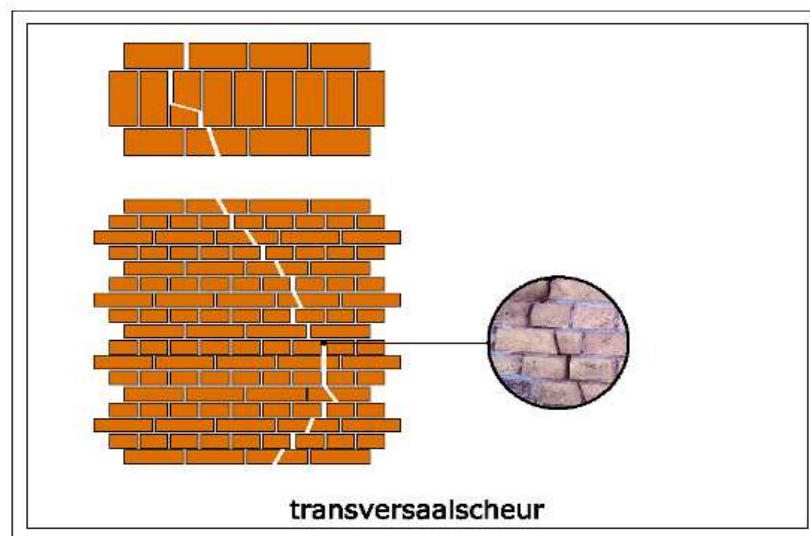


**Totaalonderzoeksproject:
Aanpak vochtproblematiek massief metselwerk**

**Rapportage
Deelproject Uitvoeringswijzen inboetwerk – herstel
transversaalscheuren – voegwerkherstel**

voor de restauratie van
zwaar regenbelast, waarschijnlijk zoutbelast historisch metselwerk
gemetseld in 'kalkmortels'; zgn. 'zacht' metselwerk



dr ir Caspar Groot & Jos Gunneweg

TU Delft, CiTG
Delft, september 2012

deelonderzoek

**Uitvoeringswijzen inboetwerk – herstel transversaalscheuren –
voegwerkherstel**

voor de restauratie van
zwaar regenbelast, waarschijnlijk zoutbelast historisch metselwerk
gemetseld in 'kalkmortels'; zgn. 'zacht' metselwerk

Uitvoering

TU Delft faculteit Civiele Techniek & Geowetenschappen,
dr ir Caspar Groot
Jos Gunneweg



Opdrachtgever

Monumentenwacht Nederland

Subsidie

Provincie Zuid-Holland



Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en
Wetenschap

Begeleidingscommissie

ir M. Brouwers
R. Crèvecoeur
P.J. Drop
B.J.M. Franken
ing. J. Hofstra
ir M. van Hunen
J. Kneppers
ir A.F. van der Ree (vz)
H.B.T. Sangers
ing. G.A. Westenbroek



Ad-hoc leden en informanten

R.E. Batenburg
R. van Bommel
J. Borgers
Ir. E.J. Brands
B. Dooren
Mr. F. Houbaer
Ing. M. de Jong
Ir. J. Kamphuis
Ing. J. Koek
W.B. Loth
M. van Milt
H. van Overschot
Ing. A.C. Spoon
G. Takkenkamp
C. Terlouw
J. Venema
Ing. L. Verbij
F. van Werkhoven



Delft, september 2012

**Deelonderzoek Uitvoeringswijzen inboetwerk – herstel
transversaalscheuren - voegwerkherstel**

voor de restauratie van
zwaar regenbelast, waarschijnlijk zoutbelast historisch metselwerk
gemetseld in 'kalkmortels'; zgn. 'zacht' metselwerk

Inhoudsopgave Rapportage

Voorwoord

Samenvatting - Conclusies – Aanbevelingen

Summary – Conclusions - Recommendations

0. Inleiding - probleemstelling - werkwijze

1. Uitvoeringswijzen inboeten lateraalscheuren of 'schilvorming'

- 1.0 Context
- 1.1 Probleemstelling
- 1.2 Verschillende uitvoeringswijzen
- 1.3 Resultaten kennis uitwisselingsbijeenkomst
- 1.4 Theoretische aspecten
- 1.5 Hergebruik oude stenen
- 1.6 Conclusies – aanbevelingen
- 1.7 Literatuur

2. Uitvoeringswijzen herstel transversaalscheuren

- 2.0 Probleemstelling / doel onderzoek /gevolgde werkwijze
- 2.1 Oorzaken scheurvorming – beoordelen noodzaak tot herstel
 - 2.1.1 Inleiding
 - 2.1.2 Oorzaken scheurvorming; statisch belaste bouwwerken -
dynamisch belaste molenrompen
 - 2.1.3 Mogelijke oorzaken scheurvorming massief metselwerk statische
bouwwerken
 - 2.1.4 Bijkomende oorzaken scheurvorming bakstenen molenrompen
- 2.2 Noodzaak tot herstel - is de scheurvorming gestabiliseerd?
- 2.3 Traditionele herstelwijzen en innovatieve scheurherstelmethodieken
 - 2.3.1 Traditioneel scheurherstel
 - 2.3.2 Innovatieve scheurherstelmethodieken
 - 2.3.2.1 Toepassing spiraalankers
 - 2.3.2.2 Steenreparatiemortel

Vervolg inhoudsopgave

- 2.4 Uitvoeringswijzen transversaalscheuren – traditionele herstelwijzen
beoordeling
 - 2.4.1 Inleiding
 - 2.4.2 Diverse uitvoeringswijzen
 - 2.4.2.1 Klassiek inboetwerk volle muurdikte
 - 2.4.2.2 Halfsteens inboetwerk buiten en binnen
 - 2.4.2.3 Halfsteens inboetwerk buiten en binnen – na geïnjecteerd
 - 2.4.2.4 Halfsteens inboetwerk alleen buiten
 - 2.4.2.5 Halfsteens inboetwerk buiten – binnen afgepleisterd
 - 2.4.2.6 Buiten en binnen gebroken stenen hersteld met steenreparatiemortel
 - 2.4.2.7 Buiten en binnen gebroken stenen hersteld met steenreparatiemortel nageïnjecteerd - spiraalwapening
 - 2.4.2.8 Buiten gebroken stenen hersteld met steenreparatiemortel
 - 2.4.2.9 Halfsteens inboetwerk buiten
- 2.5 Stabiliseren scheurvorming molens t.g.v. ‘malen’ ondermaaiveldse ringbalk
- 2.6 Conclusies
- 2.7 Literatuur

3. Uitvoeringswijzen voegwerkherstel

- 3.1 Probleemstelling
 - 3.1.1 Uithakdiepte, kwalijke praktijk: snel alleen de verweerde mortel eruit en lekker breed
 - 3.1.2 Twee mislukte hervoegbeurten binnen 5 - 15 jaar
 - 3.1.3 Schadebeelden
 - 3.1.4 Aanvankelijke remedies: accent op mortelcompositie; uitvoeringsaspect blijft buiten beschouwing
- 3.2 Evolutie voeguihakken bij restauratievoegwerk
 - 3.2.1 Voeguihakken veredeld sloperswerk?
 - 3.2.2 Bewustwordingsproces: ook voeguihakwerk in de restauratie is een vak!
- 3.3 Theoretische aspecten uithakdiepte en verschil slijpen / hakken
 - 3.3.1 Drie aspecten die elkaar versterken
 - 3.3.2 Vuistregel uithakdiepte
- 3.4 Werkwijze uithakken – controle uithakdiepte
 - 3.4.1 Aanbevolen werkwijze
 - 3.4.2 Beschadigde stenen
- 3.5 Inzetten voegen
 - 3.5.1 Inzetten voegen – eigen controle op vulling
 - 3.5.2 Keuring
- 3.6 Conclusies – aanbevelingen
- 3.7 Literatuur

Vervolg inhoudsopgave

4. Verkenning garantiemogelijkheden

- 4.1 Kwaliteitsbeheersing vs. garantie
- 4.2 Kwaliteitsbeheersing
- 4.3 Garantie
 - 4.3.1 Vormen
 - 4.3.2 Garantieperiode
 - 4.3.3 Juridische frictie: garantie eis vs. door opdrachtgever voorgeschreven bouwstoffen
 - 4.3.4 Discussie - aanpassingen

Voorwoord

De voorliggende rapportage 'Uitvoeringswijzen inboetwerk – herstel transversaalscheuren - voegwerkherstel' voor herstel van zwaar regenbelast massief metselwerk in kalkmortels is de laatste in het kader van het 'Totaalonderzoek Vochtproblematiek Massief Metselwerk (monumenten)'.

Eerdere onderzoeken waren:

In 2002 de afsluiting van een inventariserend onderzoek naar de onderhoudstoestand van 26 molens. Hieruit bleek, dat er vele oorzaken waren van vochtproblemen. Besloten werd deze één voor één aan te pakken.

In 2005 verscheen de eerste rapportage 'Kwaliteitseisen Restauratiebaksteen'.

In 2007: 'Kwaliteitseisen Metselmortels in Kalk'.

In februari 2011 zowel de rapportage 'Detectie' als 'Injectie'.

In 2012 de rapportages 'Bouwkundige detailleringen bakstenen windmolens' en 'Voegherstelmortels'.

En nu dus 'Uitvoeringswijzen inboetwerk – herstel transversaalscheuren - voegwerkherstel'.

Evenals de eerdere zijn ook de voorliggende onderzoeken zeer praktijkgericht.

Het gaat er met name om hoe te handelen bij zeer zwaar regenbelast 'zacht' metselwerk, waarbij ook zoutbelasting een rol speelt. Het betreft bouwwerken globaal daterend uit de periode 1300 – 1850, zoals kastelen, stadspoorten, kerktorens en molens.

De rapportage geeft o.a. expliciet aan hoe 'met respect' om te gaan met voegwerkherstel.

Te vaak heeft voegwerkherstel tot grote schade aan monumenten geleid, zoals de met de slijpschijf getormenteerde voegen, waarbij de voeg is verbreed en de stenen op grote schaal zijn beschadigd, waardoor het historisch metselwerk wezenlijk is aangetast. Herstel behoort dan niet tot de mogelijkheden. Daarnaast het gebruik om veel te sterke (cement) mortels toe te passen.

De bedoeling van alle rapporten is duidelijkheid te scheppen over de speciale eisen die worden gesteld aan onderhoud en herstel van monumenten. De rapporten tonen aan dat men zeer kritisch moet staan tegenover industriële technieken en materialen die pretenderen de absolute oplossing te bieden en dat het soms beter is iets *niet* te doen.

Beheerders van monumenten zullen sterker bewust moeten worden van de onherstelbare schade die door ondeskundig handelen aan de door hen beheerde monumenten aangericht kan worden.

Ook dat de uitgangspunten van de voor nieuwbouw bedoelde 'CUR 61 aanbeveling het voegen van metselwerk', niet van toepassing dienen te worden verklaard op hervoegwerk van historisch massief metselwerk

De onderzoeken zullen mogelijk leiden tot nieuwe richtlijnen of aanbevelingen. Een door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed begeleide commissie zal zich hiermee belasten. Daarnaast zal er alles aan gedaan worden om de resultaten van het onderzoek ruime bekendheid te geven.

Het onderzoek 'Uitvoeringswijzen inboetwerk – herstel transversaalscheuren - voegwerkherstel' werd verricht door dr. ir C.J.W.P. (Caspar) Groot en J.T.M. (Jos) Gunneweg.

Het onderzoek is, evenals de voorgaande onderzoeken 'Voegherstelmortels' en 'Bouwkundige detailleringen bakstenen windmolens', volledig gefinancierd door de provincie Zuid-Holland. Op de eerste pagina staan ook de logo's van de andere sponsors van het totaalonderzoek. De (mede)financiering van een deelonderzoek wordt gezien als medewerking aan het totaal.

De begeleidingscommissie bestond bij dit onderzoek uit de heren ing. J. (Jan) Hofstra en H.B.T. (Herman) Sangers (molenconsulenten prov. Zuid-Holland), ir M. (Michiel) van Hunen (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed), R. (Rob) Crèvecoeur (v.h. Centraal Lab. ICN, nu Atelier Amati Epe), J. (Jan) Kneppers (lid Vakgroep Restauratie), ir M. (Maarten) Brouwers (Rijksgebouwendienst), P. J. (Piet) Drop (Heijmans Restauratiewerken), ing. G. A. (Gerard) Westenbroek (Kon. Verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten), B.J.M. (Bennie) Franken (Monumentenwacht Nederland) en ir A.F. (Arnold) van der Ree (voorzitter). Daarnaast werden afhankelijk van het onderwerp, ad-hoc deskundigen uit het restauratieveld uitgenodigd om in de vergaderingen een inbreng te leveren, deze zijn vermeld op de colofonpagina onder de noemer ad-hoc leden en informanten.

Het is inmiddels 12 jaar geleden, dat met een aantal enthousiastelingen begonnen is aan het vinden van een oplossing voor het probleem van vocht in monumenten. Dankzij de sponsoren en de medewerking van de TU Delft was het mogelijk om alle noodzakelijk geachte onderzoeken tot uitvoering te brengen.

Dit gebeurde onder het toezicht van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en de opdrachtgever Monumentenwacht Nederland.

De begeleidingscommissie gaf steeds waardevol commentaar op de onderzoeken.

Maar bovenal is het succes te danken aan de taaie volharding van twee wetenschappers: dr. ir. Caspar Groot en Jos Gunneweg. Zij waren precies de mensen die geknipt waren voor de uitvoering van deze onderzoeken.

Het 'Totaalonderzoek Vochtproblematiek Massief Metselwerk (monumenten)' is nu tot een afsluiting gekomen. Vochtoverlast kan redelijkerwijze met de aangeboden technieken uit de rapportages in de meeste gevallen tot staan worden gebracht. Het verspreiden van de opgebouwde kennis is de volgende opgave.

Arnold van der Ree
Voorzitter begeleidingscommissie

Samenvatting - Conclusies - Aanbevelingen

Onderstaand wordt een overzicht gegeven van de conclusies en aanbevelingen die uit het onderzoek naar 'Uitvoeringswijzen inboetwerk – herstel transversaalscheuren - voegwerkherstel' naar voren zijn gekomen.

Uitvoeringswijzen inboetwerk

- Het gebruik van een qua druksterkte en E-modulus compatibele metselmortel is van het grootste belang om loswerken van het inboetwerk door thermische spanningen te voorkomen.
- Het inboeten van lateraalscheuren d.m.v. een halfsteens schil met schijn-koppenlagen moet worden ontraden.
- Voor duurzaam inboetwerk is de toepassing van inkassingen effectief; in de rapportage zijn een aantal manieren van inkassen uitgewerkt; bij de uitvoering moet rekening gehouden worden met en oplossingen gezocht worden voor het optreden van krimp.
- Toepassing van rvs ankerings in halfsteens dikke gedeelten, ter gelijkmatiger overbrenging van thermische spanningen, wordt aanbevolen.
- Bij het afbikken moet de ondergrond zo goed mogelijk, en wel voor minimaal 80%, zijn kaalgebikt wat ook geldt voor het afbikken van de mortelresten van evt. te hergebruiken oude stenen.
- Wanneer door het inboeten met oude stenen een slechte hechting, dus vochttoetreding en vorstschade, in het bestaande werk kan ontstaan is de keuze voor de oude stenen uit cultuurwaarde oogpunt een middel dat erger is dan de kwaal en kan men beter voor enkele nieuwe stenen kiezen om veel oude stenen te behouden.

Herstel transversaalscheuren

Voor duurzaam waterdicht en esthetisch aanvaardbaar herstellen van transversaalscheuren in historisch massief metselwerk kan geconcludeerd worden dat:

De traditionele uitvoeringsmethoden voor

- Statisch belast metselwerk veelal voldoen.
- Dynamisch belast metselwerk meestal niet voldoen (bijv. bij molens).

De innovatieve uitvoeringsmethode met spiraalankers-versterking

- Gezien de aanzienlijke verbetering van het mechanisch gedrag onder trekspanning perspectief biedt voor scheurwerkherstel van dynamisch belast metselwerk.
- Er nog onzekerheid bestaat t.a.v. het langeduurgedrag van deze methode (roestvorming ankers).

Voegherstelwerk

- Een vakbekwame uitvoeringstechniek is even belangrijk als de adequate keuze van de mortelsamenstelling voor de duurzaamheid van voegherstelwerk.
Een van de belangrijkste aspecten van de uitvoeringstechniek is de uithakdiepte (2-2.5 x de voegbreedte) en de voegvorm (rechthoekig). Voor overige uitvoeringsaspecten wordt verwezen naar de *'Bouwstenen voor de Richtlijn Bestekteksten Inboetwerk lateraalscheuren - Scheurherstel transversaalscheuren – Voegwerkherstel , voor de restauratie van zwaar regenbelast, vermoedelijk zoutbelast historisch metselwerk gemetseld in 'kalk')'*.
- Aanbevolen wordt om bv bij het Nationaal Restauratie Centrum een praktijktraining voeguihakwerk historisch metselwerk op te zetten, opdat op dit aspect, waar de afgelopen decennia zoveel is misgegaan, ook het niveau van het vakmanschap verbeterd wordt.
- Het verdient aanbeveling vanuit het hier ter sprake zijnde in kalk gemetseld oorspronkelijk doorgestreken massief metselwerk in een vervolgonderzoek door te trekken naar andere tijd/technologie typen van massief metselwerk met de daarbij behorende andere voegtypen en op basis daarvan te komen tot een *aanbeveling voor hervoege van historisch massief metselwerk*, die als tegenhanger kan dienen voor de voor de nieuwbouwsector ontwikkelde CUR aanbeveling 61.

Summary - Conclusions - Recommendations

Replacement of masonry

From the research program the following could be concluded:

- the compatibility of the mechanical characteristics of the existing and repair mortar are essential to avoid thermal stresses between old and new masonry.
- the replacement of masonry without indenting (for instance of an outer half brick thick layer in front of a lateral crack) is dissuaded.
- replacement of masonry using indented layers of bricks is preferred for durable solutions: a number of replacement methods are elaborated in the report; mortar shrinkage has to be taken into account in the execution.
- in half brick layer replacement the use of rust free anchors is recommended to spread thermal stresses over the masonry.
- to enhance bond between old and new work the substrate has to be cleaned from mortar rests (up to 80%); this is also applicable to the use of old bricks. If the bond between old and new masonry is not sufficient application of new bricks is recommended.

Repair of transverse cracks

For durable water tight and aesthetically acceptable repair of transverse cracks in historic masonry it can be concluded that,

Traditional repair methods are

- mostly adequate tot statically loaded masonry
- inadequate to dynamically loaded masonry (e.g. wind mills)
with regard to innovative repair methods, such as spiral anchor reinforcement,
- are, given the significant improvement of mechanical behavior under tension, promising to crack repair in dynamically loaded masonry
- there is uncertainty on the long term durability of these methods (rust formation of the anchors)

Repointing: execution technique

The research resulted in the following recommendations,

- a skillful execution technique is as important as an adequate choice of the mortar composition for the durability of the repointing.
- one of the most important aspects of the execution technique is the depth (2-2,5 x the joint width) and the cross section of the joint (rectangular). For more recommendations see *'Bouwstenen voor de Richtlijn Bestekteksten Inboetwerk lateraalscheuren - Scheurherstel transversaalscheuren – Voegwerkherstel, voor de restauratie van zwaar regenbelast, vermoedelijk zoutbelast historisch metselwerk gemetseld in 'kalk'.*
- to improve execution skill in practice and to avoid unnecessary damage it is recommended that the National Restauratie Centrum regularly should organize practical training sessions on repointing of historic masonry.
- further research on repointing focused on other historic periods and other types of masonry would provide useful information for an overall publication on 'recommendations on repointing of historic masonry'. This publication would serve as a counterpart to CUR-recommendation 61 for modern repointing.

