project
ARTIS Aquarium

betreft
Bouwfysica gevels
Naisoleren van de gebouwschil – analyse van vochtrisico's

datum
17-09-2019

documentcode
AAQ1701R006

opdrachtgever
Natura ARTIS Magistra

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Eisen en opwaardering isolatie	4
2.1	Eisenniveau	4
2.2	Opbouw constructies	4
3	Inventarisatie risico's	7
3.1	Risicovolle ruimten	7
3.2	Risicovolle details	7
3.3	Risico's isolatie	9
4	Ontwerpoplossingen	10
4.1	Gevels	10
4.2	Gevelopeningen	13
4.3	Daken	14
5	Conclusie en advies	15

Bijlage 1 | Isolatiewaardes op tekeningen *(2 pagina's)*
Bijlage 2 | Vochtbelasting op tekeningen *(6 pagina's)*
Bijlage 3 | Details *(11 pagina's)*

1 Inleiding

Het Aquarium van Artis betreft een monumentaal pand daterend uit 1881. Het gebouw telt drie bouwlagen en diverse tussenvloeren en heeft de status van een rijksmonument. Het gebouw heeft een oppervlakte van circa 4.000 m^2 BVO. Al langere tijd beraadt Artis zich op de toekomst van het gebouw. Daarin worden diverse aspecten meegewogen, waaronder functionaliteit, routing van het publiek, kwaliteit en staat van onderhoud en duurzaamheid.

Bij de renovatie van het Aquarium van Artis is men voornemens het gebouw te verduurzamen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het beperken van het energieverbruik. Om deze reden wordt er gezocht naar mogelijkheden om de gebouwschil na te isoleren.

Aan het naisoleren van de gevel is reeds aandacht besteed in notitie AAQ1701M006, waar is ingegaan op het bouwfysische gedrag rondom balkkoppen in een nageïsoleerde gevel. In notitie AAQ1701M013 is ingegaan op de verschillende delen van de gebouwschil en op welke wijze deze worden nageisoleerd, rekening houdend met de bouwfysische aspecten van de bestaande en nieuwe onderdelen van de verschillen delen van de gebouwschil, evenals met de functionaliteit en monumentale waarde.

In deze rapportage wordt nader ingegaan op de bouwfysische aspecten van de gevels en daken, op basis van het actuele ontwerp. Hierbij worden eerst beknopt de eisen en gekozen oplossingen vermeld.
Vervolgens wordt, op basis van de tekeningen, een inventarisatie gemaakt van de meest risicovolle ruimten op gebied van vocht binnen het plan. Daarna worden de risicovolle details benoemd. Hiermee ontstaat een inventarisatie van de meest risicovolle punten ten aanzien van de vochthuishouding in constructies.
Tenslotte wordt aangegeven hoe de risico's op vochtschade in de nieuwe situatie worden beheerst. Hierbij wordt uiteraard de nadruk gelegd op de meest risicovolle punten op basis van de inventarisatie van deze punten. De onderbouwing wordt, waar nodig, door berekeningen ondersteund.

2 Eisen en opwaardering isolatie

2.1 Eisenniveau

Conform afdeling 5.1 uit het Bouwbesluit worden eisen gesteld aan de thermische isolatie van een gebouw. Conform de eisen voor verbouw wordt er onderscheid gemaakt tussen een renovatie waarbij meer dan 25% van de integrale gebouwschil wordt aangepast en een renovatie waarbij minder dan 25% van de integrale gebouwschil wordt aangepast. Bij de eerste situatie moet worden voldaan aan de nieuwbouweisen m.b.t. de thermische isolatie en bij de tweede situatie moet worden voldaan aan het rechtens verkregen niveau met een minimum de waarden zoals aangegeven in tabel 1. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen renovatie van de integrale gebouwschil, waarbij bijvoorbeeld een dak of gevel volledig wordt opengelegd en vernieuwd, en aanpassingen die geen betrekking hebben op de integrale gebouwschil. Bij de laatste kan worden gedacht aan bijvoorbeeld de na-isolatie van een spouwmuur, na-isolatie van enkelsteens buitenmuren aan binnen- of buitenkant, na-isolatie onder dakpannen of tegen het dakbeschot. Hierbij is geen sprake van verbouw van de uitwendige scheidingsconstructie en worden er dus ook geen eisen gesteld aan de minimaal te realiseren thermische isolatie. Dit is weergegeven in tabel 1.

tabel 1 | *Aan te houden eisenniveau conform het Bouwbesluit afdeling 5.1 m.b.t. thermische isolatie.*

	Renovatie < 25% gebouwschil	**Renovatie ≥ 25 % gebouwschil**
Integrale gebouwschil	Rechtens verkregen niveau én:	Nieuwbouweisen:
	Vloer Rc ≥ 2,5 m^2K/W	Vloer Rc ≥ 3,5 m^2K/W
	Gevel Rc ≥ 1,3 m^2K/W	Gevel Rc ≥ 4,5 m^2K/W
	Dak Rc ≥ 2,0 m^2K/W	Dak Rc ≥ 6,0 m^2K/W
	Ramen U ≤ 2,2 W/m^2K	Ramen U ≤ 1,65 W/m^2K
Geen integrale gebouwschil	Geen eisen	Geen eisen

2.2 Opbouw constructies

Voor verschillende delen van de gebouwschil zijn verschillende oplossingen gekozen om deze energetisch op te waarderen. Een overzicht hiervan is te vinden in bijlage 1.

