



Inspectie keermuren Lunet I, II en IV

Inspectierapport



Inspectie keermuren Lunet I, II en IV

Inspectierapport

Opdrachtgever: Gemeente Utrecht

Revisie: 0

Datum: 29 januari 2018

Iv-Infra b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document: Inspectie keermuren Lunet I, II en IV

Ondertitel document: Inspectierapport

Revisie: 0

Datum: 29 januari 2018

Opdrachtgever: Gemeente Utrecht

Projectnummer opdrachtgever:

Project: Utrecht, inspectie civiele kunstwerken 2017-2019

Opgesteld door: J.P. van Dijk

Gecontroleerd door: T. Keesmaat

Goedgekeurd door: A.C. de Jong

Paraaf:

Paraaf:

Paraaf:



Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1.	Opdracht	6
1.2.	Doel	6
1.3.	Werkwijze	6
1.4.	Scope	6
1.5.	Beschikbare informatie	6
2	Objecten	7
2.1.	Algemeen	7
2.2.	Locatie lunetten	7
2.3.	Keermuren lunetten	10
3	Bevindingen	13
3.1.	Algemeen	13
3.2.	Lunet I	14
3.2.1.	Metselwerk losliggend	14
3.2.2.	Metselwerk slecht voegwerk	18
3.2.3.	Metselwerk scheuren	19
3.2.4.	Natuurstenen hoekelementen	21
3.2.5.	Overige schades aan metselwerk	22
3.2.6.	Betonnen dekzerk	23
3.2.7.	Doorvoeringen in keermuren	23
3.2.8.	Vervuiling keermuren	24
3.2.9.	Grondpakket en begroeiing op lunet	25
3.2.10.	Afscherming op keermuur	26
3.3.	Lunet II	27
3.3.1.	Metselwerk losliggend	27
3.3.2.	Metselwerk slecht voegwerk	29
3.3.3.	Metselwerk scheuren	30
3.3.4.	Natuurstenen hoekelementen	32
3.3.5.	Betonnen dekzerk	33
3.3.6.	Doorvoeringen in keermuren	33
3.3.7.	Vervuiling keermuren	34
3.3.8.	Peilschaal en oud landhoofd in keermuur	35
3.3.9.	Overige	36
3.4.	Lunet IV	37
3.4.1.	Metselwerk losliggend	37
3.4.2.	Metselwerk slecht voegwerk	39
3.4.3.	Metselwerk scheuren	40
3.4.4.	Metselwerk rollaag	42
3.4.5.	Natuurstenen hoekelementen	42
3.4.6.	Betonnen dekzerk	43



3.4.7.	Vervuiling keermuren	44
3.4.8.	Doorvoeringen in keermuren	45
3.4.9.	Peilschaal en oud landhoofd in keermuur	45
4	Conclusie en aanbevelingen	46
4.1.	Conclusie	46
4.2.	Aanbevelingen	47
5	Kosten	48
5.1.	Algemeen	48
BIJLAGEN		49
A.	Kostenramingen Lunet I, II en IV	49



1 Inleiding

1.1. Opdracht

In opdracht van de gemeente Utrecht is een visuele instandhoudingsinspectie uitgevoerd aan de keermuren van de forten Lunet I, II en IV. Dit zijn gemetselde keermuren. Het onderzoek is uitgevoerd op 10 en 11 januari 2018 door T. Keesmaat, J.P. van Dijk en A. Al Alwan van Iv-Infra B.V.

1.2. Doel

Het doel van de instandhoudingsinspectie is het bepalen van de huidige technische toestand en het bepalen van de noodzakelijke investeringen voor het onderhoud en/of vervanging van de keermuren.

1.3. Werkwijze

De inspectie is visueel uitgevoerd conform CUR 117 klasse B1/B2. Alle zichtbare oppervlakken zijn zo veel als mogelijk onder handbereik geïnspecteerd en waar nodig is de constructie met een hamer akoestisch gecontroleerd (afkloppen) en zijn scheurwijdtes opgemeten. Bij de inspectie is gebruik gemaakt van een roeiboot.

1.4. Scope

De inspectie omvat alle keermuren van Lunet I, II en IV voor wat betreft de boven de waterlijn en boven de grond gelegen delen. Lunet III behoort niet tot de opdracht, evenals de op de keermuren gebouwde kazematten en toegangsbruggen tot de forten.

1.5. Beschikbare informatie

Door de opdrachtgever zijn de volgende documenten ter beschikking gesteld:

- Tekening IBU: 10442.BTC.040-101 rev. A; plattegrond Lunet I (dd 03-11-2011).
- Tekening IBU: 10447.BTC-010 versie 01; overzichtstekening Lunet IV.

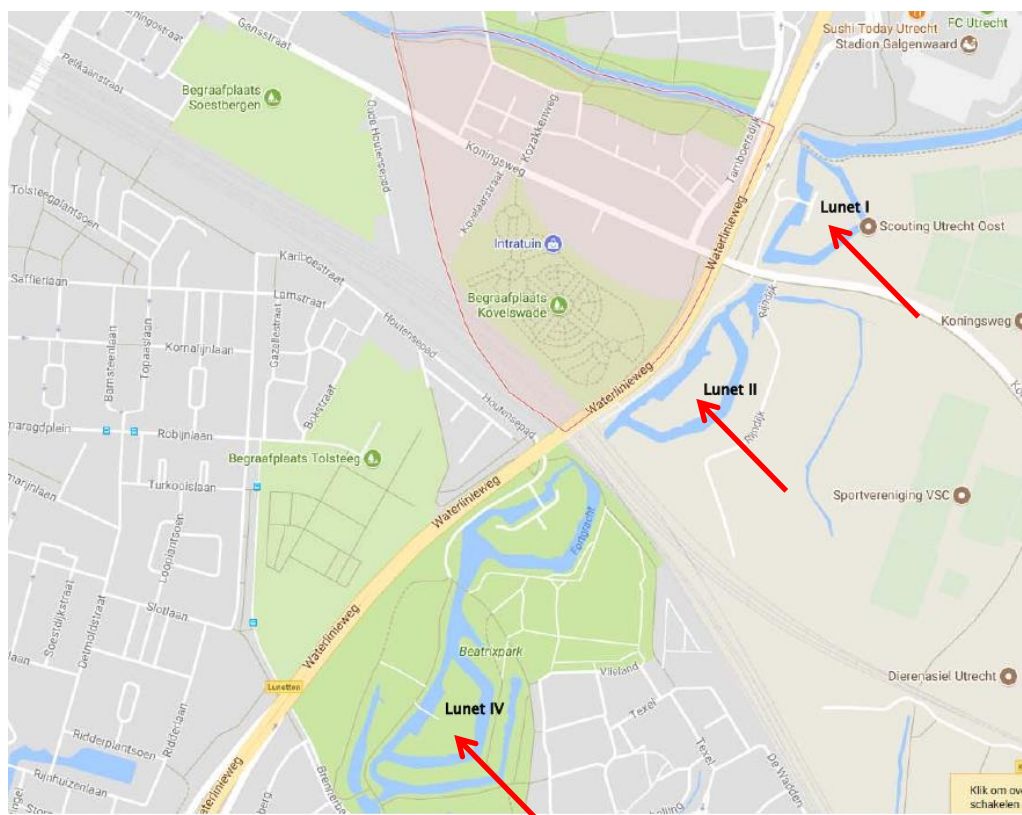
2 Objecten

2.1. Algemeen

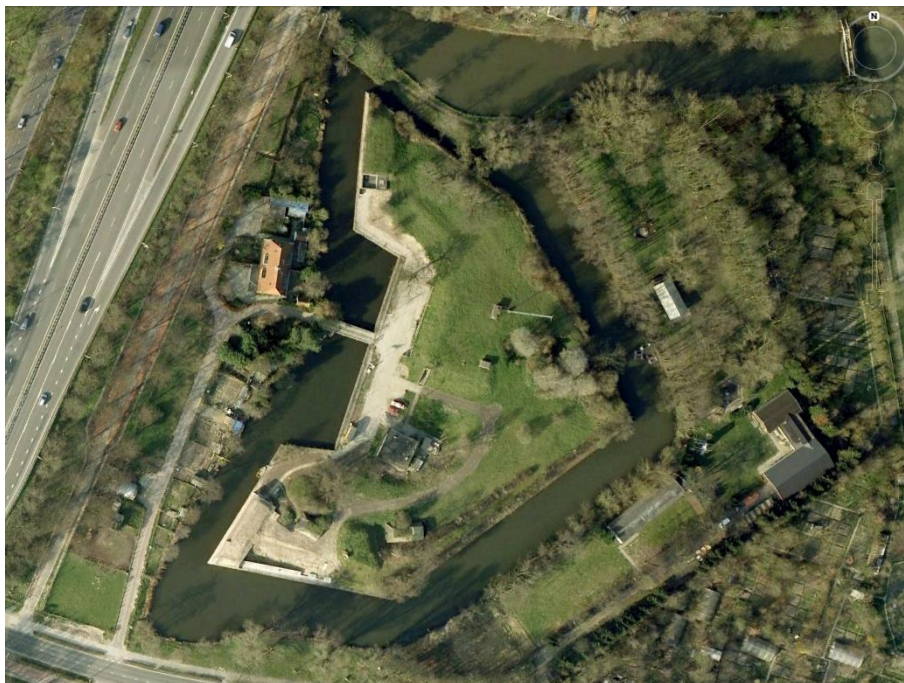
Lunet I, II en IV zijn onderdeel van een verdedigingswerk op de Houtense vlakte. Dit hoger gelegen deel van de Nieuwe Hollandse Waterlinie kon niet onder water worden gezet. Daarom werden er in de periode 1822-1828 vier kleine forten of lunetten gebouwd die samen één verdedigingswerk vormden. De vier lunetten hebben de status van rijksmonument en zijn in het Rijksmonumentenregister opgenomen onder de monumentnummers 532414, 532422, 532425 en 532433.

