



DE GRONINGER GASVESTEN

“Dit plan stelt veiligheid én leefbaarheid voorop.”

DE GRONINGER GASVESTEN



Geachte lezer,

In dit boek vragen we uw aandacht voor ons plan: de Groninger Gasvesten, ontwikkeld door Archipunt en LievensCSO.

Wij hebben het plan ontwikkeld in het kader van de designconsultatie voor Bouwkundig Versterken van woningen. Het versterken van woningen is een ongelooflijk complexe opgave. Het gaat om zeer veel verschillende woningen, de tijdsdruk is hoog en er is onzekerheid over de technische eisen die aan de woningen moeten worden gesteld.

Wij hebben gezocht naar een oplossing die meer doet dan alleen woningen beschermen. Ons concept maakt het mogelijk om hele dorpskernen in één keer te beschermen tegen de ergste gevolgen van een aardbeving. Dit vergroot de leefbaarheid in de dorpen en voorkomt veel angst, schade en leed. Deze ingreep maakt de opgave van het bouwkundig versterken op korte termijn beheersbaar en uitvoerbaar.

De technieken die we voorstellen klinken misschien vergezocht maar zijn dat niet; het zijn varianten op bestaande en bewezen technieken. Externe partijen als TU Delft en Deltares onderschrijven de haalbaarheid van het plan.

Op dit moment ligt het plan bij de NAM. Wij zijn alvast bezig het plan verder te ontwikkelen, omdat we denken dat we daarmee een essentiële bijdrage kunnen leveren bij het (weer) leefbaar maken van het gebied. Ons doel is om korte termijn een pilot uit te voeren om het plan te testen.

Wij hopen dat we u met dit boek kunnen overtuigen van de waarde en de haalbaarheid van het idee.

ir. Annette van Apeldoorn, Directeur Techniek Archipunt

Waldo Molendijk, Adjunct-directeur LievensCSO

De kernpunten van het plan:

*Dit plan kan de **leefbaarheid** in de regio aanzienlijk verbeteren.*

*De **veiligheid** wordt per dorpskern **integraal** geborgd.*

*Alle gebouwen in een kern zijn in één keer **beschermd**: woningen, kerken, scholen, winkels, schuren...*

*Dit plan vermindert schade en kans op letsel door de **piek** van de aardbeving te **verlagen**.*

*Met onze aanpak komen we los van de vraag hoe zwaar de **grootste beving** nu precies kan worden.*

*De situatie in de dorpskernen wordt daarmee **beheersbaar**.*

*Met **één ingreep** kan veel angst, schade en leed worden voorkomen.*

*Partijen als TU Delft en Deltares onderschrijven dat het plan **technisch en financieel haalbaar** is.*

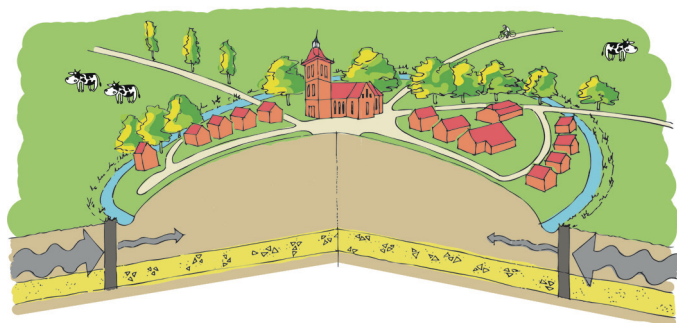
1

SAMENVATTING ONTWERPOPLOSSING De Nederlandse Aardolie Maatschappij is op zoek naar op grote schaal toe te passen maatregelen voor het bouwkundig versterken van woningen. De oplossingen moeten er voor zorgen dat zwaardere aardbevingen niet tot letsel leiden. **Archipunt** en ingenieursbureau **LievenseseCSO** hebben een oplossing bedacht om op stedenbouwkundig niveau te versterken. Wij stellen een dorpsgerichte aanpak voor, waarbij we veiligheid en leefbaarheid vergroten door het effect van aardbevingen sterk te reduceren:

DE GRONINGER GASVESTEN.

Met een combinatie van dempende maatregelen rondom en onder de dorpskernen verkleinen we het effect van een beving. We versterken de dorpsrand met een ondergrondse **diepwanddemper**, zodat de horizontale kracht op gebouwen bij een aardbeving aanzienlijk wordt verminderd. De effecten van een beving met een kracht M 5 worden zo bijvoorbeeld teruggebracht naar M 3,5. Onder het dorp verstijven we de zandlaag, om verzakkingsschade door verweking te voorkomen. Dit doen we door **biologische versterking**, waarbij bacteriën aan het werk worden gezet als biobouwers.

Met de dorpsgerichte aanpak worden alle gebouwen binnen de Gasvesten beschermd. Door het dempen van de beving is er een aanzienlijk kleinere kans op letsel bij een zwaardere aardbeving, én zal er minder schade ontstaan. Wij denken dat deze oplossing op relatief korte termijn technisch en financieel haalbaar is.



DE GRONINGER GASVESTEN



Archipunt

Archipunt is een bouwkundig ontwerp- en adviesbureau dat verder kijkt dan enkel het gebouw. Onze architecten en ingenieurs worden aangevuld door mensen met sterk uiteenlopende kennis en ervaring: van psychologen tot bedrijfskundigen. Dit zorgt ervoor dat we een bouwkundige opgave altijd in een bredere context bekijken, met aandacht voor menselijke én economische aspecten. Daarmee komen we tot verrassend creatieve en effectieve oplossingen.

