkten zijn niet geïnterviewd maar partijen geven aan dat ze een belangrijke rol kunnen spelen in het vermarkten van duurzamer geproduceerde producten en daarmee een stimulans geven aan partijen in de hele keten om bodemkwaliteit te verbeteren en daarmee ook het voorkomen van bodemverdichting te stimuleren.

## **4.3 Werkzaamheden onder slechte omstandigheden**

### **4.3.1 Inschatten bodemomstandigheden**

Een kwantitatieve manier om te bepalen of de omstandigheden op een perceel zich ertoe lenen het perceel te betreden is het toepassen van de Terranimo risicotool. Als vereiste voor het gebruik van deze tool moet een akkerbouwer het vochtgehalte in de bodem meten. Hierbij is het belangrijk dat dit voldoende diep gebeurt: geadviseerd wordt om tot zeker 60 centimeter diepte te meten. De Terranimo risicotool kan zo voor het betreden van het perceel een beoordeling maken van de omstandigheden in het perceel en de draagkracht van de bodem op dat moment. Een knelpunt van het toepassen van de Terranimo risicotool is dat de tool bij initieel gebruik vrij complex kan zijn om in te vullen. Ook de drempel om de tool toe te passen en een vochttoestand van de bodem tot 60 cm diep te meten is te veel gevraagd waardoor de drempel te hoog blijkt te zijn. Wel kan de tool bij de aanschaf van een nieuwe machine inzicht geven onder welke omstandigheden bepaalde machines ingezet kunnen worden zodat dit aspect meegenomen kan worden bij aanschaf van een nieuwe machine.

Een andere optie is om kritisch naar de bodem te kijken voordat veldwerkzaamheden worden uitgevoerd. Het is daarbij belangrijk om niet alleen naar de bovenlaag van de bodem te kijken maar ook door middel van het graven van een profielkuil te kijken naar de vochtigheid dieper in de bodem. De bovenlaag droogt sneller op en kan de illusie wekken dat de omstandigheden goed zijn om het perceel te betreden. Hierdoor kan onbewust forse schade gecreëerd worden aan de bodem. Het graven van een profielkuil kan ook een beeld geven van de mate van bodemverdichting in de bodem; bijvoorbeeld door te kijken of er storende lagen zijn, of dat er verkleuringen te zien zijn die duiden op een permanente afwezigheid van zuurstof. Daarnaast kunnen de voorgaande teeltjaren op een perceel al een indicatie geven van de toestand van de bodem, en daarmee wat het risico op bodemverdichting is voor de aankomende teelt. Een andere methode die soms in de praktijk toegepast wordt is pleksgewijs met een bodem prikker of penetrologger de mate van verdichting vaststellen.

### **4.3.2 Voorkomen van werkzaamheden onder slechte omstandigheden**

Over het algemeen is een teler zich bewust wanneer de omstandigheden slecht zijn om werkzaamheden uit te voeren. Toch wordt met name in het voorjaar vaak al te vroeg gedacht dat de bodem voldoende opgedroogd is en bewerkt kan worden. Adviseurs benadrukken dat er door akkerbouwers nog onvoldoende gegraven en gemeten wordt om de status van de bodem goed in te schatten. Akkerbouwers voelen zich opgejaagd om zo vroeg mogelijk in het jaar te beginnen met werkzaamheden op het land. Het aantal machines dat ingezet kan worden en de capaciteit die daarmee geleverd wordt kan ervoor zorgen dat de mogelijkheden om het werk voor langere tijd uit te stellen of neer te leggen bij



slechte omstandigheden beperkt zijn. Als de buurman al aan de slag is op het land is dat een prikkel om zelf ook te beginnen, maar dit wil nog niet zeggen dat de omstandigheden goed zijn. Daarnaast kunnen afspraken met de loonwerker en afspraken met de verwerker de flexibiliteit van de werkzaamheden ook verder verminderen al wordt dit laatste in de praktijk niet vaak ervaren en is de communicatie met de verwerkers goed. Akkerbouwers zijn daardoor in sommige gevallen genoodzaakt om toch het perceel op te gaan, ook al zijn zij zich bewust van de op dat moment ongunstige omstandigheden van de bodem.

De flexibiliteit van akkerbouwers om veldwerkzaamheden te verplaatsen lijkt groter te zijn op de standaard familiebedrijven van zo'n 60-80 hectare vergeleken met grotere akkerbouwbedrijven. Op deze standaard bedrijven worden de veldwerkzaamheden vaak met eigen mechanisatie uitgevoerd en is voldoende kennis aanwezig van de eigen bodems om heel gericht te kijken wanneer waar welke werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd. Op zulke bedrijven worden de gewassen vervolgens vaak bewaard in eigen schuren, wat ook extra flexibiliteit genereert. Bij slechte omstandigheden kunnen zulke bedrijven zich het permitteren om werkzaamheden wat langer uit te stellen. Grotere bedrijven hebben meer capaciteit nodig in het oogstseizoen om alle hectares gerooid te krijgen. Deze bedrijven zijn in grotere mate afhankelijk van loonwerkers voor het uitvoeren van veldwerkzaamheden en hebben meer druk op hun planning staan.

Wachten met het uitvoeren van werkzaamheden wordt als een van de beste maatregelen gezien die je als akkerbouwer kan uitvoeren om verdere verdichting van de bodem te voorkomen, maar in de praktijk is het vaak lastig in te schatten of wachten daadwerkelijk zal leiden tot betere omstandigheden. Het is vaak kiezen uit twee kwaden: nu onder slechte omstandigheden rooien of wachten waarbij de kans bestaat dat omstandigheden nog slechter kunnen worden. Aan het eind van het seizoen weet je pas wat de beste momenten waren om veldwerkzaamheden uit te voeren.

Het risico op slechte omstandigheden neemt gemiddeld genomen toe naarmate het najaar vordert. Om veldwerkzaamheden onder ongunstige omstandigheden te verminderen is een oplossing om te kijken of de oogst van gewassen verder naar voren geschoven kan worden. Gewassen waar de grootste problemen mee zijn wat betreft de oogst onder ongunstige omstandigheden zijn met name rooigewassen zoals aardappels en suikerbieten. Deze gewassen hebben een relatief hoog gewassaldo en de teelt daarvan is cruciaal voor het bedrijfsresultaat. Deze gewassen vervangen door vroeg-rooiende gewassen zoals granen om de bodem te besparen leidt in veel gevallen tot hoge misgelopen opbrengsten. Een andere optie is om rooigewassen eerder in het jaar te rooien. Een eerdere oogst betekent een kortere groeiperiode voor het gewas waardoor wordt ingeleverd op de gewasopbrengsten. Suikerbieten kunnen bijvoorbeeld door de relatief warme temperaturen in het najaar van de afgelopen jaren in de maand november nog aanzienlijk groeien. Sommige verwerkers

hanteren een vroegleverpremie om akkerbouwers een extra impuls te geven om hun gewassen eerder te oogsten. In de praktijk blijkt deze premie veelal onvoldoende om de opbrengstderving te compenseren. Hierdoor maken relatief weinig akkerbouwers gebruik van deze regeling.

