



5 Intensieve infrastructuur

Rails verza

Intensieve infrastructuur

"Verzakkende wegen belemmeren mobiliteit."

• Herstel kost jaarlijks miljoenen

Spoorbeheerder ProRail is jaarlijks miljoenen euro's kwijt aan herstel van verzakkingen van



"Als je niks aan d
nen treinen strak
over het spoor."

Bochtige snelwegen, wegen die doodlopen tegen de bergflanken, hoge passen... wie in de bergen op vakantie is, staat er pas goed bij stil hoe plat Nederland is en hoe uitgebreid de infrastructuur is. Wat dat betreft mogen we blij zijn dat we in een deltagebied leven. De grond is goed bewerkbaar en grondlichamen kunnen gemakkelijk worden opgeworpen. Maar omdat het er zo prettig wonen is, is de bevolkingsdichtheid hoog. Dat leidt tot veel mobiliteit van mensen en goederen – en tot files. Het fileprobleem is niet levensbedreigend, zoals hoogwater, en wereldwijd gezien kunnen we spreken van een luxeprobleem. Toch vraagt ook het fileprobleem om oplossingen: de capaciteit van de infrastructuur moet beter benut worden of de infrastructuur dient uitgebreid te worden. Maar wel op zo'n manier dat de kosten en de overlast voor de maatschappij beperkt blijven. En daarbij komt een ander kenmerk van delta's naar voren: de slappe ondergrond van klei- en veenpakketten. Zware constructies als wegen en spoorwegen kunnen gemakkelijk verzakken.



Mobiliteit en infrastructuur van vroeger tot nu

Ontwikkeling van de infrastructuur

Van oudsher zoeken mensen deltagebieden op om te wonen. De strategische ligging aan rivieren en de zee maakt deze gebieden aantrekkelijk. In de loop der tijd groeide de bevolking in deltagebieden dan ook enorm. Er kwam steeds meer transport, vooral goederen zoals voedsel en brandstof, en recenter ook verkeer van mensen. Om hierin te voorzien werd steeds meer infrastructuur aangelegd. Het autosnelwegennet breidde zich uit van 100 kilometer in 1950 tot 2500 kilometer in 2008. Het huidige spoorwegennet is van vergelijkbare lengte, en we hebben 130.000 kilometer aan secundaire wegen.

Ondanks alle infrastructuur zijn er geregeld 'verstoppingen'. Het autobezit is in 30 jaar gegroeid van 3 miljoen naar 7 miljoen. Files en vertragingen zijn een normaal verschijnsel van onze samenleving geworden. Daarnaast zorgt het drukke gebruik van de wegen voor geluidsoverlast en luchtvervuiling. Maar ondanks de files reizen we op dit moment veel sneller tussen dorpen en steden dan enkele tientallen jaren geleden. Sinds de jaren zeventig zijn de reistijden ruwweg gehalveerd.

De wegen en spoorwegen in de Randstad worden buitengewoon intensief gebruikt. Dit is nu juist het deel van Nederland waar de ondergrond vaak bestaat uit 'slappe' lagen klei en veen. Relatief zware constructies als wegen en spoorwegen zakken in de slappe grond weg, en tot overmaat van ramp niet overal even hard. De ongelijkmatige zetting maakt dat de weg gaat golven. Dat rijdt oncomfortabel en zorgt voor onveilige verkeerssituaties. Bij spoorwegen leidt het ongelijkmatig zakken van de grond tot wisselstoringen en bij overgangen naar en van bruggen en viaducten tot ernstige slijtage aan baan en materieel.



*Het Nederlandse hoofdwegennet
geprojecteerd op de grondslag*

Slappe grond

Voor het Gemeentefonds is de ondergrond 'slap' als er in de bovenste acht meter een laag van minimaal vijf meter veen of klei voorkomt. Technisch gesproken is grond slap indien hij veel vervormt wanneer je er een gewicht boven oplegt, bijvoorbeeld een meter zand bij het bouwrijp maken van een woonwijk. Slappe grond in Nederland ligt ruwweg ten westen van de lijn Roosendaal - Roodeschool.