Het team van Archipunt is gespecialiseerd in het werken met bestaande gebouwen. Wij adviseren bij alles wat komt kijken bij verbouwen, restaureren en in stand houden van een pand; van ontwerp en technische uitwerking tot begeleiding van de uitvoering van de werkzaamheden. We hebben veel ervaring met het onderzoeken van de oorzaak van gebouwschade, en het komen tot praktische én creatieve oplossingen voor duurzaam herstel.



LievenseseCSO is een middelgroot advies- en ingenieursbureau op het gebied van infrastructuur, water

en omgevingsvraagstukken met een specialisatie in waterbouw, ondergrondse leidingen, bodem en ruimtelijke planvorming.

De focus van het werkerterrein van LievenseseCSO ligt op delta's, kustgebieden en riviervlakten. De menselijke activiteiten in deze dichtbevolkte en kwetsbare gebieden brengen specifieke infrastructurale en milieukundige vraagstukken met zich mee. Onze medewerkers zijn inhoudelijk gedreven professionals die hun kennis in praktijk brengen en hun expertise willen verbreden en verdiepen. De hang naar kwaliteit zit in onze genen en trekt medewerkers en opdrachtgevers aan die zich hierin herkennen. Het gros van onze medewerkers heeft een achtergrond als civiel ingenieur of fysisch geograaf.

Zowel nationaal als internationaal staan we voor kwaliteit en innovatie. Wij willen een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van onze vakgebieden voor wezenlijke samenlevingsvraagstukken. En erkennen onze maatschappelijke verantwoordelijkheid als duurzaam advies- en ingenieursbureau. Daarvoor werken we met onze opdrachtgevers en partners aan slimme en aansprekende oplossingen.



1 SAMENVATTING & OVER ONS

- 2 PROBLEMATIEK & MOTIVATIE
- 3 ONTWERPPRINCIPE
- 4 DIEPWANDEMPER
- 5 BIOLOGISCHE VERSTERKEN
- 6 VOORBEELD, PLANNING & KOSTEN

ARCHIPUNT
postbus 70063
9711 ES Groningen
050 313 36 36
info@archipunt.nl
www.archipunt.nl

LIEVENSE CSO
Postbus 2239
9704 CE Groningen
Tel. 050 7516300
info@lievensesecco.com
www.lievensesecco.com

2

PROBLEMATIEK De bevingen die in de Groninger regio optreden, zijn specifiek van aard. Het zijn ondiepe en vrij korte bevingen, waarbij de horizontale grondversnelling relatief hoog is. De impact is daardoor fors. De slappe bodem in het gebied is daar onder andere debet aan, maar ook de kwetsbare bouwstijl. De Groninger woningen zijn niet berekend op horizontale krachten en de grootschalige toepassing van schoon metselwerk aan de buitenzijde en stucwerk aan de binnenzijde is niet alleen bijzonder gevoelig, maar maakt schade ook direct zichtbaar.

Een **groot deel** van de woningen staat in de **historische dorpskernen**. Hier bevindt zich de beste grondslag en een concentratie van de sociale en culturele structuur. De landschappelijke **erfgoedwaarde** van deze opzet is groot. Het zijn beschermde dorpsgezichten, die vragen om een zorgvuldige omgang met het aanzicht van het dorp en de aard van de bebouwing. De aantrekkelijkheid van de regio staat onder druk door verschillende specifieke bedreigingen. Er is naast de waardevermindering door het risico op schade sprake van bevolkingsdaling en leegstand door krimp. De **leefbaarheid** is hierdoor een serieus aandachtspunt.

Deze omstandigheden vragen om een aanpak van het bouwkundig versterken die de impact van bevingen dorpsgericht verkleint, waarbij de overlast beperkt blijft en de gevolgen voor de identiteit niet negatief uitpakken.



DE GRONINGER GASVESTEN



VOORDELEN DORPSGERICHTE AANPAK Vanuit verschillende invalshoeken heeft stedenbouwkundig versterken voordelen:

Voor de veiligheid betekent het dat **de impact van een beving wordt gereduceerd voor een volledige dorpskern**. Dit kan met één ingreep veel angst, schade en leed voorkomen, evenals speculatie over mogelijke consequenties van zwaardere bevingen dan we nu kennen.

De **economische aantrekkelijkheid** van dorpen wordt vergroot: de dorpskernen zijn veilig en behouden daardoor hun aantrekkingskracht als vestigingsplaats en dit maakt investeringen weer haalbaar.

De ondergrondse aanpak op dorpsniveau is eveneens **esthetisch aantrekkelijk**, immers: het aanzicht van het dorp blijft behouden.

De schaalgrootte zorgt bovendien voor **overzichtelijke uitvoerbaarheid en voldoende tempo**. De individuele aanpak is niet langer richtinggevend en de maatregelen zijn technisch overzichtelijk.

Ondertussen blijft gelijktijdigheid met de aanpak op gebouwniveau van specifieke kwetsbare woningen en panden wel mogelijk. De dorpsgerichte aanpak zit de individuele aanpak geheel niet in de weg, maar een grote groep woningeigenaren krijgt een veilige leefomgeving zonder dat hun huis hoeft te worden verbouwd. **Overlast** voor bewoners blijft hierdoor zeer **beperkt**. De gecompartmenteerde aanleg van de diepwanddempers zorgt er bovendien voor dat de overlast op dorpsniveau ook binnen de perken kan blijven.