0. Inleiding - probleemstelling - werkwijze

**) tekstgedeelten in "italic" (schuine tekst) zijn toevoegingen*

UITVOERINGSOMSCHRIJVINGEN INBOETWERK EN VOEGWERKHERSTEL

projectvoorstel *(oorspr. 091202; aangepast aug. 2008)*

probleemstelling:

Het ontbreekt aan adequate besteksomschrijvingen voor inboetmetselwerk met doorgestreken voegen en voor voegwerkherstel, met name ook voor voeguithakwerk. Veelvuldige schade – soms binnen enkele jaren – aan reeds eerder hervoegd werk, toont aan dat naast de mortelreceptuur de uithakdiepte en de wijze van uithakken belangrijke factoren zijn voor de duurzaamheid. Dit krijgt vaak onvoldoende aandacht in de bestekken, de voorselectie op vakbekwaamheidseisen en in de uitvoering.

doel van het onderzoek:

Het uitwerken van gedetailleerde uitvoeringsbeschrijvingen voor:

- Inboetmetselwerk met doorgestreken voegen, met voorafgaand hak- en breekwerk.
- Voeguithakwerk (m.n. uithakdiepte en uithaktechniek van reeds eerder (uitgeslepen) hervoegd werk
- Verwerking voegmortel, voor- en nabehandeling.
e.e.a. geschikt voor invoering in het STABU en ook bruikbaar als basis voor lesmateriaal bij een evt. op te zetten praktijktraining 'restauratiemetselaar en – voeger'.

wijze van onderzoek:

- Literatuuronderzoek (m.n. Nederlandse Uniforme Metseltechniek, eisen m.b.t. invoering in STABU; relevante restauratiebestekken), maken samenvatting
- Praktijkonderzoek: bezoek werken met inboetwerk in uitvoering; gesprekken met vaklieden en restauratie architecten , opzichters, maken foto's
- Opzetten 1^e globale omschrijvingen mede met inpassen uitvoeringsvoorschriften bestudeerde historische bouwbestekken uit dl 1, bijlage II ; toezenden teksten aan vaklieden, restauratie architecten, opzichters
- Vervaardigen van detailtekeningen*
- Maken foto's ter illustratie van de uitvoeringswijze (bij de praktijkproeven voegwerkherstel)
- Aanpassen teksten, waarin verwerkt, ervaringen bij uitvoering praktijkproeven; rondzenden 2^e versie met tekeningen en foto's
- Rapportage met verwerken reacties in eindversie
- Separaat: bewerking eindresultaten overeenkomstig 2.13 'bouwproces en besteksteksten'

DWARSSCHEUREN OF TRANSVERSAALSCHUREN

projectvoorstel *(oorspr. 091202; aangepast aug. 2008)*

probleemstelling

Dwarsscheuren vormen een belangrijke bron van lekkage. Zij worden -bij molens- vaak veroorzaakt doordat de stijfheid van de fundering in relatie tot het dynamisch krachtspel op de molenromp vanwege het malen, onvoldoende is. Het klassieke 'inboeten' leidt daardoor meestal tot hernieuwd optreden van de scheurvorming en dus van de lekkage.

doel van het onderzoek:

- Het beschrijven van de gangbare effectieve en duurzame 'flexibele' en 'starre' herstmethodeken van dwarsscheuren. Hierbij aangeven de criteria waarbij het aanbeveling verdient dat in een hoge molen bij dynamische belasting door volbelast malen een dwarsscheur flexibel wordt afgedicht en blijft werken als 'natuurlijke dilatatie', dan wel dat een matereel starre reparatie, in combinatie met een constructieve ingreep aan de fundering de voorkeur verdient. Hierbij de aanbevolen meetmethode voor registratie van 'scheurwijdte veranderingen' en het daarbij behorende kostenplaatje aangeven.
- Gezien het beperkte toepassingsgebied wordt het onderwerp schematisch behandeld.

wijze van onderzoek:

- Literatuuronderzoek; m.n. documentatie bij WTA praktijkdag 'Scheuren in metsel- en pleisterwerk', Leuven 17 april 2002 en hoofdstuk 'Leve(n)de scheuren!' in reader Roadshow RDMZ Instandhoudingstechnologie, Amsterdam 26 september 2002.
- Praktijkonderzoek: bezoeken uitgevoerde werken en nagaan hoe eerder scheurherstel zich heeft gehouden; vastleggen van de toen toegepaste uitvoeringswijzen.
- Bevragen deskundigen in de algemene restauratiebouw, alsmede die op het gebied van flexibele voeg- afdichtingen, omtrent werkwijzen en technieken zowel betreffende 'flexibele' als 'starre' oplossingen en de duurzaamheid daarvan.
- Maken overzicht van toegepaste oplossingen bij molens en niet – molen monumenten, onderverdeeld in bovengenoemde categorieën 'flexibel' en 'star'.
- Visie van terzake gespecialiseerd ingenieursbureau terzake belastingssituaties en nut en noodzaak tot al dan niet 'wapenen' van scheuren en in welke gevallen het maken van een ondermaaielveldse betonnen ringbalk aanbeveling verdient*. (evt. afstudeeronderwerp)
- Rapportage met kostprijsindicaties diverse oplossingen.

Deeluitvoering externe onderzoeksinstanties – deskundigen*:

(niet uitgevoerd)

Molens praktijkonderzoek:

Diverse voorbeelden bestudeerd, o.a. Leiden, 'De Valk', Hoofddorp 'De Eersteling'.

Consultaties met uitvoerende bedrijven

Om een zo breed mogelijk draagvlak voor de implementatie van de resultaten van dit onderzoek te verkrijgen werden enkele ervaren restauratievoegers waarvan enkele directeur van een voegbedrijf, als ad-hoc leden gevraagd de behandeling in de begeleidingscommissie van de concept rapportage bij te wonen. Eerder werd een kleine kennisuitwisselings-bijeenkomst georganiseerd met praktijkdeskundigen over scheurherstmethodeken en inboetwerk. Ook werd op een afzonderlijk bespreking gevoerd met de bestuursleden van 'Het Gevelgilde', de vakgroep van erkende restauratievoegbedrijven binnen de VNV die op het moment van de bespreking 8 gecertificeerde bedrijven omvat.

Naar aanleiding van deze besprekingen werden ter verduidelijking enkele aanvullingen in de tekst geplaatst, met name een zo scherp mogelijke definitie van de toepasbaarheid van deze onderzoeksresultaten (zwaar regenbelast, mogelijk zoutbelast 'zacht metselwerk').

De vuistregel voor de uithakdiepte werd genuanceerd zonder dat het uitgangspunt in principe werd gewijzigd.

Ook werd de discussietekst 'garantie' besproken. Hierover werd een afrondende bespreking gehouden op 14 september, waaraan ook de vertegenwoordiger van de RCE deelnam alsmede twee vertegenwoordigers van de Rijksgebouwendienst. De teksten 'garantie' in par. 02. en de tekst 'Garantiecertificaat' in bijlage I van deze Bouwstenen, zijn daarvan het resultaat.

Voorts werd gesproken over het probleem 'veralgemenisering onderzoeksresultaten'. Gegeven het delicate soort werk wat hier aan de orde is en de zware eisen die op punten als vooronderzoek, mortelkeuze en uitvoeringswijzen (m.n. grote uithakdiepte) als conclusies van het onderzoek zijn geformuleerd, bestond de vrees dat al deze eisen door partijen die onvoldoende deskundig zijn in het metier, voor a/het restauratiewerk van monumentale gevels – in veel gevallen dan te zware eisen- integraal zouden worden overgenomen. Op analoge wijze als , wat men geregeld ziet, dat ten onrechte de meergenoemde CUR 61 bindend wordt voorgeschreven in bestekken voor restauratievoegwerk.

Hieraan is tegemoet gekomen door op een aantal plaatsen waar dit van belang is duidelijk het toepassingsgebied te vermelden en wel als volgt: *toepasbaar voor de restauratie van zwaar regenbelast, mogelijk zoutbelast historisch metselwerk gemetseld in 'kalk', zgn. 'zacht metselwerk'.*

Ook werd de discussietekst 'garantie' besproken. Hierover werd op 4 september een vervolgbespreking gehouden en een afrondende bespreking op 14 september, waaraan ook de vertegenwoordiger van de RCE deelnam alsmede twee vertegenwoordigers van de Rijksgebouwendienst.

Overleg m.b.t. aanpassing SBR-CUR 61

Samen met de vertegenwoordiger van de RCE werd dinsdag 12 juni 2012 door de onderzoekers een gesprek gevoerd met de rapporteur van de commissie die een wijziging van de *SBR – CUR 61 aanbeveling Het voegen van Metselwerk (1998)* (zie hierna, hoofdstuk 1) voorbereidt. Met hem werd besproken de wenselijkheid dat het artikel 2 van deze aanbeveling, 'toepassingsgebied' zodanig wordt gewijzigd zodanig dat daar de term 'restauratie' uit wordt geschrapt. De rapporteur zegde toe bereid te zijn dit aan de commissie voor te leggen.

1. Uitvoeringswijzen inboeten lateraalscheuren of 'schilvorming'.

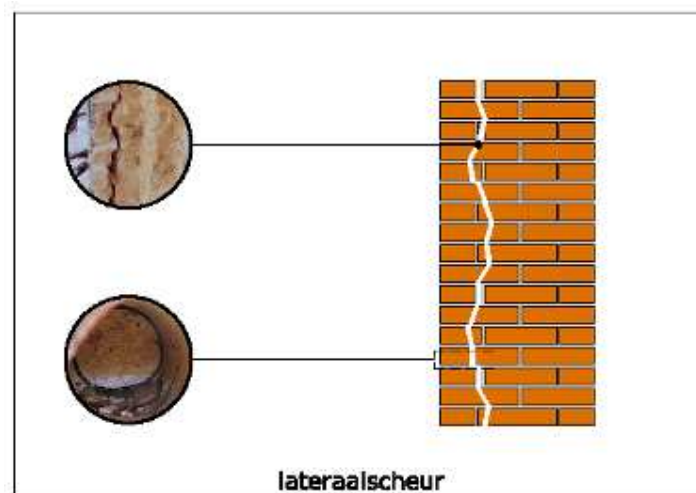
Context

Dit onderzoek heeft betrekking op het inboeten van lateraalscheuren of 'schilvorming' in zwaar regenbelast massief metselwerk, gemetseld in kalkmortels. Zgn. 'zacht' metselwerk.

Massief metselwerk met andere karakteristieken valt buiten dit onderzoek.

1.1 Probleemstelling

In het eerdere onderzoek, Rapportage Deelprojecten 'Detectie' en 'Injectie' is een typologie gegeven van holten en scheuren in massief metselwerk. Hierbij werden onder andere naast dwars- of transversaalscheuren, ook **lateraalscheuren** of '**schilvorming**' beschreven.



De oorzaak van dit type scheurvorming is een combinatie van thermische krimp (winter) en cyclische thermische uitzetting en krimp (zomer). Hierop wordt nader ingegaan in het hierna volgende hoofdstuk van dit onderzoeksrapport.

De toestand waarin het metselwerk bij optreden van schilvorming of lateraalscheuren komt te verkeren kan van geval tot geval sterk verschillen. Soms blijft de 'schil' gaaf en is er hooguit sprake van een visueel nauwelijks waarneembare 'uitbuiking'. In dat geval komen voor het waterdicht herstellen daarvan de eerder onderzochte en in de meergenoemde rapporten 'Detectie' en 'Injectie' beschreven injectiemethoden in aanmerking.

Soms is de deformatie ernstiger en vallen er stenen uit of is er zelfs sprake van afboeren van hele stukken van het muuroppervlak. In dat geval kan injecteren geen oplossing meer bieden en is inboeten het antwoord.

Dat kan op heel verschillende manieren geschieden, variërend van het tegen de muur plakken van een nieuwe halfsteens schil met schijn koppenlagen, gelegd in een cementmortel, tot het volgens de inwendige vertanding steens-halfsteens uithakken en opnieuw inmetselen. Het ene met een duurzamer resultaat dan het andere.

In de praktijk is er geen overeenstemming over welke manier niet en welke wel kan worden aanbevolen.

Op basis van een praktijkonderzoek naar de verschillende uitvoeringswijzen en - voor zover de factor tijd voldoende over een herstel-ingreep is heengegaan - naar de duurzaamheid, het bevragen van personen werkzaam in de begeleiding en uitvoering van metselwerkrestauratie, wordt een selectie gemaakt van wat wel, wat onder bepaalde omstandigheden misschien en wat zeker niet kan worden aanbevolen.

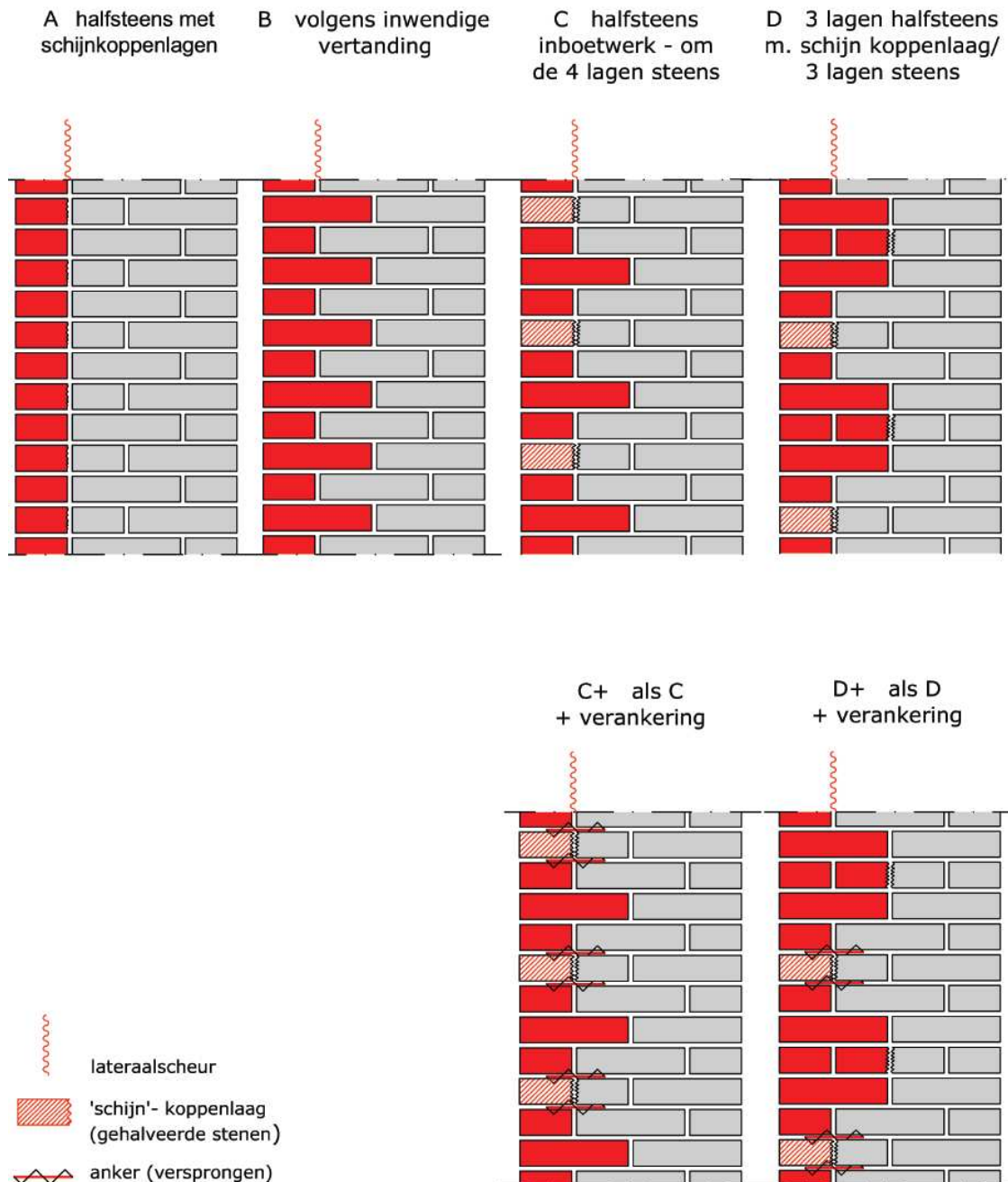
1.2 Verschillende uitvoeringswijzen

Voor het inboeten van lateraalscheuren in dunne muren (2 – 2 ½ steens), zijn de volgende uitvoeringswijzen onderscheiden (zie principedoorssneden in fig. 1.1 en de foto's in de daarna volgende figuren 1.2 t/m 1.12):

- A halfsteens met schijn koppenlagen
- B halfsteens / steens – volgens de inwendige vertanding
- C 3 lagen halfsteens met 1 schijn koppenlaag / 1 laag steens koppenlaag
- C+ idem + ankering
- D 3 lagen halfsteens met 1 schijn koppenlaag / 3 lagen steens
- D+ idem + ankering

De toevoeging van rvs ankeringen is een toepassing van de laatste jaren. Hierbij worden rvs spouwankers gebruikt met één schroefdraad eind, welk eind met chemische ankermortel in een in een lintvoeg van het achterwerk geboord gat worden bevestigd. Ook kan een stukje dunne rvs spiraalanker staaf worden gebruikt, met een buitenwerkse diameter van 4 mm.

overzicht systemen inboetwerk halfsteensteens lateraalscheur



Figuur 1.1 Principedoorsneden



Fig. 1.2 Voorbeeld systeem A , molenromp. Authentiek werk in kalkmortel; inboetwerk cementmortel. Onthechting, scheurvorming, lekkage, verder losdrukken door vorstinwerking (inmiddels vervangen door C+ in natuurlijke hydraulische kalk)



1.3 Voorbeeld systeem B, fortificatie



Fig. 1.4 Voorbeeld systeem C, vestingmuur; uithakwerk



Fig. 1.5 Voorbeeld systeem C, vestingmuur; metselwerk in uitvoering



Fig. 1.6 Voorbeeld systeem C+ molenromp, uithakwerk



Fig. 1.7 Voorbeeld systeem C+ molenromp, inboetwerk in uitvoering

Daarnaast worden in dikke muren (fortificaties, vestingwerken), waarbij de lateraalscheur op een diepte zit van een hele steen, wel een uitvoeringswijze aangetroffen waarbij steens-diep wordt uitgehakt met inkassingen van nog 1 steen dieper en ca. 6 koppen breed x 10 lagen hoog. De inkassingen verticaal versprongen ca. 25% van muuroppervlak uitmakend.

Dit wordt volledigheidshalve vermeld en weergegeven in de foto hieronder, maar gegeven de eerder vermelde beperking van dit onderzoek tot 'dunne muren' hier niet verder uitgewerkt.



Fig. 1.8 Voorbeeld systeem E, uithakwerk (fortificatie)

1.3 Resultaten kennisuitwisselingsbijeenkomst

Om een beter beeld te verkrijgen van de inzichten die er m.b.t. de toepassing van bovenvermelde systemen leven in de restauratiepraktijk, werd op 23 februari 2012 met een beperkt aantal aanwezigen een kennisuitwisselingsbijeenkomst gehouden. Deelnemers hieraan waren uitvoerende vakmensen, aannemers van gevelrestauratiewerkzaamheden en een opzichter werkzaam in de restauratiesector.

Deze hebben op basis van een enquêteformulier anoniem een beoordeling gegeven op een aantal criteria van de verschillende hierboven genoemde uitvoeringswijzen. Dit ronden zij af met een algemeen waarderingscijfer. Hiervan werden gemiddelden berekend welke zijn samengevat in onderstaande tabel.

