
Product-methodeblad nummer 1

Zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains

Inhoudsopgave

1.1	Algemeen	6
1.1.1	Principe methode	6
1.1.2	Technische levensduur	8
1.1.3	Voor- en nadelen	8
1.1.4	Beperkingen	9
1.2	Ontwerpfase	10
1.2.1	Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek	10
1.2.2	Geotechnische ontwerpaspecten	11
1.2.3	Ontwerpdetails	12
1.2.4	Effect op bestaande weg	12
1.2.5	Effect op omgeving	12
1.2.6	Relevante wetgeving en doorlooptijd van de vergunningen	12
1.2.7	Kostenraming	14
1.2.8	Risico's, monitoring en maatregelen	14
1.2.9	Duurzaam bouwen	16
1.2.10	Verdere aandachtspunten	17
1.3	Uitvoeringsfase	17
1.3.1	Uitvoeringsmethoden	17
1.3.2	K.A.M.-zaken	18
1.3.3	Besteksteksten	19
1.4	Beheer en onderhoud	19
1.5	Ombouw / sloop	20
1.5.1	Toekomstige ombouw / uitbreiding	20
1.5.2	Sloop	20
1.6	Referenties	20
1.6.1	Ervaringen	20
1.6.2	Literatuur	20

Zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains

1.1 Algemeen

1.1.1 Principe methode

In dit product-methodeblad wordt een zandophoging met verticale kunststofdrains zonder extra overhoogte beschreven. Voor een zandophoging met verticale kunststofdrains met een extra overhoogte wordt verwezen naar product-methodeblad 2.

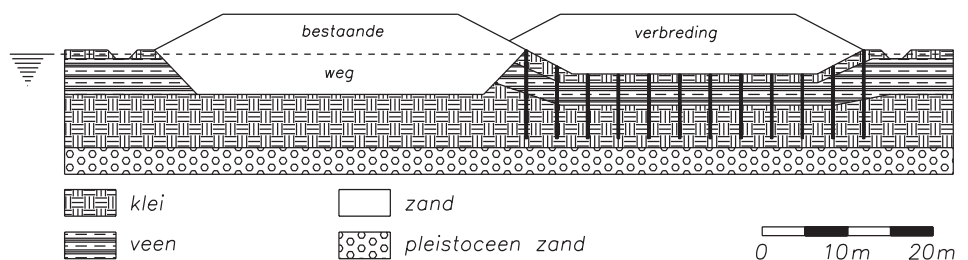
Verticale drainages worden bij zandophogingen hoofdzakelijk gebruikt om het overspannen water in de samendrukbare lagen in korte tijd af te voeren, zodat het zettingsproces sneller plaatsvindt en een hoger ophoogtempo gehanteerd kan worden.

De globale uitvoeringsvolgorde is als volgt:

- aanbrengen van een werkvloer van zand
- aanbrengen kunststof drains
- aanbrengen zandophoging tot gewenst niveau.

Voordat de verticale kunststofdrains worden geïnstalleerd, wordt eerst een werkvloer van zand aangelegd. Deze werkvloer zorgt voor een goed contact tussen de drains en het zand en dient tevens voor de horizontale afvoer van het water uit de drains (draineerlaag). In het algemeen wordt het uitgeperste water geloosd op het oppervlakte water (sloten en dergelijke).

In de samendrukbare lagen worden verticale kunststof drains aangebracht die in verbinding staan met hoger en soms ook lager gelegen goed waterdoorlatende lagen. Tegenwoordig wordt een verbinding met lager gelegen (Pleistoceen) waterdoorlatende lagen zoveel mogelijk vermeden in verband met milieueisen. De werking van een verticaal drainagesysteem berust primair op verkorten van de afstroomweg en secundair met name bij veen op het principe dat de horizontale doorlatendheid van samendrukbare lagen groter is dan de verticale doorlatendheid, zodat de tijd die het overspannen poriënwater gebruikt voor het afleggen van de weg door een slecht waterdoorlatende grondlaag naar een vrij oppervlak, wordt bekort. Hiertoe worden op onderlinge afstanden van bijvoorbeeld 1,0 à 1,5 m verticale drains in de grond aangebracht.



Figuur 1.1 Principe zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains

Globaal beschouwd zijn er twee soorten kunststofdrains beschikbaar, enkelvoudige drains en samengestelde drains. De enkelvoudige drains bestaan meestal uit een enkele strook niet-geweven vlies (vezelvlies of kunststofvilt) of een geperforeerde kunststofstrip die in de lengterichting afvoerkanaaltjes bevat. Samengestelde drains bestaan uit een kern die is voorzien van noppen, ribbels of een profilering met daaromheen een omhulling (filter). Dit filter moet ervoor zorgen dat water wordt doorgelaten en gronddeeltjes worden tegengehouden. De kern dient om het langtransport van het opgenomen water mogelijk te maken (deze functies worden in een enkelvoudige drain dus gecombineerd). Gezien de huidige kwaliteitseisen die worden gesteld aan verticale kunststofdrains, worden de oude enkelvoudige drains zelden of nooit meer toegepast. Derhalve is in dit product-methodeblad alleen aandacht besteed aan de samengestelde drains.