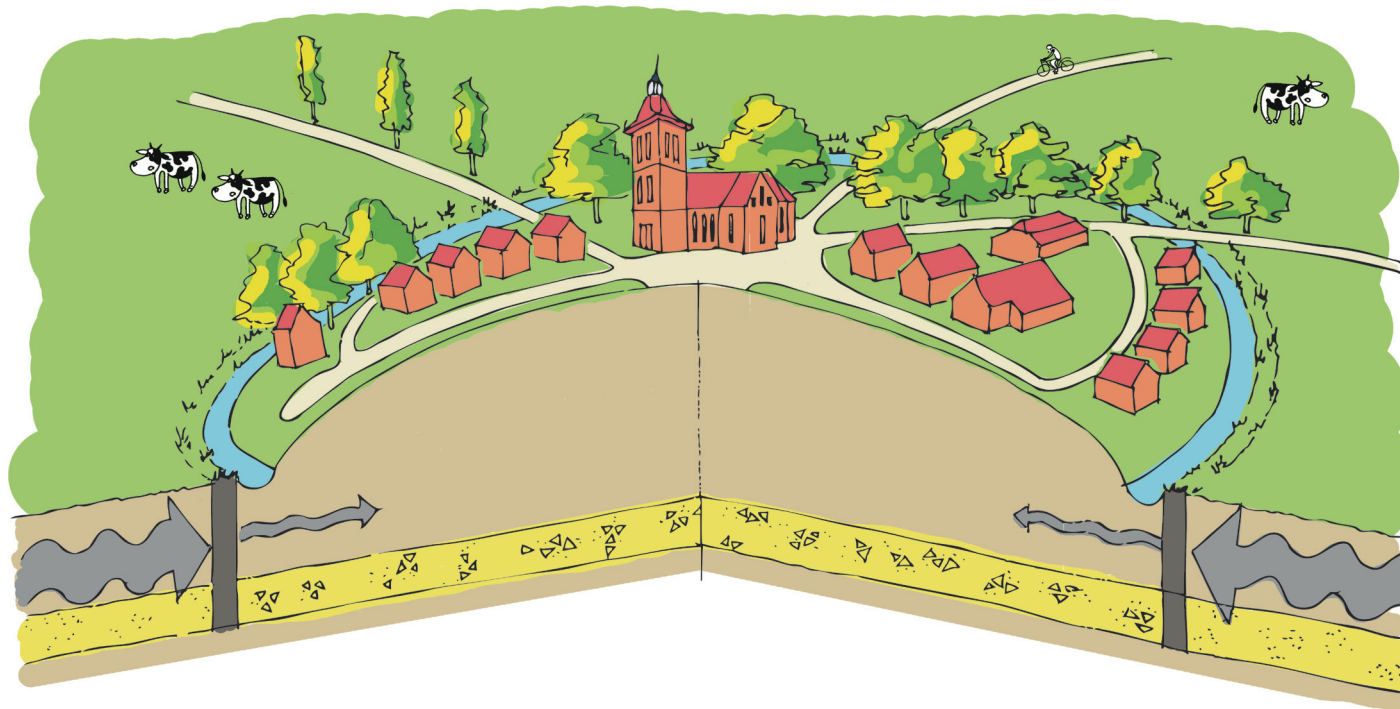
Door de schaalkeuze worden niet alleen woningen, maar ook andere panden, infrastructuur en bijgebouwen beschermd. De **reikwijdte** van de aanpak is daardoor groter dan het woningenbestand van de regio. Circa 50% van het **cultureel erfgoed** in de regio wordt bijvoorbeeld veilig gesteld met deze aanpak. Het bijbehorende **tijdsbestek** is gunstig. De woningen worden aangepakt zonder dat daar zware bouwkundige maatregelen voor nodig zijn op gebouwniveau. Hierdoor blijven vele bewoners en lokale overheden gespaard van procedurele afstemming, particuliere planning en individuele keuzebepaling per woning, naast extra maatregelen als tijdelijke huisvesting.

De **onderhoudsmaatregelen** die horen bij de dorpsgerichte aanpak kunnen eenvoudiger worden gezekerd. Onderhoud kan per compartiment worden uitgevoerd en verantwoordelijkheid en controle kunnen bij de overheid, danwel de NAM gelegd worden, in plaats van bij particuliere eigenaren.

Tenslotte is er de mogelijkheid die ontstaat om **combinaties** te maken met andere leefbaarheidsmaatregelen, met het veiligstellen en versterken van de infrastructuur en met landschappelijke aanpassingen.

- 1 SAMENVATTING & OVER ONS
- 2 **PROBLEMATIEK & MOTIVATIE**
- 3 ONTWERPPRINCIPE
- 4 DIEPWANDEMPER
- 5 BIOLOGISCH VERSTERKEN
- 6 VOORBEELD, PLANNING & KOSTEN

DE GRONINGER GASVESTEN



- 1 SAMENVATTING & OVER ONS
- 2 PROBLEMATIEK & MOTIVATIE
- 3 ONTWERPPRINCIPE**
- 4 DIEPWANDEMPER
- 5 BIOLOGISCH VERSTERKEN
- 6 VOORBEELD, PLANNING & KOSTEN

3 **PRINCIPE STEDEBOUWKUNDIG VERSTERKEN** De ingreep bestaat per dorpskern uit twee onderdelen. Het vaste uitgangspunt is het dempen van de bevingen op dorpskernniveau. Door het dempen van de horizontale trillingen aan de oppervlakte en kort onder het maaiveld wordt de horizontale belasting op alle gebouwen binnen een gasveste verminderd. Een beving met een kracht M 5 zal terug worden gebracht naar een kracht M 3,5. Op pagina 4 wordt het principe van deze **diepwanddemper** nader uiteengezet.