Via veredeling kan gestuurd worden op een eerdere ontwikkeling van gewassen en daarmee een vroegere oogst zonder al te veel opbrengstderving. Deze wens speelt niet alleen vanwege bodemverdichting, maar ook vanwege de bewaarbaarheid van geoogste gewassen en de betere spreiding van de toelevering van gewassen aan de verwerker. Voor consumptieaardappelen worden al veel verschillende rassen aangeboden die sterk variëren wat betreft oogstmoment. Hierdoor heeft een akkerbouwer veel vrijheid om via de rassenkeuze zijn oogstwerkzaamheden te verspreiden over het seizoen en daardoor het risico op oogsten onder slechte omstandigheden te verminderen. In de teelt van zetmeelaardappelen wordt ook gekeken naar de capaciteit om vroeg in het seizoen al opbrengsten te genereren. In deze teelt was de tendens altijd dat rassen steeds later gerooid werden, maar nu zie je juist dat de focus meer komt te liggen op vroeg oogsten. Dit heeft ook te maken met de spreiding van aanlevering. Bij de teelt van suikerbieten wordt bij de veredeling niet gewerkt aan eerder rooiende rassen. Daar ligt de wens dat er veredeld wordt op een hoger suikergehalte. Waardoor in theorie er minder ton/ha oogst van het land gehaald hoeft te worden om hetzelfde suikergehalte te behalen.

## **4.4 Inzet van zware machines**

### **4.4.1 Trend zware machines**

Wanneer een machine als te zwaar wordt beschouwd hangt af van de bodem en de omstandigheden. Onder droge omstandigheden kan de bodem best wat gewicht hebben. Hoge wiellasten leiden onder slechte omstandigheden tot ondergrondverdichting. Door aanpassingen te maken aan de bandbreedte of het type band kan het risico op bodemverdichting in de bovenste grondlagen verlaagd worden, maar dit geldt niet voor diepere lagen. Om ondergrondverdichting te voorkomen is het daarom cruciaal dat de tonnages van landbouwmachines worden verlaagd, en daarmee lagere wiellasten worden behaald.

De afgelopen 30 jaar heeft de focus bij het verminderen van het risico op bodemverdichting op akkerbouwbedrijven voornamelijk gelegen op het aanpassen van de banden. Waar dit in theorie zou moeten leiden tot minder risico op bodemverdichting door verlaging van de grondspanning, was de praktijk dat machines juist groter werden en/of zwaarder belast en werkzaamheden vaker onder (te) slechte omstandigheden gedaan werden. Machines zijn in formaat toegenomen om de efficiëntie van veldwerkzaamheden te vergroten. Met groter

materiaal kunnen in dezelfde tijd meer hectares worden bewerkt of geoogst en is per hectare minder kostbare arbeid nodig.

De afgelopen jaren lijkt het gewicht van landbouwmachines in Nederland niet veel verder toe te nemen. Er lijkt een stabilisering plaats te vinden. Internationaal gezien is de mechanisatie groter. Hierbij is in bijvoorbeeld Noord-Amerika en Oost-Europa nog enige groei te zien in de groottes van machines, maar ook hier lijkt het maximum bereikt. In Nederland zorgt regelgeving op maximale breedte, aslast en gewicht van machines op de openbare weg, voor een belemmering van verdere toenames in de grootte van machines. Loonwerkers en akkerbouwers zoeken nu over het algemeen naar een lichtere machine die niet inlevert op capaciteit. Het gros van de machinefabrikanten produceert op grote schaal voor de Europese markt of de wereldmarkt, waardoor de Nederlandse akkerbouwer maar een klein aandeel van de totale vraag naar machines vormt. Hierdoor kan de trend naar lichtere machines wat geremd worden. De verwachting is dat machines in Nederland door schaarste op de arbeidsmarkt niet kleiner worden, maar ook niet groter dankzij de regelgeving en meer bewustwording wat betreft de bodem.

#### **4.4.2 Kansen en knelpunten voor lichte machines**

##### ***Hoge investeringskosten met onduidelijk verdienmodel***

Mondjesmaat schaffen akkerbouwers zelf lichtere machines aan met het doel hun impact op de bodem te verkleinen. Het gaat daarbij met name om werkzaamheden die voorheen uitbesteed werden aan een loonwerker, zoals bijvoorbeeld het rooien van suikerbieten. Beweegredenen hiervoor zijn het vergroten van de flexibiliteit in het veldseizoen en het kunnen rijden met lichter materiaal. Dit zijn dure investeringen die vanuit economisch perspectief lastig te onderbouwen zijn zeker voor de kleinere bedrijven. Het kostenplaatje voor de lange termijn is nog erg onduidelijk.

Aangezien investeringen in lichte machines relatief duur zijn voor individuele akkerbouwers, liggen er op het moment met name mogelijkheden om in lichte machines te investeren bij het loonwerk.

##### ***Gebrek aan capaciteit***

Het werken met kleinere machines vraagt daarnaast om extra tijd en arbeid vanuit het eigen bedrijf, aangezien ingeleverd wordt op capaciteit. Op de meeste akkerbouwbedrijven is arbeid en daarmee tijd schaars waardoor investeren in lichtere machines vanuit zowel het economische als het praktische oogpunt lastig te realiseren is.

Er wordt door de lagere capaciteit ook door loonwerkers nauwelijks geïnvesteerd in lichte machines. Om bodemverdichting te voorkomen investeren loonwerkers op het moment met name in de banden; VF-banden (Very High Flexion), brede banden en rupsbanden.

Daarnaast zijn bandendrukwisselsystemen op oogstmachines erg populair. Voor alle investeringen geldt dat de kosten uiteindelijk bij de loonwerker liggen en de opbrengsten die daarmee gehaald worden bij de akkerbouwer liggen. Loonwerkers vinden het erg lastig hoe zij de dure investeringen kunnen doorberekenen in hun prijzen naar akkerbouwers. Er zijn rekenmodellen beschikbaar om investeringen door te rekenen in de prijzen, maar de uitdaging ligt bij het verhaal eromheen; hoe verkoop je deze prijzen? Als je de eerste loonwerker bent in een regio is het een manier om je als bedrijf te onderscheiden en kan daar relatief makkelijk een hoger prijskaartje aan zitten. Wanneer meer loonwerkers inzetten op bodemkwaliteit krijg je meer concurrentie en wordt het lastig om investeringen door te rekenen in de prijs. De lagere capaciteit van de huidige lichtere machines vertaalt zich naar fors hogere prijzen door de extra arbeid die nodig is en de bereidheid van akkerbouwers hiervoor te betalen is nog laag.

### **Expertiseniveau toepassing mechanisatie**

Wanneer een loonwerker of akkerbouwer met nieuwe lichte techniek aan de slag gaat kan dit zowel goed als slecht uitpakken voor de bodem. Er is veel inzicht in de techniek nodig en ook tijd om je hierin te verdiepen, om machines goed in te zetten en de impact op de bodem te minimaliseren. De invloed van de chauffeur door middel van afstellingen van de machine bepaalt in de suikerbietenteelt bijvoorbeeld wel tien procent van het uiteindelijke effect op de bodem en de opbrengstkwiteit (tarra, kopkwiteit, etc.). Om goede resultaten te boeken heeft een loonwerker of akkerbouwer dus veel expertise nodig over hoe hij met de techniek om moet gaan.

### **Autonome machines**

Op internationale beurzen voor landbouwmechanisatie zijn steeds meer ontwikkelingen te zien naar autonome machines. Het zijn met name startups die met lichte, autonome innovaties bezig zijn, terwijl de grote bekende fabrikanten daarin nog wat terughoudender zijn. De ontwikkeling van autonome landbouwmachines staat nog in de kinderschoenen en heeft nog veel tijd nodig voordat zij grootschalig toepasbaar zijn in de praktijk. Op het moment wordt voor de akkerbouw met name gewerkt aan autonome machines bedoeld voor het zaaien en onkruid wieden. Ontwikkelingen rondom werkzaamheden zoals poten en rooien, waarbij grote hoeveelheden gewicht naar of van het perceel worden getransporteerd, zijn tot dusver nog weinig aan de orde. Er zijn voor akkerbouwers die met nieuwe autonome machines aan de slag willen gaan nog veel knelpunten. Naast de hoge investeringskosten is er nog veel onduidelijk over de wet- en regelgeving rondom veiligheid wat de implementatie van dergelijke innovaties bemoeilijkt.

