Deltares DeltaBrain Funderingstechniek

Maatschappelijke kosten en baten van het gebruik

drs ir. Rafael Saitua
drs. Martin Koning

Eindrapport
Januari 2010

INHOUDSOPGAVE

Conclusies en aanbevelingen 1

Samenvatting 3

1 Inleiding 17

2 Schatting van de baten en kosten van het gebruik 21
2.1 Algemene methodologie 21
2.2 Damwanden 22
2.2.1 Koppeling van de risicoschaal met schadegevallen 22
2.2.2 Relatie tussen schadekosten en schadegevallen 23
2.2.3 Schatting van de baten en kosten 23
2.3 Geprefabriceerde palen 27
2.3.1 Koppeling van de risicoschaal met schadegevallen 27
2.3.2 Relatie tussen schadekosten en schadegevallen 28
2.3.3 Schatting van baten en kosten 28
2.4 Conclusies 31

3 Verklaringen van marktfalen uit de economische literatuur 35
3.1 Algemeen 35
3.2 Faalkosten als gevolg van marktfalen 35
3.3 Marktfalen door informatie onvolmaaktheid 35
3.4 Toepassing literatuurstudie op de funderingsmarkt 38

4 Toetsing met marktpartijen 41
4.1 Algemeen 41
4.2 Werken in relatief eenvoudige omgevingen 41
4.3 Werken in complexe omgevingen 42
4.4 Suggesties voor verdere ontwikkeling 43

5 Aanbevelingen 44

Literatuur 45

BIJLAGE A Gemiddelde kosten van maatregelen 46

Conclusies en aanbevelingen

Op basis van ons onderzoek komen wij tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- Als alle door het expertsysteem voorgestelde maatregelen voor het verlagen van het risicoprofiel van een ontwerp worden overgenomen, dan zijn de kosten van de maatregelen algemeen genomen hoger dan het kostenvoordeel van de lagere schades. Per saldo levert het expertsysteem in de huidige vorm de gebruikers geen voordeel op.

- Echter, een voorselectie, waarbij rekening wordt gehouden houdt met de kans op schade en de kosten van de maatregelen om schade te verminderen kan met name voor damwanden wel een positief batig saldo worden gerealiseerd. Het expertsysteem zou bij de advisering rekening moeten houden met een inschatting van de baten en kosten van de maatregelen. Dit betekent het toevoegen van een economische invulling bij het aanbevelen van maatregelen. Lagere risicoprofielen ten gevolge van maatregelen moeten worden uitgedrukt in de kans op vermindering van het aantal schadegevallen. De daarmee gepaarde gaande kostenreducties moeten worden vergeleken met de kosten van mogelijke maatregelen om faalkosten te reduceren. Alleen bij een positief netto resultaat moeten maatregelen worden geadviseerd.

- Het systeem kan maatregelen momenteel alleen onafhankelijk van elkaar adviseren. Het systeem kan ook het effect van combinaties van maatregelen evalueren. Aanbevolen wordt dat het expertsysteem bij concurrerende (combinaties van) maatregelen die (combinatie van) maatregel adviseert die de grootste netto baten oplevert.

- Het uitbreiden van een databank met ervaringen en de ontwikkeling van een expertsysteem om van deze ervaringen te leren zou zich moeten richten op gecompliceerde en/of vernieuwende projecten (in een pionierfase). In dit geval voegt het invoeren van nieuwe ervaringen een waardevolle bijdrage toe. Naarmate projecten min of meer standaard worden is een statisch elektronisch systeem voldoende. In dit geval voegt het invoeren van meer ervaringen weinig meerwaarde toe.

- Grote opdrachtgevers (Rijkswaterstaat, Rijksgebouwendienst, grote gemeenten) zouden gestimuleerd kunnen worden om afspraken te maken om het gebruik van het systeem te bevorderen. Bijvoorbeeld door het verplicht stellen van het gebruik van het systeem voor complexe projecten. Het zijn met name deze opdrachtgevers die met (de kosten van) schade op aanpalende gebouwen worden geconfronteerd, waardoor zij van de invoering van het systeem kunnen profiteren. Daarom is het van belang om hinder en schade richting de omgeving mee te nemen in de voorspelling.

- Om de exploitatie van het systeem te vergemakkelijken, zeker in de moeilijke startfase, kan de mogelijkheid van subsidiering worden bekeken. Marktfalen waaronder niet (volledig) te internaliseren baten rechtvaardigt dit.

Samenvatting

Het Economisch Instituut voor de Bouw (EIB) heeft in opdracht van het kennisinstituut Deltares de voordelen van het gebruik van het DeltaBrain Funderingstechniek systeem voor gebruikers en de maatschappij in kaart te brengen. Dit systeem is een methodiek, die uitkomsten van rekenmodellen, metingen, ervaringen en expertkennis combineert met behulp van technieken uit de wereld van kunstmatige intelligentie.

Schatting van de baten en de kosten van het DeltaBrain Funderingstechniek systeem

Voor het bepalen van de baten van het gebruik van het DeltaBrain Funderingstechniek systeem is gebruikt gemaakt van de mogelijkheden die de databanken van damwanden en geprefabriceerde palen en het expertsysteem bieden. De databank bevat informatie van een aantal gerealiseerde projecten met de daarbij opgetreden schadegevallen en schadekosten. Het expertsysteem geeft, uitgaande van de karakteristieken van de verschillende projectontwerpen, suggesties om verschillende schadegevallen te reduceren. Dit gebeurt op basis van risicoprofielen. Hoewel het expertsysteem bedoeld is voor nog te realiseren projecten is het in deze studie toegepast op de gerealiseerde projectontwerpen uit de databank.
Op basis van veranderingen in risicoprofielen kunnen de baten en kosten van de door het expertsysteem voorgestelde maatregelen voor de projecten uit de ervaringendatabank worden berekend. Hiervoor is eerst met het expertsysteem het risicoprofiel van het project bepaald zoals deze in de praktijk is gerealiseerd. Bij dit 'oorspronkelijke' risicoprofiel is een cijfer toegekend aan het risico op het optreden van een bepaalde schadegebeurtenis. Hoe hoger het cijfer hoe hoger het risico. Vervolgens geeft het expertsysteem - indien mogelijk - een aantal afzonderlijke maatregelen die de kans op schade verminderen met hierbij een aangepast cijfer (uiteraard lager) voor het risicoprofiel. Het systeem is vooralsnog niet in staat om zelf een combinatie van maatregelen voor te stellen die het risicoprofiel het meest efficiënt verlaagd.

De risicoprofielen zijn uitgedrukt in een waarde op een interne schaal. Deze waarde is niet gelijk aan de kans op het optreden van schade. Om de baten van het systeem te kunnen berekenen moeten deze waarden eerst worden vertaald in kansen op het ontstaan van schade. De vertaling van de interne risicoschaal in de kans van schade is door ons op basis van regressies tussen het risicoprofiel van de ontwerpen uit de ervaringendatabank en het aantal daarbij opgetreden schadegebeurtenissen uitgevoerd en getoetst. [1] Vervolgens is het verschil in de kans op schade toegepast op het groot aantal projecten uit de ervaringendatabank om de reductie van schadegebeurtenissen (bijvoorbeeld het aantal damwanden dat niet op gewenste diepte komt) te bepalen. Om tot slot nog het verschil in schadekosten te kunnen bepalen is eveneens op basis van de ervaringendatabank de relatie tussen het aantal schadegevallen en de omvang van de hierbij opgetreden schade 3en de daarmee gepaard gaande kosten met regressies bepaald. Met deze relaties is berekend tot welke reductie van schadegevallen de invoering van verschillende maatregelen leidt en de mate waarin dit tot lagere kosten leidt.

[1] Het effect van maatregelen op het risicoprofiel is niet door ons getoetst, maar is door Deltares zelf gevalideerd.

Recapitulerend bestaat de methodiek om de baten te bepalen uit de volgende stappen:
1. vertalen van de interne risicoschaal in kansen op concrete schadegebeurtenissen;
2. vertalen van het verschil in risico van de door het expertsysteem afzonderlijk voorgestelde maatregel in vermindering van het aantal schade gebeurtenissen;
3. bepalen van het verschil in kosten (saldo van hogere kosten van de maatregelen en de schadekostenreductie als gevolg van het minder optreden van schadegebeurtenissen.

Damwanden

Het expertsysteem geeft alleen voor het aantal planken 'niet op diepte' een risicoprofiel, die een betrouwbare samenhang kent met de daadwerkelijk in de praktijk opgetreden schadegevallen. Dit risicoprofiel is op basis van regressies vertaald in kansen op het aantal planken dat 'niet op diepte' komt. Ook de schadekosten zijn op basis van regressies bepaald op basis van de schadekosten van de schadegevallen uit de ervaringendatabank.

Toepassing van maatregelen zoals het expertsysteem adviseert
Voor de projecten waarbij in de praktijk geen schade is opgetreden kunnen de maatregelen geen kostenreductie realiseren. Dit is alleen mogelijk voor die projecten, waarbij wel schade is opgetreden. Voor deze projecten is de voorwaardelijke risicokans toegepast om het aantal schadegevallen te bepalen en vervolgens is hier de kostenvergelijking op toegepast om het verschil in schadekosten te berekenen. De maatregelen worden echter geadviseerd voor meer projecten waarbij ook zonder maatregelen geen schade is opgetreden. Tegenover de baten staan de kosten van de maatregelen. De resultaten voor de verschillende maatregelen worden in tabel 1 weergegeven. Voor de maatregelen waarvan in de tabel geen kosten zijn opgenomen geldt dat hiervoor (nog) geen betrouwbare kostengegevens beschikbaar waren.

De onvoorwaardelijke toepassing van het expertsysteem voor alle projecten waarvoor maatregelen worden aanbevolen leidt vaak tot schadekostenreducties die lager zijn dan de kosten van de geadviseerde maatregelen. Dit komt omdat maatregelen worden aanbevolen in projecten waar in de praktijk geen schade is opgetreden. Feitelijk wordt alleen voor de maatregel 'slagkracht trilblok' een voordeel behaald van circa € 93.000.

Tabel 1 **Baten en kosten van de door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's**

	Aantal planken[1]	Baten per plank	Kosten per plank	Netto baten
Enkel/dubbel	17.396	6	25	-323.600
Fluideren	50.266	10	-	-
Naheien	50.266	13	30	-864.600
Pulldown	50.266	8	-	-
Reductie slotwrijving	50.266	10	-	-
Slagkracht trilblok	20.579	10	5	92.600
Spuiten	50.266	14	-	-
Voorboren	50.266	16	-	-
Weerstandmoment	37.502	5	50	-1.672.900

[1] Aantal planken waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

Selectieve toepassing van maatregelen
Het rendement van het systeem kan echter aanzienlijk worden verbeterd als het expertsysteem de maatregelen selectiever adviseert. Hiervoor moet een voorspelling worden gemaakt van het effect van de maatregelen op de schadegebeurtenis 'niet op diepte'. Deze voorspelling is gemaakt op basis van een statistische relatie tussen de reductie van het risicoprofiel en het optreden van schade. Voor alle projecten waarvoor maatregelen worden aanbevolen wordt op basis daarvan een voorspelling van de schadereductie ('niet op diepte') ten gevolge van de maatregel gemaakt. De maatregel wordt alleen toegepast als de met de voorspelling van de schadereductie samenhangende kosten groter zijn dan de kosten van de maatregel. Op dit niveau wordt uiteraard gedaan alsof men niet weet of 'niet op diepte' in de praktijk (achteraf) is opgetreden.
Daar maatregelen soms met elkaar concurreren en het systeem nog niet in staat is combinaties van maatregelen te adviseren hebben wij ook voor elk project de maatregel gekozen die het grootste verwachte batig saldo oplevert (vermindering schade minus kosten van de maatregel). Als geen maatregel in de voorspelling een batig saldo oplevert dan wordt voor dat project geen maatregel getroffen.

Vervolgens is de reductie van het aantal 'niet op diepte' en de daarmee samenhangende kostenreductie bepaald voor de projecten waarbij feitelijk 'niet op diepte' is opgetreden. Deze kostenbesparing wordt vergeleken met de kosten van de maatregelen over alle projecten waarbij maatregelen zijn getroffen, afgezien of achteraf in de praktijk wel of geen schade is opgetreden. Tabel 2 geeft het volgende beeld van de baten en kosten.

Tabel 2 **Baten en kosten van selectieve toepassing van alleen de meest gunstige door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's**

	Aantal planken[1]	Baten per plank	Kosten per plank	Netto baten
Enkel/dubbel	67	263	25	16.000
Slagkracht trilblok	9.214	18	5	122.200
Weerstandmoment	316	137	50	27.500
Totaal	**9.597**			**165.700**

[1] Aantal planken waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

De maatregel 'naheien', die een positief resultaat oplevert, is niet in tabel 2 opgenomen, omdat volgens Deltares de reductie van het risicoprofiel door de maatregel nog niet is gevalideerd. Andere maatregelen zijn weggelaten omdat hiervoor geen betrouwbare kostengegevens beschikbaar waren. Op basis van de bovenstaande resultaten kan worden geconcludeerd dat selectieve toepassing van de genoemde maatregelen een batig saldo oplevert. De totale baten worden aanzienlijk groter dan bij het niet selectief toepassen van het expertsysteem, een toename tot circa € 166.000.

Geprefabriceerde palen

Het expertsysteem geeft op dit moment voor de schadegevallen 'niet op diepte', 'paalbreuk' en 'paalschade' een 'oorspronkelijk' risicoprofiel en een risicoprofiel na het nemen van afzonderlijke maatregelen. De verhouding tussen de cijfers van het risicoprofiel en de omvang van verschillende schadegevallen is echter alleen voor 'niet op diepte' significant als alle projecten worden betrokken. Voor 'paalbreuk' en 'paalschade' is alleen voor de projecten waarbij feitelijk 'paalbreuk' respectievelijk 'paalschade' is opgetreden een significante relatie tussen de omvang van de schades en het risicoprofiel.
Voor de schadegebeurtenissen 'paalschade' en 'paalbreuk' is de verwachte omvang van de schade grofweg benaderd door de voorwaardelijke verwachte waarde van de schadeomvang (schade omvang gegeven dat schade > 0) te vermenigvuldigen met het percentage projecten met respectievelijk 'paalschade' en 'paalbreuk'. Dit maakt uiteraard een voorspelling van de verwachte omvang van 'paalbreuk' en 'paalschade' voor de verschillende projecten op basis van de risicoprofielen minder betrouwbaar, omdat de statistische relatie waarop deze voorspelling is gebaseerd onvoldoende robuust is.
Op vergelijkbare wijze als voor damwanden is via een regressie een schatting gemaakt voor de kostenreductie als gevolg van de reductie van deze schadegevallen.