Afhankelijk van de opbouw van de grond onder het betreffende dorp kan het noodzakelijk zijn om de losgepakte zandlagen in de grond biologisch te versterken. Dit **biologisch versterken** is nodig wanneer er losgepakte zandlagen in de ondergrond voorkomen. Deze zandlagen kunnen verweken onder invloed van een beving. Dit

kan plaatselijke verzakkingen veroorzaken. Op pagina 5 wordt het principe van biologisch versterken belicht.

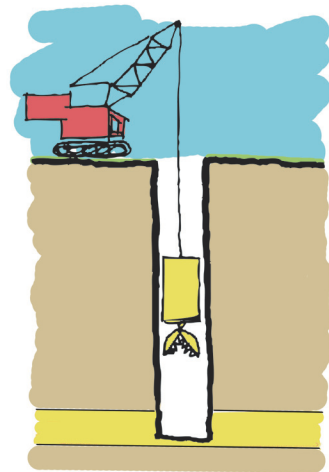
Per dorp moet worden gekeken naar een goede **ruimtelijke inpassing**. Het Groninger land is een kwetsbaar landschap. Kenmerkend zijn de wierden en het open landschap met historische verkavelingsprincipes. Bij het inpassen van de diepwanddemper zoeken we aansluiting bij landschappelijke en historische grenzen. Daardoor zijn vrijwel onzichtbare oplossingen mogelijk. Om goed te functioneren hoeft de demper niet per sé als een geheel gesloten ring aan te worden gebracht. Er zijn daarom geen grote ingrepen nodig in de bestaande (wegen) infrastructuur. Ook doorvoer van kabels & leidingen en het beheer van het grondwaterpeil kunnen eenvoudig worden ingepast. Zie hiervoor de uitwerking op pagina 4.

4

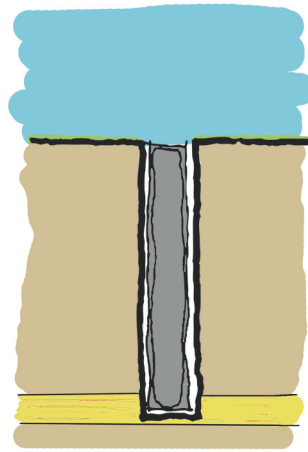
DIEPWANDEMPERS Demping van horizontale trillingen of oppervlaktegolven is een onderwerp van jarenlang onderzoek in de railwereld. Dit onderzoek is in veel gevallen voortgekomen uit de aanleg van spoortunnels in bebouwd gebied, waar bewoners van omliggende woningen hinder ervaren van trillen en contactgeluid. Omdat de trillingen zich verplaatsen door de ondergrond zijn er mogelijkheden bedacht om de gebouwen als het ware te scheiden van het spoor door het aanbrengen van een trilling-absorberende wand tussen tunnel en gebouw.

Een gelijksoortig idee zou kunnen worden toegepast om een heel dorp of groepje van **gebouwen te isoleren**, door hier een **ringwand** omheen te bouwen. Dit is praktisch realiseerbaar met de aanleg van een diepwand, zoals die in de bouw gebruikt wordt bij de aanleg van tunnels of diepe bouwputten. Wanneer de uitgegraven sleuf niet gevuld wordt met gewapend beton, maar met een met lucht gevulde kunststofzak, ontstaat een diepwanddemper op stedenbouwkundige schaal.

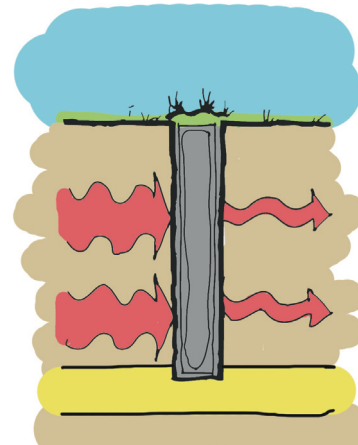
De lucht in de zak zorgt voor een onderbreking in de ondergrond waardoor de trillingen geabsorbeerd worden. De **kunststofzakken**



aanbrengen diepwanddemper



paneel met luchtzak



demping horizontale beweging

DE GRONINGER GASVESTEN

worden aangebracht in verticale panelen van enkele meters breed en één meter dik. Op deze manier is er sprake van een **gecontroleerd uitvoeringsproces** waarbij rekening kan worden gehouden met allerlei praktische randvoorwaarden zoals het kunnen **kruisen** van ondergrondse kabels en leidingen. De ring kan aan de bovenzijde afgedekt worden met een laag grond en bijvoorbeeld gras zodat deze in het veld niet hinderlijk waarneembaar is.

Een dergelijke constructie heeft in principe geen **onderhoud** nodig, maar mocht er ooit een paneel beschadigd raken, dan is vervanging relatief eenvoudig mogelijk. De compartimentering geeft ruimte voor lokale aanpassingen.

De zakken moeten aan de onderzijde geballast of verankerd worden. Dit is technisch eenvoudig uitvoerbaar. Hiermee is een zeer realistische en betaalbare oplossing ontstaan om een groot gedeelte van de horizontale grondbewegingen bij een aardbeving sterk te reduceren. Door het weghalen van juist deze oppervlaktegolven zal de schade aan gebouwen binnen de beschermende ring drastisch afnemen en daarmee de kans op het vallen van slachtoffers.