## 5 Beleidsmatige resultaten interviews

### 5.1 Beleid sinds het TCB-adviesrapport uit 2011

In 2006 publiceerde de Europese Commissie (EC) de Europese bodemstrategie gericht op bodembescherming en de aanpak van bodemverontreiniging. Onderdeel van de bodemstrategie was dat er een kaderrichtlijn bodem zou komen. Een van de onderwerpen van de bodemstrategie en daarmee de kaderrichtlijn bodem was het tegengaan en opheffen van bodemverdichting. Dit heeft ertoe geleid dat in er in Nederland vanuit beleid een tijd (2006 - 2014) eveneens veel aandacht was voor bodemverdichting.

Rond 2014 was een duidelijk geluid dat de EU zich te veel bemoeide met nationale regelgeving. De kaderrichtlijn water was van kracht geworden met bindende normen voor alle lidstaten. Lidstaten waren enigszins geschrokken van de consequenties van deze kaderrichtlijn water en waren daarom terughoudend over een kaderrichtlijn bodem. Nederland was ook tegen de kaderrichtlijn bodem en was van mening dat er in Nederland al een goed bodembeleid bestond. Ze wenste geen verdere inmenging vanuit de EU omdat dit het Nederlandse beleid zou verstoren en mogelijk verslechteren. De EC heeft toen besloten om een hele serie voorgenomen wet- en regelgeving, waaronder de kaderrichtlijn bodem, in te trekken.

In diezelfde tijd (2014) kwam er een onderzoek naar het functioneren van de TCB. Vanuit het nieuwe ministerie van Infrastructuur en Milieu waren er geen adviesvragen meer aan de TCB. Het ministerie was van mening dat het bodembeleid uitontwikkeld was in Nederland en er al genoeg regelgeving was. In 2015 (het internationale jaar van de bodem) is het besluit genomen dat de commissie beëindigd zou worden. De wet bodembescherming zou komen te vallen onder de nieuwe omgevingswet en de TCB zou in deze nieuwe wet niet meer worden opgenomen.

In 2021 heeft de Europese commissie de bodemstrategie nieuw leven ingeblazen. Hieruit komt de hernieuwde interesse in ecosysteemdiensten en een gezonde bodem voort. Momenteel is er een nieuwe wet op gezonde bodems (de EU Soil Health Law) in de maak. Dit is een soort aansporingswet. Een andere belangrijke ontwikkeling is dat het huidige ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in november 2022 een brief 'water en bodem sturend' (I&W, 2022) naar de kamer heeft gestuurd. Daar staan 33 structurerende keuzes in over de omgang met water en de bodem. De brief is geschreven met de focus op klimaatverandering en dat we ons moeten aanpassen aan klimaatverandering. Voorbeelden zijn dat er manieren moeten worden gevonden om met grotere regenbuien om te kunnen gaan. Zeker voor zandgronden zit daarin een opgave om het watervasthoudend vermogen te vergroten. In eerste instantie houdt dat in dat het water beter moet kunnen infiltreren. De bodem moet dus niet verdicht zijn.

## **5.2 Mogelijke maatregelen, ketenafspraken en aandachtspunten voor beleid**

In de interviews zijn verschillende maatregelen, ketenafspraken en aandachtspunten voor beleid besproken. Tabel 1 geeft een overzicht van de besproken afspraken, instrumenten en aandachtspunten uitgesplitst naar hoe de verschillende partijen hier tegenaan kijken. In paragraaf 5.2.1 t/m 5.2.3. worden de maatregelen, ketenafspraken en beleidsrichtingen verder toegelicht zoals die in de gesprekken naar voren zijn gekomen. Overwegingen, mogelijkheden en aandachtspunten zijn hierbij direct afkomstig uit de interviews.

Tabel 1: Besproken aandachtspunten en richtingen voor beleid en ketenafspraken. De kleuren in de tabel geven aan hoe een partij aankijkt tegen de verschillende beleidsrichtingen en ketenafspraken ( = positief, = neutraal, = negatief en = het probleem wordt niet ervaren).

Praktijk	Onderzoek/adviseurs	Ketenpartijen/belangenbehartigers	Akkerbouwers	Loonwerk/agrotechniek
Bouwplan	Laatrooiende gewassen met hoge tonnages zijn een risico	Onwenselijk vanwege slecht salderende rustgewassen	Wisselend, hogere premies op rustgewassen noodzakelijk	Onwenselijk vanwege slecht salderende rustgewassen
Rassenkeuze	Riscospreiding door hogere diversiteit rassen	Meeste afnemers focussen op verbeteren en uitbreiding van rassendiversiteit		
Samenwerking met loonwerkers	Efficiënter inzetten van de beschikbare capaciteit loonwerkers	Deel noemt expertise loonwerker relevant voor het optimaal inzetten van mechanisatie	Loonwerker zou meer ruimte moeten hebben voor investering in bodembesparende techniek	Efficiënter inzetten van de beschikbare capaciteit loonwerkers
Transportcapaciteit			Knelpunt zijn arbeid en financiële middelen	Meer schade door transport dan rooiers
<b>Keten (afnemers)</b>				
Vergroten hoeveelheid levermomenten	Meer samenwerking in de keten kan de timing van werkzaamheden verbeteren	Er is al veel flexibiliteit, weinig ruimte voor verbetering	Er wordt veel vrijheid ervaren in het plannen van levermomenten	Meer samenwerking in de keten kan de timing van werkzaamheden verbeteren
Hogere premies voor duurzaam bodembeheer	Bij de ketenpartijen en supermarkten liggen nu de hoogste marges	Wisselend, gros vindt dat verandering vanuit de akkerbouwer zelf moet komen	Creëert ruimte om maatregelen te nemen	Verhoogd vraag naar duurzame maatregelen onder loonwerker
<b>Beleid</b>				
Stimuleren van kennisontwikkeling	Inzicht in financiële gevolgen effecten machines en monitoring verdichting	Urgentie creëren en ontwikkelen van handvaten voor beter bodembeheer	Inzetten van praktijknetwerken en demo's	Meer inzicht creëren in winstmodellen voor loonwerker
Stimuleren van kennisverspreiding	Faciliteren gratis en onafhankelijk bodemadvies	Afnemers zien hier een grote rol voor zichzelf	Verhoogt het kennisniveau en creëert handvaten voor duurzamere keuzes	Loonwerk zou een adviesrol kunnen innemen
Maximale wiellasten/gewicht	Noodzakelijk om ondergrondverdichting te voorkomen. Kan hekkensluiters in beweging krijgen	Onwenselijk vanwege de benodigde capaciteit van machines	Op veel bedrijven te weinig arbeid/tijd om te werken met lagere capaciteit	Te weinig beschikbare arbeid om met lagere capaciteit machines te werken.
Stimuleren aanschaf lichte machines (subsidies, regelingen zoals VAMIL)	Stimuleert implementatie door koplopers	Stimuleren werkt beter dan forceren	Verlaagd drempel voor hen die ruimte zien in bedrijfsvoering voor verandering	Verlaagd drempel voor hen die ruimte zien in bedrijfsvoering voor verandering
Uiterlijke oogstdata	Kan bijdragen, maar idealiter wordt er naar weersomstandigheden gekeken	Verhoogd de druk en benodigde capaciteit in het rooizeizoen	Zie ketenpartijen/belangenbehartigers	Zie ketenpartijen/belangenbehartigers
Extra regels voor pachtgronden	Alle partijen denken dat hier veel winst te halen valt			
Rol van de waterschappen	Heeft zelf baat bij betere waterberging- en buffering	Afwatering in orde is het belangrijkste bij de preventie van bodemverdichting		
Integraal sturen op doelen	De meeste partijen benoemen dit als de wenselijke richting			
Stimuleren vraagkant	Markt veranderen zodat het saldo van rustgewassen toeneemt		Supermarkten betalen via fonds mee aan verduurzaming praktijken akkerbouwers	

