

**SAMENVATTEND ONDERZOEK
HOOFDOORZAKEN GEBOUWSCHADE IN HET
BODEMDALINGSGEBIED NEDMAG**

WATERSCHAP HUNZE EN AA'S
GEMEENTE VEENDAM
GEMEENTE MENTERWOLDE
NEDMAG INDUSTRIES
PROVINCIE GRONINGEN

10 januari 2013
076652825:A - Definitief, vertrouwelijk
C01022.100266.0200



Samenvatting

In opdracht van de gemeenten Veendam en Menterwolde, het waterschap Hunze en Aa's, Nedmag en de provincie Groningen heeft ARCADIS Nederland BV samenvattend onderzoek verricht naar de mogelijke oorzaken van de gebouwschade in het bodemdalingsgebied van de delfstofwinning van Nedmag.

Doel van het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade is vast te stellen wat de hoofdoorzaak is, of de hoofdoorzaken zijn, van de gebouwschade in het bodemdalingsgebied van de delfstofwinning van Nedmag. Het is praktisch onmogelijk om voor alle panden in het onderzoeksgebied in detail de oorzaken van de schade vast te stellen. Het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade richt zich op het onderzoeken van een aantal aannemelijke hoofdoorzaken. Hierbij wordt de gehele keten van oorzaak naar gevolg in beschouwing genomen.

Het vaststellen van mogelijke oorzaken van gebouwschade is in het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade op twee manieren benaderd:

1. Nagaan of sprake is van een causaal verband tussen bodemdaling en/of ingrepen in de waterhuishouding en gebouwschade. In deze onderzoeksbenadering is onderzocht welke veranderingen in de bodem en de grondwaterstand ontstaan als gevolg van
 - a. Bodemdaling
 - b. ingrepen in de waterhuishoudingen hoe die veranderingen uiteindelijk tot schade aan gebouwen kunnen leiden.
2. Het analyseren van de schade aan gebouwen in het onderzoeksgebied en op basis daarvan aangeven of
 - a. bodemdaling
 - b. ingrepen in de waterhuishouding
 - c. andere aspecteneen rol spelen.

Het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade is gebaseerd op diverse deelonderzoeken die eerder door of namens de opdrachtgevers zijn uitgevoerd. Deze deelonderzoeken bevatten onder meer resultaten van grondboringen en sonderingen, meetreeksen van de grondwaterstand, opgave van ingrepen in het watersysteem, bouwkundige opnames en schadeonderzoeken.

Als onderdeel van het samenvattend onderzoek is een schema met oorzaak-effectrelaties opgesteld (bijlage 1). Hiermee is een integrale gebiedsspecifieke systeembeschrijving gemaakt, waarbij de oorzaak-effectrelaties helder zijn geformuleerd op gebiedsniveau (het onderzoeksgebied). In het schema is sprake van twee hoofdgroepen van relaties:

- Interne gebouwinvloeden: gebouw- en funderingseigenschappen.
- Externe gebouwinvloeden, de eigenschappen en veranderingen in de bodem.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek waarbij enerzijds de invloeden vanuit de ondergrond zijn nagegaan en anderzijds de invloeden vanuit het gebouw, en aan de hand van de beschrijving van oorzaak-effect-relaties, zijn de volgende hoofdoorzaken van de gebouwschade in het onderzoeksgebied aan te duiden:

- Van de onderzochte panden is het merendeel relatief oud en van een matige bouwkundige kwaliteit ¹ door veroudering en/of door wijziging van constructie of functie, maar ook door verouderde bouwmethoden zoals gemetselde funderingen en het veelal ontbreken van lateien boven gevelopeningen.
 - Er is op lokaal niveau bij diverse panden sprake van een sterk heterogene bodemopbouw met aanwezigheid van restveen, met name ook in de bovenste laag boven het grondwaterniveau, waardoor gemakkelijk ongelijke vervorming van de ondiepe ondergrond heeft kunnen ontstaan. Deze ongelijke vervormingen van de ondiepe ondergrond ontstaan met name onder invloed van wijzigingen in de grondwaterstand wanneer daarbij veen droog komt te liggen. Deze wijzigingen ontstaan deels door natuurlijke invloeden (droge en natte perioden) en deels door ingrepen (peilwijzigingen).
- Deze factoren, of een combinatie hiervan, dragen bij aan het merendeel van de aanwezige schades en worden daarom beschouwd als hoofdoorzaken. Opgemerkt wordt dat deze oorzaken niet uniek zijn voor dit gebied en dat vergelijkbare schade ook elders in Nederland voorkomt.

De volgende potentiële oorzaken zijn onderzocht en blijken op gebiedsniveau niet beschouwd te kunnen worden als hoofdoorzaak:

- De zoutwinning door Nedmag op een diepte van 1500 -1800 meter onder maaiveld leidt tot verwaarloosbare vervormingen in de ondiepe ondergrond en dus ook tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
- Bodemdaling door aardgaswinning leidt tot nog kleinere vervormingen in de ondiepe ondergrond en dus ook tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
- De aanpassingen van het peilbeheer door het waterschap aan de komvormige bodemdaling door zoutwinning, leiden tot zeer beperkte verlagingen van de waterstand ten opzichte van maaiveld en daardoor (via het proces van veenoxidatie en zetting) tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
- Eerdere aanpassingen van het peilbeheer.
 - De peilwijzigingen in het kader van de Herinrichting Veenkoloniën waren gebiedsdekkend, maar vallen overwegend binnen de bandbreedte van 32 cm die in de literatuur als toelaatbaar wordt beschouwd. Deze wijzigingen leidden daarmee hooguit tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
 - In enkele peilvakken in het noordelijke deel van het plangebied was in het kader van de Herinrichting Veenkoloniën de verlaging 0,67 en 0,82 m. Bij een dergelijke verlaging bestaat het risico dat enige zetting optreedt wat mogelijk tot gebouwschade kan leiden. Uit de beschikbare gegevens hebben wij niet kunnen afleiden dat dit daadwerkelijk heeft plaatsgevonden. De betreffende peilgebieden liggen grotendeels ten noorden van het onderzoeksgebied, en maar voor een klein gedeelte er binnen. Vanwege dit zeer lokale effect en het feit dat er geen concrete aanwijzingen zijn voor schade, kan deze potentiële oorzaak niet als hoofdoorzaak worden aangemerkt.
 - De overige aanpassingen hadden of hebben alleen een zeer lokaal effect (kanaaldemping, tijdelijke grondwateronttrekkingen voor bijvoorbeeld riolering, peilaanpassing stortplaats). Deze wijzigingen leidden daarmee hooguit tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
- Sterke trillingen (door bijvoorbeeld aardbevingen, verkeer, heiwerkzaamheden seismisch onderzoek en straaljagers) zijn in het gebied van relatief gering belang ten opzichte van andere oorzaken en/of van voor 1993.
- Ontoereikende draagkracht van de bodem ten gevolge van waterstandsverhogingen. De peilverhogingen in het gebied zijn dermate gering dat dit tot een verwaarloosbare invloed op de schades leidt.

¹ De aanduiding 'matige bouwkundige kwaliteit' duidt erop dat het verouderingsproces duidelijk is ingetreden. Dit zegt vooral iets over veroudering en ouderdom en wijst niet direct op achterstallig of ontoereikend onderhoud.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	7
1.1 Opdracht	7
1.2 Aanleiding voor het onderzoek	7
1.3 Doel van het onderzoek	7
1.4 Leeswijzer	7
2 Onderzoeksopzet	9
2.1 Onderzoek met twee benaderingen	9
2.2 Uitwerking vanuit de bodem	9
2.3 Uitwerking vanuit de schade aan de gebouwen	12
2.4 Integratie van beide benaderingen	12
3 Beschikbare stukken	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Ontvangen bouwkundige documenten	13
3.3 Ontvangen documenten m.b.t. bodem/ondergrond	13
4 Literatuuronderzoek	15
4.1 De onderzoeken	15
4.2 Conclusies literatuuronderzoek	16
4.3 Resultaten uit deelonderzoeken	17
4.3.1 N.a.v. onderzoek 1	17
4.3.2 N.a.v. onderzoek 2	17
4.3.3 N.a.v. onderzoek 3	18
4.3.4 N.a.v. onderzoek 4	18
4.3.5 N.a.v. onderzoek 5	19
4.3.6 N.a.v. onderzoek 6	19
4.3.7 N.a.v. onderzoek 7	20
4.3.8 N.a.v. onderzoek 8	20
4.3.9 N.a.v. onderzoek 9	21
4.3.10 N.a.v. onderzoek 10	21
4.3.11 N.a.v. onderzoek 11	22
5 Analyse onderzoeken gebouwschade	23
5.1 Aanpak	23
5.2 De beschikbare Bouwkundige onderzoeken	23
5.3 Typeringen per type rapportage	23
5.4 Selectie van te onderzoeken objecten	26
5.5 Inventarisatie	28
5.5.1 Aanpak	28
5.5.2 Inventarisatie per object	28
5.5.2.1 Inventarisatie gebouweigenschappen	28

5.5.2.2	Inventarisatie locatie-eigenschappen	30
5.5.2.3	Inventarisatie schade	31
5.6	Analyse inventarisatie	32
5.6.1	Inleiding	32
5.6.2	De aard van de schades	32
5.6.3	Invloed van ouderdom	35
5.6.4	Gebouwkwaliteit	37
5.6.5	Wijziging van de functie	37
5.6.6	Bouwkundige aanpassingen	38
5.6.7	Ontwikkeling van forse schades	38
5.7	Aanvullende inspecties	38
5.8	Eventuele toename schade rond 2004	40
5.9	Samenvatting gebouwgebonden aspecten	41
6	Analyse funderingswijzen	43
6.1	Inleiding	43
6.2	Beschikbare gegevens	43
6.3	Beoordeling	44
7	Invloed bodem gerelateerde aspecten	45
7.1	Vraagstelling	45
7.2	Historie van het waterbeheer	45
7.3	Gebouwschade en hydrologie	48
7.4	Zettings- en oxidatiegevoelige bodemlagen	50
7.5	Grondwaterstandverloop	52
7.6	Peilbeheer	54
7.7	Hydrologische ingrepen	54
8	Oorzaak-effect-relaties	55
8.1	Algemeen	55
8.2	Interne gebouwinvloeden: gebouw- en funderingseigenschappen	55
8.3	Externe gebouwinvloeden: eigenschappen en veranderingen in de bodem	56
8.4	Zoutwinning	57
9	Oorzaken en hoofdoorzaak	59
9.1	Inleiding	59
9.2	Beantwoording hoofdvraag	59
9.3	Beantwoording subvragen	60
10	Beschouwing op de conclusies	65
10.1	Informatie gebouwen	65
10.2	Informatie bodem en hydrologie	66
10.3	Samenvattend	66
Bijlage 1	Schema oorzaak-effect-relaties	
Bijlage 2	Selectie uit het Literatuuronderzoek	
	resultaten uit deelonderzoeken	
	N.a.v. onderzoek 1	

	N.a.v. onderzoek 2.....
	N.a.v. onderzoek 3.....
	N.a.v. onderzoek 4.....
	N.a.v. onderzoek 5.....
	N.a.v. onderzoek 6.....
	N.a.v. onderzoek 7.....
	N.a.v. onderzoek 8.....
	N.a.v. onderzoek 9.....
	N.a.v. onderzoek 10.....
	N.a.v. onderzoek 11.....
Bijlage 3	Overzicht beschikbare rapportages voor de geselecteerde woningen.....
Bijlage 4	Plattegrond met locaties van geselecteerde objecten.....
Bijlage 5	Overzichtstabel n.a.v. inventarisatie.....
Bijlage 6	Rapport watersysteemanalyse.....
Colofon.....	

1 Inleiding

1.1 OPDRACHT

Door de gemeenten Veendam en Menterwolde, het waterschap Hunze en Aa's, Nedmag en de provincie Groningen is een gezamenlijk onderzoek opgestart naar de mogelijke oorzaken van de gebouwschade in het bodemdalingsgebied van de delfstofwinning van Nedmag. Op 23 april 2012 is aan ARCADIS Nederland BV opdracht verleend voor het uitvoeren van dit onderzoek. In navolging van de opdrachtgevers zal dit onderzoek worden aangeduid als: Samenvattend Onderzoek Gebouwschade.

1.2 AANLEIDING VOOR HET ONDERZOEK

Als gevolg van o.a. delfstofwinning door Nedmag zakt de bodem in het gebied rondom de winningslocatie. Nedmag wint magnesiumzouten bij Borgercompagnie en Tripscompagnie op een diepte van ca. 1500 tot 1800 meter. Dit gebeurt sinds 1993 met behulp van de zogenaamde squeeze-methode, waarbij de winning zich vertaalt in een bodemdaling. In 2010 bedroeg de maximale gemeten bodemdaling 27 cm. In een enquête van de dorpsverenigingen onder bewoners van Borgercompagnie en Tripscompagnie in het bodemdalingsgebied van de zoutwinning van Nedmag is door bewoners de laatste jaren een toename van schade aan de gebouwen geconstateerd.

Schade aan gebouwen kan ontstaan door diverse oorzaken, of een combinatie van oorzaken. Bodemdaling als gevolg van de zoutwinning is een van de mogelijke oorzaken. Daarom is het van belang vast te stellen wat de hoofdoorzaak is, of wat de hoofdoorzaken zijn. De groep opdrachtgevers heeft ondertussen al diverse deelonderzoeken naar mogelijk oorzaken verricht en heeft nu behoefte aan een samenvattend onderzoek.

1.3 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Doel van het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade is vast te stellen wat de hoofdoorzaak is, of de hoofdoorzaken zijn, van de gebouwschade in het bodemdalingsgebied van de delfstofwinning van Nedmag, hierna aangeduid als 'het onderzoeksgebied'. Het is praktisch onmogelijk om voor alle panden in het onderzoeksgebied in detail de oorzaken van de schade vast te stellen. Het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade richt zich op het onderzoeken van een aantal aannemelijke hoofdoorzaken. Hierbij wordt de gehele keten van oorzaak naar gevolg in beschouwing genomen.

1.4 LEESWIJZER

Deze rapportage is als volgt opgebouwd.

- Het rapport begint met een samenvatting van het onderzoek met de belangrijkste conclusies.
- In hoofdstuk 1 wordt de aanleiding en het doel van het onderzoek beschreven.

- In hoofdstuk 3 wordt de opzet van het onderzoek uiteengezet.
- Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de beschikbare stukken.
- Hoofdstuk 4 geeft een samenvatting van het eerder uitgevoerde Literatuuronderzoek.
- Hoofdstuk 5 geeft een inventarisatie en samenvatting van de eerder uitgevoerde onderzoeken naar de schade bij afzonderlijke woningen.
- Hoofdstuk 6 gaat in op de funderingswijzen in het betreffende gebied.
- In hoofdstuk 7 komen de bodem gerelateerde aspecten aan de orde, te weten de bodemdaling, de wijzigingen in de grondwaterstand en de bodemopbouw alsmede de invloed daarvan op de gebouwen/gebouwschade.
- In hoofdstuk 8 wordt ingegaan op de oorzaak-effectrelaties.
- In hoofdstuk 9 worden de voorgelegde vragen nader beantwoord en worden de (hoofd)oorzaken voor de gebouwschade benoemd.
- In hoofdstuk 10 wordt een korte beschouwing gegeven op de beschikbare informatie in relatie tot de getrokken conclusies.

2 Onderzoeksopzet

2.1 ONDERZOEK MET TWEE BENADERINGEN

Het vaststellen van mogelijke oorzaken van gebouwschade wordt in het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade op twee manieren benaderd:

- Nagaan of sprake is van een causaal verband tussen bodemdaling en/of ingrepen in de waterhuishouding en gebouwschade. De bodemdaling kan het gevolg zijn van de zoutwinning, maar ook een andere oorzaak hebben. In deze benadering wordt onderzocht welke veranderingen in de bodem en de grondwaterstand ontstaan als gevolg van
 - a) bodemdaling
 - b) ingrepen in de waterhuishouding
 en hoe die veranderingen uiteindelijk tot schade aan gebouwen kunnen leiden.
- Het analyseren van de schade aan gebouwen in het onderzoeksgebied en op basis daarvan aangeven of de volgende aspecten een rol spelen:
 - a) bodemdaling
 - b) ingrepen in de waterhuishouding
 - c) andere aspecten.

2.2 UITWERKING VANUIT DE BODEM

Inleiding

Volgend uit de vraagstellingen zijn de uit te werken thema's:

- Historie waterhuishouding
- Hydrologie en gebouwschade
- De locatie specifieke uitwerking effecten

Allereerst zijn de historie van het waterbeheer en de hydrologische veranderingen in het grond- en oppervlaktewatersysteem onderzocht. Deze vormen de randvoorwaarden waarbinnen hydrologische effecten hebben opgetreden. Vervolgens is een analyse gemaakt van de samenhang van hydrologie en gebouwschade zoals blijkt uit de bestaande bronnen. De potentiële met hydrologie samenhangende oorzaken van gebouwschade zijn:

- aanwezigheid van zettingsgevoelige lagen,
- grondwaterstandsverloop en
- hydrologische ingrepen.

Deze worden gebiedsdekkend uitgewerkt in samenhang met de bebouwing.

In navolgende paragrafen is voor deze thema's een aanpak uitgewerkt.

Historie

Een overzicht in de geschiedenis van het waterbeheer van dit gebied biedt de basis waarmee inzicht opgedaan kan worden voor de hydrologische analyse. Voor de oppervlaktewaterhydrologie is met behulp van waterstaatskaarten en beschikbare herinrichtingsplannen van 1970-1974, 1990-1993 een tijdbalk gecreëerd van de waterhuishoudkundige geschiedenis. De historie van grondwaterstandsverloop is geanalyseerd aan de hand van grondwaterstandsreeksen beschikbaar in de TNO-NITG database.

Oppervlaktewater

Hierbij is het hydrologisch onderzoek beschreven naar de ontwikkelingen in peilbeheer. Bij het beoordelen van de peilveranderingen in de periode tot 1993 en de periode 1993-2010 is de doorwerking op grondwater vooral van belang.

Herinrichting

Naast het peilbeheer zijn er verschillende perioden geweest waarin het gebied heringericht is. Hier is enig overlap met peilbeheer (wanneer herinrichtingsmaatregelen ook geleid hebben tot peilaanpassingen). Uit het archief van Waterschap Hunze en Aa's zijn de volgende bronnen naar voren gekomen:

- Demping, graven en verondiepen van de kanalen (Borgercompagniesterdiep).
- Herinrichting Veenkoloniën waarbij de ontwatering en afwatering voor de landbouw verbeterd is.

Uit deze bronnen zijn de ingrepen afgeleid die samenhangen met de hydrologie.

Grondwaterstandsverloop

Het grondwaterstandsverloop is beschikbaar in verschillende meetreeksen in de database van TNO-NITG (Dinoloket). In onderstaande opsomming is weergegeven welke gegevens beschikbaar zijn:

- 15 meetreeksen freatisch grondwaterstand april – september 2011 (Rapportage grondwatermonitoring, VN-53090-2, 15 februari 2012, Wiertsema & Partners). Deze reeksen zijn te kort voor een statistische analyse, maar kunnen wel beschreven worden.
- De gegevens van 51 aanwezige peilbuizen in het gebied uit het Dinoloket. Voor alle beschikbare stijghoogtegegevens maken wij een tijdreeksanalyse waarbij de relatie tussen lang- en kortdurende reeksen wordt gelegd. De focus ligt op zowel langjarige veranderingen in stijghoogten als kortstondige veranderingen.

Voor de analyse van het grondwaterstandsverloop is gebruik gemaakt van het programma Menyanthes®. Dit is een door onderzoeksinstituut KWR ontwikkeld programma om analyses van tijdreeksen en bepallende hydrologische invloeden uit te voeren.

Hydrologie en gebouwschade

De aanpak bestaat uit een samenhangende beschouwing van het gehele systeem, zowel vanuit het gebouw geredeneerd als vanuit de ondergrond. Op basis van de beschikbare onderzoeken beschrijven we het systeem: wat zijn de mogelijke oorzaken, hoe hangen de verschillende factoren met elkaar samen, hoe versterken ze elkaar, of heffen ze elkaar juist op?

We zoeken bij elke oorzaak-effect-relatie naar de mate van zekerheid waarmee dit effect in dit gebied optreedt. Door die zekerheden en onzekerheden te vergelijken, kunnen we iets zeggen over hoofdoorzaken en suboorzaken.

Voor deze hydrologische onderbouwing zijn de relaties allereerst gelegd op basis van een literatuuronderzoek.

Uitwerking locatie specifieke effecten bodemdalingsgebied Nedmag

Zettingsgevoelige lagen

De uitwerking van de verkenning naar de bodemopbouw is van regionaal naar lokaal uitgevoerd. Regionale interpretaties van de bodemopbouw zijn beschikbaar in REGIS (Dinoloket). Vanuit het ontstaan van het gebied zijn de aanwezigheid van verschillende afzettingen en de opeenvolging in diepte te verklaren.

De lokale opbouw is beschikbaar in boringen en sonderingen in het Dinoloket. Deze zijn geanalyseerd op samenstelling en voorkomen van zettingsgevoelige lagen (veen).

Er zijn 670 boringen en 18 sonderingen waarvoor ook conus- en wrijvingsweerstand beschikbaar zijn beoordeeld. Dit resulteert in een lokale opbouw per boorpunt of sondeerlocatie, een opbouw per onderzochte bebouwing en voor het onderzoeksgebied een analyse van het ontstaan van de bodem en daarmee uitspraak over voorkomen van potentieel zettingsgevoelige lagen. Zo zijn op de Pleistocene zanden Holocene veenafzettingen afgezet, deze worden daarentegen niet onder de Pleistocene zanden aangetroffen.

Veenoxidatie en klink van veen is af te leiden uit de verschilkaart van de nauwkeurige maaiveldhoogtemetingen. Het waterschap heeft door Grontmij een studie laten uitvoeren naar bodemdaling door veenoxidatie in het gehele beheersgebied van het waterschap. Deze gegevens hebben wij specifiek gemaakt naar dit onderzoeksgebied.

Grondwaterstandsverloop

Naast de peilbuiswaarnemingen is de waterhuishoudkundige geschiedenis een bron van gegevens waarvan grondwaterstandseffecten afgeleid kunnen worden. Voor 1993 hebben peilwijzigingen plaatsgehad die een verbetering van de landbouwkundige omstandigheden tot doel hebben gehad. Meer uniforme droogleggingseisen zijn toegepast maar ook zijn de mogelijkheden van waterinlaat verbeterd. Waar voor de herinrichting in grote delen sprake was van een vrij afwaterend gebied met uitzakkende zomerpeilen was na de herinrichting waterinlaat en een meer beheerst peil mogelijk.

Om inzicht te krijgen in de samenhang tussen oppervlaktewater en grondwater is een modellering in MIPWA2 uitgevoerd.

MIPWA staat voor Methodiekontwikkeling Interactieve Planvorming ten behoeve van het Waterbeheer. Het is een gebiedsdekkend grondwatermodel voor Noord-Nederland. Het doel van dit MIPWA-model is in eerste instantie het ondersteunen van de vaststelling van het GGOR. De provincies moeten dit Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime uitvoeren in samenwerking met de waterschappen en in samenspraak met alle belanghebbende waterpartners. MIPWA2 is een tweede versie van dit model waarbij de ondiepe bodemopbouw en hydrologische schematisatie verder verbeterd is.

Hydrologische ingrepen

In het gebied is een aantal ingrepen in het hydrologische systeem uitgevoerd, die effecten op de grondwaterstijghoogten hebben gehad. Deze beschrijven wij op basis van de beschikbare documenten.

Uitwerking

Voorgaande bodemgerelateerde aspecten zijn in hoofdstuk 7 verder uitgewerkt.

2.3 UITWERKING VANUIT DE SCHADE AAN DE GEBOUWEN

Bij de uitvoering van het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade zijn de volgende stappen doorlopen ten aanzien van de bouwkundige benadering vanuit de schade aan de gebouwen:

- Het maken van een overzicht van de beschikbare documenten.
- Het maken van een samenvatting en beoordeling van het eerder uitgevoerde Literatuuronderzoek.
- Het opstellen van een overzicht van de beschikbare bouwkundige rapportages per adres.
- Steekproefsgewijs onderzoek naar aard en inhoud van de diverse typen bouwkundige rapportages.
- Het maken van een selectie van te onderzoeken objecten.
- Het opstellen van een overzicht met gewenste kenmerken per object.
- Het inventariseren van de beschikbare gegevens per object voor de geselecteerde objecten.
- De resultaten van de inventarisatie per object samenvoegen in een overzichtstabel.

In hoofdstuk 5 wordt dit verder uitgewerkt.

2.4 INTEGRATIE VAN BEIDE BENADERINGEN

Vervolgens zijn beide benaderingen geïntegreerd in de uitwerking van de oorzaak-effectrelaties.

Op basis van onderzoek in de onderstaande bronnen is een relatieschema gemaakt van de potentiële oorzaken van gebouwschade. Dit schema is als **bijlage 1** opgenomen. De basis van de relaties in dit schema zijn afkomstig uit de volgende door ons bestudeerde bronnen.

De relevante thema's zijn:

- Bodemopbouw
Hierbij zijn veenlagen in het gebied de zettingsgevoelige lagen. In het bovenste pakket zijn geen kleiafzettingen aanwezig.
- Peilverandering
Peilveranderingen en ingrepen in de waterhuishouding hebben effecten op de grondwaterstanden en daarmee de waterspanning. Veranderingen in waterspanning hebben effect op de korrelspanning in de bodem. Afhankelijk van de zettingsgevoeligheid van aanwezige bodemlagen zal in meer (veen en ongerijpte klei) of mindere (zand en vaste klei) mate zetting optreden.
- Bodemdaling
Door bodemdaling kan een relatieve grondwaterstandstijging plaatsvinden, deze leidt potentieel tot vochtoverlast en schade aan de fundering.
- Regionale hydrologische invloeden
De regionale hydrologische invloeden zoals grondwaterwinning en klimaat zijn uit analyse van stijghoogten af te leiden. Ook is met gegevens van grondwaterwinningen een verandering in grondwaterstanden af te leiden.
- Lokale hydrologische invloeden
Zeer lokale hydrologische invloeden (zoals verdamping door vegetaties, bemalingen, infiltratie en drainage) zijn geen onderdeel van deze verkenning geweest. Omdat uit de analyse van gebouwschade ook niet bleek dat deze hydrologische componenten verklarend kunnen zijn, is verdere lokale analyse achterwege gelaten.

3

Beschikbare stukken

3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de beschikbaar gestelde stukken, zoals wij deze deels bij aanvang en deels aanvullend hebben ontvangen.

3.2 ONTVANGEN BOUWKUNDIGE DOCUMENTEN

Voor het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade zijn door de opdrachtgevers de volgende rapporten beschikbaar gesteld:

- Opname van 79 woningen door Hagendoorn Taxateurs uitgevoerd in 1995.
- Opname van 361 woningen door Hanselman, uitgevoerd in 2002/2003.
- Uitgebreide schadeonderzoeken door Hanselman en Wiertsema & Partners bij 2 woningen, uitgevoerd in 2010.
- Onderzoek naar 48 + 3 schadegevallen door Bureau voor Bouwpathologie, uitgevoerd in 2010 -2012 (3 aanvullende rapporten ontvangen in juli 2012).
- Samenvatting typen gebreken door Bureau voor Bouwpathologie, mei 2011.
- Monitoring van 72 woningen door Hanselman, uitgevoerd in 2011 (ontvangen april 2012).
- Vervolg monitoring door Hanselman, bij 41 panden, uitgevoerd in 2012 (ontvangen april 2012).
- Voorlopige adviezen TCBB voor 11 woningen, uitgevoerd in 2011/2012 (voor 6 woningen rapporten ontvangen in april 2012, voor 5 woningen rapporten ontvangen juli 2012).
- Rapportages nader onderzoek bij 9 woningen door TCBB in samenwerking met IJB Geotechniek, uitgevoerd in 2012 (ontvangen september 2012).

3.3 ONTVANGEN DOCUMENTEN M.B.T. BODEM/ONDERGROND

Voor het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade zijn de volgende rapporten beschikbaar gesteld:

- Bodemdaling door veenoxidatie, Probleemanalyse voor het waterschap Hunze & Aa's, rapport 297486, Grontmij, 5 augustus 2011.
- Vervolgonderzoek effecten bodemdaling op waterhuishouding en riolering, Witteveen+Bos; 2010.
- Resultaten grondonderzoek t.b.v. de grondwaterstandmonitoring in het onderzoeksgebied nabij Borgercompagnie. Wiertsema en Partners, 2012.

4

Literatuuronderzoek

4.1 DE ONDERZOEKEN

Tot de verstrekte stukken behoort het 'Literatuuronderzoek naar de relatie tussen bodemdaling en gebouwschade' zoals opgesteld door de ambtelijke werkgroep bodemdaling Nedmag. Het verstrekte rapport heeft de status 'concept' en is gedateerd 6 december 2011².

Bij dit Literatuuronderzoek zijn 11 eerdere onderzoeken en studies betrokken waarin de relatie tussen bodemdaling en gebouwschade aan de orde komt. Negen van deze studies hebben betrekking op andere locaties dan de zoutwinningslocatie van Nedmag te Veendam.

In deze literatuurstudie zijn de volgende onderzoeken betrokken (naam onderzoek, onderzoekende instantie, datum rapportage):

1. Oorzaak schade aan gebouwen nabij Grou, TNO-NITG, 31 maart 2003.
2. Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de Provincie Groningen, Diversen, maart 1987.
3. Bodemvervorming door diepe zoutwinning en effecten op gebouwen in de Barradeel concessie van FRISIA Zout definitief, Geodelft, november 2001.
4. Transparantie effecten Zoutwinning Fryslan, Alterra, oktober 2007.
5. Gebouwschade Loppersum; Deltares en TNO-bouw, 2011.
6. Onderzoek effecten peilverlaging Oude Pekela, Geodelft, oktober 2007.
7. Raaian onderzoek Electraboezem 2^e schil, Deltares, november 2011.
8. Bodemdaling Groningen, Effecten peilverhoging op fundering op staal, Relatie afname draagvermogen en zakking fundering, Gemeentewerken Rotterdam, januari 2004.
9. Gebouwschade t.g.v. peilverhoging, Geocheck rap. 2000-005/B GW Rotterdam + woning, Geodelft, januari 2005.
10. Vervorming van de bovengrond door Nedmag zoutwinning en schade aan de bebouwing, GeoDelft, juli 2001
11. Second Opinion Ontginningsplan NEDMAG 2001, Prof. dr. ir. A. Verruijt, december 2001.

Het Literatuuronderzoek vermeldt dat zoveel mogelijk gebruik is gemaakt van de originele samenvatting en conclusies van onderzochte rapporten.

Tot de opdrachtgevers van de 11 genoemde onderzoeken behoren: het ministerie van Economische Zaken (1); de provincies Friesland en Groningen (4, 5 en 11); commissies bodemdaling (6, 7 en 8);

² In september 2012 is een definitieve versie van dit rapport verstrekt, met de gewijzigde titel 'Literatuuronderzoek naar de effecten van zout- en gaswinning op bebouwing', gedateerd 30 augustus 2012. Op basis van een globale vergelijking zijn de wijzigingen minimaal, en niet van invloed op dit rapport.

zoutwinningsbedrijven (3 en 10). De opdrachtgevers voor de verschillende onderzoeken worden in het Literatuuronderzoek niet in alle gevallen expliciet genoemd (2 en 9).

4.2 CONCLUSIES LITERATUURONDERZOEK

Het Literatuuronderzoek vat samen dat uit de verschillende onderzoeken naar voren komt dat bodemdaling door winning van delfstoffen theoretisch op vier verschillende manieren tot schade aan gebouwen kan leiden. In onderstaand overzicht is aangegeven welke schadeoorzaken in de afzonderlijke onderzoeken zijn onderzocht.

Nummer onderzoek:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Gebouwschade direct door bodemdaling	x	x	x	x	x	x				x	x
2. Gebouwschade door peilverlaging	x	x		x	x	x	x				x
3. Gebouwschade door peilverhoging		x			x			x	x		x
4. Gebouwschade door aardbevingen	x		x		x					x	x

Het Literatuuronderzoek volgt deze vier aspecten bij de algemene conclusies ten aanzien van de schadeoorzaken. Onderstaand wordt in cursief de letterlijke tekst van de conclusies overgenomen.