Knakkende buizen

Als gemeentelijke wegen verzakken, zakken de eronder gelegen rioolbuizen mee. Die kunnen daardoor gaan lekken. En omdat de buizen in het westen van Nederland meestal in het grondwater liggen, gaan ze als drainageleiding werken. Dat betekent dat het grondwater via de riolering wegstroomt en dat de grondwaterstand daalt. De bodem klinkt dan in en daalt nog verder. De zetting kan ook voor problemen zorgen met het afschot (de helling) van het riool. Als het afschot te klein wordt, stroomt het riool niet meer goed door.

Vijftien procent van het goederentransport in Nederland bestaat uit leidingtransport van gassen en vloeistoffen. Bij het ontwerp van deze leidingen wordt rekening gehouden met vervorming van de ondergrond, want te veel vervorming veroorzaakt breuk en lekkage. Dat probleem komt bijvoorbeeld voor bij gasaansluitingen van woonhuizen op slappe grond. Het huis is onderheid en zakt dus niet, maar de gasleiding loopt door de tuin en zakt wel. Ter plaatse van de doorvoer door de funderingsbalk kan de leiding dan afbreken. Bij grote gasleidingen speelt een ander probleem. Al bestaat de leiding uit een zware stalen buis, dan nog is deze lichter dan de omgeving. De buizen hebben daardoor de neiging om te gaan drijven in het grondwater. Om dat te voorkomen moet de buis zijn afgedekt met een dikke laag grond.

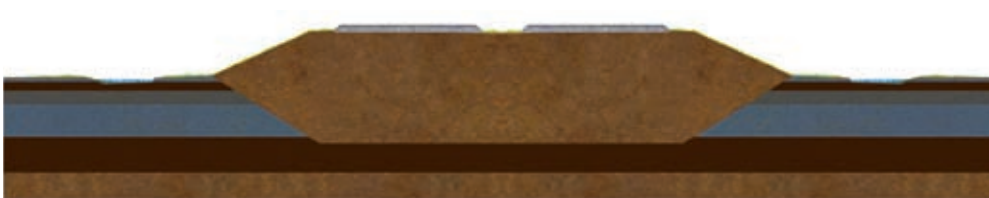
Hoge kosten

De kosten van bouwen op grond met dikke veenlagen kunnen oplopen tot meer dan drie maal de kosten van bouwen op zand. Bouwen op slappe grond is niet alleen veel duurder in de aanleg, er is ook langdurig meer onderhoud nodig. Riolering, kabels en leidingen bijvoorbeeld zijn eerder aan vervanging toe dan bij wegen die op stevige grond gebouwd zijn. Waar wegen op zandgrond na 30 of 50 jaar aan groot onderhoud toe zijn, is dit voor wegen op de slappe ondergrond van het Groene Hart vaak al na 10 jaar het geval.

Gemeenten op slappe grond, die verantwoordelijk zijn voor het onderhoud van de lokale wegen en de riolering, lopen tegen hoge onderhoudskosten aan, met structurele begrotingsproblemen als gevolg. Maar ook de maatschappelijke kosten zijn hoog. Wie raakt er niet geïrriteerd als de weg weer is opgebroken? Bedrijven hebben bovendien te maken met inkomstenderving.

Zand als fundering: cunet

Een typisch Nederlandse oplossing om een weg of spoorweg aan te leggen in een gebied met slappe grond is om eerst een 'kanaal' te graven en dat vol te storten met zand. Zo'n constructie heet een cunet. Veel oude wegen, zoals de A4 langs Leiden en de A2 tussen Amsterdam en Utrecht zijn zo aangelegd. Probleem is dat er onder het zandlichaam nog klei- en veenlagen liggen en dat het geheel blijft zakken. Zand is immers zwaar.



Bij wegverbredingen is het lastig om dit soort funderingen te verbreden. Als er een nieuw kanaal naast het cunet zou worden gegraven, schuift het bestaande zandlichaam er in weg. Daarom wordt in zo'n geval een flinke berg zand naast de weg gelegd die onder zijn eigen gewicht in de ondergrond zakt en daar een verbrede fundering vormt. Voor dat doel hebben er bij Leiden jarenlang grote bergen zand naast de A4 gelegen. Deze methode werkt niet probleemloos, vanwege onvoorspelbare horizontale bewegingen. Bovendien duren zettingsprocessen erg lang. Zonder bijzondere maatregelen kan het tientallen jaren duren voor de zaak een nieuw evenwicht heeft gevonden. En bij een tussentijdse ophoging begint de tijd opnieuw te tellen...