Nadat de verticale drains zijn geïnstalleerd, wordt een zandophoging op de werkvloer aangebracht. Om stabiliteitsverlies te voorkomen wordt deze ophoging gefaseerd, dat wil zeggen in dunne lagen, aangebracht. De toegepaste laagdikte is meestal niet groter dan 0,50 à 0,75 m. Na iedere ophoogslag wordt dan een wachttijd in acht genomen waarin de waterspanningen in de grond zich kunnen aanpassen.

In de bruto ophoging is de overhoogte ter compensatie van de zetting begrepen:

bruto ophoging = de netto ophoging + de berekende zetting (overhoogte).

1.1.2 Technische levensduur

De gevraagde levensduur van de verticale kunststofdrains bedraagt in het algemeen minder dan 2 jaar en is vrijwel altijd korter dan de technische levensduur. De effectieve levensduur van de drain is afhankelijk van het dichtslibben van de drain met fijne deeltjes en het knikken als gevolg van zetting. Gedurende de gebruiksfase blijft echter altijd voldoende drainerende capaciteit over.

1.1.3 Voor- en nadelen

Voor- en nadelen van de ophogingsmethode ten opzichte van een zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains zijn gegeven in tabel 1.1.

Aspect	Voordeel	Nadeel	Toelichting
kosten	laag		
bouwtijd		lang	indien kleine restzetting gewenst is (lange rusttijd benodigd)
zetting gebruiksfase		groot	veel restzetting, tenzij een wachttijd van jaren in acht wordt genomen
ruimtebeslag		groot	
complexiteit uitvoering	eenvoudig		
ervaring met uitvoering	zeer veel		materieel is ruim beschikbaar
aanwezigheid van risico's *)		beperkt	onzekerheid omtrent horizontale doorlatendheid- en consolidatiecoëfficiënt van de grond
levensduur	lang		
status in relatie tot Bouwstoffenbesluit	bekend		kunststoffen vallen niet onder het Bouwstoffenbesluit
risico schade bestaande weg bij verbreding		groot	
risico schade kabels/leidingen		groot	
risico belendingen		groot	
overig			niet van toepassing

*) waaronder begrepen onzekerheid in de grondparameters, onvolkomenheid van ontwerpmodellen, uitvoeringstechnische onzekerheid / beheersbaarheid; een verdere uitsplitsing staat in §1.2.8

Tabel 1.1 Voor- en nadelen zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains

1.1.4 Beperkingen

Naast de in §1.1.3 genoemde nadelen, die een beperking voor de toepassing van de methode kunnen vormen, kunnen de volgende beperkingen worden genoemd:

- toepassing van verticale drains is weinig zinvol bij samendrukbare lagen met een geringe dikte (3,0 à 4,0 m)
- kunststofdrains zijn moeilijk te installeren bij dichtgepakte tussenzandlagen doordat de drukkracht van de installatiemachine beperkt is en door optredende trekkrachten in de drain bij het penetreren van de tussenzandlagen bij een conusweerstand (sondering) $q_c > \text{circa } 6 \text{ MPa}$ en een laagdikte van $> 0,2 \text{ m}$
- ook kan een tussenzandlaag met een van het polderpeil afwijkende stijghoogte een beperking voor de toepassing van verticale drainage vormen; verticale drains tot in de tussenzandlaag kunnen in een dergelijk geval leiden tot een blijvende wijziging in de geohydrologie van het gebied; als ervoor wordt gekozen de drains boven de tussenzandlaag te beëindigen, worden de slappe lagen onder de tussenzandlaag niet door de drains ontwaterd.

1.2 Ontwerpfase

1.2.1 *Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek*

Het benodigd grondonderzoek is afhankelijk van de Geotechnische Categorie waarin een object valt. Rijkswegen vallen in het algemeen in Geotechnische Categorie 2 volgens NEN 6740 art. 6.2 [12]. Het standaard grondonderzoek staat vermeld in hst. 4.7.3 van *Construeren met grond* [2] en in §2.4 van *Bepaling geotechnische parameters* [17]. Het doel van het grondonderzoek is het vaststellen van de bodemopbouw, de grondwaterpeilen, het volumieke gewicht van de grondlagen, de samendrukkings- en de schuifweerstandseigenschappen.