- In geen van de onderzoeken komt naar voren dat **gebouwschade direct door bodemdaling** ontstaat. De scheefstelling, kromming en horizontale rek die ontstaan in gebouwen als direct gevolg van bodemdaling blijven ruim binnen de daarvoor geldende schadecriteria. De algemene conclusie is dat op de schaal van een woning de zetting gelijkmatig is en er direct door de bodemdaling geen schade te verwachten is. De onderzoekers geven echter aan dat het hier geen absolute zekerheid betreft.*
- Om ongewenste gevolgen van bodemdaling te voorkomen, worden maatregelen getroffen om het waterpeil te verlagen. Door een **peilverlaging** kan mogelijk schade door ongelijkmatige zettingen ontstaan aan op staal gefundeerde gebouwen. Voor het optreden van schade is de zogenaamde relatieve peilverlaging van belang. Van een relatieve peilverlaging is sprake als het waterpeil verder is verlaagd dan de opgetreden bodemdaling. Als gevolg van de relatieve peilverlaging kan samendrukking ontstaan van slecht draagkrachtige bodemlagen. De maximaal toelaatbare relatieve peilverlaging is afhankelijk van de bodemopbouw. Op basis van onderzoek 2, 6 en 7 lijkt het redelijk om uit te gaan van volgende maximale relatieve peilverlagingen³:*
 - voornamelijk zandige ondergrond: 32 cm*
 - voornamelijk kleiachtige ondergrond: 20 cm*
 - voornamelijk veenachtige ondergrond: 13 cm**Een grondwaterstandsverlaging kan ook leiden tot krimp en rijping van kleigronden. Deze verschijnselen treden op boven de grondwaterspiegel door het uitdrogen van de bodem. Bij veen kan tevens oxidatie ontstaan doordat zuurstof in de bodem kan toetreden. Door krimp, rijping en oxidatie kunnen op staal gefundeerde gebouwen grote schade oplopen.*
- Als het waterpeil minder wordt verlaagd dan de opgetreden bodemdaling is er sprake van een relatieve **peilverhoging**. Door een relatieve peilstijging kan reductie van de draagkracht van een staalfundering optreden en daardoor een toename van de zettingen plaatsvinden. Alleen in zeer bijzondere gevallen zal dit tot schade leiden; het betreft dan: funderingen die vrijwel tot de uiterste draagkracht zijn belast, waarbij de grondwaterstand juist onder, op of boven het funderingsniveau staat. Hierbij moet worden bedacht dat een fundering die vrijwel tot de draagkracht is belast daardoor al relatief grote vervormingen heeft ondergaan.*
- Door mijnbouwactiviteiten, zoals de winning van gas, kunnen verschuivingen langs breukvlakken optreden hetgeen resulteert in **aardbevingen**. Hierdoor kan lichte tot matige schade aan gebouwen ontstaan. Het is heel ongebruikelijk dat zich voelbare aardbevingen voordoen bij oploszoutwinning. De reden is waarschijnlijk dat het*

³ onder funderingsniveau.

zout, waar de cavernes door omringd zijn, zodanig plastisch is dat er geen schokken optreden bij de vervorming. Ook vindt oploszoutwinning niet vaak plaats nabij grotere breuken. Bij gas- en oliewinning is dat wel vaak het geval omdat olie en gas zich juist ophoopt in de buurt van breuken.

In het vervolg van het Literatuuronderzoek worden de verschillende deelonderzoeken behandeld, met vermelding van de naam van het onderzoek, de naam van de onderzoeksinstantie, het nummer en de datum van het onderzoek. Vervolgens wordt aangegeven welke van de bovengenoemde vier schade oorzaken in de betreffende rapportage aan de orde komen. Tenslotte wordt een samenvatting gegeven van (de resultaten van) het onderzoek. In de samenvatting van de afzonderlijke rapporten komen diverse aspecten naar voren die voor dit Samenvattend Onderzoek Gebouwschade eveneens van belang kunnen zijn.

4.3 RESULTATEN UIT DEELONDERZOEKEN

ARCADIS heeft kennisgenomen van het Literatuuronderzoek door de Werkgroep Bodemdaling Nedmag. Hierbij zijn geen aspecten naar voren gekomen waarover wij een wezenlijk ander inzicht hebben. Enkele delen uit het Literatuuronderzoek die een relatie hebben met gebouwschade zijn in bijlage 2 nogmaals op een rij gezet, waarbij zoveel mogelijk citaten uit het literatuuronderzoek zijn overgenomen. Daarmee wordt ruis voorkomen die kan ontstaan wanneer in eigen bewoordingen verslag wordt gedaan van een verslag over eerder uitgevoerde onderzoeken. Enkele passages, waarin beschouwingen, analyses of conclusies voorkomen die een directe relatie hebben met het huidige Samenvattend Onderzoek Gebouwschade, zijn in de bijlage gemarkeerd weergegeven. Deze passages zijn hieronder weergegeven.

4.3.1 N.A.V. ONDERZOEK 1

Naam onderzoek: **Oorzaak schade aan gebouwen nabij Grou**
 Onderzoek door: TNO -NITG
 Rapportnummer : NITG 03-062-B
 Datum: 31 maart 2003
 Opdrachtgever: Ministerie van Economische zaken
 Situatie: Grou (Fr); mogelijke invloed van bodemdaling door gaswinning.

De eindconclusie van het onderzoek is dat, hoewel op lokale schaal aan individuele panden verschillende oorzaken van schade zijn te vinden, op regionale schaal beschouwd de oorzaak van het hoge aantal schadegevallen gelegen is in de opbouw van de ondiepe ondergrond - met name in de inherente kwetsbaarheid van het holocene pakket met zijn zettingsgevoelige slappe bodem - in combinatie met en versterkt door de daling van de grondwaterstanden gedurende de laatste decennia.

4.3.2 N.A.V. ONDERZOEK 2

Titel: **Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkings in verband met aardgaswinning in de Provincie Groningen**
 Onderzoek door: *Deelstudie I:* Koninklijke Shell Exploratie en Productie Laboratorium te Rijswijk; geautoriseerd door het Staatstoezicht op de Mijnen.
Deelstudie II: Ingenieursbureau Grondmechanica te Delft, het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies te Rijswijk en Ingenieursbureau Tauw BV te Deventer.
 Rapportnummer: Niet vermeld.
 Datum: maart 1987

Opdrachtgever: Niet vermeld.
Situatie: Aardgaswinning provincie Groningen.

Uit *deelstudie II*

In tegenstelling tot homogene grond veranderen bij inhomogene grond de samenstelling en eigenschappen ervan over relatief korte afstand vergeleken met de lengte van een gebouw. Bij inhomogene grond echter kan een verschil in zetting tot scheefstand en/of scheurvorming van de bebouwing leiden.

De volgende factoren kunnen van grote invloed zijn op optredende spanningen: de aard, vorm en bouwwijze van het gebouw, de plaats in het gebouw waar de spanningen werken, de afmetingen van de fundering en de mate van inhomogeniteit van de ondergrond.

De treksterkte van metselwerk en de geometrie van de bouwwerken variëren aanzienlijk.

Bij boerderijen is de situatie wezenlijk anders. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de toegepaste constructie van bedrijfsgebouwen in het onderzoeksgebied. De lange muur van het bedrijfsgebiedte blijkt erg kwetsbaar te zijn voor ongelijkmatige zetting.

4.3.3 N.A.V. ONDERZOEK 3

Titel: **Bodemvervorming door diepe zoutwinning en effecten op gebouwen in de Barradeel concessie van FRISIA Zout definitief**
Onderzoek door: Geodelft
Rapportnummer: co400130/05 versie 1
Datum: november 2001
Opdrachtgever: Frisia
Situatie: Zoutwinning Barradeel, nabij Sexbierum (Fr.)

Een gebouw zal de vervorming in de bodem deels volgen, maar doordat de fundering van een gebouw over het algemeen veel stijver is dan de bodem, zullen met name de kromming en horizontale rek in het gebouw significant kleiner zijn dan de kromming en rek in de bodem⁴.

Geodelft geeft aan dat het voordoen van voelbare bevingen bij oplosmijnbouw heel ongebruikelijk is. Er is tot op heden geen enkele trilling in het gebied van de zoutwinning gerapporteerd.

4.3.4 N.A.V. ONDERZOEK 4

Titel: **Transparantie effecten Zoutwinning Fryslan**
Onderzoek door: Alterra en Instituut voor Agrarisch Recht
rapportnummer: 1264/01/2006
Datum: 2006
Opdrachtgever: Provincie Fryslân
Situatie: Zoutwinning ten noorden van Harlingen (Fr.)

⁴ ARCADIS maakt hierbij de volgende kanttekening: een oude gemetselde fundering, zoals in het onderzoeksgebied veelvuldig toegepast, is aanzienlijk minder stijf dan een betonnen fundering, zoals thans gangbaar is. Aangenomen kan worden dat een oude gemetselde fundering nog wel stijver is dan de bodem.

Gerijpte klei kan sterk krimpen (in de orde van centimeters). Veengronden kunnen nog veel meer water bevatten dan kleigronden en kunnen daarnaast nog oxideren. Woningen die niet op palen of 'op staal' (= draagkrachtige zandondergrond) zijn gefundeerd kunnen door rijping en krimp van de grond waarop ze zijn gefundeerd grote schade oplopen, vooral als de rijping en krimp plaatselijk sterke variatie vertonen.

Tijdens een droge zomer, of door de bewuste grondwaterstandverlagingen (verlagingen van polderpeilen) kunnen, tijdelijk en lokaal, grondwaterstands dalingen van enkele tientallen centimeters worden gerealiseerd, waarbij half gerijpte kleilagen boven het grondwater komen. De hierdoor veroorzaakte maaiveld dalingen kunnen vele centimeters bedragen.

4.3.5 N.A.V. ONDERZOEK 5

Titel: **Gebouwschade Loppersum**
 Onderzoek door: Deltares en TNO-bouw
 Rapportnummers: 1202097-000-BGS-0003
 TNO-06-DTM-2011-02980
 Data: februari 2011
 9 september 2011
 Opdrachtgever: Provincie Groningen en gemeente Loppersum

Het tweede onderzoek gaat over een manier om te bepalen wat de oorzaak van schade aan een woning is. Er zijn meer dan 30 verschillende oorzaken bekend voor schade aan gebouwen. TNO Bouw en Ondergrond heeft een methode ontwikkeld waarmee kan worden bepaald waardoor schade aan gebouwen wordt veroorzaakt⁵.

4.3.6 N.A.V. ONDERZOEK 6

Titel: **Onderzoek effecten peilverlaging Oude Pekela**
 Onderzoek door: Geodelft
 rapportnummer: 414942-0012 02 definitief
 Datum: Oktober 2007
 Opdrachtgever: Commissie Bodemdaling

Uit het onderzoek naar de drie panden blijkt dat voor de onderzochte panden geldt dat de aanwezige schade sterk samenhangt met de lokale ondergrond, het wel of niet toepassen van bodemverbetering en de kwaliteit en manier van funderen. Dat betekent dat schadegevallen eigenlijk alleen goed kunnen worden beoordeeld door ze van geval tot geval te bekijken.

Het is onbekend, en in het kader van dit onderzoek ook niet te achterhalen, hoe groot de autonome bodemdaling door klink en oxidatie van organisch bodemmateriaal (o.a. veen) is. De grootte van deze autonome bodemdaling en de ruimtelijke spreiding daarvan bepalen echter in hoge mate de kans op schade. Het effect van andere zaken zoals de zakking van de fundering zelf en een peilverlaging wordt, bij een grote autonome bodemdaling, nagenoeg volledig overschaduwd door de effecten van de autonome bodemdaling.

⁵ ARCADIS merkt op dat dit geen methode is die tot een eenduidige en ondubbelzinnige vaststelling van de oorzaak leidt.

4.3.7 N.A.V. ONDERZOEK 7

Titel:	Raaien onderzoek Electraboezem 2^e schil
Onderzoek door:	Deltares
rapportnummer:	1203377-000
Datum:	november 2011
Opdrachtgever:	Commissie Bodemdaling
Situatie:	2 ^e schil Electraboezem tussen Eenrum-Winsum-Warffum (Gr)

Geconcludeerd wordt dat de onderzochte relatieve peilverlagings van 0,05 tot 0,15 m als toelaatbaar kunnen worden beschouwd.

Dit resultaat is aannemelijk wanneer bedacht wordt dat:

- De variatie tussen winter en zomer niveau van de grondwaterstanden, gebaseerd op metingen van de 10 raaien, in de situatie voor de peilverlaging, afhankelijk van de locatie, al maximaal circa 0,7 tot 1,9 m is geweest. Dit is aanzienlijk meer dan de peilverlaging die 0,05-0,15 m bedraagt (en op enige afstand van de watergangen slechts gedeeltelijk doorwerkt in de grondwaterstanden).
- Het aanbrengen van een betegeling, bijvoorbeeld ten behoeve van een terras, een spanningstoename in de ondergrond kan veroorzaken van circa 1,2 kN/m² (uitgaand van een betonnen tegel met een dikte van circa 5 cm en het niet vervangen van aanwezige grond door zand). Dit komt overeen met spanningstoename die het gevolg is van een grondwaterstandsverlaging van circa 0,12 m. Uit ervaring is duidelijk dat dit in het algemeen niet leidt tot schade aan het gebouw waarbij het terras wordt aangelegd.

4.3.8 N.A.V. ONDERZOEK 8

Titel:	Bodemdaling Groningen Effecten peilverhoging op fundering op staal Relatie afname draagvermogen en zakking fundering
Onderzoek door:	Gemeentewerken Rotterdam
Rapportnummer:	2000-005/B 7
Datum:	januari 2004
Opdrachtgever	Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning
Situatie:	Bodemdaling Groningen

Dit rapport heeft specifiek betrekking op (relatieve) stijging van de grondwaterstand.

Een verhoging van de grondwaterstand heeft twee tegengestelde effecten op een fundering op staal, enerzijds neemt de effectieve spanning in de bodem enigszins af waardoor wat uitzetting optreedt en de fundering rijst, anderzijds neemt ook het grensdraagvermogen enigszins af, waardoor, in geval van een fundering met een marginale veiligheid, zakking optreedt.

Bij oude en historische funderingen kunnen ten gevolge van een stijging van de grondwaterstand met 0,15 m in uitzonderlijke gevallen (veiligheidsfactor net groter dan 1) zakkingen in de orde van 10 mm optreden.

4.3.9 N.A.V. ONDERZOEK 9

Titel:	Gebouwschade t.g.v. peilverhoging, Geoecheck rap. 2000-005/B GW Rotterdam + woning
Onderzoek door:	Geodelft
Rapportnummer:	CO-414940-009
Datum:	januari 2005
Opdrachtgever:	Niet genoemd
Situatie:	Bodemdaling Groningen

Dit rapport bevat een beoordeling door Geodelft van het rapport "Bodemdaling Groningen, Effecten peilverhoging op fundering op staal, Relatie afname draagvermogen en zakking fundering" van Gemeentewerken Rotterdam (Onderzoek 8 van het Literatuuronderzoek).

De algemene conclusie van Geodelft is dat het rapport van gemeentewerken Rotterdam een goede basis vormt voor het analyseren van het effect van grondwaterspiegelstijgingen.

4.3.10 N.A.V. ONDERZOEK 10

Titel:	Vervorming van de bovengrond door Nedmag zoutwinning en schade aan de bebouwing
Onderzoek door:	GeoDelft
Rapportnummer:	CO352471/07
Datum:	juli 2001
Opdrachtgever:	Nedmag
Situatie:	Bodemdalingsgebied Nedmag

Dit onderzoek heeft betrekking op het onderzoeksgebied van het huidige Samenvattend Onderzoek Gebouwschade. Het onderzoek heeft veel overeenkomsten met de studie die is uitgevoerd voor FRISIA (zie onderzoek 3 in het Literatuuronderzoek).

Een gebouw zal de vervorming in de bodem deels volgen, maar doordat de fundering van een gebouw over het algemeen veel stijver is dan de bodem zullen met name de kromming en horizontale rek in het gebouw significant kleiner zijn dan de kromming en rek in de bodem.

Op basis van ervaringen van elders wordt geconcludeerd dat de kans op schade aan bebouwing (inclusief huizen) als direct gevolg van de bodemdaling zeer gering is bij een bodemdaling van 110 centimeter. Hierbij is de meest ongunstige ligging van de bebouwing ten opzichte van de vervorming beschouwd.

Het dient echter duidelijk te zijn dat een kleine kans geen absolute zekerheid betreft. Waar andere oorzaken mede een rol spelen, kan de bodemdaling mogelijk de bekende druppel zijn, die de emmer doet overlopen. Een huis met een reeds zwakke constructie en dat mogelijk reeds te lijden heeft gehad van grondwaterwisselingen, natuurlijke klink, graafwerkzaamheden, verbouwingen, ouderdom, enzovoorts, kan - mede - door toedoen van de bodemdaling schade oplopen.

Voor specifieke gevallen geldt dat alleen een schade-expert, mogelijk geholpen met grondonderzoek, de oorzaak van de schade kan vaststellen (vaak alleen met redelijke maar geen volledige zekerheid).

4.3.11 N.A.V. ONDERZOEK 11

Titel:	Second Opinion Ontginningsplan NEDMAG 2001
Onderzoek door:	Prof. dr. ir. A. Verruijt
Rapportnummer:	Niet vermeld
Datum:	21 december 2001
Opdrachtgever:	Provincie Groningen
Situatie:	Bodemdalingsgebied Nedmag

Deze rapportage betreft een second opinion over het onderzoek over de bodemdaling en de eventuele schade ten gevolge van de voortzetting van de zoutwinning in het onderzoeksgebied voor het huidige Samenvattend Onderzoek Gebouwschade, volgens het door Nedmag ingediende Ontginningsplan vanaf 2001.

Enkele uitkomsten:

Bij een bodemdaling van maximaal 1,10 m is de kans op schade aan gebouwen als direct gevolg van bodemdaling gering.

Verruijt is van mening dat een verandering in de relatieve grondwaterstand (ten opzichte van het maaiveld) de belangrijkste oorzaak is van mogelijke schade aan gebouwen en percelen.

5

Analyse onderzoeken gebouwschade

5.1 AANPAK

Er is een analyse uitgevoerd van de diverse eerdere onderzoeken naar gebouwschade voor afzonderlijke woningen. Daarbij zijn de volgende stappen doorlopen:

- Het opstellen van een overzicht van de beschikbare bouwkundige onderzoeken (paragraaf 5.2).
- Onderzoek naar aard en inhoud van de diverse typen bouwkundige rapportages (paragraaf 5.3).
- Het maken van een selectie van te onderzoeken objecten (paragraaf 5.4).
- Het selecteren en inventariseren van de beschikbare gegevens per object voor de geselecteerde objecten (paragraaf 5.5). De resultaten van de inventarisatie per object samenvoegen in een overzichtstabel.
- Vervolgens is een analyse uitgevoerd aan de hand van de inventarisatie; daarbij is achtereenvolgens stilgestaan bij de aard van de schade, de invloed van ouderdom, de gebouwkwaliteit en wijzigingen in functie of gebouw (paragraaf 5.6).
- In de eindfase heeft nog een inspectie van enkele panden plaatsgevonden (paragraaf 5.7).
- Afgesloten wordt met een samenvatting van gebouw gebonden aspecten (paragraaf 5.8).

5.2 DE BESCHIKBARE BOUWKUNDIGE ONDERZOEKEN

In de loop der jaren zijn diverse bouwkundige onderzoeken verricht bij een selectie van de woningen in of nabij het onderzoeksgebied. Voor het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade zijn de volgende rapporten beschikbaar gesteld:

- Opname van 79 woningen door Hagendoorn Taxateurs uitgevoerd in 1995.
- Opname van 361 woningen door Hanselman, uitgevoerd in 2002/2003.
- Uitgebreide schadeonderzoeken door Hanselman en Wiertsema & Partners bij 2 woningen, uitgevoerd in 2010.
- Onderzoek naar 48 + 3 schadegevallen door Bureau voor Bouwpathologie, uitgevoerd in 2010-2012.
- Samenvatting typen gebreken door Bureau voor Bouwpathologie, mei 2011.
- Monitoring van 72 woningen door Hanselman, uitgevoerd in 2011.
- Vervolgmonitoring door Hanselman, bij 41 panden, uitgevoerd in 2012.
- Voorlopige adviezen TCBB voor 11 woningen, uitgevoerd in 2011/2012.
- Rapportages nadere onderzoeken bij 9 woningen door TCBB in samenwerking met IJB Geotechniek, uitgevoerd in 2012.

5.3 TYPERINGEN PER TYPE RAPPORTAGE

Onderstaand wordt per type rapportage een beknopte typering gegeven naar aanleiding van de bevindingen uit (een selectie van) deze rapportages.

Opname woningen door Hagedoorn in 1995 (HD'95)

Typering:

- Opnames uitgevoerd door Hagendoorn Taxateurs
- Opnames zijn uitgevoerd in opdracht van de gemeente Veendam
- Het aantal aangeleverde rapporten is 79 stuks
- Deze opnames hebben betrekking op woningen aan de Langeleegte 173 – 213 en Borgercompagnie 149 – 222
- De meeste opnames zijn uitgevoerd op 4 en 5 januari 1995
- Rapportage per woning
- Beknopte beschrijving van schade aan exterieur en interieur (enkele regels tot 2 pagina's per woning)
- De beschrijving van de schade is in veel gevallen niet specifiek wat betreft locatie en/of ernst en omvang
- Voor een deel van de woningen is alleen het exterieur opgenomen
- Soms wordt een algemene typering gegeven die weinig specifiek is (bv. 'Voorgevel van een dermate kwaliteit dat daar geen opmerkingen over te maken zijn')
- Voor het interieur wordt veelvuldig de algemene typering 'geen noemenswaardige gebreken aanwezig' gehanteerd
- Zwart-wit kopieën van foto's opgenomen. Slechte kwaliteit, later is een betere versie van zwart-wit kopieën van de foto's beschikbaar gesteld
- Beknopte typering per woning (bv. vrijstaand - bungalow)
- Minimale informatie over bouwaard (bv. steen)
- De funderingswijze wordt niet specifiek benoemd
- Geen bouwjaar
- Geen beschrijving van wijzigingen
- Geen beoordeling, analyse of conclusies ten aanzien van de schadeoorzaken

Opname woningen door Hanselman in 2002/2003 (HM'02)

Typering:

- De opnames zijn uitgevoerd door Hanselman Expertise
- De opnames zijn uitgevoerd in opdracht van Nedmag
- Het aantal aangeleverde rapporten is 361
- Opnames zijn overwegend uitgevoerd tussen maart en juli 2002, incidenteel later tot in 2003
- Rapportage per woning
- Uitgebreidere beschrijving van schade exterieur en interieur per gevel/ruimte (schatting 3-8 pag. per woning)
- Overwegend beschrijving in typen scheuren, waarbij de volgende gradaties worden onderscheiden: haarscheur, lichte scheur, matige scheur, zware scheur
- Met verwijzing naar beeldfragmenten
- Van een deel van de beschikbare beeldfragmenten is gebruik gemaakt
- Geen algemene objecttypering
- Geen vermelding van bouwaard of funderingswijze
- Geen bouwjaar
- Geen beschrijving van wijzigingen
- Geen analyse/beoordeling t.a.v. oorzaak van de constateerde schades

Uitgebreide schade onderzoeken door Hanselman en Wiertsema & Partners in 2010 (HM'10)

Typering:

- Het uitgebreide schadeonderzoek heeft betrekking op 2 woningen en bestaat uit 3 onderdelen:
- 1. Bouwkundige rapportage door Hanselman

- Uitgebreidere objectbeschrijving
- Benoeming funderingswijze, bouwaard, bouwperiode, wijzingen
- Met inventarisatie schade
- Raming van herstelkosten
- Vervolgens beschrijving meest aannemelijke oorzaak
- Bijlage: jaargemiddelden GWS
- Goede fotobijlage
- 2. Grond- en funderingsonderzoek door Wiertsema & Partners
 - Gegevens over fundering en grondonderzoek
 - Lintvoegmeting
 - Beperkte beschrijving van schade
 - Analyse van schadeoorzaak

Onderzoeken naar schadegevallen door Bureau voor Bouwpathologie in 2010/2012 (BB'11)

Typering:

- Uitgebreide rapportages door Bureau voor Bouwpathologie
- De onderzoeken zijn uitgevoerd in opdracht van Nedmag n.a.v. schademeldingen door bewoners
- Lopende het onderzoek zijn nog drie rapportages toegevoegd, waarmee in totaal 51 rapporten zijn verstrekt
- De opnames zijn uitgevoerd tussen december 2010 en februari 2011, later aangevuld met enkele opnamen in maart 2012
- Gemiddeld ca. 20 pagina's per rapport, waarvan enkele pagina's foto's
- Beschrijving van achtergrond (vooropnames, omstandigheden)
- Globale omschrijving bouwaard
- Meestal geen beschrijving funderingswijze
- Uitgebreide beschrijving van schade aan exterieur en interieur
- Beoordeling (van eventuele toename schade) ten opzichte van vooropname uit 2002/2003
- Benoeming van nieuwe schades (na 2002)
- Beoordeling causaal verband met bodemdaling door zoutwinning
- Benoeming van schadeoorzaken

Samenvatting van typen gebreken door Bureau voor Bouwpathologie in 2011

Typering:

- Door Bureau voor Bouwpathologie
- De rapportage bestaat uit een Excel-tabel waarin 23 typen gebreken worden onderscheiden, voorzien van foto, beknopte omschrijving, de adressen waar deze schades zich voordoen en tenslotte het aantal voorkomens, met een verdeling tussen nieuwe en hernieuwde schades
- Het betreft een samenvatting/analyse van typen gebreken op basis van de 48 door Bureau voor Bouwpathologie onderzochte schadegevallen

Monitoring woningen door Hanselman in 2011 (HM'11)

Typering:

- De opnames zijn uitgevoerd door Hanselman Expertise
- Uitgevoerd in opdracht van Nedmag
- De opnamen zijn uitgevoerd in 2011, het aantal geleverde rapporten is 72
- Gelijksortige rapportages als de opnamen uit 2002/2003
- Er is gebruik gemaakt van de rapportages uit 2002/2003: omschrijvingen komen letterlijk overeen, soms met aanpassing van de ernst van de schades, en toevoeging van nieuwe schades
- De bij Nedmag beschikbare fotografische opnamen zijn niet door ons gebruikt

Herhalingsmonitoring woningen door Hanselman in 2012 (HM'12)

Typering:

- De opnames zijn uitgevoerd door Hanselman Expertise
- Uitgevoerd in opdracht van Nedmag
- Er zijn 41 herhalingsrapporten aangeleverd
- De opnames zijn uitgevoerd omstreeks maart 2012
- Dit betreft herhalingsinspecties bij een deel van de woningen die in 2011 door Hanselman zijn opgenomen
- Er is gebruik gemaakt van de rapportages uit 2011: omschrijvingen komen letterlijk overeen, soms met aanpassing van de ernst van de schades, en incidenteel toevoeging van nieuwe schades
- De fotografische opnames zijn beschikbaar bij Nedmag, maar niet gebruikt.

Adviezen door TCBB in 2011/2012, (TC'11 en TC12)

In eerste instantie zijn hiervoor 11 rapporten verstrekt.

Typering:

- Naar aanleiding van door Nedmag afgewezen schadeclaims hebben 25 bewoners een adviesaanvraag ingediend bij de TCBB⁶.
- Voor 11 woningen zijn de opnames door de TCBB uitgevoerd omstreeks oktober 2011 (voor 6 woningen rapporten ontvangen in april 2012, voor 5 woningen rapporten ontvangen juli 2012).
- De rapportage bevat de opgave van de bodemdaling door zoutwinning in 2011 en een indicatie van de wijzigingen in de grondwaterstanden
- De TCBB geeft een beknopte typering van de het object en van de schades
- Het eerdere oordeel van Bureau voor Bouwpathologie en de beoordeling van de schadeclaim door Nedmag, wordt genoemd en overwogen
- De TCBB geeft een oordeel over de causaliteit tussen schade en de wijziging in grondwaterstand door zoutwinning dan wel bodemdaling door zoutwinning
- In september 2012 zijn voor negen woningen aanvullende rapportages verstrekt, waarbij tevens een geotechnisch onderzoek door IJB Geotechniek is uitgevoerd. Deze onderzoeken hebben plaatsgevonden in de zomer 2012. Hierbij zijn sonderingen, grondboringen en lintvoegmetingen uitgevoerd. Deze rapporten bevatten echter weinig nadere gegevens ten aanzien van de funderingen.

5.4 SELECTIE VAN TE ONDERZOEKEN OBJECTEN

Ten behoeve van een nadere beschouwing van gebouwen is een selectie gemaakt van de in voornoemde rapportage beschreven woningen. Voor de selectie is in eerste instantie een inventarisatie uitgevoerd van de beschikbare rapporten. Daarbij is in een tabel per object aangegeven welke typen onderzoek zoals genoemd in voorgaande paragraaf voor dat object zijn uitgevoerd. Hieruit volgt dat voor de meeste objecten slecht één of twee van de typen onderzoeken zijn uitgevoerd.

Voorafgaand aan het maken van een selectie is vervolgens eerst globaal naar de inhoud van de diverse typen rapportages gekeken. Daarvoor zijn per type rapportage enkele rapporten globaal doorgenomen om een indruk te krijgen van de aard van de informatie die in de verschillende typen rapporten is opgenomen. Dit heeft geleid tot een typering van de diverse typen rapportages, waarvan de resultaten verwerkt zijn in de vorige paragraaf. Samengevat heeft dit geleid tot de volgende resultaten:

⁶ De TCBB is een onafhankelijke commissie die door het Ministerie van Economische Zaken in het leven is geroepen onder meer om bewoners van wie een schadeclaim door een mijnbouwonderneming afgewezen is, een laagdrempelige beroepsmogelijkheid te bieden.

- De rapporten van Hagendoorn '95 geven beperkte en weinig gedetailleerde informatie over de bouwwijze en over de schade en gaan niet in op de oorzaak van de schade.
- De rapporten van Hanselman '02 geven geen specifieke informatie over de bouwwijze maar geven wel een redelijk gedetailleerde opgave van de schade naar ernst en locatie. Deze rapporten geven geen analyses of conclusies ten aanzien van de oorzaken van de schade.
- De rapportages van Bureau voor Bouwpathologie geven de meest uitgebreide informatie en maken een vergelijking met de rapportages van Hanselman '02 en geven tevens een analyse van de schadeoorzaken.
- De rapportages van Hanselman '11 betreffen een monitoring die op gelijke wijze is uitgevoerd als de opname van Hanselman '02.
- De rapportage van Hanselman '12 betreffen herhalingsmonitoringen op gelijke wijze als Hanselman '11 en Hanselman '02.
- De rapporten van de Technische Commissie Bodembeweging 2011/2012 betreffen herbeoordelingen van een deel van de onderzoeken van BB '11. Daarbij wordt een technische analyse gegeven van de schade en wordt ingegaan op de wijziging in de grondwaterstand.

Mede aan de hand van deze eerste inventarisatie zijn de selectiecriteria bepaald voor de woningen die nader beschouwd zullen worden:

1. Beschikbaarheid van rapport Bureau voor Bouwpathologie vanwege meest uitgebreide rapportages inclusief een vergelijking met voorgaande rapportage (HM '02) en analyse van de schadeoorzaken.
2. Het aantal beschikbare rapportages per woning, er vanuit gaande dat meer rapportages een vollediger beeld zullen geven.
3. Beschikbaarheid nader onderzoek Hanselman '10 inclusief onderzoek door Wiertsema & Partners.
4. Beschikbaarheid van rapportage TCBB '11.
5. Beschikbaarheid van rapportage Hanselman '02 gezien de gedetailleerde vastlegging en het moment van de opname (2002).
6. Spreiding over de verschillende typen rapporten, zodat alle typen rapportages bij het onderzoek betrokken zullen worden.
7. Spreiding van de objecten over het onderzoeksgebied.
8. Spreiding in typen woningen, met name wat betreft ouderdom.