Toepassing van maatregelen zoals het expertsysteem adviseert
Toepassing van het expertsysteem voor alle maatregelen en projecten die het expertsysteem adviseert leidt in bijna alle gevallen tot kosten van de maatregelen die groter zijn dan de faalkostenreductie. De resultaten voor de verschillende maatregelen worden in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3 **Baten en kosten van de door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's**

	Aantal palen[1]	Baten per paal	Kosten per paal	Netto baten
Spuiten	28.179	3,5	-	-
Geschikte muts	28.179	2,5	2	14.400
Voorboren	28.179	3,1	-	-
Valhoogte aanpassen	28.179	3,0	10	-198.000
Deskundige ploeg	28.179	3,6	5	-24.700
Paaldoorsnede	8.787	1,0	13	-105.600
HOH-afstand	14.797	3,1	0	46.000
Voorspanning beton	18.103	1,6	21	-334.300
Slagkracht heiblok	12.426	3,0	10	-86.500
Hydraulisch/diesel heiblok	326	0,0	14	-4.600

[1] Aantal palen waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

Alleen voor 'geschikte muts' en 'HOH-afstand' is er sprake van een positief netto resultaat, van respectievelijk ruim € 14.000 en € 46.000.

Selectieve toepassing van maatregelen
Net zoals voor de damwanden kan een selectie worden gemaakt door middel van een voorspelling. De relatie waarop deze voorspelling is gebaseerd is echter statistisch gezien minder betrouwbaar (zie boven). Selectieve toepassing leidt tot de volgende resultaten:

Tabel 4 **Baten en kosten van selectieve toepassing van de door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's**

	Aantal palen[1]	Baten per paal	Kosten per paal	Netto baten
Geschikte muts	16.328	2,2	2	3.100
Valhoogte aanpassen	6.665	3,3	10	-45.000
Deskundige ploeg	11.644	2,8	5	-19.500
Paaldoorsnede	0	0	13	0
HOH-afstand	14.797	3,1	0	46.000
Voorspanning beton	0	0	21	0
Slagkracht heiblok	633	0	10	-6.300
Hydraulisch/diesel heiblok	36	0	14	-500

[1] Aantal palen waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

Het aantal maatregelen met een positief resultaat wordt niet groter, alleen de mate waarop de maatregel een negatief resultaat oplevert wordt in een aantal gevallen lager. Bij 'geschikte muts' werkt de voorselectie averechts ten opzichte van toepassing van het expertsysteem zonder voorselectie. Het blijkt dat de maatregel niet wordt toegepast bij projecten waar achteraf toch baten zijn opgetreden. Een en ander heeft te maken met de eerder genoemde slechte kwaliteit van de voorspelling van de schadereductie voor 'paalschade' en 'paalbreuk'.
Conclusie is dat anders dan bij de damwanden voorselectie voor de palen niet werkt vanwege de slechte voorspelkracht van het risicoprofiel.
Alleen de maatregelen 'HOH-afstand' en 'geschikte muts' levert bij de huidige stand van zaken van het expertsysteem op dit moment een zinvolle toepassing van het expert systeem op.
De kosten van 'HOH-afstand' staan in tabel 3 en tabel 4 op nul, omdat minder en zwaardere palen worden gebruikt. De kosten van het leveren van minder, maar zwaardere palen worden lager. Het heien wordt wel wat duurder, maar per saldo zijn de meerkosten te verwaarlozen. Dit is echter omgeven met enige onzekerheid, omdat waarschijnlijk extra kosten ontstaan buiten het funderingswerk.
Het is aan te bevelen dat het systeem momenteel zich beperkt tot het advies van 'HOH-afstand' (maatregel met de grootste netto baten) en als dit niet aan de orde is de maatregel 'geschikte muts' pas voorstelt.

Conclusies van de baten en kosten van het systeem

Als het expertsysteem wordt toegepast op alle projecten waarvoor maatregelen worden aanbevolen dan krijgt men achteraf voor de projecten waar enige vorm van schade optreedt voor de meeste maatregelen hogere kosten dan baten.

Met een voorselectie gebaseerd op een voorspelling van de kosten en baten van de verschillende maatregelen voor de verschillende projecten kan voor de damwanden een aanzienlijke verbetering van de netto baten worden verkregen. Voor de palen is dit niet het geval , omdat de voorspelling van de te verkrijgen netto baten per project minder betrouwbaar is. In dit geval kan het systeem zich momenteel beperken tot het adviseren van 'HOH-afstand' en als dit niet aan de orde is op 'geschikte muts'.

Als men voor elk project de maatregel selecteert die de beste voorspelling van de netto baten geeft krijgt men een batig saldo van € 165. 650 voor de damwandendatabank. Als voor de palen databank de advisering zich beperkt tot 'HOH-afstand" is het batig saldo € 46.000. Dit zullen wij hanteren in de kostenbaten overzicht. Hierbij moet er wel rekening mee worden gehouden dat voor 'HOH-afstand' er sprake kan zijn van additionele kosten voor de constructie die op de fundering rust. Maar deze maatregel kan ook additionele baten opleveren (voor het beperken van andere schades dan 'niet op diepte') en in een aantal gevallen kan waarschijnlijk worden gecombineerd met geschikte muts, die ook een positief resultaat oplevert. In dit kader lijkt dus het opnemen van een positief batig saldo van € 46.000 voor de palen verantwoord.

De faalkosten voor de damwanden bedragen totaal € 2.798.500 en voor palen € 875.000. Dit impliceert een faalkostenreductie van circa 6% voor de damwanden en ruim 5% voor de palen.
Berekend over de 50.266 planken die de grond ingaan is dit een besparing van € 3,3 per plank. Hierbij moeten nog de kosten van het invoeren van de data van de projecten in het expertsysteem door het betrokken bedrijf worden afgetrokken. De kosten van de data invoer kunnen worden geschat op circa € 0,5 per plank, zodat de netto batten circa € 2,8 per plank bedragen.
Gegeven de 29.252 palen die in de geanalyseerde projecten de grond ingaan bedraagt de besparing per plank circa € 1,6 per paal. Hierbij moeten nog de kosten van het invoeren van de data van de projecten in het expertsysteem door het betrokken bedrijf worden afgetrokken die op circa € 0,7 kunnen worden geschat, zodat voor de palen de netto baten per paal € 0,9 bedragen.

De totale netto batten (damwanden + palen) door toepassing van het expertsysteem op de projecten van de databank komen uit op circa € 212.000 bedragen. Uitgaande van marginale kosten van het handhaven van het expertsysteem van circa € 12.000 per jaar (over 5 jaar) en de eerder genoemde kosten van de data invoer in het expertsysteem van circa € 46.000 levert dit een totaal batig saldo van circa € 106.000 op.
Hierbij valt echter het volgende op te merken:

- De database is slechts een beperkte afspiegeling van het totaal aantal projecten dat in de praktijk wordt uitgevoerd.
- Het gebruik van de ervaringsdatabase heeft ook baten die bij bovenstaande berekeningen buiten beschouwing zijn gelaten.

Tabel 5 geeft een samenvatting de baten en kosten van het expertsysteem.

Tabel 5 **Totale baten en kosten van selectieve toepassing van alleen de meest gunstige door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's**

	Planken	Palen	Totaal
Netto baten	165.700	46.000	211.700
Invoerkosten	25.100	20.500	45.600
Totale besparing gebruiker	140.600	25.500	166.100
Systeemkosten			60.000
Saldo baten en kosten			**106.100**
Totaal aantal elementen	50.266	29.252	
Besparing per element	2,8	0,9	

Bron: EIB

Enig voorbehoud is hier wel op zijn plaats omdat een aantal relaties en parameters met onzekerheid zijn omgeven, met name de relaties tussen schadegevallen en de daarmee gepaard gaande kosten en de kosten van de maatregelen. Anderzijds is te verwachten dat naarmate meer ervaringen in het systeem worden geïntroduceerd het expertsysteem beter en meer betrouwbare voorspellingen zal geven. Bovendien heeft het beschikken van een database waar waardevolle ervaringen zijn opgenomen een additionele waarde voor de gebruikers.
Dit betekent dat met enige mate van zekerheid kan worden gesteld dat de jaarlijkse toepassing van het systeem op een aantal projecten vergelijkbaar met de omvang van de huidige databanken van damwanden en palen positieve maatschappelijke baten oplevert. De vraag is dan ook waarom het expert systeem dan niet spontaan door de markt wordt omarmd.

Verklaringen van marktfalen uit de economische literatuur

Het belangrijkste inzicht uit de economische literatuurstudie voor de funderingsmarkt is dat er situaties kunnen ontstaan waarbij de kosten van de maatregelen om (een deel van) de faalkansen van funderingsprojecten te verminderen kleiner zijn dan de kosten verbonden met faalkansen en toch het marktmechanisme zonder interventies van buitenaf niet kan voorkomen dat dergelijke situaties ontstaan. Toepassing van het expertsysteem als instrument om faalkansen te reduceren kan een speciaal geval hiervan zijn. Marktfalen kan verklaren waarom het systeem niet spontaan door de markt wordt omarmd.
Dit type marktfalen heeft te maken met onvoldoende prikkels voor één of meer marktpartijen in de bouwkolom van funderingswerken om maatregelen te nemen om de faalkans te verminderen.
Gebrek aan transparantie in de funderingsmarkt kan hierbij een rol spelen. Bijvoorbeeld als het niet volkomen duidelijk is wat de oorzaak is van een bepaalde schade of wie daarvoor verantwoordelijk is of welke maatregelen zouden kunnen worden genomen om die schade te voorkomen.

Meer specifiek, kunnen in de funderingsmarkt maatschappelijk suboptimale situaties ontstaan ten gevolge van (hoge) faalkansen als één of meer schakels in de bouwkolom (faal)schade bijna kosteloos kunnen afwentelen op de andere schakels in de bedrijfskolom, waardoor uiteindelijk de eigenaar van het project de kosten draagt.
Uit het voorgaande blijkt dat het belangrijk is het proces en de marktstructuur van de funderingsmarkt goed te omschrijven en mogelijk ontoereikende prikkels of informatie onvolmaaktheden in kaart te brengen.
In de funderingsmarkt kunnen de volgende partijen worden onderscheiden: de opdrachtgevers, de ontwerpers, de hoofd-en onderaannemers.

Opdrachtgevers
De opdrachtgever treedt namens een belanghebbende of eigenaar van het project op. Hierbij kan reeds een situatie van onvoldoende prikkels ontstaan, als in de relatie tussen de opdrachtgever[2] en de eigenaren sprake is van een 'soft budget restriction'. Er is in dit geval sprake van een 'soft budget restriction' als kostenoverschrijdingen (of vertragingen) geen of onvoldoende consequenties hebben voor de opdrachtgever, omdat er geen of onvoldoende sancties bestaan voor kostenoverschrijdingen en vertragingen.
Voor de opdrachtgever zou het bijvoorbeeld aantrekkelijk kunnen zijn een ogenschijnlijk goedkoop project te kiezen waarbij een grote kans bestaat dat achteraf bij de realisering de kosten worden overschreden of vertraging ontstaat met de daarmee gepaard gaande maatschappelijke kosten. De aard van de politieke besluitvorming kan hierbij een rol spelen. In een dergelijk geval is eerder sprake van overheidsfalen.
Ook de aard van het politieke proces kan een 'soft budget restriction' in de hand werken als bijvoorbeeld een bepaald project 'kost wat kost' voor een bepaalde tijd gereed moet zijn, of als politici door de druk van bepaalde lobby's bepaalde projecten willen doordrukken. Hiervoor kunnen 'goedkope projecten' en lage kostenramingen instrumenteel zijn.

Ontwerpers
Vraag is in welke mate ontwerpers verantwoordelijk worden gesteld voor het ontstaan van faalkosten in funderingswerken die te wijten zijn aan risicovolle ontwerpen, bijvoorbeeld door moeilijk te realiseren bestekken. Als ontwerpers daarvoor in onvoldoende mate verantwoordelijk worden gesteld hebben zij onvoldoende prikkels om een ontwerp op realiseerbaarheid te toetsen. Gebrek aan transparantie, veel ontwerpers met wisselende opdrachtgevers zijn factoren die het opbouwen van reputatie in de weg kunnen staan.

Hoofd/onderaannemers
Er kan sprake van marktfalen zijn als hoofd/onderaannemers faalkosten bij de opdrachtgever kunnen verhalen, bijvoorbeeld omdat niet volkomen eenduidig is wat de oorzaak van het falen is. Immers, de hoofd- of onderaannemer kan argumenteren dat de oorzaak aan het ontwerp (bestek) te wijten is of aan onvoorziene gebeurtenissen als obstakels in de grond.

[2] In de literatuur wordt deze relatie 'principal-agent' genoemd. De agent verricht namens de principal een aantal handelingen. Vaak is hierbij sprake van asymmetrische informatie, waarbij de agent over meer informatie beschikt dan de principal. Als principal kan de belastingbetaler zijn of namens hem het Ministerie van Verkeer en Waterstaat worden gezien. Rijkswaterstaat of een ander uitvoerende dienst is de agent. De vraag is of het ministerie als principal goed kan beoordelen of een bepaalde vertraging of kostenoverschrijding van een project maatschappelijk wel te rechtvaardigen is.

Mogelijke problemen bij de invoering van het systeem

Gebrek aan voldoende prikkels om faalkosten te reduceren kan ook de invoering van het systeem bemoeilijken. Immers, het expertsysteem vormt een speciaal geval van maatregelen om faalkosten te reduceren.

Een ander probleem is dat het voor potentiële gebruikers niet helder kan zijn in welke mate het gebruik van het systeem tot een betere kwaliteit van hun product leidt.
Voor potentiële gebruikers speelt de onvolmaaktheid van de informatie ook een rol.
Het systeem kan te kampen hebben met de fase waarin de reputatie opgebouwd moet worden, of met andere woorden het systeem eerst zijn nut moet bewijzen. De MKBA en de verdere ontwikkeling van het expertsysteem in de lijn van onze aanbevelingen zou een rol kunnen spelen om de onbekendheid met de informatie terug te brengen. Zo zouden bijvoorbeeld opdrachtgevers het gebruik van het expertsysteem door ontwerpers in bepaalde gevallen kunnen voorschrijven.