Bij wegverbredingen dient het grondonderzoek ook informatie te verschaffen over de uitgestrektheid van het bestaande weglichaam in de ondergrond.

Sonderingen

De onderlinge afstand tussen de sonderingen is met name afhankelijk van de samendrukbaarheid van de grond en de variatie van de bodemopbouw. De gemiddelde afstand tussen de sonderingen ligt tussen de 50 en 100 m. De sonderingen dienen ten minste tot in de onderliggende draagkrachtige zandlaag te worden doorgezet. De aanwezigheid van 'tussenzandlagen' in het slappe lagenpakket kan leiden tot een intensivering van het grondonderzoek.

Voor een goede karakterisering van de laagopbouw dient naast de conusweerstand tevens de plaatselijke wrijving te worden gemeten. Sonderingen dienen volgens klasse 2 NEN 5140 [13] te worden toegepast.

Boringen en peilbuizen

De gemiddelde afstand tussen de boringen ligt tussen de 250 en 500 m. Van de te ontgraven grond dienen ongeroerde monsters te worden gestoken ten behoeve van laboratoriumproeven. De boringen dienen te worden doorgezet tot de onderzijde van de slappe lagen. Tevens dient door het plaatsen van peilbuizen de grondwaterstand te worden bepaald in met name de tussenzandlagen en het onderliggende watervoerend pakket. Een inzicht in de waterstanden en eventuele fluctuatie hiervan is alleen te verkrijgen indien metingen over geruime tijd worden uitgevoerd. Een indicatie omtrent het polderpeil kan worden verkregen met behulp van Waterstaatskaarten, bodemkaarten van Stiboka, gegevens van het Dinoloket van TNO-NITG (www.nitg.tno.nl) en door waterpassing van het slootpeil.

Laboratoriumproeven

Ten behoeve van het geotechnisch ontwerp dient van de slappe lagen door middel van laboratoriumonderzoek te worden bepaald:

- de classificatie volgens NEN 5104 [16]
- het volumiek gewicht en het watergehalte volgens NEN 5112 [4]
- de samendrukkings- en consolidatie-eigenschappen (samendrukkingsproeven) volgens NEN 5118 [15]
- indien de bruto ophoging meer dan 3,0 m bedraagt: de schuifweerstandseigenschappen (triaxiaalproeven) volgens NEN 5117 [7].

Een eerste schatting van de sterkteparameters kan worden ontleend aan tabel 1 van NEN 6740 [12].

Een belangrijke parameter voor het ontwerpen van een drainageplan is de horizontale doorlatendheid van de grond. Deze wordt in het algemeen bepaald aan de hand van samendrukkingsproeven en beschikbare literatuur. Het aantal samendrukkingsproeven is sterk afhankelijk van de grondopbouw, de dimensies en klasse van het project en de beschikbare ervaring uit de omgeving.

In verband met lozing van het vrijgekomen drainagewater op het oppervlaktewater, kan het nodig zijn de milieuhygiënische samenstelling van het grondwater te bepalen. Hiertoe kan worden besloten als uit verkennend bodemonderzoek is gebleken dat de bouwlocatie verdacht is volgens NEN 5740 [14].

1.2.2 *Geotechnische ontwerpaspecten*

Het geotechnisch ontwerp omvat de bepaling van :

- de eindzetting
- het zettingsverloop in de tijd en bepaling van de restzetting, bepaling van de bouwtijd
- de stabiliteit tijdens de aanleg en de eindsituatie.

Bij wegverbredingen omvat het ontwerp ook bepalingen van :

- het effect op de bestaande weg.

Bij belendingen, kabels en leidingen:

- het effect op belendingen, kabels en leidingen.

In principe wordt de bouwtijd als een vaste randvoorwaarde voor het ontwerp opgevat.

Het geotechnisch ontwerp resulteert in een advies omtrent:

- drainafstand, drainlengte en draintype
- bruto ophoging
- taludhelling tijdens aanleg en ophoogtempo / dwarsdoorsnede van ophoging
- te hanteren wachttijden
- taludhelling / dwarsdoorsnede in de eindsituatie
- prognose van het verhardingsonderhoud van de nieuwe verharding in de gebruiksfase t.g.v. vervorming van de onderbouw
- geotechnische risicoanalyse, monitorings- en maatregelenplan tijdens uitvoering en gebruiksfase conform §1.2.8
- het traject waarvoor het advies geldt en de wijze waarop de overgangen naar trajecten waar andere methoden zijn gebruikt, moeten worden uitgevoerd
- te verwachten omvang van en maatregelen tegen de schade aan kabels en leidingen en aan belendingen
- te verwachten omvang van en maatregelen tegen de schade aan de bestaande weg.