Op basis van deze gegevens zijn uiteindelijk 58 objecten geselecteerd. In **bijlage 3** is een overzicht gegeven van de geselecteerde woningen met daarbij aangegeven welke rapporten voor iedere woning beschikbaar zijn.

Onderstaand wordt een verdeling gegeven van de objecten over de verschillende locaties op basis van straatnaam.

Adres	Aantal beschikbaar	Aantal geselecteerd
Borgercompagnie	199	43
Tripscompagnie	33	7
Lange Leegte	138	6
Overig	44	2
Totaal	414	58

Op verzoek van de opdrachtgever en uit oogpunt van privacy zijn de afzonderlijke woningen in het vervolg van deze rapportage niet aangeduid met het adres, maar met een gebouwcode. In **bijlage 4** zijn de locaties van de geselecteerde woningen in een plattegrond weergegeven.

5.5 INVENTARISATIE

5.5.1 AANPAK

De inventarisatie is gefaseerd uitgevoerd. In eerste instantie is nagegaan welke kenmerken van belang zijn voor de inventarisatie. Gezien de onderzoeksvraag 'Wat zijn de hoofdoorzaken van de gebouwschade' is het van belang een beeld te vormen van de gebouwschade. Daarnaast is het van belang inzicht te krijgen in de gebouweigenschappen. En tenslotte zijn ook de locatie-eigenschappen geïnventariseerd. In een tweede fase zijn de eigenschappen per object in een overzichtstabel samengevoegd.

5.5.2 INVENTARISATIE PER OBJECT

5.5.2.1 INVENTARISATIE GEBOUWEIGENSCHAPPEN

Per object zijn de diverse beschikbare rapporten bestudeerd en zijn de relevante gegevens in een overzicht opgenomen. Omdat de rapporten meestal niet beschikken over overzichtsfoto's is daarnaast gebruik gemaakt van afbeelden van Google Earth Pro en Streetview.

De volgende gebouweigenschappen zijn geïnventariseerd:

- Bouwjaar/ouderdom
- Aanpassingen
- Kelder
- Bijgebouwen
- Funderingswijze
- Bouwaard

Onderstaand wordt een toelichting gegeven op de verschillende aspecten.

Bouwjaar/ouderdom

In lang niet alle gevallen is expliciet een bouwjaar genoemd in één van de rapporten. In die gevallen is de leeftijd geschat op basis van de beschikbare informatie, waarbij met name de overzichtsfoto van belang is geweest. Daarbij is met name gekeken naar de vorm en toestand van het gebouw. Dit biedt overigens geen volledige zekerheid. Een gebouw kan bijvoorbeeld zijn voorzien van een nieuwe gevel. Wanneer dit niet in de rapportages is vermeld, kan de leeftijd van een gebouw te jong ingeschat worden. Ook kan een nieuwer gebouw gebouwd of herbouwd zijn in oude stijl. Hierdoor zou een leeftijd te hoog ingeschat kunnen zijn.

In het overzicht per object is indien vermeld, een exact bouwjaar opgegeven. In de overzichtstabel is de ouderdom gegroepeerd in perioden, te weten:

- Voor 1900
- 1900-1940
- 1940-1970
- Na 1970

De verdeling valt samen met min of meer duidelijke veranderingen in bouwwijzen. Tot 1900 werd in het algemeen zeer traditioneel gebouwd in metselwerkconstructie met massieve metselwerkgevels, meestal met houten vloeren. Tussen 1900 en 1940 werd eveneens traditioneel gebouwd, met als verschil dat gevels in spouwconstructie werden uitgevoerd. De bouwkwaliteit is in deze periode over het algemeen hoog. In het onderzoeksgebied zijn in deze periode echter ook nog woningen gebouwd met gevels van halfsteens

tot steensmetselwerk. Tussen 1940 en 1970 kwamen langzaam maar zeker nieuwe bouwmethoden in gebruik, zoals toepassing van beton voor vloeren en funderingen. De bouwkwaliteit is in deze periode veelal van een lager niveau. Na 1970 treedt weer een nieuwe periode in, waarin met name isolatie een aspect is dat in toenemende mate van belang wordt. Betonnen funderingen zijn dan inmiddels algemeen gangbaar, maar verder ontstaat er veel meer diversiteit voor zowel de bouwwijze als de bouwkwaliteit.

Hoewel een jaartal in veel gevallen niet concreet in de rapporten wordt genoemd, is de indeling in perioden met grote mate van zekerheid vast te stellen aan de hand van een afbeelding van de woning.

Verdeling van de woningen naar ouderdom:

bouwjaar	Aantal woningen	Gem. ouderdom (schatting)
< 1900	26 (45%)	135 jaar
1900 – 1940	17 (29%)	90 jaar
1940 – 1970	5 (9%)	60 jaar
> 1970	10 (17%)	20 jaar

Aanpassingen

Aangezien in het onderzoeksgebied sprake is van relatief oudere woningen, zijn in de loop der tijd ook nogal wat aanpassingen verricht. In veel gevallen wordt hiervan ook melding gemaakt in de rapporten van BB '11. Het is echter waarschijnlijk dat veel gebouwen beduidend meer wijzigingen hebben ondergaan dan genoemd worden, bijvoorbeeld doordat huidige bewoners geen weet hebben van wijzigingen in het verleden. De informatie over de aard en uitvoering van de wijzigingen is zeer beknopt. Zo zijn in veel gevallen geen jaartallen van wijzigingen opgegeven. Bij geen van de rapporten zijn tekeningen opgenomen waarin wijzigingen zijn weergegeven, of waaruit wijzigingen zijn af te leiden.

De in de rapportages vermelde aanpassingen zijn zeer verschillend van aard. Daarbij is overigens niet altijd aangegeven of dit plaatselijk dan wel algehele aanpassingen zijn. Onderstaande opsomming geeft een indicatie van de genoemde aanpassingen met vermelding van de objectnummers.

- Nieuwe gevels 9, 12, 18, 56
- Nieuwe gevels om bestaande gevels (spouwmuur) 1, 8, 14
- Nieuw binnenblad aan binnenzijde (spouwmuur) 25
- Deels nieuwe gevels (bijv. na stormschaad) 13, 16, 24, 58
- Nieuwe loods of garage 10, 11, 19, 20, 35, 41, 48
- Herstel fundering 17
- Herstel scheuren 17, 26, 29, 31
- Dak vernieuwt 3, 18, 31, 36, 58
- Verhoogd dak 7, 44
- Aanbouw 5, 14, 22, 29, 35, 38, 45, 46, 52
- Twee woningen samengevoegd 27
- Boerderij opgesplitst in twee woningen 31
- (Deel van) houten vloeren vervangen door betonvloer (op zand) 4, 18, 27, 36
- Schuur achter woning bij woning getrokken 28
- Herstel na brandschade 21, 57
- Fundering vervangen en nieuwe spouwmuren aangebracht 23, 51
- Gevelkozijnen vervangen 29, 30, 45, 55

Hoewel voor de meeste objecten wordt aangegeven dat sprake is van latere aanpassingen, moet er vanuit worden gegaan dat er geen duidelijk en compleet beeld bestaat van de aard, omvang, ouderdom en de kwaliteit van deze aanpassingen.

Kelder

De aanwezigheid van een kelder wordt slechts af en toe genoemd in de rapporten. Gezien de ouderdom van de geselecteerde woningen is het waarschijnlijk dat veel meer woningen voorzien zijn van een kelder. Pas halverwege de 20^e eeuw is de koelkast algemeen in gebruik gekomen. Voor die tijd beschikten de meeste huizen over een kelder of kelderkast om goederen koel te bewaren.

Overigens zijn nergens schademeldingen gedaan die specifiek verband houden met de aanwezigheid van een kelder, zoals zakkingsverschillen rond een kelder. Om die reden en omdat de beschikbare informatie summier is, is de aanwezigheid van een kelder uiteindelijk niet in het totaaloverzicht opgenomen.

Bijgebouwen

De rapportages vermelden niet eenduidig of en waar sprake is van bijgebouwen. In sommige gevallen wordt specifiek melding gemaakt van bijgebouwen, zoals vrijstaande garages of loodsen. Soms wordt ook een schuur aan een boerderij als bijgebouw aangeduid. In andere gevallen wordt dit als onderdeel van het hoofdgebouw behandeld.

Vermelding van de aanwezigheid van bijgebouwen geeft daardoor geen meerwaarde en is in het totaaloverzicht achterwege gelaten.

Funderingswijze

De fundering is een wezenlijk onderdeel van een gebouw dat de belasting van een gebouw overbrengt op de ondergrond. Informatie over de aard van de fundering is daarom in het kader van dit onderzoek van wezenlijk belang.

De beschikbare rapportages geven echter over het geheel zeer summiere informatie over de aard van de funderingen. Er zijn in het geheel geen tekeningen of beschrijvingen beschikbaar ten aanzien van de afmetingen (bijvoorbeeld de aanlegbreedte) en het materiaal van de funderingen, uitgezonderd het schadeonderzoek bij twee woningen uit 2010 door Hanselman en Wiertsema & Partners. Op basis van de mededelingen is funderen op staal de gangbare manier van funderen in dit gebied. Gezien de ouderdom van de woningen betreft dit vooral gemetselde funderingen. Alleen bij woningen die na 1970 zijn gebouwd en bij woningen waar de funderingen zijn aangepast, zijn betonnen funderingen te verwachten. In hoofdstuk 6 wordt nader ingegaan op het aspect funderingen.

Bouwaard

Ten aanzien van de bouwaard wordt er weinig specifiek genoemd. Uit de beschrijvingen en afbeeldingen blijkt echter dat het gaat om traditionele bouw met metselwerk gevels en voorzien van een schuine kap bedekt met pannen. Verder betreft het in nagenoeg alle gevallen vrijstaande woningen.

5.5.2.2 INVENTARISATIE LOCATIE-EIGENSCHAPPEN

Locatie-eigenschappen zijn eigenschappen die niet direct aan het gebouw zelf toegeschreven kunnen worden, maar aan de directe omgeving ervan. Locatie-eigenschappen kunnen van belang zijn bij het analyseren van de schade. Specifieke omstandigheden, zoals intensief en/of zwaar verkeer, verkeersdrempels kunnen hierbij van invloed zijn. Andere mogelijke aspecten zijn bodemdaling, grondwaterstand en bodemgesteldheid. Ook de aanwezigheid van open water kunnen hierbij een rol

spelen. In de verstrekte gegevens zijn slechts beperkt gegevens beschikbaar over deze aspecten. Op basis van Google Earth en Streetview afbeeldingen is nagegaan of de afzonderlijke objecten direct aan een hoofdweg dan wel aan een ventweg liggen. Ook de nabijheid van kruispunten en sloten of greppels zijn vermeld. Ten aanzien van de bodemgesteldheid zijn gegevens over de ontwikkelingen en wisselingen in de grondwaterstanden en gegevens over de aanwezigheid van zettingsgevoelige lagen ontleend aan hoofdstuk 7.

Ten aanzien van de verkeersintensiteit zijn geen specifieke gegevens voorhanden. Van één object, wordt door de bewoner een link gelegd met verkeer. Dit wordt niet bevestigd door de beschikbare onderzoeken. Verder is bij geen van de schadegevallen een link gelegd met verkeer. Voor zover bekend zijn er in het onderzoeksgebied geen verkeersdrempels aanwezig die als mogelijke oorzaak voor schade zouden kunnen gelden.

5.5.2.3 INVENTARISATIE SCHADE

Voor de onderzochte woningen is de ontwikkeling van de schade nagegaan aan de hand van de beschikbare rapportages. Voor geen van de woningen zijn alle typen rapportages beschikbaar. Voor het merendeel van de woningen is in ieder geval een opname door Hanselman uit 2002 beschikbaar en een onderzoeksrapport van Bouwpathologie uit 2010. Dit is voor 46 van de 58 onderzochte woningen het geval. Bij 19 woningen is tevens een opname beschikbaar door Hagendoorn uit 1995. Voor 13 van de onderzochte woningen is ook een monitoringsonderzoek door Hanselman uit 2011 beschikbaar en voor 7 van deze woningen een herhaling van de monitoring uit 2012. Voor 21 woningen zijn adviezen van de TCBB beschikbaar. Bij 9 van deze woningen is daarbij tevens een door IJB Geotechniek uitgevoerd grondonderzoek betrokken.

Een rechtstreekse vergelijking van de verschillende rapportages is niet mogelijk doordat de verschillende onderzoekende partijen een afwijkende werkwijze hebben toegepast. In paragraaf 5.3 is al ingegaan op de typeringen van de verschillende typen rapportages. De rapportages door Hagendoorn uit 1995 zijn vrij globaal van opzet en geven over het algemeen een weinig specifieke opgave van de schade. In de verschillende rapportages van Hanselman wordt een vrij nauwkeurige opsomming gegeven van de schades, zowel wat betreft locatie als wat betreft ernst. De rapportages door Bouwpathologie maken, voor zover beschikbaar, een vergelijking met de opname van Hanselman uit 2002. Daarbij wordt niet van iedere schade aangegeven of deze oud dan wel nieuw is en of deze al dan niet is toegenomen.

Bij de inventarisatie is het aantal schades bepaald aan de hand van het rapport van Bouwpathologie (indien beschikbaar). Bij de inventarisatie is een onderscheid gemaakt tussen schade aan het exterieur en schade aan het interieur. Bij de inventarisatie is per object gekeken of sprake is van forse scheuren en tevens of sprake is van lichte scheurvorming. Ten aanzien van de scheurvorming is specifiek geïnventariseerd of sprake is van scheuren rond gevelopeningen. Hierbij zijn diverse typen scheuren boven of onder openingen van kozijnen en deuren onder één noemer gebracht. Ook is nagegaan waar zich doorgaande scheurvorming voordoet over grotere lengte. Verder is nagegaan of sprake is van een toename van de scheurvorming in de loop der tijd. Voor zover mogelijk is hierbij het aantal scheuren aangegeven dat is toegenomen. In andere gevallen is alleen aangegeven of sprake is van een toename in de loop der tijd. Bij de inventarisatie van de schade is verder aangegeven of sprake is van zakkingen.

De gegevens uit de inventarisatie per woning zijn vervolgens samengevoegd in een overzichtstabel. Deze overzichtstabel is als **bijlage 5** toegevoegd aan deze rapportage.

5.6 ANALYSE INVENTARISATIE

5.6.1 INLEIDING

In deze paragraaf zal nader worden ingegaan op enkele relevante aspecten die verband houden met de schades. In de eerste plaats wordt nader ingegaan op de aard van de schades. Vervolgens wordt ingezoomd op de aspecten ouderdom, gebouwkwaliteit, wijzigingen aan het gebouw en functiewijzigingen.

5.6.2 DE AARD VAN DE SCHADES

Bij het onderzoek is tevens aandacht besteed aan de aard van de schades. Door Bureau voor Bouwpathologie is een inventarisatie uitgevoerd aan de hand van 45 schademeldingen (32 nieuwe en 13 hernieuwde meldingen, zie overzichtstabel Bureau voor Bouwpathologie). Bureau voor Bouwpathologie komt daarbij tot de volgende verdeling, waarbij tussen haakjes het aantal adressen genoemd wordt waar de betreffende schade zich voordoet.

- Schade te herleiden tot bouwmaterialen:
 - Scheuren in tegels (6)
 - Krimpscheuren onder invloed van temperatuur en vocht (25)
 - Scheuren in vloeren (2)
- Schade te herleiden tot bouwwijze of constructie:
 - Doorlopende scheuren in vloertegels (4)
 - Losgeraakte vloer- of wandtegels (3)
 - Scheuren boven binnendeuren (13)
 - Scheuren rondom gevelopeningen (39)
 - Scheuren door werking (10)
 - Scheuren door gebreken aan funderingen (6)
 - Verzakking van vloerdelen (14)
 - Verzakking van wanddelen (3)
 - Verzakking bordes (4)
 - Losraken gevelpleisterwerk (1)
- Schade te herleiden tot bouwfysische aspecten:
 - Scheuren in wandtegels (1)
 - Thermische scheuren (15)
 - Losgeraakte gevelstenen door werking (2)
 - Wijking van boeiboorden (1)
- Schade te herleiden tot ontoereikend onderhoud:
 - Spatkrachten (4)
 - Losgeraakte rollaag (1)
 - Vorstschade bordes (1)
 - Klemmende deuren (7)
 - Onthechte kitvoegen (2)
 - Verplaatste nokvorsten (1)

Een eenduidige en allesomvattende indeling in de aard van de schade is moeilijk te geven. Ook in bovenstaande opsomming worden aspecten genoemd die soms erg dicht bij elkaar liggen. Op basis van de bestudeerde rapporten en de inventarisatie door Bureau voor Bouwpathologie hebben wij de volgende typeringen gemaakt van schades die in deze situatie sterk vertegenwoordigd zijn:

- a) schade rond gevelopeningen
- b) verzakking van vloeren
- c) scheuren in tegelwerk
- d) ontoereikende dilataties
- e) spatkrachten vanuit de kapconstructie
- f) werking van gebouwdelen.

Onderstaand wordt op deze aspecten nader ingegaan.

Ad a: schade rond gevelopeningen

Door Bureau voor Bouwpathologie wordt veelvuldig gewezen op het ontbreken van deugdelijke metselwerkondersteuning. Tegenwoordig worden bij gevelopeningen die breder dan ca. 1 meter zijn speciale metselwerkondersteuning, veelal van staal of beton, toegepast. Metselwerk is van zichzelf niet in staat trekkrachten op te nemen. Vroeger maakte men gebruik van kleine ramen of boogvormig metselwerk boven gevelopeningen. Door ontbreken van een metselwerkondersteuning boven gevelopeningen kan de trekkracht niet opgenomen worden die in het metselwerk ontstaat onder invloed van het eigen gewicht van het metselwerk boven de gevelopening. Om deze trekkrachten op te kunnen nemen wordt veelal gebruik gemaakt van betonnen of stalen lateien boven de gevelopeningen.

Bij oudere gebouwen, zeker bij gebouwen van voor 1900, werden dergelijke metselwerkondersteuning niet toegepast. Wanneer dan op één of andere wijze spanningen en/of vervorming van een gevelvlak optreedt, zal dit sneller tot schade leiden dan bij woningen met deugdelijke metselwerkondersteuning boven de gevelopeningen. Een deel van de schades houdt hiermee verband.

Ad b: verzakking van vloeren of bordessen

Verzakkingen zijn bij 25 van de 58 geselecteerde woningen gemeld. Dit betreft steeds verzakkingen aan vloeren (17x), bordessen (2x), bestrating (2x), poort (1x), wand (1x). Opmerkelijk is dat verzakkingen op vrijwel alle locaties geconstateerd zijn als lokaal verschijnsel. Dat wil zeggen dat binnen een bouwwerk op één locatie, bijvoorbeeld een kamer of entreeborder, verzakking optreedt. In een enkel geval wordt melding gemaakt dat de aangrenzende wanden eveneens zakking vertoont. In veel gevallen gaat dit om betonnen vloeren waar oorspronkelijk een houten vloer aanwezig was. Naar het zich laat aanzien is hier onvoldoende aandacht besteed aan de draagkracht van de bodem onder de vloer. Gezien het zeer lokale karakter van dit type schade is het uitgesloten dat deze schades direct te herleiden zijn tot bodemdaling of wijziging in de grondwaterstand. De belangrijkste oorzaak voor deze lokale schades is een onvoldoende draagkracht van de zandaanvulling onder de betonvloer. Dit kan samenhangen met het extra gewicht van de betonvloer inclusief de zandaanvulling, maar kan ook verband houden met een onvoldoende verdichting of inwatering van de zandaanvulling.

Ad c: scheuren in tegelwerk

Scheuren in een tegelafwerking van vloeren of wanden zijn volgens de inventarisatie door Bureau voor Bouwpathologie in totaal elf keer genoemd. Scheurvorming in tegelwerk doet zich in verschillende verschijningsvormen voor. Soms gaat het om barsten of haarscheuren in afzonderlijke tegels; soms gaat het om scheuren langs de randen van tegelwerk.

Tegelwerk is een starre afwerking die relatief gevoelig is voor scheurvorming. Daarom vereist tegelwerk een stabiele ondergrond. Zeer geringe vervormingen, die op zichzelf voor bepaalde gebouwdelen toelaatbaar moeten zijn, kunnen bij tegelwerk al tot scheurvorming leiden. Dit is overigens afhankelijk van een groot aantal uitvoeringstechnische aspecten. Uit bestudering van de rapporten blijkt dat in meerdere gevallen ook veroudering hierbij een rol speelt.

Voor een deel hangt dit samen met het voorgaande punt: verzakking van vloeren. Wanneer een tegelvloer verzakt is scheurvorming onvermijdelijk. In andere gevallen is de scheurvorming ook te herleiden tot enige vervorming van wanden.

Ad d: onvoldoende dilataties

Dilataties worden toegepast om enige beweging van een constructie op te vangen zonder dat daarbij scheurvorming ontstaat. Enige beweging is onvermijdelijk, alleen al vanwege thermische werking onder invloed van temperatuurschommelingen. Maar ook ongelijkmatige bouwmassa's of een niet homogene bodemsamenstelling kunnen tot enige (ongelijke) beweging binnen een gebouw leiden. Het min of meer structureel toepassen van dilataties is pas ergens in de jaren '70-'80 tot ontwikkeling gekomen. Dit is een gevolg van de ontwikkeling van bouwmethoden. Door betere metselmortels ontstond sterker maar ook minder elastisch metselwerk. Vroegere kalkvoegen konden wel enige vervorming opnemen maar huidige cementvoegen zullen onder invloed van spanningen vrij snel breuk vertonen.

De meeste gebouwen binnen het onderzoeksgebied zijn niet voorzien van dilataties. In een aantal gevallen zijn wat grotere doorgaande scheuren geconstateerd, met name in oudere boerderijen of schuren. Dit betreft steeds scheuren die al bij de opname in 2002 aanwezig waren.

Ad e: spatkrachten vanuit de kapconstructie

Bij een driehoekige vorm van een zadeldak leidt de belasting vanuit het dak tot een naar buiten gerichte kracht. Op de aansluiting met de gevel moet deze kracht opgevangen worden. In de regel wordt deze kracht opgevangen door de vloer of de vloerbalken die de beide uiteinden van de kapconstructie verbindt. Soms worden ook speciale trekstangen aangebracht. Wanneer een dergelijke voorziening om de trekkrachten op te nemen niet (meer) aanwezig is of niet meer goed functioneert, ontstaat een horizontale belasting op het metselwerk en zal het metselwerk ter plaatse de neiging hebben naar buiten te bewegen. Over het algemeen zijn de woning gevels niet zo sterk dat ze deze kracht op kunnen nemen. Een dergelijke schade is in vier gevallen geconstateerd. Soms gaat het daarbij om aanzienlijke schades.

Ad f: krimpscheuren

Krimpscheuren ontstaan onder invloed van werking van een gebouw of gebouwdeel. Werking is een erg breed begrip en veel van de voorgaande aspecten zouden ook onder de noemer van werking betiteld kunnen noemen. Het gaat hier vooral om zeer geringe vervormingen die toch tot enige schade kunnen leiden.

Een gebouw lijkt een statisch object dat geen beweging ondervindt. Maar in de praktijk treden wel (geringe tot zeer geringe) bewegingen op. Hiervoor werden al genoemd thermische werking onder invloed van temperatuurschommelingen en ongelijkmatige bouwmassa's of een niet homogene bodemsamenstelling waardoor enige (ongelijke) beweging binnen een gebouw op kan treden. Tegenwoordig wordt in nieuwbouwcontracten al gewezen op de mogelijkheid van het ontstaan van (krimp)scheurtjes die onvermijdelijk zijn en niet als gebrek zijn aan te merken. Ontwikkelingen in de wijze van afwerking maken de gevolgen van dergelijke geringe bewegingen ook sneller zichtbaar. In vroeger jaren bestond de wandafwerking vaak uit behang of een betimmering. Ook kwamen plafondbetimmeringen meer voor evenals plafondplinten. Bij dergelijke afwerkingen leiden geringe bewegingen tussen verschillende constructiedelen niet tot zichtbare schade. Bij gestuukte afwerkingen van zowel wanden als plafonds, zijn vervormingen in de achterliggende constructie veel sneller zichtbaar in de afwerking.

Een aanzienlijk deel van haarscheuren in lichte scheuren die in de rapporten worden genoemd vallen onder deze categorie.

5.6.3 INVLOED VAN OUDERDOM

Veroudering en daardoor achteruitgang van een gebouw of gebouwonderdeel treedt op onder invloed van verschillende factoren. De belangrijkste factoren zijn daarbij:

- weersinvloeden
- vocht van onderaf
- het gebruik
- onderhoud (achterstallig of verkeerd)
- tijd

Ad a: weersinvloeden

Er zijn diverse weersinvloeden die van invloed kunnen zijn op de achteruitgang van de kwaliteit van een gebouw en het mogelijk ontstaan van schade. In de eerste plaats leiden *temperatuurswisselingen* tot ongelijke vervormingen binnen een gebouw. 's Winters kan de temperatuur dalen tot ver onder het vriespunt terwijl in de zomer de temperatuur van bepaalde delen onder invloed van absorptie van zonnestraling kan oplopen tot boven de 40 graden (ook bij lagere luchttemperaturen). Ongelijke vervormingen ontstaan enerzijds doordat de temperatuur binnen een gebouw niet overal gelijkmatig wijzigt en anderzijds doordat verschillende materialen op een verschillende manier reageren bij een zelfde temperatuurswisseling. Temperatuurswisselingen leiden in principe tot vervormingen (lengteveranderingen). Daar waar deze lengteverandering wordt verhinderd ontstaan spanningen in de constructie en/of de afwerking. Bij overschrijding van de opneembare spanning ontstaat scheurvorming. Andere weersinvloeden zijn neerslag, wind en uv-straling. *Neerslag* kan leiden tot achteruitgang van bijvoorbeeld metselwerk en houtwerk dat als buitenbekleding is toegepast. Maar neerslag kan ook leiden tot lekkages. Een specifiek aspect van neerslag zijn de inhoudsstoffen (bv. Zure regen). *Wind* leidt tot een specifieke belasting door druk of zuiging op gevels en daken. Incidenteel is melding gemaakt van stormschade. *UV-straling* leidt onder meer tot achteruitgang van schilderwerk, houtwerk en dakbedekking.

Combinaties van weersinvloeden kunnen een versterkend effect geven. Daarbij valt te denken aan een combinatie van vochtopname door metselwerk dat bij vorst (waarbij het water uitzet) kan leiden tot schade. Ook vocht in hout kan in combinatie met bepaalde temperaturen leiden tot aantasting door schimmels of insecten.

Voor een deel van de schades aan het metselwerk spelen met name temperatuurswisselingen en neerslag een zekere rol. Op basis van de beschikbare gegevens is dit niet nader te kwantificeren.

Ad b: vocht van onderaf

Vocht in de bodem kan leiden tot optrekkend vocht in de constructie. Dit kan leiden tot aantasting van metselwerk, houten vloeren, afwerkingen van wanden.

Een verlaging van de grondwaterstand kan bij toepassing van houten palen leiden tot aantasting van de paalkoppen. Dit komt op zichzelf erg nauw, maar doet zich binnen het onderzoeksgebied voor zover bekend niet voor.

Een verhoging van de grondwaterstand leidt tot een extra belasting op de fundering. Uit zowel de literatuurstudie als uit eigen eerdere onderzoeken is bekend dat sprake moet zijn van substantiële stijgingen van de grondwaterstand wil dit leiden tot een wezenlijke toename van de draaglast op de fundering. Daarbij moet gedacht worden aan meer dan 20 cm grondwaterstijging ten opzichte van het maaiveld.

De invloed van vocht van onderaf is minimaal voor de gerapporteerde schades.

Ad c: het gebruik

Afhankelijk van de aard en de intensiteit van het gebruik zal eveneens een zekere mate van veroudering optreden. Specifieke gegevens over de aard en intensiteit van het gebruik zijn niet bekend, met uitzondering van het gegeven dat nagenoeg alle objecten binnen het onderzoeksgebied woningen betreft, deels voorzien van een al dan niet bedrijfsmatig in gebruik zijnde schuur.

Aangenomen kan worden dat het gebruik hooguit incidenteel van invloed is geweest op de aanwezige schades.

Ad d: onderhoud

Een bouwwerk behoeft in de loop van de gebruikperiode met regelmaat onderhoud om de functievervulling van bepaalde onderdelen te kunnen garanderen. Slecht onderhoud (dat wil zeggen, te laat uitgevoerd onderhoud, verkeerd uitgevoerd onderhoud of het geheel uitblijven van onderhoud) leidt tot een versnelde veroudering. Hierdoor kunnen storingen in het functioneren ontstaan met schade als gevolg. Met uitzondering van het overzicht met schadeoorzaken door Bureau voor Bouwpathologie wordt in de rapporten niet expliciet ingegaan op de onderhoudstoestand van de afzonderlijke objecten. Uit de foto's in de verschillende rapportages wordt afgeleid dat er een sterk wisselend beeld bestaat ten aanzien van het onderhoud. Sommige objecten verkeren in een zeer goede onderhoudstoestand terwijl bij andere objecten zichtbaar sprake is van een sterk verouderde onderhoudstoestand. Voor deze uitersten bestaat er een directe relatie tussen de onderhoudstoestand en het aantal gerapporteerde schades.

Ad e: tijd

Het aspect tijd (het ouder worden) is in feite al inbegrepen in het begrip 'veroudering' maar wordt hier nog eens afzonderlijk genoemd. Alle voorgaande aspecten worden mede beïnvloed door het aspect tijd omdat met het ouder worden de afzonderlijke aspecten over een langere periode hun inwerking hebben. Daarbij geldt dat binnen het onderzoeksgebied zich relatief veel oudere woningen voordoen. Er is slechts een beperkt aantal objecten van na 1970 (16%), dus objecten met een leeftijd tot ca. 40 jaar. Een substantieel deel van de woningen is tussen 1900 en 1940 gebouwd (26%) een substantieel deel zelfs voor 1900 (40%).

Uit de inventarisatie volgen onderstaande waarden wanneer gekeken wordt naar de verdeling in ouderdom.

	Voor 1900	1900-1940	1940-1970	Na 1970
Aantal woningen	26	17	5	10
Gemiddeld aantal schades exterieur per woning	9,7	10,5	7,8	4,3
Aantal woningen met forse scheuren exterieur	50%	41%	20%	0%
Aantal woningen met toename aantal schades exterieur (2002-2010) (ongeacht de mate van toename)	50%	71%	20%	20%
Gemiddeld aantal schades interieur per woning	11,9	7,4	5,4	9,2
Aantal woningen met forse scheuren interieur	58%	12%	20%	10%
Aantal woningen met toename aantal schades interieur (2002-2010) (ongeacht de mate van toename)	54%	58%	40%	60%
Aantal woningen met verzakking	54%	41%	20%	30%

Hieruit volgt dat bij de relatief jongere woningen (van na 1970) het aantal schades aan het exterieur duidelijk lager ligt, terwijl dit voor oudere woningen uit verschillende bouwperiodes steeds ongeveer gelijk is. Ook het aantal woningen met forse schades ligt bij relatief jongere woningen (van na 1970) beduidend lager, terwijl bij de oudste categorie woningen van voor 1900 dit aantal juist weer beduidend

hoger ligt, zowel wat betreft het exterieur als wat betreft het interieur. Dit onderschrijft de invloed van de ouderdom op de aard en omvang van schades zoals hiervoor beschreven.

5.6.4 GEBOUWKWALITEIT

De kwaliteit van een gebouw wordt in belangrijke mate bepaald door het ontwerp (dat wil zeggen de keuze en uitwerking van de constructiewijze en de materiaalkeuze), en de uitvoering ervan. Daarnaast wordt de kwaliteit mede beïnvloed door degradatie ten gevolge van veroudering of het uitblijven van onderhoud. Over beide aspecten zijn voor de woningen in het onderzoeksgebied weinig tot geen specifieke gegevens beschikbaar.