Rondom de lunetten bevinden zich grachten. Iedere lunet is bereikbaar via een toegangsbrug. Aan de westzijde van elke lunet bevinden zich twee kazematten (noord en zuidzijde). Op en in de lunetten bevinden zich bunkers en schuilplaatsen uit WO-II. Tegenwoordig bieden de lunetten ook onderdak aan o.a. een buitenschoolse opvang (Lunet I), de Monumentenwacht (Lunet II) en een horeca gelegenheid (Lunet IV).

2.2. Locatie lunetten



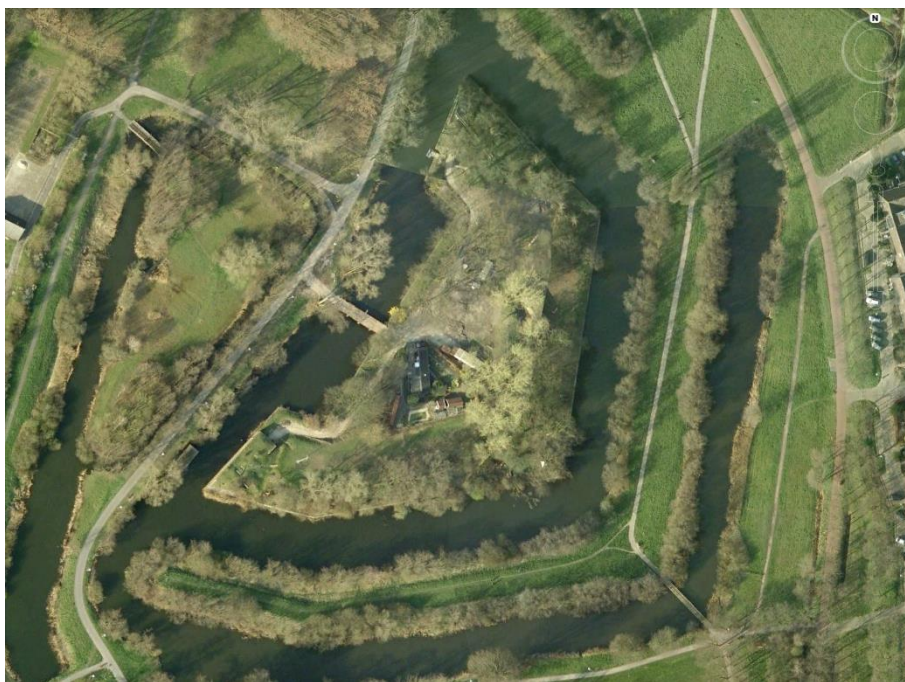
Plattegrond met Lunet I, II en IV (bron: Google Maps)



Bovenzijde Lunet I (bron: Google Earth)



Bovenzijde Lunet II (bron: Google Earth)

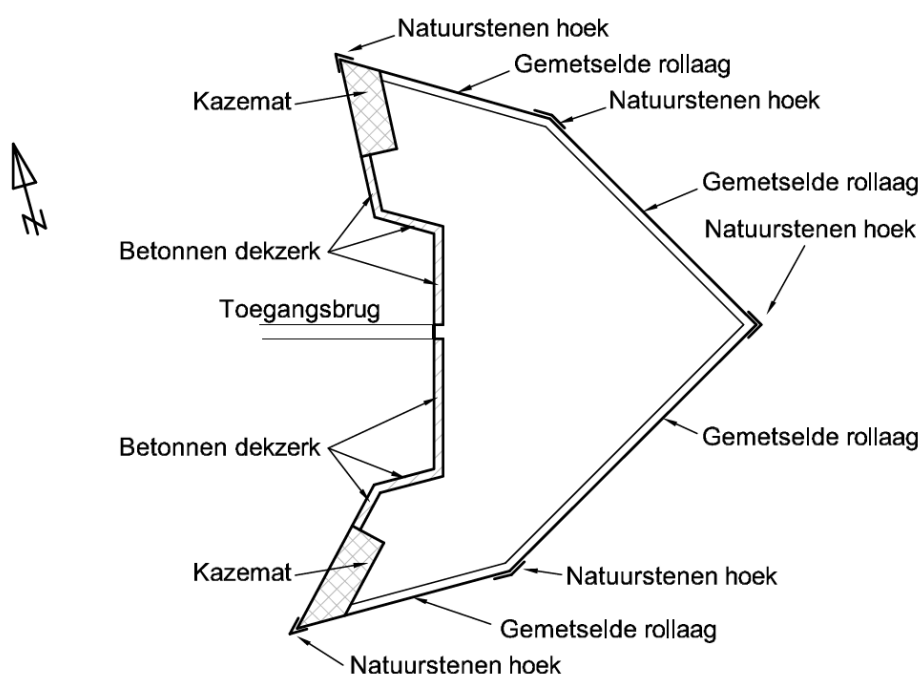


Bovenzijde Lunet IV (bron: Google Earth)

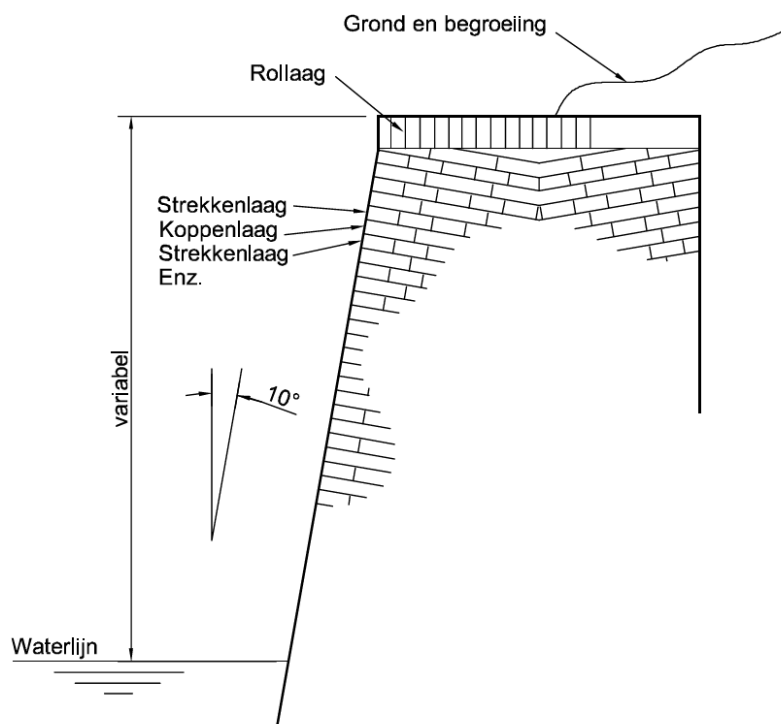
2.3. Keermuren lunetten

De keermuren rondom de lunetten bestaan uit metselwerk. De afmetingen van de gebruikte stenen zijn gemiddeld 21x10x4 cm. De voegen zijn rondom ca. 0,5 cm dik. Op noordelijke, oostelijke en zuidelijke hoeken zijn over een deel van de hoogte natuurstenen blokken gebruikt. De blokken zijn gemiddeld 33 cm hoog met een lengte van ca. 90 en 120cm. Een deel van de muren is aan de bovenzijde afgewerkt met een gemetselde rollaag en een deel met een betonnen dekzerk van ca. 10cm dik. De verdeling is aangegeven in afbeelding 1.

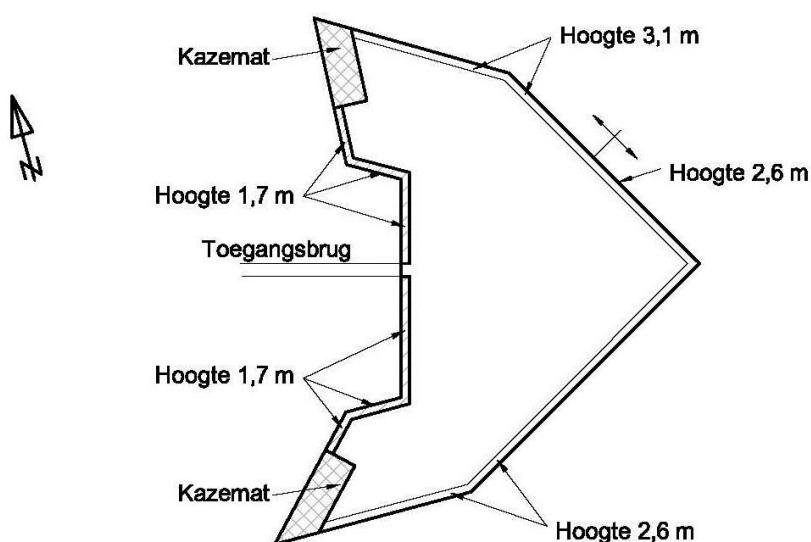
Steekproefsgewijs is de breedte van de bovenzijde van de wand en de bovenzijde van de dekzerk opgemeten. Op deze locaties is de rollaag ca. 1,0 m breed en de dekzerk ca. 1,5m breed. Op veel plaatsen is de bovenzijde niet zichtbaar door een dikke laag grond en beplanting. Een doorsnede van de keermuur is vastgelegd in afbeelding 2. De hoogte van de keermuren varieert per lunet en is aangegeven in afbeelding 3, 4 en 5.