Keuzecriteria					A	B	C	C+	D	D+
• Uitvoeringstechnisch haalbaar?					6.6	5.4	5.6	5.8	6.1	6.1
• Stabiliteit bij uithakken te garanderen (in banen?)					6.0	6.3	6.7	6.6	5.8	5.9
• Duurzaamheid					2.8	6.1	5.2	5.9	6.1	6.7
• Kostprijs (arbeid)					7.1	5.3	5.8	5.6	5.3	6.7
Algeheel oordeel					3.4	5.7	5.7	6.3	5.9	5.6
geef cijfer 1 - 10										
1 = zeer slecht / absoluut onbruikbaar										
10 = zeer goed / zeer gunstig										

Fig. 1.9 Tabel gemiddelde waarderingscijfers

Op sommige formulieren waren bepaalde criteria blanco gelaten. In dat geval werd het gemiddelde berekend op het wel ingevulde aantal waarderingscijfers.

Behoudens een duidelijke onvoldoende voor systeem A bleken de waarderingscijfers zeer te verschillen. Er blijkt een lichte voorkeur uit voor systeem C+ maar te weinig om daar een duidelijke conclusie aan te verbinden. Met name met het ankeren (C+ en D+) bleek onvoldoende ervaring om over het duurzaamheidsaspect iets positiefs te kunnen zeggen.

In het overleg werd wel duidelijk dat B - halfsteens / steens - volgens de inwendige vertanding, in theorie ideaal is maar slechts toepasbaar wanneer de mortelvoegdikte niet te klein is en bovendien de steen niet te zacht van kwaliteit, aangezien de blijvende naar voren springende koppenlagen anders gauw breken.

1.4 Theoretische aspecten

• Mortelkarakteristieken: hechtsterkte vs e-modulus - ankerings

Bij dit type inboetwerk in 'zacht' metselwerk is de toepassing van cementmortels steeds de verkeerde keus gebleken. De thermische spanningen in de nieuwe 'schil' kunnen niet in de mortelvoeg tussen het nieuwe en het oude werk worden opgevangen en concentreren zich als schuifspanningen in het interface nieuw-oud. Die biedt met zijn zachte steen waarop meestal nog een restlaagje kalkmortel, dus een minimale hechtsterkte, daar onvoldoende weerstand tegen: het nieuwe werk komt los.

Anderzijds zal een pure luchtkalk te zwak zijn. Hechtsterkte is in zekere zin gerelateerd aan druksterkte dus is een goed compromis tussen druksterkte en lage e-moduluswaarde te verkiezen.

De in het onderzoeksrapport 'Kwaliteitseisen Metselmortels in Kalk' voor massief metselwerk in kalk gegeven mortelkarakteristieken bieden dan het juiste uitgangspunt.

Het inbrengen van rvs ankers in halfsteens dikke gedeeltes zal zeker bijdragen tot het gelijkmatig overbrengen van de thermische spanningen van het nieuwe op het oude werk.

- **Krimp**

Een aspect dat bij inboetwerk aandacht verdient is krimp, met name de zgn. capillaire of plastische krimp, die bij traag uithardende mortels zoals hier worden aanbevolen, overwegend de totale krimp bepaalt. Aangezien het omringende bestaande metselwerk een gefixeerde hoogtemaat heeft zal er bij het omhoog werken van het nieuwe werk een zetting ontstaan, die door het bestaande werk niet kan worden gevolgd waardoor er bij de aansluiting in de hoogte op de onderste laag van bovengelegen bestaand werk een krimpnaad kan ontstaan. Om die reden verdient het aanbeveling niet teveel hoogte op een dag te maken.

Een inboetwijze met om de vier lagen een inkassing is zeker nodig om de invloed van de krimp te beperken. Ook verdient het aanbeveling de laatste paar lagen tot de ontmoeting met het bestaande werk pas te metselen als de mortel redelijk is aangetrokken en daarbij de mortel in de laatste lintvoeg op de overgang nieuw – oud stevig aan te kauwen.

- **Kwaliteit van het schoonbikken van het hechtvlak i.c. van evt te hergebruiken oude stenen**

Ook bij de juiste mortelkeuze vormt de kwaliteit van het hechtvlak op de overgangen nieuw-oud een kritiek punt. Resten oude kalkmortel op het hechtvlak - evenals op te hergebruiken oude stenen - kunnen de hechting sterk negatief beïnvloeden, zoals uit het in de volgende paragraaf gegeven voorbeeld blijkt. Daarom moet dit hechtvlak handmatig of mechanisch zodanig zijn schoongebikt dat het voor minimaal 80% vrij is van mortelresten.

- **Voorbehandeling**

Er zijn theoretisch overwegingen denkbaar dat het vooraf inwassen of vertinnen van het hechtvlak een betere hechting geeft.

Uit de praktijkinformatie kwam echter naar voren dat het vooraf inwassen of vertinnen van het hechtvlak onwenselijk is. Ook niet als nat-in-nat wordt gewerkt. Het uitvoeren van proeven om na te gaan welke van deze uitvoeringswijzen het gunstigst is, viel buiten het onderzoeksprogramma.

De ondergrond dient voldoende te zijn voorgenat en het meest verse werk dient tegen uitdrogen te worden beschermd. Voor wat betreft hydraulische mortels – deze dienen bij drogend weer een aantal malen te worden nagenoeveld, zo nodig meerdere dagen achter elkaar.

Om een en ander tevoren te kunnen controleren is een variant op de 1 en 10-minuten hechtproef uitgewerkt, die in de 'Bouwstenen....' is opgenomen.

1.5 Hergebruik oude stenen

- **Uit het werk afkomstige**

Het is haast vanzelfsprekend, om niet te zeggen een taboe om het anders te doen, om bij inboetwerk de voorkeur te geven aan oude stenen boven nieuwe. Ook al komen die niet uit het werk zelf, omdat die bijvoorbeeld door vorstschade of zouten kapot zijn gedrukt. In dat geval liever uit sloop dan nieuwe. Cultuurwaarden, hergebruik en mogen we zeggen een zekere sentimentaliteit.

Toch is het uit een oogpunt van duurzaamheid van het te maken restauratiewerk niet altijd een verstandige keus. Laten we even kijken naar stenen 'uit het werk'. Hoe zijn ze gebikt? Indien goed gebikt, zijn dan de poriën niet zodanig dichtgetrokken met kalk dat ze niet meer zuigen? Zijn ze bealgd?

Hebben ze onder een afdak gestaan of een jaar of langer onafgedekt in de open lucht? In het laatste geval zijn ze zeer waarschijnlijk volgetrokken met water en te nat om een fatsoenlijke hechting te geven.



Fig. 1.10 Gebikte oude stenen die twee jaar onafgedekt buiten hebben gestaan

Het is altijd aan te raden even een simpele 1 en 10 minuten hechtproef te doen. Indien na 10 minuten geen hechting dan is de oorzaak (uitsluitend!) dat die oude steen te nat is.

Dan dient men ze over te stapelen op pallets met luchtstroken ertussen en onder een afdak te laten drogen. Afhankelijk of het een zwak zuigende fijnporeuze klinker is of een sterk zuigende poreuze 'hardgrauw' neemt dat een paar weken tot een aantal maanden in beslag. Is die tijd niet beschikbaar in de bouwplanning, dan is het beter geschikte nieuwe stenen te bestellen dan de oude te hergebruiken, al doet het pijn! En indien ze nat zijn en tevens dichtgetrokken lijken met kalk, dan is een extra proefje de moeite waard door er een paar in een oven te drogen en dan nogmaals de hechtproeven uit te voeren. Als ze dan nog niet hechten heeft drogen ook geen zin.



Fig. 1.11 het monster uit het voorbeeld in de tabel

opzuiggedrag gebruikte gebikte stenen
schoon' en gebikte legzijde (voorbeeld)

	gebikt met mortelresten			gezaagd oppervlak	
	Haller gr/dm ² /min	IW kg/m ² /min		Haller gr/dm ² /min	IW kg/m ² /min
monster 1	6.35	0.64		40.33	4.03
monster 2	5.52	0.55		49.59	4.96

Fig. 1.12 Opzuigsnelheid gebikte zijde met een factor 8 (!) verminderd ten opzichte van de 'nieuwstaat'

In een dergelijk geval zal uiteraard een afweging moeten worden gemaakt tussen het cultuurwaarde aspect en bouwkundige overwegingen, waaronder het risico van vroegtijdige vorstschade en/of kalkuitloging bij dikke muren waarin in het achterliggende werk nog kalkmortel zit met niet gecarbonateerde kalk.

• Uit de 2^e hands bouwmaterialenhandel

Bij gebikte stenen die worden betrokken uit de 2^e hands bouwmaterialen handel gelden enkele aanvullende aandachtspunten. Vanzelfsprekend moet worden nagegaan of de stenen gaaf zijn en qua vorm, formaat, kleur, structuur en hardheid (klinken) compatibel zijn met het bestaande werk. Verder moeten ze handmatig of mechanisch zodanig zijn schoongebikt dat zij voor minimaal 80% vrij zijn van mortelresten.

Ook moeten de stenen droog opgeslagen zijn geweest en geen sporen vertonen van algroei en/of zoutuitbloei.

Aanbevolen wordt om d.m.v. de 1- en 10 minuten hechtproeven te bepalen in hoeverre de stenen voldoende droog zijn om een goede hechting te geven; indien dit niet het geval is de stenen onder een afdak drogen, wat bij te natte klinker-achtige stenen betrekkelijk lang kan duren.

Indien de conclusie is dat de stenen wel voldoende droog zijn, maar bij de genoemde hechtingsproeven toch onvoldoende hechten, is het hechtvlak door het bindmiddel in de oude mortel zodanig dichtgetrokken dat het opzuiggedrag onvoldoende is en de stenen niet geschikt zijn om een duurzame kwaliteit restauratiewerk te garanderen. In dat geval in overleg en met goedkeuring van de directie eventueel nieuwe stenen toepassen.

Bij grotere partijen, bijvoorbeeld > 500 stenen verdient het aanbeveling naast de hierboven vermelde visueel uitgevoerde keuring, ook de hygrische eisen die gelden voor 'nieuwe stenen' voor deze metselwerkkarakteristiek van toepassing te verklaren. En een testrapport van een steekproefsgewijs genomen monster van 10 stenen te verlangen aangevuld met een geleidbaarheidsanalyse waaruit blijkt dat dit monster gemiddeld een geleidbaarheidswaarde heeft van $\leq 500 \mu S/cm$. Dit laatste is voor nieuwe stenen uiteraard niet nodig.

Wanneer door het inboeten met oude stenen een slechte hechting, dus vochttoetreding en vorstschade in het bestaande werk ontstaat, is de keuze voor de oude stenen uit cultuurwaarde oogpunt uiteraard een middel dat erger is dan de kwaal en kan men beter voor weinig nieuwe stenen kiezen om veel oude stenen te behouden.

1.6 Conclusies - aanbevelingen

Het onderzoek levert de volgende conclusies en aanbevelingen op:

- Het gebruik van een qua druksterkte en e-modulus compatibele metselmortel is van het grootste belang om loswerken van het inboetwerk door thermische spanningen te voorkomen.
- Het inboeten van lateraalscheuren d.m.v. een halfsteens schil met schijn- koppenlagen moet worden ontraden.
- De toepassing van systeem A wordt ontraden.
- Systeem C+ heeft een lichte voorkeur doch er is geen eenduidige visie verkregen op de toepasbaarheid en de duurzaamheid van de overige inboetmethodieken.
- Vooralsnog moeten de systemen B, C, D en D+ als min of meer gelijkwaardig worden beschouwd en zijn eveneens in de 'Bouwstenen....' als zodanig opgenomen.
- Om de invloed van de capillaire of plastische krimp te beperken is een inboetwijze met om de vier lagen een inkassing aan te bevelen. De laatste paar lagen tot de ontmoeting met het bovenliggende bestaande werk pas te metselen als de mortel redelijk is aangetrokken en daarbij de mortel in de laatste lintvoeg op de overgang nieuw - oud stevig aan te kauwen.
- Toepassing van rvs ankerings in halfsteens dikke gedeelten, ter gelijkmatiger overbrenging van thermische spanningen, wordt aanbevolen.
- Bij het afbikken moet de ondergrond zo goed mogelijk en wel voor minimaal 80% zijn kaalgebikt wat ook geldt voor het afbikken van de mortelresten van evt. te hergebruiken oude stenen.
- Wanneer door het inboeten met oude stenen een slechte hechting, dus vochttoetreding en vorstschade, in het bestaande werk ontstaat is de keuze voor oude stenen uit cultuurwaarde oogpunt uiteraard een middel dat erger is dan de kwaal en kan men beter voor weinig nieuwe stenen kiezen om veel oude stenen te behouden.
- De hier aanbevolen uitvoeringswijzen zijn vertaald naar de in de 'Bouwstenen....' uitgewerkte besteksteksten.

1.7 Literatuur

RDMZ 'Oorzaken van schade aan baksteenmetselwerk en herstel 1 en 2'; RDMZ info restauratie en beheer, Zeist, september 2001

Groot, C. , Gunneweg, J. Onderzoek Vochtproblematiek Stenen Molens, TU Delft, Faculteit CiTG, Delft september 2002

Groot, C. , Gunneweg, J. Rapportage Cluster I Deelproject 'Kwaliteitseisen Steen en Mortel voor massief metselwerk in kalk', TU Delft, Faculteit CiTG, Delft maart 2007.

Groot, C. , Gunneweg, J. Rapportage Cluster II Deelproject 'Detectie en Injectie', TU Delft, Faculteit CiTG, Delft februari 2011.

2. UITVOERINGSWIJZEN HERSTEL TRANSVERSAALSCHEUREN

2.0 Probleemstelling - doel onderzoek - gevolgde werkwijze

Probleemstelling

Dwarsscheuren vormen een belangrijke bron van lekkage. Zij worden -bij molens- vaak veroorzaakt doordat de stijfheid van de fundering in relatie tot het dynamisch krachtspel op de molenromp vanwege het malen, onvoldoende is. Het klassieke 'inboeten' leidt daardoor meestal tot hernieuwd optreden van de scheurvorming en dus van de lekkage.

Doel van het onderzoek

Beschrijving van oorzaken van scheurvorming, met onderscheid tussen 'statisch belast' en dynamisch belast' metselwerk (in het bijzonder muren van historisch metselwerk)
Het beschrijven van de gangbare traditionele en innovatieve scheurherstelmethodieken herstelmethodieken van dwarsscheuren.
Meer in detail beschrijving en beoordeling van de effectiviteit van herstelmethoden transversaalscheuren voor 'statisch belast' en 'dynamisch' belast metselwerk.

Gevolgde werkwijze

Gezien het beperkte toepassingsgebied wordt het onderwerp schematisch behandeld

NB

Voor de interpretatie scheurpatronen zettingen en funderingsverbetering / stabiliteitsmaatregelen ed is het advies van een ervaren constructeur onontbeerlijk.

2.1 Oorzaken scheurvorming – beoordelen noodzaak tot herstel

2.1.1 Inleiding

Het herstel van dwars- of transversaalscheuren in massief metselwerk wordt binnen deze onderzoeksoopdracht benaderd vanuit de invalshoek vochtproblematiek, dus gericht op oplossingen die duurzaam waterdicht zijn en esthetisch aanvaardbaar.

Om tot een aanpak te kunnen komen waarmee dat resultaat kan worden bereikt dienen we evenwel te beschikken over enig inzicht in de oorzaken van scheuren. Dit is niet het onderwerp van dit onderzoek, maar er wordt wel een globaal overzicht van gegeven. De kwaliteit 'duurzaam waterdicht' is bij molens overigens lastiger te bereiken dan bij statische gebouwen.

Lateraalscheuren, scheuren evenwijdig aan het muurvlak, ook 'schilvorming' genoemd vallen buiten dit onderzoekshoofdstuk daar zij eerder al, in de desbetreffende deelonderzoeken 'Detectie' en 'Injectie' van dit totaalonderzoeksprogramma zijn behandeld en wat betreft de herstelwijzen in hoofdstuk 1 van dit deelonderzoek.

2.1.2 Oorzaken scheurvorming; statisch belaste bouwwerken - dynamisch belaste molenrompen

Wat de *oorzaken* van scheurvorming betreft is er recent sprake van hernieuwde belangstelling van de wetenschap voor oorzaken van scheurvorming bij historische gebouwen. Bv de WTA Studiedag 25 maart 2011 te Bergen op Zoom, '*Scheuren, scheefstanden, verzakkingen (instortingsgevaar?)*' met name het aldaar behandelde artikel van K. van Weeren, '*Beoordeling van Monumentale Constructies*'. Het meest actueel is het proefschrift van I. de Vent, '*Structural damage in masonry'- developing diagnostic decision support*' met het bijbehorende '*Prototype of a diagnostic support tool for Structural damage in masonry*' waarin een 'tool' wordt gegeven voor het ondersteunen van diagnose omtrent de oorzaken en beslissingen tot een evt. herstel van scheuren in metselwerk van zowel gebouwen in massief metselwerk als in spouwmuurbouw.

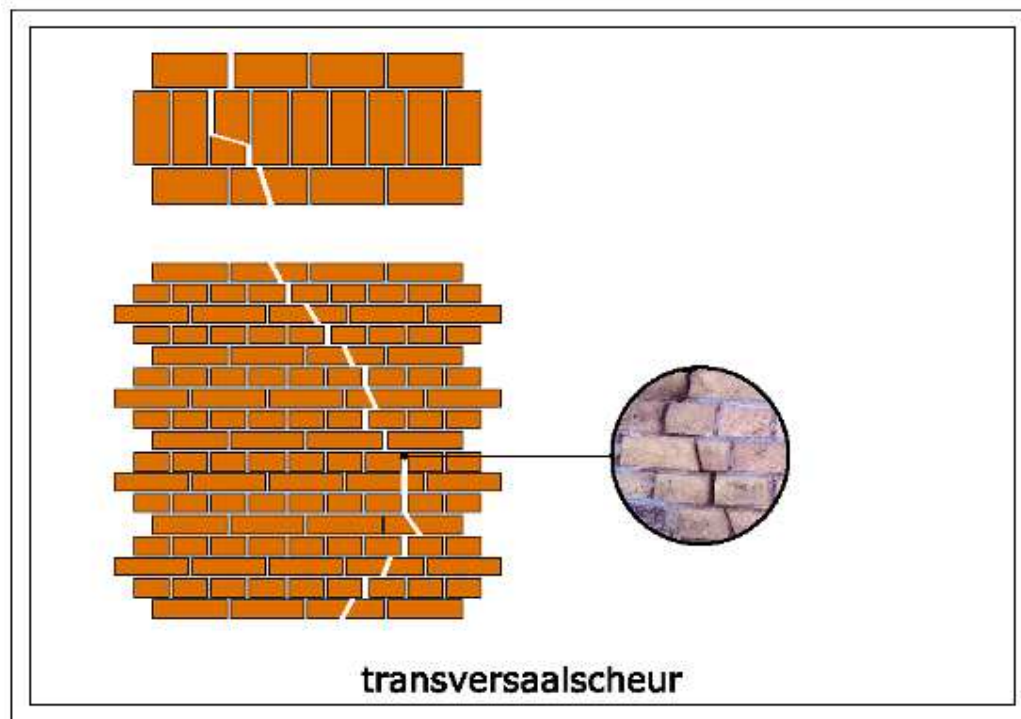
In bovengenoemde onderzoeken ligt de nadruk op het vaststellen van oorzaken en de evt. noodzaak tot ingrijpen bij scheurvorming, minder op een systematisch overzicht voor bij bepaalde vastgestelde oorzaken passende scheurherstel methodieken. Dit is logisch. Eerst moet het een er zijn wil het ander zinvol zijn.