Gebouwen worden in het algemeen niet onnodig sterk en stijf gemaakt, omdat dat onnodig hoge kosten met zich mee brengt. Een constructiewijze wordt afgestemd op het beoogde gebruik, de te verwachten omstandigheden en de beoogde gebruiksduur. In bepaalde gevallen wordt daar specifiek aan gerekend, in andere gevallen aan eerdere ervaringen met vergelijkbare omstandigheden. Een algemeen uitgangspunt is om constructies zo economisch mogelijk uit te voeren. Daarbij worden wel bepaalde veiligheidsmarges in acht genomen. Soms wordt vanwege een beperkt budget bewust gezocht naar de ondergrenzen. Tegenwoordig zijn deze zaken vrij nauwkeurig geregeld in het Bouwbesluit. De meeste bebouwing in het onderzoeksgebied stamt echter van (ver) voor de invoering van het bouwbesluit (in 1992).

Het al dan niet optreden van schade aan een gebouw wordt mede bepaald door de bouwkundige kwaliteit van dat gebouw. Een aantal deelaspecten is daarbij in belangrijke mate bepalend voor het ontstaan van bouwgebreken. Belangrijke deelaspecten zijn daarbij de dragende constructies zoals fundering, gevels, vloeren en daken. Maar ook de afwerking kan er voor zorgdragen dat een bepaalde vervorming in de constructie goed zichtbaar is of juist niet. Zoals eerder genoemd zullen bij afwerken zoals behang en betimmeringen minder snel schades in de afwerking zichtbaar worden dan wanneer de afwerking bestaat uit schilderwerk op pleisterwerk.

Een bijzonder belangrijk aspect, in het algemeen maar binnen het onderzoeksgebied in het bijzonder, vormt de fundering. Concrete gegevens zijn hierover vrijwel niet beschikbaar, maar op basis van de uiterlijke gebouwenkenmerken wordt aangenomen dat bij 49 van de geselecteerde woningen (84%) sprake is van een gemetselde fundering, terwijl slechts bij 14% een gewapend betonnen fundering aanwezig is. Dit betreft recentere woningen van na 1970. Hierbij is van belang dat een fundering van metselwerk minder goed in staat is om vervormingen uit de ondergrond op te nemen dan bijvoorbeeld een gewapend betonnen fundering. Dit betekent dat bij ongelijke vervormingen in de ondergrond gemetselde gevels aanzienlijk sneller mee zullen vervormen bij een gemetselde fundering dan bij een betonnen fundering. Dit wordt ondersteund in de inventarisatie doordat het aantal schades aan het exterieur bij woningen met een betonnen fundering lager is dan bij woningen met een gemetselde fundering en wellicht nog meer doordat bij woningen met betonnen funderingen geen schades zijn aangetroffen die als fors zijn gekwalificeerd.

5.6.5 WIJZIGING VAN DE FUNCTIE

Een functiewijziging van een gebouw of gebouwdeel kan op meerdere wijzen van invloed zijn op de gebouwschade. Enerzijds kan door een wijziging van de functie de belasting van de constructie toenemen ten opzichte van hetgeen bij de bouw was voorzien. Een toename van de optredende belasting kan leiden tot (een toename van) schade. Anderzijds kan een functiewijziging ook leiden tot andere eisen. Aan een woonvertrek zullen in de regel hogere eisen gesteld worden dan aan een schuur. Dit geldt enerzijds voor de bouwwijze: een schuur wordt doorgaans eenvoudiger gebouwd dan een woonhuis. Anderzijds geldt

dit ook voor de verwachtingen aan de afwerking: Aan een woonvertrek worden hogere eisen gesteld aan de afwerking dan aan een schuur. Wanneer vervolgens een schuur (deels) in gebruik genomen wordt als woonvertrek doen zich twee zaken voor: We hebben te maken met een relatief eenvoudige basisconstructie terwijl hogere eisen gesteld zullen worden aan de afwerking. Dit hangt samen met het aspect bouwkundige aanpassingen, zoals in de volgende paragraaf aan de orde komt. Het aspect wijziging van functie heeft ten minste in een aantal gevallen een rol gespeeld en bijgedragen aan gerapporteerde schades. Op basis van de beschikbare gegevens is dit niet nader te kwantificeren.

5.6.6 BOUWKUNDIGE AANPASSINGEN

Een bouwkundige aanpassing van een woning leidt veelal tot een herverdeling van de belasting en de belastingafdracht naar de fundering en ondergrond. Bij bouwkundige aanpassingen kan gedacht worden aan een aanbouw aan een pand; een wijziging van de basisconstructie, zoals een extra buitenblad of binnenblad; interne verbouwingen waarbij wanden verwijderd worden of gevelopeningen aangepast; het plaatsen van een verdieping op een pand of een tussenverdieping in een pand. Gezien de gemiddeld relatief hoge ouderdom van de panden zijn er veel bouwkundige aanpassingen geweest. Enerzijds door een sterke wijziging in de functie-eisen die in de loop ter tijd in het algemeen heeft plaatsgevonden, zoals meer aandacht voor comfort, isolatie. Daarnaast spelen ook individuele woonwensen een rol, waardoor met regelmaat wijzigingen plaatsvinden. Naarmate gebouwen ouder zijn zullen er dus vaker wijzigingen doorgevoerd worden. Dit blijkt ook uit de inventarisatie. Aangenomen kan worden dat ten minste een deel van de schades verband houdt met bouwkundige aanpassingen. Op basis van de beschikbare gegevens is ook dit aspect niet nader te kwantificeren.

5.6.7 ONTWIKKELING VAN FORSE SCHADES

Vervolgens is specifiek gekeken naar de ontwikkeling van schades die als fors zijn aan te duiden. Wij merken hierbij op dat het hierbij voor zover uit de rapporten valt af te leiden niet gaat om schades waarbij de constructieve samenhang van het gebouw en daarmee de veiligheid in het geding is. Het gaat hierbij om wijdere scheuren (enkele millimeters) en scheuren die over grotere lengtes doorlopen. Ten aanzien van deze forse schades blijkt uit de rapportages van Bureau voor Bouwpathologie en de diverse rapportages van Hanselman dat dit steeds schades betreft die al in 2002 aanwezig waren. Juist van deze schades wordt in de rapportages aangegeven dat deze niet zijn toegenomen in de periode tussen 2002 en 2010. Tegelijk is het zo dat er na 2002 nagenoeg geen nieuwe schades zijn ontstaan die als fors zijn aan te merken. De nieuwe scheuren betreft overwegend haarscheuren tot matige scheuren.

5.7 AANVULLENDE INSPECTIES

De opdrachtgever heeft in een laat stadium van het onderzoek (september 2012) verzocht om alsnog een aantal inspecties uit te voeren bij woningen aan de Langeleegte. Dit is gebeurd naar aanleiding van een overleg tussen de opdrachtgevers en de dorpsverenigingen en een door de dorpsvereniging Langeleegte gehouden enquête. Hieruit kwam naar voren dat woningen die dichterbij de zoutwinningslocatie toe liggen meer meldingen van schade zouden hebben.

Naar aanleiding van dit verzoek zijn op 3 oktober 2012 bij vijf woningen aanvullende inspecties uitgevoerd. Bij deze inspecties is een vergelijking gemaakt met de rapportage van Hanselman uit 2002. Onderstaand wordt beknopt verslag gedaan van de bevindingen.

Woning A

Eerder opgenomen scheuren in de gevels nog steeds aanwezig, geen zichtbare toename.

De scheuren in de linker zijgevel zijn fors. O.a. onder het badkamerraam is een overwegend verticale scheur geconstateerd die doorloopt tot aan maaiveld.

Opmerkingen van de bewoner hebben vooral betrekking op de vloer van de keuken. Hier is geconstateerd dat de vloer zakt (kier tussen betimmering bij trap en tegelvloer). Tevens zijn er lichte scheuren in de tegelvloer ontstaan.

Verder is nog een wijde scheur geconstateerd in het wandtegелwerk van de badkamer, rond het raam, doorlopend tot in de dwarswand met de slaapkamer. De scheurwijdte bedraagt hier circa 5 mm. Dit betreft een forse toename ten opzichte van de vooropname.

Conclusie: toename van de schade betreft verzakking van keukenvloer en aanzienlijke toename van scheurwijdte in badkamer, waarvoor geen directe verklaring (geen toename van scheurvorming aan buitenzijde gevel).

Woning B

Nieuw geconstateerd:

- Matige scheur rechts boven raam verdieping voorgevel.
- Lichte scheur midden onder voorraam in voorgevel.
- Lichte scheur rechts onder linker raam doorlopend in stucwerk in linker zijgevel.
- Lichte scheur linker bovenhoek van de linker zijgevel van de aanbouw.
- Volgens bewoner zakt vloer in aanbouw. Er is een nieuwe laminaatvloer over de tegelvloer in de keuken gelegd wegens scheuren in de tegelvloer. Hierbij is de vloer ca. 7 mm opgehoogd.
- Aan de binnenzijde van de gevel in de keuken bevindt zich een haarscheur in drie tegels links van de radiator.
- In het toilet is een tegel gescheurd in de wand die grenst aan de slaapkamer.
- Ook enkele vloertegels in het toilet zijn gescheurd.
- Haarscheur in een vloertegel in douchevloer.
- In de garagevloer is een nieuwe scheur aanwezig links van de toegangsdeur.
- In de gang en in de slaapkamer was een kier ontstaan langs de aftimmerlat van het plafond. Deze kieren zijn inmiddels met kit afgedicht.

Conclusie: Er is een beperkte toename van scheurvorming ten opzichte van 2002. Dit doet zich vooral voor in de aanbouw. De nieuwe schade wordt vooral veroorzaakt door een lichte zakking van de betonvloer, maar er lijkt tevens een zeer lichte zakking van de aanbouw als geheel op te treden.

Woning C

De forse scheuren in voorgevel en linker zijgevel zijn niet wezenlijk toegenomen ten opzichte van 2002.

In de woonkamer is een lichte scheur ontstaan in de betimmering boven de erker.

De eerder aanwezige verticale scheuren in het tegelwerk van de badkamer zijn aan de zijde van de schuine kap uitgebreid met een horizontale scheur, iets onder de knik in de wand.

Enkele scheuren in het interieur zijn inmiddels gerepareerd.

Conclusie: de toename van de scheurvorming ten opzichte van 2002 is zeer beperkt.

Woning D

Nieuw geconstateerd:

- Lichte scheur in linker zijgevel t.h.v. toilet, op de overgang van oorspronkelijk metselwerk naar het verhoogde deel.

- Haarscheur in twee wandtegels in badkamer, aan gevelzijde vanaf vloerniveau.
- Haarscheur in voeg tegelvloer ter plaatse van badkamerdeur.
- Haarscheur in keuken links boven deur naar hal.

Overige scheuren in gevels en garage ongewijzigd.

Enkele scheuren in woonkamer zijn niet meer zichtbaar na herstel afwerking of plaatsing voorzetwand.

Conclusie: toename scheurvorming zeer beperkt.

Woning E

Nieuw geconstateerd:

- Verticale scheur in woonkamer ter plaatse van meterkast (volgens bewoner is dit een oude scheur)
 - Scheurvorming in linker bovenhoek en rechter bovenhoek worden in vooropname niet genoemd. Deze scheuren zetten zich door tot in de zijgevels, waar deze in de vooropname wel genoemd worden.
- Mogelijk is hier sprake een lichte toename.

Vergelijkbare scheuren komen ook voor aan de voorzijde. Deze zijn in de vooropname wel genoemd.

Conclusie: Toename van de scheurvorming ten opzichte van 2002 is zeer beperkt.

Samenvattende conclusie

Samenvattend leveren de woninginspecties aan de Langeleege een vergelijkbaar beeld op dat ook uit de onderzochte rapportages naar voren komt. Dit betekent over het algemeen een beperkte toename van de schade, overwegend met lichte scheurvorming. Oude schades zijn niet wezenlijk toegenomen. Een deel van de nieuwe schade betreft zakking van vloeren en deels toename van scheuren of nieuwe scheuren.

Met betrekking de vraag of woningen dicht bij de zoutwinningslocatie meer schade hebben, kan geen conclusie worden getrokken. De steekproef is daarvoor te klein en de afstand tot de winning te weinig onderscheidend.

5.8 EVENTUELE TOENAME SCHADE ROND 2004

Onder de door de opdrachtgever aangeleverde stukken bevindt zich ook de resultaten van een door de dorpsverenigingen uitgevoerde enquête in 2009 onder de bewoners van Borgercompagnie en Tripscompagnie. Voor De Langeleege is een soortgelijke enquête uitgevoerd in 2012. De resultaten zijn aangeleverd in de vorm van het enquêteformulier, spreadsheets met resultaten en een toelichtende tekst. Opgemerkt wordt dat deze documenten geen onderdeel uitmaken van opsomming in het Programma van Eisen dat het uitgangspunt vormt voor het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade en dat ARCADIS daardoor de opzet van de enquête en de resultaten en de analyse ervan niet inhoudelijk beoordeeld heeft. Wel is de hoofdconclusie van de dorpsverenigingen gelegd naast de bevindingen uit de voorgaande paragraaf.

Deze hoofdconclusie is dat er onder de bewoners het gevoel leeft dat er sprongen zijn in de schadeontwikkeling. Met spreekt over het ontstaan van scheuren, het zichtbaar toenemen van scheuren en het "van de muur afspringen van de scheurmeters" binnen een jaar. In Borgercompagnie en Tripscompagnie vond dit rond 2004 plaats.

Er zijn opnamerapporten beschikbaar uit 2002 en 2010. Van de tussenliggende jaren zijn geen vergelijkbare schadeopnames beschikbaar. Dit betekent dat geen specifieke conclusies getrokken kunnen worden ten aanzien van een specifieke invloed in een bepaald jaar (bijvoorbeeld 2004) ten opzichte van omliggende jaren (2003, 2005/2006). Conclusies op een dergelijk detailniveau kunnen op basis van de beschikbare rapportages niet getrokken worden. De conclusies kunnen hooguit gebaseerd worden op een vergelijking van opnames in 2002 ten opzichte van de inspectie in 2010. Bijvoorbeeld in de tabel in bijlage 5 zijn

hierover gegevens geïnventariseerd, die in paragraaf 5.6 nader geanalyseerd zijn. Daarbij valt op dat de als fors gekwalificeerde schades, steeds schades betreft die al bij de opname in 2002 aanwezig waren en nadien niet of slechts in geringe mate zijn toegenomen.

5.9 SAMENVATTING GEBOUWGEBONDEN ASPECTEN

Uit dit hoofdstuk komt een aantal gebouwgebonden aspecten naar voren die in belangrijke mate van invloed zijn op de gebouwschades zoals in de verschillende rapportages weergegeven. Dat betreft in ieder geval:

- De aanwezigheid van een gemetselde fundering.
- Een relatief hoge ouderdom.
- Bouwkundige aanpassingen, zoals vloeren op zand, aanbouwen, of nieuwe gevels.
- Een matige onderhoudstoestand.
- Thermische werking.

Wat betreft de thermische werking zijn er bij zeer veel woningen schades aangetroffen die verband houden met thermische werking. Het gaat hier echter om zeer geringe schades die in veel gevallen niet als gebrek zijn aan te merken.

Verder valt op dat de als fors gekwalificeerde schades steeds schades betreft die al bij de opname in 2002 aanwezig waren en nadien niet of slechts in geringe mate zijn toegenomen.

Opgemerkt wordt dat bovengenoemde aspecten ontleend zijn aan onderzoek naar de geselecteerde objecten. Dit betreft geen aselechte steekproef, maar juist een selectie van woningen waarvan te verwachten is dat hier meer dan gemiddelde schade aanwezig is.

6

Analyse funderingswijzen

6.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de (spaarzaam) beschikbare gegevens ten aanzien van de funderingen in het onderzoeksgebied (paragraaf 6.2). Vervolgens wordt in paragraaf 6.3 ingegaan op de functie van de fundering en op de eigenschappen van enkele toegepaste funderingstypen.

6.2 BESCHIKBARE GEGEVENS

In de digitaal aangeleverde stukken bevindt zich een schrijven van de gemeente Veendam en een schrijven van de gemeente Menterwolde aan de provincie Groningen, waarin vermeld wordt dat over de wijze van funderen in het gebied van de gemeente Menterwolde, gelijk aan de gemeente Veendam, weinig tot niets bekend is. Daarbij wordt opgemerkt dat de laatste decennia weinig bouwactiviteiten hebben plaatsgevonden. Aangenomen wordt dat voor aanbouwen en ook nieuwbouw gefundeerd is op de vaste grondslag aangezien de draagkrachtige laag zich ca. 1 meter tot 1,20 meter minus maaiveld bevindt.

Het bovenstaande is tijdens de startbespreking nogmaals bevestigd. Daarbij wordt tevens meegedeeld dat er bij de gemeenten geen tekeningen van funderingen beschikbaar zijn aangezien de laatste tientallen jaren vrijwel geen nieuwbouw is gepleegd. Eveneens wordt bevestigd dat, voor zover bekend, er vrijwel uitsluitend funderingen op staal zijn toegepast in het onderzoeksgebied.

Verder is in 2010 een nader onderzoek uitgevoerd door Hanselman met inschakeling van Wiertsema & Partners bij twee woningen (nrs. 51 en 52). Hierbij zijn door Wiertsema op 5 locaties de funderingen vrij gegraven en ingemeten.

Voor woning 51 wordt vermeld dat de woning in 1994 is gerenoveerd, waarbij er rondom de woning een geheel nieuwe buitenmuur is gemetseld op een nieuw aangelegde fundering van beton. De onderzijde van de betonnen fundering ligt op een diepte van ca. 0,4 meter onder maaiveld. Op één locatie steekt de betonnen fundering ca. 15 cm uit buiten het gevelvlak terwijl op een tweede locatie de buitenzijde van de betonnen fundering gelijk ligt met het gevelvlak. Onder de fundering is hier na een laag van 35 cm zand een laag van circa 40 cm sterk ingedroogde en samendrukbaar veen aangetroffen.

Voor nr. 52 wordt vermeldt dat de woning gefundeerd is op oude muurresten en slemp. Ook de vloeren van de woning zijn op zand gefundeerd. Volgens het onderzoek door Wiertsema bestaat de fundering uit gemetselde stroken, waarvan de onderzijde ligt op ca. 0,75 – 1,0 meter onder maaiveld. Het metselwerk van de fundering steekt ca. 10 cm buiten het gevelvlak uit. Ter plaatse van de aanbouw is hier een betonnen funderingsplaat of strook aangetroffen die 0,4 meter buiten het gevelvlak uitsteekt. Deze funderingen zijn aangebracht op een doorgaand zandpakket. Vermoed wordt dat bij de bouw het veenpakket, dat bij de naastgelegen woning is aangetroffen, is verwijderd.

In een gevorderde fase van het onderzoek zijn nog aanvullende rapporten verstrekt van nader onderzoek door de TCBB, waaraan tevens rapporten van IJB Geotechniek zijn toegevoegd. Bij deze onderzoeken zijn sonderingen, grondboringen en lintvoegmetingen uitgevoerd. Deze rapporten bevatten weinig nadere gegevens ten aanzien van de funderingen. De lintvoegmeting betreft een (tot nog toe) eenmalige meting uit juni 2012. Uit de resultaten blijkt dat bij de verschillende gebouwen in juni 2012 in meer of mindere mate sprake is van scheefstand. Over de ontwikkeling van deze scheefstand en het moment waarop deze is ontstaan geeft deze enkelvoudige meting geen informatie.

6.3 BEOORDELING

Een fundering is een wezenlijk deel van de constructie van een gebouw dat (vrijwel) geheel aan het oog onttrokken is. De fundering heeft tot doel de belasting van een gebouw over te brengen naar een draagkrachtige ondergrond. Aan een fundering worden eisen gesteld ten aanzien van draagkracht. Bovendien moet een fundering zeker in Nederland bestand zijn tegen vocht. Vervanging van een fundering is een lastige aangelegenheid. Een fundering moet dus zodanig gekozen worden dat de levensduur minimaal gelijk is aan die van het gebouw dat gedragen wordt. Er zijn verschillende typen funderingsconstructies te onderscheiden.

Als uitgangspunt voor het ontwerp en de uitvoering van een fundering gelden:

- De fundering dient het gewicht van het gebouw (= materialen en belasting) te kunnen dragen; de veilige draagkracht van de grond mag niet worden overschreden.
- De grond onder de fundering mag niet teveel worden samengedrukt; er mogen geen grote of ongelijkmatige zakkingen optreden.
- De minimale aanlegdiepte ligt op 600 mm (= vorstvrij) onder het maaiveld.
- De fundering moet bestand zijn tegen mogelijk te verwachten invloeden van buitenaf (grond, grondwater, dieren, plantenwortels e.d.).

Ten aanzien van de uitvoering van de fundering zijn vrijwel geen concrete gegevens beschikbaar. Daardoor is het niet goed mogelijk om te beoordelen of de toegepaste funderingen aan bovengenoemde uitgangspunten voldoen.

Wel is bekend dat het merendeel van de woningen gebouwd is voor 1970. Aangenomen kan worden dat nagenoeg al die woningen zijn uitgevoerd met een gemetselde fundering op staal.

Een gemetselde fundering op staal heeft een beperkte sterkte en stijfheid. Dit betekent concreet dat een gemetselde fundering sneller geneigd is om vervormingen uit de ondergrond te volgen dan bijvoorbeeld een funderingsbalk van gewapend beton.

Bij een fundering van gewapend beton zullen eventuele vervormingen uit de ondergrond door de betonnen constructie opgenomen worden, zonder deze vervormingen door te geven aan de bovenliggende constructies, waaronder de metselwerkgevels.

Voor de meeste woningen zijn geen gegevens bekend over de draagkracht van de ondergrond waarop de fundering is aangebracht. Slechts incidenteel wordt melding gemaakt van het toepassen van grondverbeteringen.

7

Invloed bodem gerelateerde aspecten

7.1 VRAAGSTELLING

Een analyse is uitgevoerd van de bodemkundige en hydrologische situatie en veranderingen binnen het onderzoeksgebied die invloed kunnen hebben op het ontstaan van schade aan gebouwen. Deze analyse moet antwoord geven op de volgende vragen:

- Wat is de historie aan hydrologische ingrepen binnen het onderzoeksgebied en omgeving?
- Hoe hangen hydrologie en gebouwschade met elkaar samen?
- Waar bevinden zich zettings- en oxidatiegevoelige lagen en op welke diepte bevinden deze zich ten opzichte van de grondwaterstand?
- Wat is het grondwaterstandverloop en wat voor indicaties zijn er voor stijghoogteveranderingen vanaf 1993?
- Op welke wijze is het peilbeheer veranderd en hoe heeft dit effecten op de grondwaterstand?
- Welke hydrologische ingrepen naast peilbeheer zijn van invloed geweest op de grondwaterstanden?

Met betrekking tot deze bodemkundige en hydrologische aspecten is door ARCADIS een afzonderlijk rapport opgesteld, dat als losse bijlage 6 bij dit rapport van het samenvattend onderzoek is gevoegd (Watersysteemanalyse voor onderzoek gebouwschade bodemdalingsgebied Nedmag, ARCADIS, conceptversie 8 november 2012). In dit hoofdstuk vatten we de resultaten van de watersysteemanalyse samen).

7.2 HISTORIE VAN HET WATERBEHEER

Uit de analyse van de geschiedenis van het waterbeheer in het beschouwde gebied is een aantal conclusies te trekken die betrekking hebben op verschillende periodes.

Waterbeheer vanaf 1910 tot herinrichting in 1990

Voor een reconstructie van de gehanteerde peilen zijn waterstaatskaarten beschikbaar. Hierin staat de waterstaatkundige inrichting weergegeven met daarbij de gehanteerde peilen. Op basis van een analyse van deze kaarten hebben wij geconcludeerd dat de betrouwbaarheid en representativiteit voor het werkelijk gehanteerde peilbeheer beperkt is. De ontwikkeling van de oppervlaktewaterstand en daarvan afgeleide grondwaterstand ter plaatse van de beschouwde bebouwing is met deze gegevens niet vast te stellen. Voor het bepalen van de grondwaterstandsverandering ter plaatse van de bebouwing is een peil ten opzichte van maaiveld van belang. Hiervoor dient de maaiveldddaling bepaald te worden. Hier zijn regionale gegevens van voorhanden, deze zijn echter op lokale schaal niet beschikbaar om een daling ter plaatse van de bebouwinglinten te bepalen.

Wel is op basis van de aangegeven peilen en een indicatie van de opgetreden bodemdaling (met name door veenoxidatie) te concluderen dat vanaf 1910 de peilen structureel verlaagd zijn door waterhuishoudkundige optimalisaties gericht op landbouw. De verlaging ten opzichte van maaiveldniveau kan in het gebied zeer wisselend zijn en is afhankelijk van bodemdaling (en daarmee bodemopbouw) en waterhuishoudkundige ingrepen.

Waterbeheer 1970-1973

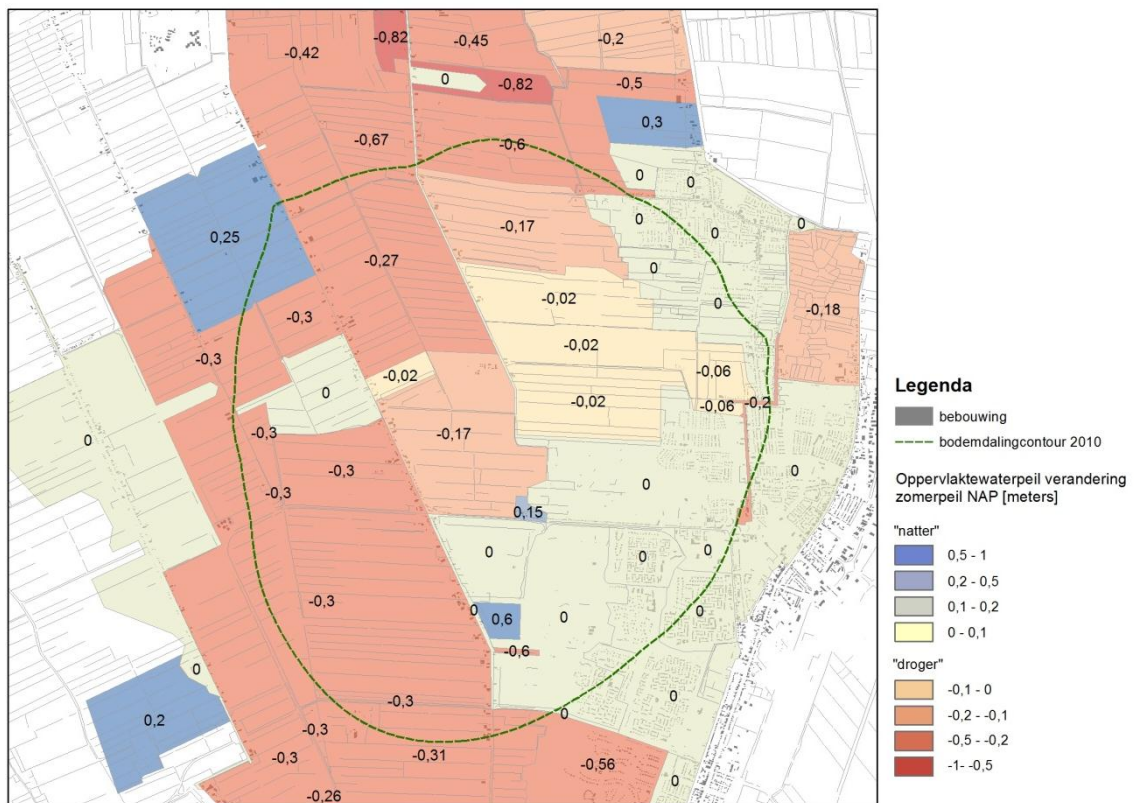
Van deze periode is meer bekend over de ingrepen in de waterhuishouding. Deze bestonden uit het dempen van vaarten (Borgercompagniesterdiep) en het aanleggen van sloten. Er is geen duidelijke trendbreuk ten opzichte van het eerdere waterbeheer aan te geven, de peilen lijken gelijk gebleven te zijn. Alleen rond de genoemde ingrepen is er een lokaal effect, maar de grootte van dit lokale effect is niet exact te bepalen. Dit omdat het dempen van een peil beheerste vaart en het vervangen door bermsloten leidt tot een interactie van effecten. Zo zal:

1. de ontwaterende diepte kleiner worden;
2. de drainerende of infiltrerende werking veranderen door omvang van de watergang;
3. de permanente watervoerendheid veranderen.

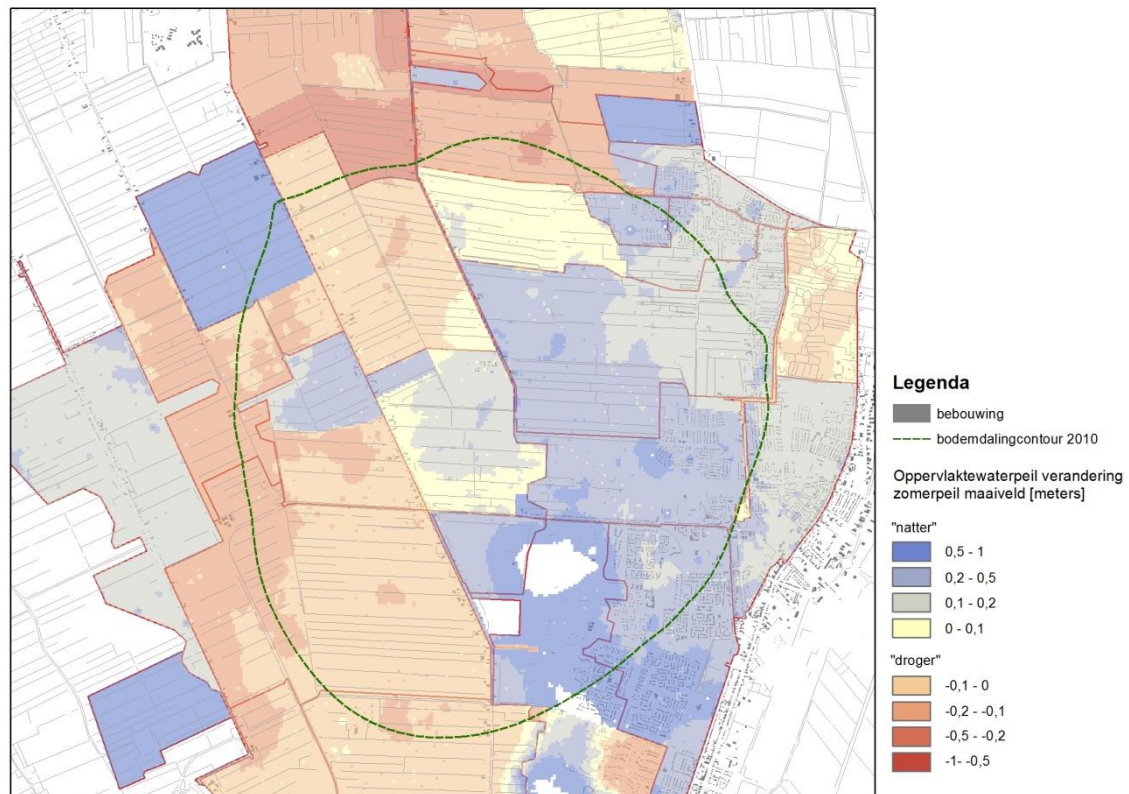
Of deze combinatie van effecten tot een lokale grondwaterstands daling of -stijging heeft geleid en tot welke afstand van de watergang, is met een berekening niet aan te tonen. Wel is op basis van de mogelijke weerstand van de waterbodem en de doorlatendheid van de onderliggende bodem een principeberekening te maken. Hieruit volgt een potentieel verlagend effect op de grondwaterstand in de orde grootte 1 à 5 cm.

Waterbeheer 1990

Tot de Herinrichting Veenkoloniën zijn er geen grootschalige veranderingen in het peilbeheer toe te kennen aan bepaalde momenten. Peilaanpassingen hebben plaatsgehad, maar over welk tijdsbestek deze zijn geëffectueerd is onbekend. Tijdens de Herinrichting Veenkoloniën zijn significante waterhuishoudkundige maatregelen getroffen. Deze bestonden uit creëren van wateraanvoer en het beheersbaar maken van de peilen. Eerder was het gebied overwegend een vrij afwaterend gebied, waar in de zomer slechts beperkt aanvoer van water mogelijk was. De nieuwe mogelijkheden voor wateraanvoer leidden tot een toename van peilvakken. Deze verandering in waterhuishouding is weergegeven in het figuur op de volgende pagina en wordt weergegeven ten opzichte van NAP. Met de groene contour is ter oriëntatie de buitenste contour van het bodemdalingsgebied (gemeten in 2010) weergegeven. Per peilgebied is weergegeven of de door waterschap vastgestelde peilen in NAP zijn gestegen of gedaald.