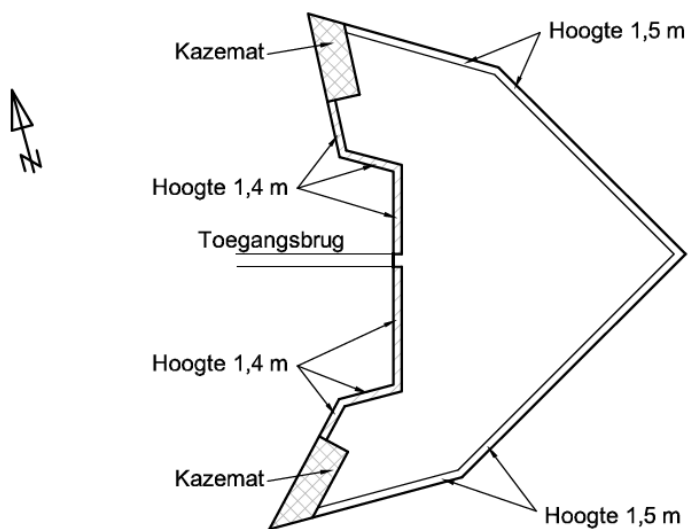
Afbeelding 1: verdeling rollagen, betonnen dekzerken en natuurstenen hoeken



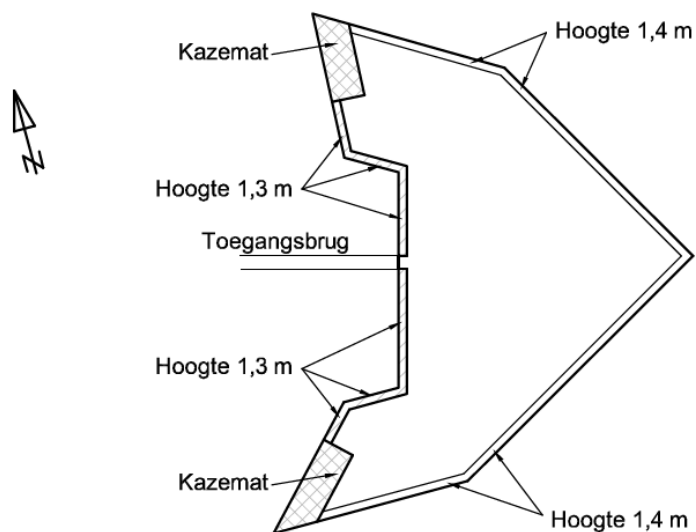
Afbeelding 2: doorsnede keermuur met rollaag



Afbeelding 3: hoogte keermuren incl. betonnen dekzerk of rollaag (boven de waterlijn) Lunet I



Afbeelding 4: hoogte keermuren incl. betonnen dekzerk of rollaag (boven de waterlijn) Lunet II

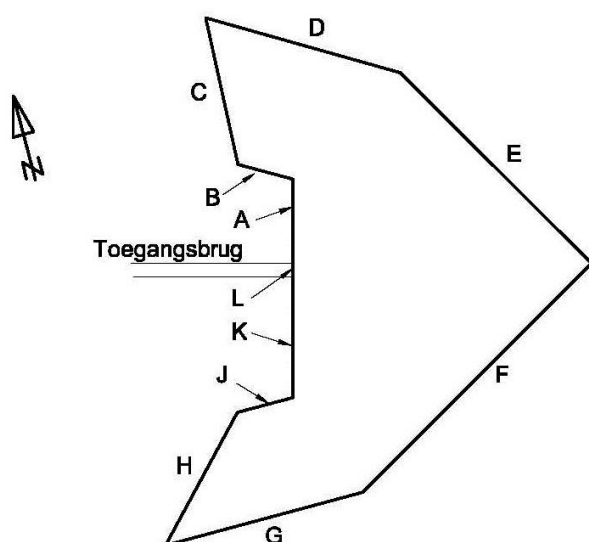


Afbeelding 5: hoogte keermuren incl. betonnen dekzerk of rollaag (boven de waterlijn) Lunet IV

3 Bevindingen

3.1. Algemeen

Om de locaties van de waargenomen schades te kunnen verduidelijken zijn de wanden genummerd met een letter. De gebruikte letters zijn aangegeven in afbeelding 6. Deze nummering is gelijk gehouden voor Lunet I, II en IV.



Afbeelding 6: nummering van de wanden

Alle drie de lunetten vertonen nagenoeg dezelfde schades, echter de omvang verschilt per lunet. De schades met bijbehorende hoeveelheden zijn per lunet vastgelegd en beschreven. De schadeoorzaken zijn alleen bij Lunet I beschreven en gelden in principe ook voor Lunet II en IV.

De begroeiing op de lunetten is alleen bij Lunet I nader toegelicht en geldt in meer of mindere mate ook voor Lunet II en IV.



3.2. Lunet I

3.2.1. Metselwerk losliggend

Het metselwerk van het bovenste deel van de keermuur ligt nagenoeg overal los, zie foto 10 t/m 17. Hierbij zijn de volgende toestandfasen te onderscheiden:

- a. Holklinkende delen met ontbrekend voegwerk.
- b. Een duidelijke zichtbare toename van de verticale voegwijdte/afstand tussen de metselwerklagen aan de voorzijde van de wanden (scheurwijdte lintvoegen tot ca. 3 mm).
- c. Opgedrukt metselwerk waarbij wortels van struiken en bomen door of vanuit de wand groeien.
- d. Naar buiten (in de richting van het water) gedrukt metselwerk.

Het schadeoppervlak per wand is vastgelegd in afbeelding 7. Het totale schadeoppervlak is ca. 210 m² (geprojecteerd op het vooraanzicht). De hoogtevariatie van het los liggend metselwerk in dwarsrichting (loodrecht op het voorvlak) is zonder graafwerk niet vast te stellen.

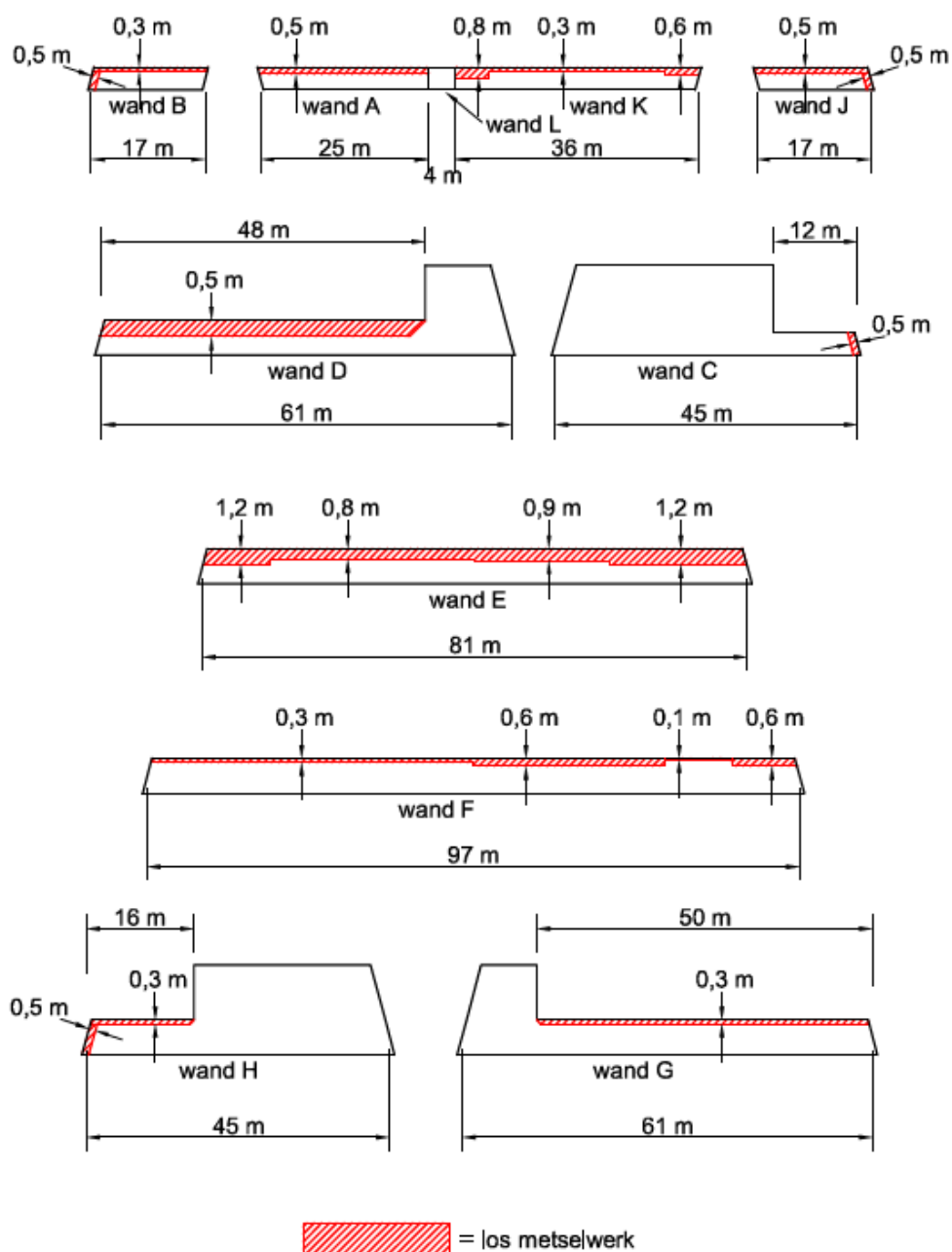
De schade wordt door de volgende invloeden veroorzaakt:

Oorzaak vanuit de muur:

- Kwaliteit/degradatie van de metselspecie.

Oorzaken van buitenaf:

- Klimatologische invloeden en begroeiing.
- De vochthuishouding is niet op orde. Door vochtindringing in het bovenste deel van de muur ontstaat vorstschade. De doorweekte metselspecie zet uit bij bevriezing en drukt de metselwerk lagen los. Het vocht kan in de wand indringen door de mindere kwaliteit van de metselspecie in combinatie met de vochthuishouding aan de buitenzijde van het metselwerk. De vervuiling door mos en kalkuitbloei aan de waterzijde van de wand houden vocht langer vast. Dit geldt ook voor de grond aan de binnenzijde en bovenzijde van de wand.
- Door ruimte die ontstaat tussen de metselwerk lagen kunnen wortels van beplanting makkelijk ingroeien. Deze beplanting is ruim vertegenwoordigd langs de binnenzijde van de wand. Zeer waarschijnlijk is er geen worteldoek o.i.d. aan de binnenzijde van de wand aangebracht. Ook vanaf de buitenzijde kan vanuit het mos beplanting gaan groeien.
- Het eenmaal losliggende metselwerk wordt door de grondruk aan de binnenzijde van de wand naar buiten gedrukt.
- Tevens staan er op enkele plaatsen zeer grote bomen en struiken. Door de kracht van de wortelgroei wordt de muur plaatselijk naar buiten gedrukt.