Mogelijk kan dit inventariserend onderzoek een aanzet geven tot een dieper gaande studie van scheurherstelmethodieken.

We maken onderscheid tussen 'statische' gebouwen en 'molens'. De rompen van bakstenen windmolens die naar hun aard, naast alle krachten die op een statisch gebouw inwerken, zoals zwaartekracht, winddruk, thermische spanningen, bovendien onderhevig zijn aan een dynamische belasting ten gevolge van het malen.

Bij de tot nu toe uitgevoerde onderzoeken ligt steeds de nadruk op 'statische' gebouwen. Er wordt niet gekeken naar de specifieke aspecten van scheurvorming bij molens, die dynamisch belast zijn. Deze categorie bouwwerken wordt als regel in het geheel niet genoemd. Het is de opdracht bij dit onderzoekshoofdstuk daar dieper op in te gaan.

Vooraleer over te gaan tot een inventarisatie van gepraktiseerde wijzen van scheurherstel, waarmee een resultaat van 'duurzaam waterdicht' kan worden bereikt, dienen we evenwel te beschikken over een meer algemeen inzicht in de oorzaken van scheuren.



2.1.3 Mogelijke oorzaken scheurvorming massief metselwerk statische bouwwerken

In vogelvlucht worden de volgende oorzaken onderscheiden.

- **krimp door opdrogen bouwvocht in dikke muren**
drogingskrimp van kalkmortel en stenen leidt bij ingeklemde dunnere muurgedeelten tot scheurvorming; enige jaren na de bouw niet meer aan de orde.

- ongelijkmatige zettingen

plaatselijk onvoldoende draagkracht van de fundering, verstoringen in de ondergrond, verandering van de grondwaterstand; verkeerstrillingen; bij stenen windmolens ook: aanwezigheid funderingsresten voorganger standerdmolen.

- thermische krimp buitenzijde dikke muren

gebouw opgetrokken bij gemiddelde temperatuur +15°C, in strenge winter - 15°C, binnen +15-20°C, temperatuurgradiënt buiten-binnen ~ 30°C, buitentemperatuur 30°C onder de bouw - temperatuur, buitenschil krimpt, binnenschil niet: scheurvorming buiten.

- cyclische thermische uitzetting en krimp bezonde zijde dikke muren

dit is een situatie waar een lateraalscheur ontstaat, die op de hoek van een gebouw als een vermeende transversaalscheur zichtbaar wordt, zoals bij de bezonde zijde van kerktorens; deze wordt voor het overzicht genoemd bij transversaalscheuren maar de herstelwijze valt toch binnen genoemde onderzoeken 'Detectie' en 'Injectie'. Bij molens doet zich door hun cirkelvormige plattegrond deze combinatie lateraal-transversaal niet voor en blijven lateraalscheuren onzichtbaar.

De oorzaak thermische uitzetting en krimp bezonde zijde dikke muren komt ook nog voor als secundaire oorzaak. In het geval namelijk dat zettingscheuren zijn hersteld op een wijze die te weinig weerstand oplevert tegen horizontale spanningen. Vóór het scheurherstel ving de scheur als natuurlijke dilatatie, de thermische spanningen op. Na het scheurherstel komen deze weer terug, mede op de herstelde scheur. Aan de bezonde zijde van het gebouw zullen er altijd dagelijkse scheurwijzteveranderingen optreden ten gevolge van temperatuurverschil-verandering (gradiënt) tussen binnen en buiten (zie rekenvoorbeeld). Deze kunnen bij geringe nieuwe materiaaldoorsneden waarbij geen spanningsverdelende wapening in de lintvoegen is opgenomen leiden tot opnieuw ontstaan van de scheur; met name in combinatie met andere spanningen uiteraard. Zeker ook wanneer er buitenpleisterwerk aanwezig is en dit is hersteld over de scheur.

Rekenvoorbeeld

Hierna is gegeven een globale numerieke benadering van de scheurwijzteveranderingen transversaalscheuren door dagelijkse bezonning.

Stel 's nachts lage temperatuur buiten, 10°C, binnen 18°C. Overdag op de donker verweerde baksteenmuur in de volle zon, 50°C

Binnen, nemen wij aan temperatuur min of meer constant, dus 18°C. We nemen buiten een afstand langs de muur gemeten tussen 2 scheuren, van 10 m. De temperatuurverandering buiten is 50-10=40°C.

Lineaire uitzettingscoëfficiënt baksteenmetselwerk volgens [http://www.knb-baksteen.nl/infobladen/infoblad_27.htm]

$$\alpha = 4 \text{ tot } 5 \times 10^{-6} \text{ (m/(m.K))}$$

De berekening van de lengte verandering volgt uit de formule:

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \text{ (m)}$$

Hiervan is:

Δl	lengteverandering
ΔT	temperatuurverschil
α	lineaire uitzettingscoëfficiënt

De berekening wordt: $\Delta l = 10 \text{ m} \cdot 5 \times 10^{-6} \times 40 = 0,002 \text{ m} = 2,0 \text{ mm}.$

Dit is maximaal over deze 10 m' omtrek, het verschil, buiten tussen dag en nacht. De thermische massa zorgt voor demping dus zullen de temperatuurverschillen en daarmee de lengteveranderingen in de praktijk minder groot zijn, maar overdag zal in principe de scheur buiten zich sluiten en – indien scheurwijzde < uitzetting (hier aangenomen op 2mm), binnen verder open gaan. 's Nachts net omgekeerd.

- vorming expansieve sulfaatverbindingen in mortels

In trasmortels kan bij sulfaatbelasting in combinatie met een hoog vochtgehalte in sommige situaties de vorming van ettringiet of thaumasiet plaatsvinden. Dit kan leiden tot een volumevergroting tot wel 227% [De Vent]. De druk kan die van de massa van het bovenliggende metselwerk overschrijden waardoor scheuren IN de mortelvoeg ontstaan [o.a. Amsterdam Brug 35; Van Hees et. al. 'Historic Trass-Lime Mortars, with expansive reactions: characterisation and repair strategies'- Syllabus RILEM Workshop Delft jan. 2005].

Dit schadetype wordt volledigheidshalve vermeld doch valt buiten het kader van dit onderzoeksonderwerp.

Dichter bij de hoeken van een muur of wanneer het metselwerk een grote dikte heeft en het buitenwerk in een hardere steen is gemetseld dan het binnenwerk kunnen bij de vorming van ettringiet of thaumasiet tevens door zijdelingse uitwijking, lateraalscheuren ontstaan (o.a. Moerputtenbrug, 's-Hertogenbosch); [Hacquebord et. al. Syllabus WTA Studiedag Interventies en hun Consequenties; Drongen B ,13 nov 2009] , kerktoeren Noordwijk (foto in Pointing Project en De Vent 'tool' Naldini)

2.1.4 Bijkomende oorzaken scheurvorming bakstenen molenrompen

- belastingswisselingen door dynamische belastingen tijdens het malen

Alleen bakstenen windmolens. Zie kadertekst.

1.2 Belastingswisselingen malende molen en fundering

De romp van een volop malende molen ondervindt drie typen belastingswisselingen, die tot gevolg hebben dat de molenromp gaat 'tollen', 'stoten' en 'trillen'.

De aard van de fundering zorgt voor een verschil in de effecten op het metselwerk.

In de eerste plaats een *ritmische belastingswisseling*, het zogenaamde 'tollen'.

Deze wordt veroorzaakt door het onregelmatige aandrijfkoppel van het wiekenkruis als gevolg van de wegvallende stuwkracht elke keer als een wiek de molenromp passeert.

Hierdoor komt de molenromp in een ritmische cadans. De molenaar zegt dat de molen 'staat te tolleren'.

Daar bovenop komt het 'stoten', een a-ritmische belastingswisseling door windvlagen of windstoten.

Vooraf windstoten kunnen hevige belastingspieken veroorzaken daar de winddruk toeneemt met het kwadraat van de windsnelheid. De molen staat dan werkelijk te schudden op zijn grondvesten.

Tenslotte is daar *het in trilling raken van de molenromp*, dat wordt veroorzaakt door het ingrijpen van de kammen op de staven van de wielen van het gaande werk. Die trilling wordt ook doorgegeven door balken waarin lagers zijn opgesloten en bij korenmolens de balklaag van de steenzolder. Onder bepaalde omstandigheden ontstaat er een zekere resonantie in de molenromp, het 'trillen'.

Al naar gelang het type fundering worden die verschillende belastingswisselingen al dan niet gedempt of juist versterkt.

Bij een fundering 'op kleef' staat de molen als het ware verend op de ondergrond. 'Tollen' en 'trillen' worden gedempt. De houten ringvormige vloer waar de molen op staat is echter niet stijf, waardoor bij 'stoten' vooral bij hogere molens, het gevaar van spatten en scheurvorming over raam en deuropeningen aanwezig is (zie Figuur 1).

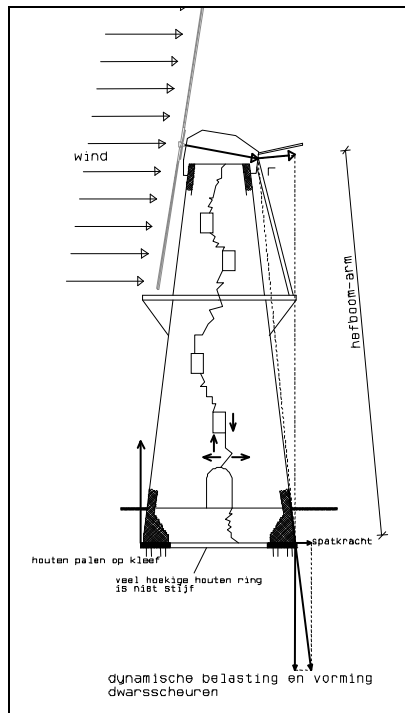
Bij fundering 'op stuit' zoals bij molens op de zandgronden direct aangelegd in de ondergrond, of geherfundeerde of verplaatste molens op lange betonpalen tot op de vaste zandlaag waar overheen een gewapend betonnen ringbalk of dito funderingsvloer, bestaat dat gevaar van spatten niet. Er wordt verondersteld dat daar geen demping tegen 'tollen' en 'trillen' van te verwachten is, zodat deze spanningswisselingen dan geheel door het metselwerk moeten worden opgevangen.

De elasticiteit van de aloude kalkmortels (zie par. 1.3.1) is gebleken daarin van grote betekenis te zijn.

[Groot, C., Gunneweg, J. Onderzoek Vochtproblematiek Stenen Molens p. 7]

Er kunnen transversaalscheuren ontstaan die over de muuropeningen naar boven lopen. Deze zijn aan de regen zijde een belangrijke bron van lekkage.

Soms lijkt het dan alsof het metselwerk in zijn geheel lek is maar door het nemen van vochtprofielen dicht bij de scheur en tussen twee scheuren in is bij molens in Veenendaal en Hoofddorp vastgesteld dat dit niet het geval was maar dat uitsluitend de scheuren bron van lekkage waren. [groot gunneweg delft, onderzoeksrapporten De Nieuwe Molen Veenendaal, De Eersteling Hoofddorp]



Figuur 2.1 Scheurvorming in molens

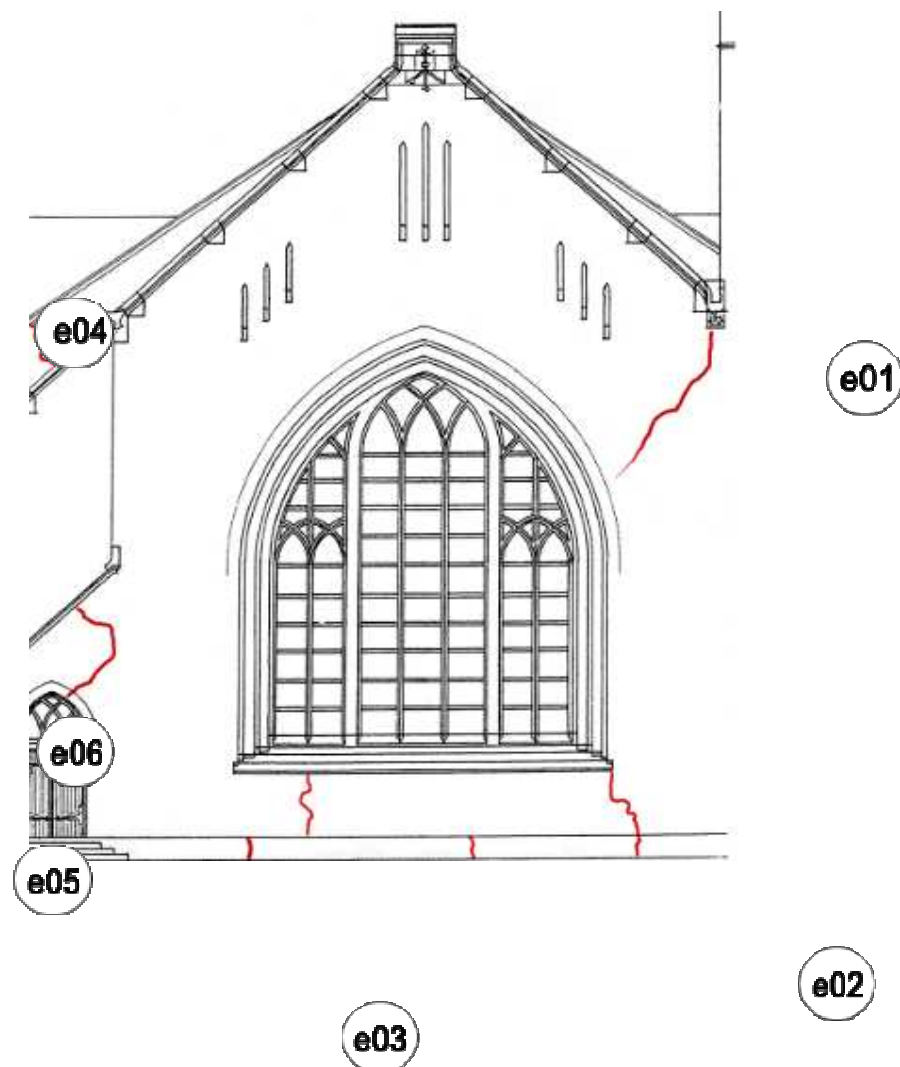
- Funderingsrestanten van voorganger-standerdmolen verergeren het probleem

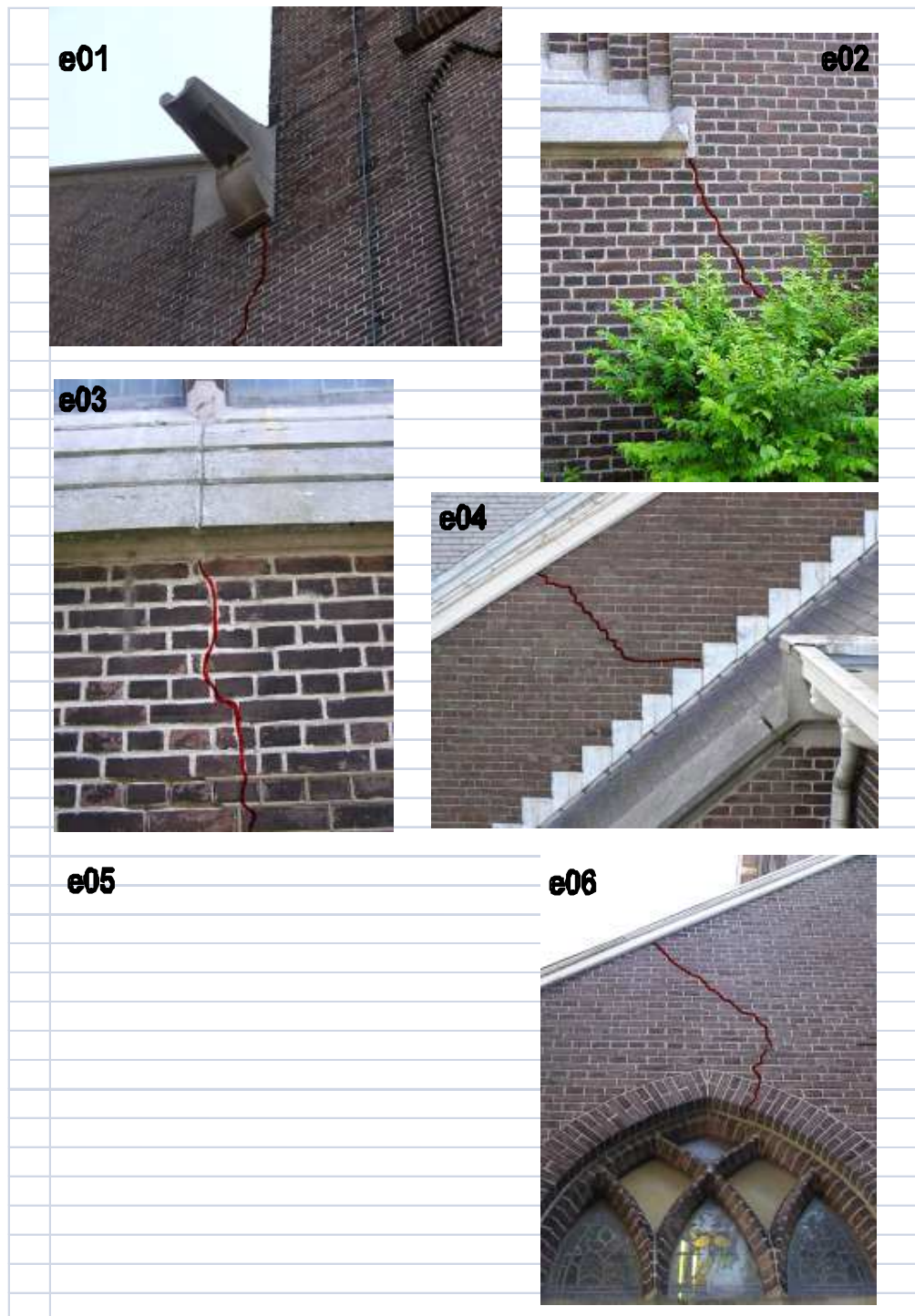
Sommige stenen molens zijn gebouwd over de funderingsrestanten (stiepen) van een standerdmolen. Bv. Monster, De Vier Winden, Zoutelande stenen grondzeiler, Veenendaal De Nieuwe Molen [Groot, C. en Gunneweg, J] en Den Bommel, De Bommelaer. Dan draagt de aanleg van het metselwerk deels op het achtergebleven funderingsmetselwerk van die stiepen en deels op de ondergrond.

Dit levert een belangrijk verschil in draagkracht op met scherpe overgangen. Door het malen komt de fundering op die overgangen a.h.w. te wrikken met scheurvorming tot gevolg en een versnelde vergroting van de scheurwijdte dan bij uitsluitend het hierboven beschreven spatten van de funderingsring bij een rondom gelijke funderingsondergrond.