Voor de vertaling van deze peilwijziging naar woningniveau dient gecorrigeerd te worden voor de opgetreden bodemdaling door veenoxidatie en aardgaswinning. Hieruit volgt hoe de drooglegging ten opzichte van maaiveld is veranderd. In de onderstaande afbeelding is deze weergegeven.



In de afbeelding op de vorige pagina is een grote ruimtelijke variatie van toe- en afname in oppervlaktewaterpeilen ten opzichte van maaiveld zichtbaar. Deze zullen doorwerken in het grondwaterstandsverloop. Dit is zichtbaar in de trendbreuk die rond 1990 waarneembaar is in de beschikbare peilbuisreeksen, gemeten ten opzichte van NAP. Deze lokale waarden zijn niet representatief voor het gehele gebied, wel zijn het indicaties dat er een ingreep geweest is in de waterhuishouding.

Voor de maximale verandering is de verandering van peilen ten opzichte van NAP aangehouden. Dit omdat het realiseren van de peilverandering in een relatief korte periode heeft plaatsgevonden (1990-1994). Binnen deze periode is de bodemdaling (veenoxidatie en gaswinning) klein (denk aan <5 cm).

Uit onze analyse blijkt dat de bandbreedte van peilwijzigingen in dit gebied tussen 0,82 m verlaging en 0,6 m verhoging van het peil (ten opzichte van NAP) ligt. De effecten op de grondwaterstanden (ten opzichte van maaiveld) zijn door veenoxidatie en bodemdaling door gaswinning echter kleiner, namelijk tussen de 0,2 en 0,5 m meter. Per onderzochte woning is de verandering bepaald.

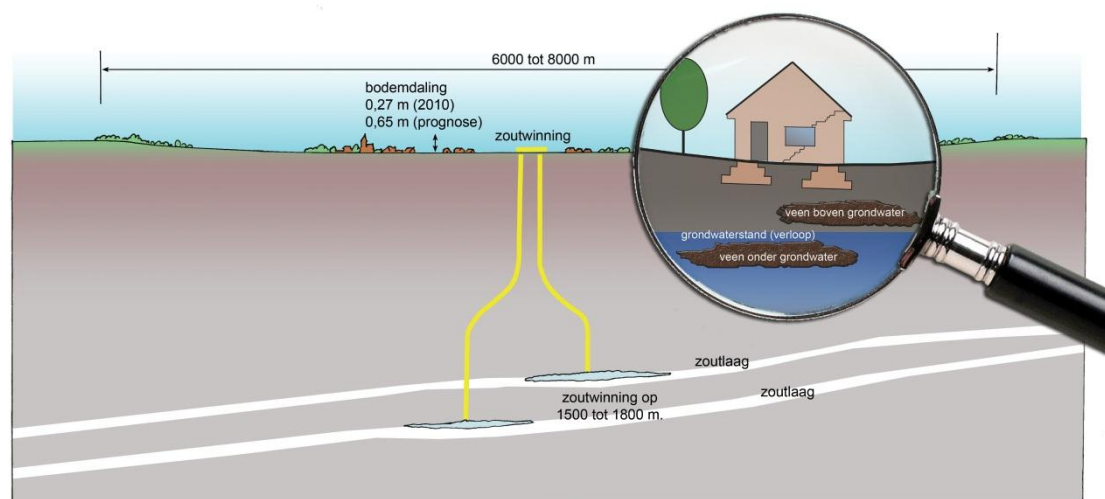
Waterbeheer 2000

Rond 2000 zijn er geen structurele aanpassingen in het peilbeheer, in de grondwaterstandsreeksen wordt wel een trendbreuk in een aantal peilbuizen waargenomen. Daarvan staat een peilbuis binnen de bodemdalingscontour door zoutwinning. Bij deze peilbuis is weliswaar sprake van een trendbreuk t.o.v. NAP, maar ten opzichte van het maaiveldniveau blijft de grondwaterstand echter gelijk.

7.3 GEBOUWSCHADE EN HYDROLOGIE

Grondwaterstandsverlaging

De effecten van grondwaterstandsverlaging op gebouwen wordt besproken aan de hand van de volgende schematische weergave (niet op schaal). Voor het goede begrip wordt vermeld dat de gemiddeld laagste grondwaterstand zich in de bebouwingslinten 1,5 tot 2,5 meter beneden het maaiveld bevindt, buiten de bebouwingslinten is dit kleiner. De zoutwinning vindt plaats op een diepte van 1500 tot 1800 meter.



Een verlaging van de grondwaterstand rond een gebouw kan op een aantal manieren tot zetting, vervorming van fundering en gebouwschade leiden:

- Indien veen ten gevolge van de verlaging boven het grondwaterniveau komt te liggen, zal dit in meer of mindere mate oxideren. Daardoor neemt de laagdikte van het veen af en zal een daling van het maaiveld gaan optreden. Als er zich een fundering boven bevindt, zal dit (als de mate van veenoxidatie niet overal gelijk is), tot een ongelijke vervorming van de fundering leiden.
- Zetting van bodem is het proces waarbij door afname van de waterspanning de korrelspanning toeneemt en het volume van de bodem afneemt. Dit omdat water uit de poriën verdwijnt en de bodem zich dichter pakt. Een verlaging van de grondwaterstand zal tot extra zetting leiden. Sommige grondsoorten zijn zeer weinig zettingsgevoelig (zand) andere daarentegen zeer sterk (bijvoorbeeld veen), ook weer afhankelijk van reeds opgetreden 'natuurlijke' belasting.

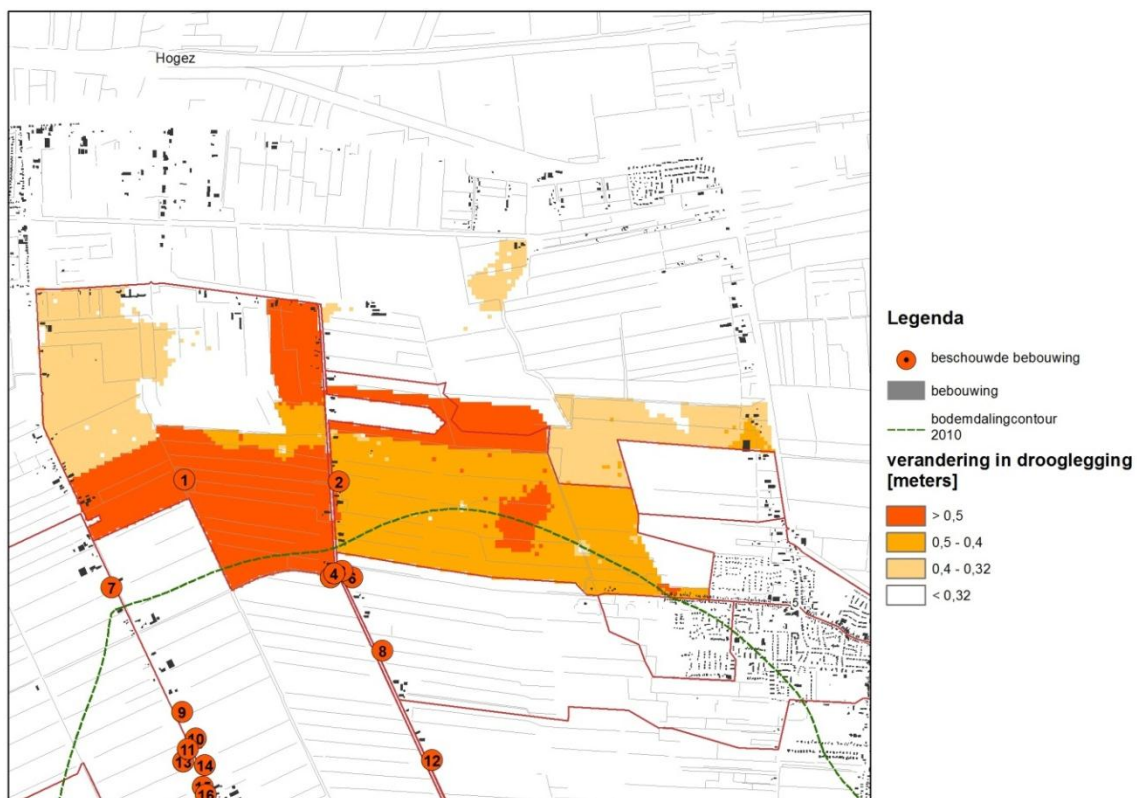
In het onderzoeksgebied is bij het graven van de wijken het zand nabij de oever gelegd. Wanneer dit zand op een veenlaag wordt gelegd vormt het een bovenbelasting waardoor in de bodem een afwijkende spanningssituatie ontstaat. Aanwezige veenafzettingen hadden oorspronkelijk geen korrelspanning, maar door het aanbrengen van zand ontstond er wel een korrelspanning in het veen. Het veen is daardoor gaan zetten. Binnen een tijdspanne van 3 jaar na aanbrengen van het zand zal de eindzetting van het veen voor die spanningssituatie zijn ontstaan. De aanleg van wegen en bebouwing heeft vervolgens tot nieuwe spanningssituaties geleid, waarbij weer zetting kon optreden. Gezien deze zettingsgeschiedenis in deze afgedekte veenpakketten is theoretisch een extra zetting te verwachten wanneer peilwijzigingen (zoals bij de herinrichting) zijn doorgevoerd waarbij veen droog komt te liggen. Aangezien de grootste zetting in de veenpakketten echter al is opgetreden door de genoemde bovenbelasting, leidt de peilverlaging nauwelijks tot extra zettingen of tot geringe extra zettingen.

Daarbij komt dat uit de analyse van grondwaterstanden en bodemgegevens blijkt dat de veenafzettingen ter plaatste van de bebouwing overwegend boven de GLG gelegen zijn en daarmee al ontwaterd zijn. Wel is bij peilverlaging oxidatie te verwachten door een verhoging van de zuurstofgehalten van het veen.

Als er over korte afstand in ongelijke mate veenoxidatie en/of zettingen optreden, dan zal dit leiden tot ongelijke verdeling van de draagkracht van de fundering. Het is afhankelijk van de funderingsconstructie, of dit leidt tot schade aan de gebouwen (zie hoofdstuk 6).

In de volksmond worden beide processen vaak aangeduid als 'zetting', omdat het zichtbare effect (een verlaging van het maaiveld of zakking van een gebouw) hetzelfde is. Het is echter in het kader van dit rapport zaak beide processen gescheiden te houden.

De historische peilverlaging is groter in het uiterste noordelijke deel van het gebied, in enkele peilvakken 0,67 à 0,82 m. Dit zijn verlagingen die groter zijn dan 0,32 m. Deze waarde wordt op grond van de literatuur aangehouden als grens waarboven eventueel schade zou kunnen optreden. Hier heeft dus potentieel zetting op kunnen treden die potentieel kan leiden tot gebouwschade. Gebouwschade door peilverlaging is hier niet volledig uit te sluiten, maar uit de beschikbare gegevens hebben wij niet kunnen afleiden dat dit daadwerkelijk heeft plaatsgevonden. Het betreft een klein gebied binnen het onderzoeksgebied, op het figuur op de volgende pagina is de liggen ervan aangegeven ten opzichte van de meest noordelijke bodemdalingscontour 2010.



Grondwaterstandsverhoging

Een verhoging van de grondwaterstand rond een gebouw kan leiden tot een extra vervorming van de fundering. Uit zowel de literatuurstudie als uit eigen eerdere onderzoeken is bekend dat sprake moet zijn van substantiële stijgingen van de grondwaterstand wil dit leiden tot een wezenlijke afname van de draagkracht van de bodem. Daarbij moet gedacht worden aan meer dan 0,2 m grondwaterstijging ten opzichte van het maaiveld. Binnen de herinrichting zijn met het instellen van verschillende winter- en zomerpeilen de zomerpeilen hier en daar verhoogd ten behoeve van wateraanvoer en een goede watervoorziening in de droge perioden. Verhoging van de hoogste grondwaterstanden in de winterperiode is echter niet aan de orde.

7.4 ZETTINGS- EN OXIDATIEGEVOELIGE BODEMLAGEN

Uit de uitgevoerde analyse kan geconcludeerd worden dat in dit gebied alleen veen voorkomt als zettings- en oxidatiegevoelige bodemlaag.

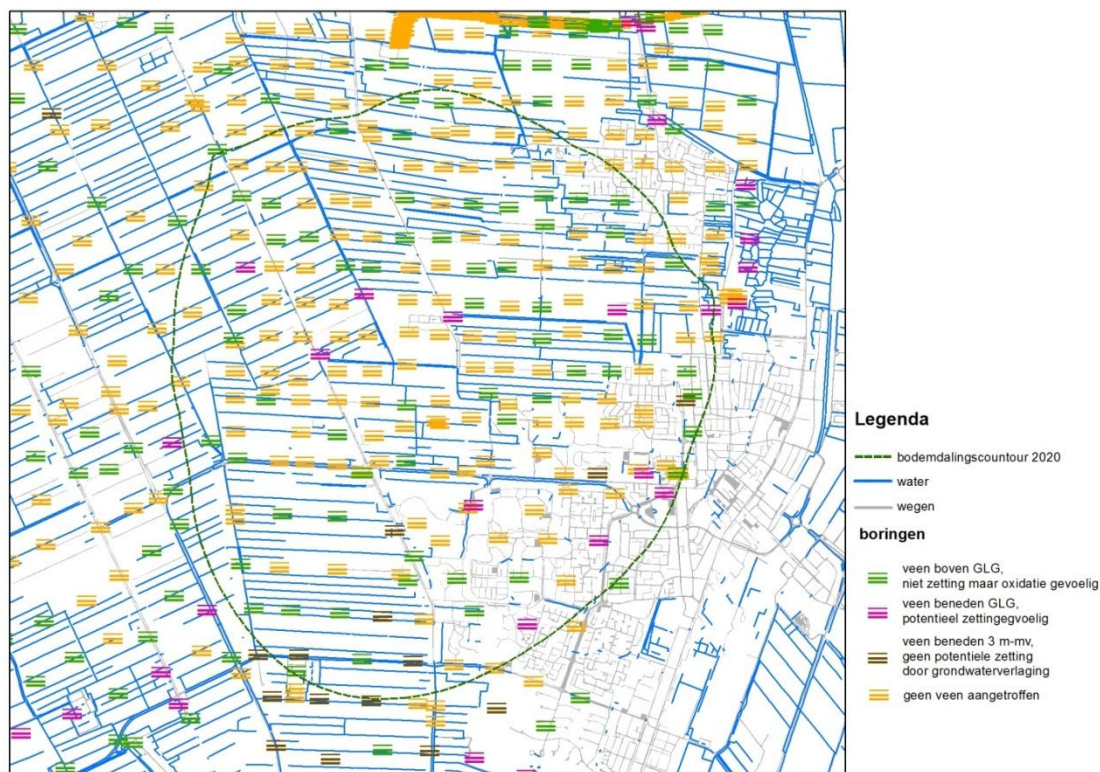
Zetting

Zettingsgevoelige veenvoorkomens zijn echter beperkt aanwezig. Dit baseren wij op:

- het beperkt aantal boringen waarin veen is aangetroffen ten opzichte van het totaal aantal uitgevoerde boringen;
- het merendeel van het aantal boringen met veen, is het veen boven de laagste grondwaterstand aangetroffen en is daarmee niet zettingsgevoelig (meer). De ontwatering en daarmee zetting heeft hier al plaatsgehad.

Op basis van deze waarneming is kans om voor zetting gevoelig veen aan te treffen klein. Daarmee zal een verandering in grondwaterstand een beperkt regionaal ruimtelijk effect hebben op veenvoorkomens.

In navolgende figuur zijn de boringen weergegeven met daarbij een classificatie van de veenvoorkomens volgens het boringenbestand van NITG-TNO. Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit het meest maximale beeld is van de veendikte en voorkomen van veen. De boringen zijn overwegend eerder uitgevoerd dan 1970. De veendikte zal in de huidige situatie na veenoxidatie en zetting minder zijn.



Ter plaatse van de bebouwingslinten is de kans van aantreffen van veen echter hoger dan in bovenstaand figuur is af te leiden. Op grond van de onderzoeken waarbij funderingen zijn vrijgegraven, dan wel boringen direct naast het gebouw zijn gedaan (TCBB en Wiertsema en Partners), komt verhoudingsgewijs meer veen voor dan bij de boringen in het agrarische gebied. Voor het veen in het bebouwingslint geldt dat deze niet zijn omgewoeld en geoxideerd zoals in het landbouwgebied. Wanneer aanwezig, dan zijn deze afgedekt door een zandlaag. Deze zandlaag is afkomstig van de ontgraving van de aan de lintbebouwing aanwezige (voormalige) waterlopen die ten tijde van de veenontginning gegraven werden. Zoals in paragraaf 7.4 is aangegeven, is gezien de zettingsgeschiedenis, nauwelijks extra zetting te verwachten.

Oxidatie

Wel zullen de veenvoorkomens waar de maximale zetting heeft opgetreden onder invloed staan van oxidatie. Het 'verbranden' door zuurstof leidt tot een verdere gestage afname van het volume veen en daarmee lokale zakking van het maaiveld. Dit is deels grondwaterstandafhankelijk, hoe langer het veen niet verzadigd is hoe meer zuurstof in het veen aanwezig is om te oxideren. De mate van verzadiging is zowel afhankelijk van de neerslaagaanvulling van bovenaf als het door oppervlaktewater bepaalde grondwaterstandsverloop. Dit is een lokaal effect. Oxidatie van het veen en de zakking die daardoor optreedt leidt bij heterogene bodemopbouw tot ongelijkmatige lokale zakking.

Een andere conclusie uit de boringen is de volgende: In het verleden is meer veen in het gebied aanwezig geweest, dan nu of in de periode van de zoutwinning. Door veenoxidatie (met waarden van 0,2 tot 0,6 m) heeft, afhankelijk van de oorspronkelijk aanwezige veendikte, een ongelijkmatige daling van het maaiveld plaatsgehad. De bodem heeft dus lokaal verschillend gereageerd en in de loop der tijd heeft een verandering van bodemopbouw plaatsgevonden. Dit leidt tot lokale verschillen door veenvoorkomens, ondanks dat op regionale schaal de bodem in de huidige situatie als homogeen beschouwd kan worden (weinig veenvoorkomen).

Samengevat:

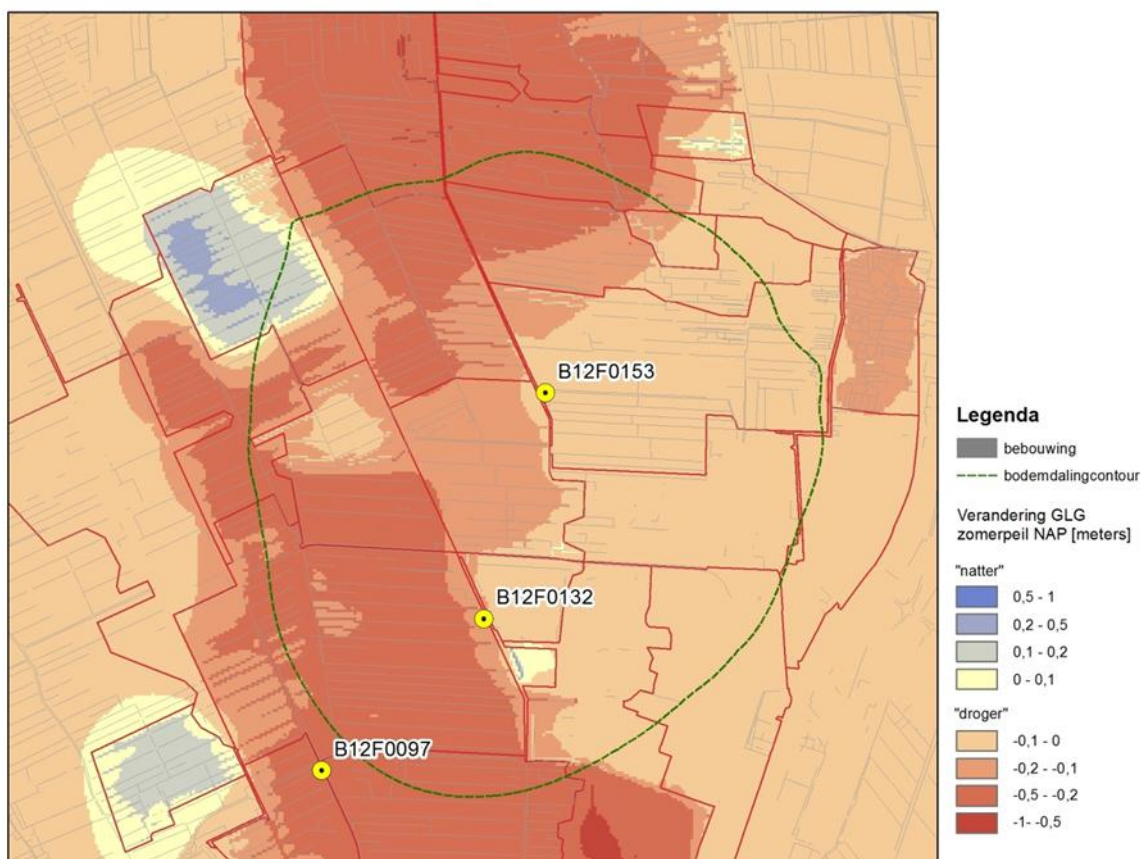
- De bodem is homogeen op regionale schaal en heterogeen op lokale schaal.
- Veenoxidatie is een belangrijker factor dan zetting van het veen.

7.5 GRONDWATERSTANDVERLOOP

Uit het overzicht van de verschillende peilbuizen vallen twee momenten/periodes op: de periode 1990 – 1994 en 2000 – 2002. In beide perioden neemt de grondwaterstand af en in een aantal gevallen in de eerste periode (1990-1994) neemt de dynamiek ook af. In sommige gevallen is de afname onafhankelijk van het klimaat. In die gevallen is de afname niet uniform voor alle peilbuizen. In deze gevallen lijkt sprake te zijn van een hydrologische ingreep. De afname van de grondwaterstand ten opzichte van NAP is geldig voor alle peilbuizen. Echter, wanneer deze veranderingen worden gecorrigeerd voor de maaiveld daling door oxidatie en gaswinning dan is de verlaging ten opzichte van maaiveld beperkt tot 0,05 à 0,10 m. Dit sluit aan bij de waarneming dat bij het peilbeheer de waterstanden ten opzichte van maaiveld leidend zijn en de grondwaterstanden daarop volgend.

Voor de periode 1990-1994 lijkt de Herinrichting Veenkoloniën de meest voor de hand liggende oorzaak te zijn. Met MIPWA2 is een berekening uitgevoerd om de effecten van hydrologische ingrepen van de Herinrichting Veenkoloniën te vertalen naar een effect op de GLG.

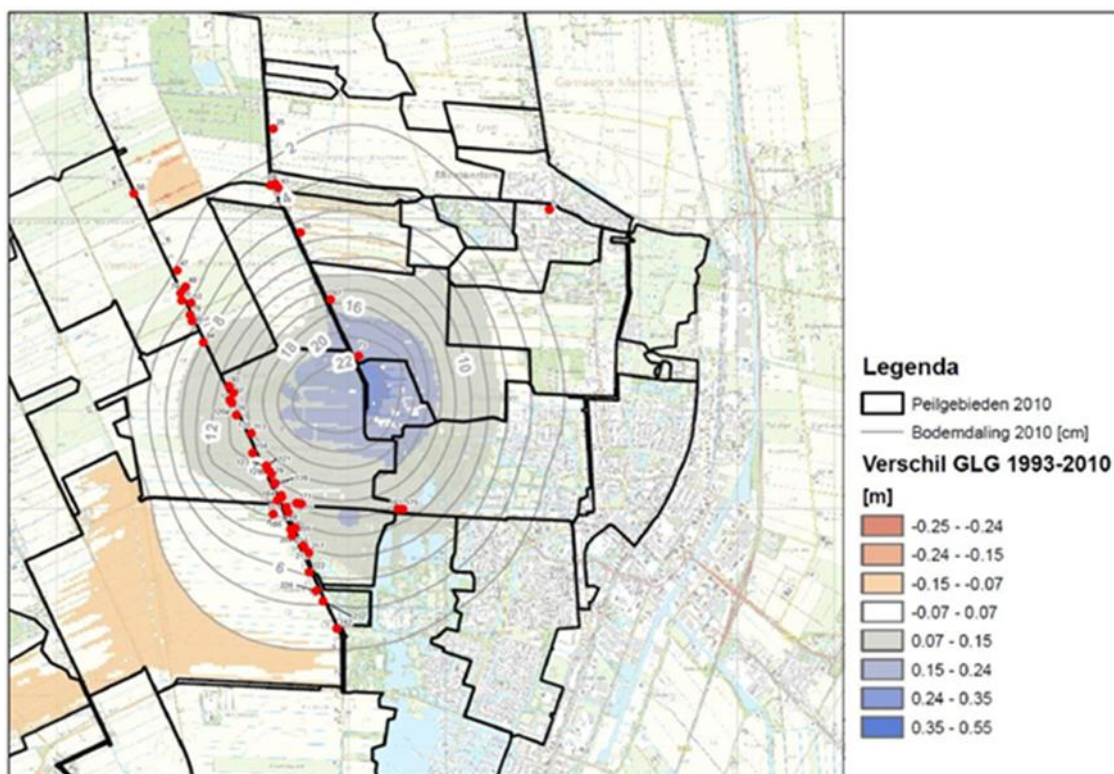
In de afbeelding op de volgende pagina is de verandering in grondwaterstand ten opzichte van NAP weergegeven. Omdat de periode rond herinrichting 4 jaar bedraagt, is de peilwijziging in een relatief korte periode gerealiseerd. De bodemdaling in deze korte periode is beperkt. De verandering in grondwaterstanden ten opzichte van NAP is daarmee gelijk te stellen aan de verandering ten opzichte van maaiveld.



Met de blauwe kleur is weergegeven waar de GLG omhoog is gegaan ten opzichte van maaiveld. Met de rode kleur is weergegeven waar de GLG omlaag is gegaan ten opzichte van NAP.

De periode 2000-2002 is niet aan een hydrologische ingreep te koppelen. Aangezien de verandering beperkt van omvang is vormt dit niet meer dan een aandachtspunt.

Met betrekking tot deze periode is door Witteveen en Bos een studie uitgevoerd naar de grondwatereffecten vanaf het moment van zoutwinning tot 2010. In deze studie is een grondwaterstandsverandering berekend. Hier volgt uit dat in het centrum van de bodemdaling ten gevolge van zoutwinning een verhoging is berekend van circa 0,2 m. Aan de randen van enkele peilvakken is een verlaging van circa 0,05 m berekend. In het figuur op de volgende pagina is de weergave van deze verandering met rode stippen in de ligging van de beschouwde bebouwing weergegeven.



7.6 PEILBEHEER

De grootste verandering in peilbeheer heeft rond 1990 plaatsgehad (de in voorgaande paragraaf besproken Herinrichting Veenkoloniën).

7.7 HYDROLOGISCHE INGEPEN

Met betrekking tot de hydrologische ingrepen die naast peilbeheer zijn van invloed geweest op de grondwaterstanden blijkt uit de watersysteemanalyse het volgende:

- Er is een aantal bemalingen uit het verleden bekend. Bemalingen zijn tijdelijke ingrepen waarbij lokale grondwaterdalingen zullen optreden. De effecten op de bebouwing zijn lokaal en rond de bemalingsperiode opgetreden. Gezien de beschikbare gegevens van debieten waarmee onttrokken is zal het maximale invloedsgebied tussen de 150 en 300 m hebben gelegen vanaf de bemaling. Deze zone waarbinnen effecten van zetting op bebouwing te verwachten zijn bedraagt 50 tot 100 meter. Of dit werkelijk geleid heeft tot zetting en schade is onwaarschijnlijk en niet te achterhalen. Indicaties hiervoor, zoals klachten, zijn niet bekend.
Voor de woningen grenzend aan de bemalingswerkzaamheden voor rioolaanleg is af te leiden dat de verlaging ten opzichte van de gemiddeld laagste grondwaterstand beperkt is geweest. Dit op basis van de diepteligging van de aangelegde riolering. Uit de beperkte benodigde verlaging ten opzichte van de GLG van de is af te leiden dat er geen zetting opgetreden kan zijn.
- Ook zijn er ingrepen in de inrichting van het watersysteem geweest (dempen en graven van watergangen, zonder peilaanpassingen). Deze hebben alleen een mogelijk lokaal effect nabij de ingreep. Zie eerdere paragraaf hierover.

8

Oorzaak-effect-relaties

8.1 ALGEMEEN

Als onderdeel van het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade zijn oorzaak-effectrelaties nagegaan. De aanvankelijk gebruikte term 'ingreep-effect-relaties' is in de loop van het onderzoek gewijzigd in 'oorzaak-effectrelaties' omdat gedurende het onderzoek oorzaken zijn onderscheiden die niet direct als ingreep kunnen worden beschouwd.

Het nagaan van oorzaak-effect-relaties is bedoeld om een integrale gebiedsspecifieke systeembeschrijving op te stellen, waarbij de oorzaak-effect-relaties helder worden geformuleerd. De systeembeschrijving vindt plaats op gebiedsniveau (het onderzoeksgebied). Hiermee wordt de stap gemaakt van monodisciplinaire informatie naar een integrale beschrijving, waarbij de volgende specialismen zijn te onderscheiden: bouwkundig, bodemkundig en geohydrologisch.

Als bijlage 1 is een schema gevoegd met die oorzaak-effectrelaties die een rol spelen in het onderzoeksgebied. Dit schema is samengesteld aan de hand van de door ARCADIS uitgevoerde analyse van het Literatuuronderzoek door de ambtelijke werkgroep, alsmede aan de hand van de bevindingen uit de diverse onderzoeken naar specifieke gebouwen in het gebied. Voor meer gedetailleerde resultaten van de literatuurstudie wordt verwezen naar hoofdstuk 4 van deze rapportage.

In dit hoofdstuk volgt een korte samenvatting van de belangrijkste deelconclusies, gegroepeerd op basis van dit schema. Een kwalitatieve en waar mogelijk ook kwantitatieve waardering van de oorzaken en effecten is verwerkt in de hoofdstukken 6 en 8 waarin achtereenvolgens de volgende groepen oorzaken besproken worden:

- Interne gebouwinvloeden: gebouw- en funderingseigenschappen.
- Externe gebouwinvloeden, de eigenschappen en veranderingen in de bodem.

De uitwerking van de oorzaak-effect-relaties is geen doel op zich, maar is een middel om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de verschillende mogelijke oorzaken en de effecten daarvan die uiteindelijk hebben geleid tot gebouwschades.

8.2 INTERNE GEBOUWINVLOEDEN: GEBOUW- EN FUNDERINGSEIGENSCHAPPEN

- Ontoereikende bouwkundige kwaliteit van funderingen:
 1. In het onderzoeksgebied komen overwegend funderingen op staal voor. Het merendeel betreft gemetselde funderingen. Een gemetselde fundering op staal heeft een beperkte sterkte en stijfheid. Dit betekent dat een gemetselde fundering sneller geneigd is om vervormingen uit de ondergrond te volgen dan een funderingsbalk van gewapend beton. Paalfunderingen komen slechts sporadisch voor.