Afbeelding 7: locatie los metselwerk (lengte van de wanden is bij benadering)



Foto 10: losliggend metselwerk



Foto 11: losliggend metselwerk



Foto 12: losliggend metselwerk



Foto 13: losliggend metselwerk



Foto 14: wortelgroei in metselwerk



Foto 15: wortelgroei in metselwerk



Foto 16: wortelgroei in metselwerk



Foto 17: naar buiten gedrukt metselwerk



Foto 18: los metselwerk hoek tussen wand H en J

3.2.2. Metselwerk slecht voegwerk

Buiten het in par. 3.2.1 genoemde losliggende metselwerk verkeert het voegwerk in redelijke tot goede staat, uitgezonderd op vier wanden. Daar is het voegwerk plaatselijk verdwenen of bros, maar het metselwerk zit (nog) niet los, zie foto 19 t/m 21.

- Wand C, ter hoogte van overgang naar de kazemat, onder de spuwer, totaal ca. 2 m².
- Wand C, aan de zijde van wand D, onderste 0,5 m net boven de waterlijn, totaal ca. 3 m².
- Wand F, vanaf de waterlijn tot ca. 1 m daarboven, ca.25% van het oppervlak, totaal ca. 25 m².
- Wand G, vanaf de waterlijn tot ca. 1 m daarboven, ca.25% van het oppervlak, totaal ca.15 m².
- Wand H, zeer lokaal ter plaatse van de hoek met wand G, totaal ca. 1 m².
- Wand L, zeer lokaal, ca. 10% van het gehele oppervlak, totaal ca. 1 m².

De bovenzijde van de rollagen is over het algemeen nauwelijks te inspecteren door de aanwezige grond en begroeiing. Alleen bij wand G is het bovenvlak goed zichtbaar. Hier is het voegwerk zeer plaatselijk verdwenen over ca. 1% van het oppervlak. De degradatie van het voegwerk wordt veroorzaakt door klimatologische invloeden.



Foto 19: voegwerk plaatselijk verdwenen



Foto 20: voegwerk plaatselijk verdwenen

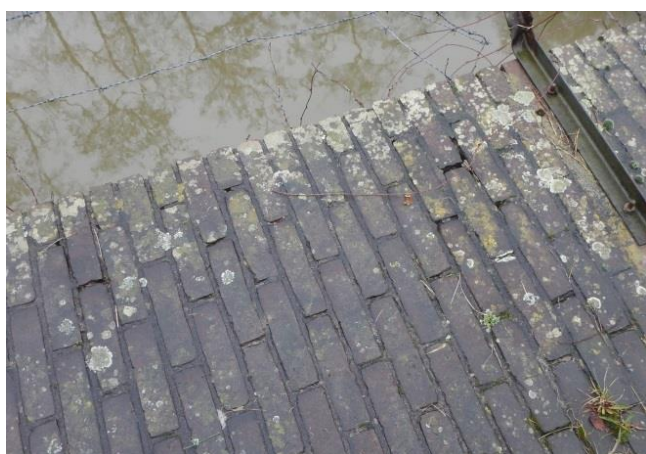


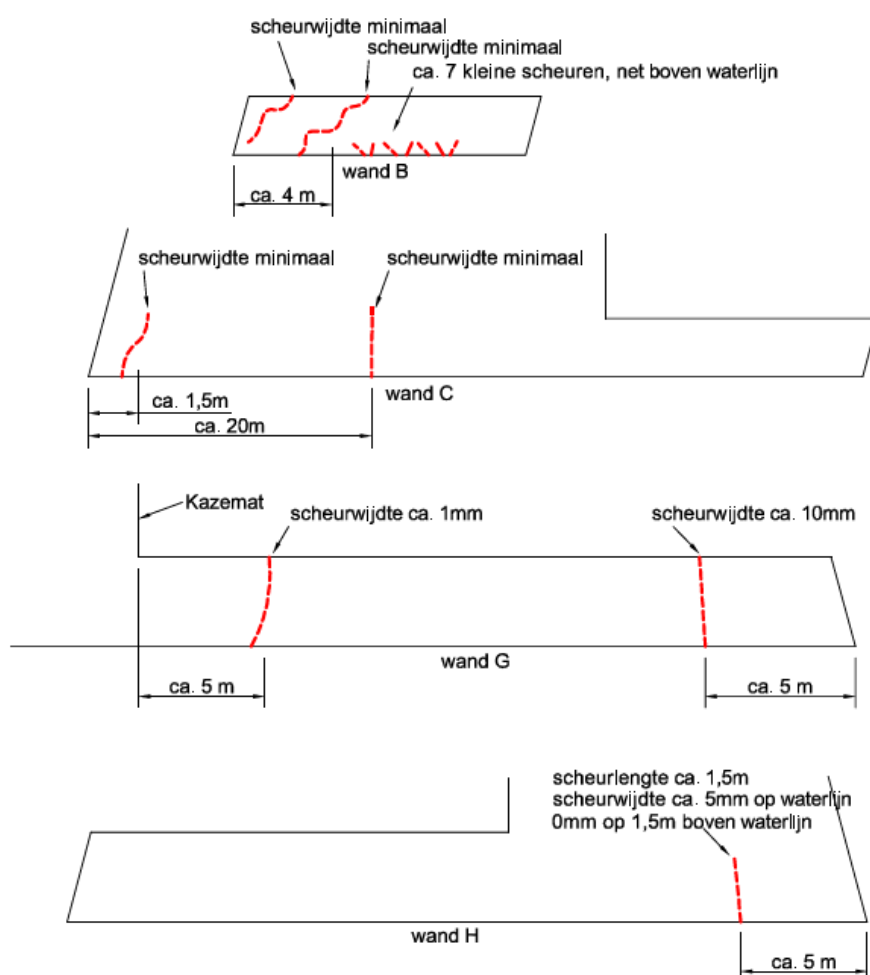
Foto 21: voegwerk plaatselijk verdwenen

3.2.3. Metselwerk scheuren

Op ca. 13 plaatsen verspreid over 4 wanden vertoont het metselwerk transversale scheuren (loodrecht op het voorvlak) met een scheurwijdte variërend tussen de 0,1 mm en 10 mm, zie foto 22 t/m 25. De locaties en scheurwijdtes zijn aangegeven in afbeelding 8.

Er zijn geen noemenswaardige ongelijkmatige zettingen waargenomen. De scheuren lijken eerder een gevolg van geringe lengteveranderingen van de wanden door temperatuurinvloeden en/of de gronddruk en begroeiing op het lunet.

Wand D en E zijn voor een groot deel zwaar begroeid met mos en vervuild met kalkuitbloei. Hierdoor waren grote delen van deze wanden niet te inspecteren op eventueel aanwezige scheuren met een minimale wijdte. Scheuren met een wijdte boven de 1 mm zijn niet aangetroffen.



Afbeelding 8: locatie en afmetingen scheuren in metselwerk



Foto 22: scheur in metselwerk wand G (scheurwijdte 10mm)



Foto 23: scheur in metselwerk wand G (scheurwijdte 1mm)



Foto 24: scheur in metselwerk wand H



Foto 25: scheur in metselwerk wand D (scheurwijdte minimaal)

3.2.4. Natuurstenen hoekelementen

De natuurstenen hoekelementen zijn voor een deel gescheurd/gebroken en op meerdere plaatsen los/naar buiten geschoven elementen, zie foto 26 en 27. Per hoek zijn de aantallen globaal geteld en hieronder aangegeven.

Losse/verschoven elementen:

- Hoek wand D-E, de 4 bovenste rijen.
- Hoek wand E-F, de 2 bovenste rijen en 4e rij van boven.
- Hoek wand F-G, de bovenste rij.

Gescheurde/gebroken elementen:

- Hoek wand D-E, 2 stuks.
- Hoek wand E-F, 4 stuks.
- Hoek wand F-G, 2 stuks, waarvan 1 met uitgebroken hoek.

De schade wordt op de meeste plaatsen veroorzaakt door de slechte staat van het aangrenzende metselwerk, in combinatie met de gronddruk vanuit de lunet.



Foto 26: hoek wand D-E



Foto 27: hoek wand E-F

3.2.5. Overige schades aan metselwerk

In wand C ter hoogte van de waterlijn bevindt zich een stuk metselwerk van ca. 0,5 x 0,5 m dat lijkt op een dichtgemetselde sparing, tevens steekt een buis uit het metselwerk. Dit stuk metselwerk scheurt gedeeltelijk los uit de muur, zie foto 28. De oorzaak is onbekend.

Ongeveer in het midden van wand E bevindt zich een ingemetseld deel van ca. 15 m lang en ca. 1,5 m hoog met afwijkende stenen. Dit deel klinkt hol. Vermoedelijk is dit een halfsteens muur uit een later bouwjaar (niet controleerbaar door begroeiing bovenop de wand). Op de overgang met de oude muur scheurt het nieuwe deel los van het oude deel.



Foto 28: dicht gemetselde sparing in wand C



Foto 29: ingemetseld deel E

3.2.6. Betonnen dekzerk

De betonnen dekzerken liggen nagenoeg over de gehele lengte op losliggend metselwerk. Daarnaast zijn ze op veel plaatsen in dwarsrichting gescheurd. Gemiddeld genomen gaat het om 1 dwarsscheur per 5 m1, zie foto 30. Met name bij wand J en een gedeelte van H is dit moeilijk vast te stellen door de aanwezige grond. Bij wand A is de dekzerk afgewerkt met een laag asfalt, zie foto 31. Halverwege wand K is de betonnen dekzerk ook in lengterichting gescheurd over een lengte van ca. 3 m1.