Een andere belangrijk element van het invoeren van het systeem is dat het een netwerkkarakter heeft. Doordat het systeem zelflerend is, zal naarmate in de databank meer ervaringen worden opgenomen de aantrekkelijkheid van het systeem toenemen. Daarnaast zijn de kosten van het systeem in grote mate vaste kosten. Als het aantal abonnees waarvoor het systeem onderhouden wordt toeneemt zullen de kosten relatief veel minder snel toenemen.

In systemen waarbij de baten voor de gebruikers groter worden naarmate het aantal abonnees toeneemt zijn er soms startmoeilijkheden. Een manier om dit te overwinnen is in eerste instantie versimpelde versies van het systeem gratis ter beschikking te stellen, in ruil voor ervaringen voor de databank. In de gratis versie kunnen enkele globale resultaten worden geleverd die voor iedereen van belang zijn. Dit is eigenlijk wat Deltares met dit systeem reeds probeert te doen.
Daarna, als de kwaliteit van het systeem door de ervaringen is verbeterd en dit duidelijk aantoonbaar is kan er tegen betaling een uitgebreidere versie worden aangeboden. Partijen die hun ervaringen ter beschikking stellen zouden daarvoor ook betaald moeten worden.
Een andere karakteristiek van het systeem is dat de baten niet voor elke potentiële gebruiker dezelfde hoeven te zijn. Het kan zijn dat zeer ervaren ontwerpers of aannemers geringe baten van het systeem hebben (zij zijn reeds goed) terwijl minder ervaren concurrenten belangrijke baten kunnen hebben. Er is dan sprake van kennis spillovers die aantrekkelijk zijn voor het maatschappelijke rendement van de bedrijfstak als geheel, maar niet per se aantrekkelijk hoeven te zijn voor afzonderlijke bedrijven.
Het bestaan van kennis spillovers met marginale baten die hoger zijn dan marginale kosten kan een reden zijn voor subsidiering, vanwege het maatschappelijk belang. Elke toetreder tot het systeem houdt alleen rekening met zijn baten terwijl ook de andere deelnemers baat hebben van zijn toetreding.
Heterogeniteit van potentiële gebruikers vormt sowieso een probleem, omdat het tarief voor de verschillende gebruikers van het expertsysteem moeilijk te differentiëren valt, terwijl de betalingsbereidheid van verschillende klanten anders ligt. Dit kan tot gevolg hebben dat het systeem door het hanteren van een homogeen tarief een onvoldoende aantal gebruikers krijgt voor een rendabele exploitatie, terwijl met een gedifferentieerde tarief dit wel mogelijk zou zijn.
Kennis spillover, heterogeniteit van de potentiële gebruikers en het netwerkkarakter kunnen argumenten zijn voor subsidiering, met name in de startfase zodat een lager tarief gelijk voor elke gebruiker kan worden gesteld en de impasse wordt doorbroken in een situatie waarbij de maatschappelijke baten groter zijn dan de maatschappelijke kosten.

Toetsing bij marktpartijen

Interviews hebben plaatsgevonden uitgaande van het Deltares Funderingstechniek systeem als een systeem dat zich op de vermindering van faalkosten bij de uitvoering van funderingswerken richt. In dit kader zijn twee opdrachtgevers, twee ontwerpers, twee hoofdaannemers en drie onderaannemers geïnterviewd.

Uit de gesprekken is naar voren gekomen dat uitgaande van de complexiteit het werk in twee soorten kan worden gegroepeerd:

- het inbrengen van palen en in mindere mate damwanden in een relatief eenvoudige omgeving;
- het inbrengen van damwanden (bouwputten) en in mindere mate palen in een complexe omgeving, zoals:
  - stedelijke gebieden met aanpalende gebouwen. In het bijzonder bouwputten daarin kunnen heel gecompliceerd zijn;
  - procesindustrie met boven en naast de fundering complexe en dure installaties;
  - gecompliceerde grond;
  - grote diepte van damwanden/palen.

De vraag is wat het systeem voor beide soortwerken extra brengt.

Inbrengen van palen en damwanden in relatief eenvoudige omgevingen

Wat dit soort werken betreft lijkt dat de meeste gevallen van falen te maken hebben met het gebruik van verkeerd materieel of type damwanden/palen. Dit is waarschijnlijk niet zo zeer een probleem van onbekendheid maar van verkeerde prikkels. Het gebruiken van bepaald materieel dat in bepaalde gevallen meer risico's met zich mee brengt kan voor de onderaannemer goedkoper zijn, terwijl hij vaak de kosten van het falen niet (volledig) draagt.
De indruk bestaat dat voor dit soort werken een relatief eenvoudig systeem volstaat (een elektronisch boek). Immers, dit is een relatief statistisch soort werk waarbij nu in principe reeds voldoende kennis aanwezig is. Het is wel nuttig dat deze kennis geregistreerd en gebundeld is. Een dynamisch expertsysteem lijkt hiervoor niet nodig. Het is ook zo dat er veel kleine bedrijven zijn die zich tot dit soort werken richten. Voor deze bedrijven lijkt een relatief eenvoudig en goedkoop elektronisch 'statistisch' systeem toereikend.[3]

Inbrengen van damwanden (bouwputten) en palen in complexe omgevingen

Bij dit soort werken speelt reputatie een belangrijke rol. Opdrachtgevers selecteren partijen die reeds evaringen hebben met complexe werken. Gemeenten hanteren vaak een koppeling van gespecialiseerde ontwerpers met voorgeselecteerde aannemers.
Bij de procesindustrie nemen opdrachtgevers zelfs soms 'hun' aannemers naar het buitenland als de grond dezelfde karakteristieken heeft als in Nederland. In de procesindustrie maken de funderingskosten vaak een relatief klein deel van de totale kosten, terwijl de kosten van het falen door de interactie met andere activiteiten van het project enorm kunnen zijn. Vertragingen zijn voor de procesindustrie fataal. Problemen met aanleunende gebouwen willen gemeenten voorkomen. Opdrachtgevers zijn dus bereid meer te betalen om falen te voorkomen.

[3] Om zo'n elektronisch 'statistisch' systeem te realiseren is uiteraard het invoeren en analyseren van ervaringen noodzakelijk. Maar als dit reeds in voldoende mate is gebeurd, heeft het invoeren van nog meer ervaringen weinig meerwaarde. Deze waarnemingen zullen het statistisch beeld niet veranderen en kan vanwege de invoerkosten beter met de invoer van extra waarnemingen worden gestopt.

De indruk bestaat dat deze sector relatief efficiënt werkt, maar dat in een aantal gevallen sprake kan zijn van informatieachterstand. Immers, de toenemende complexiteit van de projecten leidt tot onvoorziene complicaties.
Het registreren van (nieuwe) ervaringen in complexe omgevingen kan in deze sector heel nuttig zijn, men kan leren van de ervaringen van anderen. Volgens de geïnterviewden kan het Deltares Funderingstechniek systeem in deze sector een belangrijk rol spelen. Het is wel opmerkelijk dat meeste partijen (met één uitzondering) hebben gezegd het systeem erg nuttig te vinden voor anderen maar niet voor zichzelf. Meeste geïnterviewde partijen menen zelf over voldoende ervaringen te beschikken, een soort expertsysteem in de hoofden van de medewerkers van het bedrijf.

Omdat er steeds nieuwe ervaringen met complexe omgevingen worden opgedaan leidt registratie en analyse daarvan in een databank tot een dynamisch zelflerend systeem, althans voor een periode. De huidige databank is volgens de meeste geïnterviewden nog niet volledig, omdat onder ander de omgeving (problemen met aanpalende gebouwen) nog niet in de databank is opgenomen en dat is juist een van de belangrijkste problemen bij dit soort werken. De kwaliteit van de huidige invullingen zou ook te wensen over laten. Omdat de invullers geïnteresseerde partijen zijn die niet altijd bereid zijn objectief naar hun eigen fouten te kijken of evaringen met concurrenten te delen is door een opdrachtgever gesuggereerd de ervaringen met projecten ook door de directie van het werk te laten invullen. Een andere suggestie was een vergoeding te geven, zodat de invullingen serieuzer worden genomen.

Suggesties van marktpartijen voor verdere ontwikkeling van het Deltares Funderingstechniek systeem

Een aantal aannemers heeft de mogelijkheid geopperd dat het gebruik van het Deltares Funderingstechniek systeem door opdrachtgevers verplicht zou kunnen worden gesteld. Daar opdrachtgevers vaak de partij zijn die de faalkosten dragen zijn zij ook degenen die het meeste baat van de toepassing van het systeem zullen hebben. Zij zouden ook de macht hebben om de toepassing van het systeem te bewerkstelligen.

Een ander probleem genoemd door enkele partijen voor de invoering van het systeem is de betrouwbaarheid. Partijen zouden soms terughoudend zijn met het leveren van informatie, omdat het bekend maken van faalgevallen hun reputatie zou kunnen schaden. In weer andere gevallen (ontwerpers) zouden concurrentieoverwegingen aan de basis van de terughoudendheid kunnen liggen. Daarom is gesuggereerd ook de opdrachtgevers van het werk te betrekken bij het verstrekken van informatie over de projecten en enige vormen van compensatie te bieden.

Enkele conclusies van de literatuurstudie en de toetsing bij marktpartijen

Van de gespreken met de verschillend marktpartijen kan worden geconcludeerd dat er vaak situaties zijn waarbij onvoldoende prikkels bestaan om schade te voorkomen. Dit komt doordat ontwerpers en/of (onder)aannemers niet de (volledige) schadekosten dragen. Meestal zijn de opdrachtgevers degenen die uiteindelijk het leeuwendeel van de schadekosten dragen. Het zijn dan ook de opdrachtgevers die primair van de voordelen van Deltabrain profiteren en zouden (indirect) de kosten daarvan moeten dragen. Zij zouden ook het initiatief kunnen nemen om het gebruik van het systeem in bepaalde situaties verplicht te stellen.
DeltaBrain kan te kampen hebben met de fase waarin reputatie en een bepaalde schaal moet worden opgebouwd. Dit brengt startmoeilijkheden met zich mee. Bekendheid van de voordelen kan een belangrijk rol spelen om deze moeilijkheden te overwinnen.

Kennisspillovers naar minder ervaren marktpartijen, heterogeniteit van potentiële gebruikers en het netwerkkarakter van het systeem kunnen argumenten zijn voor subsidiering, met name in de in de startfase.

1 Inleiding

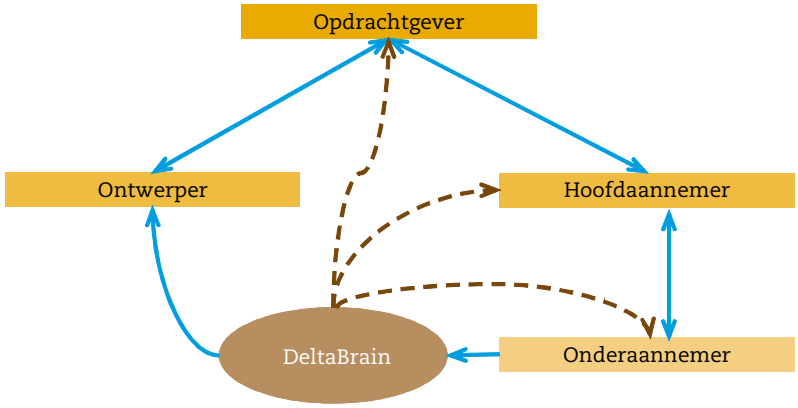
Het kennisinstituut Deltares heeft het Economisch Instituut voor de bouw (EIB) gevraagd om de baten en kosten van het gebruik van het systeem Deltares Funderingstechniek (DeltaBrain) voor gebruikers en de maatschappij in kaart te brengen. Met dit onderzoek wil Deltares aantonen dat integraal gebruik van dit systeem door de keten van ontwerpers, opdrachtgevers, hoofdaannemers en gespecialiseerde (onder)aannemers belangrijke voordelen voor gebruikers biedt.

DeltaBrain is een methodiek, die uitkomsten van rekenmodellen, metingen, ervaringen en expertkennis combineert met behulp van technieken uit de wereld van kunstmatige intelligentie. DeltaBrain bestaat uit verschillende onderdelen. In dit onderzoek wordt alleen gekeken naar DeltaBrain Funderingstechniek.

DeltaBrain Funderingstechniek richt zich specifiek op het in de grond brengen van funderingspalen en damwanden.
Praktijkervaringen bij de uitvoering van funderingswerken worden in een databank bijeengebracht. Het gaat hier om een aantal indicatoren van het project (onder ander bodemgesteldheid, gebruikte palen, wandelementen en machines) en informatie over de problemen en de hieruit voortvloeiende kosten die bij de uitvoering zijn opgetreden. Het systeem biedt de mogelijkheid aan aannemers in funderingswerken om deze ervaringen via een internetsite in te voeren. Dit gebeurt op vrijwillige basis, maar kan via een optionele raw-bepaling door de opdrachtgever ook dwingend in de contractvoorwaarden worden opgenomen.
Deze databank aan ervaringen worden in het systeem gekoppeld met rekenmodellen en expert opinions, zodat een expertsysteem wordt opgebouwd. Door ontwerpen van funderingen en damwanden in het systeem in te brengen kunnen in de ontwerpfase al risico's op uitvoeringsproblemen van het ontwerp worden geduid en kan het systeem met behulp van achterliggende ontwerptechnieken aanpassingen van het ontwerp aanbevelen. Dit kan bijvoorbeeld afhankelijk van de specifieke bodemkarakteristieken en de te bereiken diepte reden zijn om een ander type funderingspaal of type trilmachine te gebruiken.

Het potentieel voordeel van het gebruik van DeltaBrain is dat hiermee een aantal problemen bij de uitvoering van ontwerpen kunnen worden vermeden. Het bouwproject kan tegen lagere (faal)kosten worden uitgevoerd en de kans op vertragingen kan hiermee worden teruggebracht. DeltaBrain is bedoeld als de ontbrekende schakel in de informatie-uitwisseling tussen de gespecialiseerde onderaannemer (praktijk) en de ontwerper (theorie). Bovendien levert het systeem een grote databank aan ervaringen op, die ook voor nieuwe kennisontwikkeling waarde kan hebben.