2. In de ons beschikbare rapporten is vrijwel geen informatie voorhanden of de funderingen in het gebied aan de gebruikelijke (ontwerp) kwaliteitseisen voldoen. Gezien de ouderdom van de gebouwen (driekwart van de woningen is meer dan 70 jaar oud) en de vele wijzigingen (veelal verzwaringen) die daarmee samenhangen, kan echter verwacht worden dat de oorspronkelijk aanwezige reservecapaciteit in veel gevallen volledig benut is.
- Ontoereikende bouwkundige kwaliteit van woningen.
 1. In de bovenbouw van de woningen valt met name de schade rond gevelopeningen op, zowel binnen als buiten, die veelal samenhangt met ontoereikende ondersteuning van het bovenliggende metselwerk door het ontbreken van lateien.
 2. Verzakkingen worden met name lokaal binnen gebouwen als oorzaak genoemd. Het betreft overwegend betonvloeren of bordessen die zakken ten opzichte van de aangrenzende wanden/gevels. Deze verzakking treedt dus op in het bovenste deel van de bodem tussen maaiveld en fundering.
 3. Scheurvorming in tegelwerk wordt deels veroorzaakt door verzakking van vloeren of vervorming van wanden. In andere gevallen wordt deze scheurvorming veroorzaakt door de wijze van uitvoering of door veroudering.
 4. Ontbrekende dilataties hebben met name bij oudere grotere boerderijen tot scheurvorming geleid. Dit betreft steeds oude scheuren die in het verleden ontstaan zijn door werking van het gebouw die binnen de constructie van het gebouw niet opgenomen konden worden.
 5. Incidenteel is schade te herleiden tot spatkrachten vanuit de kapconstructie waarvoor dan onvoldoende voorzieningen aanwezig zijn om deze op te nemen.
 6. Krimpscheuren, veelal in de vorm van haarscheuren, zijn veelvuldig geconstateerd, met name in de binnen afwerking en ontstaan door onvermijdelijke (geringe) temperatuurvervormingen.
 - Ouderdom/Achteruitgang materiaal
 1. Met het toenemen van de tijd ontstaat een zekere mate van degradatie van de meeste gebouwonderdelen onder invloed van onder meer weersinvloeden (neerslag en temperatuurswisselingen), vocht van onderaf.
 2. Door regelmatig onderhoud wordt de invloed van veroudering beperkt, maar door achterstallig of verkeerd onderhoud treedt veroudering versneld in.
 - Ongunstige verdeling van de belasting
 1. Een functiewijziging van bijvoorbeeld schuur naar woonfunctie leidt tot een extra belasting door het plaatsen van extra muren en zwaardere vloeren, waardoor extra vervorming en extra schade ontstaat. Tegelijk leidt een dergelijke functiewijziging tot hogere eisen aan de afwerking.
 2. Bouwkundige aanpassingen, zoals een aanbouw, een extra gevel of het verwijderen van binnenwanden, hebben op zeer grote schaal plaatsgevonden. Hierdoor treedt een herverdeling van de belasting op die veelal gepaard gaat met enige vervorming en scheurvorming.

8.3 EXTERNE GEBOUWINVLOEDEN: EIGENSCHAPPEN EN VERANDERINGEN IN DE BODEM

- Ongelijkmatige bodemdaling:
 1. Heterogene bodemopbouw.
 - Hierbij is vooral de heterogene bodemopbouw en het plaatselijk voorkomen van veen van belang. Veenoxidatie onder invloed van grondwaterstanddalingen is in het onderzoeksgebied een belangrijker proces dan zetting. Het grootste deel van de veenoxidatie zal voor 1990 zijn opgetreden als gevolg van de ontginning en latere aanpassingen in het peil van het oppervlaktewater. In deze periode (vanaf de veenontginning tot 1990) heeft regionaal een afname van het veen plaatsgevonden, variërend van 0,2 tot 0,6 m. Bij deze ordegrootte opgetreden veenoxidatie zal door variatie in veendikte een ongelijkmatige bodemdaling zijn

- opgetreden. In de periode na 1990 is veenoxidatie alleen nog een lokaal proces. Wanneer veen aanwezig is onder de woning, dan is veenoxidatie een potentiële oorzaak van schade. De invloed van peilwijzigingen is hierop zeer beperkt.
- De aangetroffen veenafzettingen nabij de woningen in de bebouwingslinten zijn direct na het aanleggen van het kanaal door bovenbelasting bijna volledig gezet. Een peilverlaging leidt tot een nieuwe spanningssituatie, maar zal gezien de zettingsgeschiedenis nauwelijks tot extra zetting leiden. Latere zetting is daarmee niet relevant.
 - Door boomgroei kunnen wortels tegen funderingen aandrukken en kan plaatselijk vocht uit de bodem onttrokken worden, met mogelijk een zeer plaatselijke inklinking en zakking van het grondpakket tot gevolg. Geen van deze aspecten komt echter uit de beschikbare rapportages naar voren.
2. Komvormige daling door delfstofwinning. De zoutwinning door Nedmag overheerst hier ten opzichte van andere delfstofwinningen (bijvoorbeeld gaswinning). Uit de resultaten (zie ook onderzoek 10 en 11 in hoofdstuk 5 en bijlage 2) blijkt dat de scheefstand, kromming en rek van gebouwen ruim binnen de toelaatbare grenzen blijft uitgaande van een bodemdaling van 110 cm ten gevolge van zoutwinning op 1500 meter diepte. De vervormingen die hierdoor in de ondiepe ondergrond ontstaan zijn verwaarloosbaar.
- Sterke trillingen. Schades ten gevolge van trillingen zijn verwaarloosbaar of van relatief gering belang ten opzichte van andere schadeoorzaken.
 1. Het gebied ligt aan de rand van het gebied met aardbevingen ten gevolge van gaswinning door de NAM. Er zijn geen rechtstreekse trillingen bekend van industriële activiteiten in het gebied. Er zijn geen schademeldingen ten gevolge van door mijnbouw opgewekte trillingen.
 2. Verkeer en heiwerkzaamheden zullen zeer lokaal van belang kunnen zijn, maar deze zijn niet te koppelen aan schaderapporten van individuele gebouwen.
 3. Ten aanzien van trillingen in de lucht zijn in de verstrekte stukken geen gegevens opgenomen. Uit mondelinge toelichting van de gemeenten blijkt dat trillingen door straaljagers zich niet voorhebben gedaan in de periode dat met de zogenaamde squeeze-methode zout wordt gewonnen (vanaf 1993).
 4. In het verleden heeft seismisch onderzoek plaatsgevonden. Uit mondelinge toelichting blijkt dat seismisch onderzoek heeft plaatsgevonden tussen begin jaren '70 en eind jaren '80 en dus niet in de periode dat met de zogenaamde squeeze-methode zout wordt gewonnen (vanaf 1993).
 - Ontoereikende draagkracht van de bodem. Afname van de korrelspanning in de bodem kan veroorzaakt worden door een verhoging van grondwaterstanden (toename waterspanning). De peilverhogingen in het gebied zijn dermate gering (relatieve grondwaterstijging niet groter dan 0,15 m) dat peilaanpassing op gebiedsniveau niet leidt tot een afname in draagkracht.

8.4 ZOUTWINNING

Gezien de aanleiding voor dit samenvattend onderzoek wordt in deze paragraaf nader ingegaan op een eventuele relatie tussen gebouwschade en de komvormige bodemdaling ten gevolge van de zoutwinning door Nedmag. Zoals in paragraaf 8.3 al is aangegeven zijn de vervormingen in de ondiepe ondergrond ten gevolge van de bodemdaling door zoutwinning verwaarloosbaar, zodat de scheefstand, kromming en rek van gebouwen ruim binnen de toelaatbare grenzen blijft. Ook de peilwijzigingen die het waterschap heeft doorgevoerd om de effecten van de bodemdaling te compenseren vallen binnen toelaatbare grenzen. Vanuit de literatuur, onze beoordeling daarvan en de uitgevoerde watersysteemanalyse, is er geen enkele aanwijzing dat de zoutwinning een (hoofd)oorzaak van gebouwschade is.

Dit kan worden geïllustreerd aan de hand van de onderstaande tabel. Hierin hebben wij de geconstateerde schades in bijlage 5 afgezet tegen de geconstateerde bodemdaling door zoutwinning (meetjaar 2010). Uit deze tabel blijkt dat er op grond van het uitgevoerde onderzoek geen relatie is te leggen tussen de mate van bodemdaling en het aantal schades. Opgemerkt wordt dat de steekproef klein is. De tabel is dan ook bedoeld om te illustreren wat op basis van de literatuur en de uitgevoerde watersysteemanalyse al is geconcludeerd.

	Daling 0-5 cm	Daling 6-10 cm	Daling 11-15 cm	Daling 16-20 cm	Daling 21-24 cm
Aantal woningen	13	11	20	13	1
Gemiddeld aantal schades exterieur per woning	7,9	10,3	8,7	8,6	9,0
Aantal woningen met forse scheuren exterieur	38%	45%	25%	54%	0%
Aantal woningen met toename aantal schades exterieur (2002-2010) (ongeacht de mate van toename)	38%	45%	55%	54%	0%
Gemiddeld aantal schades interieur per woning	6,1	12,5	8,3	13,2	7,0
Aantal woningen met forse scheuren interieur	23%	55%	10%	23%	0%
Aantal woningen met toename aantal schades interieur (2002-2010) (ongeacht de mate van toename)	46%	27%	55%	92%	0%
Aantal woningen met verzakking	62%	27%	40%	38%	0%

9

Oorzaken en hoofdoorzaak

9.1 INLEIDING

Het Programma van Eisen voor het Samenvattend onderzoek hoofdoorzaken gebouwschade in het onderzoeksgebied bepaalt dat in het Samenvattend onderzoek expliciet antwoord gegeven dient te worden op een aantal concreet geformuleerde hoofd- en subvragen. In dit hoofdstuk wordt op deze vragen een concreet antwoord gegeven.

9.2 BEANTWOORDING HOOFDVRAAG

Wat is/zijn de hoofdoorza(a)k(en) van de gebouwschade in het bodemdalingsgebied van de delfstofwinning van Nedmag?

Op basis van het uitgevoerde onderzoek waarbij enerzijds de invloeden vanuit de ondergrond zijn nagegaan en anderzijds de invloeden vanuit het gebouw, zijn de volgende hoofdoorzaken van de gebouwschade in het onderzoeksgebied aan te duiden:

- Van de onderzochte panden is het merendeel relatief oud en van een matige bouwkundige kwaliteit ⁷ door veroudering en/of door wijziging van constructie of functie, maar ook door verouderde bouwmethoden zoals gemetselde funderingen en het veelal ontbreken van lateien boven gevelopeningen.
- Er is op lokaal niveau bij diverse panden sprake van een sterk heterogene bodemopbouw met aanwezigheid van restveen, met name ook in de bovenste laag boven het grondwaterniveau, waardoor gemakkelijk ongelijke vervorming van de ondiepe ondergrond heeft kunnen ontstaan. Deze ongelijke vervormingen van de ondiepe ondergrond ontstaan met name onder invloed van wijzigingen in de grondwaterstand wanneer daarbij veen droog komt te liggen. Deze wijzigingen ontstaan deels door natuurlijke invloeden (droge en natte perioden) en deels door ingrepen (peilwijzigingen).

Deze factoren, of een combinatie hiervan, dragen bij aan het merendeel van de aanwezige schades en worden daarom beschouwd als hoofdoorzaken. Opgemerkt wordt dat deze oorzaken niet uniek zijn voor dit gebied en dat vergelijkbare schade ook elders in Nederland voorkomt.

De volgende potentiële oorzaken zijn onderzocht en blijken op gebiedsniveau niet beschouwd te kunnen worden als hoofdoorzaak:

- De zoutwinning door Nedmag op een diepte van 1500 -1800 meter onder maaiveld leidt tot verwaarloosbare vervormingen in de ondiepe ondergrond en dus ook tot een verwaarloosbare invloed op de schades.

⁷ De aanduiding 'matige bouwkundige kwaliteit' duidt erop dat het verouderingsproces duidelijk is ingetreden. Dit zegt vooral iets over veroudering en ouderdom en wijst niet direct op achterstallig of ontoereikend onderhoud.

- Bodemdaling door aardgaswinning leidt tot nog kleinere vervormingen in de ondiepe ondergrond en dus ook tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
- De aanpassingen van het peilbeheer door het waterschap aan de komvormige bodemdaling door zoutwinning, leiden tot zeer beperkte verlagingen van de waterstand ten opzichte van maaiveld en daardoor (via het proces van veenoxidatie en zetting) tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
- Eerdere aanpassingen van het peilbeheer.
 - De peilwijzigingen in het kader van de Herinrichting Veenkoloniën waren gebiedsdekkend, maar vallen overwegend binnen de bandbreedte van 32 cm die in de literatuur als toelaatbaar wordt beschouwd. Deze wijzigingen leidden daarmee hooguit tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
 - In enkele peilvakken in het noordelijke deel van het plangebied was in het kader van de Herinrichting Veenkoloniën de verlaging 0,67 en 0,82 m. Bij een dergelijke verlaging bestaat het risico dat enige zetting optreedt wat mogelijk tot gebouwschade kan leiden. Uit de beschikbare gegevens hebben wij niet kunnen afleiden dat dit daadwerkelijk heeft plaatsgevonden. De betreffende peilgebieden liggen grotendeels ten noorden van het onderzoeksgebied, en maar voor een klein gedeelte er binnen. Vanwege dit zeer lokale effect en het feit dat er geen concrete aanwijzingen zijn voor schade, kan deze potentiële oorzaak niet als hoofdoorzaak worden aangemerkt.
 - De overige aanpassingen hadden of hebben alleen een zeer lokaal effect (kanaaldemping, tijdelijke grondwateronttrekkingen voor bijvoorbeeld riolering, peilaanpassing stortplaats). Deze wijzigingen leidden daarmee hooguit tot een verwaarloosbare invloed op de schades.
- Sterke trillingen (door bijvoorbeeld aardbevingen, verkeer, heiwerkzaamheden seismisch onderzoek en straaljagers) zijn in het gebied van relatief gering belang ten opzichte van andere oorzaken en/of van voor 1993.
- Ontoereikende draagkracht van de bodem ten gevolge van waterstandsverhogingen. De peilverhogingen in het gebied zijn dermate gering dat dit tot een verwaarloosbare invloed op de schades leidt.

9.3 BEANTWOORDING SUBVRAGEN

1. *Wat is de wijze van funderen in het bodemdalingsgebied?*

Er is slechts beperkte concrete informatie beschikbaar ten aanzien van de toegepaste funderingen.

Wel is duidelijk dat in hoofdzaak gemetselde funderingen zijn toegepast. Uit enkele specifieke onderzoeken blijkt dat incidenteel een fundering is aangebracht op een grondverbetering maar tevens dat bij diverse funderingen veenresten zijn aangetroffen direct naast funderingen.

Paalfunderingen zijn voor zover bekend niet of nagenoeg niet toegepast.

In hoofdstuk 6 wordt nader ingegaan op de beschikbare gegevens ten aanzien van de funderingen in het onderzoeksgebied.

2. *Hoe ver zakt de grondwaterstand in droge perioden weg en in hoeverre wordt de grondwaterstand beïnvloed door het oppervlaktewaterpeil en andere omstandigheden?*

Het uitzakken van grondwaterstanden in droge periode vindt plaats tot onder of rond de oppervlaktewaterpeilen zoals in de zomer gehanteerd. De grondwaterstanden worden bepaald door het evenwicht van neerslagaanvulling en ontwatering door de aanwezige watergangen. Uit de analyse van het

peilbeheer huidig volgt dat de peilen ten opzichte van maaiveld, op lokale afwijkingen na, zijn veranderd door de jaren heen.

In bijlage 5 is per onderzochte woning een geschatte gemiddeld laagste grondwaterstand gegeven en een berekende verandering in grondwaterstand. De gemiddeld laagste grondwaterstand bevindt zich in de bebouwingslinten op 1,5 tot 2,5 meter beneden het maaiveld, buiten de bebouwingslinten is dit kleiner.

In het verleden kunnen grondwateronttrekkingen invloed hebben gehad. Tijdelijke bronbemalingen voor aanleg van kabels, leidingen en riolering hebben plaatsgevonden. De beschikbare gegevens zoals onttrekkingsdebiet ontgravingsdiepten e.d. van bekende tijdelijke bemalingen duiden op een vooral beperkt effect rond de werkzaamheden. Beschikbare gegevens van bemalingen van aanleg van riolering duiden erop dat de grondwaterstanden nauwelijks verlaagd zijn ten opzichte van de natuurlijk laagste grondwaterstanden. Effecten op bebouwing treden hierdoor niet op.

Grotere grondwateronttrekkingen in Veendam hebben in het onderzoeksgebied geen verlagend effect gehad.

3. *Komen er onder op staal gefundeerde woningen zettingsgevoelige lagen voor en liggen deze (deels) boven of (deels) onder de grondwaterstand?*

In het agrarische gebied rond de woningen zijn voor zetting gevoelige lagen aangetroffen. Dit zijn veenlagen. Uit de analyse van boringen en sonderingen in het gebied volgt dat de veendikte vroeger groter is geweest. Door zetting en oxidatie is het volume veen afgenomen. De afname van het veenpakket is in beeld gebracht.

Ter plaatse van de bebouwingslinten is vaker veen aangetroffen dan in het agrarische gebied, met name boven de gemiddeld laagste grondwaterstand. Er zijn onvoldoende gegevens voorhanden om een kwantitatieve indicatie van het voorkomen te maken. Voor het veen in het bebouwingslint geldt dat deze is afgedekt door een zandlaag. Deze zandlaag is afkomstig van de ontgraving van de aan de lintbebouwing aanwezige (voormalige) waterlopen. Bij het aanbrengen van de zandlaag op het veen treedt zetting op, de belasting is op dat moment groot. Peilverlagingen van na het afdekken met zand, aanbrengen van wegen en bebouwing resulteren nauwelijks meer in een zetting. Wel zal daardoor bij beluchting van de veenlaag oxidatie op gaat treden. Dit leidt tot een afname van de veendikte en een plaatselijke daling van de ondiepe bodem.

4. *Welke effecten hebben ingrepen in waterhuishouding voor de start van de zoutwinning met de squeeze-methode (1993) gehad op de grondwaterstand in het gebied?*

Op basis van de aangegeven peilen en een indicatie van de bodemdaling door zowel veenoxidatie als delfstofwinning is te concluderen dat vanaf 1910 de peilen structureel verlaagd zijn door waterhuishoudkundige optimalisaties gericht op landbouw. De verlaging ten opzichte van maaiveldniveau kan in het gebied zeer wisselend zijn en is afhankelijk van bodemdaling (en daarmee bodemopbouw) en waterhuishoudkundige ingrepen.

De beschouwde maatregelen bestaan uit hydrologisch kleinschalige ingrepen zoals het graven en dempen van enkele watergangen. Op de gedempte watergang is vaak een weg aangelegd, aan weerszijde hiervan zijn weer bermsloten gegraven. Hydrologische effecten van deze ingreep zijn zeer beperkt aangezien het beoogde peil gelijk bleef. Met de Herinrichting Veenkoloniën zijn significante waterhuishoudkundige maatregelen getroffen. Deze bestonden uit creëren van wateraanvoeren en beheersbaar maken van de peilen. Eerder was het gebied overwegend een vrij afwaterend gebied waar in de zomer beperkt aanvoer van water mogelijk was.

De wateraanvoer leidde tot een toename van het aantal peilvakken. Uit onze analyse blijkt dat de bandbreedte van peilwijzigingen in dit gebied tussen 0,82 m verlaging en 0,6 m verhoging van het peil (ten opzichte van NAP) ligt. De effecten op de grondwaterstanden (ten opzichte van maaiveld) zijn door veenoxidatie en bodemdaling door gaswinning echter kleiner, namelijk tussen de 0,2 en 0,5 m meter. Per onderzochte woning is de verandering bepaald.

5. Welk effect heeft de bodemdaling in combinatie met de getroffen bodemdalingsmaatregelen op de grondwaterstand?

Door Witteveen en Bos is een studie uitgevoerd naar de grondwatereffecten vanaf het moment van zoutwinning tot 2010. In deze studie is een grondwaterstandsverandering berekend voor toekomstige maatregelen. Hier volgt uit dat in het centrum van de bodemdaling een verhoging is berekend van circa 0,2 m. Aan de randen van enkele peilvakken is een verlaging van circa 0,05 m berekend.

6. Welke hoofdoorzaken voor gebouwschade komen naar voren uit de uitgevoerde onderzoeken naar schade aan woningen?

In de rapporten van Hagendoorn (1995) en Hanselman (2002, 2011 en 20112) wordt niet ingegaan op de (hoofd)oorzaken van de gebouwschade. Deze rapporten geven alleen een beschrijving van de schade.

De rapporten van het Bureau voor Bouwpathologie en de rapporten van de TCBB gaan wel in op de oorzaken van de schade aan de woningen. Bureau voor Bouwpathologie komt in alle gevallen tot de conclusie dat geen sprake is van enig causaal verband tussen de schade en de bodemdaling door zoutwinning. Zij concludeert dit op basis van de overweging dat de schade dan niet plaatselijk zou voorkomen, maar dat alle gelijk uitgevoerde bouwdelen in gelijke mate schade zullen ondervinden. Daarnaast heeft Bureau voor Bouwpathologie aangegeven wat dan wel de meest waarschijnlijke schadeoorzaken zijn. De TCBB concludeert op basis van de uitgevoerde onderzoeken in alle gevallen dat de verschillende types schade redelijkerwijs niet het gevolg zijn van de zoutwinning door Nedmag. De TCBB is van oordeel dat de opgetreden schades verklaard worden uit andere oorzaken. In de meeste gevallen sluit de TCBB aan bij het oordeel van Bureau voor Bouwpathologie, in een aantal gevallen worden aanvullende oorzaken genoemd. Daarbij noemt de TCBB onder andere meerdere malen de grote heterogeniteit van de bodem maar ook onprofessionele en onvoldoende diepe fundering van vloeren en wanden.

Het Bureau voor Bouwpathologie vermeldt in de afzonderlijke rapporten per woning oorzaken voor afzonderlijke schades. In een aparte samenvattende rapportage van Bureau voor Bouwpathologie worden de schades in meerdere typen onderscheiden. Het Bureau voor Bouwpathologie komt tot onderstaande hoofd en sub-verdeling in oorzaken. Bij de sub-verdeling wordt in een afzonderlijke omschrijving meer uitgebreide oorzaken beschreven. Daarbij wordt tevens aangegeven in welke woningen deze gebreken zich voordoen.

- Schade te herleiden tot bouwmaterialen
- Schade te herleiden tot bouwwijze of constructie
- Schade te herleiden tot bouwfysische aspecten
- Schade te herleiden tot ontoereikend onderhoud

De deskundigen van de TCBB sluiten zich aan bij de beoordelingen door Bureau voor Bouwpathologie. In 9 gevallen is een onderzoek naar de bodem ter plaatse van het gebouw en de fundering uitgevoerd

7. Welke verlaging van de grondwaterstand is, met het oog op gebouwschade, praktisch toelaatbaar bij toekomstige ingrepen in de waterhuishouding om de gevolgen van bodemdaling te compenseren voor de verschillende in het gebied aangetroffen bodemprofielen?

Voor toelaatbaarheid op regionale schaal (bijvoorbeeld peilbesluiten) verwijzen wij naar de eerder aangehaalde waarden zoals worden aangegeven in de literatuurstudie. Op regionale schaal is er sprake van een homogene bodem, voornamelijk zandondergrond. Het is daarbij redelijk uit te gaan van een maximale relatieve peilverlaging van 32 cm.

Voor de lokale situatie op woningniveau /individuele gevallen is de mate waarin de constructie vervormingen aankan bepalend voor de toelaatbaarheid van de peilaanpassing. Voor de gebouwen waar rond het niveau van de huidige laagste grondwaterstand, veen aanwezig is, kan verdere relatieve verlaging van de grondwaterstand op lokaal niveau leiden tot verdergaande oxidatie en daarmee tot zakking van de bodem. Op grond van de literatuur is daarbij een maximale relatieve peilverlaging van 13 cm een redelijk aanname.

Voor het waterschap geldt echter dat er bij het nemen van een peilbesluit op grond van de Waterwet op regionale schaal beoordeeld wordt, en dat het waterschapsbestuur daarbij de vrijheid heeft binnen een bepaalde bandbreedte relatief geringe risico's op schade af te wegen tegen andere belangen.

8. Is er sprake van cumulatieve of compenserende effecten van verschillende oorzaken en waar zou dat toe kunnen leiden?

Bij de twee aspecten die als hoofdoorzaken zijn aangeduid (heterogene ongelijk samendrukbare bodem en matige bouwkundige kwaliteit) is sprake van cumulatieve aspecten. Dit betekent enerzijds dat bij een betonnen fundering minder schade en minder ernstige schade optreedt, zoals blijkt uit bevindingen bij een aantal woningen van later datum (na 1970). Anderzijds zouden woningen van gelijke bouwkundige kwaliteit op een meer homogene en minder vervormbare ondergrond tot minder schade leiden.

Daarnaast zijn er andere aspecten van invloed. Een grondwaterstandverlaging is bijvoorbeeld als versterkend effect aan te duiden omdat dit kan leiden tot een toename van de ongelijke vervormingen in de bodem door oxidatie van (plaatselijk aanwezige) veenresten.

9. In welke tijdsperiode zou de gebouwschade als gevolg van de verschillende hoofdoorzaken kunnen optreden?

Als gevolg van de heterogene bodemopbouw met aanwezigheid van restveen, heeft zich schade kunnen ontwikkelen vanaf de bouw van de panden. De heterogene bodemopbouw met aanwezigheid van restveen, is een eigenschap die zich vanaf de bouw van de afzonderlijke panden heeft voorgedaan. De ongelijkmatige zakkingen die hiermee samenhangen, kunnen al in een vroeg stadium tot schade hebben geleid.

Te verwachten is verder dat er in de loop der tijd ook vaker schade op zal zijn getreden. Voor latere perioden is namelijk de kans dat ongelijke zakkingen ontstaan groter, doordat plaatselijk veenlagen inmiddels geheel geoxideerd zijn, en hier dus geen wezenlijke zakking meer optreedt, terwijl op andere plaatsen onder een gebouw nog veen aanwezig kan zijn en er verdere oxidatie kan optreden. Zonder nadere ingrepen zal bij bodemdaling door oxidatie de relatieve grondwaterstand stijgen, waardoor op dat moment minder oxidatie en daardoor minder zakking te verwachten is.

De tweede hoofdoorzaak, namelijk de matige bouwkundige kwaliteit van de panden, vindt zijn oorzaak deels in de toegepaste bouwmethoden, en is daarmee eveneens een aspect dat zich vanaf de bouw voordoet. De schade die hierdoor te verwachten is zal zich in de loop der tijd geleidelijk verder hebben

ontwikkeld. De matige bouwkundige kwaliteit hangt deels ook samen met veroudering, en in die zin is in de loop van de tijd een extra toename van de schade te verwachten.

Een derde aspect van de matige bouwkundige kwaliteit betreft wijziging van constructie of functie. Bij deze aspecten is een meer plotselinge toename van schade te verwachten.

10. Treden de hoofdoorzaken voor gebouwschade op in het gehele bodemdalingsgebied of zijn er deelgebieden of specifieke locaties aan te wijzen en zo ja welke?

In het gehele onderzoeksgebied dient rekening gehouden te worden met een lokaal heterogene bodemopbouw. Wel kunnen de verschillen op de ene locatie groter zijn dan op de andere. Duidelijke gegevens om dit gedetailleerd per gebouw in kaart te brengen zijn niet voorhanden. Daarnaast kan het voorkomen, zoals incidenteel is vastgesteld, dat door bodemverbetering (restveen afgegraven en de woning 'op het vaste' is gefundeerd), dit deel van de hoofdoorzaak plaatselijk is weggenomen. Dit wil niet zeggen dat bij de betreffende woning geen schade is waargenomen. Wel is het zo dat de toename van de schade hier minimaal is.

Het tweede aspect van de hoofdoorzaak, namelijk de matige bouwkundige kwaliteit van de gebouwen, heeft eveneens een structureel karakter. Dit hangt met name samen met het feit dat het merendeel van de woningen van voor 1970 stamt en voornamelijk is uitgevoerd met gemetselde funderingen. Voor nieuwbouw met een deugdelijk ontworpen en uitgevoerde betonnen fundering is te verwachten dat aanzienlijk minder schade op zal treden. Tegelijk is het zo dat juist bij aanbouwen aan of verbouw van bestaande woningen het risico op toename van schade juist groot is.

10

Beschouwing op de conclusies

In dit hoofdstuk wordt een korte beschouwing gegeven op de kwantiteit en kwaliteit van de beschikbare informatie in relatie tot de in het voorgaande hoofdstuk getrokken conclusies. In het algemeen geldt dat de beschikbare informatie voldoende is geweest om de genoemde conclusies te trekken. Maar, zou het mogelijk zijn geweest nog scherpere conclusies te trekken als er meer of betere informatie voorhanden was geweest? In de volgende paragrafen gaan we hier nader op in.

10.1 INFORMATIE GEBOUWEN

In de paragrafen 5.2, 5.3 en 5.4 is reeds ingegaan op de beschikbare rapporten en is daarvan ook een weging en een beknopt oordeel gegeven. Daarbij geldt dat de rapporten uit 1995 minder gedetailleerd en specifiek zijn in de vastlegging van de toen aanwezige schades. Het betreft in alle gevallen rapportages die door deskundige instanties zijn opgesteld. De inhoud van deze rapportages kan als betrouwbaar worden aangenomen. Dit geldt enerzijds voor de vastlegging van de schades en anderzijds voor de analyses van de schadeoorzaken. Dit laatste betreft met name in de rapporten van Bureau voor Bouwpathologie en de TCBB.

Ten aanzien van de rapportages in het literatuuronderzoek kan eveneens gesteld worden dat deze door gerenommeerde bureaus en/of personen zijn uitgevoerd. De inhoud ervan kan als betrouwbaar uitgangspunt aangenomen worden. Wel dienen de onderzoeksresultaten in hun context beoordeeld te worden. Voor veel van de onderzoeken geldt namelijk hetgeen vermeld wordt in bijlage 2, n.a.v. onderzoek 2 over deelstudie II: *De studie draagt een algemeen karakter en is niet bedoeld als handleiding waarmee de oorzaak van scheurvorming in een willekeurig gebouw kan worden opgespoord.*

Ten aanzien van de vraag of er voldoende gegevens beschikbaar zijn valt het volgende te zeggen. De beschikbare rapportages geven een redelijk beeld van de omvang van de gebouwschade in 2002 en vervolgens van de situatie en schadeontwikkeling in 2010, 2011 en 2012. Een echte nulmeting ontbreekt dus (de winning via de squeeze-methode is in 1993 gestart).

Van de onderzochte gebouwen zijn 2 tot 6 rapportages per gebouw beschikbaar. Deze gebouwen liggen verspreid over het gebied. Het is waarschijnlijk dat de onderzochte woningen geen woningen met gemiddelde schade betreft, maar vooral woningen met meer dan gemiddelde schade. Dit komt omdat Bureau voor Bouwpathologie onderzoek heeft uitgevoerd naar aanleiding van klachten door bewoners over schade. Daarmee is het wel waarschijnlijk dat de selectie van de woningen een goed beeld geeft van de schade, maar is het geen representatief beeld van eventueel schade van de gehele verzameling aan woningen in het gebied.

Doordat alleen gegevens beschikbaar zijn uit 2002 en 2010 en later, kan geen beeld gevormd worden van de schadeontwikkeling vóór 2002 en evenmin over het schade verloop in de tussenliggende jaren 2003 t/m 2009. In paragraaf 5.5.2.1 wordt in een tabel de geschatte gemiddelde ouderdom gegeven voor de verschillende bouwperiodes. Voor alle woningen geldt een gemiddelde ouderdom van 95 jaar. Dit betekent dat de beschikbare informatie over de schade slechts betrekking heeft op een relatief klein deel van de gemiddelde levensduur van de gebouwen. Indien er meer gegevens beschikbaar zouden zijn geweest, bijvoorbeeld eerdere schadeopnames, of schadeopnames in tussenliggende jaren, dan zouden er mogelijk aanvullende conclusies te trekken zijn.

Het is achteraf niet meer mogelijk om de omvang van de schade in het verleden vast te stellen. De beschikbare gegevens geven een redelijk beeld van de schade in 2002 en 2010 en later. Dit vormt een voldoende betrouwbare basis voor de conclusies zoals in het rapport getrokken. Het detailniveau van de conclusies in het rapport vinden daarmee hun begrenzing in de beschikbare informatie.