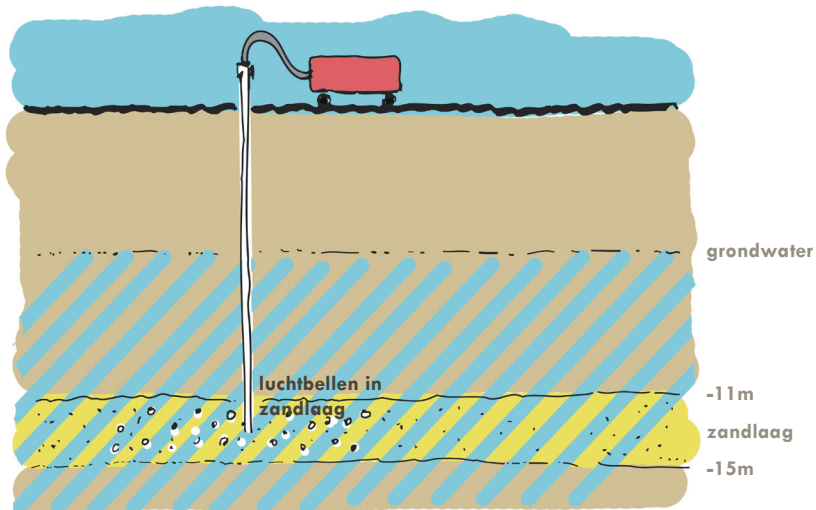


- 1 SAMENVATTING & OVER ONS
- 2 PROBLEMATIEK & MOTIVATIE
- 3 ONTWERPPRINCIPE
- 4 DIEPWANDEMPER**
- 5 BIOLOGISCH VERSTERKEN
- 6 VOORBEELD, PLANNING & KOSTEN

5

BIOLOGISCH VERSTERKEN Een van de belangrijkste schadeoorzaken bij relatief zwaardere aardbevingen is dat de zandlagen in de ondergrond als gevolg van de trillingen zich als een vloeistof gaan gedragen. Hierdoor kunnen in een kort tijdsbestek **grote zakkingen** ontstaan. De oorzaak ligt in het gegeven dat de ruimte tussen de zandkorrels in de ondergrond voor 100% met water gevuld is. Als het zand wordt opgeschud willen de zandkorrels dichter tegen elkaar gaan zitten. Het water tussen de zandkorrels moet dan wel plaats maken. Tijdens een beving lukt dat meestal niet snel genoeg, waardoor de bovenliggende grond korte tijd alleen door het water gedragen moet worden. Dit kan leiden tot ongelijkmatige zakkingen aan het maaiveld.

De **natuur** heeft hier een tweetal prachtige oplossingen voor, beide door versterking van deze zandlagen door de kleinste werkers die we kennen: bacteriën. Bacteriën zijn overal om ons heen aanwezig en dus ook in de ondergrond, met die opmerking dat bacteriën vanuit zichzelf in de ondergrond meestal niet of heel langzaam actief zijn. Door bacteriën aan het werk te zetten op de juiste plek kunnen de zandlagen in de ondergrond worden versterkt.



DE GRONINGER GASVESTEN



Bacteriën blijken geweldige **biobouwers** te zijn. In de afgelopen decennia is veel kennis opgedaan over hoe door de geologische geschiedenis heen bacteriën een grote rol hebben gespeeld bij de vorming van gesteenten in de ondergrond. Deze kennis, in combinatie met het wereldwijd geroemde microbiologisch onderzoek dat aan de TU-Delft wordt verricht, heeft het mogelijk gemaakt om bacteriën voor ons aan het werk te zetten. Aan het begin van deze eeuw was een van de business cases voor dit onderzoek gebaseerd op het idee verwekingsgevoelige zanden te versterken door de zandkorreltjes aan elkaar te kitten. Dit aan elkaar **kitten** doen de bacteriën door het vormen van kleine kalkkristalletjes op de punten waar de korrels elkaar raken. Een zandlaag die als gevolg van een aardbeving wordt opgeschud, kan op deze manier stabiel blijven. Het is dan voor de korrels namelijk niet goed meer mogelijk om een andere plaats in te nemen, waardoor de grond effectief nauwelijks van vorm verandert.

Een tweede effectieve **biologische stabilisatie** van het zand kan worden bereikt door de vorming van kleine gasbelletjes in het zand. Er is dan een mix van water en luchtbelletjes tussen de zandkorrels aanwezig. Hierdoor kunnen de zandkorrels een beetje bewegen zonder dat daarbij grote waterdruk ontstaat.

Beide biologische versterkingsmethoden zijn de afgelopen jaren opgeschaald van laboratoriumexperimenten in 2003 tot full scale praktijkproeven in de afgelopen paar jaar. Wat de methoden feitelijk doen is bacteriën vanuit hun ondergrondse slaapstand tijdelijk actief te maken.

In het geval van kristalvorming door bacteriën door het injecteren van voedingsstoffen of kalkzouten en kunstmest. Omdat de bacteriën zich in een niet optimale leefomgeving bevinden produceren zij enzymen die er voor zorgen dat er kalkkristalletjes ontstaan vanuit de geïnjecteerde kalkzouten.

Voor het laten ontstaan van gasbelletjes zijn nog simpelere stoffen benodigd. Bij eerder onderzoek, maar recent ook voor daadwerkelijke biologische in-situ bodemsanering, is al volop gebruik gemaakt van restproducten vanuit de (Groningse!) aardappelzetmeel-industrie.

- 1 SAMENVATTING & OVER ONS
- 2 PROBLEMATIEK & MOTIVATIE
- 3 ONTWERPPRINCIPE
- 4 DIEPWANDEDEMPER
- 5 BIOLOGISCH VERSTERKEN**
- 6 VOORBEELD, PLANNING & KOSTEN

6

VOORBEELD: MIDDELSTUM In Middelstum staan circa 1000 woningen in de dorpskern. De oppervlakte van de dorpskern is 500.000 m², de omtrek 2,5 km. De zandlaag onder Middelstum bevindt zich op een diepte van ongeveer 11 tot 15 meter onder maaiveld.

