

Oorzaken, effecten en oplossingen

Vernattingsproblematiek in de buisleidingenstraat



De Buisleidingenstraat
Doorgrond!

Titel: De Buisleidingenstraat Doorgrond!

Subtitel: Vernattingsproblematiek in de buisleidingenstraat: oorzaken, effecten en oplossingen

Status: Definitief

Datum: 18 december 2013

Auteurs: Jaap de Wit (Grontmij), Ronald Muntjewerff (Grontmij), John Driessen (Grontmij), Onno Walta (Grontmij), Hans van Meerten (Deltares), Henk Kruse (Deltares), Henri Havinga (Deltares) en tekstuele bijdragen Giel Snijders en Henk Barth (Barth Drainage).

Gecontroleerd: consortiumleden, SKB en LSned

Verantwoording

Dit rapport is het resultaat van een project dat is uitgevoerd in het kader van de showcase Buisleidingenstraat: meebouwen aan een veilige en duurzame omgeving, met de werktitel 'Graven om vooruit te komen'. Showcasehouder is LSned Leidingenstraat Nederland.

Dit project is uitgevoerd in het programma Duurzame Ontwikkeling Ondergrond van de Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem (SKB). Doel van dit programma is ontwikkelen en delen van kennis en ervaring over verantwoord gebruik en beheer van bodem en ondergrond ten behoeve van publieke en private praktijkontwikkeling.

De volgende organisaties vormden het consortium en hebben dit project uitgevoerd.

Consortium (uitvoerend)

Grontmij (penvoerder)

- J. de Wit (projectleider)
- R. Muntjewerff
- J. Driessen
- O. Walta

Deltares

- H. van Meerten
- H. Kruse
- H. Havinga

Barth Drainage B.V.

- H. Barth
- G. Snijders

Waterschap Brabantse Delta

- C. Machielsen

LSNed (opdrachtgever)

- A. Doomen

SKB (opdrachtgever)

- Geiske Bouma (tijdelijk vervangen door Arno Peekel)

Projectsecretariaat:

Grontmij
Postbus 119
3990 DC Houten
o.v.v. projectnummer 327733



Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Achtergrond.....	5
1.2	Probleemstelling	5
1.3	Doel van dit deelproject	6
1.4	Leeswijzer	6
2	Aanpak van dit deelproject.....	8
2.1	Stap 1 Probleemdefinitie.....	8
2.2	Stap 2 Verdiepingslag.....	9
2.3	Stap 3 Uitwerking deelgebied	11
3	Oorzaken van vernatting.....	12
3.1	Neerslag.....	12
3.2	Hoogte- en vlakteligging	14
3.3	Bodem.....	15
3.4	Waterhuishouding en hydrologie	16
3.4.1	Geohydrologische schematisatie	16
3.4.2	Grondwaterstanden	17
3.4.3	Oppervlaktewatersysteem	17
3.4.4	Slootdempingen	17
3.4.5	Doorlatendheid.....	18
3.5	Ontwatering en drainage.....	19
3.5.1	Ontwateringssituatie	19
3.5.2	Drainage.....	19
3.5.3	Beheer en onderhoud drainage	21
3.6	Bodemgebruik.....	21
3.6.1	Agrarisch gebruik	21
3.6.2	Natuurlijk gebruik	22
3.7	De aanleg van (nieuwe) kabels en leidingen	23
4	De effecten van vernatting.....	27
4.1	Effecten per stakeholder	27
4.1.1	LSNed	27
4.1.2	Pachters landbouwpercelen.....	27
4.1.3	Brabants Landschap	28
4.1.4	Aannemers en leidingleggers/-eigenaren	28
4.1.5	Waterschap Brabantse en Hollandse Delta.....	29
4.2	Effecten op de leidingen	29
4.2.1	Verkeerbelasting	29
4.2.2	Belasting op de leiding.....	30
4.2.3	Spanningen in de leiding.....	32
4.2.4	Voorschriften grondgebruikers.....	34
4.2.5	Risico op opdrijven.....	34
4.2.6	Corrosie.....	35
5	Oplossingsrichtingen.....	36

5.1	Scenario 1: Oplossen vernattingsproblemen en akkerbouw handhaven	36
5.1.1	Maatregelen	36
5.1.2	Kosten en baten	37
5.2	Scenario 2: Omgaan met vernattingsproblemen (adaptatie)	38
5.3	Uitvoeringsaspecten aanleg nieuwe leidingen.....	38
5.4	'Buiten de grenzen van de buisleidingenstraat'	39
6	Conclusies en aanbevelingen	42
6.1	Conclusies.....	42
6.2	Aanbevelingen	44
7	Bronnen.....	46

BIJLAGEN

Bijlage 1:	Notitie fase 1 quickscan "Vernatting Buisleidingenstraat"
Bijlage 2:	Beschrijvingen deelgebied 4 Noordhoek en deelgebied 10 Bergen op Zoom en achtergrondinformatie bodemkundige en landbouwkundige aspecten (Grontmij).
Bijlage 3:	Onderzoeksopzet en verslag veldonderzoek deelgebied 4 Noordhoek en deelgebied 10 Bergen op Zoom (Grontmij)
Bijlage 4:	Feitelijk verslag grondonderzoek leidingstraat te Noordhoek en Bergen op Zoom 1206219-000-HYE-0008 (Deltares)
Bijlage 5:	Bevindingen hydrologie leidingstraat te Noordhoek en Bergen op Zoom 1208530-000-GEO-001 (Deltares)
Bijlage 6:	Bevindingen berekeningen belasting op leidingen 1208530-000-GEO-0002 (Deltares)
Bijlage 7:	Leidingtechnische berekeningen (Grontmij)
Bijlage 8:	Beoordeling drainage en kostenaspecten (Barth Drainage)
Bijlage 9:	Documenten Charrette: sheets en verslag (Grontmij)

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Begin 2012 heeft SKB¹ op basis van een open tender zes Showcases geselecteerd. Eén van deze showcases is de showcase buisleidingenstraat: meebouwen aan een veilige en duurzame omgeving, met de werktitel 'Graven om vooruit te komen'. LSNed, buisleidingenstraat Nederland, is hiervan de showcasehouder. In deze showcase wordt onder andere gezocht naar alternatieve vormen van bovengronds gebruik van de buisleidingenstraat.



Het ondergrondse gebruik van de buisleidingenstraat en de wijze waarop de buisleidingenstraat functioneert, legt beperkingen op aan het gebruik van de bovengrond direct boven de buisleidingenstraat en de directe omgeving. Meerdere externe en interne ontwikkelingen hebben ertoe geleid dat LSNed het gebruik van de bovengrond wil herzien. Een veilige en ongestoorde ligging van de leidingen blijft hierbij centraal staan. LSNed is er echter van overtuigd dat, binnen randvoorwaarden, de gronden duurzamer en meervoudiger kunnen worden gebruikt.

Binnen deze showcase zijn verschillende deelprojecten uitgevoerd, waaronder een deelproject waar dit rapport verslag van doet, **de vernatting in de buisleidingenstraat**. Meer informatie over de buisleidingenstraat is opgenomen in het kader aan het einde van dit hoofdstuk. Daarnaast kan de website van LSNed worden geraadpleegd (www.lsned.nl).

1.2 Probleemstelling

Sinds enige jaren is in toenemende sprake van het steeds natter worden van de gronden behorende bij de buisleidingenstraat. De gronden zijn zo vernat dat op meerdere plaatsen gedurende enkele maanden - soms veel - water aan de oppervlakte zichtbaar is (zie ook figuur 1). Dit brengt problemen mee ten aanzien van de bruikbaarheid van de grond en resulteert in belemmeringen voor onder andere de pachters en leidingleggers. Zo kunnen agrariërs de percelen moeilijk of soms helemaal niet betreden en bewerken en/of gewassen (dreigen te) verdrinken, met opbrengstverliezen tot gevolg. Te natte omstandigheden leveren problemen op bij de aanleg van nieuwe leidingen, omdat percelen slecht bereikbaar zijn. Daarnaast zorgen de natte omstandigheden voor hinder bij onderhoud- en beheerswerkzaamheden.

Bij betreding en berijding van de te natte grond bestaat er een grotere kans op structuurschade aan de bodem waardoor de situatie verslechterd. Daarnaast is onduidelijk wat de effecten zijn van de vernatting op de toestand van de buisleidingen, met betrekking tot spanningen in de leidingen en mogelijk optredende corrosie.

¹ Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem.



Fig. 1. Voorbeelden van wateroverlast op agrarische gronden in de buisleidingenstraat (bron: LSNed)

Op basis van luchtfoto's heeft LSNed de eerste probleemplekken in het tracé verkend en indicatief op kaarten weergegeven. In totaal zijn dit twaalf aaneengesloten deelgebieden in de buisleidingenstraat waar problemen met vernatting zijn. Deze gebieden liggen over de buisleidingenstraat verspreid van Rotterdam tot aan Bergen op Zoom.

1.3 Doel van dit deelproject

Het doel van dit deelproject is driedelig:

- Inzicht krijgen in de oorzaken van de vernatting van de gronden binnen de buisleidingenstraat.
- Inzicht krijgen in de gevolgen en effecten van de vernatting voor de stakeholders en de effecten op de leidingen.
- Het aandragen van oplossingen voor de vernattingsproblemen.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten het deelproject vernatting in de buisleidingenstraat. In de bijlagen zijn de verschillende deelresultaten inclusief onderbouwing alsmede aanvullende achtergrondinformatie opgenomen. De opbouw van het rapport is als volgt:

- Hoofdstuk 1: Inleiding
- Hoofdstuk 2: De aanpak van het project (werkwijze)
- Hoofdstuk 3: De oorzaken van de vernatting
- Hoofdstuk 4: De effecten van de vernatting
- Hoofdstuk 5: Oplossingsrichtingen
- Hoofdstuk 6: Conclusies en aanbevelingen

In hoofdstuk 7 zijn enkele verwijzingen naar geraadpleegde bronnen opgenomen.

De buisleidingenstraat

Tussen Rotterdam en Antwerpen en met een aftakking naar Vlissingen ligt sinds 1972 de buisleidingenstraat (zie kaartje). Dit is een strook grond van ongeveer 100 meter breed gereserveerd en ingericht voor het aanleggen en instandhouden van leidingen. Het tracé heeft een lengte van circa 73 kilometer.

De rijksoverheid heeft zorg gedragen voor de realisatie van deze buisleidingenstraat. Vanaf het moment dat de buisleidingenstraat (de gronden, de infrastructuur, de kunstwerken) gereed was, is het beheer overgedragen aan de stichting Buisleidingenstraat Zuidwest Nederland, nu handelende onder de naam Buisleidingenstraat Nederland (LSNed). In de buisleidingenstraat liggen ondergrondse buisleidingen voor het transport van diverse gassen en vloeistoffen. In de buisleidingenstraat worden regelmatig nieuwe buisleidingen aangelegd, overwegend van buiten naar binnen.

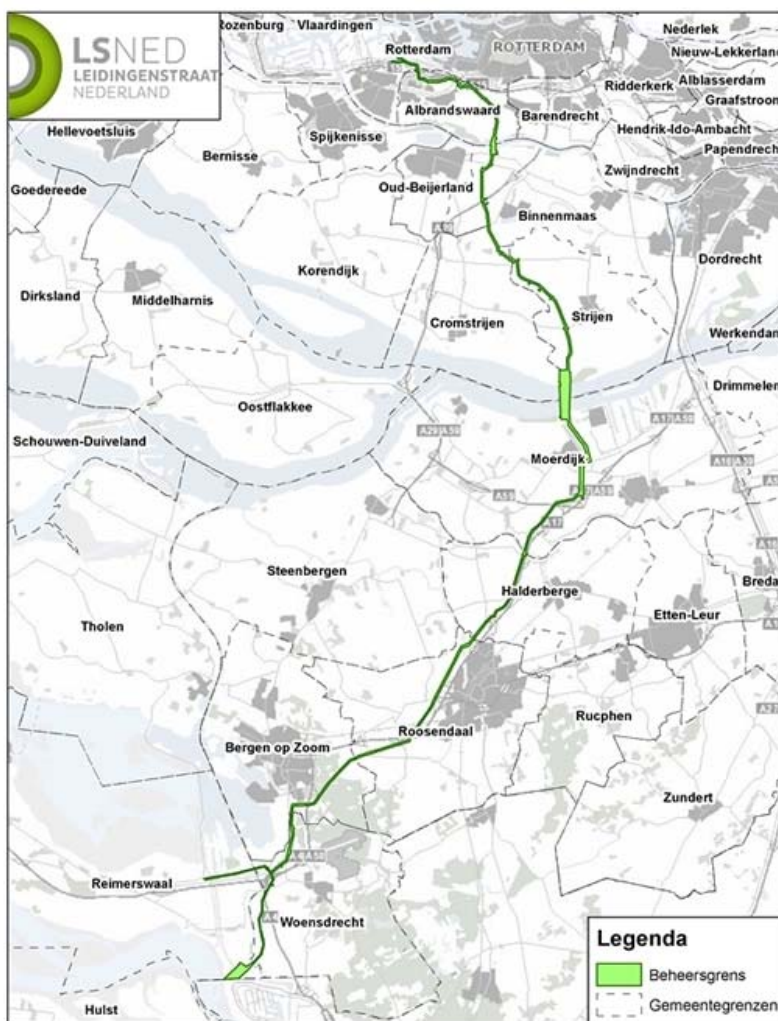
Bodemgebruik

Het overgrote deel van de gronden ,+/- 800 ha, wordt verpacht aan circa 100 agrariërs. Tot voor kort werden de gronden gebruikt voor akkerbouw en weiland, met uitzondering van één kavel welke is ingericht met heide en een golfbaan die gebruik maakt van de gronden van de buisleidingenstraat.

De sloten die de buisleidingenstraat kruisten, zijn vrijwel allemaal ten tijde van de aanleg van de buisleidingenstraat gedempt. Om landbouwkundig gebruik mogelijk te maken is ten behoeve van de ontwatering een drainagesysteem aangelegd.

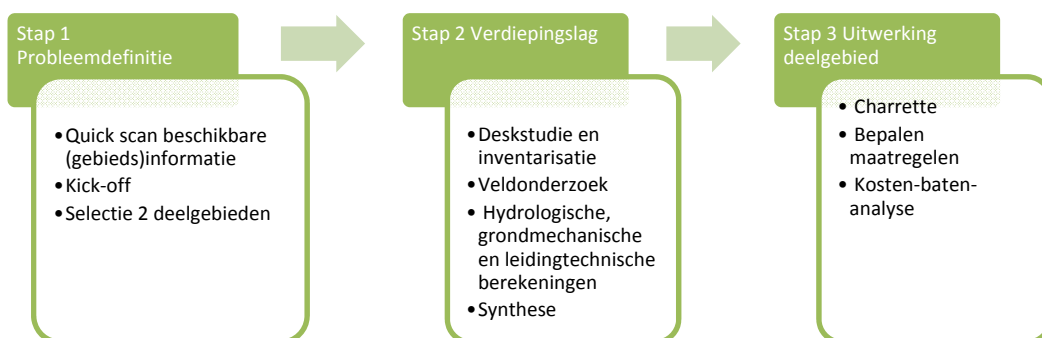
Ongestoorde ligging van kabels en leidingen

Voor de buisleidingenstraat staat een ongestoorde en veilige ligging van de leidingen en het ruimte blijven bieden voor nieuwe leidingen voorop. Externe veiligheid en risicobeheersing wordt steeds belangrijker en komt steeds meer onder een vergrootglas te liggen. LSNed dient hierop te anticiperen en het beheer van de buisleidingenstraat daarop aan te passen.



2 Aanpak van dit deelproject

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek uitgelegd. Het onderzoek is op basis van een pragmatische stapsgewijze en gebiedsgerichte aanpak uitgevoerd, waarbij wij de volgende drie opeenvolgende stappen hebben aangehouden.



Middels deze werkwijze is vanuit de twaalf deelgebieden steeds verder ingezoomd op gebieden waar problemen zijn met vernatting (zie ook figuur 2.2). In de volgende paragrafen is toegelicht wat we in de verschillende stappen hebben gedaan.

2.1 Stap 1 Probleemdefinitie



Fig. 2.1. Deelgebied 4 Noordhoek (links) en deelgebied 10: Bergen op Zoom (Fianestraat) (rechts)

In stap 1 is een quickscan voor de twaalf, door LSNed, als nat aangeduide deelgebieden binnen de buisleidingenstraat uitgevoerd. Hierbij is relevante informatie verzameld en geanalyseerd. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 1. Aan de hand van de quickscan is bekend welke informatie beschikbaar is en is een eerste indruk gekregen van mogelijke oorzaken van de wateroverlast. Op basis van een aantal criteria is een keuze gemaakt voor twee nader te verkennen, verschillende, en voor de buisleidingenstraat representatieve, deelgebieden. In overleg met SKB een LSNed is de keuze voor onderstaande locaties gemaakt.