10.2 INFORMATIE BODEM EN HYDROLOGIE

Voor de informatie over het waterbeheer en de hydrologische ingrepen geldt in het algemeen dat informatie over het plan of het voornemen beschikbaar is. Het feitelijk gerealiseerde peil, zoals werkelijk in de praktijk is aangehouden, of werkelijk onttrokken hoeveelheden grondwater is niet beschikbaar. Voor de hydrologische ingrepen is op basis van het voornemen wel een effect af te leiden en aan te geven of er al dan niet een risico uit het voornemen volgt. Zo is uit de diepteligging van een aan te leggen constructie af te leiden wat de maximale grondwaterstandsaling geweest moet zijn.

Voor het waterbeheer rond de Herinrichting geldt dat de voorgenomen peilen op kaart is aangegeven, zijn getoetst door het waterschap en de toenmalige rayonbeheerder. Door deze toetsing op de praktijk neemt de representativiteit van de gegevens toe voor het werkelijke peilbeheer in die periode. Voor de oudere waterstaatskaarten geldt dat er peilen aangegeven zijn die moeilijk te onderbouwen en verifiëren zijn. Om deze reden is in dit rapport gekozen om een tendens te beschrijven en peilveranderingen niet te kwantificeren en aan momenten in de tijd te verbinden. Een onderzoeksinspanning om deze peilen en momenten verder te detailleren is niet alleen problematisch maar ook niet zinvol. Rayonbeheerders uit deze perioden zijn niet beschikbaar en grondwaterstandsreeksen van peilbuizen in dit gebied gaan niet ver genoeg terug in de tijd. Ook wanneer het moment van de peilveranderingen wel bekend zijn, dan nog is geen relatie aan te tonen of te onderbouwen met geconstateerde gebouwschade. De waarnemingen van schade aan de gebouwen ontbreekt immers.

De conclusie over de potentiële zetting en daardoor potentiële schade aan bebouwing in twee noordelijk in het plangebied gelegen peilvakken is binnen de huidige onderzoeksopdracht niet concreter te maken. Dit omdat er met de huidige gegevens geen relatie te leggen is tussen peilverandering, de zettinggevoeligheid van de bodem en het schadebeeld. Door nader detailonderzoek is deze relatie voor deze specifieke woningen mogelijk wel te maken. De bevindingen uit dit eventueel nog in te stellen nader onderzoek voegt echter geen informatie toe voor de conclusies over de hoofdoorzaak van de gebouwschade.

10.3 SAMENVATTEND

Terugkomend op de centrale vraag van dit hoofdstuk: Zou het mogelijk zijn geweest nog scherpere conclusies te trekken als er meer of betere informatie voorhanden was geweest?

Als meer informatie over situaties in het verleden beschikbaar zou zijn geweest, hadden mogelijk gedetailleerdere conclusies kunnen worden getrokken. We denken dan met name aan eerdere en

tussentijdse gedetailleerde opnames van gebouwen en informatie over het waterbeheer en bodemdaling door veenoxidatie in de periode 1970 tot 1990.

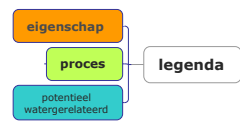
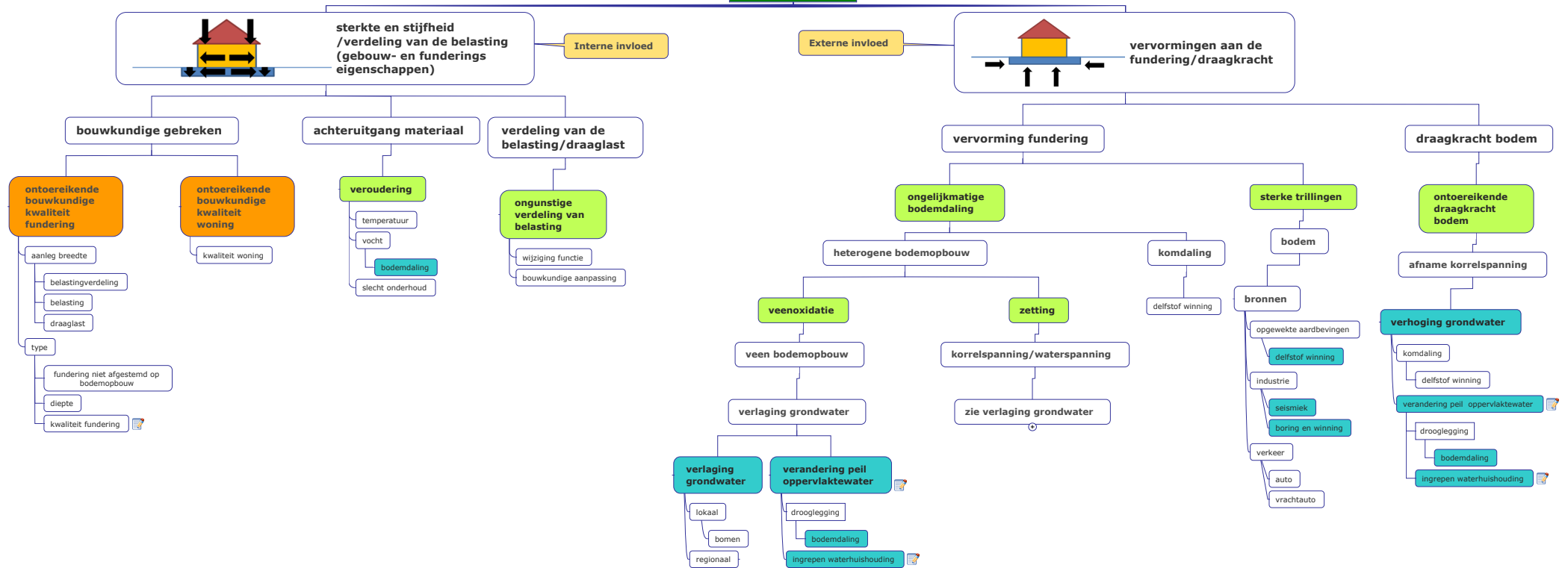
Deze informatie is ook niet met voldoende zekerheid alsnog te achterhalen. Met één uitzondering doen we dan ook geen aanbeveling voor nader onderzoek naar de oorzaak van schades. Deze uitzondering betreft het gebied direct ten noorden van het huidige onderzoeksgebied. Uit de uitgevoerde bureaustudie blijkt dat hier zodanige peilverlagingen hebben plaatsgevonden dat hier een kans bestaat op het ontstaan van zettingen en scheurvorming. Hier is dus gebouwschade niet uit te sluiten, directe aanwijzingen dat hierdoor daadwerkelijk schade is ontstaan, zijn er echter niet.

Door nader detailonderzoek is deze relatie voor deze specifieke woningen mogelijk wel te maken. De bevindingen uit dit (eventuele) nader onderzoek hebben gezien het zeer lokale karakter geen invloed op de conclusies over de hoofdoorzaak van de gebouwschade.

Bijlage 1

Schema oorzaak-effect-relaties

Schade gebouwen



Bronnen

Bijlage 2

Selectie uit het Literatuuronderzoek

RESULTATEN UIT DEELONDERZOEKEN

ARCADIS heeft kennisgenomen van het Literatuuronderzoek door de Werkgroep Bodemdaling Nedmag. Hierbij zijn geen aspecten naar voren gekomen waarover wij een wezenlijk ander inzicht hebben. Enkele delen uit het Literatuuronderzoek die een relatie hebben met gebouwschade zijn in bijlage 2 nogmaals op een rij gezet, waarbij zoveel mogelijk citaten uit het literatuuronderzoek zijn overgenomen. Daarmee wordt ruis voorkomen die kan ontstaan wanneer in eigen bewoordingen verslag wordt gedaan van een verslag over eerder uitgevoerde onderzoeken. Enkele passages, waarin beschouwingen, analyses of conclusies voorkomen die een directe relatie hebben met het huidige Samenvattend Onderzoek Gebouwschade, zijn gemarkeerd weergegeven

N.A.V. ONDERZOEK 1.

Naam onderzoek: **Oorzaak schade aan gebouwen nabij Grou**
 Onderzoek door: TNO -NITG
 Rapportnummer : NITG 03-062-B
 Datum: 31 maart 2003
 Opdrachtgever: Ministerie van Economische zaken
 Situatie: Grou (Fr); mogelijke invloed van bodemdaling door gaswinning.

De conclusie van eerder onderzoek in opdracht van het Ministerie in 1990 luidde dat aardgaswinning slechts een verwaarloosbare invloed kon hebben gehad op de schade aan gebouwen. Omdat deze conclusie ter discussie is blijven staan is door het Ministerie eind 2001 om een nieuw onderzoek gevraagd.

Het nieuwe onderzoek is in 2002 uitgevoerd door TNO en GeoDelft en had als doelstelling het geven van duidelijkheid omtrent de oorzaak van schade aan panden nabij Grou. Er is gekozen voor een multidisciplinaire aanpak van het onderzoek waarbij onderzoekers met expertise op de gebieden van de diepe en ondiepe ondergrond, effecten van gaswinning, waterbeheer, geomechanica en schade aan gebouwen en funderingen met elkaar samenwerkten.

De eindconclusie van het onderzoek is dat, hoewel op lokale schaal aan individuele panden verschillende oorzaken van schade zijn te vinden, op regionale schaal beschouwd de oorzaak van het hoge aantal schadegevallen gelegen is in de opbouw van de ondiepe ondergrond - met name in de inherente kwetsbaarheid van het holocene pakket met zijn zettingsgevoelige slappe bodem - in combinatie met en versterkt door de daling van de grondwaterstanden gedurende de laatste decennia. De opsporing en winning van aardgas heeft geen bijdrage aan de schade geleverd.

N.A.V. ONDERZOEK 2.

Titel: **Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de Provincie Groningen**
 Onderzoek door: *Deelstudie I:* Koninklijke Shell Exploratie en Productie Laboratorium te Rijswijk; geautoriseerd door het Staatstoezicht op de Mijnen.
Deelstudie II: Ingenieursbureau Grondmechanica te Delft, het Instituut TNO voor

	Bouwmaterialen en Bouwconstructies te Rijswijk en Ingenieursbureau Tauw BV te Deventer.
Rapportnummer:	Niet vermeld.
Datum:	maart 1987
Opdrachtgever:	Niet vermeld.
Situatie:	Aardgaswinning provincie Groningen.

Algemeen

Als gevolg van de aardgaswinning zijn twee oorzaken denkbaar, die tot ongelijkmatige zakkings en daardoor tot schade aan de bebouwing kunnen leiden:

- breuken in het diepliggende gasvoerende gesteente kunnen zich tot aan de oppervlakte doorzetten en daardoor schade veroorzaken (deelstudie I);
- de bovenste grondlagen, waarop de bebouwing rust, ondergaan zodanige zettingen door wijzigingen in het peil van polder- en boezemwater, dat onder bepaalde omstandigheden scheurvorming in de bebouwing kan optreden (deelstudie II).

Voor het Samenvattend Onderzoek Gebouwschade is met name deelstudie II van belang.

Deelstudie II

In *deelstudie II* is gekeken naar de zettingsgevoeligheid van de ondergrond voor peilverlagingen en de consequenties daarvan voor de bebouwing. De studie draagt een algemeen karakter en is niet bedoeld als een handleiding waarmee de oorzaak van scheurvorming in een willekeurig gebouw kan worden opgespoord.

De grond in het onderzoeksgebied is gelaagd van structuur en bestaat voornamelijk uit de grondsoorten klei, veen en zand of combinaties daarvan. De laagdikten kunnen van plaats tot plaats sterk variëren. De grond kan homogeen van opbouw zijn, waarbij de laagopbouw vrijwel ongestoord is of inhomogeen. De laatste situatie doet zich bijvoorbeeld voor, indien een geul of kreek, die een homogeen pakket doorsnijdt, op een later tijdstip is dichtgeslibd.

In tegenstelling tot homogene grond veranderen bij inhomogene grond de samenstelling en eigenschappen ervan over relatief korte afstand vergeleken met de lengte van een gebouw.

Het niveau van de grondwaterspiegel varieert in de loop van het jaar al naar gelang het seizoen. Als de grondwaterspiegel ten opzichte van het maaiveld verder daalt dan het minimumniveau dat ter plaatse voorheen ooit eens is bereikt, dan zal rekening moeten worden gehouden met zetting van de grond. Een dergelijke zetting zal dus vooral optreden in erg droge zomers. Een verlaging van het slootpeil van 0,20 m ten opzichte van het maaiveld zal de grondwaterstand doen dalen. Zo zal op enkele meters afstand van een sloot de gemiddelde laagste grondwaterstand in het geval van klei 0,05 - 0,10 m dalen, bij veen 0,10 m en bij zand 0,10 - 0,15 m.

Bij homogene grond is de zetting van de grond in het algemeen gelijkmatig en zal de bebouwing in zijn geheel meezakken; bij inhomogene grond echter kan een verschil in zetting tot scheefstand en/of scheurvorming van de bebouwing leiden.

Schade is gedefinieerd als:

1. doorgaande scheurvorming in het metselwerk en/of
2. scheefstand groter dan 5 mm/m.

Gebleken is dat scheefstand veelal niet maatgevend is en daarom heeft de studie zich vooral op scheurvorming gericht.

Scheurvorming in bebouwing treedt op als de spanningen in het metselwerk de treksterkte ervan overschrijden.

De volgende factoren kunnen van grote invloed zijn op optredende spanningen: de aard, vorm en bouwwijze van het gebouw, de plaats in het gebouw waar de spanningen werken, de afmetingen van de fundering en de mate van inhomogeniteit van de ondergrond.

De treksterkte van metselwerk en de geometrie van de bouwwerken variëren aanzienlijk.

Als resultaat van de studie is onderstaande tabel ontstaan waarin globale criteria zijn gegeven om vergroting van de kans op scheurvorming niet significant te doen zijn (< 5%).

Bodem voornamelijk opgebouwd uit	Toelaatbare verlaging grondwaterstand in cm	Toelaatbare verlaging waterpeil in cm
zand	24	32
klei	10	20
veen met kleidek	7	13

De maximale relatieve peilverlagingen zijn gebaseerd op de meest ongunstige situatie met betrekking tot de grondgesteldheid.

Bij boerderijen is de situatie wezenlijk anders. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de toegepaste constructie van bedrijfsgebouwen in het onderzoeksgebied. De lange muur van het bedrijfsgedeelte blijkt erg kwetsbaar te zijn voor ongelijkmatige zetting.

In alle gevallen geldt dat voor op staal gefundeerde bouwwerken de mate van inhomogeniteit heel belangrijk is.

Aanbevolen wordt de plannen voor de indeling van de peilgebieden te zijner tijd te toetsen aan de resultaten van deze studie. Tenslotte zij opgemerkt, dat er veel andere factoren zijn die scheurvorming kunnen veroorzaken, maar die in deelstudie II verder niet zijn uitgewerkt, zoals:

- een onregelmatige belasting van de fundering
- een plaatselijke verandering van de funderingsbelasting
- en gebouwtijfheid door bijvoorbeeld verbouwingen
- grote plaatselijke belastingen naast de fundering
- bouwkundige gebreken
- daling van grondwaterstanden door aanhoudende droogte en andere vormen van wateronttrekking, zoals boomgroei nabij de fundering
- externe invloeden zoals krimp en grote temperatuurverschillen.

N.A.V. ONDERZOEK 3.

Titel:	Bodemvervorming door diepe zoutwinning en effecten op gebouwen in de Barradeel concessie van FRISIA Zout definitief
Onderzoek door:	Geodelft
Rapportnummer:	co400130/05 versie 1
Datum:	november 2001
Opdrachtgever:	Frisia
Situatie:	Zoutwinning Barradeel, nabij Sexbierum (Fr.)

Dit onderzoek heeft grote overeenkomsten met onderzoek 10. Omdat onderzoek 10 betrekking heeft op het onderzoeksgebied van het huidige Samenvattend Onderzoek Gebouwschade is daar een meer uitgebreide samenvatting gegeven.

Samenvatting

In het gebied ten noordoosten van Harlingen (Hams) wordt zout gewonnen door oplosmijnbouw. Water wordt geïnjecteerd en pekkel wordt naar boven gehaald. Doordat het zout oplost ontstaan ondergrondse holtes (cavernes), die gevuld zijn met pekkel. Het volume zout dat richting de cavernes stroomt wordt opgevuld door de bovenliggende gesteentes die naar de beneden zakken, wat aan het maaiveld tot bodemdaling leidt.

GeoDelft heeft de vervorming van de bovengrond door zoutwinning uitgerekend voor een bodemdalingkom met een diepte van maximaal 35 cm. Daarbij zijn de aspecten scheefstand, relatieve rotatie (kromming) en horizontale rekken nagegaan.

De scheefstelling bij een bodemdaling van 35 cm bedraagt maximaal: 1,8 mm op 10 m; Het strengste criterium voor schade door scheefstelling (Krarzsch 1974) is 25 mm per 10 m. De maximale scheefstelling door de zoutwinning is aanzienlijk kleiner dan dit criterium.

De kromming bij een bodemdaling van 35 cm bedraagt maximaal: hol: $0,00000026 \text{ m}^{-1}$ (= straal 3.846 km), bol: $0,00000011 \text{ m}^{-1}$ (= straal 9.091 km). Voor de kromtestraal wordt als strengste minimumwaarde 20 km gehanteerd. De minimum kromtestraal van 3.846 km als gevolg van de bodemvervorming door de zoutwinning is veel groter dan deze waarde.

De rek bij een bodemdaling van 35 cm bedraagt maximaal:

- trekrek: 0,6 mm op 10 m;
- stuikrek: 1,7 m op 10 m.

De trekrek blijft ruim onder het criterium [Sambeek 2000] dat de horizontale rek (bij trek) kleiner moet zijn dan 5 mm op 10 m om geen scheuren te veroorzaken in pleister of mortel.

Een gebouw zal de vervorming in de bodem deels volgen, maar doordat de fundering van een gebouw over het algemeen veel stijver is dan de bodem zullen met name de kromming en horizontale rek in het gebouw significant kleiner zijn dan de kromming en rek in de bodem⁸.

Geodelft geeft aan dat het voordoen van voelbare bevingen bij oplosmijnbouw heel ongebruikelijk is. Er is tot op heden geen enkele trilling in het gebied van de zoutwinning gerapporteerd.

N.A.V. ONDERZOEK 4.

Titel:	Transparantie effecten Zoutwinning Fryslan
Onderzoek door:	Alterra en Instituut voor Agrarisch Recht
rapportnummer:	1264/01/2006
Datum:	2006
Opdrachtgever:	Provincie Fryslân

⁸ ARCADIS maakt hierbij de volgende kanttekening: een oude gemetselde fundering, zoals in het onderzoeksgebied veelvuldig toegepast, is aanzienlijk minder stijf dan een betonnen fundering, zoals thans gangbaar is. Aangenomen kan worden dat een oude gemetselde fundering nog wel stijver is dan de bodem.

Situatie: Zoutwinning ten noorden van Harlingen (Fr.)

Algemeen

Naar de mogelijke effecten van de zoutwinning is in het recente verleden veel onderzoek verricht, maar er bestaat onduidelijkheid over de kwaliteit van dit onderzoek. Provinciale Staten van de provincie Fryslân hebben Alterra verzocht de bestaande onderzoeksresultaten te beoordelen aan de hand van 34 vragen rond de thema's waterhuishouding/verzilting, bodemdaling en schaderegeling.

In dit overzicht zijn alleen de vragen opgenomen die betrekking hebben op het thema 2 en die een relatie hebben met gebouwschade.

Wat is de invloed van het (snellere) tempo van de bodemdaling en wat zijn de gevolgen hiervan in al zijn aspecten?

Naar aanleiding van deze vraag is uitgebreid gediscussieerd over vermeende schade aan huizen en rioolpersleidingen, het vertraagd doorvoeren van peilaanpassingen en dergelijke. De meningen zijn echter sterk verdeeld en het is bijzonder lastig gebleken te bewijzen dat geclaimde schades te wijten zijn aan de effecten van de zoutwinning.

Er wordt gesproken over landerijen die 25 cm scheef verzakt zijn en woningen die op de ene zijde 2 cm meer verzakt zijn dan op de andere. Kunnen, bij een zoutwinning op 3 km diepte, aan de oppervlakte dergelijke gedetailleerde groundbewegingen plaats vinden?

Dat verschillen in zakking van de bodem van ca. 2 cm op een afstand van enkele tientallen meters of minder veroorzaakt zou kunnen worden door zoutwinningen moet uitgesloten worden geacht. Verschillen in zakkingen van 2 cm van woningen en de hierbij eventueel optredende schade kunnen daarom niet direct aan de effecten van zoutwinning worden toegeschreven. Indirect kunnen dergelijke bodemdalingen het gevolg zijn van verhoogde grondwaterstanden, in combinatie met statische belasting, veroorzaakt door het gewicht van gebouwen, maar alleen indien binnen eenzelfde gebouw sprake is van verschillen in de constructie, en dus in de draagkracht van funderingen. Zulke verschillen binnen een fundering, die bijvoorbeeld kunnen zijn ontstaan bij ver-, en aanbouw van/aan bestaande woningen kunnen bij deze problematiek een belangrijke rol spelen. Het aantonen van causaliteit tussen grondwaterstandsverhogingen en ongelijke zakking van funderingen is overigens heel lastig.

Welke mate van klink kan veroorzaakt worden door uitdroging onder een woning (veroorzaakt door bijvoorbeeld een droge zomer of wijziging in peilbesluit waterschap)?

Bij uitdroging van grond kan beter van krimp en rijping worden gesproken in plaats van klink. In gebieden waar de grondwaterstand altijd vrij hoog is geweest, kan in de ondergrond half gerijpte klei zitten. De dichtheid van ongerijpte of half gerijpte kleien is laag; zulke gronden bevatten veel water. Indien zulke slecht gerijpte kleien uitdrogen en daardoor krimpen, kunnen afhankelijk van de dikte van de kleilaag en het lutumgehalte (deeltjes $< 2 \mu\text{m}$) van de klei, de maaiveldalings vele centimeters tot decimeters bedragen. De krimp door rijping is voor een groot deel irreversibel. Ook gerijpte klei kan sterk krimpen (in de orde van centimeters). Veengronden kunnen nog veel meer water bevatten dan kleigronden en kunnen daarnaast nog oxideren. Woningen die niet op palen of 'op staal' (= draagkrachtige zandondergrond) zijn gefundeerd kunnen door rijping en krimp van de grond waarop ze zijn gefundeerd grote schade oplopen, vooral als de rijping en krimp plaatselijk sterke variatie vertonen.

Tijdens een droge zomer, of door de bewuste grondwaterstandverlagingen (verlagingen van polderpeilen) kunnen, tijdelijk en lokaal, grondwaterstands dalingen van enkele tientallen centimeters worden gerealiseerd, waarbij half gerijpte kleilagen boven het grondwater komen. De hierdoor veroorzaakte maaiveldalings kunnen vele centimeters bedragen.

N.A.V. ONDERZOEK 5.

Titel:	Gebouwschade Loppersum
Onderzoek door:	Deltares en TNO-bouw
Rapportnummers:	1202097-000-BGS-0003 TNO-06-DTM-2011-02980
Data:	februari 2011 9 september 2011
Opdrachtgever:	Provincie Groningen en gemeente Loppersum

Algemeen

Deltares en TNO-bouw hebben in opdracht van de provincie Groningen en de gemeente Loppersum onderzoek gedaan naar mogelijke schade aan gebouwen die kan ontstaan door aardbevingen. Ook is gekeken naar de relatie tussen bodemdaling en schade aan gebouwen.

Samenvatting

In het eerste onderzoek is gekeken naar de mogelijke schade aan gebouwen die kan ontstaan door aardbevingen. Ook is gekeken naar de relatie tussen bodemdaling en schade aan gebouwen.

De gaswinning in Noord-Nederland veroorzaakt aardbevingen.

Het KNMI heeft bepaald dat de kracht van toekomstige aardbevingen in Noord-Nederland maximaal 3,9 op de schaal van Richter kan zijn. De krachtigste aardbevingen vonden plaats in Bergermeer op 9 september 2001 en in Westeremden op 8 augustus 2006. Beide aardbevingen hadden een kracht van 3,5 op de schaal van Richter.

Het is moeilijk om te voorspellen wat het effect van de krachtigste aardbeving van 3,9 op de schaal van Richter op gebouwen is. Bij de maximale beving komt 2,5 maal zoveel energie vrij als bij de sterkste beving tot nu toe (3,5 op de schaal van Richter). Op basis van wat we nu weten kan door een aardbeving met een kracht van 3,9 op de schaal van Richter tot op ongeveer 15 km van het centrum van de beving schade ontstaan aan boerderijen. Voor nieuwbouwhuizen (na 1940) is dat ongeveer 5 km. De schade die kan optreden bestaat over het algemeen uit scheurvorming in muren (lichte constructieve schade). In een beperkt aantal gevallen ontstaan ook diepe scheuren (matige constructieve schade). Het bezwijken van constructieve delen of het instorten van gebouwen wordt niet verwacht.

Door een aardbeving kan onder bepaalde omstandigheden ook verdichting van losgepakte zandige lagen ontstaan. Hierdoor kan ongelijkmatige zakking van de fundering optreden. Het is onduidelijk in hoeverre dit fenomeen in de praktijk ook daadwerkelijk optreedt.

Door gaswinning daalt de bodem in een groot gedeelte van de Provincie Groningen langzaam en gelijkmatig. Doordat de bodem in een groot gebied langzaam en geleidelijk daalt, ontstaat hierdoor geen schade aan gebouwen.

Bodemdaling heeft wel gevolgen voor de waterhuishouding. Als er geen maatregelen worden getroffen, stijgt het waterpeil in sloten en kanalen. Diverse maatregelen stellen de waterschappen in staat de waterpeilen aan te passen aan de opgetreden bodemdaling. Op grond van bestaand onderzoek (zie onder 2, 4, 6, 7, 8 en 9 in deze literatuurstudie) is geen gebouwschade te verwachten door peilaanpassing in het kader van de bodemdaling door aardgaswinning.

Het tweede onderzoek gaat over een manier om te bepalen wat de oorzaak van schade aan een woning is. Er zijn meer dan 30 verschillende oorzaken bekend voor schade aan gebouwen. TNO Bouw en Ondergrond heeft een methode ontwikkeld waarmee kan worden bepaald waardoor schade aan gebouwen wordt veroorzaakt⁹.

Bij (alle) vijf woningen bleek dat het verzakken van de fundering een belangrijke oorzaak van de schade was. Oudere gebouwen zijn vaak ondiep gefundeerd op slappe klei- en/of veenlagen en kunnen onder hun eigen gewicht wel 5 tot 15 cm zakken. Verder wordt schade veroorzaakt door verbouwingen en inwerking van het weer.

N.A.V. ONDERZOEK 6.

Titel: **Onderzoek effecten peilverlaging Oude Pekela**
 Onderzoek door: Geodelft
 rapportnummer: 414942-0012 02 definitief
 Datum: Oktober 2007
 Opdrachtgever: Commissie Bodemdaling

Algemeen

In het onderzoek peilverlaging Oude Pekela is in opdracht van de Commissie Bodemdaling de kans bepaald op schade voor een deel van Oude Pekela bij een peilverlaging van 0,15 m in het Pekeler Hoofddiep.

Samenvatting

De onderzoekers hebben zich gericht op een klein overzichtelijk gebied. In dit gebied zijn veel woningen aanwezig met schade. Het betreft onder meer bolle voorgevels, voorgevels die los staan van de zijgevels en getrapt verlopende scheuren in de zijgevels. Allemaal schadegevallen die wijzen op de grootste zakking aan de kant van de woning die het verst afligt van het kanaal. Om deze schade te kunnen verklaren hebben de onderzoekers eerst een terreinverkenning gemaakt.

Na de terreinverkenning heeft Deltares op drie plekken in Oude Pekela haaks op het kanaal grondonderzoek uitgevoerd. Dat is gedaan bij twee panden met relatief veel schade - waarbij werd vermoed dat het ene pand op relatief stevige en het andere op relatief slappe grond was gebouwd - en bij een pand met nauwelijks schade. Bij deze panden hebben ze ook peilbuizen in de grond aangebracht om de grondwaterstanden te kunnen volgen. De fundering van drie panden zijn blootgelegd. Dat leverde verrassende informatie op. Zo wees het grondonderzoek bij het pand met geringe schade op een relatief slechte ondergrond. Dat dit pand desondanks vrijwel geen schade vertoont, heeft te maken met de kwalitatief goede fundering en de bodemverbetering die hier is toegepast. Zo is bij dit pand de slechte grond weggehaald en vervangen door zand voordat de fundering is gemaakt.

De twee panden met relatief veel schade hebben beide een matige fundering. Het pand op de slechte grond, een veenlaag van twee meter dik, is aan de voorzijde op staal gefundeerd en aan de achterzijde op kleine handgemaakte betonnen paaltjes. Deze paaltjes zijn meer verzakt dan de gemetselde fundering aan de voorzijde van het pand waardoor er scheuren in de gevels zijn ontstaan. Bij het andere pand, dat op

⁹ ARCADIS merkt op dat ook dit geen methode is die tot een eenduidige en ondubbelzinnige vaststelling van de oorzaak leidt.

steviger grond staat, is niet alleen de fundering slecht gemetseld maar is ook niet alle slappe grond onder de fundering vervangen door zand.

Uit het onderzoek naar de drie panden blijkt dat voor de onderzochte panden geldt dat de aanwezige schade sterk samenhangt met de lokale ondergrond, het wel of niet toepassen van bodemverbetering en de kwaliteit en manier van funderen. Dat betekent dat schadegevallen eigenlijk alleen goed kunnen worden beoordeeld door ze van geval tot geval te bekijken. Om toch uitspraken te kunnen doen over de effecten van een peilverlaging voor een groter gebied heeft Deltares een model ontwikkeld waarmee de kans op schade aan bebouwing kan worden berekend. Uitgangspunt van dit model is dat schade ontstaat als de verschillende delen van een gebouw ongelijk verzakken. Dan komen er spanningen in het gebouw en kunnen er scheuren in gevels ontstaan.

Enkele conclusies

- In het algemeen is sprake van staalfunderingen aangebracht op een grondverbetering bestaande uit in een sleuf aangebracht zand.
- De fundering van woningen kan sterk afwijken van wat op basis van bekende gegevens kan worden verwacht. In dit geval betrof
 - het aanwezig zijn van een, gedurende de gebruikperiode van het pand, aangebrachte paalfundering;
 - toepassing van verschillende funderingsniveaus;
 - plaatselijk toepassen van funderingsbogen;
 - toepassen van verschillende dikten van grondverbetering onder de staalfunderingen.
- De verhouding tussen de maaiveldzakking en de zakking van de fundering kan sterk afwijken van een normale verhouding ten gevolge van de aanwezigheid van een grondverbetering.
- Een goede fundering op een goed uitgevoerde grondverbetering resulteert in een pand met nagenoeg geen schade.
- Heterogene funderingen komen voor, met name paalfunderingen gemaakt als kleine pulspalen.
- Het is onbekend, en in het kader van dit onderzoek ook niet te achterhalen, hoe groot de autonome bodemdaling door klink en oxidatie van organisch bodemmateriaal (o.a. veen) is. De grootte van deze autonome bodemdaling en de ruimtelijke spreiding daarvan bepalen echter in hoge mate de kans op schade. Het effect van andere zaken zoals de zakking van de fundering zelf en een peilverlaging wordt, bij een grote autonome bodemdaling, nagenoeg volledig overschaduwd door de effecten van de autonome bodemdaling.

Eindconclusie

Het toepassen van de voorgenomen peilverlaging in het Pekeler Hoofddiep zal niet, of in verwaarloosbare mate, resulteren in een toename van schade aan panden in het onderzochte gebied grenzend aan het Pekeler Hoofddiep. Ook bij een absolute peilverlaging van 0,20 m (0,15 m relatief) wordt een verwaarloosbare toename van de kans op lichte schade berekend.

N.A.V. ONDERZOEK 7.

Titel:	Raaien onderzoek Electraboezem 2^e schil
Onderzoek door:	Deltares
rapportnummer:	1203377-000
Datum:	november 2011
Opdrachtgever:	Commissie Bodemdaling
Situatie:	2 ^e schil Electraboezem tussen Eenrum-Winsum-Warffum (Gr)

Algemeen

Deltares heeft in opdracht van de Commissie bodemdaling onderzoek gedaan naar de effecten op bebouwing, van de peilverlaging op de 2^e schil van de Elektraboezem.