Op weg naar morgen

Meer verkeer?

In de toekomst zal het aantal reizigers blijven groeien en ook de vraag naar vervoer van goederen neemt toe. De transportcapaciteit moet dan ook omhoog. Dat is mogelijk door de bestaande infrastructuur intensiever te benutten door verkeerskundige maatregelen als betere afstelling van verkeerslichten en technische ingrepen zoals wegverbredingen, verbetering van aansluitingen en aanleg van spitsstroken. Ook het 'spreiden' van de spits door variabele werktijden draagt bij aan een intensiever benutting, een proces dat overigens ook spontaan al plaatsvindt. Om de vraag te sturen in tijd en plaats is daarnaast het 'prijsbeleid' in opkomst.

Maar zowel de toenemende mobiliteit als de daaruit voortvloeiende maatregelen hebben nadelige gevolgen. Denk bijvoorbeeld aan overlast, aan fijn stof en aantasting van de natuur. Wegwerkzaamheden vormen zelf bovendien een bron van files. Het mobiliteitsprobleem vraagt om innovatieve oplossingen. Bevordering van telewerken bijvoorbeeld vermindert de transportvraag in absolute zin en draagt zo ook bij aan een vermindering van de milieukosten.

Robuust wegnennet

De ANWB pleit voor een 'robuust wegnennet': een wegnennet dat tegen een stootje kan. Zo'n robuust net biedt het verkeer alternatieve routes langs secundaire wegen. Dat is bijvoorbeeld een oplossing in geval van calamiteiten, als de snelweg wordt afgesloten. Met de bewegwijzering van deze routes wordt nu al geëxperimenteerd.

De regionale wegen moeten dan wel fysiek in staat zijn het (zware) verkeer te verwerken. Want een enkele (te) zware vrachtwagen kan onevenredig veel schade aan de weg veroorzaken.



Ander voordeel van een goed regionaal wegennet is dat regionaal verkeer niet via de snelweg hoeft te reizen. De snelweg wordt dan het exclusieve domein van het langeafstandsverkeer. Dat voorkomt onnodige opstoppen en verhoogt zo de capaciteit van de snelweg. Keerzijde is dat regionale wegen vaak dicht langs bebouwing liggen. Meer verkeer betekent dan ook relatief veel overlast.

Verwachtingen voor 2020

- Personenmobiliteit neemt toe met 20%;
- Snelheid vervoerssystemen neemt nauwelijks nog toe;
- Goederenvervoer neemt toe met 50%;
- Niet-zakelijk verkeer in de spits neemt toe;
- Woon-werkafstanden worden groter.

(Bron: Welvaart en Leefomgeving (2006) mobiliteit, middenscenario)

Efficiënt omgaan met ruimte

Infrastructuur neemt veel schaarse ruimte in beslag en legt de inrichting van een gebied voor tientallen jaren vast. Om de ruimte optimaal te benutten, is meervoudig ruimtegebruik veelbelovend. Voorbeeld daarvan is een 'bovengrondse tunnel', die enkele jaren geleden bij Leidschendam is aangelegd. De weg ligt op de begane grond en op 'één hoog' bevinden zich woningen en winkels. Bij Leidsche Rijn wordt op dit moment hetzelfde gerealiseerd met de A2. En ook tunnels zoals de Hubertustunnel in Den Haag en de Statentunnel in Rotterdam hebben hetzelfde doel. Naast het meervoudig gebruik van de ruimte scheppen deze overkapte wegen ook de mogelijkheid benzinedampen, CO₂ en fijn stof effectief af te voeren.