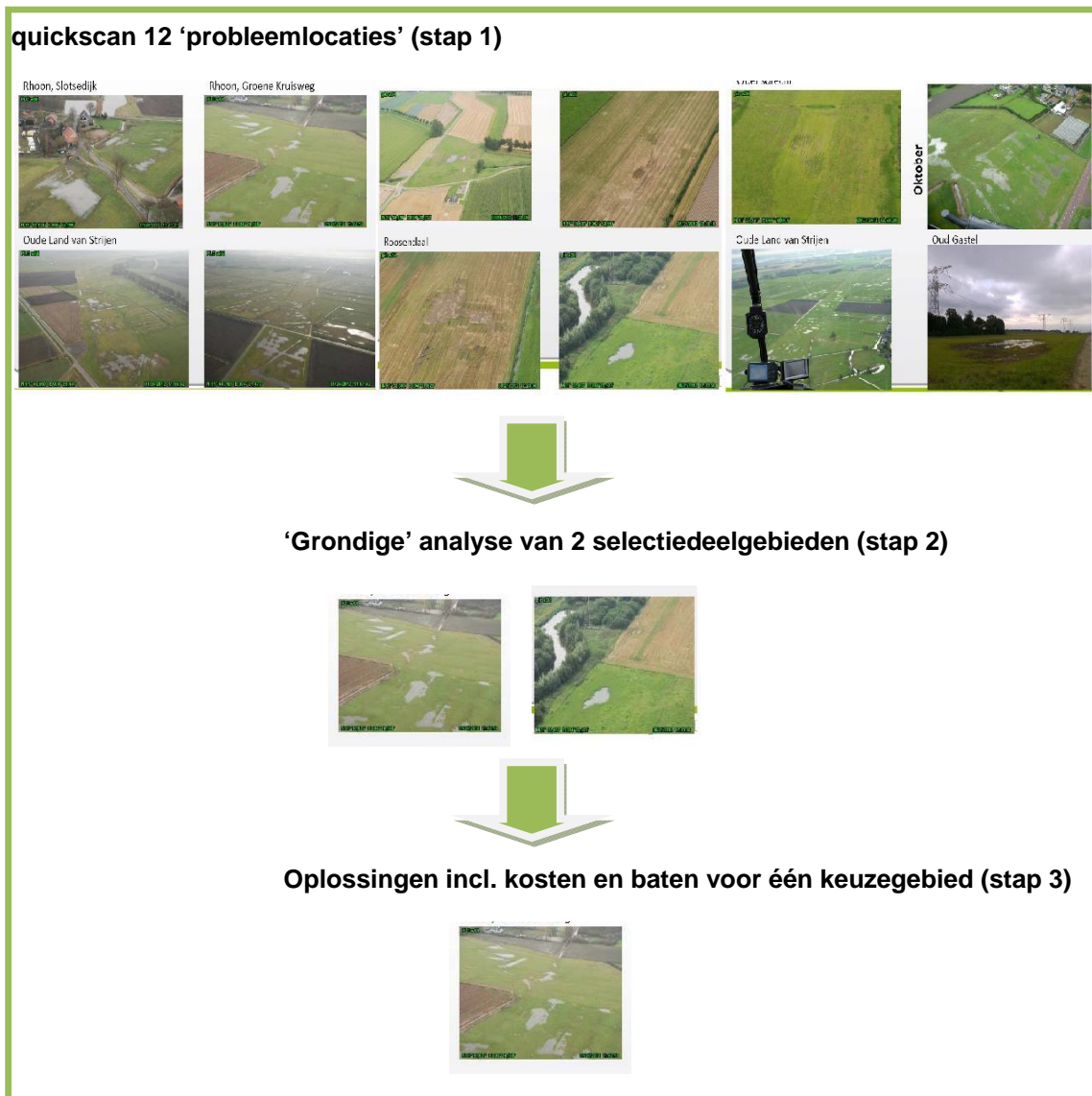


Fig. 2.2. De wijze waarop is ingezoomd in dit project

2.2 Stap 2 Verdiepingslag

In deze stap hebben wij voor de twee deelgebieden (Noordhoek en Bergen op Zoom) analytisch gericht enkele deelaspecten onderzocht waarmee oorzaken, gevolgen en effecten van de ver-natting in beeld zijn gebracht. Er zijn verschillende werkzaamheden voor deze stap uitgevoerd.

Deskstudie

Voor beide deelgebieden is een deskstudie uitgevoerd waarbij de volgende aspecten zijn ge-analyseerd.

- Bodemopbouw en grondsoort.
- Grondwaterstanden en drainage.
- Oppervlaktewaterhuishouding.
- Maaiveldhoogten.
- Landschap
- Huidig land- bodemgebruik.
- Huidige teelten en gewassen (bouwplan, gewasrotatie).
- Bedrijfsvoering pachters (machines, grondbewerking).
- Mogelijke alternatieve vormen van bodemgebruik.

De resultaten hiervan zijn opgenomen in bijlage 2. Ten aanzien van de waterhuishouding is door Waterschap Brabantse Delta informatie aangeleverd.

Locatiebezoek en veld- en laboratoriumonderzoek

In aanvulling op de deskstudie zijn op 3 oktober 2013 de twee deelgebieden bezocht waarbij verschillende veldonderzoeken zijn verricht en waarnemingen zijn gedaan. Dit onder andere met als doel inzicht te krijgen in de bodemopbouw, grondwaterstanden, grondmechanische eigenschappen van de bodem en het drainagesysteem.

Een toelichting op de verschillende uitgevoerde werkzaamheden is opgenomen in de verslagen van de veldonderzoeken die zijn opgenomen in bijlage 3, 4 en 8.



Fig. 2.2 Veldonderzoeken (links een handsondering en rechts een bodemprofielbeschrijving)

Uitwerking en berekeningen

Voor de uitwerking is de kennis over het gebied samengebracht. Ten eerste is de samenvatting van de gebiedsbeschrijving uit de quickscan gebruikt maar daarnaast zijn diverse bronnen van LSNed (grondonderzoek, geotechnische adviezen), bronnen uit de cultuurtechnische literatuur en (digitale) kaarten (luchtfoto's, Wateratlas Noord-Brabant) en databanken (DINO, REGIS) geraadpleegd. De uitkomsten zijn geconfronteerd met het verslag van de bevindingen van het veldbezoek. De data van het grondonderzoek bij het veldbezoek en het daarop volgende grondonderzoek zijn uitgewerkt in kenmerkende waarden voor lokale geohydrologische en geotechnische omstandigheden (doorlatendheid en sterkte van de grond).

Wat de hydrologie van de deelgebieden betreft zijn conclusies getrokken over de kwelsituatie, de mogelijkheid van infiltratie van neerslag en de afvoer via drainage. Op basis van de bevindingen van de analyse zijn gestelde hypothesen over de vernattingstoestand van de deelgebieden beantwoord. Op basis van veldwaarnemingen is een analyse uitgevoerd op de mogelijke oorzaken en effecten van de wateroverlast.

Om inzicht te krijgen in de effecten van landbouwvoertuigen op de leidingen zijn PLAXIS-berekeningen gedaan om de gronddruk (belasting) op leidingniveau ten gevolg van een daadwerkelijk landbouwvoertuig te bepalen. De belasting van landbouwverkeer op de leiding is doorgerekend voor de twee deelgebieden. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de belasting in droge situatie en in natte situatie. Op basis van deze gronddruk is de invloed op de leidingen liggend in de buisleidingenstraat bepaald. Zie bijlage 6 en 7 voor een toelichting op deze analyse en berekeningen.

2.3 Stap 3 Uitwerking deelgebied

In de derde stap van het project zijn oplossingsrichtingen in beeld gebracht. Hierbij is vooral ingezoomd op deelgebied 4 Noordhoek. De keuze is ingegeven vanwege het agrarische gebruik wat het meest representatief is voor andere delen van de buisleidingenstraat. De oplossing is mede uitgewerkt tijdens een Charrette (workshop) met relevante stakeholders en technische experts. Voor een van de mogelijke oplossingen zijn de kosten en baten bepaald. De documenten behorende bij de Charrette zijn opgenomen in bijlage 9.



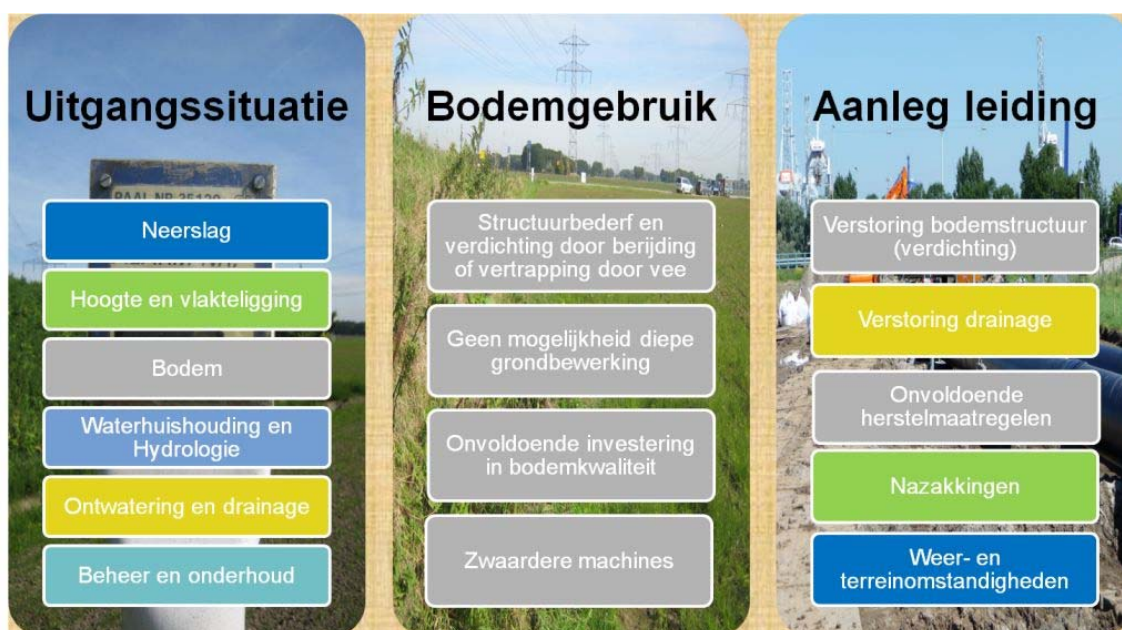
Fig. 2.3 Impressie Charrette

3 Oorzaken van vernatting

In de buisleidingenstraat is in verschillende deelgebieden in toenemende mate sprake van vernatting met wateroverlast tot gevolg. Dit hoofdstuk geeft inzicht in de oorzaken van de wateroverlast. We doen dit vanuit de volgende vragen:

- Welke aspecten spelen vanuit de **uitgangssituatie** van een gebied een rol?
- Hoe beïnvloedt het **bodemgebruik** de mate van vernatting?
- Welke aspecten bij de **aanleg van leidingen** spelen een rol bij de vernatting?

Een aantal factoren zijn sterk met elkaar verweven of versterken elkaar. Dit is hieronder in het schema met de kleuren weergegeven.



Per factor is eerst algemene informatie gegeven en aansluitend is vervolgens ingegaan op de bevindingen die zijn gedaan in de onderzochte deelgebieden Noordhoek en Bergen op Zoom. Opgemerkt dient te worden dat een deel van resultaten op een beperkt aantal waarnemingen is gebaseerd en slechts een indicatie vormen voor de onderzochte deelgebieden. Waar relevant is ook is informatie uit de Charrette in dit hoofdstuk verwerkt.

3.1 Neerslag

De totale hoeveelheid neerslag in Nederland in een jaar (de neerslagsom) varieert sterk van jaar op jaar. Trendmatig gezien vertonen de jaarlijkse neerslagsommen op de lange termijn een zeer geleidelijke (lineaire) toename over de hele periode 1906-2011 (zie figuur 3.1). In 1911 bedroeg de trendwaarde 691 mm en in het eindjaar 2011 was dat 850 mm. De toename over 100 jaar is 23% en is statistisch significant (Compendiumvoordeleefomgeving, 2013).

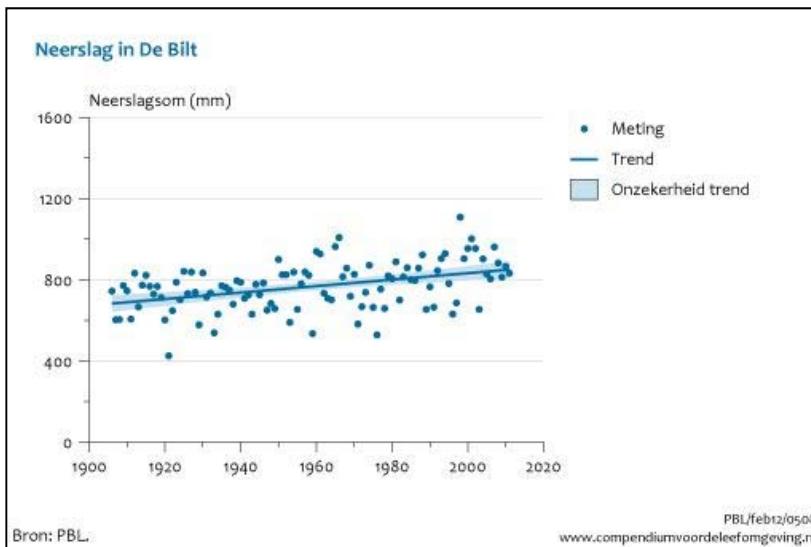


Fig. 3.1 Neerslag in de Bilt (Compendiumvoordeleefomgeving, 2013).

Informatie van LSNed leert dat de problemen met de vernatting in de buisleidingenstraat de afgelopen jaren zijn toegenomen, vooral sinds de aanleg van een aantal opeenvolgende leidingen waaronder de gastransportleiding van Gasunie in 2009.

In figuur 3.2 zijn op basis van gegevens van het KNMI de neerslagsommen van het weerstation Klundert van de afgelopen tien jaar gepresenteerd. Hieruit is af te leiden dat de totale hoeveelheid jaarlijkse neerslag sinds 2009 is toegenomen van circa 800 mm tot 950 mm. Echter ook voor 2009 zijn er jaren geweest waar jaarlijks meer dan 950 mm is gevallen zoals 2002 en 2007.

Een meer gedetailleerde analyse van klimaatgegevens is geen onderdeel van de scope van het project. Desondanks geven deze gegevens een indruk en kan de toename van de vernatting in de buisleidingenstraat (alle deelgebieden) deels worden verklaard door een toename van neerslaghoeveelheden.

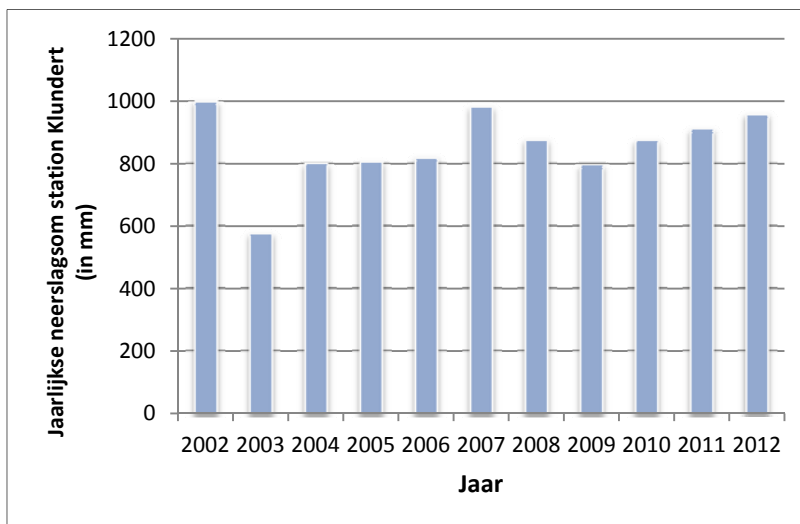


Fig. 3.2. Neerslagsom station Klundert (bron: gegevens KNMI)

3.2 Hoogte- en vlakteligging

Landschap en hoogteligging

De buisleidingenstraat doorsnijdt van noord naar zuid diverse landschappen. Het landschap in de buisleidingenstraat is grotendeels gevormd in het Pleistoceen en Holoceen. De zandondergrond kenmerkt zich door tamelijk veel reliëf. Op diverse plaatsen komen dekzandruggen voor. Gedurende de Laatste IJstijd werd het aan de oppervlak liggende zand verplaatst en over uitgestrekte gebieden als deklaag afgezet. Het oppervlak van de dekzanden in West-Brabant loopt in noordwestelijke richting sterk af. In het zuiden liggen de zanden aan het oppervlak, terwijl ze zich bij het Hollandsch Diep op 5 tot 7 m min maaiveld bevinden. Hier wordt het pleistoceen bedekt door klei- en veenlagen die zijn afgezet in het Holoceen (Beek, 2003).

Deze landschappen variëren in hoogteligging, grondsoorten en hydrologische situatie. Binnen de buisleidingenstraat komen voor Nederlandse begrippen relatief grote hoogteverschillen voor. Zoals te verwachten zijn de lagere delen gemiddeld genomen veelal natter, al is een en ander afhankelijk van de lokale situatie. Met het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) kan hier inzicht in worden verkregen.



Macro-reliëf

Het algemene beeld van de hoogteligging van de percelen is dat deze vrij vlak zijn en beperkt reliëf hebben. Enkele gebieden binnen de buisleidingenstraat worden gekenmerkt door relatief grote hoogteverschillen. Een voorbeeld daarvan is deelgebied 10 Bergen op Zoom. Dit gebied ligt namelijk op de grens van de Brabantse wal. In dergelijke gebieden zijn de lagere delen gevoeliger voor vernatting. Het Actueel Hoogtebestand Nederland geeft hier inzicht in, zie de kaartbeelden uit de AHN die zijn opgenomen in bijlage 2.

Micro reliëf

Binnen een perceel kan op verschillende manieren micro reliëf ontstaan:

- Natuurlijk reliëf: binnen een perceel kan van nature een zekere mate van reliëf (laagten of een hobbelige maaiveldligging) aanwezig zijn, waardoor er lokaal lagere delen zijn. In tijden van (hevige) neerslag zal water naar deze delen toestromen, waardoor deze langer nat blijven. Hierdoor wordt de oppervlakkige afwatering naar bijvoorbeeld greppels of waterlopen verstoord. In combinatie met een slechte doorlatendheid en eventueel hoge grondwaterstanden kan in deze laagten (langdurig) water blijven staan.
- (Na)zakkingen en oneffenheden ter plaatse van eerder gegraven leidingsleuven (nazakking sleuf, kruip).
- Insporing door landbouwmachines.