Samenvatting

In de 2^e schil van de Elektraboezem is in 2008 een peilverlaging van 14 cm doorgevoerd, om de bodemdaling ten gevolge van aardgaswinning te compenseren. Omdat in de 2^e schil de bodemdaling in 2008 varieert van 2 tot 18 cm is de bodemdaling niet overal exact gecompenseerd.

Omdat verandering van het peil van het oppervlaktewater ook een verandering van de grondwaterstand kan veroorzaken kan dit invloed hebben op bestaande bebouwing.

De kans op zettingen is bepaald met dezelfde statistische methode als in het onderzoek naar het effect van een peilverlaging in Oude Pekela (zie onder 6 in deze literatuurstudie). Voor het bepalen van de kans op schade zijn de volgende factoren van invloed.

1. De grootte van de peilverlaging.
2. De afstand van het gebouw tot het water waarin de peilverlaging optreedt.
3. De intreeweerstand van de waterbodem.
4. De doorlatendheid van de bodem tussen het water en het gebouw.
5. De stijfheid van de bodem (samendrukbaarheid).
6. De kwaliteit van de fundering van het gebouw.

Met behulp van de statistische methode is de toelaatbaarheid van 0,05, 0,10 en 0,15 m relatieve peilverlaging bepaald. Hieruit komt naar voren dat het effect van een relatieve peilverlaging van 0,15 m praktisch gezien verwaarloosbaar is voor wat betreft het optreden van extra schade aan aanwezige bebouwing.

Geconcludeerd wordt dat de onderzochte relatieve peilverlagings van 0,05 tot 0,15 m als toelaatbaar kunnen worden beschouwd.

Dit resultaat is aannemelijk wanneer bedacht wordt dat:

- De variatie tussen winter- en zomerniveau van de grondwaterstanden, gebaseerd op metingen van de 10 raaien, in de situatie voor de peilverlaging, afhankelijk van de locatie, al maximaal circa 0,7 tot 1,9 m is geweest. Dit is aanzienlijk meer dan de peilverlaging die 0,05-0,15 m bedraagt (en op enige afstand van de watergangen slechts gedeeltelijk doorwerkt in de grondwaterstanden).
- Het aanbrengen van een betegeling, bijvoorbeeld ten behoeve van een terras, een spanningstoename in de ondergrond kan veroorzaken van circa 1,2 kN/m² (uitgaand van een betonnen tegel met een dikte van circa 5 cm en het niet vervangen van aanwezige grond door zand). Dit komt overeen met een spanningstoename die het gevolg is van een grondwaterstandsverlaging van circa 0,12 m. Uit ervaring is duidelijk dat dit in het algemeen niet leidt tot schade aan het gebouw waarbij het terras wordt aangelegd.

N.A.V. ONDERZOEK 8.

Titel:	Bodemdaling Groningen Effecten peilverhoging op fundering op staal Relatie afname draagvermogen en zakking fundering
Onderzoek door:	Gemeentewerken Rotterdam
Rapportnummer:	2000-005/B 7
Datum:	januari 2004

Opdrachtgever: Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning
Situatie: Bodemdaling Groningen

Dit rapport heeft specifiek betrekking op (relatieve) stijging van de grondwaterstand.

Een verhoging van de grondwaterstand heeft twee tegengestelde effecten op een fundering op staal, enerzijds neemt de effectieve spanning in de bodem enigszins af waardoor wat uitzetting optreedt en de fundering rijst, anderzijds neemt ook het grensdragvermogen enigszins af, waardoor, in geval van een fundering met een marginale veiligheid, zakking optreedt. Bij funderingen op staal met een normale veiligheid, veiligheidsfactor in de orde van grootte van 2,5, is de rijzing dominant en treedt dus geen zakking op.

Recente funderingen op staal beschikken op basis van het Bouwbesluit over een ruime veiligheid. Ook de funderingen die eerder gerealiseerd zijn onder professioneel toezicht, bezitten een vergelijkbare veiligheid. Bovendien blijkt uit de berekeningen dat staalfunderingen op een kleibodem een ruime veiligheid hebben omdat ten gevolge van het consolidatieproces de sterkte van de grond onder de fundering in de loop van de tijd verder is toegenomen.

Bij oude en historische funderingen kunnen ten gevolge van een stijging van de grondwaterstand met 0,15 m in uitzonderlijke gevallen (veiligheidsfactor net groter dan 1) zakkingen in de orde van 10 mm optreden. Dit kan zich voordoen wanneer de bouw in fasen is verlopen, en latere aan- of opbouwen hebben plaats gevonden. Bij gefaseerde uitgevoerde bebouwing is het niet uit te sluiten dat de werkelijke veiligheid laag is en de marge ten opzichte van het grensdragvermogen gering. De kans op schade is overigens ook dan nog uiterst gering.

N.A.V. ONDERZOEK 9.

Titel: **Gebouwschade t.g.v. peilverhoging, Geoecheck rap. 2000-005/B
GW Rotterdam + woning**
Onderzoek door: Geodelft
Rapportnummer: CO-414940-009
Datum: januari 2005
Opdrachtgever: Niet genoemd
Situatie: Bodemdaling Groningen

Dit rapport bevat een beoordeling door Geodelft van het rapport "Bodemdaling Groningen, Effecten peilverhoging op fundering op staal, Relatie afname draagvermogen en zakking fundering" van Gemeentewerken Rotterdam (Onderzoek 8 van het Literatuuronderzoek).

De algemene conclusie van Geodelft is dat het rapport van gemeentewerken Rotterdam een goede basis vormt voor het analyseren van het effect van grondwaterspiegelstijgingen.

N.A.V. ONDERZOEK 10.

Titel: **Vervorming van de bovengrond door Nedmag zoutwinning en schade aan de
bebouwing**
Onderzoek door: GeoDelft
Rapportnummer: CO352471/07
Datum: juli 2001

Opdrachtgever: Nedmag
 Situatie: Bodemdalingsgebied Nedmag

Dit onderzoek heeft betrekking op het onderzoeksgebied van het huidige Samenvattend Onderzoek Gebouwschade. Het onderzoek heeft veel overeenkomsten met de studie die is uitgevoerd voor FRISIA (zie onderzoek 3 in het Literatuuronderzoek).

Samenvatting

GeoDelft heeft de vervorming van de bovengrond door zoutwinning uitgerekend voor een bodemdalingkom met een diepte van maximaal 110 cm, bij welke waarde het bodemdalingsgebied een straal heeft van ca. 3 km. Hiervoor zijn de scheefstand, de relatieve rotatie (kromming) en de horizontale rekken berekend. Deze waarden zijn vervolgens vergeleken met schadecriteria, zoals deze in de literatuur zijn beschreven. Wanneer de berekende vervormingen worden vergeleken met de schadecriteria blijkt dat de vervormingen van de bovengrond als direct gevolg van de zoutwinning veel lager zijn dan de waarde voor de schadecriteria.

De scheefstelling bij een bodemdaling van 110 cm bedraagt maximaal: 6,8 mm op 10 m. Het strengste criterium voor schade door scheefstelling (Krarzsch 1974) is 25 mm per 10 m. De maximale scheefstelling door de zoutwinning is aanzienlijk kleiner dan dit criterium.

De kromming bij een bodemdaling van 110 cm bedraagt maximaal: hol: $0,0000013 \text{ m}^{-1}$ (= straal 769 km), bol: $0,0000005 \text{ m}^{-1}$ (= straal 2.000 km). Voor de kromtestraal wordt als strengste minimumwaarde 20 km gehanteerd. De minimum kromtestraal van 769 km als gevolg van de bodemvervorming door de zoutwinning is veel groter dan deze waarde.

De rek bij een bodemdaling van 110 cm bedraagt maximaal:

- trekrek: 2 mm op 10 m op ca. 2.400 m van het centrum van de bodemdalingkom;
- stuikrek: 5 mm op 10 m in het centrum van de bodemdalingkom.

De trekrek blijft ruim onder het criterium voor horizontale rek van [Sambeek 2000]. Die stelt dat de horizontale trek-rek kleiner moet zijn dan 0,0005 ofwel 5 mm op 10 m om geen scheuren te veroorzaken in pleister of mortel. Voor stuik-rek ligt de grenswaarde hoger omdat steen en beton beter bestand is tegen drukkrachten dan tegen dan trekkrachten.

Een gebouw zal de vervorming in de bodem deels volgen, maar doordat de fundering van een gebouw over het algemeen veel stijver is dan de bodem zullen met name de kromming en horizontale rek in het gebouw significant kleiner zijn dan de kromming en rek in de bodem.

Op basis van ervaringen van elders wordt geconcludeerd dat de kans op schade aan bebouwing (inclusief huizen) als direct gevolg van de bodemdaling zeer gering is bij een bodemdaling van 110 centimeter. Hierbij is de meest ongunstige ligging van de bebouwing ten opzichte van de vervorming beschouwd.

Het dient echter duidelijk te zijn dat een kleine kans geen absolute zekerheid betreft. Waar andere oorzaken mede een rol spelen, kan de bodemdaling mogelijk de bekende druppel zijn, die de emmer doet overlopen. Een huis met een reeds zwakke constructie en dat mogelijk reeds te lijden heeft gehad van grondwaterwisselingen, natuurlijke klink, graafwerkzaamheden, verbouwingen, ouderdom, enzovoorts, kan - mede - door toedoen van de bodemdaling schade oplopen.

Voor specifieke gevallen geldt dat alleen een schade-expert, mogelijk geholpen met grondonderzoek, de oorzaak van de schade kan vaststellen (vaak alleen met redelijke maar geen volledige zekerheid).

Het vaststellen van de eventuele ontwikkeling van schade aan bebouwing in het betreffende gebied in de winningperiode kan ondersteund worden met kennis van de huidige toestand van de bebouwing. Het vaststellen van de thans aanwezige toestand van elk pand in het betreffende gebied met voldoende detail is zo goed als onmogelijk voor het gebied. Bovendien zijn er behalve bodemdaling veel invloeden die over de verwachte winningperiode een rol spelen (veroudering, verbouwingen, grondwerking, grondwaterschommelingen, etc.) en die onafhankelijk van de bodemdaling door mijnbouw de toestand van de bebouwing kunnen beïnvloeden. Mogelijk kan er wel met een aantal daartoe geselecteerde gebouwen en huizen in de wat sterker door vervorming beïnvloede gebieden een referentiebasis worden vastgesteld die dient om mogelijke schadeontwikkeling op reguliere basis vast te stellen.

Ten aanzien van de kans op schade door aardtrillingen als gevolg van zoutwinning geeft Geodelft aan dat er tot op heden geen enkele trilling in het gebied van de zoutwinning is gerapporteerd. De kans op schadeveroorzakende bevingen is klein.

N.A.V. ONDERZOEK 11.

Titel:	Second Opinion Ontginningsplan NEDMAG 2001
Onderzoek door:	Prof. dr. ir. A. Verruijt
Rapportnummer:	Niet vermeld
Datum:	21 december 2001
Opdrachtgever:	Provincie Groningen
Situatie:	Bodemdalingsgebied Nedmag

Deze rapportage betreft een second opinion over het onderzoek over de bodemdaling en de eventuele schade ten gevolge van de voortzetting van de zoutwinning in het onderzoeksgebied voor het huidige Samenvattend Onderzoek Gebouwschade, volgens het door Nedmag ingediende Ontginningsplan vanaf 2001.

Samenvatting

De conclusies uit het rapport van Geodelft (zie onderzoek 10 van het Literatuuronderzoek) m.b.t. de scheefstand, kromming en rek aan het oppervlak worden door berekeningen door Verruijt bevestigd. Bij een bodemdaling van maximaal 1,10 m is de kans op schade aan gebouwen als direct gevolg van bodemdaling gering.

Verruijt is van mening dat een verandering in de relatieve grondwaterstand (ten opzichte van het maaiveld) de belangrijkste oorzaak is van mogelijke schade aan gebouwen en percelen, met als mogelijke tweede de schade door aardschokken.

Enkele conclusies:

- De rapporten van GeoDelft geven een goed inzicht in de te verwachten bodemdaling, en geven een wetenschappelijk verantwoorde voorspelling van de te verwachten gevolgen.
- De kans op schade aan gebouwen zal naar verwachting gering zijn.

Bijlage 3

Overzicht beschikbare rapportages voor de geselecteerde woningen

Overzicht beschikbare rapportages

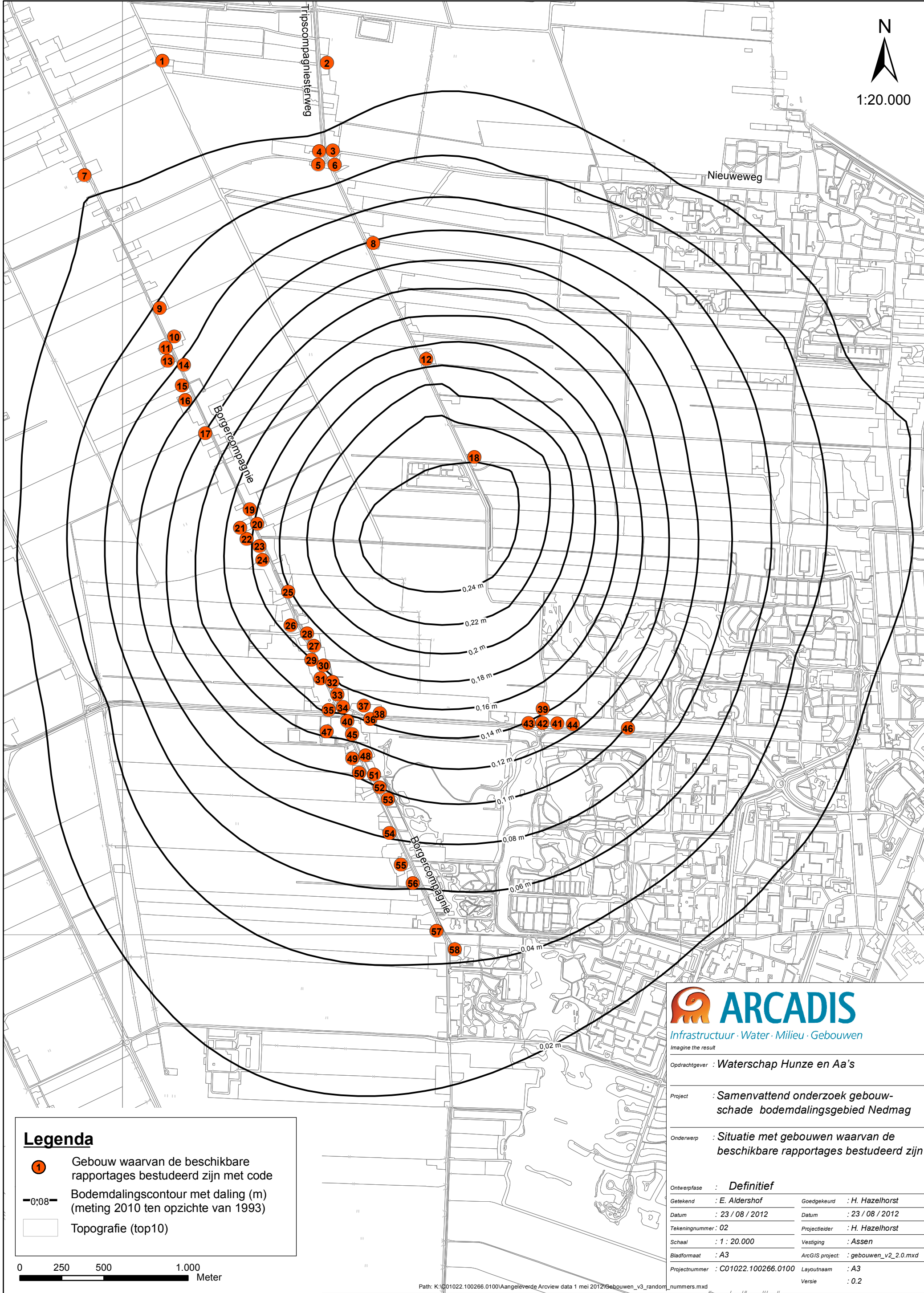
gebouwcode	bronnen							
1				X			X	
2		X		X				
3		X		X			X	
4		X		X				
5		X		X				
6		X		X				
7		X		X				
8		X		X				
9		X		X				
10		X		X				
11		X		X			X	
12		X		X	X			
13		X		X				
14		X		X				
15		X		X				
16		X		X	X			X
17		X		X			X	
18		X		X	X			X
19		X		X			X	
20		X		X			X	
21		X		X				X
22		X		X				
23		X		X				X
24		X		X				X
25		X		X			X	
26		X		X	X	X		
27		X		X				X
28		X		X	X			

gebouwcode	bronnen							
29		X		X				
30		X		X				
31		X		X				
32		X		X			X	
33	X	X		X				X
34	X	X		X				
35	X	X		X				X
36	X			X			X	
37	X	X			X	X		
38	X	X		X	X	X	X	
39	X	X		(X)				
40	X	X		X				
41	X	X			X	X		
42	X	X		X				
43	X	X			X	X		
44		X		X				
45	X	X		X				
46		X		X				
47	X	X		X				
48	X	X			X	X		
49	X	X		X				
50	X	X			X			
51		X	X					
52	X	X	X					
53	X	X			X	X		
54	X	X			X			
55		X		X				
56		X		X				
57		X		X				
58		X					X	

aantallen rapporten voor geselecteerde objecten		19	56	2	47	13	7	11	8
totaal aantallen beschikbare rapporten		79	361	2	51	72	41	11	9

Bijlage 4

Plattegrond met locaties van geselecteerde objecten



Bijlage 5

Overzichtstabel n.a.v. inventarisatie

gebouwcode	ouderdom	latere aanpassing ja / nee	funderingswijze	Bodemdaling in 2002	Bodemdaling in 2010	Gem. Laagste Grondwaterstand (GLG voor 1990)	Gem. Laagste Grondwaterstand (GLG na 1990)	GHG t.o.v. maaiveld 2002-2010	verandering grondwater GLG (- = droger, + is natter)	Relatieve wijziging grondwaterstand (TCBB)	aanwezigheid van veen verwacht (dinoloket).	aanwezigheid van veen vastgesteld (TC12)	scheuren exterieur	fors	lichte scheurvorming	plaatselijk bij gevelopeningen	doorgaand over grotere lengte	toename in loop der tijd	scheuren interieur	fors	lichte scheurvorming	toename in loop der tijd	zakkingen	bouwkundige opnames 1995	bouwkundige opnames 2002-2003	nadere onderzoeken 2010	bouwpathologie 2010-2012	monitoring Hanselman 2011	monitoring Hanselman 2012	voorlopige adviezen TCBB 2012	nader onderzoek TCBB / IJB Geotechniek
	gebouweigenschappen			bodemeigenschappen									schades										bronnen								
				m	m	m-mv	m-mv	m-mv	m	m																					
1	voor 1900	j	metselwerk	0	0	1,46	1,56	1,26	-0,59 tot -0,26	-0,08			15	j	j	j	j	?	14	j	j	?	nb				x			x	
2	na 1970	n	metselwerk	0	0	1,12	1,46	1,07	-0,5 tot -0,32				9	n	j	j	j	n	2	j	j	n	n		x		x				
3	voor 1900	j	metselwerk	0	0,04	1,87	2,11	1,76	-0,33 tot -0,06				10	n	j	j	n	n	8	n	j	n	vloer		x		x			x	
4	1900 - 1940	j	metselwerk	0	0,04	1,77	2,01	1,66	-0,57 tot -0,23				10	j	j	j	n	j	10	n	j	j	vloer/wand		x		x				
5	1940 - 1970	j	metselwerk	<0,01	0,04	1,38	1,59	1,21	-0,33 tot -0,18				4	n	j	j	n	n	3	n	j	n	n		x		x				
6	na 1970	n	metselwerk	0,015	0,04	1,76	1,97	1,61	-0,31 tot -0,06				3	n	j	j	n	n	7	n	j	n	bestrating		x		x				
7	1900 - 1940	j	metselwerk	0	0	2,33	2,20	1,74	-0,13 tot 0,34				10	n	j	j	n	7	12	n	j	3	vloer		x		x				
8	voor 1900	j	metselwerk	0,035	0,09	1,74	1,72	1,31	-0,22 tot -0,01				13	j	j	j	n	n	8	j	j	n	schuurvloer		x		x				
9	voor 1900	j	metselwerk	0	0,05	2,66	2,38	1,71	-0,13 tot 0,08				1	j	n	j	n	n	2	n	j	n	nb		x		x				
10	1900 - 1940	j	metselwerk	0	0,05	2,36	2,35	1,65	-0,15 tot -0,03				7	j	j	j	j	n	2		j	j	vloer		x		x				
11	voor 1900	j	metselwerk	0	0,05	1,91	2,14	1,46	-0,19 tot -0,04				5	n	j	j	n	2	6	j	j	3	vloer		x		x			x	
12	voor 1900	j	metselwerk	0,075	0,18	1,54	1,55	1,11	-0,12 tot 0,16				6	n	j	j	n	n	1	n	j	n	schuurvloer		x		x	x			
13	voor 1900	j	metselwerk	0	0,05	1,67	1,90	1,24	-0,19 tot -0,06				12	j	j	j	n	2	-	-	-	nee	n		x		x				
14	na 1970	j	metselwerk	0,015	0,07	2,07	1,92	1,23	-0,18 tot -0,07				2	n	j	j	n	1	5	n	j	2	n		x		x				
15	1940 - 1970	n	metselwerk	0,015	0,07	1,50	1,83	1,15	-0,19 tot -0,08				6	j	j	j	j	2	2	j	j	n	n		x		x				
16	voor 1900	j	metselwerk	0,02	0,07	1,49	1,76	1,07	-0,19 tot -0,08			j	13	j	j	j	n	5	24	j	j	j	vloer		x		x	x			x
17	voor 1900	j	metselwerk	0,03	0,11	1,70	1,64	1,10	-0,18 tot 0,15	-0,12			7	-	j	j	n	n	8	-	j	4	n		x		x			x	
18	voor 1900	j	metselwerk	0,12	0,24	1,36	1,43	1,10	-0,06 tot 0,21		v	j	9	n	j	j	n	n	7	n	j	n	vloer		x		x	x			x
19	na 1970	n	beton	0,065	0,15	1,97	1,93	1,37	-0,15 tot 0,14				1	n	j	j	n	n	6	n	j	5	n		x		x			x	
20	na 1970	n	beton	0,075	0,17	1,56	1,64	1,05	-0,15 tot 0,17	-0,12	v		3	n	j	j	n	n	6	n	j	5	n		x		x			x	
21	voor 1900	j	metselwerk	0,075	0,16	1,83	1,88	1,36	-0,14 tot 0,14		v	j	10	j	j	j	j	3	37	j	j	17	vloer		x		x				x
22	na 1970	j	beton	0,075	0,16	1,71	1,76	1,26	-0,15 tot 0,14		v		2	n	j	j	n	2	17	n	j	8	n		x		x				
23	voor 1900	j	beton	0,075	0,16	1,52	1,49	1,00	-0,15 tot 0,14		v	j	8	n	j	j	n	1	21	j	j	17	vloer		x		x				x
24	voor 1900	j	metselwerk	0,08	0,16	1,75	1,54	1,25	-0,19 tot -0,06		v	j	20	j	j	j	j	8	16	j	j	7	n		x		x				x
25	voor 1900	j	metselwerk	0,09	0,17	1,84	1,81	1,34	-0,2 tot -0,06	-0,13			6	j	j	j	n	n	3	n	j	1	n		x		x			x	
26	1900 - 1940		metselwerk	0,08	0,17	2,24	2,12	1,60	-0,23 tot -0,09				22	j	j	j	n	2	ja	n	j	j	n		x		x	x	x		
27	voor 1900	j	metselwerk	0,08	0,17	1,76	1,76	1,25	-0,21 tot -0,03			j	2	j	j	j	n	n	33	n	j	11	vloer		x		x				x
28	voor 1900	j	metselwerk	0,08	0,17	1,65	1,65	1,14	-0,21 tot -0,03				8	j	j	j	n	2	6	n	j	2	n		x		x	x			
29	1900 - 1940	j	metselwerk	0,08	0,17	1,97	1,91	1,40	-0,21 tot -0,03				19	j	j	j	j	3	5	n	j	4	n		x		x				
30	na 1970	j	beton	0,08	0,17	1,98	2,16	1,65	-0,2 tot -0,04				2	n	j	j	n	n	2	n	j	1	n		x		x				
31	voor 1900	j	metselwerk	0,075	0,15	1,49	1,64	1,14	-0,2 tot -0,04				12	n	j	j	n	3	16	n	j	j	n		x		x				
32	1940 - 1970	n	metselwerk	0,075	0,16	1,73	1,88	1,38	-0,2 tot -0,05	-0,11			4	n	j	j	n	n	11	n	j	3	vloer		x		x			x	
33	voor 1900	j	metselwerk	0,075	0,15	1,52	1,51	0,98	-0,18 tot -0,06			j	3	n	j	j	n	n	24	n	j	19	vloer	x	x		x				x
34	voor 1900		metselwerk	0,075	0,15	1,20	1,33	0,81	-0,18 tot -0,06				3	n	j	j	n	1	5	n	j	3	vloer	x	x		x				
35	voor 1900	j	metselwerk	0,075	0,15	1,47	1,57	1,03	-0,2 tot -0,08		v	j	14	j	j	j	j	j	10	n	j	?	vloer	x	x		x				x
36	1900 - 1940	j	metselwerk	0,075	0,15	1,61	1,61	1,06	-0,12 tot 0,01			j	10	n	j	j	n	ja	4	n	j	nb	bordes	x			x			x	
37	1900 - 1940		metselwerk	0,075	0,15	1,62	1,61	1,06	-0,12 tot 0,02			n	ja	n	j	j	n	beperk	ja	n	j	beperkt	nee	x	x			x	x		
38	1900 - 1940	j	metselwerk	0,075	0,15	1,76	1,64	1,10	-0,11 tot 0,04				5	n	j	j	n	1	5	n	j	4	bordes	x	x		x	x	x	x	

gebouwcode	ouderdom	latere aanpassing ja / nee	funderingswijze	Bodemdaling in 2002	Bodemdaling in 2010	Gem. Laagste Grondwaterstand (GLG voor 1990)	Gem. Laagste Grondwaterstand (GLG na 1990)	GHG t.o.v. maaiveld 2002-2010	verandering grondwater GLG (- = droger, + is natter)	Relatieve wijziging grondwaterstand (TCBB)	aanwezigheid van veen verwacht (dinoloket).	aanwezigheid van veen vastgesteld (TC12)	scheuren exterieur	fors	lichte scheurvorming	plaatselijk bij gevelopeningen	doorgaand over grotere lengte	toename in loop der tijd	scheuren interieur	fors	lichte scheurvorming	toename in loop der tijd		zakkingen	bouwkundige opnames 1995	bouwkundige opnames 2002-2003	nadere onderzoeken 2010	bouwpathologie 2010-2012	monitoring Hanselman 2011	monitoring Hanselman 2012	voorlopige adviezen TCBB 2012	nader onderzoek TCBB / IJB Geotechniek																				
	gebouweigenschappen			bodemeigenschappen									schades										bronnen																													
				m	m	m-mv	m-mv	m-mv	m	m																																										
39	1900 - 1940	ja	metselwerk	0,06	0,14	1,67	1,85	1,27	-0,01 tot 0,16				3	n	j	j	n	1	5	n	j	4			x	x		(x)																								
40	1900 - 1940	j	metselwerk	0,07	0,14	1,68	1,66	1,10	-0,16 tot 0,12				6	j	j	j	j	n	8	n	j	n	stoep		x	x		x																								
41	1900 - 1940	n	metselwerk	0,06	0,14	2,32	2,33	1,80	-0,02 tot 0,19				12	j	j	j	j	?	10	j	j	?	n		x	x			x	x																						
42	1900 - 1940		metselwerk	0,06	0,14	1,85	1,91	1,37	-0,01 tot 0,17				11	n	j	j	1	j	3		j	1	n		x	x		x																								
43	1940 - 1970			0,06	0,14	2,11	2,17	1,63	-0,01 tot 0,17				24	n	j	j	n	?	4	n	j	?	n		x	x			x	x																						
44	1940 - 1970		metselwerk	0,06	0,13	2,32	2,51	2,00	-0,02 tot 0,23				1		j	j	n	n	7		j	j	n			x		x																								
45	1900 - 1940	j	metselwerk	0,065	0,14	1,56	1,48	0,90	-0,15 tot 0,12				3	n	j	j	n	j	10	n	j	n	vloer		x	x		x																								
46	1900 - 1940	j	metselwerk	0,05	0,1	1,79	1,75	1,28	-0,04 tot 0,19				9		j	j	n	5	?			?	n			x		x																								
47	1900 - 1940	j	metselwerk	0,065	0,13	1,46	1,61	1,08	-0,21 tot -0,11				15	j	j	j	n	j	20	j	j	j	n		x	x		x																								
48	na 1970	n	beton	0,06	0,12	1,59	1,47	0,89	-0,13 tot 0,14				12	n	j	j	n	n	5	n	j	j	poort		x	x			x	x																						
49	1900 - 1940	j	metselwerk	0,06	0,12	1,31	1,41	0,84	-0,17 tot -0,02				14	n	j	j	n	n	4	n	j	n	n		x	x		x																								
50	voor 1900		metselwerk	0,055	0,11	1,42	1,58	1,05	-0,16 tot 0,01				9	n	j	j	n	j	3	n	j	n	n		x	x			x																							
51	voor 1900	j	beton	0,05	0,1	1,23	1,30	0,87	-0,11 tot 0,16		v		12	n	j	j		j	5	j	j	j	vloer			x	x																									
52	voor 1900	j	metselwerk	0,05	0,1	1,24	1,38	0,91	-0,12 tot 0,15		z		9	n	j		n	n	10	n	j	n	n		x	x	x																									
53	voor 1900	n	metselwerk	0,045	0,1	1,58	1,58	1,08	-0,11 tot 0,15				28	j	j	j	j	n	16	j	j	n	n		x	x			x	x																						
54	na 1970	n	beton	0,035	0,09	1,59	1,81	1,34	-0,16 tot 0,02				0	n	n	n	n	n	40	n	j	n	n		x	x			x																							
55	1900 - 1940	j	metselwerk	0,03	0,07	1,91	2,11	1,75	-0,16 tot 0,03				12	n	j	?	n	n	6	n	j	n	n			x		x																								
56	voor 1900	j	metselwerk	<0,030	0,07	1,56	1,69	1,27	-0,15 tot 0,08		v		9	j	n	n	j	n	9	j	n	n	n			x		x																								
57	na 1970	j	metselwerk	<0,030	0,05	1,51	1,60	1,19	-0,14 tot 0,05		v		9	n	j	j	n	n	2	n	j	n	deur			x		x																								
58	voor 1900	j	metselwerk	<0,030	0,05	1,88	1,99	1,53	-0,16 tot 0,21				8	n	j	j	n	3	5	n	ja	4	vloer			x					x																					
																							19	56	2	47	13	7	11	8																						

Bijlage 6

Rapport watersysteemanalyse

Los bijgevoegd

Colofon

SAMENVATTEND ONDERZOEK HOOFDOORZAKEN GEBOUWSCHADE IN HET BODEMDALINGSGEBIED NEDMAG

OPDRACHTGEVER:

Waterschap Hunze en Aa's
Gemeente Veendam
Gemeente Menterwolde
Nedmag Industries
Provincie Groningen

STATUS:

Definitief, vertrouwelijk

AUTEUR:

ing. J.C. Kok
ir. S.F.M. Rusman
ing. H.J. Hazelhorst
drs. B.D. de Jong

GECONTROLEERD DOOR:

ing. J.C. Kok
ing. H.J. Hazelhorst

VRIJGEGEVEN DOOR:

ing. H.J. Hazelhorst

10 januari 2013
076652825:A

ARCADIS NEDERLAND BV
Zendmastweg 19
Postbus 63
9400 AB Assen
Tel 0592 392 111
Fax 0592 353 112
www.arcadis.nl
Handelsregister 9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.