1.2.3 *Ontwerpdetails*

Geen opmerkingen.

1.2.4 *Effect op bestaande weg*

Het aanbrengen van een zandlichaam veroorzaakt horizontale en verticale vervormingen van de bestaande weg. Deze kunnen leiden tot scheurvorming in de verharding. Door het toepassen van verticale kunststofdrains zullen de zettingen van de verbreding versneld optreden, zodat de zettingen (en dus ook het onderhoud) sneller onder controle zullen zijn.

In veel gevallen is onder de bestaande weg geen verticale drainage aanwezig. Dit dient ook zo in de berekeningen te worden ingevoerd. Vanwege het ontbreken van verticale drainage zal de bestaande aardebaan nog geringe vervormingen kunnen ondergaan nadat de verbreding gereed is.

1.2.5 *Effect op omgeving*

Het aanbrengen van het zandlichaam kan tot verticale en horizontale grondvervorming leiden, waardoor de volgende effecten kunnen optreden:

- zetting van belendingen
- buigende momenten in funderingspalen van bijvoorbeeld kunstwerken, geluidschermen
- vervorming of breuk van kabels en leidingen.

Kortsluiting van verschillende watervoerende lagen, mogelijk resulterend in een verstoring van de waterhuishouding in de omgeving, is in het algemeen niet toegestaan. In het ontwerp van de verticale drainage dient hiermee rekening te worden gehouden.

1.2.6 *Relevante wetgeving en doorlooptijd van de vergunningen*

Op de volgende pagina is in tabelvorm weergegeven welke vergunningen naar alle waarschijnlijkheid moeten worden aangevraagd en wat daarbij de te verwachten doorlooptijd is.

Opmerkingen

Er is vanuit gegaan dat het water uit de drains niet op het riool wordt geloosd. Er wordt geen water onttrokken zodat in het kader van de Grondwaterwet geen vergunning nodig is.

Bij het toepassen van zout zeezand dient rekening te worden gehouden met monsternamen en een tussenbassin voordat het water kan worden geloosd. Bij overschrijding van de toelaatbare hoeveelheden zout per liter water, kan mogelijk door lozing in een tussenbassin en menging met zoetwater wel aan de gestelde milieueisen worden voldaan, zodat het water daarna op het oppervlaktewater kan worden geloosd.

1.2.7 *Kostenraming*

De onderstaande kosten zijn, tenzij anders vermeld, exclusief BTW, VAT (Vorbereiding-Administratie-Toezicht) en winst en risico en betreffen prijspeil 2004.

Actuele prijzen kunnen bij het Expertisecentrum Opdrachtgeverschap (ECO) van de Bouwdienst Rijkswaterstaat worden opgevraagd.

De gemiddelde prijs voor een verticale kunststofdrain inclusief installatie bedraagt ongeveer € 0,65 per meter. Voor de drainlengte wordt aangehouden de lengte tussen onderkant werkvloer en voet van de drain. Harde bovenlagen worden met een aparte machine, voorzien van een avegaar, spuitlans of sloophamer, vorgeboord. Dergelijke maatregelen werken kostenverhogend. Verticale kunststofdrains zijn een massa-artikel en dus relatief goedkoop. De kosten zijn afhankelijk van de installatiesnelheid die weer afhankelijk is van de drainlengte, de bodemopbouw en de bereikbaarheid. Een project met korte drains zal tot een kleine dagproductie leiden door het vele stelwerk. Bij zeer lange drains kan de productie ook afnemen door de noodzaak omzichtiger om te gaan met het materieel en door de grotere gemiddelde grondweerstand. Belangrijk is dat een aannemer de juiste gegevens krijgt ter bepaling van de prijs. Zo kan het voorkomen dat bij een sterk wisselende grondopbouw een prijs wordt afgegeven per grondopbouw.

De gemiddelde prijs voor een werkvloer/draineerlaag (draineerzand) in het werk bedraagt ongeveer € 12,50 per m³. Zie voor opmerkingen omtrent het gebruik van draineerzand §1.3.2.

De gemiddelde prijs voor een zandophoging (ophoogzand) in het werk bedraagt ongeveer € 10,- à € 11,- per m³ (exclusief winst en risico).

Bovengenoemde prijzen zijn exclusief de kosten voor zaken zoals:

- voorzieningen ten behoeve van de toegankelijkheid van het terrein
- waterbeheersing (zowel kwalitatief als kwantitatief), dat wil zeggen de maatregelen voor het afvoeren van het uit de drains vrijkomende water en de eventuele maatregelen in verband met de chemische samenstelling van het water (bijvoorbeeld een te hoog zoutgehalte)
- leveren en aanbrengen van dekgrond.