<p>Noordhoek</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poldergebied op circa NAP +0,0 m • Geringe hoogteverschillen en vrij vlakke maaiveldligging • Perceel noordelijk deel van de Groeneweg is circa 200 m breed (breder dan de 100 m) • Lokaal ondiepe laagten, ondiepe rijsporen en enkele scherpe overgangen kunnen voor waterstagnatie zorgen <p>Oordeel</p> <p>Te vlakke maaiveldligging, lokale ondiepe laagten en scherpe overgangen kunnen bijdragen aan vernatting op maaiveld.</p>
<p>Bergen op Zoom</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebied grenst aan Brabantse Wal, circa NAP +2,0 m • Grote hoogteverschillen met omgeving, NAP +3,5 m tot NAP +10,0 m • 'Lage kom' zorgt voor geringe oppervlakkige afwatering en poelvorming • Spoorvorming <p>Oordeel</p> <p>De lage ligging ten opzichte van de omgeving en slechte oppervlakkige afwateringsmogelijkheden (kom) dragen bij aan de vernatting.</p>

3.3 Bodem

Binnen de buisleidingenstraat komen zoals eerder gezegd verschillende grondsoorten voor. De indeling en naamgeving van grond en de bodemopbouw berust op de samenstelling van de vaste bodemdelen, de mineralen en organische stof. Veel eigenschappen van grond hangen samen met de korrelgrootte zoals de slempgevoeligheid door het lutumgehalte (klei) en vochtleverend vermogen door de textuur.

Doorlatendheid (natuurlijk)

De doorlatendheid, het vermogen van de grond om water door te laten, is afhankelijk van de bodemopbouw, bodemsamenstelling (textuur) en bodemstructuur. Zandgrond is overwegend goed doorlatend en klei en veengrond doorgaans slecht doorlatend. Afhankelijk van de lokale situatie is de grond (zeer) slecht tot (zeer) goed doorlatend.

De verzadigde doorlatendheid geeft aan hoe gemakkelijk een overmaat aan water door het bodemprofiel naar lagere lagen kan stromen. Dit wordt bepaald door de hoeveelheid grove poriën en de onderlinge verbinding tussen de poriën (Zwart, 2011).

Bodemverdichting en storende lagen

In de bodem zijn tussen de vaste delen poriën aanwezig. Deze poriën zijn van belang voor het transport van water en lucht door de bodem. Door een te hoge belasting op de bodem, kan het volume van deze poriën afnemen. Dit resulteert onder andere in de afname van de doorlatendheid (infiltratiecapaciteit) en het vochtbergend vermogen van een grond. Dit kan tot wateroverlast leiden in de vorm van plassen op maaiveld van laaggelegen gronden. De mate waarin het risico op bodemverdichting optreedt hangt af van: (Akker, 2013)

- De sterkte van de ondergrond, welke weer wordt bepaald door de:
 - Bodemopbouw;
 - Samenstelling (textuur);
 - Draagvermogen;
 - Grondwaterstand;
- Het landgebruik en de daaruit volgende bodembelasting (wiellasten en bandendrukken).
- Factoren die de kans op verdichting vergroten zoals natte omstandigheden (hoge grondwaterstanden).

Recent is een onderzoek uitgevoerd naar het risico op ondergrondverdichting in Nederlandse landbouwgronden (Akker, 2013).

In een bodem kunnen (scherpe) overgangen in het profiel aanwezig zijn (storende lagen) welke de doorlatendheid negatief beïnvloeden. Daarnaast kunnen in goed doorlatende zandgronden tussenlagen voorkomen die minder goed doorlatend zijn (klei, veen, leem). Door de gelaagdheid in het bodemprofiel kan waterstagnatie optreden. Daarnaast kan door frequente grondbewerking op dezelfde diepte een storende laag ontstaan. Bijvoorbeeld door steeds op dezelfde diepte te ploegen ontstaat onder de bouwvoor een slecht doorlatende laag (ploegzool).



Slempgevoeligheid

Als er te weinig binding tussen bodemdeeltjes is, kan een grond verslempen. Hier zijn vooral zavelige gronden gevoelig voor. Door invloed van regendruppels ontstaat een schifting van de bodembestanddelen waarbij de fijne delen (lutum en silt) de poriën tussen de zanddeeltjes en bodemaggregaten verstoppen. Oftewel, zand en kleideeltjes worden ontmengd en komen op maaiveld te liggen en fijne delen vullen holtes op. Hierdoor ontstaat een zogenaamde slempkorst, een slecht doorlatende laag. Dit proces wordt aangeduid als *oppervlakkige slemp*. Daarnaast kan sprake zijn van *interne slemp*. Dit treedt op onder zeer natte omstandigheden in onnatuurlijke losse (bewerkte) gronden. De bodembestanddelen, met name siltdelen, neigen in suspensie te gaan waardoor de grond in elkaar zakt en de poriënfractione afneemt. Hierdoor neemt het waterbergend vermogen af en vermindert de doorlatendheid sterk.

De gevoeligheid voor slemp is afhankelijk van het organische stofgehalte en het lutumgehalte. De gronden met een lutumgehalte tussen 8 en 17% zijn het meest slempgevoelig (Locher, 1990). Zo blijken in deelgebied 4 Noordhoek de gronden gevoeliger voor verslemping ten opzichte van die in deelgebied 10 Bergen op Zoom.

Verkruimelbaarheid en structuurstabiliteit

Naast het draagvermogen dient de bodem aan het begin van het groeiseizoen voldoende verkruimelbaar te zijn. Met de verkruimelbaarheid wordt de bodemvochttoestand bedoeld waarbij de voorgenomen grondbewerking ook het daadwerkelijke gewenste effect heeft. Dit geldt zowel voor werkzaamheden in het voor- als najaar. De verkruimelbaarheid is afhankelijk van de bodemkundige samenstelling (lutum- en leemfractie, organische stof gehalte) en bodemstructuur. Verkruimelbaarheid kan echter ook kwalitatief worden omschreven - gronden met een goede of slechte verkruimelbaarheid - en heeft dan betrekking op de benodigde energie om grond in kleinere 'kluiten' te breken. De mate van binding tussen aggregaten is primair afhankelijk van het lutumgehalte (gehalte kleimineralen). In het algemeen geldt dat bij een hoger lutumgehalte de grond minder makkelijk te verkruimelen is. Daarnaast zijn ook het organische stofgehalte, de zuurgraad (pH) en het kalkgehalte bepalend voor de verkruimelbaarheid van de grond.

<p>Noordhoek</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klei, matig tot licht zandig (matig lichte tot zware zavel) • Geringe tot redelijke doorlatendheid • Licht slempgevoelig • Goede structuur en geen verdichtingen <p>Oordeel</p> <p>Indien de grond verslempd (geen gewas) kan dit bijdragen aan de wateroverlast. Bij hevige regenval zal er enige tijd nodig zijn voordat het water is geïnfiltreerd. Tijdelijk kunnen dan wel plassen op maaiveld blijven staan.</p>
<p>Bergen op Zoom</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klei, zwak tot matig siltig (lichte tot matig zware klei) • Niet slempgevoelig • Geringe doorlatendheid (<0,05 – 0,10 m/etm) • Matige structuur <p>Oordeel</p> <p>De grond is slecht doorlatend waardoor bij hevige neerslag water niet tijdig kan infiltreren waardoor water aan maaiveld blijft staan.</p>

3.4 Waterhuishouding en hydrologie

3.4.1 Geohydrologische schematisatie

Op beide onderzochte deellocaties komt een deklaag voor die bestaat uit slecht doorlatend materiaal. De samenstelling van de deklaag is onderzocht door middel van bestaande beschrijvingen in oude onderzoeksrapporten, grondboringen en sonderingen tijdens het uitgevoerde veldbezoek.

Uit de informatie kan worden afgeleid dat in het gebied van Noordhoek een dunne (circa 3 tot 5 m dikke) holocene deklaag (Westland Formatie) voorkomt, bestaande uit zandige klei of klei waarin plaatselijk een zandige tussenlaag aanwezig is, op een laag veen. Het eerste watervoerende pakket (Formaties van Twente en Kreftenheije) is ter plekke eveneens dun (onderzijde op circa NAP -10 m). Daaronder bevindt zich een dikke (zandige) kleilaag van de Formatie van Waalre (voorheen Kedichem genaamd).

Het grondonderzoek van de omgeving van de Fianestraat te Bergen op Zoom dat via de databank REGIS beschikbaar is, is in een profiel getekend. Daaruit blijkt dat in deze regio onder de buisleidingenstraat de ondergrond voornamelijk uit zand bestaat, echter niet ter plekke van de locatie bij de Fianestraat waar aan maaiveld een enkele meters dikke toplaag voorkomt, bestaande uit zandige klei. Deze laag vormt een waterremmende laag. Onder de kleiige toplaag komt een watervoerend pakket (Formatie van Tegelen) voor dat 50 tot 60 m dik is.

De aanwezigheid van een laagte met een kleiige toplaag betekent dat neerslagwater infiltreert op het hoge gedeelte en als grondwater over de kleilaag afstroomt in of naar de buisleidingen-

straat. De aanwezigheid van de kleilaag in deelgebied 10 veroorzaakt plaatselijk hoge grondwaterstanden.

3.4.2 Grondwaterstanden

Onder invloed van de bodemopbouw, de relatieve hoogteligging, de geohydrologische situatie en het waterbeheer, verschilt de grondwaterstand (en fluctuatie) binnen de buisleidingenstraat. Bodemkaarten geven informatie over de grondwaterstand door middel van grondwatertrappen (Gt's). Deze informatie is echter wel verouderd. Grondwatertrappen zijn een combinatie van de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Door middel van Romeinse cijfers zijn deze trappen aangegeven. Hoe lager het getal des te hoger de grondwaterstand is, dus ook nattere natuurlijke omstandigheden. Deze informatie kan dus een eerste indruk geven.

Afhankelijk van de stijghoogte in de watervoerende zandlaag onder de deklaag is sprake van inzijging of kwel. Op beide locaties is sprake van kwel. In Noordhoek is dit een regionaal patroon met opkwellen van brak grondwater. Op de locatie Fianestraat in Bergen op Zoom is sprake van kwel aan maaiveld met een lokaal en tijdelijk karakter in een dal binnen de Brabantse Wal.

Lokale en langjarige metingen in bijvoorbeeld peilbuizen geven gedetailleerde informatie. In deelgebied 4 en 10 bleken helaas een te beperkt aantal peilbuizen in de omgeving aanwezig te zijn, waardoor langjarige metingen van de grondwaterstand ontbreken.

De grondwaterstand te Noordhoek varieert sterk met het seizoen. Van oudsher stond het gebied bekend als vochtig.

Afhankelijk van de grondwaterstand kan een bodem minder of meer water bergen en bepaalt dit de kans op vernatting. Op beide locaties is een drainagesysteem nodig om de ondiepe grondwaterstand te beheersen.

3.4.3 Oppervlaktewatersysteem

Om neerslag/kwel voldoende te kunnen afvoeren, dit geldt vooral voor poldergebieden, dient het oppervlaktewatersysteem dusdanig te zijn ingericht dat overtollig water tijdig kan worden afgevoerd. Indien er onvoldoende bergings- en/of afvoercapaciteit is, kan water in sloten en/of drainage stagneren, waardoor vernatting optreedt. Dit betekent ook dat er voldoende onderhoud aan sloten moet worden gepleegd (baggeren, maaien).

Het gebied in Noordhoek is van oorsprong een vochtig kwelgebied en om het land te kunnen gebruiken was het doorsneden met sloten met een hart op hart afstand van circa 100 à 125 m. Op de locatie Fianestraat is waarschijnlijk sprake van polderwater dat via de omliggende sloten vrij afwatert in de richting van de Oosterschelde.

3.4.4 Slootdempingen

De sloten die de buisleidingenstraat kruisten, zijn, met uitzondering van de sloten in de Hogerwaardpolder, ten tijde van de aanleg van de buisleidingenstraat gedempt. In figuur 3.3. is te zien dat zeker vier voormalige sloten- en greppelpatronen herkenbaar zijn op de luchtfoto van het tracé van de buisleidingenstraat (zuidelijke deel van deelgebied 4). Om het hydrologisch effect van de slootdempingen te compenseren is in het gebied drainage aangelegd.

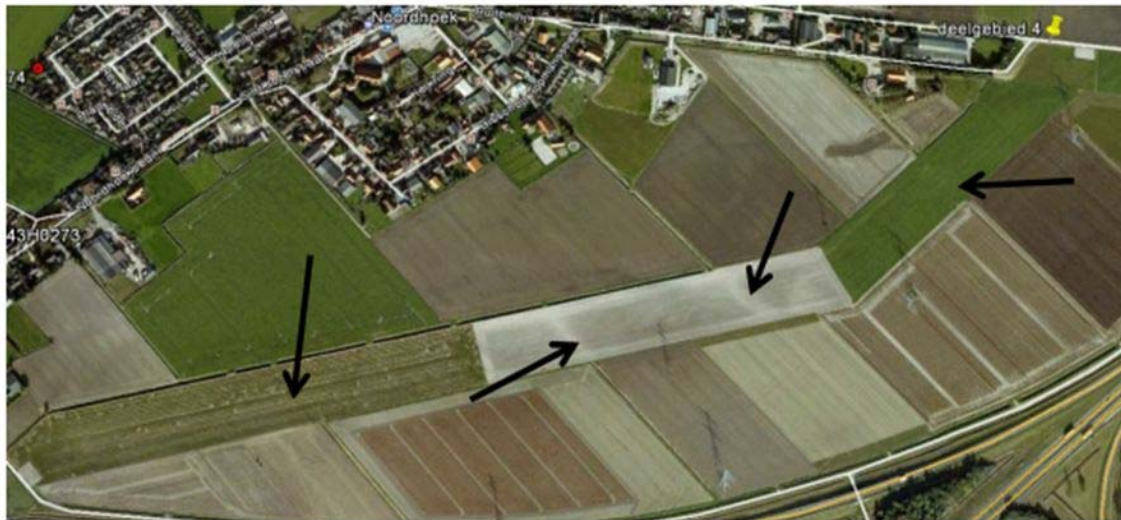


Fig.3.3 Luchtfoto deelgebied 4 met oude slotenpatronen (bron Google earth)

In het deelgebied 10 Bergen op Zoom zijn alleen rondom de locatie enkele sloten aanwezig die echter een matige staat van onderhoud vertonen.

3.4.5 Doorlatendheid

De omvang van de kwel en de inzijging van neerslag wordt behalve door de grondwaterstanden en stijghoogten bepaald door de doorlatendheid van de deklaag.

De doorlatendheid van de kleiige toplagen is tijdens het veldbezoek in Noordhoek bepaald met behulp van een falling head test in een boorgat. De doorlatendheid die daaruit is berekend bedraagt circa $k_H=1.10^{-2}$ m/d en dat is redelijk. De bepaalde doorlatendheid geldt voor de zandiger delen en het onderste deel van het bodemprofiel.

De doorlatendheid van de bovenste kleiige delen van de bodemopbouw is afgeleid uit laboratoriumproeven op basis van gestoken monsters. De doorlatendheid van de toplaag bedraagt 1 à 4.10^{-5} m/d. De doorlatendheid op een diepte van 1,7 m -mv in de leidingsleuf is bepaald op 1.10^{-4} m/d. De doorlatendheden van de gestoken kleimonsters zijn bijzonder gering.

Tijdens het veldbezoek in Bergen op Zoom is een doorlatendheidsmeting uitgevoerd met een Hooghoudtmeting in een boorgat. De doorlatendheid die uit de metingen is berekend, bedraagt $k_H=7.10^{-1}$ m/d. De bepaalde doorlatendheid geldt voor de zandiger delen in de laagopbouw in de leidingsleuf en het onderste deel van het bodemprofiel.

De doorlatendheid van de bovenste kleiige delen van de bodemopbouw is afgeleid uit laboratoriumproeven op basis van gestoken monsters. De doorlatendheid van de toplaag bedroeg circa 4.10^{-5} m/d. De doorlatendheden van de gestoken kleimonsters zijn erg klein.

Voor omrekening naar praktijkwaarden zou de laboratoriumwaarde met een factor 10 tot 100 vermenigvuldigd mogen worden. Dan volgen echter nog steeds waarden die bijzonder klein zijn. Dit geeft een verklaring voor de ter plekke voorkomende vernattingsproblemen aangezien het neerslagwater moeilijk kan infiltreren.

Een uitgebreide analyse van de hydrologie van beide deelgebieden is te vinden in de memo van Deltares (zie bijlage 5).