Foto 30: dwarsscheur in betonnen dekzerk



Foto 31: asfaltlaag op dekzerk

3.2.7. Doorvoeringen in keermuren

Op een aantal plaatsen zijn oude buizen in de muren aangetroffen (waarschijnlijk gresbuizen) die mogelijk nog functioneel zijn. De buizen zijn ter hoogte van de voorzijde van het metselwerk afgebroken, zie foto 32. De buizen bevinden zich onder andere in wand C en H nabij de kazematten. Daarnaast zijn er incidenteel enkele uit het voorvlak stekende ijzeren onderdelen aangetroffen, totaal maximaal 10 stuks, zie foto 33.



Foto 32: doorvoering door keermuur afgebroken



Foto 33: enkele ijzeren onderdelen steken uit de wand

3.2.8. Vervuiling keermuren

Wand D en E zijn zwaar vervuild met een dikke laag kalk. De kalk is uitgespoeld uit de voegen tussen het bovenste losliggende metselwerk en heeft zich afgezet op het onderste massieve metselwerk. Tevens zijn nagenoeg alle wanden vervuild met begroeiing, variërend van mos tot gehele struiken, zie foto 34 t/m 37.

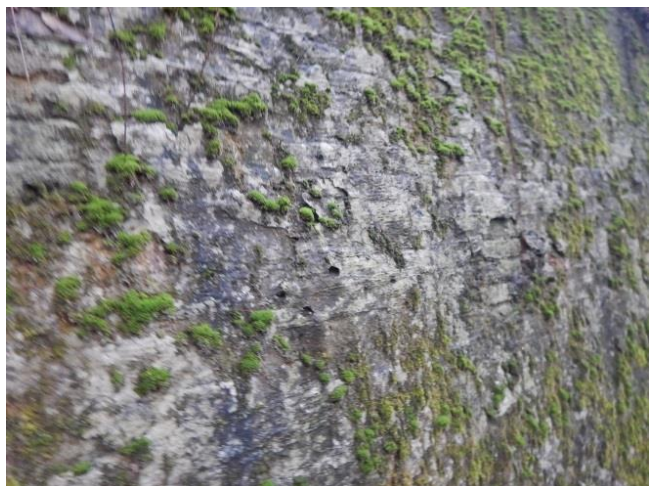


Foto 34: vervuiling door kalkuitbloei



Foto 35: begroeiing variërend van mos tot struiken



Foto 36: begroeiing variërend van mos tot struiken



Foto 37: begroeiing variërend van mos tot struiken

3.2.9. Grondpakket en begroeiing op lunet

Aan de noord-, oost- en zuidzijde van het lunet ligt de bovenzijde van het grondpakket 1 tot 2 m hoger dan de bovenzijde van de keermuur. Het grondpakket loopt onder een helling van ca. 45 graden naar de achterzijde van de keermuur. Op veel plaatsen is het talud uitgezakt en/of uitgespoeld tot op de bovenzijde van de keermuur. Tevens zijn op meerdere plaatsen de taluds zwaar begroeid met struiken en bomen. Er zijn forse bomen aangetroffen op een afstand van 80 cm tot de binnenzijde van de keermuur, zie foto 38 t/m 41. Zoals uit het voorgaande blijkt worden de schades aan de keermuren voor een deel veroorzaakt door deze begroeiing.



Foto 38: talud tot op de keermuur



Foto 39: begroeiing variërend van struiken tot bomen



Foto 40: begroeiing variërend van struiken tot bomen



Foto 41: begroeiing variërend van struiken tot bomen

3.2.10. Afscherming op keermuur

De wanden D t/m G zijn voorzien van een afrastering. Deze vertoont op diverse plaatsen schade zoals ontbrekend prikkeldraad, afgebroken uithouders en vervormde uithouders, zie foto 42 t/m 44.



Foto 42: uithouders afscherming verbogen



Foto 43: uithouders afscherming afgebroken



Foto 44: prikkeldraad afscherming ontbreekt

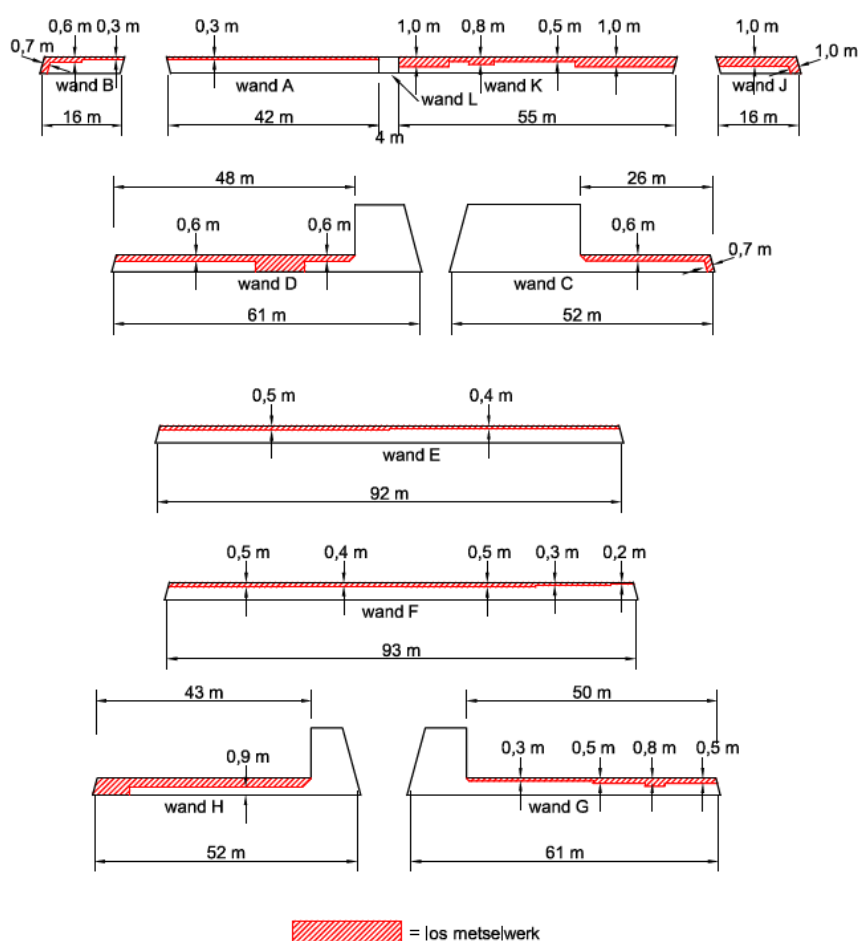
3.3. Lunet II

3.3.1. Metselwerk losliggend

Het metselwerk van het bovenste deel van de keermuur ligt nagenoeg overal los, zie foto 51 t/m 56. Hierbij zijn de volgende toestandsfasen te onderscheiden:

- Holklinkende delen met ontbrekend voegwerk.
- Een duidelijke zichtbare toename van de verticale voegwijdte/afstand tussen de metselwerkklagen aan de voorzijde van de wanden (scheurwijdte lintvoegen tot ca. 3 mm).
- Opgedrukt metselwerk waarbij wortels van struiken en bomen door of vanuit de wand groeien.
- Naar buiten (in de richting van het water) gedrukt metselwerk.
- Losse stenen zijn uit de muur gevallen, voornamelijk ter hoogte van de hoek tussen wand B en C en op de hoek tussen wand H en J.

Halverwege wand D is het metselwerk tot onder de waterlijn los en in de richting van het waterzijde gedrukt. Het shadeoppervlak per wand is vastgelegd in afbeelding 9. Het totale shadeoppervlak is ca. 270 m² (geprojecteerd op het vooranzicht). De hoogtevariatie van het los liggend metselwerk in dwarsrichting (loodrecht op het voorvlak) is zonder graafwerk niet vast te stellen.



Afbeelding 9: locatie los metselwerk (lengte van de wanden is bij benadering)



Foto 51: losliggend metselwerk



Foto 52: losliggend metselwerk



Foto 53: boomgroei in metselwerk



Foto 54: boomgroei in metselwerk



Foto 55: boomgroei in metselwerk



Foto 56: stenen uit de wand gevallen

3.3.2. Metselwerk slecht voegwerk

Buiten het in par. 3.3.1 genoemde losliggende metselwerk verkeert het voegwerk in redelijke tot goede staat, op vier wanden uitgezonderd. Daar is het voegwerk plaatselijk verdwenen maar het metselwerk zit (nog) niet los, zie foto 57.

- Wand A, ter hoogte van de waterlijn, aan de zijde van wand B over een lengte van 10 m1, totaal ca. 2 m2.
- Wand E, aan de zijde van wand F, vanaf de waterlijn tot aan het losse metselwerk over een lengte van ca. 4 m1. De rest van de wand over ca. 5% van het oppervlak. Totaal ca. 10 m2 voor de gehele wand.
- Wand F, aan de zijde van wand G, vanaf de waterlijn tot aan het losse metselwerk over een lengte van ca. 4 m1. Tevens zijn over een kwart van de lengte 3 lintvoegen verdwenen. Totaal ca 10 m2 voor de gehele wand.
- Wand H, ter hoogte van de kazemat, ca. 25% van het oppervlak, totaal ca. 3 m2.