## 5.2.1 Preventieve maatregelen

### ***Bouwplan breed kijken naar oplossingen***

Bodemverdichting voorkomen is onder alle omstandigheden erg moeilijk, zowel in intensieve bouwplannen als de wat extensievere. Bij het toepassen van maatregelen is het erg belangrijk dat een akkerbouwer kijkt naar de volledige bedrijfsvoering om deze zo effectief vorm te geven wat betreft het voorkomen van bodemverdichting. Bodemverdichting en bodemkwaliteit in de bredere zin worden bepaald door het netto resultaat van het bouwplan. Dit vraagt om een integrale aanpak over de hele bedrijfsvoering, die daarmee losse teelten overstijgt. Reparerende maatregelen zoals diepploegen wil je bijvoorbeeld niet voor een intensieve teelt toepassen, omdat de bodem dan snel weer verdicht raakt en je weer terug bent bij af. Een graangewas is in dit geval beter in staat de losgemaakte bodem los te houden. Na een teelt van aardappels en suikerbieten kunnen intensieve, diepwortelende groenbemesters bijdragen aan het losmaken van de bodem. Hiervoor is het belangrijk de gewassen op tijd uit het land te hebben om te zorgen dat de groenbemester nog genoeg tijd heeft zich te ontwikkelen. In het geval van suikerbieten en laat-rooiende aardappelrassen is de oogst vaak te laat om nog een groenbemester in te zaaien.

Zelfs met de beste bedoelingen zal het in bepaalde natte najaaren onmogelijk zijn om onder gunstige omstandigheden alle gewassen van het land te krijgen. Het verminderen van het aandeel intensieve laat rooiende gewassen ten gunste van rustgewassen verkleint direct het risico op bodemverdichting in het oogstseizoen. Op het moment is een akkerbouwer voor zijn inkomen afhankelijk van deze intensieve rooigewassen waardoor extensiveren voor het gros van de akkerbouwers vanuit financieel perspectief enorm lastig is.

### ***Risicospreiding door middel van rassenkeuze***

Door een mix aan vroege en latere rassen te verbouwen kan een teler zijn risicospreiding verbeteren en de rooicapaciteit van zijn bedrijf zo optimaal mogelijk gebruiken. Op gronden waar in het najaar snel problemen zijn met té natte gronden kan gekozen worden voor een vroeg ras, terwijl op percelen waar normaal gesproken minder problemen zijn met wateroverlast juist een later ras geteeld kan worden.

### ***Verbeteren samenwerking met loonwerkers***

Om bodemverdichting te voorkomen kan veel bereikt worden door een betere samenwerking en afstemming tussen loonwerkers en akkerbouwers. Als een loonwerker in de winter al weet wat er dat jaar allemaal op welk perceel gaat gebeuren, dan kan hij zijn planning veel beter indelen dan wanneer hij een week of zelfs een paar dagen van tevoren benaderd wordt voor een dienst. Er zijn loonwerkers die zelf proactief akkerbouwers opbellen wanneer zij verwachten dat er door slechte omstandigheden capaciteitsproblemen gaan komen en aansturen op het alvast uitvoeren van werkzaamheden. Dit kost voor een loonwerker wel veel tijd. De relatie tussen een loonwerker en akkerbouwers moet hecht zijn



en berusten op wederzijds vertrouwen. Vaak komt dezelfde loonwerker altijd bij dezelfde bedrijven en weet daardoor vrij goed welke percelen relatief nat zijn en waar specifiek de natste plekken liggen binnen een perceel. Binnen zijn werkgebied heeft een loonwerker zo een goed overzicht waar je omwille van de bodem eerder aan de slag kan en waar juist later. Daarmee kan een loonwerker een belangrijke rol vervullen in het maken van een efficiënte planning voor werkzaamheden breder over een regio. Sommige loonwerkers zijn hier al goed mee bezig, maar er is op dit vlak nog veel winst te halen.

Idealiter wil je als loonwerker elk jaar met elke teler om tafel gaan. Dit biedt de mogelijkheid om het vorige teeltjaar te evalueren en vooruit te kijken wat er in het nieuwe teeltjaar beter kan. Dit kost een loonwerker aan de voorkant extra werk, maar aan de achterkant heeft een loonwerker hier juist veel profijt van. Door aan de voorkant de planning op orde te maken kan voorkomen worden dat er capaciteitsproblemen ontstaan of dat er veel tijd verloren gaat met het lostrekken van vastgelopen machines.

### **Verhogen transportcapaciteit oogstwerkzaamheden**

Om het risico op bodemverdichting te verkleinen valt tijdens de oogstwerkzaamheden nog veel te winnen tijdens het transport van de oogst van het land. De focus bij het voorkomen van bodemverdichting via de mechanisatie ligt voornamelijk op de oogstmachines. Hierdoor wordt op oogstmachines vaak gewerkt met brede aangepaste banden en nieuwe innovaties en is dit minder vaak het geval onder de trekkers en kippers voor het transport. De wiellasten onder deze kippers zijn vrij fors en hier is niet altijd evenveel zicht op vanuit de akkerbouwers. Onder slechte omstandigheden zou vooral naar de capaciteit in het transport gekeken moeten worden. Is het bijvoorbeeld mogelijk om met minder volle kippers te gaan rijden? Tegelijkertijd wil je zo vaak en zo snel mogelijk kunnen lossen. Vaak is er vanuit het transport niet voldoende capaciteit om dit bij te benen waardoor er op het land met volle kippers en hoge snelheden gereden wordt.

## **5.2.2 Ketenafspraken**

### **Vergroten hoeveelheid levermomenten**

Toen de verwerkingsindustrie vroeger meer versnipperd was waren er daardoor meer ophaalrondes in een bepaald gebied. Hierdoor was er binnen een regio een betere spreiding wat betreft de oogstwerkzaamheden. Om de flexibiliteit in het oogstseizoen te vergroten zouden grote verwerkers meer levrondes kunnen hanteren. Dit heeft wel een negatief effect op de efficiëntie van het transport naar de fabriek. Veel van de gesproken afnemers zetten flink in op het vergroten van het aantal mogelijke levermomenten en het flexibeler maken van de planning in het algemeen. De geïnterviewde akkerbouwers ervaren het aantal levermomenten niet als probleem en ervaren daarbij geen druk vanuit de afnemers op hun oogstplanning.

### **Hogere premies voor duurzaam bodembeheer**

Verandering van onderaf in de keten zorgt voor een langzame transitie, doordat de marges van de akkerbouwers relatief laag zijn om veranderingen door te voeren. Ketenpartijen zouden een grote rol kunnen spelen in het versnellen van verandering door hogere premies te garanderen voor akkerbouwers die stappen zetten op het gebied van het verbeteren van de bodemkwaliteit.