<p>Noordhoek</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het is van oudsher geen natte maar wel een vochtige locatie maar de percelen zijn tijdens verkaveling enorm verbreed (vooral het perceel ten noorden van de Groene weg is 200 m breed) • Grondwaterstand 1,10 à 1,20 m –mv • GHG circa 0,50 m –mv • De fluctuatie van de grondwaterstand kan vrij groot zijn. • Lichte kwelsituatie • Weinig sloten (breed perceel) <p>Oordeel</p> <p>Te weinig oppervlaktewater (sloten) draagt bij aan vernatting.</p>
<p>Bergen op Zoom</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • De locatie is van oudsher al bekend als nat omdat het een kwelgebied is tussen hoger gelegen gronden. • In natte perioden zal sprake zijn van een grote toestroming van grondwater vanaf de nabijgelegen Brabantse wal en afstromend water via het maaiveld • Kwelsituatie • Grondwaterstand 0,45 – 0,85 m –mv • GHG circa 0,00 – 0,20 m –mv <p>Oordeel</p> <p>Oorspronkelijk een nat gebied en door toestroming van grondwater in natte perioden extra gevoelig voor vernatting.</p>

3.5 Ontwatering en drainage

3.5.1 Ontwateringssituatie

De ontwateringssituatie wordt bepaald door de bodemopbouw, waterpeilen (drooglegging) en de drainage (draindiepte en drainafstand). Afhankelijk van het bodemgebruik dient een bepaalde ontwateringsdiepte te worden gerealiseerd om grond te bewerken of natschade te voorkomen. Theoretisch is de optimale diepte van de ontwateringsbasis voor bouwland (draindiepte of slooppeil in het voorjaar) voor verschillende grondsoorten als volgt (Locher, 1990):

- Lichte zavel en klei: 1,20 m -mv
- Zware zavel: 1,05 m -mv

Voor hoogsalderende gewassen als bijvoorbeeld aardappelen mag de grondwaterstand niet hoger komen dan 0,90 m -mv. Des te kleiner de ontwateringsdiepte, dit is het hoogteverschil tussen de grondwaterstand en het maaiveldniveau, des te groter is de kans op natte omstandigheden.

De buisleidingenstraat ligt momenteel voor de helft vol met kabels en leidingen. Veelal liggen de leidingen op een diepte van circa 1,00 tot 1,20 m. Vanuit veiligheidsoverwegingen dient er bij bijvoorbeeld aanleg van drainage boven gastransportleidingen (met een gronddekking van 1,20 m) minimaal 0,50 m gronddekking boven de buis te worden gehandhaafd. Nieuwe drains boven bestaande leidingen mogen daarom maximaal 0,70 m -mv te worden aangebracht. De marge bij andere leidingen is onbekend.

3.5.2 Drainage

Zeker voor agrarisch gebruik is het van belang dat grondwaterstanden worden gereguleerd. Dit kan worden gedaan door middel van een drainagesysteem en een slotenstelsel met voldoende afvoercapaciteit.

Algemene informatie drainage in de Buisleidingenstraat

Ten behoeve van de ontwatering is tijdens de realisatie van de buisleidingenstraat een drainagesysteem aangelegd. Het betreft een samengesteld drainagesysteem bestaande uit zuigdrains in de lengterichting en hoofddrains die op de in de dwarsrichting gesitueerde verzamelleidingen (hoofddrain) zijn aangesloten. De draandiepte bedraagt $\pm 0,8$ m -mv. Plaatselijk kan het drainagesysteem dieper of minder diep zijn gelegen. De hoofddrains zijn op een aantal locaties gekoppeld door middel van een PVC-leiding met inspectieputten en onderbemaling (LSNed, 2011).

De afstand tussen de zuigdrains bedraagt 5 tot 10 m afhankelijk van de grondsoort. Om de 300 m monden de zuigdrains uit op een hoofddrain die op sloten afwateren. De drains zijn in de jaren '70 met een kettinggraver aangelegd. In onderstaande figuur is schetsmatig het drainagesysteem weergegeven. Opgemerkt wordt dat in de praktijk aan beide zijden van de Buisleidingenstraat leidingen aanwezig zijn (Beek, 2003).

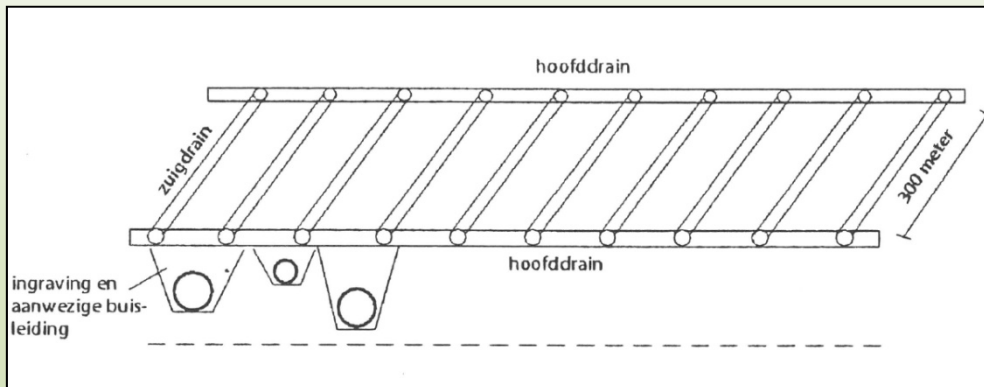


Fig. 3.4. Schematische weergave drainagesysteem (Beek, 2003)

Het niet goed functioneren van de drainage kan het gevolg zijn van de drainage zelf, maar ook het gevolg zijn van storingen in de bodemopbouw zoals van nature slecht doorlatende lagen of verdichting.

- **Levensduur drainage**

De technische levensduur van drainage is sterk afhankelijk van de lokale situatie. Gemiddeld genomen worden drains in twintig jaar afgeschreven. In gebieden waar veel ijzer voorkomt (zoals in deelgebied 10 Bergen op Zoom het geval is) en waar inspoeling of nazakking wordt verwacht kan drainage zelfs in tien jaar worden afgeschreven (Kooistra). Daarentegen kan de drainage in een stabiele bodem ook na veertig jaar nog goed functioneren. De drainage in de buisleidingenstraat is circa veertig jaar oud en inmiddels vermoedelijk afgeschreven. De drains hebben een omhulling van kokos, die inmiddels helemaal verteerd is.

- **Verwijdering zuigdrains**

Na aanleg van een nieuwe leiding in de buisleidingenstraat wordt alleen de verzamelleiding hersteld door middel van drainbruggen. Eventueel gesneuvelde zuigdrains worden niet hersteld. Hierdoor zijn grote delen van de percelen niet meer gedraineerd.

- **Verzameldrains zijn beschadigd/verstopt**

Verzameldrains worden na aanleg van leidingen via drainbruggen hersteld. De verzameldrains zijn met witte palen naast de percelen gemarkeerd. Als gevolg van onderhoudswerkzaamheden e.d. kunnen deze beschadigd raken. Tijdens het bezoek aan deelgebied 10 is geconstateerd dat een uitmonding van een verzameldrain zich onder de slootbodembvindt.



- **Vervuiling/verstopping met gronddeeltjes en ijzerafzettingen (roest)**

De drains kunnen verstopt zijn/raken door vervuiling van gronddeeltjes en ijzerafzettingen, waardoor deze minder functioneren. Dit is mede afhankelijk van het onderhoud.

- **Verzakkingen van de drainbuizen**
Door tijdelijke gronddepots tijdens de aanleg van leidingen op drainage kunnen ongelijkmatige zakkingen optreden waardoor ook de drainage wordt verstoord. Omdat er regelmatig leidingen worden aangelegd is dit risico aanwezig. Dit risico is het grootst in gebieden met een zettinggevoelige ondergrond (klei- en veengebieden).
- **Dichtdrukken van drains als gevolg van spoorvorming**
Als gevolg van berijding in natte omstandigheden kunnen drains door sporen worden dichtgedrukt, waardoor de drainage beschadigt raakt. Vooral waar drainage relatief ondiep ligt zijn problemen te verwachten.

3.5.3 Beheer en onderhoud drainage

Om drainage goed te laten functioneren zal er onderhoud nodig zijn. Op dit moment is onvoldoende duidelijk wie verantwoordelijk is voor de onderhoud van de drainage. Bovendien zijn de doorspuitlocaties op sommige locaties slecht bereikbaar. Op basis van beschikbare informatie blijkt dat op sommige locaties de drainage vrij recent nog is doorgespoten.

<p>Noordhoek</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Drooglegging > 1,35 m (gemiddeld genomen) • De diepteligging van de leidingen is niet afgestemd op het bodemgebruik in dit geval akkerland. • Drainage is ca. 40 jaar oud en technisch afgeschreven • Restanten van drainbuizen op maaiveld zichtbaar • Een deel van het natte gebied ten zuiden van de Groeneweg is niet gedraineerd • Drainage is in 2011 doorgespoten, maar heeft wateroverlast niet verholpen <p>Oordeel</p> <p>De drainage functioneert niet waardoor (te) hoge grondwaterstanden voor nattere omstandigheden zorgen. Door onvoldoende ontwateringsdiepte is kans op natschade groter.</p>
<p>Bergen op Zoom</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • De diepteligging van de leidingen is niet afgestemd op het bodemgebruik in dit geval akkerland. • Drainage is ca. 40 jaar oud en technisch afgeschreven • Restanten van drainbuizen op maaiveld zichtbaar • Verzameldrains kunnen niet vrij lozen • IJzerafzettingen (roest) in eindbuis en sloten <p>Oordeel</p> <p>De drainage functioneert niet waardoor (te) hoge grondwaterstanden voor nattere omstandigheden zorgen. Door onvoldoende ontwateringsdiepte is kans op natschade groter.</p>

3.6 Bodemgebruik

3.6.1 Agrarisch gebruik

De afgelopen jaren heeft LSNed de toegestane gewassen beperkt tot graan- en grasgewassen. Dit jaar heeft LSNed de gewaskeuze verruimd. Om deze gewassen te verbouwen zijn een aantal werkzaamheden op de percelen nodig, zie voor een toelichting bijlage 2. Deze werkzaamheden kunnen van invloed zijn op de bodemstructuur en daarmee de doorlatendheid van de grond. Ook kunnen door deze activiteiten oneffenheden ontstaan (sporen). Deze activiteiten zullen niet primair de vernatting veroorzaken. Wel kan het versterkend zijn. Met behulp van gerichte grondbewerkingen zijn deze echter ook weer te herstellen.

- *Berijding tijdens (te) natte omstandigheden*

Wanneer percelen onder (te) natte omstandigheden worden bereiden kan structuurbederf optreden. Dit kan vooral in zavel en kleigronden leiden tot versmering en verdichting, wat negatieve effecten heeft op de waterdoorlatendheid.

Een 'goede' boer zal in principe zijn land op gaan als de omstandigheden goed (voldoende droog) zijn. Een boer is echter afhankelijk van het weer. Met name bij de oogst moet soms de afweging worden gemaakt om toch het perceel op te gaan om de oogst binnen te halen. Zeker bij teelten met hoge investeringen (bijvoorbeeld aardappelen) is dit risico aan de orde en kunnen grote schadeposten ontstaan.

- **Minder aandacht en zorg voor bodemverbetering**

Omdat de gronden worden gepacht kan het zijn dat pachters relatief minder investeren in bodemverbetering of eerder de afweging maken het land op te gaan (onder natte omstandigheden), omdat het niet hun eigendom is. De vraag is in hoeverre dit terecht is. Zo zijn op percelen in Noordhoek bijvoorbeeld groenbemesters ingezaaid die zorgen voor verbetering van de bodemkwaliteit.

- **Opgelegde beperkingen vanuit LSNed**

Het is vanuit LSNed niet toegestaan kavels tot dieper dan 40 cm vanaf het maaiveld gerekend te bewerken. Eventueel aanwezige verdichtingen op een diepte van 40 cm of dieper in het bodemprofiel kunnen niet mechanisch worden opgeheven door bijvoorbeeld te woelen of te spitten. Hierdoor is de kans op een ploegzool aanwezig en is variatie in diepte van de grondbewerking (dieper dan 0,40 m) niet mogelijk.

- **Toename bodemdruk door groter landbouwmachines**


In de loop van de jaren zijn door de schaalvergroting in de landbouw machines groter en zwaarder geworden. Alleen in combinatie met andere factoren (grondsoort, natte bodemcondities, hoge bandenspanning) kan dit het risico op bodemverdichting vergroten. Voor productiegroenland kan worden aangenomen dat de hoogste piekdrukken in de ondergrond tijdens het aanbrengen van dierlijke mest optreden (voorjaar). Bij de teelt van graan zorgen een trekker/bemester met aanvoerslang en de maaidorser (oogst) voor de hoogste piekdrukken in de ondergrond (zie bijlage 2).


Door trillingen van machines kan tevens eerder verdichting van de grond optreden.

Een nadere toelichting op de landbouwkundige aspecten is opgenomen in bijlage 2.

3.6.2 *Natuurlijk gebruik*

In sommige gebieden in de buisleidingenstraat streeft LSNed naar een meer natuurlijk beheer. Een voorbeeld hiervan is deelgebied 10 Bergen op Zoom. Dit perceel wordt momenteel door paarden beweide. Daarnaast zal het perceel mogelijk zo nu en dan worden gemaaid. Vertrapping van de bovengrond onder natte condities kan de bodemstructuur negatief beïnvloeden, ditzelfde geldt voor berijding met een tractor waardoor spoorvorming optreedt. Als gevolg van aantasting van de bodemstructuur kan de doorlatendheid verslechteren.

<p>Noordhoek</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lichte spoorvorming <p>Oordeel</p> <p>De begaanbaarheid in natte toestand is waarschijnlijk niet slecht maar spoorvorming is wel aan de orde.</p> <p>Pachters zullen percelen normaal gesproken ontzien als de omstandigheden niet gunstig (te nat) zijn.</p>
---	--

<p>Bergen op Zoom</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Licht tot matige spoorvorming • Hoefafdrukken van paarden <p>Oordeel</p> <p>De begaanbaarheid van het terrein in natte toestand is waarschijnlijk niet goed. Dit geldt vooral voor het laagste deel (poel) waar veel water zich verzamelt.</p>
--	--

3.7 De aanleg van (nieuwe) kabels en leidingen

In deze paragraaf wordt aangegeven welke activiteiten en werkzaamheden bij de aanleg van (nieuwe) kabels en leidingen plaatsvinden en welke kunnen bijdragen aan de mate vernatting. Op basis van informatie van LSNed blijkt dat voorafgaand aan de aanleg van nieuwe leidingen een werkstrook wordt ingericht. Er zijn verschillende varianten mogelijk, maar bij alle varianten wordt de teelaarde ter plaatse van de sleuf en circa 1 m extra aan 1 zijde van de sleuf en ter plaatse van de transportroute ontgraven. De grond ter plaatse van de sleuf wordt laagsgewijs apart ontgraven, waarbij onderscheid wordt gemaakt in A, B en C-grond. De grond wordt apart in depots binnen de werkstrook opgeslagen. Er wordt eventueel een transportroute, veelal bestaande uit zand en rijplaten, aangebracht. Een voorbeeld van een werkstrookindeling is weergegeven in figuur 3.5. In het document *Informatie behorende bij de voorschriften (LSNed)* zijn nog twee varianten weergegeven.

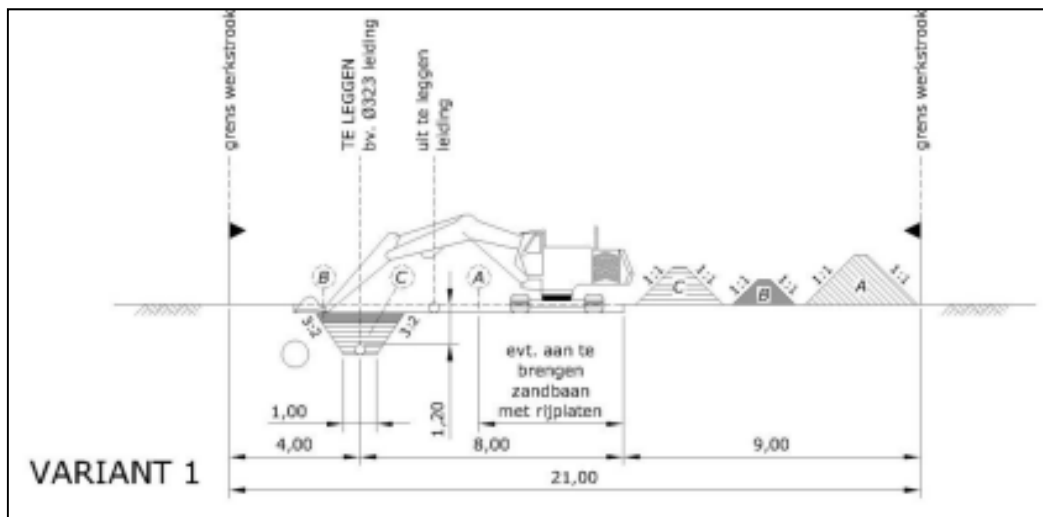


Fig. 3.5 Voorbeeld variant inrichting werkstrook (LSNed, 2011)

De verschillende ontgravingen en transportbewegingen hebben impact op de bodem en kan bijvoorbeeld de doorlatendheid van de grond of de drainage beïnvloeden.

- **Aantasting van de bodemstructuur**

De productiviteit van de grond wordt vooral bepaald door de geschiktheid van de grond voor de teelt van verschillende gewassen. Een goede bodemstructuur geeft hogere opbrengsten. Naarmate de gronden zwaarder zijn (hoger kleigehalte) is het risico op structuurschade groter.

Door het rijden met zwaar materieel is het risico op bodemverdichtingen groot, met name onder natte omstandigheden. In de praktijk blijkt dat de planning voor de aanleg bepalend is en dat deze niet wordt aangepast op basis van de weersomstandigheden. Ook herstelwerkzaamheden die onder onvoldoende droge omstandigheden worden uitgevoerd kunnen juist het tegenovergestelde effect hebben dan wat beoogd is.

Indien geen of onvoldoende beschermende voorzieningen worden aangebracht, dan is de kans op verdichting tijdens de bouw groot. Tevens kan onder natte omstandigheden versmering optreden (grond bezwijkt).