Figuur 1 **Relatie tussen ontwerper, opdrachtgever, hoofd- en onderaannemers met DeltaBrain als ontbrekende schakel in informatieoverdracht**



Bron: EIB

Doelstelling van DeltaBrain Funderingstechniek is voordelen te bieden aan verschillende groepen gebruikers:

- *ontwerpers* in staat te stellen om de kennis en ervaringen bij de uitvoering te gebruiken in het ontwerp. Het systeem geeft informatie over de uitvoerbaarheid van het ontwerp, de risico's en de consequenties die hiermee gebonden zijn en de mogelijkheden om het ontwerp hierop te verbeteren;
- *opdrachtgevers* in staat te stellen om ontwerpen te toetsen op uitvoeringsrisico's. Hiermee heeft de opdrachtgever een middel om de risico's op hogere kosten en/of vertragingen te verminderen;
- *aannemers* (hoofd- en funderingswerken gespecialiseerde aannemers) in staat te stellen hun ervaringen te delen met de ontwerpers en opdrachtgevers;
- *onderzoekers* in staat te stellen om met behulp van de databank met ervaringen om ontwerpmodellen te verbeteren.

Het is duidelijk dat DeltaBrain belangrijke maatschappelijke voordelen kan bieden voor verschillende gebruikers. Een vermindering van de faalkosten met enkele procenten lijkt al voldoende om de kosten van het in stand houden van DeltaBrain te dekken.

Het onderzoek richt zich op de maatschappelijke baten en kosten van toepassing van DeltaBrain Funderingstechniek. Hiervoor moeten alle relevante maatschappelijke effecten in kaart worden gebracht en vervolgens worden gekwantificeerd. Bij de effecten gaat het om de verschillen tussen het gebruik van DeltaBrain ten opzichte van de situatie, waarin het systeem niet wordt toegepast. Het gaat bij DeltaBrain Funderingstechniek vooral om de beperking van faalkosten en alle daaruit voortvloeiende effecten. Bij faalkosten gaat het zowel om de kosten die leiden tot hogere kosten van het bouwproject als om het later beschikbaar komen van het bouwproject. Dit deel van het onderzoek wordt in hoofdstuk 2 beschreven.

Naast de potentiële voordelen die DeltaBrain de gebruikers kan opleveren is het ook van belang te bekijken welke prikkels individuele partijen hebben om het systeem ook daadwerkelijk te gaan voeden met informatie en/of te gaan gebruiken om ontwerpen te toetsen en eventueel aan te passen. Op basis van de economische literatuur is in hoofdstuk beschreven welk type marktfalen er voor zorgt dat één of meerdere van de betrokken partijen niet zelf het initiatief nemen om de faalkosten te reduceren, en welke noodzakelijke condities er voor de partijen aanwezig moeten zijn om DeltaBrain Funderingstechniek wel te gaan gebruiken en de beoogde voordelen ook daadwerkelijk in de praktijk te realiseren.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 op basis van interviews met vertegenwoordigers van ontwerpers, opdrachtgevers, hoofd - en gespecialiseerde aannemers getoetst hoe in de praktijk momenteel de prikkels van partijen liggen om de faalkosten te reduceren en welk marktfalen partijen ervan weerhoudt om hiertegen maatregelen te treffen. Vervolgens analyseren wij hoe het gebruik van het systeem op de hierboven beschreven werking van de markt kan doorwerken. Hierbij wordt op een aantal vragen ingegaan: Wie profiteert primair van de voordelen van DeltaBrain Funderingstechniek en hoe werkt dit verder door in de markt? Welke partijen zijn het meest geëigend om de kosten van het instandhouden van DeltaBrain te dragen? Wie profiteert van de verdere kennisontwikkeling op basis van de ervaringsdatabank? In hoeverre kan er sprake zijn van free riders gedrag? Welke aanvullende maatregelen zijn er nodig om het gebruik van DeltaBrain Funderingstechniek door de betrokken partijen te bevorderen?

Tot slot worden in hoofdstuk 5 enkele aanbevelingen beschreven voor verdere ontwikkeling van DeltaBrain Funderingstechniek.

2 Schatting van de baten en kosten van het gebruik

2.1 Algemene methodologie

Om de baten van het DeltaBrain-systeem in te schatten, is gebruikt gemaakt van de mogelijkheden die zowel de databanken van damwanden en geprefabriceerde palen als het expertsysteem van DeltaBrain bieden. De databank bevat informatie van een groot aantal gerealiseerde projecten met de daarbij opgetreden schadegevallen en -kosten. Het expertsysteem geeft - gegeven de karakteristieken van een projectontwerp – suggesties voor maatregelen om het optreden van schadegebeurtenissen te verminderen. Dit laatste gebeurt op basis van risicoprofielen. Hoewel het expertsysteem eigenlijk bedoeld is voor de ontwerpfase van projecten is, is het in deze studie toegepast op gerealiseerde projecten, waarvan de ervaringen bij het inbrengen van damwanden of heipalen in de databestanden zijn opgenomen.

Op basis van veranderingen in risicoprofielen kunnen de baten en kosten van de door de DeltaBrain voorgestelde maatregelen voor de projecten uit de ervaringendatabank worden berekend. Hiervoor is eerst met het expertsysteem het risicoprofiel van het project bepaald zoals deze in de praktijk is gerealiseerd. Bij dit ‘oorspronkelijke’ risicoprofiel is een cijfer toegekend aan het risico op het optreden van een bepaalde schadegebeurtenis. Hoe hoger het cijfer hoe hoger het risico. Vervolgens geeft het expertsysteem - indien mogelijk - een aantal afzonderlijke maatregelen die de kans op schade verminderen met hierbij een aangepast cijfer (uiteraard lager) voor het risicoprofiel. Het systeem is vooralsnog niet in staat om zelf een combinatie van maatregelen voor te stellen die het risicoprofiel het meest efficiënt verlaagd.

De risicoprofielen zijn uitgedrukt in een waarde op een interne schaal. Deze waarde is niet gelijk aan de kans op het optreden van schade. Om de baten van het systeem te kunnen berekenen moeten deze waarden eerst worden vertaald in kansen op het ontstaan van schade. De vertaling van de interne risicoschaal in de kans van schade is door ons op basis van regressies tussen het risicoprofiel van de ontwerpen uit de ervaringendatabank en het aantal daarbij opgetreden schadegebeurtenissen uitgevoerd en getoetst. Vervolgens is het verschil in de kans op schade toegepast op het groot aantal projecten uit de ervaringendatabank om de reductie van schadegebeurtenissen (bijvoorbeeld het aantal damwanden dat niet op gewenste diepte komt) te bepalen. Om tot slot nog het verschil in schadekosten te kunnen bepalen is eveneens op basis van de ervaringendatabank de relatie tussen het aantal schadegevallen en de omvang van de hierbij opgetreden schade met regressies bepaald. Met deze relaties is berekend tot welke reductie van schadegevallen de invoering van verschillende maatregelen leidt en de mate waarin dit tot lagere kosten leidt.

Recapitulerend bestaat de methodiek om de baten te bepalen uit de volgende stappen:
1. vertalen van de interne risicoschaal in kansen op concrete schadegebeurtenissen;
2. vertalen van het verschil in risico van de door het expertsysteem afzonderlijk voorgestelde maatregel in vermindering van het aantal schade gebeurtenissen;
3. bepalen van het verschil in kosten (saldo van hogere kosten van de maatregelen en de schadekostenreductie als gevolg van het minder optreden van schadegebeurtenissen.

2.2 Damwanden

2.2.1 Koppeling van de risicoschaal met schadegevallen

Om de interne risicoschaal van DeltaBrain te kunnen vertalen in de kansen op het aantal schadegebeurtenissen zijn er twee relaties geschat:

Onvoorwaardelijke relatie
Deze relatie is geschat voor alle projecten. Deze relatie moet worden toegepast in de situatie dat men nog niet weet of er schade zal optreden. Deze relatie is dus nuttig om voorspellingen te kunnen maken van de schadereductie ten gevolge van maatregelen.
Het percentage van het aantal planken (damwandelementen) dat van het totaal aantal planken niet op de gewenste diepte is gekomen wordt verklaard uit het door het expertsysteem berekende risicoprofiel van het in de praktijk gerealiseerde ontwerp van de in de ervaringendatabank opgenomen projecten.

De volgende relatie is gevonden voor het percentage planken dat 'niet op diepte' is gekomen:[4]

$$ppn = \underset{(0,008)}{0,026}\ rpn \qquad N = 286,\ R^2 = 0,033 \qquad \textbf{2.1}$$

met ppn : percentage aantal planken niet op diepte binnen het project
rpn : risicoprofiel van gerealiseerd ontwerp

In vergelijking 2.1 is de constante verwijderd omdat het teken van de coëfficiënt negatief en niet significant was. De zeer lage R^2 geeft aan dat het risicoprofiel slechts een klein deel van het aantal gebeurtenissen kan verklaren, waarbij planken niet op diepte kwamen. Blijkbaar zijn er andere factoren hierbij van grotere invloed. Omdat deze vergelijking voor het bepalen van de verschillen in het aantal opgetreden schadegevallen wordt gebruikt en niet voor het absolute niveau is deze vergelijking wel goed toepasbaar.

Dezelfde regressies zijn gedaan voor andere schadegebeurtenissen, zoals bijvoorbeeld het 'uit het slot lopen' en dergelijke. Al deze regressie gaven verkeerde resultaten of waren verre van significant. Blijkbaar heeft de databank met praktijkervaringen nog te weinig waarnemingen om voor de andere schadegebeurtenissen goede voorspellingen te kunnen geven.

Voorwaardelijke relatie
Hierbij is dezelfde regressie uitgevoerd, maar nu alleen voor die projecten (waarnemingen) waar de schadegebeurtenis ook daadwerkelijk optrad. Deze vergelijking is bedoeld om de omvang van de schade te kunnen bepalen voor projecten uit de databank waarvoor maatregelen worden geadviseerd en in de praktijk schade is opgetreden. Voor die projecten waar geen schade in de praktijk is opgetreden zal dit ook het geval zijn als het risicoprofiel door een maatregel wordt verlaagd. Alleen die projecten waar een schadegebeurtenis is opgetreden kan een maatregel de kans op een schadegebeurtenis verkleinen. Van de 286 projecten waren er 29 projecten waarbij planken niet op diepte kwamen. Hiervoor is de onderstaande 'voorwaardelijke' relatie van toepassing.:

$$ppn = \underset{(0,07)}{0,22}\ rpn \qquad N = 29,\ R^2 = 0,3 \qquad \textbf{2.2}$$

[4] Tussen haakjes staat de standaardafwijking van de geschatte coëfficiënt, N is het aantal waarnemingen waarop de regressie is toegepast en R^2 is de determinatiecoëfficiënt, die een maat is voor de verklaringskracht van de vergelijking.

Deze voorwaardelijke relatie geeft een betere verklaring voor het percentage planken dat in een project niet op diepte kwam. Ook hier is de constante weggelaten omdat deze niet significant was en het wel of niet weglaten nauwelijks invloed heeft op de andere coëfficiënt. Net zoals bij de onvoorwaardelijke relatie zijn voor alle andere schadegevallen de regressies tussen oorspronkelijke risico's en de schades bij verre niet significant en soms hebben zij ook het verkeerde teken.

Op basis van de regressieresultaten moeten wij concluderen dat alleen voor de schadegebeurtenis, waarbij planken niet op diepte komen, een betrouwbare schatting is te geven van de lagere kans op deze schade gegeven de vermindering van het door het expertsysteem gegeven verschil in risicoprofiel als gevolg van een voorgestelde maatregel. Voor de overige schadegebeurtenissen is dit niet mogelijk, waardoor voor deze schadegebeurtenissen de baten en kosten van maatregelen niet kan worden bepaald.

2.2.2 Relatie tussen schadekosten en schadegevallen

Om de baten van een maatregel te kunnen bepalen moet eerst de relatie worden geschat tussen het aantal planken dat niet op diepte is gekomen en de schadekosten die hiermee gepaard gingen. De regressie gaf het volgende resultaat:

$$kst = \underset{(998)}{3324}\ apn \qquad N = 18,\ R^2 = 0{,}4 \qquad \textbf{2.3}$$

met kst : alle kosten die samenhangen met de schadegebeurtenissen
apn : aantal planken dat niet op de gewenste diepte is gekomen

Ook in deze vergelijking is de constante vanwege de lage significantie weggelaten. De coëfficiënt voor het aantal planken niet op diepte is hierdoor groter en significanter. Overigens heeft de waarde van de constante geen invloed op de resultaten omdat in de analyse het verschil in kosten door de maatregel wordt genomen,waarbij de coëfficiënt wegvalt. Deze coëfficiënt lijkt hoog, maar het gaat hierbij om alle schadekosten die met het niet op diepte komen samenhangen.

2.2.3 Schatting van de baten en kosten

Toepassing van de adviezen van het expertsysteem
Voor de projecten waarbij in de praktijk geen schade is opgetreden kunnen de maatregelen geen kostenreductie realiseren. Dit is alleen mogelijk voor die projecten, waarbij wel schade is opgetreden. Voor deze projecten is de voorwaardelijke relatie 2.2 toegepast om het aantal schadegevallen te bepalen en vervolgens is hier de kostenvergelijking 2.3 op toegepast om het verschil in schadekosten te berekenen. De maatregelen worden echter geadviseerd voor meer projecten waarbij ook zonder maatregelen geen schade is opgetreden.
Tegenover de baten staan de kosten van de maatregelen. In bijlage A worden de kosten van de maatregelen nader onderbouwd.

De huidige operationele versie van het expertsysteem van DeltaBrain geeft de gebruiker alle maatregelen die het risicoprofiel van een ontwerp verbeteren. Het systeem doet dit ook voor die gevallen waarbij de verwachte gemiddelde schadereductie lager is dan de kosten van de deze maatregelen. Voor deze gevallen leveren de maatregelen de gebruiker per saldo geen baten op, maar werkt juist kostenverhogend. Dat dit het geval kan zijn blijkt uit tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baten en kosten van de door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's

	Aantal planken[1]	Baten per plank	Kosten per plank	Netto baten
Enkel/dubbel	17.396	6	25	-323.600
Fluideren	50.266	10	-	-
Naheien	50.266	13	30	-864.600
Pulldown	50.266	8	-	-
Reductie slotwrijving	50.266	10	-	-
Slagkracht trilblok	20.579	10	5	92.600
Spuiten	50.266	14	-	-
Voorboren	50.266	16	-	-
Weerstandmoment	37.502	5	50	-1.672.900

[1] Aantal planken waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

In tabel 2.1 staan voor alle maatregelen die het expertsysteem voorstelt om het risico op het niet op diepte komen van planken te verlagen. Deltares heeft de maatregelen gevalideerd, maar het expertsysteem gaf vooralsnog alleen voor de maatregelen 'slagkracht trilblok', 'weerstandmoment' en 'enkel/dubbel' een duidelijke positieve validatie. Ook zijn er maatregelen waarvoor geen betrouwbare gemiddelde kosten beschikbaar zijn, waardoor ook de netto baten van deze maatregelen niet konden worden berekend. Van de vier maatregelen waarvoor dit wel kan levert slechts de maatregel 'slagkracht trilblok' positieve netto baten op. De andere drie maatregelen leveren de gebruikers gemiddeld genomen juist hogere kosten op.