Een diepwanddemper met een lengte van circa 2,5 km en een diepte van circa 15 meter kost circa € 7,5 miljoen excl. BTW.

Het biologisch versterken hoeft niet over het hele oppervlak te worden uitgevoerd. De kosten van het versterken van de circa 4 meter dikke zandlaag op een diepte van 11 meter, uitgaand van 50% van het oppervlak, kost circa € 19 miljoen excl. BTW.

Kosten van het op dorpsniveau verstijven en versterken van een dorp als Middelstum bedragen € 26,5 miljoen excl. btw. Omgerekend **per woning** is dit

circa **€ 26.500,-**. En daarbij zijn alle andere bouwwerken binnen de diepwanddemper (kerken, bedrijfsgebouwen, bijgebouwen, bruggen) ook beschermd.

DE GRONINGER GASVESTEN

PLANNING EN UITVOERING Voor het aanbrengen van de diepwanddemper moet een relatief beperkt aantal (grond)eigenaren medewerking verlenen. Op veel plekken kan realisatie langs bestaande (ontsluiting)structuren plaatsvinden. De medewerking van **lokale overheden en waterschappen** is daarom van cruciaal belang. Wanneer engineering, overleg met grondeigenaren en het vergunningproces parallel lopen, kan het project 'diepwanddemper' binnen **zes maanden uitvoeringsgereed** zijn.

Het daadwerkelijk aanbrengen van 2,5 kilometer diepwanddemper, rond een dorp als Middelstum, neemt eveneens ongeveer **zes maanden** in beslag.

Het biologisch versterken van de zandlaag onder Middelstum kan plaatsvinden zonder veel overlast voor de inwoners. Het zal ongeveer **een jaar** duren voor het biologisch versterken voldoende is ingewerkt.



- 1 SAMENVATTING & OVER ONS
- 2 PROBLEMATIEK & MOTIVATIE
- 3 ONTWERPPRINCIPE
- 4 DIEPWANDDEMPER
- 5 BIOLOGISCH VERSTERKEN
- 6 VOORBEELD, PLANNING & KOSTEN**



DE GRONINGER GASVESTEN



Cobouw

ACHTERGROND Plan Groninger Gasvesten

Diepwanddempers en luchtbelletjes in strijd tegen bevingen

Nieuws 0 Reacties donderdag 13 november 2014 Dit is een publicatie van Kennislink

“Bacteriën beschermen Groningse dorpen tegen aardbevingen goed plan”

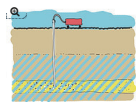
Volgens expert zijn nog wel meer tests nodig

kennislink.nl

Bacteriën en diepwanden in de bodem moeten grote scheurvorming in Groningse huizen voorkomen. Dat plan presenteren twee Noordelijke adviesbureaus. Volgens expert Leon van Paassen (TU Delft) is het inzetten van bacteriën een goed idee en is al veel onderzoek op dit gebied gedaan. “Maar of het nu handig is om dit direct onder een dorp toe te passen? Het lijkt me beter het eerst in een pilot te testen.”

door Robert Visscher

Aardbevingen teisteren de provincie Groningen door de gasboringen. Ze leiden onder meer tot forse schade aan huizen. Hoe worden woningen het beste beschermd tegen aardshokken? Bouwkundig advies- en ontwerpbureau Archipunt en ingenieursbureau LievensCSO komen met een opmerkelijk plan. Ze willen onder meer bacteriën inzetten om de grond te verstevigen rondom dorpen. Dat klinkt misschien vergezocht, maar is een goed plan, stelt onderzoeker Leon van Paassen (TU Delft). Hij doet al jaren onderzoek naar dit zogeheten biogrouting en is niet betrokken bij het plan. Desgevraagd wij hij het wel kritisch tegen het licht houden voor Kennislink.

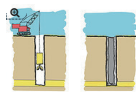


Drijfzand

Schades aan huizen bij aardbevingen ontstaan onder meer als er los gepakt zand in de ondergrond aanwezig is, zoals in Groningen. “Bij een trilling willen de los gepakte zandkorrels dichtter naar elkaar toe bewegen. Daarvoor moet wel het grondwater wat tussen de korrels zit eruit worden geprept. Wanneer het water niet snel genoeg weg kan, komt het voor dat het gewicht van de bovenliggende grond niet meer door de korrels wordt gedragen, maar op het water rust. Waardoor de zandlaag in vloeibaar ‘drijfzand’ verandert. Met grote verzakkingen tot gevolg”, legt Van Paassen uit.

Injecties voeden bacteriën, die Groningse dorpen beschermen tegen aardbevingen.

Ook is het mogelijk zand dicht te kittern. Dat is bijvoorbeeld handig om lekkages te voorkomen bij de opslag van CO2 in de bodem of bij de aanleg van ondergrondse constructies.”



Verstevig de ondergrond daarom met bacteriën stelt het plan. Die zijn al in de bodem aanwezig en hebben alleen nog een beetje voeding nodig. Dat kan op twee manieren, bijvoorbeeld door er bioemant van te maken. “Je injecteert een oplossing van ureum (een meststof) en calciumchloride in de grond. Dat zetten de bacteriën onder meer om in kalk waarmee je de korrels als het ware aan elkaar kit zodat de ondergrond stevig wordt”, zegt Van Paassen. Een paar jaar geleden hebben Van Paassen en collega’s dit voor het eerst op grote schaal toegepast. Dat was een wereldprimeur. “Om te voorkomen dat een boorgat zou instorten bij de aanleg van een grote ondergrondse gasleiding hebben we vierhonderd kuub grind versteend.