Het ondergronds brengen van verbindingswegen of aanleggen van ecoducten helpt ook om ruimtelijke versnippering te voorkomen. Want hoewel wegen een verbinding vormen tussen dorpen en steden, vormen ze tegelijkertijd een barrière dwars daarop. In steden is vooral de spoorinfrastructuur oorzaak van versnippering. Deze infrastructuur werd honderdvijftig jaar geleden buiten de stadskernen aangelegd maar is inmiddels opgeslokt door stadsuitbreidingen. In het landelijk gebied versnipperd de infrastructuur leefgebieden van planten en dieren, waardoor populaties te zwak worden om te overleven. Naarmate het voller wordt in (het westen van) Nederland wordt dit een dringender probleem. Om het karakteristieke veenweidelandschap van het Groene Hart te sparen, zullen bijvoorbeeld de hogesnelheidstreinen tussen Leiderdorp en Hazerswoude straks door een ruim 7 kilometer lange tunnel rijden.

Over honderd jaar?

Als er de komende honderd jaar net zo veel verandert als de afgelopen eeuw, dan gaat het er heel anders uitzien. Hoe, dat weet niemand. Dat hangt samen met allerlei andere ontwikkelingen, zoals de beschikbaarheid aan energie. Scheepvaart, luchtvaart en automobilititeit zijn als geen ander afhankelijk van goedkope energie, vooral van specifieke vloeibare brandstoffen als diesel, kerosine en benzine. Als deze brandstoffen in de toekomst schaars en dus duur worden, of als de overheid er in de toekomst voor kiest om de inzet van fossiele brandstoffen te beperken, heeft dat grote invloed op de vervoerswereld én de infrastructuur. Het kan leiden tot minder autoverkeer en meer gebruik van trein, tram en metro. Het zou ook kunnen leiden tot een waterstofeconomie of elektrische auto's zodat een vergelijkbare wegeninfrastructuur als de huidige nodig blijft. Nog een andere mogelijkheid is een substantiële verschuiving naar telewerken zodat de fysieke mobiliteitsvraag sterk afneemt. Voor goedertransport behoort een verdere verschuiving naar buisvervoer tot de mogelijkheden.

Technische innovaties

Om bestaande wegen beter te benutten, zijn snel en onderhoudsarm bouwen en hindervrij onderhoud en verbreding van bestaande wegen essentieel. Dat maakt de aanleg vaak wel duurder. Bij het ontwikkelen van betaalbare en duurzame oplossingen, speelt kennis een centrale rol.

Versnellen van de zetting

De ondergrond is sneller geschikt voor de aanleg of verbreding van wegen, als het proces van zetting wordt versneld. Normaal is dat een langdurig proces omdat de grond tamelijk ondoorlatend is en het in de grond aanwezige water niet weg kan. Dit proces kan worden versneld door het water sneller te laten uittreden: draineren dus. Van de verticale drains die bij wegverbredingen worden toegepast zie je vaak het uiteinde als plastic strookjes boven de grond uitsteken. Het aansluiten van pompen aan de drains versnelt de wateronttrekking. Er ontstaat dan een onderdruk waardoor het water sneller naar de drains stroomt. Omdat de grond zo ondoorlatend is, komt bovendien de hele grondlaag op onderdruk te staan. Daardoor werkt ook de luchtdruk mee bij het samenspersen van de grond. Dat effect kan worden versterkt door de grond af te dekken met plastic folie. Voordeel van het aanbrengen van onderdruk is dat de horizontale vervorming daarbij relatief klein is.



Verticale drain



Gebruik van lichte materialen

Een andere manier om de zetting van de grond te verminderen, is het gebruik van lichter materiaal voor de fundering dan zand. Voorbeelden daarvan zijn BIMS of EPS. BIMS is vulkanische as met een laag soortelijk gewicht, dat onder andere wordt gewonnen in Italië en in IJsland. Een extremere oplossing is het gebruiken van EPS (piepschuim). Dat weegt 'niks' en de wegconstructie kan gewichtsneutraal worden gemaakt. Dat wil zeggen dat de wegconstructie in totaliteit niet zwaarder is dan de uitgegraven en verwijderde grond. Nadeel is dat het expertkennis vraagt om de EPS-blokken stijf tegen elkaar te krijgen en dat het later lastig te repareren is, bijvoorbeeld bij een nieuwe rioolaansluiting.