1.2.8 *Risico's, monitoring en maatregelen*

Risicofactoren

Er bestaan de volgende onzekerheden (risicofactoren):

- bepaling van de eigenschappen van de slappe lagen qua samendrukking, doorlatendheid, sterkte en stijfheid
- de gangbare ontwerpmodellen, met name voor de bepaling van de vervorming van de bestaande baan bij een verbreding
- de mate waarin de verharding op de bestaande baan, kabels, leidingen en belendingen de extra belasting van de ophoging kunnen weerstaan.

De risicofactoren kunnen resulteren in de volgende ongewenste gebeurtenissen:

- een te grote restzetting in de gebruiksfase, waardoor onvoorzien verhardingsonderhoud nodig is
- instabiliteit van de ophoging tijdens de uitvoering
- schade aan kabels en leidingen en belendingen
- schade aan de bestaande weg in het geval van wegverbredingen.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een geotechnische risico-analyse gemaakt. Hierbij wordt nagegaan of een realistische variatie van de meest onzekere parameters er toe leidt dat het ontwerp niet meer voldoet aan het Programma van Eisen. In dat geval wordt voor het desbetreffende risico een monitorings- en maatregelenplan opgesteld, of wordt het ontwerp of het Programma van Eisen bijgesteld.

Monitoring

Door monitoring kunnen de risico's vaak worden gesignaleerd:

- te grote zetting in de gebruiksfase: extrapolatie van de metingen tijdens uitvoering van zakkaken ter bepaling van de eindzetting en het meten van het tijd-zettingsverloop met behulp van zakkaken en waterspanningsmeters in het hart van de ophoging
- instabiliteit van de ophoging tijdens uitvoering: het meten van de waterspanning in de ondergrond ter plaatse van de teen van de ophoging; het plaatsen en waarnemen ('doorzichten') van perkoenpalen in de teen van de ophoging
- schade aan de bestaande weg bij verbreding: het regelmatig inmeten van meetboutjes; visuele inspectie van de toestand van de bestaande weg
- schade aan kabels en leidingen: het meten van de horizontale deformaties met inclinometerbuizen, verticale deformaties met meetboutjes of zakkaken, in combinatie met de zakkaken en waterspanningsmeters ter bepaling van de stabiliteit van de verbreding
- schade aan de omgeving: het inmeten en fotograferen van gevoelige belendingen; visuele inspectie.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een monitoringsplan gemaakt. Hierin wordt beschreven wat, hoe, waar, wanneer en door wie wordt gemeten, hoe de gegevens worden opgeslagen en gepresenteerd. Ook wordt voor elke meting vooraf aangegeven, wat de verwachtingswaarde van de te meten grootte is, en wat de grenswaarde is waarbij sprake is van een ontoelaatbare afwijking.

Maatregelen

Eerdergenoemde ongewenste gebeurtenissen kunnen op verschillende manieren worden beheerst:

- bij een tegenvallend zettingsverloop (consolidatiesnelheid is lager dan verwacht): een extra overhoogte aanbrenge, de bouwtijd verlengen en/of een deel van de ophoging in licht materiaal uitvoeren
- bij afwijkende eindzetting: het aanpassen van de hoeveelheid ophoogzand

- bij kans op instabiliteit van ophoging tijdens uitvoering: ophogtempo verlagen, steunbermen aanbrengen, een deel van het ophoogzand weer verwijderen en/of licht ophoogmateriaal aanbrengen
- bij kans op schade aan de bestaande weg bij verbreding: een deel van het ophoogzand weer verwijderen en/of licht ophoogmateriaal aanbrengen
- bij kans op schade aan kabels, leidingen en belendingen als gevolg van verticale en/of horizontale grondvervormingen: damwandschermen aan de polderzijde aanbrengen en/of het ophoogzand deels verwijderen en eventueel vervangen door lichter materiaal.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een maatregelenplan opgesteld. Hierin wordt aangegeven welke van bovengenoemde maatregelen wordt toegepast als uit de monitoring blijkt dat de grenswaarden van één van de gemeten grootheden wordt overschreden.

1.2.9 Duurzaam bouwen

Opgemerkt dient te worden dat met het begrip duurzaamheid niet zozeer de levensduur bedoeld wordt, maar met name de milieuduurzaamheid.

Typering gebruikte bouwstoffen

De afgelopen 25 jaar zijn een groot aantal verschillende kunststofdrains op de markt gekomen. In dit rapport worden alleen de samengestelde drains behandeld en deze bestaan uit een geprofileerde synthetische strip of geperforeerde buis, met daaromheen een filtermantel van polypropreen, polyetheen of polyester. Kunststoffen vallen niet onder het Bouwstoffenbesluit.