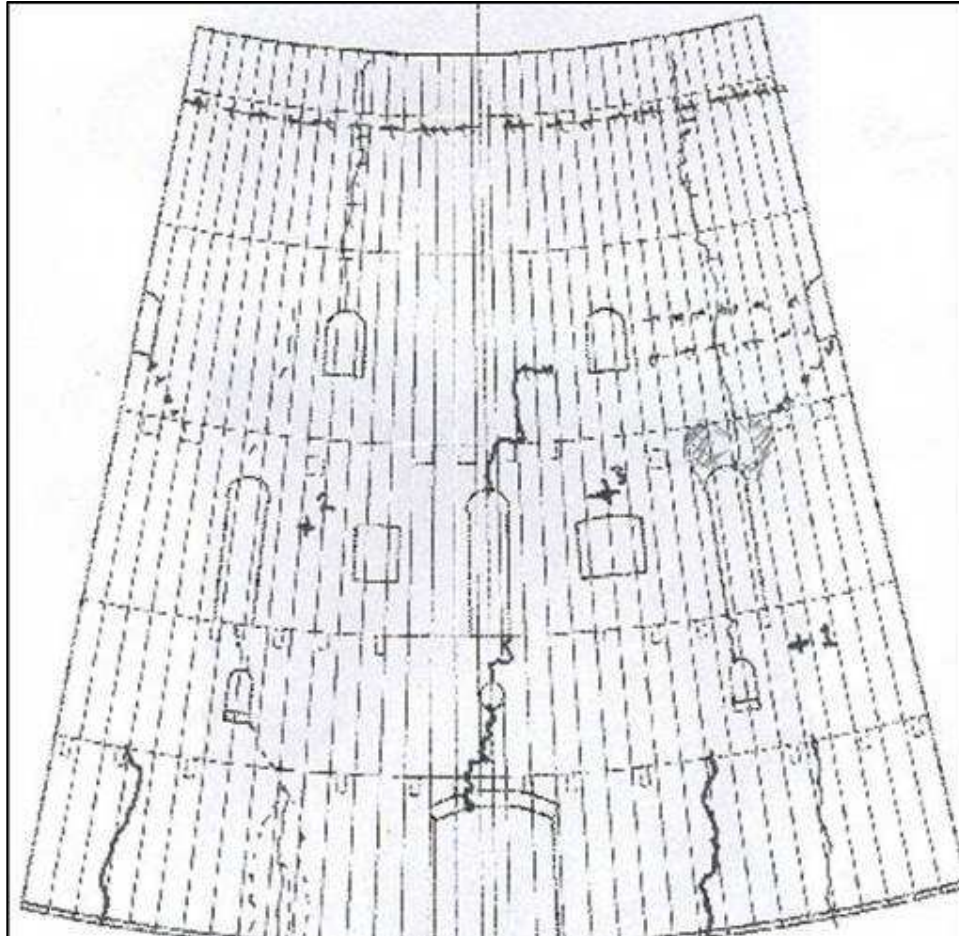
2.2 Noodzaak tot herstel - is de scheurvorming gestabiliseerd?

Tevoren wordt het scheurpatroon zowel binnen als buiten op gevelaanzichten ingetekend. Voor molens is het aan te bevelen een 'uitslag' te maken van de molenromp en daar de scheuren in te tekenen. Tekent men het scheurpatroon binnen in een zgn. 'röntgenview', dan kan men de tekeningen van scheurpatroon binnen en buiten over elkaar leggen en wordt het verband sneller duidelijk.





Figuur 2.2 Scheurpatroon westgevel kerkgebouw ingetekend in gevelaanzicht en detailfoto's (Overschie, Grote Kerk)



Figuur 2.3 Scheurpatroon molenromp ingetekend in uitslag (Monster 'De Vier Winden')

Voor de aanpak van scheurherstel is van belang vast te stellen of de scheuren al dan niet meer 'werken'. Dit kan bijvoorbeeld door op een aantal goed gekozen plekken gipsstrookjes over de scheuren aan te brengen (pure modelgips, geen polymeerversterkte gipspleister), daar overheen een horizontale potloodstreep te zetten en deze na een periode van 1 jaar te monitoren. Een andere goedkope manier om het eventueel werken van scheuren te monitoren is de zgn. scheurwijdtemeter. Er zijn meer geavanceerde methoden, ook waarbij de scheurwijdte veranderingen in de tijd, gemonitord kunnen worden maar dat is slechts in bijzonder gecompliceerde situaties nodig.

Zijn er scheuren waarneembaar waarbij evt. ook een verplaatsing van de scheurdelen in verticale zin, dan zal het aanbeveling verdienen een constructeur in te schakelen om de situatie nader te onderzoeken en evt. constructieve maatregelen te ontwerpen ter stabilisering van de situatie. Hierbij kan worden gedacht aan funderingsverbetering, aanbrengen ondermaaiveldse gewapend betonnen ringbalk om de molenromp heen, inbrengen spiraalankers in lintvoegen ingebed in elastische mortel e.d.



Figuur 2.4 Funderingsverbetering (bron www.allardvof.nl)

Uit dit constructiegericht vooronderzoek kan evt. ook als conclusie komen dat het verstandiger is om de transversaalscheuren als een natuurlijke dilatatie te laten 'werken'. Dit geeft dan uiteraard een geheel andere uitvoeringswijze om de scheuren waterdicht te maken.

Men kan eventueel ook na een goede analyse tot het besluit komen dat de scheuren het best als 'levende scheur' ofwel een natuurlijke dilatatie aanwezig kunnen blijven i.c. *niet hersteld dienen te worden*. Hierbij worden de scheuren met een zgn. *opofferingsdetailering* provisorisch hersteld. [Hermans, Taco. Leve(n)de scheuren!, Reader roadshow instandhoudingstechnologie Rijksdienst voor de Monumentenzorg, sept. 2002]

Om een en ander goed te beoordelen is het inschakelen van een in de stabiliteitsproblemen van bestaande gebouwen ervaren constructeur onmisbaar.

2.3 Traditionele herstelwijzen en innovatieve scheurherstel methodieken

2.3.1 Traditioneel scheurherstel

Traditioneel waren er voor transversaalscheuren uit het klassieke metselvak drie herstelmethodieken. Wilde men het netjes doen dan ging de metselaar de scheur binnen en buiten over de volle muurdikte uithakken volgens de vertanding en daarna inboeten in een passende steen. Dit laat ondanks zorgvuldige uitvoering visueel duidelijke sporen na en de vraag is ook of hiermee de sterkte in horizontale richting in de buurt komt van die van nieuw werk.

Een eenvoudiger manier bij dikke muren, die visueel hetzelfde resultaat oplevert, is om buiten en binnen om en om $\frac{1}{2}$ resp. $\frac{1}{1}$ steens diep en ter breedte van $1\frac{1}{2}$ resp. 2 stenen uit te hakken en in te boeten. Zeker is hier dan de sterkte in horizontale richting beduidend minder dan die van nieuw werk. De vulling van de in de muur nog resterende scheur is, ook met een sterk verdunde specie, nauwelijks goed te realiseren waardoor, wanneer de herstelde buitenhuid door de belastingen opnieuw scheurt, bij zware regenbelasting opnieuw lekkage oplevert.

Als het vlug en goedkoop moest, dan werd de scheur nadat de voegen al dan niet iets waren opgehakt, dichtgekauwd met specie. In visueel opzicht een lelijke oplossing die zeker niet als duurzaam waterdicht kan worden gekenmerkt.

2.3.2 Innovatieve scheurherstelmethodeken

De afgelopen jaren zijn er op het gebied van scheurherstel echter tal van innovatieve methoden op de markt gekomen. Meestal ontwikkeld voor de renovatiebouw maar ook vaker of minder vaak toegepast in restauratiewerk. Hierbij zijn in het bijzonder van belang de spiraalvormige roestvrijstalen ankerstaven ingebed in een speciale mortel, al dan niet in combinatie met steenreparatiemortels. Ook het injecteren van een transversaalscheur met minerale grouts, kunstharslijmen of pur-schuim of het uitfraisen en dichten van precies over lint- en stootvoegen lopende 'thermische' scheuren met een UV bestendige kit in kleur etc. wordt toegepast.

2.3.2.1 Toepassing spiraalankers

Reeds genoemd werd het versterken in horizontale richting door het om de zoveel lagen inbrengen in de lintvoegen van zgn. spiraalankers. De meest courante diameter van deze ankers bedraagt 6 mm waar nog 2x2 mm morteldekking bij komt, wat een sleuf vereist van 10 mm. Dit is wat aan de dikke kant omdat de gemiddelde mortelvoegdikte bij dit type metselwerk varieert van 5-8mm. In de praktijk hebben we evenwel vaak te maken met werk dat eerder op een grove manier is uitgeslepen en hervoegd waarbij de voegbreedte op ca. 10 mm is uitgekomen, waardoor deze toepassing, geïntegreerd in een hervoegbeurt, meestal zonder visuele consequenties mogelijk is.



Figuur 2.5 Toepassing spiraalankers (bron: www.desoi.de)

Deze zijn in enkele gevallen in molens toegepast om bij scheurherstel de belasting op de gerepareerde scheuren te compenseren. Ook bij gebouwen met vlakke gevels wordt dit de laatste tijd wel toegepast. Eerder werden al dunne rvs draadeinden toegepast, in de diep uitgehaalde lintvoegen werden de draadeinden daarbij diagonaalsgewijs over de scheur geboord.

duurzaamheid

- Gezien de nog beperkte ervaring met deze methode (~15 jaar) is een punt van onzekerheid in hoeverre het toegepaste spiraalankermateriaal compatibel (dus geen schade veroorzakend aan het metselwerk) op de lange duur zal zijn. De onzekerheid mbt chlorideresistentie van de spiraalwapening kan tot het minimum worden teruggebracht door de kwaliteit RVS AISI 316 toe te passen.

2.3.2.2 Steenreparatiemortel

In de eerste plaats door min of meer visueel herstel met toepassing van een steenreparatiemortel. Hechting en vorstbestandheid van deze reparaties zijn gebleken goed te zijn.



Figuur 2.6 Scheurherstel m.b.v. steenreparatiemortel

In de restauratiesector wordt terecht met enige reserve gekeken naar innovatieve herstelmethodieken. Aan de andere kant kan men als alle aspecten op een rijtje worden gezet, er soms niet omheen dat een nieuwe techniek meer te bieden heeft dan een traditionele herstelwijze. Daarom wordt er in dit onderzoekshoofdstuk een verkennende inventarisatie gemaakt van de thans toegepaste technieken en worden deze voorzien van een voorlopig oordeel over de bruikbaarheid en steeds vanuit het perspectief: duurzaam waterdicht en esthetisch aanvaardbaar.



patineren ingeboete stenen



gepatineerde scheur SteenWatertoren Stadskanaal

Figuur 2.7 Patineren van inboetstenen en scheur

2.4 Uitvoeringswijzen transversaalscheuren – traditionele herstelwijzen + beoordeling

2.4.1 Inleiding

Wanneer men de constructieve ingrepen als hierboven genoemd buiten beschouwing laat zijn er voor waterdicht esthetisch aanvaardbaar scheurherstel momenteel een aantal verschillende uitvoeringswijzen, die in de restauratiepraktijk worden toegepast. Deze zullen hieronder in het kort de revue passeren en worden voorzien van kanttekeningen en een beoordeling vanuit het gezichtspunt *duurzaam waterdicht en esthetisch aanvaardbaar*.

Voor alle beschreven oplossingen geldt dat het constructieve aspect niet in de beschouwing is betrokken. Dit blijft ter beoordeling van een ervaren constructeur.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen 'gebouwen - niet dynamisch belast' en 'molens' (dynamisch belast). Bij molens is ook bij een goede gelijkmatig dragende fundering door trillingen en stootbelasting tijdens het malen naast drukspanningen al gauw sprake van buigtrekspanningen en belasting op afschuiving in het metselwerk.

De dilatatiewerking van de scheur is na reparatie voorbij. Bij sommige reparatiewijzen wordt er in de doorsnede maar weinig nieuw materiaal ingebracht i.c. een kleinere materiaaldoorsnede, dat dan aan een veel hogere trekkracht / cm² wordt onderworpen dan wanneer er over de gehele muurdikte nieuw materiaal wordt ingebracht i.c. er geen 'scheur' meer resteert. De kans op hernieuwde scheurvorming is dan ook groot.

Voor de uitvoeringswijzen die een voldoende scoren zijn vervolgens standaard bestekteksten uitgewerkt met bijbehorende detailschetsen.

2.4.2 Diverse uitvoeringswijzen

2.4.2.1 Klassiek inboetwerk volle muurdikte

uitvoeringswijze

Van beneden naar boven werkend, over 1 of 2 steigerslagen hoogte, om-en-om de strekkenlagen twee strekken breed, de koppenlagen 3 koppen breed, of zoveel breder als nodig uithakken tot de halve muurdikte en inboeten. Daarna binnen idem. Waarna de volgende slag / slagen.

De stenen buiten al dan niet patineren met een patineervloeistof op basis van kaliwaterglas.



Figuur 2.8 Klassieke scheur in molenromp

beoordeling

Mits zeer zorgvuldig en vakbekwaam uitgevoerd is dit uit het oogpunt van waterdichtheid een goede uitvoeringswijze. Een punt van discussie is of een dergelijke reparatie ook enige horizontaal gerichte krachten kan opnemen. Het staat wel vast dat de hechtsterkte tussen een oude gebikte steen en een nieuwe minder is dan tussen twee nieuwe stenen. Dit zal dan v.w.b. afschuifkrachten hetzelfde zijn, dus zal de herstelde ingeboete scheur nooit zo sterk zijn als het oorspronkelijke nieuwe metselwerk was. Dit is voor statische gebouwen vaak wel acceptabel. Voor molens meestal niet, tenzij ze niet (meer) malen maar daar dat kan men moeilijk als uitgangspunt nemen.

Esthetisch, is het een lelijke oplossing, tenzij men op een zorgvuldige manier de stenen met een minerale patineervloeistof bijkleurt en de voegen ook op tint brengt.

Conclusie:

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| - gebouwen - niet dynamisch belast | vaak acceptabel |
| - molens | voldoet niet |

2.4.2.2 Halfsteens inboetwerk buiten en binnen

uitvoeringswijze

Zo smal als mogelijk worden zowel buiten als binnen gebroken koppen en strekken halfsteens diep uitgehakt en ingeboet.

Esthetisch, wanneer nieuwe of gebikte stenen toegepast, tamelijk opvallend. Kan echter door patineren meer op de tint van het omringende muurwerk worden gebracht.

De scheur blijft als spleet in de muur bestaan. De nieuwe materiaaldikte in de dwarsdoorsnede is betrekkelijk gering. Kan weinig buigtrekspanning opnemen.

beoordeling

Esthetisch aanvaardbaar. Mechanisch kwetsbare uitvoeringswijze met risico van hernieuwde lekkage.

Conclusie:

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| - gebouwen - niet dynamisch belast | vaak acceptabel |
| - molens | voldoet niet |

2.4.2.3 Halfsteens inboetwerk buiten en binnen – na geïnjecteerd

uitvoeringswijze

Als 2.4.2.2, doch de in de muur blijvende spleet na geïnjecteerd met minerale grout of lichtschuimende injectiehars, volgens de aanbevelingen in onderzoeksrapporten 'Detectie' en 'Injectie'.

beoordeling

Esthetisch aanvaardbaar. Mechanisch kwetsbare uitvoeringswijze met risico van hernieuwde lekkage.

Conclusie:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| - gebouwen - niet dynamisch belast | voldoet / mogelijk te vergaand |
| - molens | voldoet |

2.4.2.4 Halfsteens inboetwerk alleen buiten

uitvoeringswijze

Zo smal als mogelijk worden alleen buiten gebroken koppen en strekken halfsteens diep uitgehakt en ingeboet. Binnen wordt niets gedaan (waargenomen o.a. molen De Valk Leiden, 2007).

Esthetisch, wanneer nieuwe of gebikte stenen toegepast, tamelijk opvallend. Kan echter door patineren meer op de tint van het omringende muurwerk worden gebracht. Binnen blijft de scheur zichtbaar.

De scheur blijft als spleet in de muur bestaan. Kan weinig horizontale trekspanning opnemen.

beoordeling

Esthetisch aanvaardbaar. Mechanisch kwetsbare uitvoeringswijze met risico van hernieuwde scheurvorming = lekkage. Alleen op niet regenbelaste gevels / zijden.

Conclusie:

- gebouwen - niet dynamisch belast'
- molens

**alleen op niet regenbelaste gevels
voldoet niet**

2.4.2.5 Halfsteens inboetwerk buiten – binnen afgepleisterd

uitvoeringswijze

Als bij 2.4.2.4, bovendien over binnenzijde van de muur een pleisterlaag gezet.

Buiten, wanneer nieuwe of gebikte stenen toegepast, esthetisch tamelijk opvallend. Kan echter door patineren meer op de tint van het omringende muurwerk worden gebracht. Binnen wordt de scheur onzichtbaar.

De scheur blijft echter als spleet in de muur bestaan. Kan weinig horizontale trekspanning opnemen.

beoordeling

Esthetisch aanvaardbaar. Mechanisch kwetsbare uitvoeringswijze met risico van hernieuwde lekkage, waarbij het niet gevulde deel van de scheur als een soort 'kanaal' kan werken. Wanneer de scheur over een gevelopening loopt kan het vocht daarin aan de bovenkant van die gevelopening uit de muur komen.

Conclusie:

- gebouwen - niet dynamisch belast
- molens:

**voldoet niet
voldoet niet**

2.4.2.6 Buiten en binnen gebroken stenen hersteld met steenreparatiemortel

uitvoeringswijze

Toegepast bij fijne scheuren. Buiten en binnen worden de gebroken stenen opgehakt en met steenreparatiemortel in kleur aangeheeld. Minimalistische aanpak die het authentieke materiaal zoveel mogelijk spaart. De scheur blijft als spleet in de muur bestaan.

beoordeling

Esthetisch aanvaardbaar. Mechanisch kwetsbare uitvoeringswijze met risico van hernieuwde lekkage.

Conclusie:

-gebouwen - niet dynamisch belast
-molens.

voldoet niet
voldoet niet

2.4.2.7 Buiten en binnen gebroken stenen hersteld met steenreparatiemortel – nageïnjecteerd - spiraalwapening

uitvoeringswijze

Als bij 2.4.2.6, voorts nageïnjecteerd als bij 2.4.2.3 en gewapend met spiraalankers aan de buitenzijde.

beoordeling

Esthetisch aanvaardbaar. Mechanisch meer solide door spiraalwapening en door het nageïnjecteren minder kans op hernieuwde lekkage.

Conclusie:

- gebouwen – niet dynamisch belast
- molens

voldoet / mogelijk te vergaand
voldoet

2.4.2.8 Buiten gebroken stenen hersteld met steenreparatiemortel

uitvoeringswijze

Toegepast bij fijne scheuren. Buiten worden de gebroken stenen opgehakt en met steenreparatiemortel in kleur aangeheeld. Binnen blijft de scheur zichtbaar. Minimalistische aanpak die het authentieke materiaal zoveel mogelijk spaart. De scheur blijft als spleet in de muur bestaan.

beoordeling

Esthetisch aanvaardbaar, wanneer binnen het herstel van de scheur visueel meer zou opvallen dan het onhersteld laten van de fijne scheur. Mechanisch kwetsbare uitvoeringswijze met risico van hernieuwde lekkage.

Conclusie:

-gebouwen - niet dynamisch belast
-molens

voldoet
voldoet niet

2.4.2.9 Halfsteens inboetwerk buiten

uitvoeringswijze

Zo smal als mogelijk worden buiten gebroken koppen en strekken halfsteens diep uitgehakt en ingeboet.

Esthetisch, wanneer nieuwe of gebikte stenen toegepast, tamelijk opvallend. Kan echter door patineren meer op de tint van het omringende muurwerk worden gebracht.

Er blijft mogelijk een rest van de scheur als spleet in de muur bestaan.

beoordeling

Esthetisch aanvaardbaar. Mechanisch kwetsbare uitvoeringswijze met risico van hernieuwde lekkage.