Door de werkzaamheden wordt de ondergrond geroerd (het bodemprofiel wordt verstoord), waardoor de capillaire werking van de bodem en het doorlaatvermogen wordt verstoord, wat beide nadelig is voor de plantengroei.

De grond binnen de werkstrook heeft tijd nodig om te herstellen. Met name ter plaatse van de sleuf, waar de grond is vergraven, is dit van belang. Hoe vaker de grond wordt verstoord hoe lager het opbrengende vermogen. De grond krijgt namelijk onvoldoende tijd om te herstellen van de geleden structuurschade.

- **Verstoring drainage**

Tijdens de aanleg van de buisleidingen wordt (veelal) het aanwezige drainagesysteem verstoord. Vanwege de evenwijdige ligging van de zuigdrains aan het tracé worden deze als de sleuf ter plaatse van een bestaande drain is gesitueerd vergaen en niet teruggebracht.

Restanten van beschadigde drainagebuizen zijn veelal zichtbaar op het maaiveld (zie foto's in bijlage 2 en 3). Ook tijdelijke gronddepots kunnen de vlakteligging van drains verstoren en daardoor de drainerende werking negatief beïnvloeden.

De verzameldrains worden te allen tijde door een buisleiding doorkruist. Deze verzameldrains zullen te allen tijde moeten worden hersteld om de waterafvoer te kunnen garanderen. Als gevolg van eventuele nazakkingen of door tijdelijke gronddepots kunnen de verzamelleidingen ook zijn verstoord.

In het algemeen wordt bij de aanleg van een enkele buisleiding in agrarische gronden veelal drie of vier jaar later, als de grond voldoende is ingeklonken, nieuwe drainage aangelegd. In een dergelijke situatie kan de landbouwproductie in de meeste gevallen op dezelfde wijze voortgezet worden. In de buisleidingenstraat is de situatie echter anders. Doordat er gedurende tientallen jaren regelmatig een nieuwe leiding wordt gelegd, komt de grond niet voldoende tot rust waardoor het niet voldoende de tijd heeft om te herstellen en goed in te klinken.

Herdrainage levert doorgaans niet het gewenste effect omdat deze bij de volgende aanleg weer doorsneden wordt en omdat de bodem van de zone nog inklinkt met verzakking van de nieuwe drainage tot gevolg. Dit zal leiden tot het niet meer (optimaal) functioneren van het drainagesysteem waardoor de kavels die doorsneden worden slecht ontwaterd worden met als gevolg dat deze kavels moeilijker te bewerken zijn en minder opbrengst.

- **Verstoring vlakteligging**

Als gevolg van ontgravingen, zettingen en nazakkingen kan de vlakteligging worden verstoord. In lagere terreindelen (ingesloten laagten) is de kans op waterstagnatie groter. Indien er geen nazorg wordt uitgevoerd zullen deze laagten blijven gehandhaafd.

- **Grondtekorten**

Als gevolg van de aanleg van de leidingen kunnen grondtekorten optreden. Een voorbeeld is de oxidatie van veen wanneer dit in depot ligt. Verder kunnen als gevolg van klink, krimp en zetting grondtekorten ontstaan. Indien deze niet worden gecompenseerd kunnen ter plaatse van de werkstrook grondtekorten ontstaan. Wanneer leidingen onder natte weer- en terreinomstandigheden worden aangelegd zijn grondtekorten veelal groter. Als gevolg van het onvoldoende compenseren van grondtekorten en/of het aanhouden van onvoldoende overhoogte bij het aanvullen, kunnen na aanleg laagten ter plaatse van sleuf ontstaan.

Wanneer grondtekorten met ongeschikte grond worden gecompenseerd kan dit tevens negatieve effecten hebben. Bijvoorbeeld wanneer grondtekorten met zand uit de rijbaan worden gecompenseerd, en daarbij naast aanvulling rondom de leiding ook door de B-laag worden verspit, kan een verdichte bodemlaag ontstaan (mengsel van klei/zavel en zand). Deze situatie is echter niet gewenst. Het zand uit de rijbaan dient te allen tijde door C-laag te worden verwerkt en tenminste 0,70 m -mv. In de praktijk blijkt echter dat het afvoeren van zand te kostbaar is.

- **Verstoring van het bodemopbouw**

Bij de huidige aanleg van kabels en leidingen wordt de grond in de sleuf gescheiden ontgraven en bij dichten in omgekeerde volgorde teruggebracht. Onzeker is in hoeverre dit principe ook bijvoorbeeld bij de eerste leidingen is toegepast. Er zijn in Nederland voorbeelden van leidingtrajecten waar in het verleden de grondaanvullingen in de sleuf niet conform het oor-



spronkelijke profiel zijn teruggebracht en er blijvende naschade aan landbouwgewassen is opgetreden. Het resultaat is daarnaast sterk afhankelijk van de weer- en terreinomstandigheden tijdens de uitvoering.

- **Onzorgvuldige cultuurtechnische uitvoering door ontbreken van bodemkundig onderzoek, cultuurtechnisch advies en toezicht**

Bij aanleg van kabels en leidingen in agrarisch gebied wordt zeker bij projecten waar een grote sleuf wordt voorzien, voorafgaand bodemkundig onderzoek gedaan en cultuurtechnisch advies opgesteld. Een dergelijk onderzoek heeft als doel om de nulsituatie van de landbouwpercelen vast te leggen en om de maatregelen te bepalen die nodig zijn om de agrarische percelen na de aanleg van de leiding of kabel in oorspronkelijke staat terug te brengen. Daartoe dient op basis van de te verzamelen bodemkundige gegevens een cultuurtechnisch advies te worden opgesteld. Van organisaties als Gasunie en TenneT is bekend dat zij dit onderzoek (laten) uitvoeren. In het archief van LSned is dan ook een cultuurtechnisch rapport van Gasunie gevonden. Andere leidingleggers in de buisleidingenstraat maken veelal gebruik van die gegevens van het Gasunie-onderzoek. Daarnaast hanteert Gasunie bijvoorbeeld de zogenaamde CKS-25-N. In dit document staan de technische eisen die door Gasunie worden gesteld aan de uitvoering van cultuurtechnische en/of landbouwkundige werkzaamheden bij de aanleg, het onderhoud en de verwijdering van pijpleidingen (inclusief toebehoren). Het document is een specificatie voor de aannemer van de uitvoeringswerkzaamheden.

Bij de uitvoering van de aanleg is er bij dergelijke projecten een cultuurtechnisch toezichthouder die de kwaliteit van het werk beoordeelt en indien nodig maatregelen treft.

<p>Algemeen oordeel</p> <p>Oordeel</p>	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • De buisleidingenstraat ligt momenteel voor de helft vol met kabels en leidingen. Veelal liggen de leidingen op een diepte van circa 1,00 tot 1,20 m. • Huidige leidingen worden het hele jaar aangelegd, ook in natte perioden in de herfst en winter. • De sleuf wordt veelal laagsgewijs ontgraven en in depot gezet (onderscheid A, B en C-grond) • Grondtekorten worden niet altijd of onvoldoende gecompenseerd • Grondtekorten worden soms met (te) zand uit de rijbaan gecompenseerd en door de ondiepe ondergrond verwerkt (B-laag) • De grond krijgt geen rust om te herstellen • Zuigdrains worden niet hersteld • Verzameldrains worden door drainbruggen hersteld ('breiwerk') • Er is geen uniforme standaard voor de cultuurtechnische herstelmaatregelen • De werkstrook wordt eenmalig geëgaliseerd (bij de afwerking)
<p>Effect op vlakteligging</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Door inklinking van grond ter plaatse van de sleuf ontstaan oneffenheden en ingesloten laagten • Door geen of onvoldoende compensatie van grondtekorten ontstaan laagtes.
<p>Effect op bodem</p>	<ul style="list-style-type: none"> • De bodemstructuur wordt steeds aangetast door vergraving en berijding, vooral onder natte omstandigheden is dit funest • De B-grond wordt met zand verschraald en kan daardoor verdichtingsgevoeliger worden
<p>Effect op ontwatering en drainage</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zuigdrains worden vergraven en niet teruggebracht • Zuigdrains kunnen door tijdelijke gronddepots worden verstoord • Door de aanwezigheid van een leiding wordt de diepte beperkt waarbinnen ingrepen te mogen worden gedaan

<p>Noordhoek</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Op het terrein lagen restanten van drainagebuizen • Recent is een aantal leidingen aangelegd. Op het noordelijke deel is onder andere een leidingkruising aanwezig, waardoor de ingrepen in de grond groot zijn geweest. • Onduidelijkheid over afspraken en planning omtrent oplevering aanleg leiding en ingebruikname van perceel en onduidelijkheid over verantwoordelijkheden en herstel naschade.
<p>Bergen op Zoom</p> 	<p>Bevindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Op het terrein lagen restanten van drainagebuizen.

4 De effecten van vernatting

In hoofdstuk 3 zijn de mogelijke oorzaken van de vernatting benoemd. Dit hoofdstuk gaat in op de effecten van de vernatting. Hierbij is de keuze gemaakt om eerst de effecten per relevante stakeholder te beschrijven. Aansluitend worden de effecten op de leidingen beschouwd. Onderbouwing en theorie omtrent een aantal van deze effecten is opgenomen in bijlage 6 en 7.

4.1 Effecten per stakeholder

4.1.1 *LSNed*

LSNed is de beheerder van de buisleidingenstraat. Veiligheid van de leidingen staat voorop. LSNed bepaalt de voorwaarden waaronder de percelen dienen te worden gebruikt onder andere de te telen gewassen en specifieke voorwaarden voor de bewerking van de gronden.

Afname interesse van pachters (lagere pachten)

Door vernatting is de economische schade dusdanig groot dat pachters de gronden niet meer in pacht (willen) nemen. Voor LSNed kan dit betekenen dat zij geen 'beheerder' meer hebben en dat zij de 'ogen en oren' van de buisleidingenstraat kwijt raken. Ander effect is dat de pachttarieven moeten worden verlaagd om deze aantrekkelijk te houden.

Meer klachten van pachters en omgeving

Bij toenemende natschade dienen pachters meer klachten in, waar LSNed vervolgens actie op moet ondernemen. Ook grondgebruikers naast de buisleidingenstraat kunnen mogelijk hinder ondervinden van toenemende vernatting en klachten (gaan) indienen. Dit is echter niet in het kader van dit onderzoek beschouwd.

Afname bodemkwaliteit en waarde

Als de gebruiksmogelijkheden minder zijn, is dit van invloed op de waarde van de grond. Gemiddeld genomen is bouwland bijvoorbeeld meer waard dan grasland. Door onvoldoende investeringen in bodemverbetering en ontwatering worden de gebruiksmogelijkheden beperkt (minder gewaskeuze) wat de waarde doet dalen.

Slechte bereikbaarheid

De percelen zijn bij wateroverlast minder goed bereikbaar en/of slechter berijdbaar.

De buisleidingenstraat wordt minder aantrekkelijk om leidingen aan te leggen

Doordat leidingleggers met nattere condities te maken krijgen, zullen mogelijk extra maatregelen nodig zijn. Dit kan extra kosten met zich mee brengen voor de voorbereiding en uitvoering waardoor de aantrekkingskracht om in de buisleidingenstraat leidingen aan te leggen af kan nemen.

4.1.2 *Pachters landbouwpercelen*

Gronden in de buisleidingen worden aan boeren verpacht. Zij genereren inkomsten door gewassen te verbouwen. Als gevolg van vernatting kan opbrengstderving optreden. Tevens kan dit tot meer zorgen en stress bij een pachter leiden.

Opbrengstderving door korter groeiseizoen

Door (te) hoge grondwaterstanden kan de pachter niet tijdig genoeg het land op om de grond te bewerken en in te zaaien. Hierdoor heeft hij te maken met een korter groeiseizoen wat leidt tot een mindere opbrengst.

Mislukken van de oogst

Als gevolg van hevige regenval kunnen gewassen onder water komen te staan. Voor een aantal gewassen is dat funest (bijvoorbeeld aardappelen). Grote oogstverliezen zijn het gevolg.

Niet kunnen oogsten

Het groeiseizoen en oogsttijdstip van een gewas verschilt. Als gevolg van te natte omstandigheden tijdens het oogstmoment kunnen machines het land niet berijden om de gewassen te oogsten. Indien toch gewassen worden geoogst, ontstaat veelal ernstige structuurschade waarvoor extra inspanningen nodig zijn om de grond te herstellen.

Afname geschiktheid voor bepaalde gewassen

Door vernatting neemt de keuze van de te telen gewassen af. Dit omdat de risico's voor bepaalde teelten te groot worden. Dit geldt voor gewassen met een relatief hoog investeringsniveau, maar doorgaans ook voor laag renderende gewassen en gewassen die een beperkte verpleging vragen en met relatief licht materiaal wordt geoogst.

Afname bodemvruchtbaarheid (uitspoeling nutriënten en afname bodemleven)

Door oppervlakkige afspoeling kunnen opgebrachte nutriënten afspoelen. Ook door hogere grondwaterstanden is de kans op uitspoeling groter. Bovendien wordt het bodemleven verstoord als percelen langdurig onder water staat. Bodemleven is van belang voor onder andere de afbraak van organische stof en de bodemstructuur (bijvoorbeeld wormengangen).

4.1.3 *Brabants Landschap***Niet kunnen maaien en hooien**

Als gevolg van vernatting kan mogelijk het terrein (deels) niet worden gemaaid om het vervolgens te kunnen laten drogen en als voeder in de vorm van kuilgras of ruwvoeder te winnen.

Vertrapping door beweiding

Als gevolg van vertrapping wordt de bodemstructuur aangetast. Met name rondom verzamelplaatsen (drinkbakken) zal dit plaatsvinden. In deze gebieden zal water eerder stagneren.

Vergroting natuurwaarde

Als gevolg van variatie tussen nat en droog in deelgebied 10 Bergen op Zoom kan een grotere natuurwaarde worden gerealiseerd.

4.1.4 *Aannemers en leidingleggers/-eigenaren***Slechte berijdbaarheid en toegankelijkheid percelen**

Door natte omstandigheden wordt de berijdbaarheid en toegankelijkheid van de terreinen slechter. Dit kan problemen geven tijdens de uitvoering of extra maatregelen vergen.

Onderzoek en advies (cultuurtechniek en bemaling)

Om inzicht te krijgen in de uitgangssituatie en de herstelmaatregelen te bepalen is mogelijk voorafgaand aan de aanleg van een nieuw tracé extra grond- en hydrologisch onderzoek (plaatsen en monitoren van peilbuizen) nodig. Op basis daarvan kunnen mogelijk extra benodigde uitvoerings- en herstelmaatregelen nodig zijn.

Extra of alternatieve beschermende voorzieningen

Om benodigde transporten mogelijk te maken zullen mogelijk extra voorzieningen nodig zijn (rijbaan en dergelijke).

Belasting op de leidingen

Onder natte omstandigheden kunnen machines insporen waardoor de belasting op leidingen toeneemt. Bij te grote belastingen op de leidingen komt de veiligheid van leidingen in gevaar. Meer over de effecten op de leidingen zijn in volgende paragraaf uitgewerkt.



Fig. 4.1. De aanleg van een rijbaan door zand en rijplaten nadat de teelaarde is afgegraven

Extra herstelmaatregelen

Vooral onder natte omstandigheden wordt de bodem extra aangetast en kunnen groter grondtekorten ontstaan. Dit betekent dat er extra aandacht moet zijn voor het compenseren van grondtekorten en uit te voeren cultuurtechnische herstelmaatregelen en herstel van naschade.

Bemaling

Door toenemende vernatting is (lokaal) mogelijk meer bemaling nodig om de leidingwerkzaamheden in den droge te kunnen uitvoeren.

4.1.5 Waterschap Brabantse en Hollandse Delta

Run-off van bestrijdingsmiddelen en nutriënten

Door vernatting is de kans groter dat voedingsstoffen en gewasbeschermingsmiddelen in het oppervlaktewater terecht komen. Dit heeft een negatief effect op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Uitspoeling naar het grondwater

Door hogere grondwaterstanden is de kans op uitspoeling van meststoffen naar het grondwater groter.

Meer piekafvoeren

De beperkte opnamecapaciteit van de bodem (slechte bodemstructuur) heeft grotere maaiveldafvoer, snelle afvoer van neerslagpieken vanaf percelen, tot gevolg en daarmee piekbelasting op het watersysteem.

Effecten op de omgeving

Vernatting kan ook nadelig zijn voor omliggende percelen, maar dan vooral als er geen sloot langs de leidingenstraat ligt. Als er wel een sloot tussen ligt dan is het nadelige effect beperkt omdat de sloot dan drainerend zal werken.

4.2 Effecten op de leidingen

4.2.1 Verkeerbelasting

In de jaren zestig zijn rekenmethodieken ontwikkeld om leidingen in de Nederlandse ondergrond constructief te berekenen. Deze berekeningsmethodieken hebben zich ontwikkeld tot hoe ze nu in de NEN 3650 zijn opgenomen. Ook landbouwverkeer wordt in de rekenmethodiek meegenomen. Tot op heden wordt de invloed van landbouwvoertuigen op leidingen in landbouwgrond gesimuleerd door een verkeersklasse 15 (in de norm 0,5*grafiek II), de lichtste verkeersklasse. In de afgelopen vijftig jaar zijn landbouwvoertuigen groter en zwaarder geworden, zie ter illustratie figuur 4.2, met links een voertuig uit 1969 en rechts een model uit 2012.



Fig. 4.2 Landbouwvoertuig uit 1969 (links) en rechts een model uit 2012.

De invloed van de verzwarening is onderzocht.