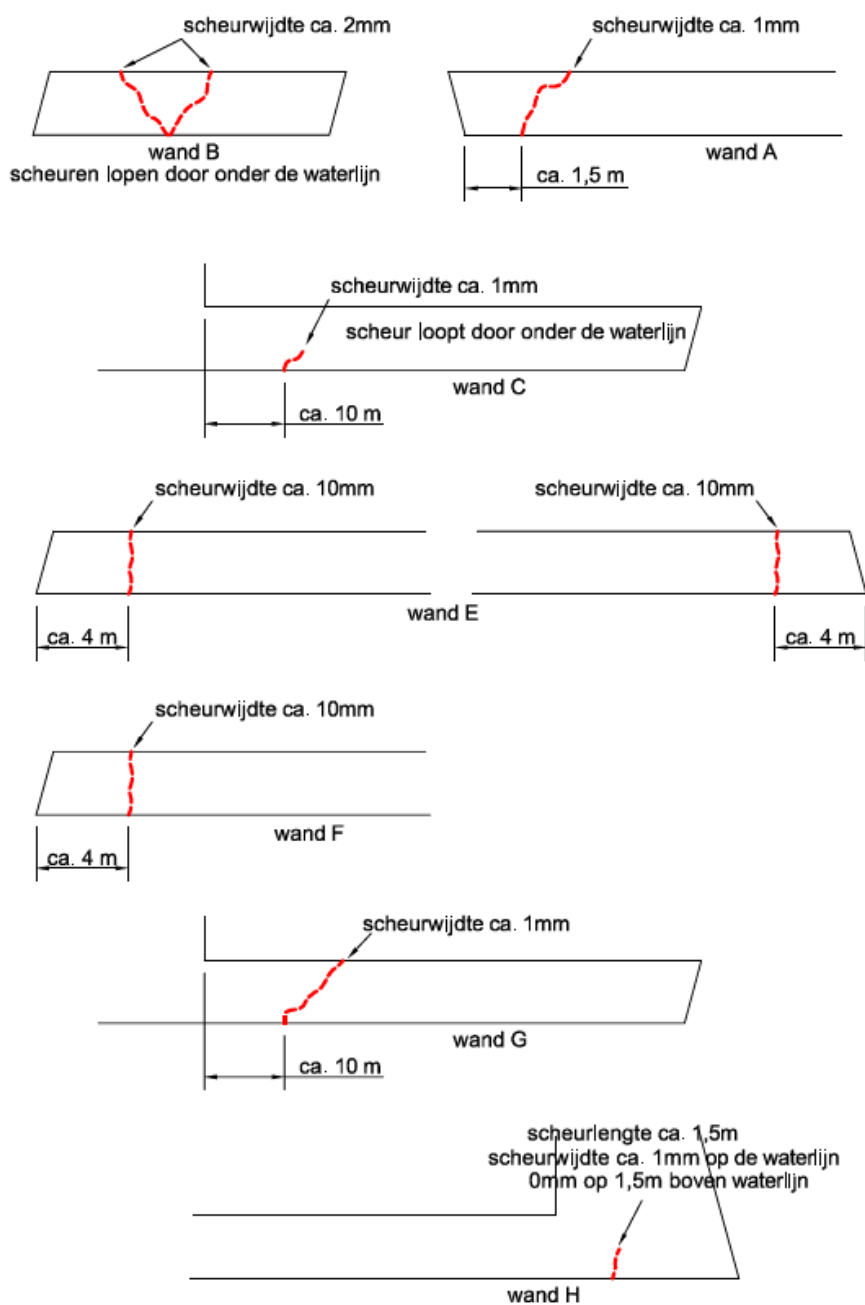
De bovenzijde van de rollagen is door de aanwezige grondbedekking en begroeiing niet geïnspecteerd.



Foto 57: voegwerk plaatselijk verdwenen

3.3.3. Metselwerk scheuren

Op ca. 9 plaatsen verspreid over 7 wanden vertoont het metselwerk transversale scheurvorming. De scheurwijdte varieert tussen de 1mm en 10 mm, zie foto 58 t/m 61. De locaties en scheurwijdtes zijn aangegeven in afbeelding 10. Er zijn geen noemenswaardige ongelijkmatige zettingen bij de muren waargenomen.



Afbeelding 10: locatie en afmetingen scheuren in metselwerk



Foto 58: scheur in wand B, tot onder de waterlijn



Foto 59: scheur in wand E (zijde wand D)



Foto 60: scheur in wand E (zijde wand F)



Foto 61: scheur in wand G

3.3.4. Natuurstenen hoekelementen

De natuurstenen hoekelementen zijn voor een deel gescheurd/gebroken en op meerdere plaatsen los/naar buiten geschoven elementen, zie foto 63 en 64. Per hoek zijn de aantallen globaal geteld en hieronder aangegeven.

Losse/verschoven elementen:

- Hoek wand D-E, de 3 bovenste rijen.
- Hoek wand E-F, de bovenste rijen.
- Hoek wand F-G, de bovenste rij.

Gescheurde/gebroken elementen:

- Hoek wand D-E, 4 stuks, waarvan bij 1 element een hoek is uitgebroken.
- Hoek wand E-F, 3 stuks, waarvan bij 1 element een hoek is uitgebroken.
- Hoek wand G-H, 2 stuks, waarvan bij 1 element een hoek is uitgebroken.



Foto 63: natuurstenen elementen gebroken en verschoven



Foto 64: natuurstenen elementen gebroken

3.3.5. Betonnen dekzerk

De betonnen dekzerken liggen nagenoeg over de gehele lengte op losliggend metselwerk. Door grond en begroeiing zijn ze vanaf de bovenzijde nauwelijks inspecteerbaar. Vanaf het water zijn alleen de zijkanten zichtbaar. Deze vertonen op diverse plaatsen breuken en afbrokkeling. De verwachting is dat het scheurenpatroon van de dekzerken min of meer hetzelfde is als bij Lunet I, zie foto 65 en 66.



Foto 65: betonnen dekzerken gescheurd



Foto 66: betonnen dekzerken gescheurd

3.3.6. Doorvoeringen in keermuren

In wand C en H nabij de kazematten zijn op 2 plaatsen oude buizen in de muren aangetroffen (waarschijnlijk gresbuizen). Deze zijn mogelijk nog functioneel zijn. De buizen zijn net buiten de voorzijde van het metselwerk afgebroken, zie foto 67.



Foto 67: doorvoering door keermuur afgebroken

3.3.7. Vervuiling keermuren

De wanden D t/m G zijn plaatselijk vervuild met een dikke laag kalk. De kalk is uitgespoeld uit de voegen tussen het bovenste losliggende metselwerk en heeft zich afgezet op het onderste massieve metselwerk. Tevens zijn nagenoeg alle wanden vervuild met begroeiing, variërend van mos, tot gehele struiken, zie foto 68 t/m 71.

Bij wand G, te hoogte van ca. 15 m1 uit de hoek met wand F, ligt een omgevallen boom over de keermuur, zie foto 72.

Bij wand G, ter hoogte van de kazemat, vertoont het metselwerk plaatselijk ca. 4 m2 graffiti, zie foto 73.



Foto 68: vervuiling door kalkuitbloei



Foto 69: begroeiing variërend van mos tot struiken



Foto 70: begroeiing variërend van mos tot struiken



Foto 71: begroeiing variërend van mos tot struiken



Foto 72: omgevallen boom over keermuur



Foto 73: graffiti

3.3.8. Peilschaal en oud landhoofd in keermuur

In wand K is een peilschaal ingemetseld, op ca. 8m vanuit de toegangsbrug naar het lunet. De peilschaal is horizontaal doorgescheurd en de aan bovenzijde van de schaal is een stuk uitgebroken, zie foto 74 en 75.

In wand K bevinden zich naast de brug de restanten van een oud landhoofd met uitsparingen voor brugliggers. Het metselwerk van dit oude landhoofd vertoont dezelfde schadebeelden als de keermuren, zie foto 76.



Foto 74: peilschaal is gescheurd



Foto 75: peilschaal is gescheurd (scheur uitvergroet)



Foto 76: oud landhoofd

)

3.3.9. Overige

De kazematten behoren niet bij deze inspectie, echter de kazemat aan de zuidzijde van de lunet is in zeer slechte staat, zie foto 77 en 78. Door laterale scheurvorming zijn muurdelen los komen te staan. Plaatselijk kan dit een gevaar opleveren m.b.t. de stabiliteit van het metselwerk. Geadviseerd wordt het herstel van de kazemat te combineren met het herstel van de keermuren.



Foto 77: zuidelijke kazemat



Foto 78: gedeelte van wand breekt los

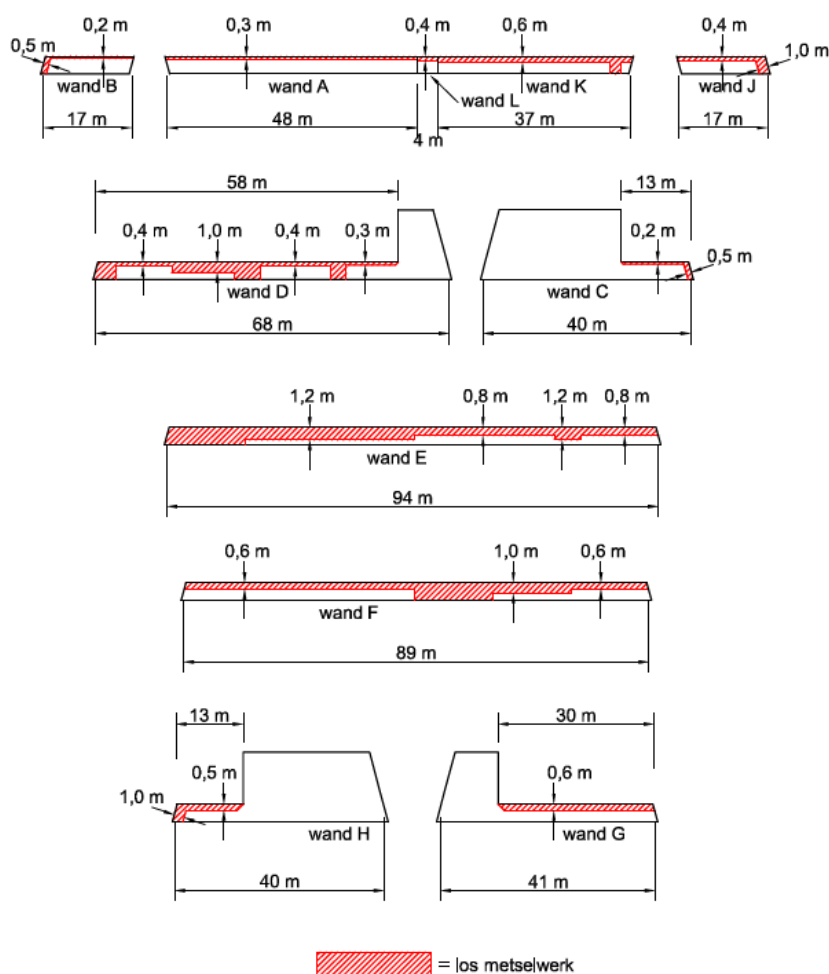
3.4. Lunet IV

3.4.1. Metselwerk losliggend

Het metselwerk van het bovenste deel van de keermuur ligt nagenoeg overal los, zie foto 81 t/m 86. Hierbij zijn de volgende toestandsfasen te onderscheiden:

- Holklinkende delen met ontbrekend voegwerk.
- Een duidelijke zichtbare toename van de verticale voegwijdte/afstand tussen de metselwerkklagen aan de voorzijde van de wanden (scheurwijdte lintvoegen tot ca. 3 mm).
- Opgedrukt metselwerk waarbij wortels van struiken en bomen door of vanuit de wand groeien.
- Naar buiten (in de richting van het water) gedrukt metselwerk.
- Losse stenen zijn uit de muur gevallen. Dit komt voornamelijk voor bij de hoek tussen wand B en C, bij wand D naast de hoek met wand E en op de hoek tussen wand H en J.
- Gedeeltelijk ingestorte muur bij wand E ter hoogte van de hoek met wand F, over een lengte van ca. 15 m1. Dit komt ook voor halverwege wand F over een lengte van ca. 5 m1.

Het schadeoppervlak per wand is vastgelegd in afbeelding 11. Het totale schadeoppervlak is ca. 280 m² (geprojecteerd op het voorraanzicht). De hoogtevariatie van het los liggend metselwerk in dwarsrichting (loodrecht op het voorvlak) is zonder graafwerk niet vast te stellen.



Afbeelding 11: locatie los metselwerk (lengte van de wanden is bij benadering)



Foto 81: losliggend metselwerk



Foto 82: losliggend metselwerk



Foto 83: losliggend metselwerk, naar buiten geschoven stenen



Foto 84: uit de muur gevallen stenen



Foto 85: keermuur bezweken



Foto 86: keermuur bezweken

3.4.2. Metselwerk slecht voegwerk

Buiten het in par. 3.4.1 genoemde losliggende metselwerk verkeert het voegwerk in redelijke tot goede staat, uitgezonderd twee wanden. Daar is het voegwerk plaatselijk verdwenen maar het metselwerk zit (nog) niet los, zie foto 87.

- Wand D , ongeveer halverwege de wand, een strook van ca. 5 m1 lengte op een hoogte van ca. 50 tot 70 cm boven de waterlijn, totaal ca. 2 m2.
- Wand J, vanaf de waterlijn tot aan het losse metselwerk over gemiddeld 25% van het oppervlak, totaal ca. 4 m2.

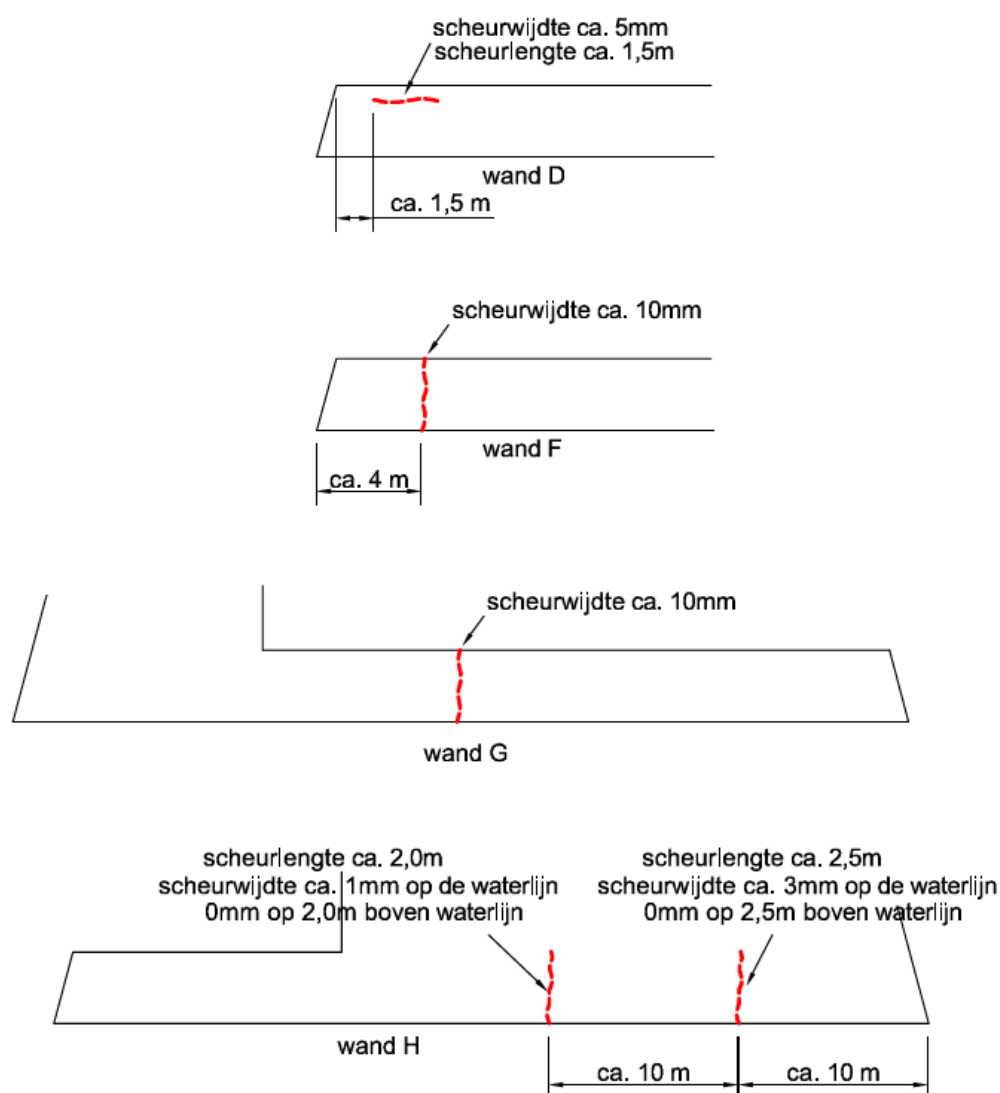


Foto 87: voegwerk plaatselijk verdwenen

3.4.3. Metselwerk scheuren

In wand D is het metselwerk plaatselijk horizontaal gescheurd. Waarschijnlijk is dit door en door, zodat het gedeelte boven de scheur geheel los ligt. Tevens is op een viertal plaatsen het metselwerk verticaal gescheurd, met een scheurwijdte variërend tussen de 1 en 10 mm, zie foto 88 t/m 92. De locaties en scheurwijdtes zijn aangegeven in afbeelding 12. Deze scheuren lopen door tot onder de waterlijn. Bij wand H is op de bodem uitspoeling van zand vanuit de scheuren zichtbaar, zie foto 91.

Er zijn geen noemenswaardige ongelijkmatige zettingen waargenomen, behalve bij wand H. Hier lopen de lintvoegen aan weerszijden van de rechterscheur niet evenwijdig met de waterlijn. Ter hoogte van de scheur vertoont het metselwerk de maximale zakking, zie afbeelding 92.



Afbeelding 12: locatie en afmetingen scheuren in metselwerk



Foto 88: horizontale scheur in metselwerk wand D



Foto 89: verticale scheur in metselwerk wand G

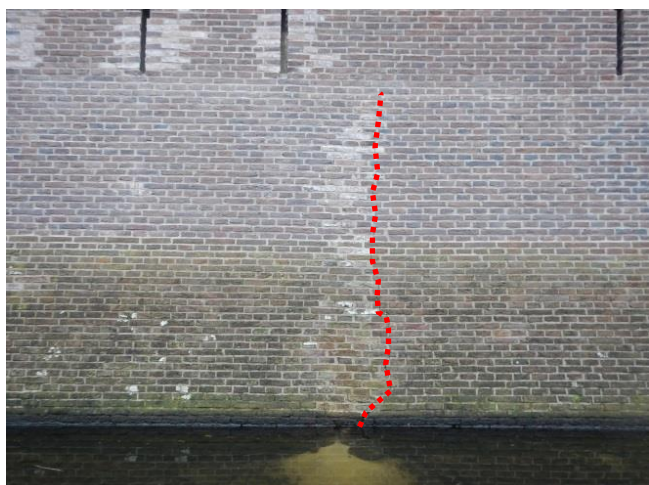


Foto 90: verticale scheur in metselwerk wand H



Foto 91: zand uitspoeling wand H

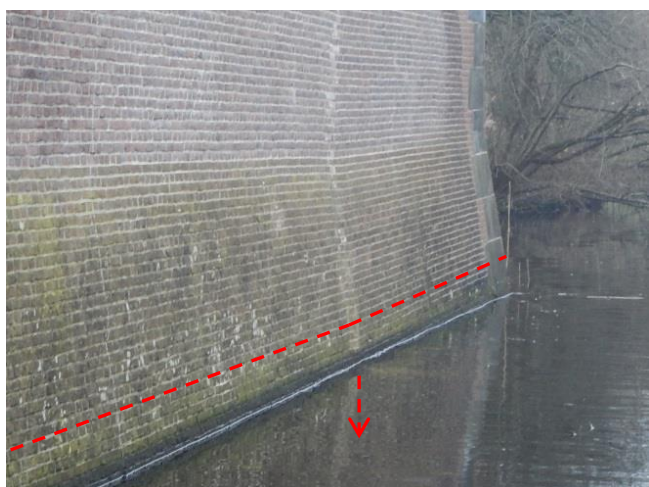


Foto 92: verticale zetting zichtbaar in lintvoegen wand H

3.4.4. Metselwerk rollaag

Over de gehele lengte van wand D t/m E is vanaf de waterzijde geen rollaag meer zichtbaar. Deze niet aangebracht of is in de loop der tijd verwijderd/verdwenen, zie foto 93.