Een voorbeeld hiervan is een programma rondom regeneratieve landbouw dat een verwerker recent is gestart. Hiervoor heeft de verwerker een KPI-systeem ontwikkeld waarin boeren op zeven thema's (bodembedekking, biodiversiteit, EIQ (environmental impact quotiënt), gewasdiversiteit, gewasbescherming, bemesting, grondbewerking) zien hoe hun bedrijf presteert en op welke punten zij kunnen verbeteren. Deelnemende telers doen verplicht mee aan een meerdaagse training over bodem- en waterkwaliteit. Zij tekenen een contract voor drie jaar en krijgen die drie jaar een hogere premie voor de stappen die zij nemen. Hiermee wil de verwerker financieel bijdragen aan het verduurzamen en robuuster maken van de akkerbouwpraktijken van haar telers.

Werken aan de bodemkwaliteit is een project van de lange adem en akkerbouwers doen investeringen die zich pas over een lange tijd terugverdienen. Voor de effectiviteit van zulk soort initiatieven uit de keten is het daarom belangrijk dat een ketenpartij zich voor een lange tijd committeert aan het betalen van de hogere premies.

### **5.2.3 Beleidsrichtingen**

#### ***Stimuleren kennisontwikkeling***

De overheid zou de verdere ontwikkeling van kennis en de verspreiding daarvan moeten stimuleren. Er zouden handvatten gecreëerd moeten worden voor een akkerbouwer op welke manier hij het risico op bodemverdichting kan verkleinen. Door inzicht te creëren in wat een akkerbouwer kan doen en wat dit voor hem oplevert, kunnen incentives en urgentie gekweekt worden bij akkerbouwers om te werken aan hun bodemkwaliteit.

- 1) Om de bodemkwaliteit in stand te houden is het essentieel dat de status van de bodem op een wetenschappelijke manier in kaart gebracht kan worden. Zo kunnen verandering aan de bodemkwaliteit en specifiek de bodemverdichting over de tijd heen gevolgd worden en kan inzichtelijk worden gemaakt welke effecten bepaalde maatregelen hebben op het voorkomen of verminderen van bodemverdichting.
- 2) Om met lichtere machines aan de slag te gaan moeten akkerbouwers inzien wat voor negatieve effecten zware machines hebben op hun bodem, en wat concreet het prijskaartje daarvan is. Wat voor effect heeft het bietenrooien laat in het jaar op het volggewas, en is dit effect kleiner als ik het bietenrooien een paar weken naar

voren schuif? Ook is er meer kennis nodig over de effecten van type machines op de bodem, welke mechanisatie is nou relatief goed en welke mechanisatie moeten we links laten liggen.

- 3) Tegelijkertijd moet er breder gekeken worden dan alleen de mechanisatie. Wat kan je in je rotatie nog meer aanpassen omwille van de bodem? Door middel van het telen van granen en het effectief inzetten van diepwortelende groenbemesters kan de bodem ook lossier gemaakt worden. Hier ontbreekt nog veel kennis.

### ***Stimuleren van kennisverspreiding***

Er is bij akkerbouwers behoefte aan kennis en uitwisseling van ervaringen, bijvoorbeeld via praktijknetwerken. Verder is externe kennis en begeleiding van onafhankelijke adviseurs gewenst.

### ***Maximale wiellasten/gewicht***

Het is een optie om via de wet- en regelgeving te sturen op machinegebruik. Zo kunnen er via wet- en regelgeving restricties geplaatst worden op het leeggewicht van een machine zoals dat er nu al is voor bijvoorbeeld de breedte van een machine. Deze wet- en regelgeving heeft ertoe geleid dat machines die gebruikt worden in de Nederlandse landbouw kleiner zijn dan de machines die bijvoorbeeld in Noord-Amerika of Oost-Europa worden ingezet. De praktijk leert dat machinefabrikanten pas stappen gaan zetten als de wet- en regelgeving hen daartoe dwingt. Waar een verschuiving naar lichtere machines vanuit akkerbouwers zelf in ieder geval op de korte termijn onwaarschijnlijk lijkt kan via wet- en regelgeving verandering worden geforceerd.

Een groot aandachtspunt hierbij is dat de capaciteit die met een machine gedraaid kan worden samenhangt met de grootte en daardoor ook het gewicht van de machine. Door lichtere machines te forceren via wet- en regelgeving wordt niet het onderliggende probleem aangepakt dat tot het algemene gebruik van grote machines heeft geleid. Vanwege de hoge kosten van arbeid en de tijdsdruk in het voor- en najaar kan een gemiddeld akkerbouwbedrijf het zich niet veroorloven te veel in te leveren op de capaciteit van machines. Hierom zijn veel partijen tegen dergelijke wet- en regelgeving op maximale tonnages.

### ***Stimuleren aanschaf lichte mechanisatie***

Een alternatief op het sturen via wet- en regelgeving waar de meeste partijen positief over zijn is het stimuleren van de aanschaf van lichtere machines of technieken die een lagere wiellast tot gevolg hebben via subsidies of regelingen zoals de VAMIL. Stimulerend beleid helpt akkerbouwers bij wie het in de bedrijfsvoering past uit eigen beweging met lichtere machines aan de slag te gaan.

Op het moment zijn er nog veel onduidelijkheden over het effect van verschillende machines op de bodemverdichting. Wanneer duidelijk is wat het effect is van bepaalde machines kan via beleid gestuurd worden op het machinegebruik. De aanschaf van machines waarvan uit onderzoek blijkt dat ze goed zijn voor de bodem, kan via subsidies worden gestimuleerd.

### ***Uiterlijke oogstdata***

Om de oogst van laatroeiende gewassen naar voren te schuiven kan een uiterlijke oogstdatum ingesteld worden. Vanuit alle gesproken partijen werd hier neutraal tot erg negatief op gereageerd. De omstandigheden tussen jaren kunnen flink fluctueren en met het instellen van een uiterlijke rooidatum kan het zijn dat momenten met gunstige omstandigheden niet benut kunnen worden. Een uiterlijke rooidatum verhoogd de druk op de bodem in het resterende rooiseizoen en verhoogd daarmee de benodigde rooicapaciteit. Idealiter zou in plaats van een uiterlijke datum naar de omstandigheden gekeken moeten worden om te bepalen of een akkerbouwer wel of niet het land op kan.

### ***Extra regels voor pachtgronden***

In Nederland is 40% van de grond niet in eigendom van degene die het bewerkt. Dit is een flink aandeel van het landbouwareaal en veel van de gesproken partijen zijn het erover eens dat op deze pachtgronden nog veel winst te behalen valt voor de bodem. In toenemende mate worden gronden verpacht via kortlopende contracten van één tot enkele jaren (geliberaliseerde pacht). Een pachter heeft in deze pachtvorm alleen belangen voor de korte termijn en de bodemkwaliteit heeft daarom geen prioriteit. Pachtcontracten zouden voor langere periodes moeten lopen zodat het rendeert voor pachters om verantwoordelijker met de bodems om te gaan. Daarnaast zouden er meer voorwaarden ten aanzien van het bodembeheer moeten worden opgenomen in pachtcontracten. Hoewel dit voor algemene wet- en regelgeving door veel partijen werd ontmoedigd worden voor de pachtcontracten juist regels genoemd zoals een maximale wiellast, het verlagen van de bandendruk en het instellen van een minimaal aandeel rustgewassen in de rotatie.

Geliberaliseerde pacht heeft ten opzichte van reguliere pacht een korte pachtperiode, maar biedt juist meer mogelijkheden om afspraken wat betreft duurzaam bodembeheer toe te voegen aan de pachtovereenkomsten. Dit biedt kansen voor het voorkomen van bodemverdichting op deze gronden. De overheid zou via het Rijksvastgoedbedrijf duurzaam bodembeheer op haar eigen gronden kunnen stimuleren door pachtafspraken ten behoeve van de bodemkwaliteit op te stellen en de pachtsom hierop aan te passen.