Voor het zand wordt verwezen naar de *Leidraad Bouwstoffen* [9]. Natuurlijk zand is veelal als schone grond of categorie 1 bouwstof aan te merken. Bij zeezand is de categorie-indeling afhankelijk van het succes van de ontziltingsstap (chloride kan kritisch zijn). Toegepast ontzilt zeezand is meestal categorie 1 bouwstof. Bij zand uit baggerspecie is de categorie-indeling afhankelijk van de herkomst en scheidingsresultaat van de baggerspecie.

Terugwinbaarheid / hergebruik

In de praktijk is het onmogelijk verticale drains terug te winnen en her te gebruiken. Door de optredende zettingen zijn de drains vaak geknikt. Bovendien is de treksterkte gering. Daarnaast zorgt het ankerplaatje voor een grote weerstand om de drain terug te winnen.

Het ophoogzand is eenvoudig terugwinbaar. Kostentechnisch gezien is het de vraag of het zinvol is, daar transportkosten hoog zijn in verhouding tot de zandprijs.

Extra milieumaatregelen

Bij de toepassing van zeezand dient het zand te worden ontzilt, indien aan categorie 1 volgens het Bouwstoffenbesluit moet worden voldaan.

Voorkomen moet worden dat verticale drainage een kortsluiting maakt tussen het oppervlaktewater en het grondwater in het diepe, pleistocene zand. Gebruikelijk is de draandiepte te beperken tot 1,0 à 1,5 m boven het diepe zand.

1.2.10 Verdere aandachtspunten

Geen opmerkingen.

1.3 Uitvoeringsfase

1.3.1 Uitvoeringsmethoden

De werkvloer, die op maaiveld wordt aangebracht alvorens met het installeren van de drains te beginnen, moet voldoende doorlatend zijn om het vrijgekomen water uit de verticale kunststofdrains te kunnen afvoeren. Bij een grote initiële drooglegging (bijvoorbeeld 1,5 m) kunnen bovendien drainsleuven met horizontale drains nodig zijn. Daarnaast dient de werkvloer voldoende dik te zijn om het bouwverkeer en de stelling waarmee de verticale drains worden aangebracht te kunnen dragen. In principe is een laag van 1,0 m hiervoor toereikend.

De installatie van kunststofdrains geschiedt met behulp van een dragline, een hydraulische kraan of een heistelling die is voorzien van een makelaar waarlangs de inbrenglans verticaal op en neer kan bewegen. Gebruik van een spuitlans of iets dergelijks is slechts nodig als de drains door een dik en vast zandpakket moeten worden geïnstalleerd. De drainlengte bepaalt de lengte van zowel de stelling als de inbrenglans. Een rol, waarop de drains zijn gewikkeld, wordt geplaatst in een magazijn dat aan de stelling is bevestigd. Van daaruit wordt de drain over een geleiderol door de inbrenglans geleid. Onderaan de inbrenglans wordt een ankerplaatje aan de drain bevestigd. Vervolgens wordt de lans met de drain naar de gewenste diepte gedrukt. Na het trekken van de lans wordt de drain door het ankerplaatje op diepte gehouden. De drain wordt vervolgens boven het maaiveld afgeknipt, waarna de gehele procedure kan worden herhaald op de volgende drainlocatie.

Tijdens het aanbrengen van de kunststofdrains kan de inbrengdiepte op de installatie worden afgelezen.

Het dreiner- en ophoogzand wordt in het algemeen door middel van vrachtwagens of dumptrucks aangevoerd, waarna het door bijvoorbeeld een bulldozer of laadschop in dunne lagen van 0,5 à 0,75 m wordt uitgereden. Daarbij dienen de voertuigen versprend te rijden, zodat het zand wordt verdicht. Het belangrijkste voordeel van inrijden is dat het zand een laag watergehalte heeft, waardoor de verwerkbaarheid en de weerstand tegen afschuiven relatief hoog zijn. Vaak zal een trilwals ingezet moeten worden om te voldoen aan de verdichtingsgraad zoals vermeld in §22.02.06 van de *Standaard RAW Bepalingen* [7]. Nadere informatie is te vinden in *Verdichting van de zandbaan* [18]. Een alternatieve wijze van ophogen is het hydraulisch ophogen (nat aanbrengen of spuiten). Deze methode voorkomt dat slecht begaanbaar terrein moet worden bereden en maakt een hoge productie mogelijk. Het gedeponeerde materiaal is echter inhomogeen, heeft een

geringe stabiliteit tijdens de uitvoering en kan grotere schadelijke gevolgen hebben op de omgeving door het waterbezwaar en/of de uitslag van zout en fijn materiaal. Voor een verdere omschrijving wordt verwezen naar hst. U van *Handleiding Wegenvbouw, Ontwerp Onderbouw* [5].