Er worden wettelijk eisen gesteld aan de gewichten van de trekkers en aanhangwagens op de openbare weg. Dit is een richting voor de maximale lasten die ook op bouwland zullen voorkomen. Het totale gewicht van een motorvoertuig met beperkte snelheid (met beladen aanhangwagens) mag 50.000 kg bedragen, waarbij het maximale gewicht onder een wiel 6.000 kg is. Ter vergelijking, in de NPR 3659 – die rekenmethodieken van NEN 3650 onderbouwt – wordt voor het totale gewicht van een landbouwvoertuig 6.000 kg aangehouden.

Beschouwing relatie voertuiggewicht - bodemdruk

Het gewicht van het voertuig wordt via de wielen naar de bodem afgedragen. Hierbij zijn de afmetingen van de wielen van belang: hoe groter de wielen, hoe kleiner de druk per oppervlak. Voor de structuur van de landbouwgrond is een zo laag mogelijk gewicht per oppervlakte van belang. Anders gezegd, voor de bodem is een zo laag mogelijke bandenspanning (orde grootte 1 bar) van belang. Toch zal een loonwerker, met een eigen machine, er eerder voor kiezen de banden iets harder op te pompen (orde grootte 2 bar), omdat banden met een iets hogere spanning minder snel slijten. Producenten van landbouwvoertuigen proberen zo laag mogelijke drukken te realiseren, orde van grootte 1 kg/cm².

Omgerekend naar de toegestane wiellast van 6.000 kg (zoals wettelijk vereist), betekent dit een band van circa 80x80 cm. Dit zijn reële bandmaten voor landbouwvoertuigen die dit soort gewichten vervoeren.

Bij goed weer kan een bodem een druk van 2,5 kg/cm² verdragen.

Ter vergelijking:

- de voorwaarde die LSNed stelt ten aanzien van de maximale grondbelasting bedraagt 3 ton/m². Dit betekent een druk van 0,3 kg/cm²,
- de belasting die in de verkeersmodellen van de betreffende normen (VOSB, NEN 6788) worden gehanteerd, bedraagt 6,25 kg/cm².

4.2.2 Belasting op de leiding

De situatie van een wiel boven de leiding is schematisch weergegeven in figuur 4.3. De grond is schematisch in drie lagen weergegeven die ieder een rol spelen in de volgende processen:

- Draagkracht van de grond om het wiel te kunnen dragen zonder dat overmatige spoorvorming optreedt.
- Spanningsspreiding in de grond waarbij de druk onder het wiel aan het maaiveld wordt doorgegeven naar diepere grondlagen, zodat de druk met de diepte afneemt voordat de druk de leiding bereikt.

Deze processen treden op in de grond en zijn afhankelijk van het gedrag van de grond. Het gedrag van de grond wordt beïnvloedt door een verandering in vochtgehalte. Bij vernatting neemt het vochtgehalte toe en zullen de sterkte en stijfheid van de grond veranderen. Indien er een grote toename van het vochtgehalte optreedt en de grond kan zwellen (aan het maaiveld) kan de grond zelfs enigszins vloeibaar worden.

Om de hiervoor genoemde effecten te beschouwen zijn de volgende hypothesen zijn gesteld:

1. Toename van het vochtgehalte leidt tot vervloeiing van de toplaag.
2. Een hoger vochtgehalte leidt tot een afname van de draagkracht van de grond.
3. Een hoger vochtgehalte leidt tot een lagere stijfheid van de grond en daardoor een geringere spreiding van de wioldruk.
4. Een verhoging van het vochtgehalte en een stijging van de grondwaterstand leidt tot een verhoging van de belasting op de leidingen.
5. Een verhoging van het vochtgehalte en een stijging van de grondwaterstand leidt tot een grotere kans op spoorvorming door overschrijden van de draagkracht.
6. De belasting door het landbouwverkeer is hoger dan de belasting waarmee in NEN 3650 wordt gerekend.
7. Het landbouwverkeer levert een hogere belasting op de leidingen dan de berekening volgens NEN 3650.

Deze hypothesen zijn door middel van berekeningen en veld- en laboratoriumproeven getoetst. De resultaten zijn te vinden in bijlage 6.

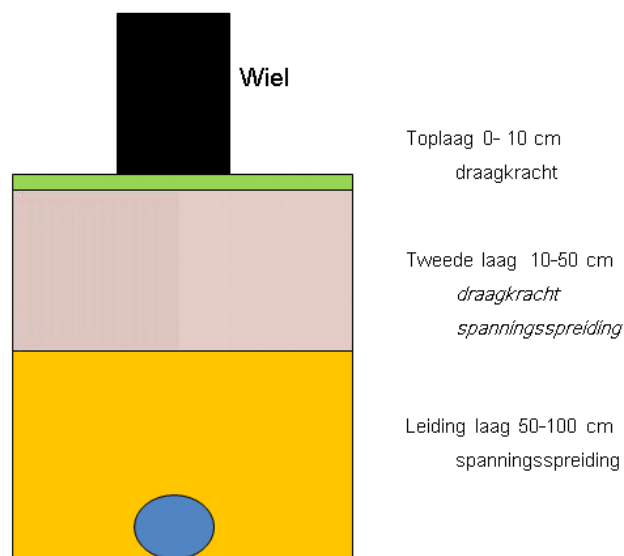


Fig. 4.3 Schematisatie van de grond.

De behandeling van de gestelde hypothesen voor de optredende vernatting is in de volgende tabel gepresenteerd:

nr	Hypothese	Korte reactie	Conclusie naar aanleiding van onderzoek
1	Toename van het vochtgehalte leidt tot vervloeiing van de toplaag	Soms	In deelgebied 4 is de klei gevoelig in deelgebied 10 niet
2	Een hoger vochtgehalte leidt tot een afname van de draagkracht van de grond	Ja	Reductie van 34 % geconstateerd door laboratorium proeven
3	Een hoger vochtgehalte leidt tot een lagere stijfheid van de grond en daardoor een geringere spreiding van de wieldruk	Ja,	De E-modulus van de grond die een maat voor de stijfheid is zal door het hogere vochtgehalte reduceren
4	Een hoger vochtgehalte en een stijging van de grondwaterstand leidt tot een verhoging op de belasting op de leidingen	Nee	In natte omstandigheden zakt de leiding iets meer. Dit heeft echter geen effect op de spanning in de leiding. Opmerking: het is 2 dimensionaal uitgerekend. Wellicht leidt het meenemen van de andere richting tot een andere conclusie.
5	Een hoger vochtgehalte en een stijging van de grondwaterstand leidt tot een grotere kans op spoorvorming	Ja	Een stijging van de grondwaterstand leidt tot lagere sterkte en stijfheid van de grond en mogelijk bezwijken. Hierdoor kunnen sporen met een diepte van enkele centimeters tot enkele decimeters ontstaan.
6	De belasting door het landbouwverkeer is hoger dan de belasting waarmee in NEN 3650 wordt gerekend.	Ja	Volgens NEN 3650 is de belasting op de leiding 15 kPa. De 2 dimensionale berekeningen leiden tot een belasting van circa 55 kPa. Door rekening te houden met de derde dimensie is dit te reduceren tot circa 30 kPa.
7	Het landbouwverkeer levert een hogere belasting op de leidingen dan de berekening volgens NEN 3650	Ja	In de NEN 3650 is een landbouwvoertuig van 6000 kg aangehouden. In de Plaxis berekeningen een belasting van 6000 kg per wiel. Hierdoor ontstaan grotere belastingen op de leiding.

4.2.3 Spanningen in de leiding

Er zijn aan de hand van de voorgaande resultaten sterkteberekeningen gemaakt voor twee buizen:

Stalen leiding 24"

Uitgangspunt voor de stalen leiding is een buis rond 600 mm met een minimum wanddikte volgens NEN 3650-2:2012 Tabel 1 van 6,4 mm. Staalkwaliteit S235 vloei grens 235 N/mm² is de laagste staalkwaliteit vergelijkbaar met L245NB.

PVC leiding Dn 250

Buitendiameter 250 mm, een PN 10 buiswand met een toelaatbare inwendige druk van 10 Bar = 1,0 N/mm² = 1 MPa. Deze eis geeft een minimale SDR van 21 met een wanddikte van 11,9 mm.

Uitgangspunten en belastinggevallen Plaxis berekeningen

- Gronddekking op de leiding is 1,0 meter;
- De verkeersbelasting uit het 2D Plaxis model bedraagt 30 kN/m².
- Lastvlak wiel is 0,4 x 0,4 m² met een bandendruk van 2 Bar;
- Lastvlak wiel is 0,4 x 0,8 m² met een bandendruk van 1 Bar;
- Grondeigenschappen klei:

Parameter	omschrijving	Eenheid	Klei matig droog	Klei matig nat
Material model	Mohr-Colomb		-	
Drainage type	Undrained (B)		-	
γ_{unsat}	Volumegewicht droog	kN/m ³	15	15
γ_{sat}	Volumegewicht nat	kN/m ³	17	17
E'	Elasticiteitsmodulus grond	kN/m ²	2000	1300
$S_{u,ref}$	Ongedraineerde schuifsterkte	kN/m ²	50	33
q_c		MPa	1	1
ν	Dwarscontractie coëfficiënt	-	0,3	0,3
K_x	Horizontale doorlatendheid van de grond	m/day	1 E-4	1 E-4
K_y	Verticale doorlatendheid van de grond	m/day	1 E-4	1 E-4

Een overzicht met het resultaat van de berekeningen is opgenomen in bijlage 7. De totale optredende spanning in de buiswand is bepaald met de formule $\sigma = N/A + M/W$. De grootte van de Normalkracht N in [kN/m] en Moment M in [kNm/m] zijn ontleend aan de Plaxis berekeningen. De toetsing van optredende spanningen is uitgevoerd voor zowel een elastisch als een plastisch weerstandsmoment. Bij een plastische toetsing kunnen permanente vervormingen achterblijven in de buiswand na het passeren van de wielbelasting. Hierbij bezwijkt de buiswand niet. Bij elastische toetsingen voldoet de buis niet terwijl bij een plastische toetsing blijkt dat de buis wel wordt overbelast maar niet bezwijkt.

Sigma Controleberekening volgens NEN3650

Ter controle is een berekening gemaakt met behulp van het programma Sigma. De uitvoer is opgenomen in bijlage 7. Dit programma is gebaseerd op de theorie van de NEN3650. In de berekening is een effectieve gronddekking aangehouden van 1,15 meter. De verkeersbelasting is aangehouden op 30 kN/m². Door deze geringe aanpassing van de gronddekking is de invloed van de verkeersbelasting vergelijkbaar met die van de Plaxis berekeningen.

De controleberekening is uitgevoerd voor de stalen buis in droge grond. De berekende elastische spanning in de buiswand bedraagt 191 N/mm² bij een toelaatbare spanning van 188 N/mm².

Conclusies

De buizen bezwijken niet, vervormen plastische, maar worden wel overbelast volgens de normen. De toelaatbare spanningen worden overschreden.

Geconcludeerd kan worden dat de normen ten aanzien van verkeersklasse niet meer voldoen aan de hedendaagse landbouwvoertuigen. De standaard keuze om in het ontwerp voor landbouwvoertuigen verkeersklasse 0,5*grafiek II (zie NEN 3650, C.5) te hanteren, lijkt niet meer toepasselijk en dient herzien te worden. Dit dient met de commissie van NEN 3650 te worden besproken.

Daartegenover staat dat er nog geen incidenten zijn gerapporteerd waarbij zwaar landbouwverkeer buizen beschadigen. Aangetekend kan worden dat beschadigingen vaak niet ontdekt worden omdat er geen onderzoek naar plaats vindt of metingen niet of nauwelijks worden gedaan. Een systeem zou nog goed kunnen functioneren – weliswaar met een verhoogd energieverbruik – wanneer een pvc buis een bepaalde ovalisatie kent. Het risico bij gelede leidingen is dat zij door de hogere belastingen kunnen gaan lekken via de verbindingen.

Daarnaast zijn de verschillende veiligheidsfactoren bij sterkteberekeningen groot. Gesteld zou kunnen worden dat een incidentele kruising van een te zwaar landbouwvoertuig met een leiding opgevangen kan worden door de veiligheidsfactoren.

Hoe LSNed hiermee omgaat, is aan deze organisatie. LSNed mag extra eisen – boven NEN 3650 – stellen aan het ontwerp en in de beheerfase van leidingen. LSNed heeft hier ook al op voorgesorteerd door geen gewassen toe te staan die zwaar transport door landbouwvoertuigen vragen.

4.2.4 Voorschriften grondgebruikers

LSNed legt de grondgebruikers (de boeren) de volgende voorwaarden op:

Het is de pachter / gebruiker verboden:

- de tot de kavel behorende gronden tot dieper dan 40 cm vanaf het maaiveld gerekend te bewerken of anderszins op en in de grondlaag, gelegen beneden 40 cm vanaf het maaiveld, abnormale invloeden uit te oefenen;
- de grond zwaarder te belasten dan 3 ton/m^2 op een oppervlakte van 10 m^2 ;
- de kavel met voorwerpen of voertuigen e.d. te belasten, waardoor er indrukken dan wel rijsporen kunnen ontstaan die dieper zijn dan 30 cm vanaf het maaiveld gerekend.

De tweede voorwaarde zou vertaald kunnen worden naar welke wiellast wordt toegestaan, maar lijkt voornamelijk bedoeld om langdurige opslag van zaken (grond, oogst) te beperken. De derde voorwaarde kan als indicatie worden gebruikt wat de minimale afstand van het wiel tot de leiding is, wat een factor is bij de invloed van de wielen op de buis.

De leidingen in de leidingenstraat liggen normaliter met een dekking van 1 meter.

De eerste voorwaarde is een duidelijke regel waar weinig misverstand over kan bestaan. De tweede en derde maatregel – maar met name de tweede – verdienen aanpassing of uitbreiding om de leidingen met de huidige kennis te beschermen.

4.2.5 Risico op opdrijven

Bij een stijging van het grondwater tot aan het maaiveld is in sommige grondsoorten opdrijven mogelijk. Alhoewel uit bijlage 5 blijkt dat de kans op een grondwaterstand tot aan maaiveld niet snel zal optreden maar er sprake zal zijn van percolerende vochtfronten is toch voor de hypothetische situatie gekeken naar de kans op opdrijven. Als de veiligheidsfactor voor het optreden van opdrijven lager is dan 1 kan opdrijven plaatsvinden. In de figuur 4.4. zijn de leidingen uit tabel 4.1 beschouwd voor de grondsoorten veen 11 [kN/m³], klei 16 [kN/m³] en zand 20 [kN/m³] bij een gronddekking van 1 m.

Tabel 4.1 Leidingdiameters en wanddiktes

Diameter (mm)	Wanddikte (mm)
1219	15,9
914	11,8
762	9,3
267	6,3
159	4,5
114	3,5

Zowel deelgebied 4 als deelgebied 10 bestaan uit kleiige toplagen met een volumiek gewicht hoger dan 16 kN/m^3 (zie bijlage 4). Er is derhalve geen opdrijf risico.

Bij het dimensioneren van een leiding in zeer slappe organische gronden, zoals veen en sterk humeuze klei moet volgens NEN 3650 een controle op opdrijven worden uitgevoerd. Indien de leiding bij maatgevende omstandigheden niet aan de oprijfveiligheid voldoet moeten vanzelfsprekend maatregelen worden getroffen. Bij de twee beschouwde deelgebieden is opdrijven niet aan de orde. Bij andere delen van de buisleidingenstraat met een slappe organische gronden wordt verwacht dat bij het ontwerp al gekeken is naar maatgevende omstandigheden met een volledig verzadigd grondprofiel (wat bij deze gronden vaak het geval is).

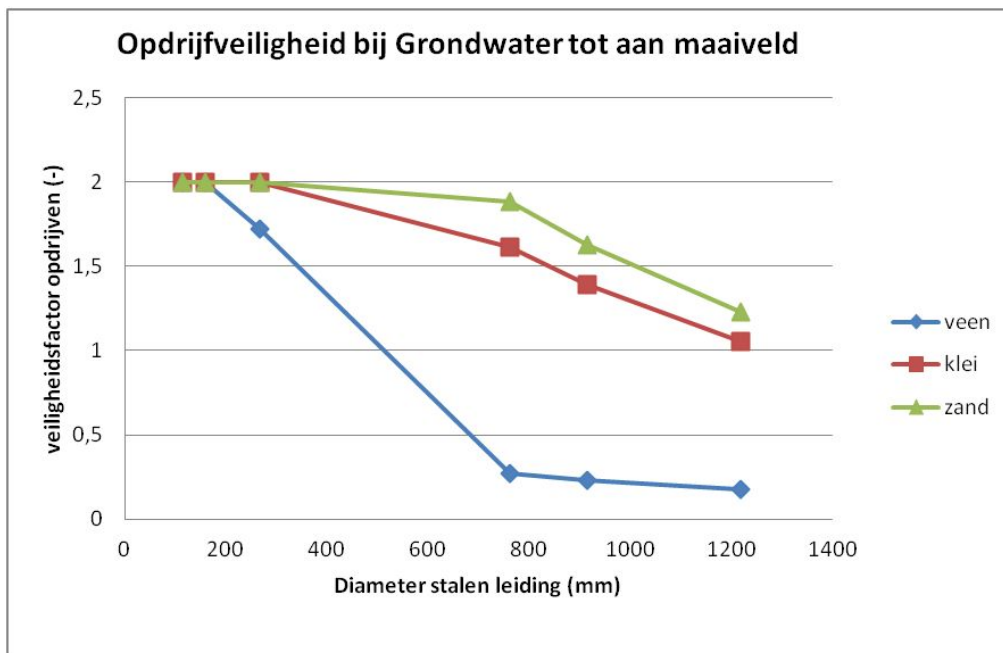


Fig. 4.4 Opdrijfveiligheid stalen leiding bij grondwater aan maaiveld

4.2.6 Corrosie

Tijdens het veldbezoek is de waterkwaliteit van het ondiep voorkomende grondwater onderzocht. De analyseresultaten zijn opgenomen in het verslag van Deltares in bijlage 4. Ook de samenstelling van de ondergrond speelt een rol. In Noordhoek zijn de volgende risicofactoren voor corrosie aanwezig: klei, kwel, sulfaat en hoge chloride-concentratie. De verwachting is dat hier sprake is van een lage redoxpotentiaal en hoge gehalten sulfaat en organische stof. Door verstoring van de bodem (graven en weer terugbrengen) en verstoorte en slecht gecontroleerde hydrologie kan het corrosierisico worden vergroot. Wisselende omstandigheden (zuurstofloze/zuurstofhoudende omstandigheden) zijn daarbij van belang.