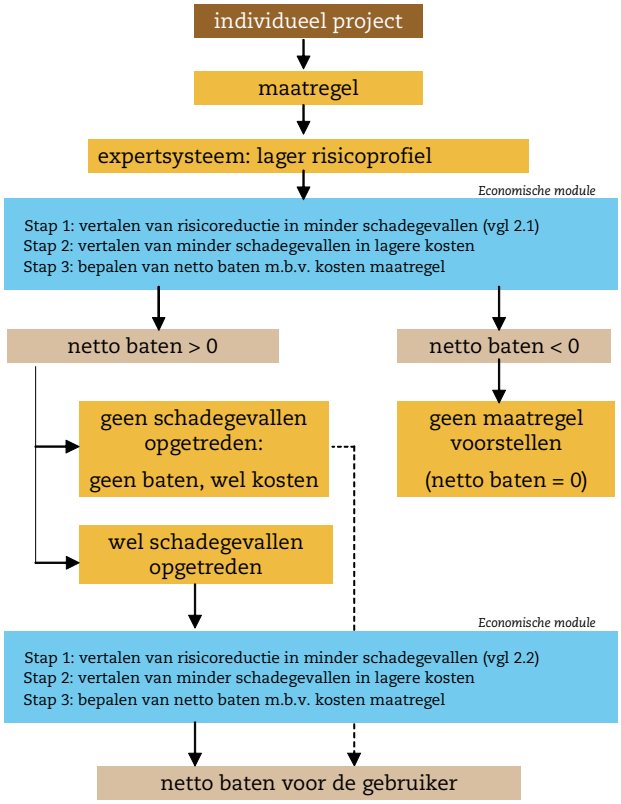
Toepassing van het expertsysteem met een voorselectie

De vraag die zich voordoet is hoeveel baten het expertsysteem van DeltaBrain oplevert als alleen die maatregelen worden voorgesteld, waarbij vooraf de schadekostenreductie lager wordt ingeschat dan de kosten van de maatregel. DeltaBrain moet hiervoor eerst een voorselectie maken, waarbij voor ieder project de vermindering van het aantal schades van een maatregel wordt bepaald (met behulp van de 'onvoorwaardelijke' relatie 2.1) en vervolgens de vermindering van de schadekosten hiervan wordt berekend en wordt afzet tegen de kosten van de maatregelen. Op basis van deze economische module worden dan alleen de maatregelen voorgesteld met een vooruitzicht op een netto kostenreductie. Het weglaten van de maatregelen voor de onvoordelige situaties vergroot de baten van het expertsysteem.

Voor het bepalen van de baten en kosten van het expertsysteem bij een voorselectie geldt dezelfde berekeningswijze als zonder de voorselectie. Zo leveren maatregelen waarbij in de praktijk geen schade is opgetreden geen baten op en wordt voor de overige gevallen de 'voorwaardelijke' relatie 2.2 toegepast. Het aantal projecten waarvoor een maatregel wordt

voorgesteld neemt hierdoor af. In figuur 3.1 is de berekeningswijze met voorselectie schematisch weergegeven.

Figuur 3.1 Schematische weergaven van berekeningswijze van netto baten bij voorselectie



Bron: EIB

De voorselectie is alleen toegepast op de afzonderlijke maatregelen waarvoor ook de kosten van de maatregel bekend is. In principe kan de voorselectie ook op combinaties van maatregelen worden toegepast. Op deze wijze kan ook de optimale mix aan maatregelen worden bepaald. Dit is op dit moment met DeltaBrain nog niet mogelijk.
Andere maatregelen zijn buiten beschouwing gelaten omdat onvoldoende informatie over de kosten was.

In tabel 2.2 worden baten en kosten van de afzonderlijke maatregelen beschreven, waarbij alleen de maatregel worden voorgesteld als deze naar verwachting een positieve baat voor de gebruiker oplevert.

Tabel 2.2 **Baten en kosten van selectieve toepassing van de door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's**

	Aantal planken[1]	Baten per plank	Kosten per plank	Netto baten
Enkel/dubbel	348	76	25	17.700
Naheien	5.713	54	30	134.900
Slagkracht trilblok	9.215	18	5	120.100
Weerstandmoment	352	123	50	25.700

[1] Aantal planken waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

Voor al de vier maatregelen geldt dat deze bij selectieve toepassing de gebruiker per saldo positieve baten opleveren. In de tabel is ook 'naheien' opgenomen, maar hiervoor geldt dat validatie van het expertsysteem voor deze maatregel vooralsnog geen goede verklaringskracht biedt.

Toepassing van het expertsysteem met per project de beste maatregel
Bovengenoemde resultaten gelden voor de afzonderlijke maatregel. In de praktijk zal een keuze tussen de maatregelen moeten worden gemaakt. Per project is gekeken naar welke maatregel op basis van de inzichten vooraf[5] de hoogste netto baat oplevert. Vervolgens zijn de totale kosten en baten van deze maatregelen berekend (zie tabel 2.3). Hierbij zijn alleen die maatregelen genomen, die bij validatie vooruitzicht op betrouwbare resultaten gaven.

[5] Dit zijn dezelfde inzichten als bij de voorselectie.

Tabel 2.3 **Baten en kosten van selectieve toepassing van alleen de meest gunstige door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's**

	Aantal planken[1]	Baten per plank	Kosten per plank	Netto baten
Enkel/dubbel	67	263	25	16.000
Slagkracht trilblok	9.214	18	5	122.200
Weerstandmoment	316	137	50	27.500
Totaal	**9.597**			**165.700**

[1] Aantal planken waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

Van de maatregelen wordt 'slagkracht trilblok' het meeste toegepast. Ondanks de lagere baten per plank biedt deze maatregel in de meeste gevallen per saldo de hoogste baten op. De maatregelen 'enkel/dubbel' en 'weerstandmoment' worden veel minder vaak aanbevolen. Door de voorselectie en de keuze voor de beste maatregel komen de netto baten van het gebruik van het expertsysteem van DeltaBrain uit op een netto kostenreductie van € 165.650 voor een pakket van projecten waarbij 50.266 planken de grond ingaan. Dit is een netto besparing van € 3,3 euro per plank. Gerekend over de 9.597 planken waarbij maatregelen worden getroffen is de netto kostenreductie € 17,3 euro per plank.

2.3 Geprefabriceerde palen

2.3.1 Koppeling van de risicoschaal met schadegevallen

Naar analogie met de damwanden is ook voor de heipalen een 'onvoorwaardelijke' en een 'voorwaardelijke' relatie geschat:

Onvoorwaardelijk
De onvoorwaardelijke relatie tussen het oorspronkelijke risicocijfer en de verschillende schadesoorten blijkt alleen voor het 'niet op diepte' komen van de paal significant te zijn (vergelijking 2.4). Voor 'paalschade' en 'paalbreuk' geeft de relatie het verkeerde teken en is bovendien niet significant.

$$ppn = \underset{(0{,}004)}{0{,}024}\ rpn \qquad N = 647,\ R^2 = 0{,}046 \qquad \textbf{2.4}$$

De constante was niet significant en is weggelaten. Dit had geen effect op de grootte van de coëfficiënt.

Voorwaardelijk
De voorwaardelijke regressies, waarbij alleen de waarnemingen (projecten) zijn gebruikt waar in de praktijk daadwerkelijk de schadegebeurtenis optrad, geven voor drie schadegebeurtenissen de volgende resultaten:

De voorwaardelijke regressie ‘niet op diepte’ geeft het volgende beeld:

$$ppn = \underset{(0,089)}{0,214\ rpn} + \underset{(1,222)}{2,208} \qquad N = 15,\ R^2 = 0,292 \qquad \textbf{2.5}$$

De regressie voor ‘paalschade’ geeft:

$$pps = \underset{(0,008)}{0,042\ rps} + \underset{(0,893)}{3,356} \qquad N = 81,\ R^2 = 0,016 \qquad \textbf{2.6}$$

De regressie voor breuk levert het volgende resultaat:

$$ppb = \underset{(0,051)}{0,063\ rpb} + \underset{(1,02)}{1,926} \qquad N = 50,\ R^2 = 0,03 \qquad \textbf{2.7}$$

met
- pps : percentage aantal palen met paalschade binnen een project
- rps : risicoprofiel voor paalschade van het ontwerp
- ppb : percentage aantal palen met paalbreuk binnen een project
- vpb : risicoprofiel voor paalbreuk van het ontwerp

De standaardafwijking van de constante geeft in geen van de gevallen aanleiding om deze weg te laten. Alle regressies leveren een significante waarde voor coëfficiënt op.

2.3.2 Relatie tussen schadekosten en schadegevallen

Om de kosten van vermindering van de schadegevallen te kunnen bepalen is een regressie uitgevoerd tussen de schadekosten en het aantal palen met schade (‘niet op diepte’, ‘paalschade’ en ‘paalbreuk’). Bij de regressie zijn alleen die waarnemingen (projecten) gebruikt die voor al de vier variabelen een positieve waarde hadden. De regressie levert het volgende resultaat op:

$$kst = \underset{(597)}{614\ apb} + \underset{(652)}{1,044\ Apn} + \underset{(216)}{685\ aps} + \underset{(2,6)}{1,8} \qquad N = 31,\ R^2 = 0,78 \qquad \textbf{2.8}$$

met
- apb : aantal palen met schade
- aps : aantal palen met breuk

De hoge R^2 geeft aan dat met deze vergelijking een groot deel van de schadekosten kan worden verklaard. Van de coëfficiënten is vooral die voor ‘paalschade’ significant.

2.3.3 Schatting van baten en kosten

Toepassing van de adviezen van het expertsysteem
Voor heipalen is op vergelijkbare wijze als voor de damwanden (paragraaf 2.2.1) het saldo aan kosten en baten berekend van alle door het expertsysteem voorgestelde maatregelen. In tabel 2. zijn de resultaten hiervan weergegeven.

Tabel 2.4 **Baten en kosten van de door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's**

	Aantal palen[1]	Baten per paal	Kosten per paal	Netto baten
Spuiten	28.179	3,5	-	-
Geschikte muts	28.179	2,5	2	14.400
Voorboren	28.179	3,1	-	-
Valhoogte aanpassen	28.179	3,0	10	-198.000
Deskundige ploeg	28.179	3,6	5	-24.700
Paaldoorsnede	8.787	1,0	13	-105.600
HOH-afstand	14.797	3,1	0	46.000
Voorspanning beton	18.103	1,6	21	-334.300
Slagkracht heiblok	12.426	3,0	10	-86.500
Hydraulisch/diesel heiblok	326	0,0	14	-4.600

[1] Aantal palen waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

Voor die maatregelen waarvan de kosten van de maatregel niet beschikbaar waren kon ook geen netto baten worden bepaald. Van alle maatregelen bieden alleen de maatregelen 'geschikte muts' en 'HOH-afstand' de gebruiker per saldo voordeel op. Voor de overige maatregelen geldt dat DeltaBrain deze maatregelen ook adviseert in situaties waarbij de verwachte schadekostenreductie kleiner is dan de kosten van de maatregel. Het is mogelijk dat de kosten van 'HOH-afstand' niet in de kosten van de fundering terechtkomen, maar in hogere bouwkosten voor de constructie die de palen moet dragen.

Toepassing van het expertsysteem met een voorselectie
Net zoals voor de damwanden is voor heipalen bekeken of een voorselectie van de maatregelen de baten van DeltaBrain niet substantieel kan verhogen (op basis van vergelijking 2.4). Bij de voorselectie worden alleen die maatregelen geadviseerd als de verwachte vermindering van de schadekosten voldoende opwegen tegen de kosten van de maatregel.

Het probleem bij heipalen is dat alleen voor de schadegebeurtenis 'niet op diepte' de regressie plausibele en significante resultaten voor de 'onvoorwaardelijke' relatie opleverde. Voor de schadegebeurtenissen 'paalschade' en 'paalbreuk' is de verwachte omvang van de schade grofweg benaderd door de voorwaardelijke verwachte waarde van de schadeomvang te vermenigvuldigen met het percentage projecten met respectievelijk 'paalschade' en 'paalbreuk':

$$pps = 0{,}042 \; rps \times 14\% \qquad \textbf{2.9}$$

$$ppb = 0{,}063 \; rpb \times 9\% \qquad \textbf{2.10}$$

De vergelijkingen 2.4, 2.9 en 2.10 zijn bij de voorselectie gehanteerd om de verwachte reductie van het aantal palen met de drie type schade te bepalen. Vervolgens is hierop vergelijking 2.8 toegepast om de reductie in de totale schade te berekenen. Alleen als deze reductie groter is dan de kosten van de maatregelen wordt de maatregel geadviseerd.

Vervolgens zijn is voor die projecten waarbij een maatregelen wel wordt voorgesteld – eveneens naar analogie van de damwanden - de netto baten berekend. In tabel 2.5 zijn de resultaten hiervan weergegeven.

Tabel 2.5 Baten en kosten van selectieve toepassing van de door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's

	Aantal palen[1]	Baten per paal	Kosten per paal	Netto baten
Geschikte muts	16.328	2,2	2	3.100
Valhoogte aanpassen	6.665	3,3	10	-45.000
Deskundige ploeg	11.644	2,8	5	-19.500
Paaldoorsnede	0	0	13	0
HOH-afstand	14.797	3,1	0	46.000
Voorspanning beton	0	0	21	0
Slagkracht heiblok	633	0	10	-6.300
Hydraulisch/diesel heiblok	36	0	14	-500

[1] Aantal palen waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

Hoewel de baten van de meeste maatregelen door de voorselectie minder negatief worden blijft het beeld voor de meeste maatregelen negatief. Het aantal maatregelen met een negatief resultaat blijft gelijk. Dit heeft te maken met de slechte voorspelbaarheid van het optreden van de schades 'paalbreuk' en 'paalschade', zoals ook eerder uit de regressieresultaten voor de onvoorwaardelijke kansen bleek. Voor de twee maatregelen die zonder voorselectie al wel een netto voordeel voor de gebruiker lieten, biedt de voorselectie geen extra voordeel op. De maatregel 'HOH-afstand' levert geen extra baten op, omdat met deze maatregel geen extra kosten gemoeid zijn[6] en dus altijd tot netto positieve baten leidt. Eventuele hogere kosten voor de constructie – zoals eerder is opgemerkt – zijn ook hier buiten beschouwing gelaten. Bij de maatregel 'geschikte muts' nemen de baten door de voorselectie zelfs af: er worden nu te vaak maatregelen ingetrokken die bij toepassing van de voorwaardelijke relatie bij projecten wel schadereductie opleveren. Ook dit heeft te maken met de slechte voorspelbaarheid van het optreden van schade.