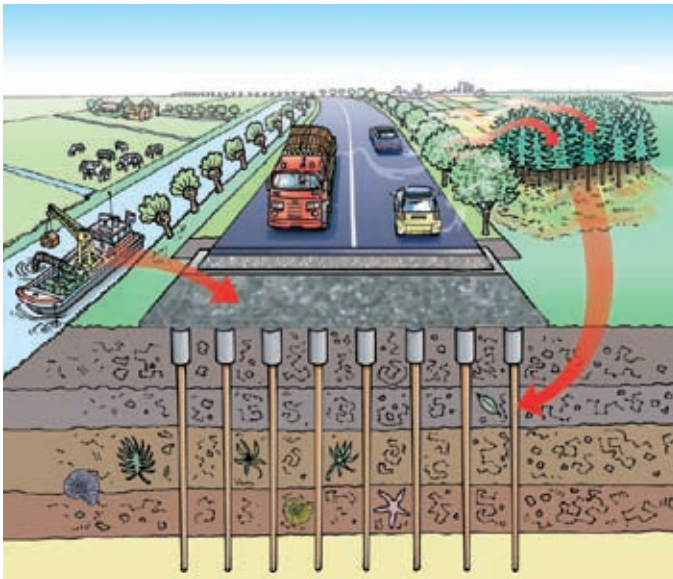
De drijvende weg

In klei- en veengebieden kan ook 'water' als fundering worden gebruikt, om de zetting van de ondergrond te omzeilen: een drijvende weg. Een drijvende weg kan lijken op de ouderwetse schipbrug, die plaatselijk wordt ondersteund door drijflichamen in plaats van vaste steunpunten. Maar de weg kan ook een drijvende constructie zijn in een gebaggerde sloot: leg er een rij aan

elkaar gekoppelde pontons in en de bovenkant van de pontons kan direct door het verkeer bereden worden. In 2003 liet het ministerie van Verkeer en Waterstaat bij wijze van test de eerste drijvende weg voor auto's te water. Deze drijvende waterweg ligt bij Hedel en is zeventig meter lang. Auto's kunnen met 80 kilometer per uur over deze weg rijden. Tot nu toe heeft het initiatief nog geen navolging gevonden.

Meekoppelen met milieudoelen

Half Nederland staat op palen, dus waarom zouden we wegen niet onderheien? Dit wordt vaak als 'te duur' afgedaan, maar de recente innovatie van de 'paalmatras' heeft dat beeld doorbroken. Een paalmatras is een wegconstructie die bestaat uit een soort matras gevuld met zand, ondersteund door palen. Deze techniek is aantrekkelijk vanwege de korte bouwtijd en het feit dat geen zetting optreedt.



Kyotoweg

Een variant hierop is de *Kyotoweg*. Dat is een milieuvriendelijke weg waar de matras is gevuld met bewerkte baggerspecie en die is gefundeerd op houten palen. De eigenschappen van de aanvankelijk karnemelkachtige specie worden hiervoor veranderd, waardoor de bagger een

bruikbaar bouw materiaal wordt. Het hout dat als funderingspaal in de grond gebracht wordt draagt verder bij aan de CO₂-reductiedoelen omdat de CO₂ voor heel lang (eeuwen) aan de koolstofkringloop wordt onttrokken. De meerkosten van een paalmatrassysteem zijn minder dan 10%.

Een ander voorbeeld van een milieuvriendelijk alternatief is de *Baggerspeciematras*. Dit is een duurzame wegconstructie met verontreinigde baggerspecie als basisbouwstof, waaraan een schuimvormer, een stabilisator en een katalysator is toegevoegd. Regenwater en natuurlijke processen zorgen in de loop van de tijd voor reiniging van de baggerspecie. De Baggerspeciematras is licht van gewicht, sterk en waterdoorlatend en daarmee uitermate geschikt als fundering voor wegen en spoorwegen op een slappe ondergrond.