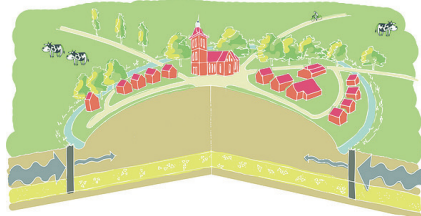
Een andere optie om aardbevingschade te voorkomen is door kleine gasbellen te maken in het zand. Door de voeding aan te passen produceren bacteriën naast kalk ook sikstofgas. Wanneer het gas als kleine belletjes tussen de zandkorrels hangt, dempt dit de trillingen. “Dit voorkomt verzakkingen”, aldus Van Paassen. “Versteviging met gasbellen is veel goedkoper dan met bioemant omdat er maar weinig gas nodig is om de trillingen te dempen.”

Diepwanddempers

De aanleg van diepwanddempers.

Hij stelt dat de technieken, waar momenteel zo’n veertig onderzoeksgroepen zich wereldwijd mee bezig houden, toegepast kunnen worden. “Ik ben daar een voorstander van. We kunnen op dit moment al berekenen hoeveel gas of kalk er ongeveer nodig is als we informatie hebben over de lokale grondgesteldheid. Met behulp van rekenmodellen kunnen we dan een plan opstellen. Maar het is belangrijk dat er eerst een grote pilot komt om te controleren of de berekeningen kloppen. En om bijvoorbeeld na te gaan hoeveel gasbellen er nodig zijn om de grond te verstevigen. Hoe lang en hoe vaak dien je te injecteren? Onder meer naar die vragen doen twee promovendi bij ons momenteel onderzoek.”

Dat goed onderzoek belangrijk is, onderschrijft Karin Hazewinkel van Archipunt, dat het plan mede opstelde. “Wij denken ongeveer een half jaar nodig hebben als voorbereidingstijd. Dan kijken we onder meer naar de bodem en naar grondeigenaren en waar leidingen lopen. Het is uiteraard maatwerk.”



Het Groningse dorp Middelstum kan door de inzet van bacteriën en diepwanddempers voor 26,5 miljoen euro worden beschermd.

Naast bacteriën zijn er nog meer maatregelen wenselijk, stelt Hazewinkel. Een ring met zogeheten diepwanddempers moet de huizen ook beschermen tegen horizontale trillingen (oppervlaktegolven) van aardbevingen. “Om een dorp of groep huizen wordt dan een tien meter diepe sleuf gegraven. Daarin komen met lucht gevulde kunststofzakken. Die absorberen trillingen. Het is onderhoudsvrij. Mocht er toch een deel beschadigd zijn, dan is het eenvoudig per compartiment te vervangen”, zegt ze. Ook een gracht van water is overwogen, maar is door de geringere diepte minder effectief dan de diepwanddempers volgens Hazewinkel. “Een watergracht kan je vanwege stabiliteit en effecten op het grondwater niet zo gemakkelijk diep maken en neemt veel ruimte in beslag.”

Als voorbeeld werkten Archipunt en LievensCSO al een plan van aanpak uit voor het pittoreske Groningse Middelstum. Het dorp krijgt een diepwanddempers van 2,5 kilometer en een diepte van vijftien meter. De kosten bedragen 7,5 miljoen euro. Het is ook nodig deels biologische te versterken op een diepte van elf meter tegen een prijs van 19 miljoen euro. Een conservatieve inschatting, volgens Van Paassen. Hij vermoedt dat het zelfs goedkoper kan. Hazewinkel laat weten dat het plan is opgestuurd naar de NAM en dat ze binnenkort in gesprek gaan over de uitvoerbaarheid van het voorstel.

Ad Tisink
Dorpen afschermen van aardbevingen is volgens Archipunt en LievensCSO veel slimmer dan elke woning apart versterken. Met hun wilde plan ‘Groninger Gasvesten’ pleiten de bureaus voor diepwanddempers en luchtbelletjes in de bodem om verweking van zandlagen tegen te gaan.

Het was een opvallende manoeuvre begin deze week. De discussie over aardbevingsbestendig bouwen in Groningen spitst zich al ruim een jaar toe op het bedenken van slimme maatregelen om woningen bouwkundig te versterken. Onder leiding van de NAM zoeken aannemers, ingenieursbureaus, en toeleveranciers koortsachtig naar solide verbindingen tussen vloeren, daken en muren. Die verbindingen moeten gemakkelijk kunnen worden aangebracht, terwijl die vlakken zelf verstijfd moeten worden. Maar bouwkundig adviesbureau Archipunt en ingenieursbureau LievensCSO gooiden het over een compleet andere boeg. Zij zoeken de oplossing op een grotere schaal en proberen complete dorpskernen in één keer te beschermen door de aardbevingsgolven te dempen. Dat levert geen overlast op in de woningen, de ruimtelijke kwaliteit blijft behouden en lijkt nog stukken goedkoper ook.