[6] De maatregel 'HOH-afstand' leidt in onze berekeningen niet tot extra kosten. Dit komt omdat de hart op hart afstand tussen palen wordt vergroot, waarbij er minder palen worden geheid, maar deze palen zijn wel zwaarder. De kosten van de zwaardere palen vallen weg tegen de lagere kosten van minder palen. Wel zal een grotere hart op afstand betekenen dat de constructie die de palen draagt ook duurder zal worden.

Toepassing van het expertsysteem met per project de beste maatregel

Net als bij damwanden is ook voor heipalen gekeken als in aanvulling op de voorselectie alleen de maatregel met het vooruitzicht op de hoogste netto baat wordt geadviseerd. Tabel 2.6 geeft een overzicht van de resultaten van deze berekeningen.

Tabel 2.6 Baten en kosten van selectieve toepassing van alleen de meest gunstige door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's

	Aantal palen[1]	Baten per paal	Kosten per paal	Netto baten
Geschikte muts	16.312	2,2	2	3.100
HOH-afstand	6.469	4,2	0	27.100
Totaal	**22.781**			**30.200**

[1] Aantal palen waarvoor de maatregel wordt aanbevolen

Bron: EIB

Opmerkelijk is dat de netto baten per maatregel nu lager uitvallen dan bij alleen de voorselectie. Dit komt omdat bij de onvoorwaardelijke voorspelling de netto baten van 'geschikte muts' groter zijn dan die voor 'HOH-afstand, terwijl op basis van de schadegevallen in de databank en de voorwaardelijke voorspelling de baten van 'HOH-afstand' juist groter is. Dit heeft alles te maken met de slechte voorspelkracht van de onvoorwaardelijke voorspelling (vergelijking 2.9 en 2.10).

2.4 Conclusies

Als alle maatregelen, die het expertsysteem geeft om het risicoprofiel van projecten te verbeteren, worden overgenomen dan levert dit voor de meeste maatregelen gemiddeld hogere kosten dan baten op.

Voor *damwanden* kunnen de baten van het gebruik van het expertsysteem aanzienlijk worden verbeterd. Hiervoor moet het systeem alleen die maatregelen adviseren als er op basis van de onvoorwaardelijk voorspelling er vooruitzicht bestaat op een positief netto saldo aan baten en kosten. Dit betekent dat het expertsysteem moet worden uitgebreid met een economische module, waarin de in paragraaf 2.2.3 beschreven voorselectiemethodiek, wordt toegepast. Zolang DeltaBrain niet zelf de optimale mix aan maatregelen kan bepalen, moet hierbij per project die maatregel worden gekozen met de vooruitzichten op het hoogste (positief) netto baten.

Voor *heipalen* is voorselectie vooralsnog geen goede optie. De slechte voorspelbaarheid van het optreden van schades (onvoorwaardelijke voorspelling) maakt het onmogelijk om alleen die maatregelen te selecteren waarvan de verwachte schadekostenreductie opweegt tegen de kosten van de maatregelen, laat staan de maatregel die hierbij het beste scoort. Voor heipalen kan beter van alle maatregelen alleen 'HOH-afstand' en als dit niet aan de orde is op 'Geschikte muts' worden geadviseerd.

Volgens de berekeningen zonder voorselectie levert dit minstens 46.000 euro op aan netto baten op. Weliswaar blijft bij de maatregel 'HOH-afstand' een deel van de kosten buiten beeld, maar hier staat tegenover dat van de maatregel 'geschikte muts' ook nog aanvullende baten zijn te verwachten.

Als men bovenstaande aanbevelingen zou overnemen, dan had het gebruik van DeltaBrain voor de projecten uit de ervaringendatabank de gebruiker € 165.700 voor damwanden en € 46.000 voor heipalen opgeleverd. De totale schadekosten volgens de databank bedragen in totaal € 2.798.500 voor damwanden en € 875.000 voor palen. Dit betekent dat een slim gebruik van DeltaBrain de schadekosten met 6% voor damwanden en 5% voor palen reduceert.

Naast de kosten van de maatregelen moet ook rekening worden gehouden met de kosten van de invoer van de gegevens en de operationele kosten van het systeem. Tabel 2.7 geeft hiervan het overzicht.

Tabel 2.7 Totale baten en kosten van selectieve toepassing van alleen de meest gunstige door het expertsysteem voorgestelde maatregelen, in euro's

	Planken	**Palen**	**Totaal**
Netto baten	165.700	46.000	211.700
Invoerkosten	25.100	20.500	45.600
Totale besparing gebruiker	140.600	25.500	166.100
Systeemkosten			60.000
Saldo baten en kosten			**106.100**
Totaal aantal elementen	50.266	29.252	
Besparing per element	3	0,5	

Bron: EIB

De invoerkosten[7] bedragen respectievelijk € 25.100 voor damwanden en € 20.500 voor heipalen. De totale besparing komt dan uit op € 2,8 per plank en € 0,9 per paal, die in de grond worden gebracht. Rekeninghoudend met de invoerkosten en de kosten van het systeem van € 60.000 zou het expertsysteem voor de projecten uit de ervaringendatabank per saldo € 106.000 hebben opgeleverd.
Hierbij valt echter het volgende op te merken:

- De database is slechts een beperkte afspiegeling van het totaal aantal projecten dat in de praktijk wordt uitgevoerd.
- Het gebruik van de ervaringsdatabase heeft ook een waarde.

[7] Een damwand ervaring bestaat gemiddeld uit 160 planken. Als rekening wordt gehouden met invoeringskosten in het expertsysteem van totaal € 160 en er gemiddeld 2 ervaringen per project worden gerealiseerd geeft dit invoeringskosten van € 0,5 per plank. Een funderingservaring met palen houdt gemiddeld 45 palen in. Gemiddeld zijn er ongeveer 5 ervaringen per project, zodat de uitvoeringskosten in dit geval ca. 0,7 per paal bedragen..

Enig voorbehoud bij deze uitkomsten is op zijn plaats vanwege de onzekerheid rond de relaties tussen schadegevallen en de daarmee gepaard gaande kosten en de kosten van de maatregelen. Anderzijds is te verwachten dat naarmate meer ervaringen in het systeem worden geïntroduceerd het expertsysteem betere en meer betrouwbaar voorspellingen zal geven. Al met al kan worden gesteld dat toepassing van het systeem boven een minimaal aantal elementen per jaar positieve maatschappelijke baten oplevert.

3 Verklaringen van marktfalen uit de economische literatuur

3.1 Algemeen

Deltares heeft het zelflerend systeem DeltaBrain ontwikkeld om de kwaliteit van de funderingsprojecten en het funderingswerk te verbeteren. Het gaat om de verbetering van de kwaliteit van de projecten (bijvoorbeeld welke palen in welke soort grond moeten worden gebruikt en tot welke diepte) en de kwaliteit van het werk (bijvoorbeeld welke soort heistelsel voor welke omstandigheden moet worden toegepast) om fouten die tijd en/of geld kosten te voorkomen.

De vraag is waarom de markt zonder interventie van buitenaf niet bereid zou zijn om te betalen voor het gebruik van het systeem te betalen. In dit hoofdstuk worden vanuit de economische literatuur een aantal mechanismen beschreven die mogelijk hiervoor een verklaring geven en in welke richting oplossingen kunnen worden gezocht.

3.2 Faalkosten als gevolg van marktfalen

De resultaten van hoofdstuk 2 laten zien dat aannemelijk is dat door toepassing van het DeltaBrain expertsysteem de gebruiker baten oplevert in de vorm van vermindering van de schadekosten. Het systeem levert naar verwachting zowel maatschappelijke netto baten als netto baten voor de eventuele deelnemers op. Desondanks lijkt de bereidheid van potentiële deelnemers om voor het gebruik van het systeem te betalen laag.

Als de baten groter zijn dan de kosten, dan is het de vraag waarom vermindering van de schadekosten niet vanzelf door de markt wordt opgepakt. Immers, bij een goed werkende markt zouden vanwege de per saldo voordelige baten vanzelf initiatieven tot stand moeten komen om de baten te realiseren. Afhankelijk van het type marktfalen moet worden bekeken welke aanvullende acties moeten worden ondernomen om de gebruikers te stimuleren het systeem te gebruiken en hiermee de (maatschappelijke) faalkosten te reduceren.

Er zijn verschillende soorten marktfalen die de totstandkoming van een vanuit welvaartsoptiek wenselijke situatie kunnen verhinderen. Hierover is in de economische literatuur uitgebreid geschreven.

3.3 Marktfalen door informatie onvolmaaktheid

Het type marktfalen, dat voor DeltaBrain aan de orde is, wordt in de economische literatuur aangeduid als onvolmaakte en asymmetrische informatie. Marktpartijen zijn hierbij onvoldoende geïnformeerd over de gevolgen van acties van andere partijen, of de beschikbaarheid van deze informatie kan kostbaar, niet transparant of niet gelijk zijn voor alle relevante partijen.
Een belangrijk type marktfalen dat met gebrek aan transparantie en onvolmaaktheid van informatie te maken heeft is ‘moral hazard’. Er is sprake van ‘moral hazard’ als een economisch agent, wanneer hij niet volledig de consequenties van de risico’s van zijn gedrag draagt, zich anders gedraagt dan in de situatie waarbij hij de consequenties wel volledig zou dragen. Met andere woorden doordat de kosten van zijn eventuele falen geheel of voor een deel bij andere partijen terechtkomen (bijvoorbeeld doordat de oorzaak van falen niet volkomen duidelijk is), heeft hij minder prikkels om zijn falen te verminderen.

Bij het leveren van producten waarvan de kwaliteit niet direct waarneembaar is kan ‘moral hazard’ optreden als de leverancier het eventueel (op termijn of gedeeltelijk) falen van het product niet voor zijn rekening neemt. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door gebrekkige informatie bij de klant. Immers, in de markt is de informatie over goederen en processen soms onvolmaakt en bovendien kan de overdracht daarvan gepaard gaan met ruis. Ruis kan bijvoorbeeld ontstaan als de oorzaak van het falen van het product onduidelijk is. Dus onvolmaaktheid en asymmetrie (bij een transactie weet de ene partij meer dan de andere) van informatie kan een belangrijke rol spelen bij het ontstaan van ‘moral hazard’.

Een duidelijke subklasse van de theorie over de rol van onvolmaakte informatie in de economie betreft de onbekendheid van klanten op de aankoop- of aanbestedingsdatum met de kwaliteit van geleverde goederen of diensten.
Een eerste probleem daarbij is of het leveren van kwaliteit goed te onderscheiden is.
Is de oorzaak van het eventueel falen van het product eenduidig? Als dit niet het geval is, dan zijn er onvoldoende prikkels om hoge kwaliteit te leveren, omdat de leveranciers kosten zouden moeten maken voor iets dat voor de klant niet goed is waar te nemen en daardoor niet wordt gewaardeerd. Dit kan gebeuren als er veel ruis in het gebruiksproces van het desbetreffende goed of dienst is. Met andere woorden, een leverancier van goederen of diensten met hoge kwaliteit kan in dit geval moeilijk worden onderscheiden van een leverancier met producten of diensten van lagere kwaliteit. De klant zal dan niet bereid zijn meer te betalen voor kwaliteit en daardoor heeft de leverancier geen prikkel om een hogere kwaliteit te leveren.
Soms is de kwaliteit van het product wel te identificeren en te onderscheiden, maar pas na een (lange) periode na de aankoop- of aanbestedingsdatum. Als de kwaliteit van het geleverde product te maken heeft met een faalkans (soms voldoen producten wel en soms niet) weet de consument pas na herhaaldelijke consumptie van het desbetreffende goed of dienst wat de kwaliteit is. Immers, een consument kan alleen achter de faalkans van een product als de consument dat product een lange tijd heeft geconsumeerd. Als de klant geen vaste leverancier heeft, omdat hij het product sporadisch koopt zal dit echter moeilijk zijn. Als een aantal leveranciers (bewust of onbewust) ruis produceren is de beoordeling van kwaliteit nog ingewikkelder. Regels die meer transparantie in de markt brengen (bijvoorbeeld informatie van gebruikersorganisaties) is hierbij een stap in de goede richting.

De consument (individu of bedrijf) kan soms wel een redelijke voorspelling maken van de geleverde kwaliteit van het product door te kijken naar de reputatie van de leverancier. De reputatie van een leverancier is een vorm van informatieoverdracht, van de leverancier aan de gebruiker. Om echter een reputatie op te bouwen heeft een leverancier tijd nodig, zodat er kosten zijn verbonden aan het opbouwen van reputatie. Immers, de leverancier moet voor een bepaalde periode een product van hogere kwaliteit voor een ‘normale prijs’ leveren totdat de markt overtuigd is geraakt van de hogere kwaliteit van zijn product. Dan pas zijn de klanten bereid meer te betalen voor de hogere kwaliteit. Tijdens deze opbouwperiode van kwaliteit maakt de leverancier verliezen op het leveren van kwaliteit. Een leverancier zal dus alleen investeren in reputatie als de consument meer dan de marginale kosten van de hogere kwaliteit (Stiglitz, 2000) is bereid te betalen. Dit omdat de (verdisconteerde) winsten nadat de reputatie is opgebouwd de verliezen van de periode waarin de kwaliteit wordt opgebouwd moeten kunnen compenseren.