### ***Bodemverdichting meenemen in eco-regeling***

De eco-regeling kan een belangrijke tool zijn om de bodemstructuur te verbeteren zoals via het stimuleren van rustgewassen, vroeg oogsten van rooigewassen en strokenteelt. Er wordt

in de eco-regeling daarmee indirect rekening gehouden met het behoud van de bodemstructuur.

De vraag is of de bedragen per hectare voldoende zijn voor de akkerbouwer om zijn bedrijfsvoering aan te passen. Daarnaast wordt de eco-regeling door de hoeveelheid regels en voorwaarden als complex ervaren, waardoor deelname en daarmee de effectiviteit ontmoedigd wordt.

### ***Rol van de waterschappen***

Waterschappen hebben er belang bij dat bodems veel water kunnen vasthouden en een bufferende werking hebben. De meeste grond in Nederland heeft een agrarische bestemming, dus het is erg logisch om te kijken hoe de opslagcapaciteit van die bodems gewaarborgd of vergroot kan worden. Zeker nu weersextremen groter worden is de wens dat landbouwbodems meer water kunnen bergen en dit vast kunnen houden voor droge periodes. Het voorkomen van bodemverdichting zou daarom hoog op de prioriteitenlijst moeten staan. Toch lijken waterschappen moeilijk te motiveren om mee te doen met onderzoeken en projecten naar bodemverdichting aangezien zij hun handen vol hebben met andere thema's. In de gesprekken is de wens uitgesproken dat waterschappen een veel grotere verantwoordelijkheid nemen bij het voorkomen en tegengaan van bodemverdichting. Percelen waar problemen zijn met bodemverdichting hebben vaak een probleem met de waterhuishouding. Af- en ontwateren is voor bodemverdichting erg belangrijk en hier zou nog beter op gestuurd kunnen worden zodat percelen op tijd droog zijn.

### ***Integraal sturen op doelen***

De partijen waarmee gesproken is binnen dit project zijn het erover eens dat er integraal naar de bodem gekeken moet worden. Bodemverdichting staat als probleem niet los van andere problemen met de bodemkwaliteit. Hierbij wordt geadviseerd om te sturen op doelen via bijvoorbeeld KPI-systemen en niet op maatregelen. Sturen via maatregelen, zo wordt ervaren, slaat de creativiteit plat en gaat ten koste van de effectiviteit. Hierbij is het wel een kwestie van maatwerk, waarbij er geen uniforme doelen zijn maar gekeken wordt wat er in elke regio of zelfs op bedrijfsniveau speelt. Er moet draagvlak van onder uit de keten zijn voor deze doelen; akkerbouwers moeten zelf willen werken aan de bodemkwaliteit.

Een essentieel onderdeel hiervan is inzicht in bodemkwaliteit (meetbaarheid) en kennis van het effect van maatregelen op de bodemkwaliteit.

### ***Stimuleren via de vraagkant***

Om te zorgen dat akkerbouwers voldoende financiële ruimte hebben om stappen te nemen om hun bodemkwaliteit te verbeteren en als onderdeel daarvan het risico op

bodemverdichting te verkleinen, zijn hogere premies nodig voor gewassen. Dit kan op verschillende manieren gerealiseerd worden, maar voor een oplossing die een transitie voor lange tijd mogelijk maakt is het nodig dat de markt permanent verandert. Bij te weinig urgentie vanuit de consument zou de overheid met een duidelijke lange termijnvisie beleid kunnen maken waarbij gericht via de supermarkten de vraagkant wordt beïnvloed. Er zou bijvoorbeeld een grotere vraag moeten worden gecreëerd naar granen, eiwitgewassen en andere gewassen van Nederlandse bodem waardoor het bouwplan minder intensief wordt.

## 6 Conclusies

Het belang van een goede bodemkwaliteit wordt door akkerbouwers, loonwerkers en ketenpartijen steeds meer erkend en daarmee groeit ook de aandacht voor het voorkomen van bodemverdichting. Bodemverdichting is nog relatief ongrijpbaar; er ontbreekt nog veel inzicht in hoeverre percelen verdicht zijn en hoe groot de negatieve effecten zijn die bodemverdichting op de korte en lange termijn met zich meebrengt. Bodemverdichting kan de bereikbaarheid en benutting van nutriënten en opname van water door het gewas verminderen, verhoogd de inzet van gewasbeschermingsmiddelen, verhoogd het brandstofgebruik (door nattere omstandigheden is meer trekkracht vereist) en verlaagd het watervasthoudend vermogen van de bodem. Zo beïnvloedt bodemverdichting via verschillende aspecten de gewasgroei en de bedrijfsvoering van een akkerbouwer. Daarnaast kan bodemverdichting een negatief effect hebben op de ecosystemendiensten die de bodem kan leveren. Om de urgentie onder akkerbouwers te vergroten zodat meer werk gemaakt wordt van het voorkomen en opheffen van bodemverdichting is inzicht nodig in de status van percelen wat betreft bodemverdichting, de lange en korte termijn kosten van bodemverdichting en de effectiviteit van maatregelen gericht op het voorkomen en/of opheffen van bodemverdichting.

Het voorkomen van bodemverdichting is een complexe uitdaging aangezien er verschillende aspecten meespelen bij het verdichten van de bodem. In grote lijnen zijn dit (i) het gebrek aan inzicht en kennis, (ii) de belasting van de bodem (machinegewicht), (iii) de timing van werkzaamheden en (iv) het bouwplan. In het huidige Nederlandse landbouwsysteem worden relatief veel laatroeiende gewassen geteeld in het bouwplan vanwege het lage saldo van alternatieven. In deze teelten worden hoge opbrengsttonnages gehaald en is het risico op slechte omstandigheden tijdens werkzaamheden relatief hoog. De beperkte beschikbaarheid en hoge kosten van arbeid maken het uitvoeren van werkzaamheden met een verlaagde capaciteit lastig. Daarnaast is er weinig financiële ruimte om te investeren in bodembesparende maatregelen.

In de interviews zijn verschillende maatregelen, ketenafspraken en aandachtspunten voor beleid in kaart gebracht om het risico op bodemverdichting te verkleinen (hoofdstuk 5). Hieruit kwam naar voren dat de overheid allereerst kan inzetten op de verdere ontwikkeling en verspreiding van kennis omtrent bodemverdichting zodat akkerbouwers intrinsiek gemotiveerd worden om stappen te gaan zetten en hiervoor concrete handvaten hebben. Om de belasting van de bodem te verkleinen moet een verschuiving naar het gebruik van lichtere machines gerealiseerd worden. Bij voorkeur zou het aanschaffen van lichtere machines door akkerbouwers en loonwerkers gestimuleerd worden via subsidieregelingen en wordt er verder geïnvesteerd in de ontwikkeling van (autonome) lichte machines. Strengere wet- en regelgeving wat betreft machinegewichten en aslasten wordt veelal als onwenselijk

ervaren omdat het de onderliggende huidige noodzaak voor het implementeren van grote machines niet oplost. Ook wordt het hanteren van uiterlijke oogstdata afgeraden, aangezien dit het aantal werkbare dagen verder reduceert en daardoor de benodigde rooicapaciteit vergroot. Om de timing van werkzaamheden te verbeteren valt nog winst te halen door de samenwerking tussen loonwerkers en akkerbouwers te verbeteren. Vanuit de afnemers wordt over het algemeen genoeg vrijheid en flexibiliteit ervaren om levermomenten in te plannen, maar flexibiliteit in leveringen optimaliseren en vooral afstemmen op de bodemcondities is wel een aandachtspunt waarmee veel winst valt te behalen. Waar voor grond in eigendom extra wet- en regelgeving als onwenselijk wordt beschouwd, werden voor pachtgronden wel extra regels en afspraken over bijvoorbeeld maximale wiellasten, oogstdata en bouwplannen genoemd als middel om verandering tot stand te brengen. Pachtperiodes zouden daarnaast langer moeten worden.