1.3.2 K.A.M.-zaken

In deze paragraaf worden de K.A.M.-zaken beschouwd die betrekking hebben op de uitvoering (K.A.M. staat voor Kwaliteits-afname controle, ARBO en veiligheidszaken en Milieu).

Kwaliteits-afname controle

Voor een kwalitatief verantwoorde verticale drainage is het noodzakelijk dat, naast een goed ontwerp, eisen worden gesteld aan het materiaal van de drains en de wijze waarop de drains worden geïnstalleerd. De eisen waaraan de verticale drains moeten voldoen, zijn gegeven in de *Standaard RAW Bepalingen* [7]. De belangrijkste eisen zijn de afvoercapaciteit en de karakteristieke poriegrootte:

- afvoercapaciteit gestrekte drain moet ten minste $50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ zijn
- afvoercapaciteit geknikte drain moet ten minste $37,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ zijn
- karakteristieke poriegrootte O_{90} van het drainfilter mag niet groter zijn dan 80 mm.

Bovenstaande eisen gelden voor categorie 2. Opgemerkt kan worden dat door ontwikkelingen in de productiesfeer, de kostenbesparingen door toepassing van kunststofdrains met minder goede eigenschappen, niet meer relevant zijn.

De aannemer dient een bewijs van oorsprong van de door hem geleverde kunststofdrain (van de producent) te leveren. Op dit bewijs dienen een aantal zaken te worden vermeld zoals de naam van de producent, de datum van fabricage en enkele productspecificaties, zie hoofdstuk 23 van de *Standaard RAW Bepalingen* [7].

In §22.06.01 en §22.06.02 van de *Standaard RAW Bepalingen* [7] worden eisen gesteld aan respectievelijk ophoogzand en draineerzand. Hierover wordt het volgende opgemerkt.

De eisen gesteld aan ophoogzand zijn dermate ruim, dat slecht drainerend materiaal met veel fijne deeltjes zou mogen worden toegepast (§22.06.01: 50% mag kleiner zijn dan 63 mm). Gebruik van zand dat aan deze eisen voldoet, kan leiden tot taludinstabiliteit vanwege verzadiging met water. Uit dit oogpunt zijn voor het ophoogzand strengere eisen noodzakelijk dan in §22.06.01 van de *Standaard RAW Bepalingen* [7] worden aangegeven.

Aan de andere kant zijn de eisen gesteld aan draineerzand volgens §22.06.02 van de *Standaard RAW Bepalingen* [7] voor toepassing in de werkvloer nogal streng. Gebruik van dergelijk zand werkt daardoor kostenverhogend. Ten aanzien van het zand voor de werkvloer kunnen daarom minder strenge eisen worden gesteld, mede gezien het feit dat de drainerende functie van de werkvloer van ondergeschikt belang is. Het is aan te bevelen voor het zand

van de drainagelaag, eventueel in combinatie met horizontale drainage, een waterdoorlatendheid te eisen van $k \geq 1,4 \times 10^{-4}$ m/s [1].

Uit ervaring is bekend dat zowel voor de draineerlaag (werkvloer) als de zandophoging het beste matig fijn tot matig grof zand met maximaal 5 à 10 % fijne deeltjes (<63 mm) kan worden gebruikt.

Eisen voor de verdichting van de zandophoging zijn gegeven in §22.02.06 van *Standaard RAW Bepalingen* [7].

ARBO en veiligheidszaken

Verticale kunststofdrains worden machinaal aangebracht. De drainrol achterop de stelling dient regelmatig met handkracht te worden vervangen. Het afknippen van de aangebrachte drains gebeurt meestal eveneens met handkracht. Er is geen sprake van zware fysieke arbeid.

Het aanbrengen van de zandophoging geschiedt ook machinaal. Ook hier is geen sprake van zware fysieke arbeid.

Milieu

Geen opmerkingen.

1.3.3 Besteksteksten

De bepalingen over verticale drains en ophoog- en draineerzand zijn gegeven in het RAW standaardbestek en de *Standaard RAW Bepalingen* [7]. Belangrijk voor de aannemer is dat deze de juiste grondgegevens heeft ter bepaling van het in te zetten materieel.

1.4 Beheer en onderhoud

Bij deze bouwmethode kan verhardingsonderhoud nodig zijn als gevolg van zetting in langsprofiel tijdens de gebruiksfase en verschilzetting tussen bestaande baan en verbreding tijdens de gebruiksfase.