Een belangrijk probleem verbonden met onvolledige informatie over de kwaliteit van een product is dus het bestaan van voldoende prikkels voor een leverancier om kwaliteit te leveren. Een noodzakelijke maar geen voldoende voorwaarde voor het leveren van kwaliteit is dat de consument meer bereid is te betalen dan de marginale kosten van de hogere kwaliteit. Geen voldoende voorwaarde, omdat er gevallen kunnen zijn waarbij de consumenten (net) meer dan de marginale kosten van de hogere kwaliteit bereid is te

betalen en er toch onvoldoende prikkels voor de leveranciers zijn. Volgens de economische literatuur leidt marktwerking niet altijd automatisch tot het leveren van hogere kwaliteit. Dit is onder ander afhankelijk van de marktstructuur. Als er sprake is van veel (relatief kleine) leveranciers of een monopolie kunnen situaties ontstaan waarbij onvoldoende prikkels zijn om kwaliteit te leveren (Dana, 2008) ondanks het feit dat consumenten bereid zijn meer dan de marginale kosten voor de hogere kwaliteit te betalen.

Shapiro (1983) heeft de invloed van een groot aantal potentiële toetreders tot de markt van een product op het leveren van hogere kwaliteit geanalyseerd. In dit geval kan voorkomen dat de verliezen van een bedrijf in de periode waarop de reputatie wordt opgebouwd zodanig zijn dat de winsten nadat de reputatie is opgebouwd onvoldoende groot zijn om een positief netto contante waarde op te leveren. Dit is een geval van marktfalen, omdat de klanten wel bereid zouden zijn te betalen voor de hogere kosten van de hogere kwaliteit. Maar klanten doen dat niet tijdens het opbouwproces van de reputatie door de onvolmaaktheid van de informatie die met het leveren van kwaliteit verbonden is (zij hebben geen garantie voor de hogere kwaliteit).

Extreem genomen, in een markt van volledige vrije mededinging (vvm) is de prijs van het product gelijk aan de marginale kosten daarvan. Er is dan ook geen prikkel om additioneel te investeren in reputatie en een hogere kwaliteit te leveren, als tijdens een bepaalde periode de klant niet goed weet wat de kwaliteit van het geleverde is. De voorwaarden van volledige vrije mededinging zouden dan niet verenigbaar zijn met het leveren van hoge kwaliteit bij een ‘ervaring goed’.

Aan de andere kant van het spectrum, kunnen de prikkels voor een monopolist om hogere kwaliteit te leveren ook onvoldoende zijn. Ook in dit geval dient de consument bereid zijn meer te betalen dan de marginale kosten zodat de monopolist geen verliezen lijdt door het opbouw van reputatie. Hij zou de verliezen voor de opbouw van reputatie kunnen financieren met de monopolie (over)winsten, maar monopolies zijn geen filantropische instellingen. Het enige verschil met een markt met veel leveranciers is dat de kwaliteit van één producent in de tijd makkelijker is te identificeren.

Dana (2008), heeft oligopolistische marktstructuren bestudeerd en geconcludeerd dat het leveren van hogere kwaliteit voor een ‘ervaring goed’ waar er sprake is van onvolmaakte informatie voor de consumenten een marktstructuur met een zekere concentratie vereist, of wel enige marktmacht van de betrokken leveranciers.
Een veel voorkomende marktstructuur waarbij dit wel duidelijk gebeurt is de monopolistische concurrentie. Monopolistische concurrentie is een marktvorm die zowel een kenmerk heeft van een monopolie als van volledige vrije mededinging (vvm). Bij monopolistische concurrentie zijn er namelijk veel aanbieders, terwijl deze aanbieders hun producten enigszins specifieke kenmerken geven en via marketing onderscheidbaar maken zodat merktrouw van de consumenten kan ontstaan. De leveranciers beschikken over enige marktmacht (prijzen hoger dan marginale kosten) waardoor ruimte ontstaat voor het leveren van een hogere kwaliteit die juist één van de onderscheidende kenmerken van het product kan zijn.
Het leveren van een ‘ervaringsgoed’ van onbekende kwaliteit kan worden gezien als het leveren van twee goederen, een primaire goed van bekende standaard kwaliteit en een secundair goed van onbekende kwaliteit. Het is vaak zo dat voor het leveren van standaard kwaliteit alleen de marginale kosten kunnen worden verkregen, zodat de marktvorm vvm karakteristieken heeft. Immers, elke leverancier kan dat product aanbieden. Voor het leveren van hogere kwaliteit kan meer dan de marginale kosten worden verkregen. Er is in dit geval voor de leverancier wel een prikkel om hogere kwaliteit te leveren. De leverancier krijgt de baten van zijn investering in de vorm van reputatie terug. Een voorwaarde daarvoor

is echter dat de consument meer dan de marginale kosten voor het leveren van kwaliteit bereid is te betalen en dat de kwaliteit van het product wel te onderscheiden is.

3.4 Toepassing literatuurstudie op de funderingsmarkt

Het belangrijkste inzicht uit de economische literatuurstudie voor de funderingsmarkt is dat er situaties bestaan waarbij de kosten van de maatregelen om (een deel) de faalkansen van funderingsprojecten te verminderen kleiner zijn dan de kosten verbonden met faalkansen en toch het marktmechanisme zonder interventies van buitenaf het ontstaan van dergelijke situaties niet kan voorkomen. Toepassing van het DeltaBrain-systeem als instrument om faalkansen te reduceren kan een speciaal geval hiervan zijn. Marktfalen kan verklaren waarom het DeltaBrain expertsysteem niet spontaan door de markt wordt omarmd.
Dit type marktfalen heeft soms te maken met onvoldoende prikkels voor één of meer marktpartijen in de bouwkolom van funderingswerken om maatregelen te nemen om faalkansen te verminderen.
Gebrek aan transparantie in de funderingsmarkt kan hierbij ook een rol spelen. Bijvoorbeeld als het niet volkomen duidelijk is wat de oorzaak is van een bepaalde schade of wie daarvoor verantwoordelijk is of welke maatregelen zouden kunnen worden genomen om die schade te voorkomen.
Meer specifiek, kunnen er in de funderingsmarkt maatschappelijk suboptimale situaties ontstaan ten gevolge van (hoge) faalkansen als één of meer schakels in de bouwkolom (faal)schade kosteloos kunnen afwentelen op de andere schakels in de bedrijfskolom waardoor uiteindelijk de eigenaar van het project de kosten draagt.
Uit het voorgaande blijkt dat het belangrijk is het proces en de marktstructuur van de funderingsmarkt goed te omschrijven en mogelijk ontoereikende prikkels of informatie onvolmaaktheden in kaart te brengen.
In de funderingsmarkt kunnen de volgende partijen worden onderscheiden: de opdrachtgevers, de ontwerpers en de hoofdaannemer/onderaannemers.

Opdrachtgevers
De opdrachtgever treedt namens een belanghebbende of eigenaar van het project op. Hierbij kan reeds een situatie van onvoldoende prikkels ontstaan, als in de relatie tussen de opdrachtgever en de eigenaren sprake is van een ‘soft budget restriction’. Er is sprake van een ‘soft budget restriction’ als kostenoverschrijdingen (of vertragingen) geen of onvoldoende consequenties hebben voor de opdrachtgever, omdat er geen of onvoldoende sancties bestaan voor kostenoverschrijdingen en vertragingen.
Voor de opdrachtgever zou het bijvoorbeeld aantrekkelijk kunnen zijn een ogenschijnlijk goedkoop project te kiezen waarbij een grote kans bestaat dat achteraf de kosten worden overschreden of vertraging met de daarmee gepaard gaande maatschappelijke kosten ontstaat. De aard van de politieke besluitvorming kan hierbij een rol spelen. In een dergelijke geval is eerder sprake van overheidsfalen.
Ook de aard van het politieke proces kan een ‘soft budget restriction’ in de hand werken als bijvoorbeeld een bepaald project ‘kost wat kost’ vóór een bepaalde tijd gereed moet zijn, of als politici door de druk van bepaalde lobby’s bepaalde projecten willen doordrukken. Hiervoor kunnen ‘goedkope projecten’ en lage kostenramingen instrumenteel zijn.

Ontwerpers
Vraag is in welke mate ontwerpers verantwoordelijk worden gesteld voor het ontstaan van faalkosten in funderingswerken die te wijten zijn aan risicovolle ontwerpen, bijvoorbeeld door moeilijk te realiseren bestekken. Als ontwerpers daarvoor in onvoldoende mate verantwoordelijk worden gesteld hebben zij onvoldoende prikkels om een ontwerp op realiseerbaarheid te toetsen. Gebrek aan transparantie, veel ontwerpers met wisselende opdrachtgevers zijn factoren die het opbouwen van reputatie in de weg kunnen staan.

Hoofd-/onderdaannemers
Er kan sprake zijn van marktfalen als hoofd-/onderaannemers faalkosten bij de opdrachtgever kunnen verhalen, bijvoorbeeld omdat niet volkomen duidelijk is wat de oorzaak van het falen is. Immers, de hoofd- of onderaannemer kan argumenteren dat de oorzaak aan het ontwerp (bestek) te wijten is of aan onvoorziene gebeurtenissen als obstakels in de grond.

Mogelijke problemen bij de invoering van DeltaBrain
Gebrek van onvoldoende prikkels om faalkosten te reduceren kan ook de invoering van DeltaBrain bemoeilijken. Immers, het DeltaBrain-systeem vormt een specifiek geval van maatregelen om faalkosten te reduceren.

Een ander probleem is dat voor potentiële gebruikers het niet helder is in welke mate het gebruik van het DeltaBrain-systeem tot een betere kwaliteit van hun product leidt.
Voor potentiële gebruikers speelt de onvolmaaktheid van de informatie ook een rol.
Het systeem kan te kampen hebben met de fase waarin de reputatie opgebouwd moet worden, of met andere woorden het systeem moet eerst zijn nut bewijzen. De MKBA en de verdere ontwikkeling van het expertsysteem in de lijn van onze aanbevelingen zou een rol kunnen spelen om de onbekendheid met de informatie terug te brengen. Als het expertsysteem verder is ontwikkeld zouden opdrachtgevers het gebruik van het expertsysteem door ontwerpers in bepaalde gevallen kunnen voorschrijven.

Een andere belangrijk element van het invoeren van het DeltaBrain systeem is dat het een netwerk karakter heeft. Doordat het systeem zelflerend is zal naarmate in de databank meer ervaringen worden opgenomen de aantrekkelijkheid van het systeem toenemen. Daarnaast zijn de kosten van het systeem in grote mate vaste kosten. Als het aantal abonnees waarvoor het systeem onderhouden wordt verdubbelt zullen de kosten relatief veel minder snel toenemen. In die zin heeft het systeem enkele eigenschappen van een publiek goed. Het gebruik van het systeem is tot zekere hoogte niet rivaliserend. Immers, een gebruiker wordt niet belemmerd door het gebruik door een andere abonnee, zodat de marginale baten van meer gebruik groter zijn dan de marginale kosten. Het verschil met een zuiver publiek goed is dat het systeem wel uitsluitbaar is. Potentiële gebruikers kunnen worden uitgesloten als zij zich niet tegen het betalen van een bepaalde vergoeding abonneren. Goederen waarbij de consumptie niet rivaliserend maar wel uitsluitbaar is worden in de literatuur ‘club goods’ genoemd.

In systemen waarbij de baten van het systeem voor de gebruikers groter worden naarmate het aantal abonnees toeneemt zijn er soms startmoeilijkheden. Een manier om dit te overwinnen is in eerste instantie versimpelde versies van het systeem gratis ter beschikking te stellen, in ruil voor het bieden van ervaringen voor de databank. In de gratis versie kunnen enkele globale resultaten worden geleverd die voor iedereen van belang zijn. Dit is eigenlijk wat Deltares met DeltaBrain reeds probeert te doen.
Daarna, als de kwaliteit van het systeem door de ervaringen is verbeterd en dit duidelijk aantoonbaar is kan tegen betaling een gesofisticeerde artificial intelligence versie worden aangeboden. Partijen die hun ervaringen ter beschikking stellen zouden daarvoor ook betaald moeten worden.
Een andere karakteristiek van het systeem is dat de baten niet voor elke potentiële gebruiker dezelfde hoeven te zijn. Het kan zijn dat zeer ervaren ontwerpers of aannemers geringe baten van het systeem hebben (zij zijn reeds goed) terwijl minder ervaren concurrenten belangrijke baten kunnen hebben. Er is dan sprake van kennis spill overs die aantrekkelijk zijn voor het maatschappelijke rendement van de bedrijfstak als geheel, maar niet per se aantrekkelijk hoeven te zijn voor afzonderlijke bedrijven.
Het bestaan van kennis spillovers met marginale baten die hoger zijn dan marginale kosten kan een reden zijn voor subsidiering, vanwege het maatschappelijk belang. Elke toetreder

tot het systeem houdt alleen rekening met zijn baten terwijl ook de andere deelnemers baat hebben van zijn toetreding.
Heterogeniteit van potentiële gebruikers vormt sowieso een probleem, omdat het tarief voor de verschillende gebruikers van het expertsysteem hetzelfde moet zijn, terwijl de betalingsbereidheid anders ligt. Dit kan tot gevolg hebben dat het systeem door het hanteren van een homogeen tarief onvoldoende aantal gebruikers krijgt voor een rendabele exploitatie, terwijl met een gedifferentieerde tarief dit wel mogelijk zou zijn.
Kennis spill over, heterogeniteit van de potentiële gebruikers en het netwerk karakter kunnen argumenten zijn voor subsidiering, met name in de startfase zodat een lager tarief gelijk voor elke gebruiker kan worden gesteld en de impasse wordt doorbroken in een situatie waarbij de maatschappelijke baten groter zijn dan de maatschappelijke kosten.

4 Toetsing met marktpartijen

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk proberen wij de belangrijkste karakteristieken van de werking van de markt van funderingen en mogelijke oorzaken van marktfalen via gesprekken met marktpartijen te toetsen. Vervolgens kunnen wij enkele suggesties doen voor de verdere ontwikkeling van het DeltaBrain systeem.

Wij hebben de volgende partijen geïnterviewd:
- opdrachtgevers: Gemeentewerken Rotterdam, Ceres projecten, Rijkswaterstaat ;
- ontwerpers: ABT Delft, Royal Haskoning;
- hoofdaannemers: Heijmans infra, CFE;
- onderaannemers: Terracon/NVAF, Volker Staal Funderingen, Gebroeders de Koning.

De interviews hebben plaatsgevonden uitgaande van DeltaBrain als een systeem dat zich op de vermindering van faalkosten bij de uitvoering van funderingswerken richt. Essentieel is om eerst na te gaan of faalkosten überhaupt plaatsvinden. Immers, dat er problemen en falen bij het werk ontstaan betekent nog niet dat er sprake is van faalkosten. Er is naar onze definitie pas sprake van faalkosten als de maatregelen om het falen te voorkomen minder kosten dan het falen.