Foto 93: rollaag gedeeltelijk verdwenen

3.4.5. Natuurstenen hoekelementen

De natuurstenen hoek elementen vertonen bij deze Lunet drie soorten schades, namelijk gebroken elementen, naar buiten geschoven elementen en verdwenen elementen, zie foto 94 en 95. De verdwenen elementen liggen, voor een groot deel, op de bodem van de gracht. Per hoek zijn de aantallen globaal geteld en hieronder aangegeven.

Verschoven elementen:

- Hoek wand D-E, de 3 bovenste rijen.
- Hoek wand E-F, de 2e rij van boven.
- Hoek wand F-G, de 3 bovenste rijen.

Verdwenen elementen:

- Hoek wand E-F, bovenste rij geheel en 2e rij van boven gedeeltelijk.
- Hoek wand F-G, 4^e en 5^e rij vanaf boven en waarschijnlijk nog meer onder de waterlijn.

Gebroken elementen:

- Hoek wand D-E, 1 stuks horizontaal gescheurd en 2 met een uitgebroken hoek.



Foto 94: natuurstenen hoekelementen verdwenen



Foto 95: natuurstenen hoekelementen verdwenen

3.4.6. Betonnen dekzerk

De betonnen dekzerk ligt nagenoeg over de gehele lengte op losliggend metselwerk. Door grond en begroeiing op de dekzerk zijn de betonnen dekzerken vanaf de bovenzijde niet inspecteerbaar. Vanaf het water zijn alleen de zijkanten zichtbaar. De zijkanten van de betonnen dekzerken vertonen veel scheuren en uitgebroken hoeken. Het lijkt erop dat de dekzerken hier slechter zijn dan bij Lunet I en II, zie foto 96.



Foto 96: betonnen dekzerk gescheurd

3.4.7. Vervuiling keermuren

De muren van Lunet IV zijn (in verhouding tot Lunet I en II) slechts plaatselijk en in geringe mate vervuild door kalkafzetting. Wel zijn nagenoeg alle wanden voor een groot deel begroeid met mos en planten. Bij wand F en G is een deel van de gracht langs de muur zwaar begroeid met struiken. Het is niet overal even duidelijk of deze uit de muur of vanuit de bodem van de gracht groeien. Ter hoogte van de kazemat bij wand G is de gracht over een strook van ca. 4 m breed begroeid met riet, zie foto 97 t/m 101.



Foto 97: begroeiing met mos en planten



Foto 98: begroeiing met mos en planten



Foto 99: begroeiing in de gracht



Foto 100: begroeiing in muur en gracht



Foto 101: begroeiing in de gracht



Foto 102: PVC doorvoering

3.4.8. Doorvoeringen in keermuren

Op vier plaatsen zijn PVC doorvoeringen aangetroffen, deze vertonen geen schade, zie foto 102. De buizen bevinden zich in wand C en H nabij de kazematten en op twee plaatsen in wand A.

3.4.9. Peilschaal en oud landhoofd in keermuur

In wand L (onder de brug) is een peilschaal ingemetseld. De peilschaal vertoont enkele kleine horizontale scheuren, zie foto 103. In wand A bevinden zich naast de brug de restanten van een oud landhoofd met uitsparingen voor brugliggers. Het metselwerk van dit oude landhoofd vertoont dezelfde schadebeelden als de keermuren, zie foto 104.



Foto 103: peilschaal



Foto 104: oud landhoofd



4 Conclusie en aanbevelingen

4.1. Conclusie

Het metselwerk van de keermuren is bij alle drie de lunetten toe aan een grondige restauratie. Met name het bovengedeelte van de wanden ligt over grote delen van de lengte los en is onder invloed van de gronddruk en de begroeiing op meerdere plaatsen in de richting van het water gedrukt. Dit geldt ook voor de natuurstenen hoekstukken. Bij Lunet IV zijn deze schades het meest ver gevorderd. Hier zijn delen van het metselwerk volledig afgebrokkeld tot onder de waterlijn. Lunet II is er ogenschijnlijk iets beter aan toe. Hier is echter de zuidelijke kazemat in zeer slechte staat (inspectie daarvan behoorde niet tot de opdracht), terwijl de noordelijke kazemat recentelijk in 2012-2013 is gerestaureerd. Het metselwerk van Lunet I is relatief gezien het minst ver gedegradeerd.

De degradatie van het bovengedeelte van de wanden wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door inwatering vanaf de boven- en achterzijde vanuit het aanwezige (vochtige) grondpakket. Het water dat aan deze zijden in het metselwerk dringt lost het bindmiddel (de kalk) in de metselmortel op en transporteert dit naar de voorzijde en onderste delen van de wand. Daar heeft de kalk zich over grote oppervlakten (met name bij de noordelijke en oostelijke wanden van Lunet I en II) in dikke lagen afgezet. Op de kalkafzetting groeit tevens een dikke laag mos.

De aanwezige begroeiing aan de achterzijde (en inmiddels op veel plaatsen ook in de boven- en voorzijde) van de keermuren versnelt het degradatieproces doordat wortels gemakkelijk in het open voegwerk dringen en daarbij het omringende metselwerk verder kapot drukken. Ook de gebrekkige afdekking van de muren in de vorm van deels ontbrekende/losse rollagen en gescheurde betonnen dekzerken, versnelt het degradatieproces.

Het ondergedeelte van de keermuren is over het algemeen in goede conditie. Het voegwerk is hard en slechts lokaal uitgespoeld of afgebrokkeld.

Op enkele plaatsen, met name in de nabijheid van de hoeken, is sprake van transversale scheurvorming t.g.v. gronddrukken/zettingen en/of temperatuurinvloeden. Constructief gezien vormen deze scheuren geen direct risico t.a.v. het grondkerende vermogen. Het is niet bekend in hoeverre de scheuren stabiel zijn.

Naast bovengenoemde gebreken aan het metselwerk van de keermuren zijn ook nog enkele (relatief kleinschalige) schades aangetroffen aan secundaire onderdelen, zoals beschadigde afrasteringen, roestende stalen onderdelen die uit de voorzijde van het metselwerk steken, afgebroken uitwateringsbuizen etc.



4.2. Aanbevelingen

Om verdere degradatie van het metselwerk te voorkomen wordt geadviseerd om z.s.m. de restauratie voor te bereiden en uit te voeren. Aangezien het om monumentaal metselwerk gaat dient dit te geschieden volgens de Uitvoeringsrichtlijn Restauratie Historisch metselwerk (URL 4003) Versie 1.1. Voor voegwerk wordt verwezen naar de URL 4006 Restauratie 'Voegwerk' en voor het natuursteen naar de URL 4007 Restauratie 'Steenhouwwerk'. De voorbereidingen en de restauratie omvatten op hoofdlijnen de volgende stappen:

- 1** Controle beschikbare informatie, inventariseren ontbrekende gegevens, inwinnen aanvullende gegevens, onderwaterinspectie/funderingsonderzoek, bouwfysisch onderzoek, ecologisch onderzoek, onderzoek herstelvarianten, opstellen restauratieplan etc.
- 2** Opstellen contractdocumenten en aanvragen vergunningen/subsidies.
- 3** Het restaureren van het metselwerk. Voor zover nu bekend en valt in te schatten zal het daarbij in hoofdzaak gaan om de volgende werkzaamheden:
 - a.** Snoeien en rooien van alle aanwezige begroeiing op en achter de keermuren over een strook van minimaal 4 m vanuit de muur.
 - b.** Het verwijderen van afrasteringen, gescheurde betonnen dekzerken en overige niet functionele onderdelen, zonder historische waarde.
 - c.** Het ontgraven van de achterzijde van de keermuren tot een diepte van gemiddeld 1 m.
 - d.** Het verwijderen van los metselwerk.
 - e.** Het reinigen van de zichtbare delen van het te handhaven metselwerk.
 - f.** Het schoonmaken en opslaan van onbeschadigde vrijkomende stenen ten behoeve de zichtvlakken en het leveren van nieuwe stenen voor het achterliggende metselwerk.
 - g.** Het waar nodig uittanden en inkassen van te handhaven metselwerk.
 - h.** Het waar nodig uithakken van bros voegwerk in het te handhaven metselwerk.
 - i.** Het waar nodig aanbrengen van wapening bij transversaalscheuren.
 - j.** Het repareren of vervangen van natuurstenen elementen.
 - k.** Het opnieuw opmetselen en inboeten van stenen op plaatsen waar deze zijn verwijderd. Hierbij dient zoveel mogelijk (in ieder geval de zichtvlakken) gebruik gemaakt te worden van het oorspronkelijke materiaal, overeenkomstig het oorspronkelijke metselverband/beeld.
 - l.** Het aanbrengen van voegmortel bij nieuw opgemetselde stenen en uitgehakt voegwerk.
 - m.** Het aanbrengen van een waterdichte afwerking aan de achterzijde van het metselwerk tot ca. 1 m vanaf de bovenzijde.
 - n.** Het waar nodig herstellen van metselwerk en voegwerk op en onder de waterlijn m.b.v. een droogzetkuip.

Voor het geval dat de restauratie om bijv. budgettaire redenen nog langere tijd op zich laat wachten, wordt aanbevolen om in ieder geval op korte termijn begroeiing en bomen te verwijderen welke direct aanleiding geven tot gevolgschade.



BIJLAGEN

A. Kostenramingen Lunet I, II en IV