Aangezien bodemverdichting als probleem niet los staat van andere aspecten van de bodemkwaliteit werd sturen op doelen omtrent de bodemkwaliteit veel genoemd als wenselijke richting voor beleid. Om bodemverdichting hierin mee te nemen moet bodemverdichting eenvoudig direct of indirect te monitoren zijn, iets wat op het moment nog ontbreekt. Ketenpartijen kunnen ook bijdragen aan het creëren van zulke incentives door zelf via KPI-systemen een hogere premie te betalen voor akkerbouwers die stappen maken om bodemverdichting te voorkomen of indirect, door bijvoorbeeld via een fonds, financiële middelen beschikbaar te stellen om mee te betalen aan zulke initiatieven.



## 7 Aanbeveling

In deze verkenning zijn met behulp van de interviews verschillende ideeën en aandachtspunten voor maatregelen, ketenafspraken en aandachtspunten voor beleid in kaart gebracht. Met deze input kunnen 6 kansrijke routes worden onderscheiden die hieronder nader worden toegelicht.

### 1. Kennisontwikkeling

Er is inzicht nodig in de lange termijn schade veroorzaakt door bodemverdichting om gedragsverandering te realiseren. Op het moment is er een gebrek aan kennis over de kosten van bodemverdichting (urgentie) en maatregelen die genomen kunnen worden om bodemverdichting te voorkomen of op te heffen (handvaten):

- Wat zijn de negatieve effecten van zware machines op ecosysteemdiensten van de bodem zoals het beschikbaar maken van nutriënten, het watervasthoudend vermogen en het effect op de gewasopbrengst?
- Wat zijn de kosten van bodemverdichting voor een akkerbouwer op de lange termijn door gereduceerde gewasopbrengsten, verhoogd brandstofgebruik en verhoogde input van meststoffen en gewasgewasbeschermingsmiddelen?
- Wat voor effect hebben verschillende typen machines op bodemverdichting en hoe vertaalt zich dit in het lange termijn kostenplaatje van de aanschaf van deze machines?
- Wat zijn effectieve maatregelen die een akkerbouwer kan nemen om bodemverdichting te voorkomen of op te heffen? Bijvoorbeeld: wat is het effect van het telen van diepwortelende groenbemesters en/of meer rustgewassen in het bouwplan op het voorkomen en opheffen van bodemverdichting?
- Welke effect kan een verhoging van de bodemkwaliteit door bijvoorbeeld het verhogen van het organische stofgehalte en het stimuleren van het bodemleven hebben op het voorkomen of opheffen van bodemverdichting?

### 2. Kennisverspreiding

Om verandering tot stand te brengen is het vervolgens belangrijk dat akkerbouwers op de hoogte zijn van de nieuwste inzichten wat betreft de negatieve effecten van bodemverdichting en de mogelijkheden om bodemverdichting te voorkomen of reduceren. Akkerbouwers kunnen op verschillende manieren gemotiveerd raken om met bepaalde maatregelen aan de slag te gaan. Kennisverspreiding kan daarom via verschillende manieren gestimuleerd worden. Waar koplopers sneller geneigd zijn om met eigen ideeën en nieuwe inzichten uit onderzoek aan de slag te gaan willen de meeste akkerbouwers eerst zien hoe maatregelen, dichtbij in de praktijk, uitpakken. Er is bij akkerbouwers daarom een grote behoefte aan onderlinge uitwisseling van kennis en ervaringen, bijvoorbeeld via praktijknetwerken. Via beleid zou het opzetten van praktijknetwerken en de begeleiding daarvan gefaciliteerd kunnen worden om de ontwikkeling en verspreiding van kennis onder akkerbouwers te versnellen.

### **3. Stimuleren en faciliteren van lichtere machines**

De kosten voor het verkleinen van het risico op bodemverdichting door bijvoorbeeld lichtere machines aan te schaffen liggen op het moment volledig bij de akkerbouwers en loonwerkers. De inzet van lichte machines wordt voornamelijk beperkt door de hoge investeringskosten, lagere capaciteit van de machines en onvoldoende beschikbaarheid van arbeidskrachten. Door op het gewicht van machines te sturen via wet- en regelgeving wordt er onvoldoende rekening gehouden met deze sociaaleconomische knelpunten. Stimulerend beleid wordt kansrijker geacht. De aanschaf van lichte machines zou gestimuleerd kunnen worden via subsidieregelingen voor lichte machines. Hierdoor kan de stap om met lichte machines aan de slag te gaan verkleind worden voor de groep loonwerkers en akkerbouwers die hier in hun bedrijfsvoering de ruimte voor zien.

Ook het stimuleren van de ontwikkeling van lichte (autonome) machines en ondersteunen van startups die hiermee aan de slag willen, kan daar onderdeel van uitmaken. Op het moment valt er nog veel te leren over de ontwikkeling en toepassing in de praktijk van dergelijke innovatieve machines. Hoe past het in de bedrijfsvoering en hoe om te gaan met de wet- en regelgeving die nog niet voldoende is ingesteld op autonoom functionerende mechanisatie, zoals de veiligheidsaspecten van autonome machines. Akkerbouwers die hiermee aan de slag willen zouden daarin door de overheid verder ondersteund kunnen worden door bijvoorbeeld het faciliteren van pilots, onderzoeken welke knelpunten er zijn in de wet- en regelgeving en welke mogelijke aanpassingen er gedaan kunnen worden om de implementatie van autonome machines simpeler te maken.

### **4. Samenwerking met loonwerkers**

De timing van het uitvoeren van werkzaamheden is een belangrijke factor in het voorkomen van bodemverdichting. Doordat een loonwerker vaak werkzaamheden uitvoert die in het verhaal van bodemverdichting een grote rol spelen (bijvoorbeeld in de bietenoogst en bij het uitrijden van mest) kan er, door in te zetten op gedragsverandering in het loonwerk, veel winst gehaald worden. In de samenwerking tussen akkerbouwers en loonwerkers kunnen nog veel stappen gezet worden om het uitvoeren van werkzaamheden onder slechte omstandigheden zo veel mogelijk te vermijden. Door aan het begin van het seizoen het vorige seizoen te evalueren en de plannen voor het komende jaar en eigenschappen van percelen te bespreken kan een loonwerker zijn planning verbeteren. Er kunnen samen afspraken gemaakt worden over op wat voor manier en onder welke omstandigheden werkzaamheden worden uitgevoerd.

Loonwerkers komen binnen een regio op veel verschillende bedrijven en zouden een grotere rol kunnen gaan spelen als adviseur rondom het voorkomen van bodemverdichting. Steeds meer loonwerkbedrijven willen zich onderscheiden als bedrijf door in hun diensten een grotere focus te leggen op de bodemkwaliteit. Deze trend zou door beleid verder gestimuleerd kunnen worden.

### **5. Betrekken waterschappen bij de problematiek**

Waterschappen spelen een belangrijke rol in de waterhuishouding van het landelijke gebied. Daarbij speelt de bodemkwaliteit een cruciale rol in het vasthouden van water, de

waterberging maar ook de uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. Een slechte bodemkwaliteit door bodemverdichting belemmert immers de wortelgroei van gewassen waardoor nutriënten verloren gaan naar grond- en oppervlaktewater. Waterschappen zijn zich nog onvoldoende bewust van de rol die de bodemkwaliteit speelt voor de waterkwaliteit. Bewustwording en een actieve inzet richting het verbeteren van de bodemkwaliteit kan ook de samenwerking tussen agrariërs en waterschappen doen verbeteren daar hier een gemeenschappelijk belang ligt. Stimulering van een actievere rol en het nemen van verantwoordelijkheid door de waterschappen kan helpen om de problematiek van de bodemverdichting te doen afnemen.