Het verdient aanbeveling bij overdracht van uitvoering naar wegbeheerder een prognose te maken van de verwachte zettingen en vervormingen in de gebruiksfase, en de consequenties daarvan voor het verhardingsonderhoud. De prognose dient te worden gebaseerd op monitoringsgegevens omtrent zettingen en vervormingen die verkregen zijn tijdens de aanleg. Ook verdient het aanbeveling het geotechnisch ontwerp te evalueren aan de hand van de metingen en ervaringen tijdens de aanleg. De evaluatie dient aanbevelingen te bevatten ten aanzien van de grondparameters en rekenmodellen die moeten worden gebruikt bij het ontwerp van een eventuele toekomstige reconstructie of verbreding van de weg.

Tijdens de gebruiksfase dient de weg regelmatig te worden geïnspecteerd op schade. In het kader van de meerjarenplanning verhardingsonderhoud gebeurt dit tweejaarlijks. Afhankelijk van de verwachte zettingen en vervormingen in de gebruiksfase kan het nodig zijn om vaker een inspectie uit

te voeren. De toestand van de verharding wordt hierbij getoetst aan de volgende interventiewaarden:

- de Immediate Roughness Index (IRI-waarde) mag maximaal 3,5 bedragen
- zettingsverschillen in langsricting mogen maximaal 0,05 m over een lengte van 25 m bedragen
- het verschil in langshelling tussen de verharding op de stootplaten van een kunstwerk en de verharding op het kunstwerk mag maximaal 1:100 bedragen
- de afwatering van de rijbaan mag niet worden belemmerd als gevolg van zetting van de verharding
- de dwarshelling van de rijstroken in rechtstanden dient minimaal 1 % en maximaal 5 % te zijn
- scheuren in de verharding mogen maximaal 20 mm breed zijn
- het hoogteverschil over de scheuren mag maximaal 10 mm zijn.

Indien één van deze interventieniveau's wordt overschreden, dient direct verhardingsonderhoud te worden uitgevoerd om te voorkomen dat de verkeersveiligheid in het geding komt.

1.5 Ombouw / sloop

1.5.1 Toekomstige ombouw / uitbreiding

Toekomstige ombouw en/of uitbreiding kunnen met dezelfde methode of een alternatieve methode worden uitgevoerd.

Als bij een toekomstige uitbreiding een methode wordt gekozen waarbij een spanningsverhoging in de ondergrond ontstaat, moet rekening worden gehouden met deformaties (verticaal en mogelijk ook horizontaal) van de dan aanwezige ophoging(en) en eventueel ook de verharding.

1.5.2 Sloop

De verticale kunststofdrains zijn in principe als verloren te beschouwen. De aardebaan kan eenvoudig worden verwijderd.

1.6 Referenties

1.6.1 Ervaringen

In Nederland is in de afgelopen jaren heel veel, en in het algemeen positieve, ervaring opgedaan met de toepassing van verticale kunststofdrains en deze methode wordt dan ook beschouwd als standaard bouwmethode. Er zijn dermate veel projecten met behulp van kunststofdrainage uitgevoerd, dat het noemen van enkele van deze projecten overbodig is.

1.6.2 Literatuur

- [1] Verticale drainage, CROW-publicatie 77, november 1993
- [2] Construeren met grond, CUR publicatie 162, 1992
- [3] vervallen
- [4] NEN 5112 Geotechniek. Bepaling van het watergehalte van grond in het laboratorium, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1995

- [5] Handleiding Wegenbouw, Ontwerp Onderbouw, Deel II Techniek, RWS DWW, december 1991
- [6] Moderne funderingstechnieken A.F. van Weele, 1993
- [7] Standaard RAW Bepalingen, CROW-publicatie, 2000, inclusief Wijziging december 2002
- [8] NEN 5117 Geotechniek, Bepaling van de schuifweerstand- en vervormingsparameters van grond. Triaxiaalproef, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [9] Leidraad Bouwstoffen Rijkswaterstaat, RWS DWW, maart 2000
- [10] Handleiding Wegenbouw, Ontwerp Verhardingen, DWW, 1998
- [11] Handleiding Wegenbouw, Ontwerp Overgangsconstructies, DWW, 1995
- [12] NEN 6740 Geotechniek. TGB 1990. Basiseisen en belastingen, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [13] NEN 5140 Geotechniek, Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvings weerstand van grond. Elektrische sondeermethode, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1996
- [14] NEN 5740 Bodem, Onderzoeksstrategie bij verkennend onderzoek, Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond, Nederlands Normalisatie-Instituut, 2000
- [15] NEN 5118 Geotechniek, Bepaling van de eendimensionale samendrukkingseigenschappen van de grond, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [16] NEN 5104 Geotechniek. Classificatie van onverharde grondmonsters, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1990
- [17] Bepaling geotechnische parameters, CUR-rapport 2003-7, 2003
- [18] Verdichting van de zandbaan, CROW-rapport 04-04, 2004