Meest in het oog springende idee uit Gasvesten is een diepwandsleuf gevuld met luchtzakken. Die breekt de schokgolven die zich bij aardbevingen dicht onder de oppervlakte voortplanten. Dat zijn volgens Waldo Molendijk van LievensCSO de golven die de meeste schade aan woningen veroorzaken. De zak moet uiteraard gebalast worden om oprijven te

voorkomen. De bovenste meter kan afgedekt worden om het landschap niet te verstoren. En verder moet er nog veel worden uitgewerkt, beseft ook Molendijk. “Luchtdruk is bijvoorbeeld alzijdig en als je daar geen maatregelen voor treft is dus op 10 meter diepte, waar het grondwater met een bar overdruk tegen de zak drukt, net zo

hoog als direct onder maaiveld.” Die luchtzak moet dus geëngineerd worden met aparte kamers, versterkingsschotten of wat dan ook. Maar dat is volgens Molendijk allemaal oplosbaar en kan volgens hem niet tot enorme kostenoprijving leiden vergeleken met de dure raming die nu is gemaakt en is ingediend bij het ideeënloket van de NAM. “Technisch komt het evenmin uit de lucht vallen; het borduurt voort op ideeën die deels zijn toegepast om trillingen rond sporttunnels en andere infrastructuur te dempen.”

Naast de diepwanddempers richt Groninger Gasvesten zich ook op het tegengaan van verweking van de zandlaag onder de dorpen. Ook dat is een belangrijke oorzaak van schade bij mogelijk toekomstige zwaardere aardbevingen. Door de trillingen die optreden willen de zandkorrels zich

herschikken, maar het water kan niet snel genoeg weg, waardoor de laag zich vloeibaar gaat gedragen. Daardoor kunnen grote zakkingen aan maaiveld ontstaan. Bij een aardbeving bij Roermond ontstonden zo zandfontein. De verweking kan volgens Molendijk worden tegengegaan door de zandkorrels aan elkaar te laten kittern door kalksteenvormende bacteriën. Molendijk gaf destijds persoonlijke leiding aan het onderzoek naar dergelijke SmartSoils binnen het toenmalige Geodelft.

Maar persoonlijk heeft hij hogere verwachtingen van een andere techniek uit dat onderzoeksprogramma, dat na het opgaan van GeoDelft in Deltareis op een laag pitje werd gezet. Bacteriën kunnen namelijk ook worden ingezet om gas en luchtbelletjes

te maken in de ondergrond. Aangezien gas in tegenstelling tot water samendrukbaar is, kunnen op die manier piekspanningen in het grondwater worden opgevangen. In Japan zijn er al praktijkproeven gedaan met het op die manier injecteren van lucht. Het is volgens Molendijk zaak de bacteriën die van nature in de bodem voorkomen te vreden zodat ze actiever worden en gas gaan produceren. “Toen we daar met GeoDelft tien jaar geleden proeven naar deden, werden we benaderd door buitenlandse partijen die onze onderzoeken interessant vonden voor bijvoorbeeld kerncentrales in aardbevingsgevoelige regio’s. Voor die toepassing hadden wij zelf toen weinig interesse, omdat dat probleem zich in Nederland niet voordeed. We had kunnen bevredigen dat het tien jaar later voor ons wel actueel zou zijn.”

27.000 EURO PER WONING

Archipunt en LievensCSO hebben hun plan doorgerekend voor het dorpje Middelstum in het Groningse aardbevingsgebied. Daar komen ze op totale kosten van zo’n 30 miljoen euro. Omgerekend is dat zo’n 27.000 euro per woning. Veel lager dan de 75.000 euro die nu wel wordt genoemd als nodig om de woningen individueel te versterken. Mocht de diepwanddempers, die nu voor 7,5 miljoen euro in de boeken staat, onverhoopt duurder uitvallen, dan is er volgens Waldo Molendijk van LievensCSO nog voldoende speelruimte waardoor het een interessante oplossing blijft. Op zijn minst een kleinschalige pilot waard.

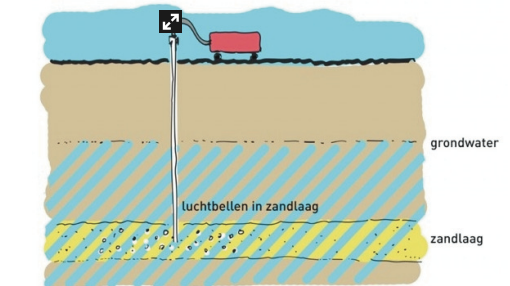


Foto via RTV Noord

Onderzoek van de TU Delft zou hebben uitgewezen dat het plaatsen van de airbags en het versterken van de grond tussen de luchtzakken en het aardoppervlak haalbaar is. Er hangt wel een prijskaartje aan: voor het dorpje Middelstum zou het om 30 miljoen euro gaan, wat neerkomt op 27.000 euro per woning. Dat klinkt als veel geld, maar zou goedkoper zijn dan het individueel verstevigen van huizen. Het plan dat is opgesteld met een in ondergrondse leidingen gespecialiseerd ingenieursbureau is ingediend bij de NAM.

HP DE TIJD

Fascinerend: deze ondergrondse airbags moeten Groningse aardbevingen opvangen

door De Redactie

De onrust in Groningen is groot. Waar de bevingen als gevolg van het oppompen van aardgas eerder vooral in dunbevolkte gebieden plaatsvonden, was er recent ook een beving te voelen in het centrum van de gelijknamige hoofdstad.

De bekoelde reactie van minister Henk Kamp dat dit een ‘fact of life’ deed niet veel goed: Groningers (en daarbuiten) maken zich zorgen om de veiligheid van de provincie en zoeken naar oplossingen.

Het Groningse bouwkundig adviesbureau Archipunt zegt nu een oplossing te hebben gevonden: ondergrondse airbags. In bijvoorbeeld het dorpje Middelstum kunnen volgens Archipunt op zo’n 10 tot 15 meter onder grond, over een lengte van zo’n 2,5 kilometer, kunststof luchtzakken kunnen worden geplaatst. Die zijn in staat om een beving met een kracht van 5 op de schaal van Richter te verminderen tot 3,5.