#### **6. Kansen in de eco-regeling**

Bij het vormgeven van de maatregelen in de eco-regeling is niet specifiek gekeken naar het verkleinen van het risico op bodemverdichting. De eco-regeling bevat maatregelen die gericht zijn op het verbeteren van de bodemkwaliteit en in veel gevallen kunnen ze daarmee bijdragen aan het voorkomen of opheffen van bodemverdichting. Bodemverdichting is als probleem immers verbonden aan andere aspecten rondom de bodemkwaliteit. Het is goed om de maatregelen van de eco-regeling te evalueren en in kaart te brengen welke maatregelen bijdragen aan het voorkomen van bodemverdichting en op welke manier. Gekeken kan worden of er verder kansen liggen om via aanpassingen, de eco-regeling effectiever bij te laten dragen aan het voorkomen en/of opheffen van bodemverdichting. Het is daarnaast interessant om te evalueren op welke schaal maatregelen binnen de eco-regeling in de praktijk worden toegepast en hoe effectief dit bijdraagt aan het voorkomen van bodemverdichting.

#### **7. Pachtgronden**

Een groot deel van de landbouwgronden in Nederland wordt verpacht (40%) en dit gebeurt in toenemende mate via kortlopende geliberaliseerde pacht. Om pachters te bewegen verantwoord met deze pachtgronden om te gaan is het met name van belang om de contractduur te verlengen en dat er een langdurige relatie gerealiseerd wordt tussen de pachter en de verpachter. Er kunnen daarnaast afspraken gemaakt worden rondom maximale wiellasten en maatregelen die getroffen worden ten behoeve van de bodemkwaliteit. Ook kunnen er eisen gesteld worden dat bepaalde bodemindicatoren niet achteruit mogen gaan tussen het begin en het eind van de pachtperiode. Hierbij kan de overheid via haar eigen pachtcontracten het goede voorbeeld geven.

## Literatuur

- Abaye, A. O., Basden, T. J., Beegle, D. B., Binford, G. D., Daniels, W. L., Duiker, S. W., ... & Taylor, R. W. (2006). The Mid-Atlantic nutrient management handbook. 136–140 p. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/99502>.
- Bakema, G., van den Akker, J. H., & van Egmond, F. (2021). Voorkomen en opheffen van bodemverdichting: Literatuuronderzoek en casestudie Flevoland. Rapport 3069. Wageningen Environmental Research, Wageningen, 42 p.
- Bakema, G., & van den Akker, J. J. H. (2021). Terranimo-risicotool bodemverdichting, versie Nederland: Handleiding en achtergronden. Rapport 3063. Wageningen Environmental Research, Wageningen, 40 p.
- Brus, D.J. & van den Akker, J.H. (2018). How serious a problem is subsoil compaction in the Netherlands? A survey based on probability sampling. *Soil*: 4, 37-45.
- Bussink, D. W., van Schöll, L., van der Draai, H., & van Riemsdijk, W. H. (2008). Beter waterbeheer en-kwaliteitsmanagement begint op de akker. Nutriënten Management Instituut NMI B.V. 68 p.
- Cosun Beet Company (2020, 4 november). Voortgang bewust behoud bodemstructuur. Cosun Beet Company. Powerpoint presentatie. 7 p.
- De Lijster, E., van de Akker, J., Visser, A., Allema, B., van der Wal, A. en Dijkman, W. (2016). Waarderen van bodem-watermaatregelen. Rapport CLM-912. CLM onderzoek en Advies, Culemborg. 56 p.
- Harkansson, I. and Reeder (1994). Subsoil compaction by vehicles with high axle load – extent, persistence and crop response. *Soil and Tillage Research* 29, 277-304.
- Hazeu, G., Schuiling, R., Thomas, D., Vittek, M., Storm, M., & Bulens, J. D. (2023). Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland 2021 (LGN2021): achtergronden, methodiek en validatie. Wageningen Environmental Research. Rapport 3235, 99 p.
- I & W (2022 25 november). Water en Bodem sturend. Brief aan de tweede kamer. 32 p. <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-c35e65eba0903d738ae26dab222462337b0d8de7/pdf>
- Kuhlman T.W., Michels, R., Groot, B. (2010). Kosten en baten van bodembeheer. Maatregelen tegen winderosie, veenafbraak en ondergrondverdichting. LEI-rapport 2010-58.
- Technische Commissie Bodem (TCB) (2011). Advies bodemverdichting, Den Haag, TCB-A071, 29 p.
- LTO Noord, Cumela, Van Hall Larenstein en Aequator Groen & Ruimte (2021). Checklist: Opheffen van bodemverdichting op kleigrond. 9 p.
- Tinhout, B. (2020). Factsheet bodemverdichting. CLM, Countus en Wageningen University & Research. 2 p.
- Van Balen, D. (2019). Bodemstructuur en verdichting. WUR Open teelten. Powerpoint presentatie Nationale Bodemtop 2019. 23 p.
- Van den Akker, J. (2019). Bodemverdichting: ondergrond en bovengrond. Fact finding paper voor de Raad voor Leefomgeving en Infrastructuur (RLI) voor het advies Vitale Bodem. 20 p.
- Van den Akker, J. J. H., de Vries, F., Vermeulen, G. D., Hack-ten Broeke, M. J. D., & Schouten, T. (2013). Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied kaart. Rapport 2409. Alterra, Wageningen-UR. 80 p.
- Vermeulen, G. D., Verwijs, B. R., & van den Akker, J. J. H. (2013). Vergelijking van de bodembelasting bij agrarisch veldwerk in 1980 en 2010. Rapport 501. Plant Research International, Business Unit Agrosysteemkunde, Wageningen 44 p.

Westerhof R., Luitwieler, M. en van den Brink, C. (2010). Maatregelen en instrumenten voor de bodem in prioritaire gebieden. Deel 1: Probleemschets en inventarisatie. Deel 2: Synthese. Royal Haskoning. Rapport 9V0371/R00005/CVDB/Gron.

Zwart, K. B., van den Akker, J. J. H., Bussink, D. W., de Haas, M. J. O. M., van der Weide, R. Y., Paauw, J. G. M., & Doornbos, A. J. (2011). Waterkwaliteit bij de wortel aangepakt (No. 2177). Alterra, Wageningen.

# Bijlage 1. Lijst geïnterviewden

## **Beleid:**

Joke van Wensem – oud-secretaris TCB  
Dirk Johan Feenstra – LTO Noord

## **Onderzoek**

Guido Bakema – WUR  
Derk van Balen – WUR

## **Adviseurs**

Coen ter Berg – Coen ter Berg Landbouwkundig Advies  
Hilde Coolman – NAJK

## **Ketenpartijen/afnemers**

Peter Smale en Gerlof Tempelman - AVEBE  
Gert Sikken en André van Balen - COSUN en IRS  
Erik Haasken – McCain  
Dirk Peters en Geert-Jan van Roessel – Lamb Weston

## **Akkerbouwers:**

Leo Dalebout - akkerbouwer  
Roland Velema – akkerbouwer  
Hanneke van Ormondt – Caring farmers  
Adinda Lodders – BO akkerbouw

## **Loonwerk/agrotechniek**

Gerben Zijlstra – Cumela  
Ron Houweling - Fedecom