Kortom

- *Ook al zijn er meer files dan 25 jaar geleden, de mobiliteit is toegenomen.*
- *De drukstbereden infrastructuur van Nederland ligt op de slapste grond.*
- *Een robuust wegensysteem stelt hoge fysieke eisen aan het onderliggende secundaire wegennet.*
- *Meervoudig ruimtegebruik helpt om de barrièrewerking van infrastructuur tegen te gaan.*
- *De langetermijnhinder van zetting is te verminderen door bij aanvang een versnelde zetting te forceren, of door met gebruik van lichtgewicht bouwmaterialen het optreden van zetting te voorkomen.*
- *Het aanleggen van zettingsarme wegen is heel goed te combineren met milieu- en klimaatvriendelijke maatregelen.*

Colofon

Onze Delta, onze toekomst
Staat en Toekomst van de Delta 2009

Deltares, juni 2009

ISBN 978-90-814067-3-4

Aan de samenstelling van deze uitgave is veel zorg besteed. Overnemen van de tekst of delen daarvan is welkom, mits met bronvermelding. Hergebruik van de informatie is uiteraard de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

Adres voor reacties

Staat en Toekomst van de Delta
Deltares
Postbus 177
2600 MH Delft

www.staatvandedelta.nl
staatvandedelta@deltares.nl

Redactie

Jurjen van Deen (Deltares)
Sonja Karstens (Deltares)
Moniek Löffler (Bureau Landwijzer)
Marcel Taal (Deltares)
Henk Wolters (Deltares)

Beeldmateriaal

Thomas van der Linden
Rens van den Bergh
Otto Levelt

Grafische verzorging

TOPIQ, Amsterdam

Druk

JB&A van Driel, Rotterdam

De artikelen zijn tot stand gekomen met medewerking van

1 Hoe veilig willen we zijn?

Karin de Bruijn (Deltares)
Bas Jonkman (Royal Haskoning)
Jarl Kind (Deltares)
Frans Klijn (Deltares)
Matthijs Kok (HKV Lijn in Water)
Anne-Margreet de Leeuw (Deltares)
Ben van den Reek (Provincie Noord-Brabant)
Harry Schelfhout (Deltares)

3 Van zoet naar zout

Herman Haas (Rijkswaterstaat Waterdienst)
Erik de Goede (Deltares)
Simon Groot (Deltares)
Carla Michielsen (ZLTO)
Gualbert Oude Essink (Deltares)
Lodewijk Stuijt (Alterra)
Ies de Vries (Deltares)
Jeroen Wijsman (Imares)

5 Intensieve infrastructuur

Jan-Anne Annema (KIM/ TUDelft)
Klaas-Jan Bakker (COB)
Willem Bruggeman (Deltares)
Jeroen Haver (DG MO V&W)
Ben Immers (TNO)
Cissy Lehnen (Deltares)
Thomas van der Linden (Deltares)
Joris van Ruijven (Deltares)

2 Zand erover!

Stefan Aarninkhof (Boskalis)
Martin Baptist (Imares)
Jarl Kind (Deltares)
Quirijn Lodder (Rijkswaterstaat Waterdienst)
Gertjan Nederbragt (Provincie Noord-Holland)
Rob Steijn (Alkyon)
Joost Stronkhorst (Deltares)
Dirk-Jan Walstra (Deltares)

4 Peilen op het blauwe hart

Eelco van Beek (Deltares)
Arnold Hebbink (Rijkswaterstaat Waterdienst)
Frans Klijn (Deltares)
Antoon Kuijpers (Wetterskip Fryslân)
Jaap Kwadijk (Deltares)
Laura van Loon (Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied)
Jacco Maissan (Ministerie LNV)
Gerda Lenselink (Deltares)
Titian Oterdoom (Provincie Fryslân)
Ronald Roosjen (Deltares)
Hein Sas (IMSA)
Charles van Schaik (Innovatienetwerk Agro en Groen)

Bart Witmond (ECORYS)

6 Bezint eer gij bebouwt

Dan Bekker (Gemeente Utrecht)
Maaike Bos (Deltares)
Erik Mischgofsky (Deltares)
Nico Pieterse (Planbureau voor de Leefomgeving)
Frans van de Ven (Deltares)
Chris Zevenbergen (Dura Vermeer)

Verder hebben bijgedragen

Harry Baayen, Willem Bruggeman,
Lucas Janssen, Jarl Kind,
Annebeth Lasseur, Hans Roode,
Margriet Roukema, Hans Vissers,
Manfred Wienhoven (allen Deltares)