Uit de gesprekken is naar voren gekomen dat uitgaande van de complexiteit het werk in twee soorten kan worden gegroepeerd:

- Het inbrengen van palen en in mindere mate damwanden in relatief eenvoudige omgevingen

- Het inbrengen van damwanden (bouwputten) en in mindere mate palen in een complexe omgeving, zoals:
  - stedelijke gebieden met aanleunende gebouwen. In het bijzonder bouwputten daarin kunnen heel gecompliceerd zijn;
  - procesindustrie met boven en naast de fundering complexe en dure installaties;
  - gecompliceerde grond;
  - grote diepte van damwanden/palen.

De vraag is wat DeltaBrain voor beide soort werken voor meerwaarde biedt.

4.2 Werken in relatief eenvoudige omgevingen

Er zijn veel kleine bedrijven die zich richten op dit werk. Wat dit soort werken betreft lijkt dat de meeste gevallen van falen te maken hebben met het gebruik van verkeerde materieel of type damwanden/palen. Dit is waarschijnlijk niet zo zeer een probleem van onbekendheid maar van verkeerde marktprikkels. Het gebruiken van bepaald materieel dat in bepaalde gevallen meer risico's met zich mee brengt kan voor de onderaannemer goedkoper zijn, terwijl hij vaak de kosten van het falen niet (volledig) draagt. De onderaannemer kan zelfs problemen in het ontwerp zien. Echter wijziging van het bestek kan voor hem risico's met zich mee brengen. Immers, hij is verantwoordelijk voor de wijziging van het bestek. Om deze reden houden (onder)aannemers vaak hun mond dicht met betrekking tot bepaalde dubieuze ontwerpen (bestek is bestek!). Enkele (onder)aannemers kunnen denken dat als zij

vóór de aanbesteding de risico's van een bepaald project aanwijzen dan liggen hun opmerkingen op straat en zijn bruikbaar voor hun concurrenten. Daarom concentreren aannemers zich meestal louter op het binnenhalen van de opdracht en het uitvoeren van het bestek. Als er vanwege het bestek problemen tijdens de uitvoering ontstaan komen die meestal voor de rekening van de opdrachtgever.
De indruk bestaat dat voor dit soort werken een relatief eenvoudig systeem volstaat (een elektronisch boek). Immers, dit is een relatief statisch soort werk waarbij nu in principe reeds voldoende kennis aanwezig is. Het is wel nuttig dat deze kennis geregistreerd en gebundeld is. Door verschillende partijen is het voormalige 'gele boek' genoemd waarin een aantal tabellen stonden van wat in bepaalde gevallen wenselijk was. Een uitgebreide DeltaBrain systeem lijkt hiervoor niet nodig. Het is ook zo dat, zoals reeds vermeld, er veel kleine bedrijven zijn die zich tot dit soort werken richten. Voor deze bedrijven lijkt een relatief eenvoudig en goedkoop systeem te volstaan.

4.3 Werken in complexe omgevingen

Bij dit soort werken speelt reputatie een rol. Opdrachtgevers selecteren partijen die reeds evaringen hebben met complexe werken. Gemeenten hanteren vaak een koppeling van gespecialiseerde ontwerpers met voorgeselecteerde aannemers.
Bij de procesindustrie nemen opdrachtgevers soms 'hun' aannemers naar het buitenland als de grond dezelfde karakteristieken heeft als in Nederland. Bij deze industrie maken de funderingskosten vaak een relatief klein deel van de totale kosten, terwijl de kosten van het falen door de interactie met andere activiteiten van het project enorm kunnen zijn. Vertragingen zijn voor de procesindustrie fataal. Problemen met aanleunende gebouwen willen gemeenten voorkomen. Opdrachtgevers zijn dus bereid meer te betalen om falen te voorkomen.
Soms worden in deze sector design en construct (D&C) contracten gehanteerd. Uit de interviews komt een gemengd beeld over deze contractvorm naar voren. De ervaringen zijn niet altijd positief. In deze contracten draagt de aannemer de risico's van het project. Er is echter opgemerkt dat wij in Nederland nog aan het leren zijn met dit soort contracten te werken, zodat nog 'veel gaten' voorkomen. Genoemd is het feit dat in D&C combinaties aannemers vaak te veel risico's nemen om het contract binnen te halen. De ontwerper komt dan onder druk te staan. D&C vereist ook veel aandacht (en ervaring met) voor het contract. De contracten zijn ook vaak duurder, vanwege de risico-opslag, omdat er minder concurrentie is. In bepaalde gevallen zou de opdrachtgever met een traditionele aanbesteding goedkoper uitkomen, vooral als hij de risico's beter kan beheersen.

De indruk bestaat dat deze sector relatief efficiënt werkt, maar dat in een aantal gevallen sprake kan zijn van informatieachterstand. Het registreren van (nieuwe) ervaringen in complexe omgevingen kan in deze sector heel nuttig zijn, men kan leren van de ervaringen van anderen. Volgens de geïnterviewden kan het DeltaBrain systeem in deze sector een belangrijk rol spelen. Het is wel opmerkelijk dat meeste partijen (met één uitzondering) hebben beweerd het systeem erg nuttig te vinden, maar voor anderen niet voor zich zelf. Meeste geïnterviewden partijen menen zelf over voldoende ervaringen te beschikken, een soort DeltaBrain systeem in de hoofden van de medewerkers van het bedrijf.

Omdat er steeds nieuwe ervaringen met complexe omgevingen worden opgedaan leidt registratie en analyse daarvan in een databank tot een dynamisch zelflerend systeem, althans voor een periode. Het huidig databank van DeltaBrain is volgens meeste geïnterviewden nog niet volledig, omdat onder ander de omgeving (problemen met beleningen) nog niet in de databank is opgenomen en dat is juist een van de belangrijkste problemen in dit soort werken. De kwaliteit van de huidige invullingen zou ook te wensen over laten. Omdat de invullers geïnteresseerde partijen zijn die niet altijd bereid zijn objectief naar hun eigen fouten te kijken of evaringen met concurrenten te delen is

gesuggereerd de ervaringen met projecten ook door de directie van het werk te laten invullen. Een andere suggestie was een vergoeding te geven, zodat het invullen van gegevens serieuzer wordt genomen. Een ander mogelijkheid is het DeltaBrain expertsysteem tegen kortingen aan te bieden aan de bedrijven die informatie ter beschikking stellen.

4.4 Suggesties voor verdere ontwikkeling

Een aantal aannemers heeft de mogelijkheid geopperd dat het gebruik van het systeem door opdrachtgevers verplicht zou kunnen worden gesteld. Daar opdrachtgevers vaak de partij zijn die de faalkosten dragen zijn zij ook degenen die het meest baat van de toepassing van het systeem zullen hebben. Zij zouden ook de macht hebben om de toepassing van het systeem te bewerkstelligen.

Sommigen noemden ook de mogelijkheid dat verzekeraars in hun contracten voor het verzekeren van de uitvoering van werken het gebruik van het systeem verplicht zouden kunnen stellen. Echter, andere partijen zijn van mening dat de verzekering vaak een zeer gering deel van de risico's dekt, zodat de betrokkenheid van verzekeraars relatief klein zou zijn.

Een ander probleem voor de invoering van het DeltaBrain-systeem is de betrouwbaarheid. Partijen zouden soms terughoudend zijn in het leveren van informatie, omdat het bekend maken van faalgevallen hun reputatie zou kunnen schaden. In weer andere gevallen (ontwerpers) zouden concurrentieoverwegingen aan de basis van de terughoudendheid kunnen liggen. Daarom is gesuggereerd ook de directies van het werk te betrekken bij het verstrekken van informatie over de projecten en enige vormen van compensatie te bieden.

5 Aanbevelingen

Op basis van ons onderzoek komen wij met een aantal aanbevelingen die door Deltares zouden kunnen worden overwogen voor de verdere ontwikkeling van DeltaBrain.

- Het expertsysteem van DeltaBrain zou bij de advisering rekening moeten houden met de voorspelling van de baten en kosten van de maatregelen. Dit betekent het toevoegen van een economische voorspelling bij het aanbevelen van maatregelen. Lagere risicoprofielen ten gevolge van maatregelen moeten worden uitgedrukt in de kansen op vermindering van het aantal schadegevallen. De daarmee gepaard gaande kostenreducties moet worden vergeleken met de kosten van mogelijke maatregelen om schadekosten te reduceren. Alleen bij een positief netto resultaat moeten maatregelen worden geadviseerd. Op deze wijze kan het rendement van het systeem aanzienlijk worden vergroot. Daarnaast is het belangrijk dat het expertsysteem de effecten van combinaties van maatregelen kan evalueren. Bij concurrerende (combinaties van) maatregelen zou het expertsysteem die (combinatie van) maatregel moeten adviseren die de grootste netto baten oplevert.

- Het invoeren van een databank met ervaringen en de ontwikkeling van een expertsysteem om van deze ervaringen te leren zou zich moeten richten op complexe en/of vernieuwende projecten (in een pionierfase). In dit geval voegt het invoeren van nieuwe ervaringen een waardevolle bijdrage toe om het expertsysteem verder te ontwikkelen. Naarmate projecten min of meer standaard worden is een statisch elektronisch systeem toereikend. In dit geval voegt het invoeren van meer ervaringen weinig nieuws toe.

- Grote opdrachtgevers (Rijkswaterstaat, Rijksgebouwendienst, grote gemeenten) zouden gestimuleerd kunnen worden om afspraken te maken om het gebruik van DeltaBrain te bevorderen. Bijvoorbeeld door het verplicht stellen van het gebruik van het systeem voor complexe projecten. Immers, uit onze analyse blijkt dat met name opdrachtgevers kunnen profiteren van de invoering van het systeem. Het zijn met name deze opdrachtgevers die met (de kosten van) schade op aanpalende gebouwen worden geconfronteerd. Daarom is het van belang om hinder en schade richting de omgeving mee te nemen in de voorspelling.

- Om de exploitatie van het systeem te vergemakkelijken, zeker in de moeilijke startfase, kan de mogelijkheid van subsidiering bekeken worden. Marktfalen waaronder niet (volledig) te internaliseren baten rechtvaardigt dit.

Literatuur

Buchanan J., 1965, ‘An Economic Theory of Clubs’, 32 Economica, 193-197

Dana J., Yuk-fai Fong, 2008, ‘Product quality, reputation and market structure’, paper Northeastern University.

Schumpeter J., 1987, ‘Capitalism, Socialism and Democracy’, George Allen & Unwin, first published in 1943.

Shapiro C., 1983, ‘Premiums for High Quality Products as return to Reputations’, Quarterly Journal of Economics, XCVIII, 658-679

Stiglitz J., November 2000, ‘The contributions of the Economics of Information to Twentieth Century Economics’, Quarterly Journal of Economics, 1441-1477

BIJLAGE A Gemiddelde kosten van maatregelen

Kostenschatting maatregelen damwanden

Tabel A.1 Gemiddelde kosten per plank, euro

	Kosten
Aanpassen slagkracht trilblok	5
Aanpassen weerstandsmoment damwanden	50
Installatie enkel/dubbel	25
Naheien	30

Bron: EIB

Slagkracht trilblok
Het verschil in huurkosten van een trilblok van 2.500 KN in plaats van 1.800 KN is circa € 375 per week, of wel circa € 75 per dag. Uitgaande van 15 planken per dag zijn de kosten € 5 per plank.

Weerstandmoment
Extra weerstandmoment van 500 cm^3/m geeft een verschil in gewicht van circa 17 kg per meter. Gerekend over een gemiddelde lengte van 15 meter geeft dit 255 kg per plank. Met een staalprijs van € 372 per ton kost dit circa € 95 per plank. Rekening houdend met hergebruik hanteren wij € 50 per plank.

Dubbel/enkel
Uitgaande van 18 (2x9) planken per dag voor dubbelplanken en 12 per dag voor enkel en € 900 huurkosten van een trilblok per dag leidt dit tot een kostenverschil van € 900 / 12 – € 900 / 18 = € 25 per plank.

Naheien
Uitgaande van extra huurkosten van een heiblok per dag incl. bemanning van € 1.500 met een rendement van levert dit aan extra kosten € 30 per plank.

Kostenschatting maatregelen palen

Tabel A.2 Gemiddelde kosten per plank, euro

	Kosten
Deskundige ploeg	4,5
Geschikte muts	2
Aanpassen valhoogte	10
Aanpassen paaldoorsnede	13
HOH-afstand	0
Aanpassen voorspanning beton	21
Aanpassen slagkracht heiblok	10
Hydraulische/diesel heiblok	14

Bron: EIB

Valhoogte aanpassen
Uitgaande van de huurkosten van een heiblok van € 1.500 per dag met een gemiddeld rendement van 15 palen per dag komen de heikosten uit op € 100 per paal. Door de aanpassing van de valhoogteaanpassing ontstaat er een rendementsverlies van 10% ofwel € 10 per paal.

Deskundige ploeg
De arbeidskosten van een ploeg bedraagt circa € 640 per dag. Uitgaande van een rendement van een ploeg van 15 palen per dag bedragen de arbeidskosten € 45 per paal. Aangenomen is dat de inhuur van en deskundige ploeg tot 10% hogere arbeidskosten leidt ofwel € 4,5 per paal.

Paaldoorsnede
Deze maatregel leidt tot extra dunne palen (250 mm in plaats van 380 mm). De kosten voor een paal van 17 m komt hierdoor € 28 euro hoger uit. Wel wordt circa 10% aan heikosten bespaard. Per saldo kost de maatregel € 13 per paal extra.

HOH-afstand
Deze maatregel leidt tot minder maar zwaardere palen. De aanschafkosten vallen per saldo lager uit, maar de kosten van het heien zijn hoger. Het verschil in kosten is te verwaarlozen. De kosten van de aanpassing van de constructie die de palen dragen is hierbij niet meegenomen.

Voorspanning beton
De palen worden hierdoor gemiddeld 5% duurder. De gemiddelde kosten per paal zijn € 417. De maatregel leidt hiermee tot circa € 21 aan extra kosten per paal.

Slagenergie heiblok
De extra kosten van heiblok bedraagt circa € 215 per dag en levert een 10% hogere rendement. Uitgaande van 15 palen per dag bedragen de extra kosten circa € 13 per paal

Hydraulisch/diesel
Verschil tussen hydraulisch en diesel circa € 230 per dag. Uitgaande van 10% hogere rendement en 15 palen per dag bedraagt het kostenverschil € 14 per paal.