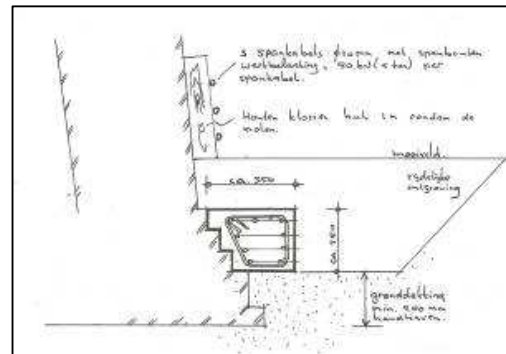
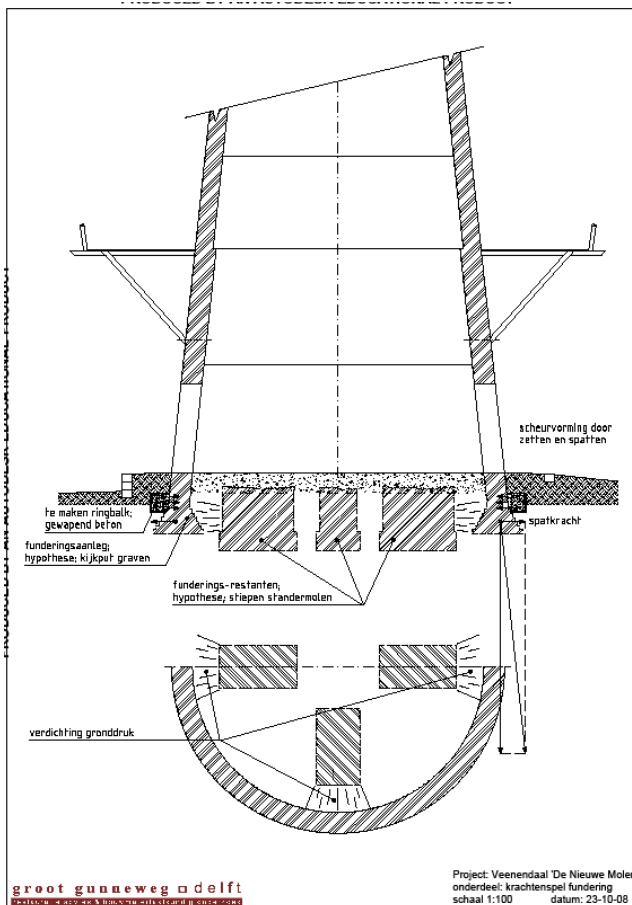
Conclusie:

-gebouwen - niet dynamisch belast
 -molens.

voldoet
 voldoet niet

2.5 Stabiliseren scheurvorming molens t.g.v. 'malen': ondermaaienveldse ringbalk

In een steeds groter aantal gevallen, zeker wanneer er sprake is van funderingsrestanten van een standerdmolen, wordt bij molens waarin scheurvorming bestaat, voor het uitvoeren van het scheurherstel, een *ondermaaienveldse gewapend betonnen ringbalk* aangebracht, die om de schoongemaakte buitenzijde van het metselwerk, als binnenste bekistingszijde, wordt gestort. Deze ringbalk dient om de spatkrachten op te vangen en indien voldoende hoog gedimensioneerd, ook om het dynamische zettingsverschil door eventueel ongelijkmatige draagvermogen van de fundering (voldoende vormvastheid tegen schranken) te compenseren.



constructietekening met instructies voor uitvoering (ing. Bureau Wassenaar BV Haren)



ondermaaienveldse gew. betonnen ringbalk om molenromp in uitvoering (foto Gemeente Westland P.A.Bouwer)

Figuur 2.9 Aanbrengen ringbalk om scheurvorming in de romp van de molen tegen te gaan

Een uitvoeringswijze waarbij eerst een sponning in het metselwerk wordt gehakt waar de balk deels in wordt gestort is niet aan te bevelen. Dit middel is erger dan de veronderstelde kwaal. Men gaat dan uit van het idee dat bij evt. verdere zetting van de molenromp de gronddruk tegen de onderzijde van de balk door het conisch verloop van de binnenzijde, zou kunnen leiden tot het 'omhoog schuiven' van de ring.

De kracht die bij dit ruwe oppervlak daarvoor nodig zou zijn is echter vele malen groter dan de mogelijke eventuele opbouw van gronddruk onder de ring zou kunnen zijn. Terwijl het niet zeker is of zich na eeuwen zelfs daadwerkelijk nog een verdere zetting gaat voordoen. Bovendien ontstaat tot aan het storten en uitharden van het beton de minder wenselijke situatie dat bij de uitvoering tijdelijk een verzwakking ontstaat omdat men de muurdoorsnede door het uithakken vermindert.

Het is verleidelijk om bij dit type scheuren in molens te propageren dat het maken van een ringbalk in alle gevallen is aan te bevelen. Baat het niet dan schaadt het niet. Het is echter toch een redelijk kostbare ingreep reden waarom men dit van geval tot geval moet bekijken. Wanneer er tegen de molen aanbouwen zijn opgetrokken is dit bovendien een nog veel ingrijpender klus die ook nog eens de nodige bijkomende schade oplevert. Bovendien stelt de uitvoering bijzondere voorzorgen om te voorkomen dat bij het weggraven van een deel van de gronddekking in combinatie met de aanwezige scheuren, de grenzen van de stabiliteit worden overschreden.

De eenvoudige monitoring met gipsstrookjes gedurende 1 jaar kan hier mede helpen om een gefundeerde beslissing te nemen, waarbij de situatie dan wel zo dient te zijn, dat de molen in dat betreffende jaar ook gemalen heeft uiteraard.

Dimensionering

De dimensionering en de wapening dient per geval door een constructeur te worden berekend.

2.6 Conclusies

Voor duurzaam waterdicht en esthetisch aanvaardbaar herstellen van transversaalscheuren in historisch massief metselwerk kan geconcludeerd worden dat:

De traditionele uitvoeringsmethoden voor

- Statisch belast metselwerk veelal voldoen
- Dynamisch belast metselwerk meestal niet voldoen

De innovatieve uitvoeringsmethode: spiraalankers-versterking

- Gezien de aanzienlijke verbetering van het mechanisch gedrag onder trekspanning perspectief biedt voor scheurwerkherstel van dynamisch belast metselwerk
- De onzekerheid m.b.t. chlorideresistentie van de spiraalwapening kan tot het minimum worden teruggebracht door de kwaliteit RVS AISI 316 toe te passen.

Er zijn besteksteksten uitgewerkt voor de op basis van dit deelonderzoek aanbevolen uitvoeringswijzen voor het herstel van transversaalscheuren. Deze zijn opgenomen in de *'Bouwstenen voor de Richtlijn Bestekteksten Inboetwerk, Scheurherstel transversaalscheuren en Voegwerkherstel voor de restauratie van zwaar regenbelast historisch metselwerk gemetseld in 'kalk''*.

2.7 Literatuur

- Meichsner, H. Instandsetzung der gerissenen Fassaden am Wismarer Rathaus in Bausubstanz 3-4 2010 Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart]
- Meichsner, H. Spiralanker für die Mauerwerkinstandsetzung; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2009
- Groot, C. en Gunneweg, J. Onderzoek Vochtproblematiek Stenen Molens p. 7 en p. 68
- Groot, C. en Gunneweg, J. 'Inspectierapport- Bouwfysisch Onderzoek -Hersteladvies De Nieuwe Molen Veenendaal' groot gunneweg delft, Delft okt. 2008
- Gunneweg, J. 'Inspectierapport, Bouwfysisch Onderzoek, Hersteladvies molen De Eersteling Hoofddorp'; groot gunneweg delft, Muiderberg aug. 2010
- Hermans, Taco. Leve(n) de scheuren!, in reader roadshow instandhoudingstechnologie Rijksdienst voor de Monumentenzorg, sept. 2002
- 'Scheuren, scheefstanden, verzakkingen (instortingsgevaar?)' Syllabus WTA Studiedag 25 maart 2011 te Bergen op Zoom
- Weeren, Kees van; 'Beoordeling van Monumentale Constructies' artikel in Syllabus WTA Studiedag 25 maart 2011
- Vent, Ilse de; 'Structural damage in masonry'- developing diagnostic decision support' proefschrift Delft 24 juni 2011 ISBN : 9787-90-8570-759-2
- Vent, Ilse de; 'Prototype of a diagnostic support tool for Structural damage in masonry' uitwerking van proefschrift Delft 24 juni 2011 ISBN : 9787-90-8570-760-8
- Hees, van et. al. 'Historic Trass-Lime Mortars, with expansive reactions: characterisation and repair strategies' Syllabus RILEM Workshop Delft jan. 2005].
- Hacquebord et. al. 'Herstel van zwaar vocht- en sulfaatbelast massief metselwerk'; Syllabus WTA Studiedag Interventies en hun Consequenties; Drongen B 13 nov 2009]

geraadpleegde websites

- www.totalwallconcept.nl/producten/helibar.html
- www.desoi.de/nl/produkte/shop/shop/index/c292_Anchor-Systems-Spiral-Anchor
- www.knb-baksteen.nl/infobladen/infoblad_27.html

3. Uitvoeringswijzen voegwerkherstel

context

Dit onderzoek heeft betrekking op het hervoegen van al dan niet eerder hervoegd, in kalkmortels gemetseld zwaar regenbelast, waarschijnlijk zoutbelast oorspronkelijk doorgestreken metselwerk.

Het voegtype is 'platvol'.

Knip- of snijvoegwerk en/of historisch metselwerk met andere karakteristieken valt uitdrukkelijk buiten het onderzoeksgebied.

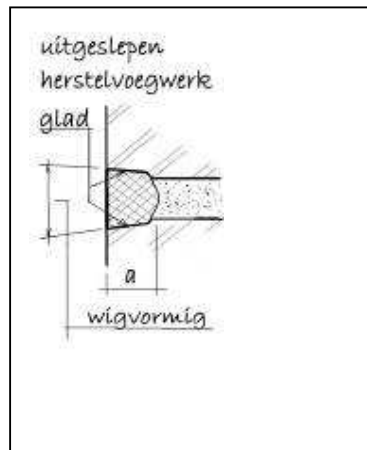
samenvatting

- Diep uithakken (niet fraisen of slijpen) van de oude voegen minstens zo belangrijk als juiste mortel
- Voeguihakwerk historisch metselwerk: geen veredeld sloperswerk maar delicaat vakwerk.

3.1 Probleemstelling

3.1.1 Uithakdiepte, kwalijke praktijk: snel alleen de verweerde mortel eruit en lekker breed

Wanneer men in de huidige tijd voor de opgave komt te staan tot het uitvoeren van een hervoegbeurt aan dit type muurwerk is het meestal zo dat al eerder een herstelvoegbeurt is uitgevoerd, vaak daterend uit de jaren '70 – '90 van de vorige eeuw. Soms al wel meerdere malen.



Hierbij is vaak het geval dat de voegen in het verleden op een grove manier zijn uitgehaald. 'Geslepen' of 'gefreesd' waarbij de 'uithakdiepte' vaak niet meer dan 8 à 10 mm bedroeg. Vooral omdat het vaak om oorspronkelijk doorgestreken werk ging was dat voldoende om de verweerde mortel te verwijderen.

Er was dan met een slijptol en een dikke carborundum afbraamschijf waarvan de randen schuin waren weggeslepen, het verweerde voegmateriaal v – vormig weggeslepen waarbij de steenranden werden geraakt en de oorspronkelijk ragfijne voeg van 4-6 mm, werd 'opgeruimd' tot een in de nieuwbouw gebruikelijke breedte van circa 10 mm.

Ook werden soms 2 dunne diamantschijven op elkaar op de slijptol gemonteerd waardoor men ook die breedte haalde maar de ondiepe 'voor' rechthoekig en eveneens glad werd. Soms werden de voegen uitgefreesd, eveneens rechthoekig, ondiep glad en breed.

De breedte was na de behandeling vrijwel altijd veel breder dan de oorspronkelijke voegbreedte, die vaak varieerde van 5 – 8 mm voor de lintvoegen en 3 – 5 mm voor de stootvoegen. De voegbreedte is daarbij soms 'opgeruimd' tot wel 10 mm of meer (foto's figuur 3.1) en 'wigvormig' geworden.

Hierdoor ontstond een onherstelbare schade aan de steenranden en werd het beeld door de uitvoering van de voegbeurt vanwege die veel bredere voegen totaal veranderd.

Meestal was voor de nieuwe voeg een niet compatibele cementmortel toegepast. Soms was er tevens een gevelreinigingsbeurt uitgevoerd waarna gehydrofobeerd.

3.1.2 Twee mislukte hervoegebeurten binnen 5 – 15 jaar

Op verschillende plaatsen is gebleken, dat na een hervoegbeurt men wederom tot hervoeegen overgaat, omdat de voegen na korte tijd door vorst zijn uitgedrukt. Zelfs gebeurde het, dat als men dan een wel compatibele voegmortel toepast, ook deze voegen niet lang op hun plaats blijven. Bij molens komt daar nog het aspect van 'trilling' ten gevolge van het malen bij.

Het kan voorkomen dat men dan binnen 10 à 15 jaar met twee mislukte hervoegebeurten komt te zitten.

Bij een 2^e hervoegbeurt in korte tijd laat zich het harde cementvoegje er gemakkelijk uithakken. Wat niet opvalt door het stof dat hierbij op de muur en in de uitgehakte voegen komt is dat je niet dieper komt maar de nieuwe voeg in feite inzet in hetzelfde een aantal jaren eerder geslepen ondiepe sleufje. Op dat punt heb je dus niets verbeterd.

3.1.3 Schadebeelden

De aard van de schade wordt gevisualiseerd in de onderstaande bloemlezing van foto's van mislukte hervoegeprojecten, waarvan de meeste inmiddels volgens uit voortschrijdend inzicht verkregen aangepaste uitvoeringswijzen, opnieuw zijn gedaan.





Figuur 3.1 Door grof, onvakbekwaam uithakwerk, grote schade aan de steenranden; niet terug te draaien; bovendien een niet compatibele mortel toegepast; gelukkig wel terug te draaien.



Figuur 3.2 Doorstrijkwerk is zeer duurzaam, het valt aan de noord en oostzijde van gebouwen soms nog in zijn oorspronkelijke toestand te zien (zoals op deze foto, doorstrijkwerk in kalkmortel (1767)), waarbij het soms zowel uit bouwkundig oogpunt als uit cultuurwaarden optiek beter is geen voegherstel uit te voeren.

3.1.4 Aanvankelijke remedies: accent op mortelcompositie; uitvoeringsaspect blijft buiten beschouwing

In eerste instantie was de aandacht van de restauratietechnologen en het wetenschappelijk onderzoek bij het zoeken naar oplossingen voor hervoegeproblemen vooral gericht op de eigenschappen van de voegmortel.

Compatibele, zachtere, meer elastische en meer poreuze mortels zouden het probleem kunnen oplossen.

Dit bleek maar een deel van het verhaal. Bij de uitvoeringswijze en met name de wijze van uithakken/slijpen werd te weinig stil gestaan.

Het uitvoeringsaspect echter, met name de manier waarop het voeguihakwerk werd gedaan is bij nauwkeurige bestudering van shadebeelden duidelijk ook van grote invloed op het uitdrukken van de voegen.

Een eerste aanzet tot beter en dieper uithakken werd in de praktijk gegeven omstreeks eind jaren '90. Hieromtrent werd gerapporteerd in het 'Onderzoek Vochtproblematiek Stenen Molens' waarin een voorbeeld wordt aangehaald van een voegherstelbeurt [pp. 66, 67] waarbij men op een zorgvuldige wijze de voegen tot minimaal 20 mm diep uithakte.

3.2 Evolutie voeguithakken bij restauratievoegwerk

3.2.1 Voeguithakken veredeld sloperswerk?

Het povere niveau van uitvoering had te maken met een complex van factoren.

Men is geneigd als eerste het gebrek aan vakmanschap te noemen.

Er werd niet volgens de regelen der kunst gewerkt. De vraag is natuurlijk, wanneer er geen consensus is over die regelen, als die min of meer nog moeten worden uitgevonden, hoe kan men dan toetsen of iets vakbekwaam is of niet.

Er speelden ook commerciële motieven (grote slagen, gauw thuis) waarbij voegherstel in de restauratiesector (massief metselwerk, fijne voegen) qua werkopvatting niet werd onderscheiden van voegwerkherstel in de woningrenovatiesector (spouwmuurbouw, cementmortels, grove voegen).

In het verleden werd het uithakwerk vaak onder-uitbesteed aan een sloopbedrijf.

Ook opdrachtgevers hadden natuurlijk hun belang bij een lage prijs, in een bepaalde periode van de geschiedenis niet gehinderd door het inzicht dat hier goedkoop wel eens duurkoop zou kunnen blijken.

Inmiddels is dit nu een ook in deze sector van voegwerkherstel wel een 'waar' cliché gebleken



Figuur 3.3 Gereedschappen (sleuvenfrees en dikke carborundum afbraamschijf) die tot kwalitatief slecht werk leid(d)en (par.3.1.1)

3.2.2 Bewustwordingsproces: ook voeguihakwerk in de restauratie is een vak!

Door druk van verschillende kanten is er gelukkig een kentering gekomen in deze werkopvatting en ontstaat er van lieverlee een onderscheid in nieuwbouwvoegers, renovatievoegers en restauratievoegers.

De tijd dat het uithakwerk bij restauratiewerk werd uitbesteed aan een sloopbedrijf lijkt – uitzonderingen daar gelaten – toch achter ons te liggen.

Besteksteksten die tot in detail beschrijven hoe de ideale werkwijze dient te zijn kunnen van grote waarde zijn.

Echter, het bereiken van een hoge kwaliteit is niet slechts een 'papieren' kwestie. Een adequaat deskundig toezicht, dat op de juiste momenten op de bouw is, kan niet ontbreken wil men het gewenste hoge kwaliteitsniveau halen.

Daarnaast zou het aanbeveling verdienen een praktijktraining voeguihakwerk historisch metselwerk op te zetten, bijv. Nationaal Restauratie Centrum. Opdat ook op dit aspect, waar de afgelopen decennia zoveel is misgegaan, ook het niveau van het vakmanschap vooruit gaat. Dat is niet alleen cruciaal is voor de duurzaamheid van het voegwerk, maar ook hoe de muur onder de hervoegbeurt tevoorschijn komt,

Duidelijk moge zijn dat een dergelijke benaderingswijze duurder is dan de vlug en snel renovatie-voegherstel benadering, maar de levensduurverlenging van het werk is - zoals in de volgende paragraaf zal worden onderbouwd - vele malen hoger dan het prijsverschil.

En blijvende schade aan het historische muurwerk is sowieso niet acceptabel. En dus in strijd met iedere restauratie-filosofie.