5 Oplossingsrichtingen

Tot dusverre zijn in dit rapport de oorzaken en effecten van vernatting in beeld gebracht. Dit hoofdstuk gaat in op de oplossingsrichtingen. Deze zijn uitgewerkt voor één deelgebied, namelijk deelgebied 4 Noordhoek. We doen dit door middel van twee verschillende scenario's, namelijk een scenario waarbij de vernattingproblemen dusdanig worden opgelost dat akkerbouw mogelijk blijft. Deze oplossing is mede het resultaat van de workshop Bodemgebruik en vernatting (zie verslag in bijlage 9). Voor dit scenario gaan we in op de kosten en de baten. In het 2^{de} scenario gaan we in op de mogelijke oplossingen waarbij we vernatting accepteren en daar op inspelen. Tot slot geven we aantal oplossingsrichtingen ten behoeve van de uitvoering van nieuwe leidingen en presenteren we kort enkele 'wilde ideeën' die het resultaat zijn van een korte brainstorm.

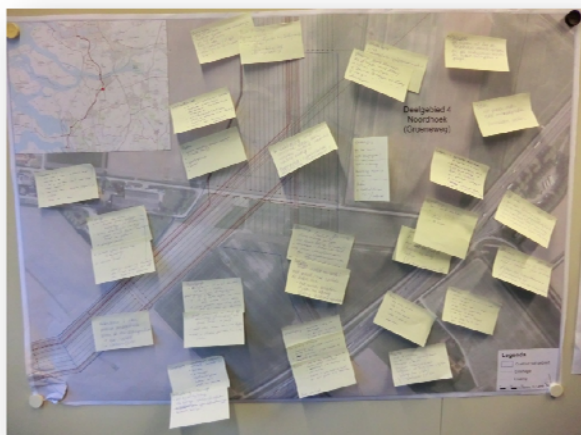


Fig. 5.1. Informatie van stakeholders is in een workshop verzameld. Hiernaast de verzamelde ideeën om de wateroverlast in deelgebied 4 (Noordhoek) te verhelpen.

5.1 Scenario 1: Oplossen vernattingsproblemen en akkerbouw handhaven

5.1.1 Maatregelen

Om de vernattingsproblemen op te lossen zullen verschillende maatregelen nodig zijn. Deze zijn hieronder genoemd. Van deze maatregelen is tevens een indicatie van de kosten weergegeven.

Egaliseren

Ingesloten laagten, bijvoorbeeld nazakkingen ter plaatse van een sleuf, wegnemen door de percelen te egaliseren met een kilverbak. Dit kan in overleg met de pachter bijvoorbeeld circa één à twee jaar na leidingaanleg worden uitgevoerd.

Het maken van een drainageplan

Indien nieuwe drainage wordt aangelegd dient vooraf eerst een drainageplan te worden gemaakt. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de beperkingen (bv maximale diepte van bewerkingen in de grond), grondsoort, hoogteligging, afwateringsmogelijkheden en waterpeilen. Bovendien dient deze te worden afgestemd op nieuwe ontwikkelingen zoals verwachte leidingtracés.

Aanleg en onderhoud drainage

In bijlage 8 is in het document van Barth drainage een opzet voor een drainagesysteem gegeven voor deelgebied 4 Noordhoek. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde draindiepte van 0,80 m en een drainafstand (h.o.h.) van 7 m. Voorwaarde hierbij is dat de drains vanuit veiligheidsoverwegingen boven bestaande leidingen handmatig met de kraan moeten worden aangebracht.

Voor een goed functionerend drainagesysteem is het van belang dat deze regelmatig wordt gecontroleerd en wordt doorgespoten (doorspoelen).

Uitvoeringstechnische maatregelen bij nieuwe leidingaanleg

- Grondtekorten bepalen en compenseren met geschikte grond.
- Bij voorkeur zand uit de rijbaan afvoeren of verwerken in de C-laag en dieper dan 0,7 m –mv.
- De werkstrook met voldoende overhoogte afwerken (tonrond).
- De werkstrook dusdanig egaliseren dat voor een goede aansluiting met de rest van het perceel wordt gezorgd.
- Herstelmaatregelen drainagesysteem:
 - Herstel zuigdrains (lengtedrains evenwijdig aan de leiding).
Het aantal is afhankelijk van de breedte van de werkstrook.
 - Herstel verzamelleiding.

Ook bij reparatiewerkzaamheden bij bestaande kabels en leidingen zullen voorzieningen moeten worden getroffen om schade aan de bodem te voorkomen en zal, indien bijvoorbeeld drainage wordt verstoord, deze tevens zorgvuldig moet worden hersteld.

Het voorkomen/beperken van belasting op de ondergrond

Om de belasting op de ondergrond en leidingen te beperken zou bijvoorbeeld een vaste ontsluitingsroute kunnen worden gerealiseerd door bijvoorbeeld het aanleggen van een doorlopend kavelpad. Hierover kunnen dan zo veel mogelijke alle transporten voor machines voor de aanleg en onderhoud van leidingen en de transporten van de pachter (oogstproducten) plaatsvinden.

Gewassen verbouwen die de bodemstructuur verbeteren

Door diepwortelende gewassen (groenbemesters) te telen kan de bodemstructuur worden verbeterd. De zorg bestaat echter dat door diepe beworteling de coating van bepaalde type leidingen wordt aangetast.

Een korte verkenning van literatuur geeft geen informatie over de mogelijke effecten van wortels van landbouwgewassen op ondergrondse leidingen. Wel is er onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van wortels in verdichte gronden. Hieruit blijkt dat de capaciteit om de bodem in te dringen wordt beperkt als de weerstand toeneemt. Bij veel planten wordt de wortelgroei beperkt bij een weerstand van 2,5 MPa. De resultaten van de handsonderingen (zie bijlage 4) laten op een diepte van circa 0,4 à 0,5 m een weerstand zien die groter is dan 2,5 MPa wat de beworteling van gewassen kan beperken. Ingeschat wordt dat de in de buisleidingenstraat toegestane gewassen een bewortelingsdiepte van maximaal circa 1,0 m (granen) hebben wat overeenkomt met de minimale gronddekking. Overwogen kan worden om de lijst met toegestane gewassen uit te breiden met gewassen die bijdragen aan een betere bodemstructuur.

5.1.2 Kosten en baten

De kosten van de hiervoor genoemde maatregelen zijn opgenomen in het document van Barth Drainage welke is opgenomen in bijlage 8.

De financiële baten van deze maatregelen zijn in principe de vermeden schadekosten die de pachter nu heeft als gevolg van wateroverlast. Oftewel, door de maatregelen kan een hogere gewasopbrengst worden gerealiseerd. Daarnaast kan de gewaskeuze worden verruimd waardoor gewassen worden geteeld waar meer mee kan worden verdiend. Daarnaast zijn er een aantal aspecten die niet in geld kunnen worden uitgedrukt zoals minder zorgen en stress bij de pachter en de 'ogen en oren' die de pachters van de gronden zijn.

Naast baten voor de pachter zijn er ook baten voor andere partijen. Voorbeelden zijn minder klachten voor LSNed en het makkelijker kunnen leggen van leidingen door aannemers/leidingleggers. Voor de leidingeigenaren is het risico minder dat machines insporen en daarmee de veiligheid beter wordt gewaarborgd.

5.2 Scenario 2: Omgaan met vernattingsproblemen (adaptatie)

Overwogen kan worden om een oplossing te kiezen waarbij men omgaat met de vernatting, oftewel men accepteert de problemen die wateroverlast kunnen geven en speelt daar op in. Hierbinnen zijn verschillende deelscenario's mogelijk.

'Grondgebruik blijft akkerbouw, natschade wordt geaccepteerd'

Dit scenario is in principe op de huidige situatie van toepassing en dit zou mogelijk worden voorgezet. Bij hevige regenval ontstaan er echter problemen voor de pachters, waardoor gewasderving optreedt. Vanuit LSNed zijn beperkingen opgelegd betreffende de gewaskeuze. Tot vorig jaar was dit gras en graan, maar dat is sinds dit jaar uitgebreid. Voor de pachter is het een risico afweging welk gewas hij verbouwt. De pachter draagt hierbij de financiële gevolgen door opbrengstderving. In dit scenario kan de pachter mogelijk andere technieken gebruiken om onder natte omstandigheden de bewerkingen en oogst uit te voeren, bijvoorbeeld door machines met rupsen te gebruiken om insporing te beperken. Voorwaarde is dat de veiligheid van de leidingen niet gevaar komt. Dergelijke aanpassingen vergen wel grote investeringen. Dit kan ook eventueel via loonwerkers (in de omgeving) die deze machines tot hun beschikking hebben. Kosten en baten van dit scenario hangen sterk af van welke gewassen bijvoorbeeld worden verbouwd.

'Grondgebruik verandert van akkerbouw naar grasland'

Een mogelijkheid is om het grondgebruik te veranderen en alleen grasland toe te staan. Hierdoor is de grond permanent bedekt wat gunstig is voor de bodemkwaliteit. Het grasland kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor voederwinning (kuilgras of hooi) of voor beweiding. Afhankelijk van de gewenste kwaliteit en opbrengst kunnen eventueel maatregelen worden genomen om water overlast te beperken zoals egaliseren of draineren. Indien wordt gedraineerd kan eventueel een grotere drainafstand worden gekozen ten opzichte van scenario 1. De kosten en baten hangen af van situatie, de mate van vernatting, doelstelling en keuzes.

(te) Natte graslandpercelen zijn gevoelig voor vertrapping, vooral op de klei- en veengronden. Om schade te voorkomen dient de ontwatering te worden verbeterd. Dit kan met de onder scenario 1 aangedragen maatregelen. Daarnaast zijn er een aantal maatregelen waarmee vertrapping wordt voorkomen of beperkt door:

- Het opstellen en bijvoeren van de melkkoeien;
- sneller omweiden of meer percelen gebruiken voor de beweiding;
- het toepassen van flexibele drinksystemen;

De ingangen van graslandpercelen zijn het meest gevoelig voor vertrapping. Hiervoor kunnen de volgende maatregelen worden toegepast:

- dammen verharden of aanvullen met zand;
- ingangen regelmatig verplaatsen of verbreden;
- drinkvoorziening niet bij ingang van het perceel plaatsen.

5.3 Uitvoeringsaspecten aanleg nieuwe leidingen

Voorwaarden opleggen

LSNed kan leidingleggers/aannemers voorwaarden opleggen ten aanzien van de uitvoering. Voorbeelden van voorwaarden die bijdragen aan het verhelpen van de mate van de vernatting zijn als volgt:

- De aanleg en herstelwerkzaamheden niet toestaan in natte weer- en terreinomstandigheden zoals de herfst en winterperiode. Bij voorkeur dient de uitvoering van de werkzaamheden in de periode maart/april tot september/oktober plaats te vinden.
- Een drainageherstelplan laten opstellen en de drainage op basis daarvan herstellen
- Voorafgaand aan de uitvoering grondtekorten indicatief laten bepalen en bij uitvoering laten compenseren rekening houdend met de bodemopbouw en weersomstandigheden

- Voorafgaand de aannemer/leidinglegger een cultuurtechnisch advies laten opstellen toegepast op de uitgangssituatie en doelstelling van het gebied.
- Het opleggen van een maximale bodemdruk van de te gebruiken machines.
- Cultuurtechnisch toezicht.
- Geen herstelwerkzaamheden toestaan (vooral in de herfst) als de terrein en weersomstandigheden niet goed (te nat) zijn.



Fig. 5.2. Werkzaamheden uitgevoerd onder te natte omstandigheden kunnen leiden tot onherstelbare schade aan de bodem

Beschermings- en herstelmaatregelen nemen

Voorafgaand aan de uitvoering, en tijdens de uitvoering kan de leidinglegger maatregelen treffen om cultuurtechnische schade aan de bodem te beperken. Eén en ander is afhankelijk van het type leiding, afmeting en diepte van de sleuf et cetera. Hierbij kan worden gedacht aan:

- Een rijbaan aanleggen waarover de transporten plaatsvinden. De rijbaan dient dusdanig te zijn opgebouwd dat structuurbederf van de ondergrond wordt voorkomen.
- Zorgen voor een goede ontwatering en afwatering van de werkstrook en de rest van het te kruisen perceel.
- Zorgen voor voldoende bemalingscapaciteit.
- Grondtekorten compenseren door zand uit de rijbaan te verspitten of van elders grond van goede kwaliteit aan te voeren.
- De sleuf met voldoende overhoogte afwerken en goed laten aansluiten op de omgeving (ingesloten laagtes voorkomen).
- Bemesten en eventueel een bodemverbeteraar zoals compost aanbrengen.
- Cultuurtechnische herstelmaatregelen (bewerkingen) om structuurbederf/verdichting en dergelijke te herstellen.

5.4 'Buiten de grenzen van de buisleidingenstraat'

Tot slot worden in dit hoofdstuk aan aantal prikkelende ideeën weergegeven. We noemen dit oplossingen 'buiten de grenzen van de buisleidingenstraat'. Dit is het resultaat van een korte brainstorm waarbij geen rekening is gehouden met bijvoorbeeld de risico's op de leidingen, wet- en regelgeving, kosten en uitvoeringstechnische aspecten. De meest 'wilde ideeën' zijn in de groen gekleurde kaders opgesomd.

Beperken bodemdruk

Vermeulen & Verwijs (2007) hebben een inventarisatie gemaakt van technieken voor de oogst en transport van landbouwproducten met een lage bodemdruk. Eén van de conclusies is dat zeer lage bodemdruk alleen mogelijk is bij toepassing van rubberen rupswielen (Verwijs G.D., 2007). Voorbeelden van machines met aan lage bodemdruk zijn pistenbullys. In het buitenland worden deze machines ook gebruikt voor landbouwkundige werkzaamheden (zie fig 5.2).



Fig. 5.3. Pistenbully voorzien van hakselaar²

Toepassing van GIS en GPS systemen

In de landbouw wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van GPS technologie. Deze techniek kan mogelijk meer worden ingezet op de agrarische percelen in de buisleidingstraat. Twee voorbeelden zijn:

Egaliseren met 3D GPS

Met behulp van een quad voorzien van GPS-3D wordt de hoogte van een perceel in kaart gebracht. Deze kaart geeft inzicht in de hoogte- en vlakteligging van het perceel. Bij het kilveren kan deze informatie worden gebruikt. Tevens zijn er meer vormen mogelijk dan bij kilveren met een laser.

Vaste rijpaden

Met GPS is het mogelijk om gebruik maken van vaste rijpaden op het perceel. Dit is gunstig voor de bodemstructuur. Met RTK-GPS systemen is een nauwkeurigheid van < 2 cm mogelijk.

'Buiten de grenzen'

Klimaatneutrale leidingstraat

Grondtekorten compenseren met Biochar (koolstof opslaan). CO₂ credits voor de leidinglegger.



Flexibele werkstroken

De werkstrook wordt bij aanleg van leidingen om de natte gebieden heen gelegd.

Slurpende sleuven

De sleuf van de leiding gebruiken we om voorafgaand overtollig water af te voeren.

Drainerende leidingen

Leidingen worden van biologisch afbreekbare drainagebuizen voorzien.

Route LSNed

LSNed investeert in de aankoop en verhuur van rijplaten die worden opgeslagen op eigen terrein door LSNed. Leidingleggers huren deze in en beschermen hier de bodem mee.

Duurzaam monitoren

Met behulp van biologisch afbreekbare peilbuizen, bodemvochtsensoren en satellieten wordt de vernatting in de gaten gehouden.

² Bron afbeelding: www.telemet.com/pistenbully-100-all-season-2/#!prettyPhoto.

Niet-kerende grondbewerking

Bij Niet Kerende Grondbewerking (NKG) wordt de bodem niet dieper dan 12 centimeter bewerkt. Men vermengt gewasresten dus alleen oppervlakkig met de bodem. Indien nodig wordt de ondergrond losgemaakt (gewoeld) zonder deze te vermengen met andere bodemlagen. Dit systeem kan een positief effect op de bodemstructuur hebben en de doorlatendheid van de bodem verbeteren. NKG heeft ook risico's, zoals een grotere onkruiddruk, slakken, muizen en een minder geschikte toplaag voor mechanische onkruidbestrijding (Biokennis, 2013). Dit systeem kan bijvoorbeeld worden gecombineerd met vaste rijpaden.