3.3 Theoretische aspecten uithakdiepte en verschil slijpen / hakken

3.3.1 Drie aspecten die elkaar versterken

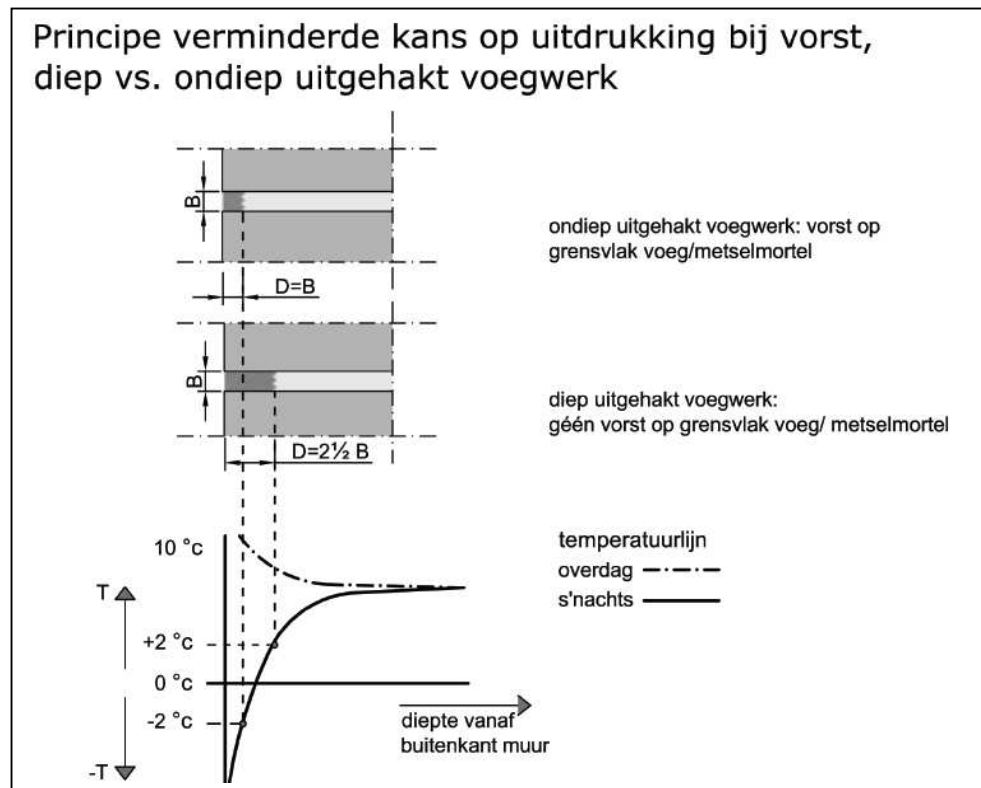
Dat er meer aspecten aan de orde zijn m.b.t. de uithakdiepte dan dat alle verweerde legmortel moet zijn verwijderd, daar is men zich nog niet zo lang van bewust.

Met name de theorie achter het uitdrukken van de voeg door vorst en de daardoor ontstane schuifkrachten.

- **grensvlak voeg / metselmortel dieper: minder kans dat vorstfront dit bereikt; kans uitdrukken door vorst wordt aanzienlijk gereduceerd;**
- **omtrekvergroting hechtvlak voeg / baksteen;**
- **ruwheid i.p.v. gladde structuur.**

Er is vastgesteld dat mede door krimp er een gedeeltelijke gebrekkige hechting is van de voegmortels aan de ondergrond. Dit heeft mede te maken met de gladde structuur van het 'geslepen' hechtvlak, ontstaan bij de eerste hervoegbeurt.

Bij uitdrukken van de voeg is er echter niet sprake van een trekkracht waarbij hechtsterkte van belang is, maar van een schuifkracht: afschuifweerstand tussen mortel en de aanliggende steen, dus is ruwheid, reliëf, van primair belang!



Bij uitdrukken door ijsvorming achter de voeg wordt druk achter de voeg uitgeoefend en ontstaat afschuifspanning aan de randen, het contactvlak tussen steen en voeg. Bij een geslepen of gefraisd zeer glad oppervlak van de steen is er weinig weerstand tegen afschuiving (in de nieuwbouw speelt dit niet: nieuwe steen heeft een ruwe oppervlakte-structuur).

Oplossing: diep uithakken, naar een 'gekartelde' oppervlakte structuur.

Er moet naar *beduidend dieper* dan de huidige geslepen diepte, liefst 2x zo diep, zo mogelijk 25 mm bij een (oorspronkelijke) voegbreedte van 8-10 mm, worden uitgehakt, waarbij een gekartelde structuur van het oppervlak moet ontstaan.

De voordelen daarvan zijn:

- grensvlak oud /nieuw dieper in de muur, verder van het vochtfront en verder van het evt. vorstfront. Kans op vorstschade (uitdrukken) minder.

Indien onverhoopt toch ijslensvorming in grensvlak:

- omtrek hechtvlak neemt toe. Wordt bij gelijkblijvende voegbreedte van 10 mm dieper naar 25 mm, 2.5 x zo groot!
- gehakte structuur geeft betere mechanische hechting, grotere weerstand tegen uitdrukken (schuifkracht).

hypothetisch rekenmodel duurzaamheidverlenging

ondiep – wigvormig – glad tegenover diep – planparallel – ruw

Hoewel er geen betrouwbare grootheden voor ruwheid slijpen vs hakken en aantallen vriesdooiwisselingen per seizoen op grensvlak voeg / legmortel bij diep en ondiep uithakken bestaan kan men met een paar afnamen wel rekenkundig zichtbaar maken wat de invloed hiervan op de duurzaamheid mbt uitdrukken voegen zou kunnen zijn. Nogmaals de berekening is hypothetisch want berustend op aannamen en niet op onderzoeksgegevens.

Stel

- d = diepte = afschuiflengte 10 resp. 25
- sf = factor schuifweerstand geslepen structuur – behakte opp. structuur, stel 0,5 resp. 1,5
- vdw = aantal vriesdooiwisselingen dat vorstfront per winter grensvlak voeg / legmortel bereikt stel 30 resp. 20

Indien men aanneemt dat de duurzaamheid D tegen uitdrukken rechtevenredig is met bovengenoemde factoren, dan komt men tot de volgende levensduurverlenging

$$D = d * sf : vdw$$

$$\text{Bij ondiep en uitgeslepen } d = 10 \text{ mm, } D = 10 * 0,5 : 30 = 0,16$$

$$\text{Bij diep en uitgehakt, } d = 25 \text{ mm, } D = 25 * 1,5 : 20 = 1,9$$

$$\text{Levensduurverlenging } 1,9 / 0,16 = 12 \times$$

Hoewel de aannames in de waarden voor sf en vdw arbitrair zijn geeft de uitkomst van dit rekensommetje wel duidelijk een beeld van het belang diep uithakken met een behakte oppervlaktestructuur voor de duurzaamheid!

Men kan zich afvragen waarom in de nieuwbouwsector, wanneer men de metselmortel uitkrabt, een diepte van 10 – 15 mm volstaat. De verklaring moet zijn gelegen in de ruwheid van het hechtvlak. Bij nieuw voegwerk in een nieuwe muur zijn de stenen ruw en blijven er zandkorrels met bindmiddel aan

hangen die de ruwheid nog vergroten. In het grensvlak met de uitgekrabde metselmortel ontstaat ook een ruwe structuur. Hierdoor ontstaat een betere hechting dan wanneer men bij bestaand voegwerk de uitgeharde mortel moet gaan verwijderen. Zelfs hakken, bij een vette kalkmortel als oorspronkelijke metselmortel, levert toch een hechtvlak als eindresultaat waarvan de ruwheid en het zuigend vermogen beduidend minder zijn dan het eerder beschreven hechtvlak van de uitgekrabde voeg.

Het gaat bovendien om spouwmuurbouw en vermoedelijk is er daar, doordat de metselmortelvoeg naar achteren kan drogen, weinig kans op een zodanig hoog vochtgehalte in het interface dat er ijslensvorming kan ontstaan.

3.3.2 Vuistregel uithakdiepte

Een verdere uitwerking daarvan werd gegeven in 'Nut en noodzaak diep hervoegen', waarbij enkele uitvoeringsdetails voor het uithakwerk werden gepresenteerd die wij hier overnemen. Ook werd een vuistregel voor het bepalen van de uithakdiepte gegeven, t.w.

Vuistregel uithakdiepte

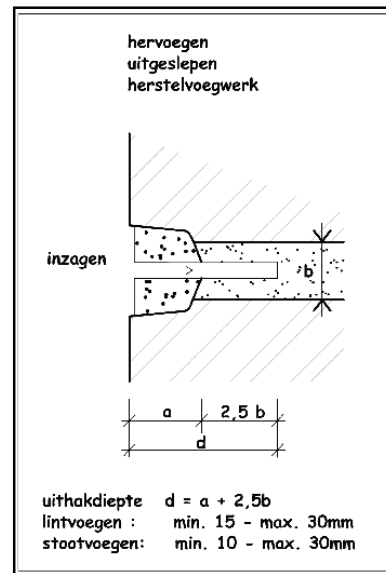
**2 1/2 x de dikte van
de oorspronkelijke mortelvoeg**

**(+ de diepte van de sleuf van
het eerdere uitslijpwerk)**

doch:

- lintvoegen : min. 15 en max. 30mm.
- stootvoegen: min. 10 en max. 30mm*

*** voor zover technisch mogelijk**



Figuur 3.5 Vuistregel uithakdiepte

Verskillende projecten zijn uitgevoerd met deze voor de praktijk nog grote uithakdiepten. De voegen uitgevoerd in 'zachte' mortels (vnl. hydraulische kalk) hebben zich tijdens de afgelopen strenge winters goed gehouden zonder uitdrukken van de voegen.

Naast deze praktijkresultaten werden ook nog vries-dooi proeven van dit type voegen uitgevoerd bij TNO-Delft. Vergelijking van de resultaten van diepe voegen met ter beschikking staande resultaten van ondiepe voegen liet zien dat diepere voegen duidelijk minder kans hebben om uitgedrukt te worden.

Aanbevolen wordt de vuistregel als uitgangspunt te nemen voor hervoegwerk bij restauratie van historisch metselwerk het type waar het in dit desbetreffende onderzoek om gaat : zwaar regenbelast, mogelijk zoutbelast in kalk, zgn. 'zacht metselwerk'. Uit de waargenomen uitvoeringswijzen op diverse projecten blijken diepten van 30 mm goed haalbaar te zijn.

NB:

*het is aannemelijk dat bij **niet zwaar regenbelast** massief metselwerk een **geringere uithakdiepte volstaat**.*

Te denken valt aan gevels met grote dak-overstekken, of goten, gevels gelegen aan de noord – en de oostzijde van gebouwen, gevels aan de zuid en de westzijde maar in smallere straten waardoor geen of weinig bezonning en of regenbelasting, met al dan niet in plaats van doorstrijkwerk, bij de bouw gemaakte uitgekrabde en als snijwerk ingezette voegen.

Het geven van vuistregels in dergelijke gevallen zou kunnen voortvloeien uit evt. nader wetenschappelijk onderzoek, waarin op de manier als in het onderhavige onderzoek gedaan voldoende praktijkcasussen met hun specifieke klimaatbelastingscondities en overige relevante aspecten zijn bestudeerd. Dit valt buiten het huidige onderzoek.

3.4 Werkwijze uithakken – controle uithakdiepte

3.4.1 Aanbevolen werkwijze

Elk voegbedrijf heeft zijn eigen manier ontwikkeld om naar de thans steeds meer algemeen gedeelde inzichten in de restauratiesector het voeguihakwerk uit te voeren. De innovatie in gereedschappen speelt daar ook een rol bij. Hierbij moet worden gedacht aan de ontwikkeling van steeds betere voegenbeiteltjes en de uitvinding van de 'knabbelzaag'.

Toch is er wel wat voor te zeggen om in het bestek, of in een daaraan ten grondslag liggende richtlijn, een aanbevolen werkwijze te beschrijven die als leidraad dient.

Een uitvoeringswijze die veel wordt gevolgd en tot goede resultaten leidt is de volgende: De lintvoegen inzagen in het midden van de voeg met een dunne diamantzaag waarna de diepere zijanten en achterzijde na inzagen naar een ruwe structuur opgehakt worden met een licht, instelbaar pneumatisch Widia voegenbeiteltje. Daarna de stootvoegen. Vervolgens kantig nahakken met de hand. In geen geval een slijpschijf of frees gebruiken.

(zie de 5 schetsjes op de volgende bladzijde)



bron: www.klopinnovations.com



bron: www.diamantzagen.nl



Widia voegenbeitel dik 4mm; type dat volgens vele voegers uitermate geschikt is om - na voorafgaand inzagen - diep uithakken zonder de stenen te beschadigen [foto [www. Diaber.com](http://www.Diaber.com)]



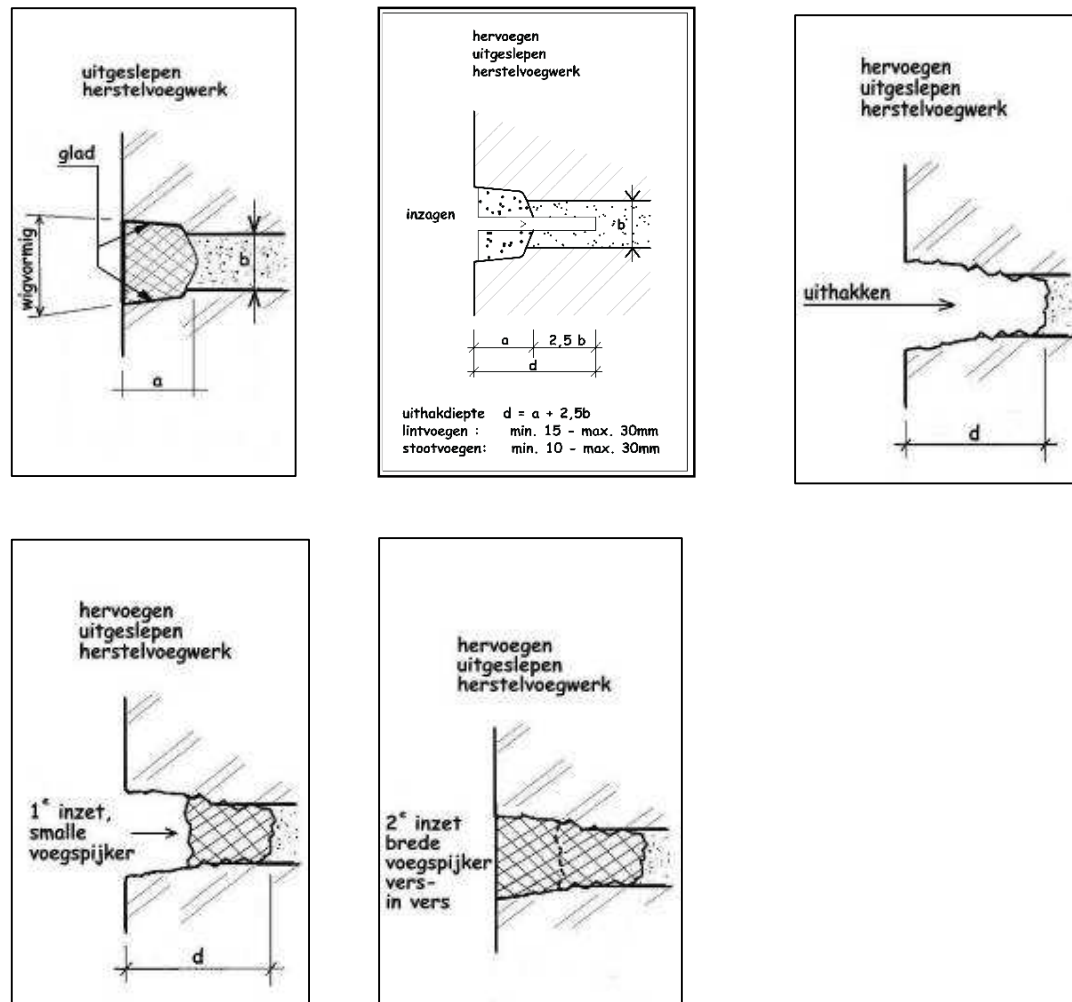
bron: www.foerch.nl



bron: www.ijzerwarenunie.nl

Figuur 3.5 Gereedschap voor kwalitatief goed uithakwerk

Principe schetsen uithakken en inzetten van reeds eerder hersteld (wig-vormig uitgeslepen) voegwerk.



Figuur 3.6 Stadia van uithakken reeds eerder hersteld voegwerk

Het ideaalbeeld is dat zo wordt gewerkt dat de doorsnede van de uitgehakte voeg rechthoekig en gekarteld is zoals aangegeven in de hierboven bedoelde principeschetsjes. Vanzelfsprekend in geen geval V – vormig en geen geslepen oppervlaktestructuur. Een bijkomende eis zal moeten zijn dat geen schade ontstaat aan de randen van de steen.

Uithakwerk in de praktijk



Figuur 3.7 Vakbekwaam uithakwerk

3.4.2 Beschadigde stenen

Men zal in het bestek vastleggen, dat de eventueel desondanks beschadigde strekken of koppen door en voor rekening van de aannemer met een compatibele (porositeit) steen worden vervangen en evt. patineren daarna.

In de praktijk blijkt dit uiteraard een punt dat veel discussie oplevert. Welke stenen reeds waren beschadigd en welke niet is door evt. verwerking van afgesprongen hoeken nog wel te zien.

Maar van de stenen die pas na het uithakken schade vertonen kunnen er ook zijn die reeds verborgen scheurtjes hadden. Niet alle schade aan voor het uithakken visueel nog gave stenen is namelijk een direct gevolg van het uithakwerk. Het komt voor dat er verborgen thermische scheurtjes onder het oppervlak van de steen zitten. Die hoekjes van de steen zijn dan niet afgefallen omdat ze aan de voegmortel zijn gehecht. Zodra men gaat hakken, springen die hoeken eraf.

Een ander geval is dat bij stenen die erg bros zijn heel kleine stukjes kunnen afspringen, die sterk opvallen omdat ze veel helderder van kleur zijn dan het verweerde oppervlak, ook omdat men er op het steiger pal bovenop staat. Hoewel het principe: geen schade aan de randen van de stenen strak moet worden gehouden, kan men zich afvragen in hoeverre het verstandig is stenen met dergelijke minieme schade te laten vervangen. Bouwkundig wordt het er niet beter op. En visueel meestal ook niet. De minuscule schadeplekjes zullen snel door verwerking bijkleuren en ook zal men op afstand dit al gauw niet meer kunnen waarnemen.

Dit betekent dat men op dit punt een verstandige middenweg tussen het formele uitgangspunt en de mogelijkheden en onmogelijkheden bij de uitvoering zal moeten zien te vinden.

Een bruikbaar gebleken manier om de uithakdiepte te controleren is door gebruik te maken van controlemallen. Deze zijn geschetst in de 'Bouwstenen....' en worden voor het desbetreffende werk op de juiste maat gemaakt in 3-voud. Eén voor de voegmithakker, één voor de opdrachtgever en één voor de directie.

Het kost vaak enige moeite om dit in de uitvoering geïmplementeerd te krijgen, maar het blijkt een simpel maar doeltreffend instrument om tot een gewenst eindresultaat te komen.

Het is vanzelfsprekend dat in het bestek wordt vastgelegd dat met het inzetten van de voegen niet wordt gestart dan nadat het uithakwerk is goedgekeurd.

Nb:

Let wel: Diep uithakken gaat niet, of slechts met grote schade aan de stenen, bij een cementgebonden metselmortel, bv inboetwerk in oorspronkelijk in kalk gemetseld werk waarbij in het verleden inboetingen in cementmortel zijn gemaakt.

Dit is vaak pas waarneembaar op het moment dat men bezig gaat de voegen uit te hakken. Vooronderzoek en bestuderen van restauratiegeschiedenis kan dit voorkomen.

3.5 Inzetten voegen

3.5.1 Inzetten voegen - eigen controle op vulling

Het geheel gevuld krijgen van de diepe voeg is essentieel. Daarom zal de voeger bij het inzetten voegmortel bij smaller worden van de voeg in de diepte - wat bijna niet te vermijden is - de voegspijker eerst iets horizontaal verdraaid houden om de specie diep in te werken.

Eventueel zal, direct na elkaar vers in vers werkend, in 2 lagen worden gewerkt met eerst een smalle, daarna een bredere voegspijker. De aannemer dient geregeld controle te houden op een goede vulling door met de duim, met name op de kruising van de verse lintvoeg-stootvoeg, te drukken. Als er een deuk in de mortel kan worden gedrukt zonder dat eenzelfde hoeveelheid mortel aan de zijkanen uitstulpt is de vulling niet in orde. Ook de directie zal dit uiteraard steekproefsgewijze doen, zonder dat dit de betekenis heeft van een keuring zoals die bij de oplevering geschiedt en hierna is beschreven.

3.5.2 Keuring

Restauratievoegwerk vraagt om een ander soort keuring dan in de nieuwbouwsector waar men op basis van de CUR Aanbeveling 62 – 'Het voegen van metselwerk' met de voeghardheidsmeter ofwel de gemodificeerde Schmidt – pendelhamer, de voegen op hardheid keurt. Hier geldt immers het uitgangspunt: hoe harder hoe beter.

Bij voegen in 'zacht metselwerk' zoals waar het hier om gaat, is dit, zoals ook in [Rapportage Deelproject Voegmortels] aangetoond, een absoluut fout uitgangspunt. De voeghardheidsmeter wordt hier dus *niet* gebruikt.



Figuur 3.8 De hardheidsmeter, nog steeds zeer ten onterechte in de restauratiepraktijk gebruikt als een maat voor kwaliteit van voegen

Bij de keuring van restauratievoegwerk in 'zacht metselwerk' komen twee aspecten aan de orde:

- controle op algehele uitharding en of er geen verbranding heeft plaats gevonden.
- definitieve controle of de vulling van de voegen in orde is.



Figuur 3.9 Gedeeltelijk opengelegde voeg om de aansluiting tussen de voeg en de erachter liggende legmortel te controleren.

Dit betekent dat de keuring niet reeds binnen enkele dagen nadat het laatste voegwerk is gedaan kan plaats vinden, zoals bij cementmortels gebruikelijk is, maar afhankelijk van de aard van het bindmiddeltype een voldoende termijn voor uitharding moet worden genomen. Bij grotere werken zal men de keuring in verband met het kunnen afbreken van een gedeelte van het steigerwerk kunnen organiseren in enkele fasen, waarbij het goedgekeurde gedeelte als opgeleverd wordt beschouwd.

Een manier om op bovengenoemde aspecten te keuren is de volgende:

Op een aantal plaatsen, regelmatig over het gevelvlak verdeeld, wordt gecontroleerd door tikken met een stalen voorwerp. Klinkt dit hol dan is er een grote kans dat de mortel onder het harde huidje is verbrand. Dit controleert men verder door prikken met een priem of een wrikkende – borende beweging te maken met een kleine schroevendraaier. Zo kan men voelen en zien of er zich onder de buitenhuid van de voeg eventueel niet uitgeharde (niet gecarbonateerde, niet gehydrateerde c.q. verbrande) mortel bevindt.

Vervolgens maakt men dit gaatje met een smalle beitel groter, breed genoeg om er tot op de bodem van de voeg goed in te kunnen kijken en daar ook foto's van te kunnen maken. Men steekt met een mesje aan de beide zijanten, de voeg strak af. Het nu ontstane kijkgaatje wordt goed schoongeblazen.

Hierna kan men al dan niet met behulp van een kleine laser zaklamp controleren of er een goede vulling is van de voeg. Er mag geen holte of zelfs maar een spleetje zichtbaar zijn tussen de voeg en de steen i.c. de schoongehakte zijanten daarvan en tussen de achtergelegen metselmortel.

3.6 Conclusies – aanbevelingen

Het onderzoek levert de volgende conclusies en aanbevelingen op :*

** Van toepassing bij zwaar regenbelast , mogelijk zoutbelast massief metselwerk in kalkmortels (zgn. 'zacht 'metselwerk) met oorspronkelijk doorgestreken voegen, dat mogelijk evt. eerder werd hervoegd.*

- *Diep* uithakken op de juiste manier (niet frezen of slijpen) van de oude voegen is minstens zo belangrijk als de juiste mortelkeuze.
- Uithakdiepte controleren en keuren alvorens met inzetten van de voegen wordt aangevangen.
- Voegwerk tijdens uitvoering op vulling controleren.
- Voegwerk bij oplevering - bij grotere werken evt. gefaseerd -, keuren op evt. verbranden en vulling.
- De hier aanbevolen uitvoeringswijzen zijn vertaald naar de in de 'Bouwstenen....' uitgewerkte besteksteksten.
- Voegmithakwerk historisch metselwerk: geen veredeld sloperswerk maar delicaat vakwerk.
- Aanbevolen wordt om bv bij het Nationaal Restauratie Centrum een praktijktraining voegmithakwerk historisch metselwerk op te zetten, opdat ook op dit aspect, waar de afgelopen decennia zoveel is misgegaan, het niveau van het vakmanschap verbeterd wordt.
- Het verdient aanbeveling vanuit het hier ter sprake zijnde in kalk gemetseld oorspronkelijk doorgestreken massief metselwerk in een vervolgonderzoek door te trekken naar andere tijd/technologie typen van massief metselwerk met de daarbij behorende andere voegtypen en op basis daarvan te komen tot een *aanbeveling voor hervoegen van historisch massief metselwerk*, die tegenhanger kan dienen voor de voor de nieuwbouwsector ontwikkelde CUR aanbeveling 62.

3.7 Literatuur

CUR Aanbeveling 62 – 'Het voegen van metselwerk'

Groot, C. , Gunneweg, J. Onderzoek Vochtproblematiek Stenen Molens

Groot, C. , Gunneweg, J. Rapportage Deelproject Voegmortels, nov. 2011

Gunneweg J. Nut en noodzaak diep hervoegen; groot gunneweg delft, Muiderberg 2007

Geraadpleegde websites

www.diaber.com

4. Verkenning garantiemogelijkheden

4.1 Kwaliteitsbeheersing vs. garantie

Garantie is zowel juridisch als psychologisch een complex onderwerp. Hoewel het buiten de onderzoeksoopdracht valt kan een beschouwing daarvan, in samenhang met het begrip kwaliteitsbeheersing hier niet ontbreken.

Er is voor zover bekend nooit onderzoek naar gedaan, maar de indruk bestaat dat in de gevallen waarin binnen 10 jaar aan zwaar regenbelaste monumentale bouwwerken, met name aan voegwerk, schade ontstond en er sprake was van bestekmatige garantie, dit zelden effectief tot herstel voor rekening van de oorspronkelijke aannemer heeft geleid.

Soms bleek deze garantie dermate zacht dat verhaal onmogelijk was of was de desbetreffende aannemer failliet gegaan.

Inmiddels kan worden vastgesteld dat er in een termijn van 10 jaar ook heel wat kan veranderen aan inzichten op dit vlak, dus dat een herstel met de uitgangspunten van toen, in de situatie van nu, ook niet echt wenselijk is.

Een van die inzichten is, zoals uiteengezet, dat restauratievoegwerk uitvoeren, met name het uithakwerk, een hoog niveau van inzicht en vakmanschap vraagt. Niet alle voegbedrijven hebben deze kennis in huis en een bedrijf dat destijds een werk kreeg opgedragen maar qua kennis van de ontwikkelingen op het gebied van de restauratietechnologie en uitvoerend vakmanschap niet is meegegroeid, ziet men liever niet op zijn eigen inmiddels achterhaalde werkwijze weer opnieuw aan de slag gaan.

Er is minstens één geval bekend dat dit, omdat niemand van het bouwteam (opdrachtgever, directie, aannemer) van het voortschrijdend inzicht kennis had, wel gedaan werd. De geschiedenis herhaalde zich dan en binnen enkele jaren werden de voegen bij vorst wederom uitgedrukt.

Men mag hieruit de conclusie trekken dat garantie, als economisch middel maar van betrekkelijk belang is en zeker niet in de plaats kan komen van een optimale kwaliteitsbeheersing. Immers, wanneer men alleen vertrouwt op de garantieclausule - de garantieclausule als een verzekering tegen knoeiwerk - en het gaat binnen 10 jaar mis, dat er dan een grote kans is dat men om de bovengenoemde redenen daar niets aan heeft en men terug is bij af.

Als men inzet op kwaliteitsbeheersing is er een grote kans dat er *niets mis gaat* en ook na 10 jaar geen beroep hoeft te worden gedaan op de garantieclausule, hoe die ook is geformuleerd en los van het al dan niet nog 'in business' zijn van het desbetreffende aannemingsbedrijf. Dat resultaat is een materieel resultaat en geen papieren document, dat door een opdrachtgever door opnieuw energie en geld te investeren eventueel in materieel resultaat kan worden omgezet.

Kan men dan zonder garantieclausule?

Ja, economisch gezien wel. Maar nee, vanuit een oogpunt van psychologie, het signaal dat de aannemer vertrouwen heeft in de levensduur van zijn eigen werk en van daaruit voor de gemoedsrust van de opdrachtgever, is het wel degelijk van groot belang. Zeker wanneer er – en dat is in dit type restauratiewerk vaak het geval – aan het betreffende object gewerkt wordt omdat er in het verleden een uitgevoerde hervogbeurt is mislukt.

Echter wel in de volgorde, kwaliteitsbeheersing 1 , garantie 2.

4.2 Kwaliteitsbeheersing

Kwaliteit is dus, naast een sluitende formulering van een garantieregeling in het bestek en een aannemer die dat vervolgens waar moet maken vooral ook een 'mentaliteit': kwaliteitsbesef, die bij alle partijen die bij het bouwproces zijn betrokken moet (gaan) leven. Een gesloten cirkel van een in het bouwproces geïntegreerde optimalisering van het kwaliteitsniveau. Waarbij elke speler zijn eigen specifieke verantwoordelijkheid neemt en ook de andere spelers daarop kan aanspreken, met een vanzelfsprekende duurzaamheidverlenging als resultaat, die de bestekmatig vast te leggen garantietermijn ver overstijgt.

Deze omslag is ingezet en daarmee het inzicht dat kwaliteitsbewust handelen tijdens het gehele restauratieproces een gemeenschappelijke verantwoordelijkheid is, niet alleen van de aannemer maar ook van de opdrachtgever, architect en evt. adviseur en wel in alle stappen van het proces.

Deze stappen zijn:

- een gedegen vooronderzoek
- een goed bestek met richtinggevende materiaalvoorschriften
- een budget dat 'kwaliteit' mogelijk maakt
- een adequate voorselectie van uitvoerende bedrijven op het punt vakbekwaamheid
- een zorgvuldige planning m.b.t. evt. seizoensaspecten
- een zorgvuldige uitvoering
- een voldoende mate van deskundig toezicht
- een na-controle na 1 jaar (opleveringstermijn)

Niet te missen om het te completeren, maar als aan al bovenstaande voorwaarden is voldaan, meer symbolisch:

- een juridisch correct geformuleerde garantieclausule in het bestek

4.3 Garantie

4.3.1 Vormen

Er zijn verschillende vormen van garantie.

De meest volledige is die in natura, waarbij een bij schade volledig en zonder bijbetaling vanwege inflatie, door het opnieuw maken door de aannemer van het gegarandeerde onderdeel van het werk, wordt hersteld.

Er bestaat de zgn. aflopende garantie. Hierbij wordt op de aanneemsom van het werk elk jaar, over de termijn van de garantieverlening, 1 jaar afgeschreven en dient de opdrachtgever dat, naar de waarde van dan, het verschil bij te betalen. Een 10-jarige garantie is op die manier, als de garantietermijn vrijwel verlopen is, géén garantie uiteraard.

Soms is sprake van leveranciersgarantie op het product (prefab mortel). Dit heeft alleen betekenis voor de aannemer, niet voor de opdrachtgever en is economisch maar van bescheiden betekenis, omdat die alleen het leveren van een aantal balen mortel betreft wanneer er een aantoonbaar op de mortel terug te voeren gebrek is vastgesteld. Dit is t.o.v. de kosten van het totaal, naast materiaal, ook arbeid en steigerwerk betrekkelijk bescheiden.

Vaker verlenen mortelproducenten in het geheel geen garantie en volstaan met te verwijzen naar de wet 'Productaansprakelijkheid', die ook een termijn van 10 jaar kent. Dit is echter een dwaalspoor zoals juristen hebben uitgelegd want niet bedoeld voor technische gebreken maar voor schade aan personen of goederen van derden.

Voor de volledigheid wordt genoemd de zgn. 'driehoeksgarantie'. Een vorm van garantie waarin leveranciersgarantie en aannemersgarantie zijn gecombineerd. In de nieuwbouwsector zijn regelingen bekend waarbij sommige gerenommeerde mortelproducenten/importeurs samen met de 'applicateur' (stukadoor / voegersbedrijf / aannemer) onder bepaalde condities zo'n driehoeksgarantie aanbieden.

Soms als 'verzekerde' garantie waarbij de premie tot wel 8% van de kostprijs van het desbetreffende onderdeel van het werk kan bedragen. Bij binnen-stuc systemen is een 10 jarige periode gangbaar.

Als gezegd, bij nieuwbouw projecten, waar de eigenschappen van de ondergrond gelijkmatig zijn.

Bij restauratiewerk, zeker bij voegwerk, ligt het minder eenvoudig.

Dit hangt samen met het grote aantal factoren waarvan de duurzaamheid van het herstelvoegwerk, naast de eigenschappen en de kwaliteit van de mortel ook nog afhankelijk is. Met name de eigenschappen van de ondergrond (zouten!) kunnen sterk variëren.

Voor de restauratiesector is, alles in ogenschouw genomen, aan te bevelen te streven naar een in het bestek opgenomen garantie door de aannemer, in natura. De eerstgenoemde vorm.

4.3.2 Garantieperiode

Wanneer wij ons een beeld proberen te vormen van de periode die verliep tussen de bouw van een in massief baksteenmetselwerk opgetrokken bouwwerk en het moment van de eerste herstelwerkzaamheden, dan is er eerder sprake van een periode van tientallen jaren, dan van jaren.

Men zou verwachten dat een garantieperiode, na restauratiewerk ook 10-tallen jaren zou bedragen en geen 'jaren'. Dit is echter noch in de restauratiesector, noch in de nieuwbouw de realiteit.

Ook in de nieuwbouwsector, waar men bouwt op een gemiddelde levensduur van 40 jaar, is in die gevallen waarin een garantieregeling wordt overeengekomen, sprake van een betrekkelijk korte termijn. Bij buitenstucwerk bijvoorbeeld, kan met een zgn. NOA-garantie niet meer dan 3 jaar garantie worden verkregen. Veel voegbedrijven in de renovatiesector beperken het tot 5 jaar garantie, soms met de mogelijkheid tot het 'bijkopen' van nog 5 jaar. Er werd één geval aangetroffen waarin zonder verzekeringspremie 15 jaar garantie werd aangeboden, maar voor zover valt te overzien is dit een uitzondering.

Voor de restauratiesector blijkt voor metselwerkherstel en restauratievoegwerk in de praktijk een periode van 10 jaar wel het maximum dat haalbaar is.

Langer dan 10 jaar durven de meeste uitvoerende bedrijven, vanwege de vele schadegevallen in het meer recente verleden, bij herstelvoegwerk niet aan.

Toch moet dit genoeg zijn. Wanneer herstelvoegwerk een periode van 10 jaar – waarin toch de nodige winters zullen voorkomen met sterke temperatuurschommelingen: vorst 's nachts, dooi overdag - ongeschonden doorstaat, mag worden aangenomen dat bij een goede benadering van de kwaliteitsbeheersing bij de uitvoering, dit voegwerk ook nog wel minstens een decennium langer gaaf zal blijven zitten.

4.3.3 Juridische frictie: garantie eis vs. door opdrachtgever voorgeschreven bouwstoffen

Centraal staat UAV par. 5.4.b: *'de opdrachtgever is aansprakelijk voor de functionele ongeschiktheid van de door hem voorgeschreven bouwstoffen'*.

In dit geval: mortelreceptuur of mortelfabriek/type. Op deze manier zou een besteksmatig voorgeschreven receptuur of prefabmortel merk/type, een eveneens bestekmatig verlangde garantie van de aannemer in de weg kunnen zitten. De aannemer kan niet iets garanderen waar de opdrachtgever door zijn eigen voorschriften zelf de aansprakelijkheid voor draagt.

Een mogelijkheid zou kunnen zijn door in het bestek alleen de parameters met grenswaarden waaraan de mortel moet voldoen te beschrijven, de condities van de ondergrond (o.m. zoutbelasting) mee te delen door een exemplaar van een voor-onderzoeksrapport als bijlage bij het bestek te voegen en te verwijzen naar de bij dit onderzoeksrapport gegeven *'Bouwstenen voor de Richtlijn Voegmortels voor de restauratie van zwaar regenbelast, vermoedelijk zoutbelast historisch metselwerk gemetseld in 'kalk'*.

In dat geval zou de aansprakelijkheid voor deze mortel, niet onder de garantie vallen.

Als men de aannemer de gelegenheid biedt om, indien hij zich in deze richtinggevende uitgangspunten toch niet kan vinden (bv. al dan niet onder invloed van een adviesgesprek met een commerciële adviseur / verkoper, en/of wegens goede ervaring met prefab product met andere karakteristieken in vergelijkbare ondergrondsituaties) dan is er voor de aannemer optimaal de mogelijkheid om met die eventuele alternatieven te komen. Indien deze door de opdrachtgever worden goedgekeurd wordt de aansprakelijkheid die ingevolge par. 5.4-b UAV voor de functionele ongeschiktheid van dergelijke bouwstoffen zou liggen bij de opdrachtgever, verschoven wordt naar de aannemer en komt uitdrukkelijk te vallen onder de garantiebepalingen.

Dit is het juridisch kader voor zover dit binnen de mogelijkheden van dit onderzoeksprogramma kon worden verkend en op basis waarvan werd uitgewerkt een tekstvoorstel voor een Garantieverklaring, dat was bedoeld voor een nadere gedachtevorming met uitvoerende partijen.

4.3.4 Discussie - aanpassingen

In de loop van de discussies genoemd in hoofdstuk 0, Consultaties met uitvoerende bedrijven, werd aan de hand van het discussiestuk van gedachten gewisseld over met name het wel of niet uitsluiten bij de garantieverlening, van de mortelkeuze, wanneer deze niet door de aannemer zelf kon worden bepaald, maar in het bestek werd voorgeschreven op basis van de karakteristieken en grenswaarden voor materiaalparameters voor voegmortels vermeld in de Bouwstenen voor de Richtlijn... enz.

Zoals in dit onderzoeksrapport al gemeld is er sprake van een cultuuromslag, van 'cement', ook bij restauratievoegwerk, naar 'kalkgebaseerde' zachtere mortels. Sommige restauratievoegbedrijven hebben die omslag al lang genoeg gemaakt om op een dergelijk type voegmortel 10 jaar garantie te durven verlenen. Anderen ondersteunen weliswaar de 'nieuwe' uitgangspunten maar hebben daar minder lang ervaring mee om tot een garantstelling van 10 jaar te durven komen.

Daarom is er in het gevoerde overleg een aangepaste formulering uit de bus gerold waarin het beschikbaar zijn van een vooraf aan de aanbesteding uitgevoerd vooronderzoek wordt verplicht gesteld. Ook werd een artikel 'Uitsluitingen' ingevoegd om oorzaken die geheel buiten de invloedssfeer van de aannemer liggen, uit te sluiten.

De garantieperiode is op 10 jaar gesteld maar indien de schade aantoonbaar wordt veroorzaakt door een bestekmatig voorgeschreven mortelreceptuur, de garantieverplichting vervalt.

Tenslotte werd een artikel 'rechtsgeldigheid – rechtsovereenkomsten', toegevoegd, waarin is gekozen voor de Raad van Arbitrage voor de Bouw.

De tekst waarover overeenstemming werd bereikt is opgenomen in de bij dit onderzoeksrapport behorende *'Bouwstenen voor de Richtlijn Bestekteksten Inboetwerk lateraalscheuren - Scheurherstel transversaalscheuren – Voegwerkherstel , voor de restauratie van zwaar regenbelast, vermoedelijk zoutbelast historisch metselwerk gemetseld in 'kalk'.*