Nieuwe drainagesystemen

De laatste jaren is er hernieuwde aandacht voor toepassing van regelbare (peilgestuurde) drainage en worden proeven met klimaatadaptieve drainage ontwikkeld. Deze systemen hebben echter als doel droogtebestrijding. Primair doel van de drainage in de buisleidingenstraat is het voorkomen en beperken van natschade. Mogelijk dat er (lokaal) combinatie van drainage met bijvoorbeeld onderbemaling mogelijk is. Voor deelgebieden Noordhoek en Bergen op Zoom is de grond te slecht doorlatend en is dit geen haalbare oplossing. Wel zou kunnen worden nagedacht over een slim drainagesysteem dat specifiek is toegespitst op de situatie in de buisleidingenstraat.

Ontwikkelingen gemeenschappelijk landbouwbeleid

Het landbouwbeleid wordt momenteel hervormd onder andere om de landbouw te verduurzamen (vergroenen). Naast een basispremie per hectare worden vergroeningspremies betaald als aan bepaalde vergroeningseisen wordt voldaan. Op hoofdlijnen betekent dit als men in aanmerking voor die betaling wil komen een akkerbouwer verplichte gewasdiversificatie (minimaal twee akkerbouwgewassen) moet toepassen en op het bouwland van een ontvanger van inkomenssteun moet 5% van het oppervlak bestemd zijn voor ecologisch aandachtsgebied. De precieze invulling van het beleid is op dit moment nog niet bekend.

Plaatsingsruimte mest

De mestmarkt speelt decennialang een belangrijke rol in de landbouw. De belangrijkste afnemers op de mestmarkt zijn akkerbouwers. Akkerbouwers hebben in de bedrijfsvoering een keuze tussen gebruik van dierlijke mest, co-vergiste mest, compost en kunstmest. Bij deze keuze spelen verschillende factoren een rol zoals regelgeving (gebruiksnormen en uitrijperiodes), mestkwaliteit, bodemomstandigheden, bouwplan en de prijsverhouding tussen dierlijke mest, compost en kunstmest. Als de bodem dusdanig nat is dat het uitrijden van mest tot structuurbederf leidt zal eerder een keuze worden gemaakt om kunstmest te gebruiken (Hoop, et al., 2011).

Voor sommige akkerbouwers is het afnemen van mest een deel van de inkomstenbron. Of dit ook voor pachters van bouwland in de buisleidingenstraat van toepassing is, is niet in het kader van dit project geverifieerd.

'Buiten de grenzen'**Buisleidingen Beesten**

Lichte kleine koeien (Jerseys) of landschapsbepalende koeien (blaarkop, lakenvelde) begrazen de weiden. Bijzondere paarden of schapen zijn een alternatief.

Bijzonder Begroeide Buisleidingenstraat

Boven de leidingen en tussen de leidingen worden andere gewassen verbouwd. Langs de percelen zorgen bloemrijke akkerlanden voor het totaal-

**Sterke stevige graslanden**

Grasland wordt verstevigd door honingraatstructuren van natuurlijk afbreekbare materialen.

Bergende buisleidingenstraat

Grond in de percelen wordt ontgraven en de gecreëerde ruimte wordt als waterberging of infiltratievoorziening gebruikt.

6 Conclusies en aanbevelingen

Tot slot worden in dit hoofdstuk de belangrijkste conclusies en aanbevelingen met betrekking tot de vernatting in de buisleidingenstraat samengevat. Tevens wordt in het groene kader teruggeblikt op de bevindingen die zijn gedaan en spiegelen deze aan de twaalf gebieden met wateroverlast in de buisleidingenstraat.

6.1 Conclusies

Oorzaken vernatting

- Gemiddeld genomen is de neerslaghoeveelheid in Nederland in de afgelopen decennia toegenomen. Tevens zijn de jaren vanaf 2009 natter in de omgeving van de buisleidingenstraat (Noordhoek).
- De oorzaken van de wateroverlast zijn deels toe te schrijven aan de uitgangssituatie zoals de hoogte- en vlakteligging, de bodemopbouw (matig tot slecht doorlatende grond), en niet-functionerende of onvoldoende functionerende drainage.
- De diepteligging van de leidingen is niet afgestemd op een optimaal akkerbouwmatig bodemgebruik. Vanuit veiligheidsoogpunt kunnen in het gedeelte waar leidingen aanwezig zijn geen nieuwe drains met draineermachines boven de bestaande leidingen worden aangebracht maar alleen door middel van handkracht tegen hoge kosten.
- Door leidingaanleg worden gronden vergraven en bereiden waardoor de bodemstructuur wordt aangetast. Vooral wanneer de aanleg onder ongunstige weer- en terreinomstandigheden plaatsvindt, is structuurbederf door versmering, verweking en verdichting groot. Bij toenemende kans op vernatting in een gebied zijn deze effecten sterker. Aangezien in de buisleidingenstraat herhaaldelijk nieuwe leidingen worden gerealiseerd kan aanleg zonder voorschriften omtrent herstel van de bodemstructuur leiden tot een voortdurende verslechtering van beperkte agrarische gebruiksmogelijkheden van het terrein. Er moet rekening worden gehouden met een periode van herstel van de bodem na een leidingaanleg.
- Nazakkingen ter plaatse van een na aanleg aangevulde leidingsleuf kunnen leiden tot de vorming van ingesloten laagten in het terrein. Deze nazakkingen kunnen ontstaan als gevolg van onvoldoende verdichting van de aanvulling, onvoldoende compensatie van grondtekorten en/of onvoldoende aangehouden overhoogte (als compensatie voor de nazakking na de sleufaanvulling). Nazorg om deze nazakkingen te monitoren en te herstellen in de vorm van bijvoorbeeld extra egaliseren (na bijvoorbeeld één of twee jaar) ontbreekt op dit moment. Er kan voor worden gekozen om dit op te nemen in de bestekken voor het leggen van nieuwe leidingen of mee te nemen in het beheer of over te laten aan de pachter.
- De drainage is circa 40 jaar oud en technisch afgeschreven. De zuigdrains (drains evenwijdig aan de leidingen) die zijn beschadigd tijdens de aanleg van nieuwe leidingen zijn in de loop van de tijd niet hersteld. De drainage wordt nagenoeg niet onderhouden. Het onderhoud van afwateringssloten langs de buisleidingenstraat is lokaal onvoldoende.

Effecten van vernatting op de stakeholders

- **LSNed** krijgt steeds meer te maken met klachten van pachters die hinder ondervinden van wateroverlast. Als er invloed is op de omgeving kunnen de klachten ook buiten de buisleidingenstraat voorkomen. Door toenemende vernatting worden de gebruiksmogelijkheden beperkt waardoor de waarde van de gronden (negatief) wordt beïnvloed. Ook betekent dat het voor leidingleggers minder aantrekkelijk wordt om leidingen in de buisleidingenstraat aan te leggen.
- De **pachters** derven inkomsten door een korter groeiseizoen (minder gewasopbrengst) en oogstverlies (door het niet kunnen oogsten of verrotting van gewassen). Overige effecten

zijn beperkingen in gewaskeuze en bijvoorbeeld psychische effecten (zorg en stress). Waterstagnatie op maaiveld en structuurbederf zijn nadelig voor de bodemkwaliteit en de toegankelijkheid van het terrein.

- Voor een organisatie als **Brabants Landschap** kan vernatting problemen geven om de gronden te maaien en het gras voldoende droog te winnen. Vernatting draagt positief bij aan de natuurwaarde door variatie in nat en droog.
- **Aannemers/leidingleggers** moeten extra maatregelen treffen om de werkstrook goed begaanbaar te maken en te houden. Daarnaast betekent een natte uitgangssituatie voorafgaand aan leidingaanleg dat extra aandacht moet worden besteed aan herstelwerkzaamheden.
- Voor **leidingeigenaren** kan de veiligheid van de leidingen in gevaar komen wanneer onder natte omstandigheden machines insporen en een te grote druk op de leiding uitoefenen.
- **Waterschappen** krijgen lokaal te maken met bijvoorbeeld hogere piekafvoeren waarmee het watersysteem wordt belast. Als gevolg van onvoldoende inzijging van neerslag en oppervlakkige afspoeling (run-off) door verdichting en versmering van het maaiveld kunnen meststoffen en bestrijdingsmiddelen afspoelen naar het oppervlaktewater. Door hogere grondwaterstanden is de kans op uitspoeling groter. Dit is nadelig voor de waterkwaliteit.

Effecten van vernatting op leidingen

- Vernatting leidt tot meer spoorvorming en daardoor minder dekking en daardoor een hogere belasting op de leiding. Bij het rijden op land met slechte draagkracht in een natte periode kan dit leiden tot schade aan leidingen.

Oplossingrichtingen

- Het niet toestaan van betreden van het land onder natte omstandigheden op spoorvorming te vermijden.
- Er zijn technische mogelijkheden om de wateroverlast te verhelpen, zoals egaliseren en draineren. Een en ander is afhankelijk van de doelstelling van een gebied. Vanwege beperkingen van ingrepen boven bestaande leidingen is het niet mogelijk de optimale draandiepte voor akkerbouw aan te brengen.
- Bij leidingreparatie en aanleg van nieuwe leidingen kunnen randvoorwaarden worden meegegeven die oorzaken van waterproblemen wegnemen.

Overige conclusies

- Tijdens het onderzoek is gebleken dat de NEN 3650 niet meer geschikt is om verkeersbelasting op de leiding te bepalen. De verkeerslast per oppervlakte en de oppervlakte van belasting is dusdanig toegenomen dat herziening noodzakelijk is.
- De diepteligging van de leidingen en de daardoor geldende beperkingen zorgen ervoor dat een optimaal akkerbouwmatig gebruik van de buisleidingenstraat niet mogelijk is.
- De uitvoeringsvoorwaarden voor een goed cultuurtechnisch herstel van de gronden en de drainage ontbreken veelal in de bestekken die door de leidingeigenaren worden opgesteld voor de aanleg van nieuwe werken in de buisleidingenstraat.

Even terugkijken, 'de bespiegeling'

In de tweede en derde stap van dit project is vooral gefocust op deelgebied 4 Noordhoek, een typisch agrarisch akkerbouwgebied en deelgebied 10 Bergen op Zoom, een gebied met een natuurlijk beheer. Het onderzoek begon echter met de een verkenning van de 12 natte probleemlocaties. Inmiddels weten we veel meer en blikken we terug op de bevindingen van de in stap 1 bekeken locaties. Kenmerkend aan de probleemgebieden is dat dit vooral agrarische gebieden zijn met afwisselend akkerbouw en grasland en voornamelijk gelegen in gebieden met klei- en zavelgronden. Met name de bevindingen uit deelgebied 4 (akkerbouw op zavelgrond) zijn daarom representatief voor andere gebieden. Een voorbeeld is deelgebied 7, Pietseweg Brabant Midden, ook een akkerbouwgebied op zavelgrond. De in dit rapport genoemde oorzaken zullen daarom vermoedelijk niet veel afwijken van de oorzaken van de problemen in de overige probleemgebieden. Vrijwel alle mogelijke oorzaken die kunnen bijdragen aan de wateroverlast zijn aan het licht gekomen bij de beoordeling van deelgebieden 4 en 10. Ondanks het algemene beeld zullen er altijd locatieafhankelijke oorzaken zijn en zal per situatie een analyse nodig zijn en oplossingen worden beschouwd. In de ene situatie zal een bepaalde oorzaak bijvoorbeeld zwaarder wegen dan op een andere locatie. Dit neemt niet weg dat de lijn van oorzaken zoals geschetst in dit rapport niet veel zal afwijken.

In stap 2 van het project zijn de effecten inzichtelijk gemaakt. Deels kunnen deze ook naar de andere gebieden worden vertaald. Denk aan de effecten voor de pachters zoals gewasschade. Echter moet worden opgemerkt dat de resultaten ook deels gestoeld zijn op veldmetingen en laboratoriumonderzoek. Dit is vooral het geval bij de analyse en berekeningen van de effecten op de leidingen. Hier mogen de resultaten niet zonder meer worden vertaald naar de andere gebieden. Zo is bijvoorbeeld de sterkte en draagkracht van bodems met veen en een slechte drooglegging, denk bijvoorbeeld aan gebieden binnen deelgebied 3 (Hoeksche waard), veel minder dan de in dit onderzoek onderzochte deelgebieden.

Het rapport geeft tot slot een scala aan oplossingsrichtingen. Omdat de oorzaken in de overige gebieden vergelijkbaar zijn, zullen ook de genoemde oplossingen voor grote delen bruikbaar zijn voor het verhelpen van de wateroverlast in de overige deelgebieden. Belangrijk hierbij is om vooraf een duidelijke gebiedsdoelstelling te bepalen waarop de juiste maatregelen kunnen worden afgestemd.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van de bevindingen in dit onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan:

Grondgebruiksmogelijkheden

- Leg van alle deelgebieden in de buisleidingenstraat vast of deze gevoelig zijn voor vernatting.
- Leg in het beheerdossier vast wat de specifieke bodemopbouw en waterhuishoudkundige situatie van de deelgebieden zijn en hou daarin bij in welke staat de drainage is.
- Stel per gebied in de buisleidingenstraat een doelstelling op voor het grondgebruik onder de gegeven omstandigheden en stem de verwachtingen samen met de grondgebruiker/pachter af.
- Maak een bedrijfseconomische analyse voor verschillende scenario's bij gebruik als akkerland of grasland, al of niet bij verbetering van de drainage.
- Volg de ontwikkelingen rondom het creëren van meerwaarde uit grasland als voedergras (eventueel als mengteelt) of als eiwitbron (grasraffinage).
- Verken en test in een aantal pilots de (technische) mogelijkheden in een aantal verschillende deelgebieden.
- Onderzoek de kansen en risico's die het wijzigende Gemeenschappelijk Landbouw Beleid met zich mee brengen.
- Verken de mogelijkheden van toepassing van GPS technieken.
- Onderzoek de mogelijkheden en meerwaarde van een permanente transportroute als ontsluiting waarover aan- en afvoer van producten en machines voor onderhoud en beheer kan plaatsvinden.

Uitvoeringsvoorwaarden

- Aandacht voor het herstel van naschaden door dit standaard op te nemen in een maatregelenpakket voor aannemers/leidingleggers.
- Wij adviseren LSNed voorwaarden op te stellen voor een goed cultuurtechnisch herstel van de gronden en de drainage die kunnen worden overlegd aan leidingeigenaren die van de buisleidingenstraat willen gebruik maken voor de aanleg van nieuwe leidingen.
- Verken de mogelijkheden voor het opstellen van een onderzoeksprotocol en uitvoeringsdocument (vergelijkbaar met standaarden van Gasunie en TenneT) welke rekening houdt met de uitgangssituatie, doelstelling en randvoorwaarden van een bepaald gebied.
- Laat de aanleg van nieuwe leidingen bij voorkeur in droge weer- en terreinomstandigheden uitvoeren, dus niet in de herfst- en winterperiode.
- Stem de cultuurtechnische herstelmaatregelen af op de uitgangssituatie van het gebied (compensatie grondtekorten / opheffen verdichting / egaliseren en dergelijke).
- Voorkom te hoge bodemdruk en insporing door gebruik van machines met een te hoge bodemdruk te verbieden.
- Houd bij aanleg van nieuwe drainage en herstelwerkzaamheden rekening met het (toekomstig) grondgebruik.

Drainageplannen

- Werk een drainageplan uit voor een pilotgebied en bedenk slimme manieren hoe deze drainage kan worden aangebracht.
- Neem in het drainageplan mee op welke wijze de lozing van de drainage en de afvoer van het drainagewater naar het poldersysteem kan plaatsvinden.
- Ga na hoe eventuele kosten van drainageverbetering kunnen worden gedeeld (bijvoorbeeld door pachter, LSNed en aannemer/leidinglegger).

Leidingtechnische aspecten

- Om het corrosierisico ter plaatse te verminderen, is een verbetering van de hydrologische situatie aan te bevelen. Daarbij kan worden gedacht aan het verbeteren van de structuur van de bovengrond en verbeteren en goed onderhouden van het drainagestelsel.
- Bepaal een standpunt ten aanzien van landbouwverkeer in de leidingstraat en boven leidingen in het bijzonder en herzie de gebruikersvoorwaarden
- Contacteer de NEN 3650 commissie over de bevindingen ten aanzien van de rekenregels met betrekking tot landbouwverkeer boven leidingen.

7 Bronnen

- Akker, J. v.-t. (2013). *Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied*. Wageningen: Alterra/PRI.
- Beek, J. v. (2003). *Archeologische Advieskaart Buisleidingenstraat Provincie Brabant*. Roosendaal: Bravenboers & Scheers.
- Biokennis*. (2013). Opgeroepen op 2013, van Biokennis:
www.biokennis.nl/Dossiers/niet_kerende_grondbewerking_in_agv/Pages/default.aspx
- Bot, A. (2011). *Grondwaterzakboekje*. Bot Raadgevend Ingenieur.
- Compendiumvoordeleefomgeving*. (2013). Opgehaald van Compendiumvoordeleefomgeving:
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl
- Hoop, D. d., Bunte, F., Blokland, P., Kernebeek, H. v., Vrolijk, H., Luesink, H., et al. (2011). *Economische analyse van de mestmarkt; Opties voor het stimuleren van innovaties*. Den Haag: LEI - Wageningen UR.
- Kooistra, K. *Aanleg en onderhoud van drainage*.
- Locher, W. B. (1990). *Bodemkunde van Nederland, deel 1 Algemene Bodemkunde*. Den Bosch: Malmberg.
- LSNed. (2011). *Informatie behorende bij de voorschriften*.
- Tijink, F. (2008). Management bodemstructuur, een lezing gehouden voor Spade.
- Verwijs G.D., V. B. (2007). *Inventarisatie van beschikbare techniek voor oogst en transport met lage bodemdruk*. Wageningen: Plant Research International.
- Zwart, K. A. (2011). *Waterkwaliteit bij de wortel aangepakt*. Wageningen: Alterra.