2.2.1 Dak

De houten dakconstructie en dakbeschot van het Aquariumgebouw blijven gehandhaafd. De verschillende huidige dakafwerkingen (bitumen en zink) worden vervangen. Het complete dak wordt nageïsoleerd; dit vindt op sommige locatie aan de binnenzijde plaats en op ander locaties aan de buitenzijde. Deze renovatie betreft niet de integrale gebouwschil, dus er gelden hierbij geen eisen met betrekking tot de thermische isolatie. In bijlage 1 is aangegeven welke delen worden geïsoleerd en op welke wijze.

Dak geïsoleerd aan binnenzijde (Rc = 4,6 m^2K/W)

Een deel van het dak wordt nageïsoleerd aan de binnenzijde. Dit isolatiepakket bestaat uit 160 mm hoogwaardige isolatie met een λ-waarde van 0,021 W/mK. Daarnaast is aangenomen dat daartussen gordingen met een breedte van 120 mm en een hoogte van 230 mm zijn gerealiseerd met een hart op hart afstand van 1200 mm. Dit resulteert in een Rc-waarde van 4,6 m^2K/W.

Dak geïsoleerd aan buitenzijde (Rc = 4,3 m^2K/W)
Bij deze constructie wordt op het bestaande dakbeschot een Kingspan Therma TP10 isolatieplaat met een dikte van 95 mm aangebracht. Deze dakplaat heeft een λ-waarde van 0,022 W/mK. Dit resulteert in een Rc-waarde van 4,3 m^2K/W.

2.2.2 Lichtstraten in dak

Lichtstraten (Uw ≤ 1,65 W/m^2K)
De daklichten zullen integraal worden vervangen door nieuwe daklichten en lichtstraten in een geïsoleerd profielsysteem met isolerende beglazing. Hierbij gaat het om een renovatie van meer dan 25 % van de integrale gebouwschil en moet er dus aan nieuwbouweisen worden voldaan (U_w ≤ 1,65 W/m^2K). De daklichten worden vervangen door lichtstraten type Brakel BA-4 HR 1,2 (of vergelijkbaar). Dit systeem heeft een U_{glas}-waarde van 1,0 W/m^2K en een U_{kozijn}-waarde ≤ 1,65 W/m^2K. Dit resulteert in een U_w-waarde van ≤ 1,65 W/m^2K.

2.2.3 Gevels

Door de afwerking en uitstraling van de buitenzijde van de gevel, vertaald in de monumentale status, is isolatie van de gevels aan de buitenzijde uitgesloten. Bij massieve gevelconstructies, zoals hier, resteert dan enkel het isoleren aan de binnenzijde. Deze renovatie betreft niet de integrale gebouwschil, dus er gelden hierbij geen eisen met betrekking tot de thermische isolatie.
Bij enkele delen van de gevels is zowel de buitenzijde als de binnenzijde van monumentale waarde of tast toevoeging van isolatie de monumentale uitstraling aan. Deze delen worden om deze reden niet voorzien van isolatie. In bijlage 1 is aangegeven welke delen worden geïsoleerd en op welke wijze. Deze wijze is hieronder nader omschreven.

Ongeïsoleerde wand (R_c = 0,3 m^2K/W)
De ongeïsoleerde gevels bestaan uit metselwerk met een variërende dikte. De R_c-waarde van deze wanden is circa 0,3 m^2K/W.

Wand met na-isolatie en geventileerde spouw (R_c = 3,2 m^2K/W)
Deze wand is opgebouwd zoals beschreven in de notitie “Restauratie casco” van Verlaan & Bouwstra architecten, d.d. 21-09-2017. Er wordt gebruik gemaakt van een ‘traditionele’ geïsoleerde voorzetwand, bestaande uit een houten stijl- en regelwerk waartussen isolatie wordt geplaatst. Deze isolatie bestaat uit een Kooltherm K12 Frameplaat van 80 mm en een λ-waarde van 0,020 W/mK. Voor bepaling van de isolatiewaarde is uitgegaan van ca 4% houtconstructie in de voorzetwand. Tussen de huidige constructie en de geïsoleerde voorzetwand is een zwak geventileerde luchtspouw van ca. 20 mm aanwezig. Deze constructie levert een R_c-waarde op van 3,2 m^2K/W

2.2.4 Kozijnen en ramen

Renovatieglas (U_w = 2,0 W/m^2K)
Bij deze ramen wordt de huidige beglazing vervangen voor Stolker Monuglas met een dikte van 10 mm (4-3-3 mm) en een Xenon gasvulling. De U_{glas}-waarde van dit type renovatieglas is 1,6 W/m^2K. De houten kozijnen hebben een U_{kozijn}-waarde van ca. 2,2 W/m^2K. Samen geeft dit een Uw-waarde van ca. 2,0 W/m^2K. Hiermee wordt voldaan aan de eis uit het Bouwbesluit voor een renovatie van minder dan 25% van de integrale gebouwschil van U ≤ 2,2 W/m^2K.

Deuren
De ongeïsoleerde deuren zonder lichtdoorlatende delen inclusief houten kozijnen hebben een U_d-waarde van 3,4 W/m^2K. Deze deuren worden niet vernieuwd. Hiervoor geldt dus geen eis met betrekking tot de thermische isolatie conform het Bouwbesluit.

Voorzetraam (U_w = 1,1 W/m^{2}K)
De voorzetramen bestaan uit isolerend dubbelglas en worden aan de binnenkant van de gevel in één lijn geplaatst met de nieuwe isolatie. De U_{glas}-waarde van het voorzetraam is maximaal 1,3 W/m^{2}K. Samen met het kozijn van het voorzetraam, de isolatiewaarde van het huidige raam en kozijn en de spouw die ontstaat tussen het voorzetraam en huidige raam zorgt dit voor een U_w-waarde van 1,1 W/m^{2}K voor het raam inclusief kozijn.

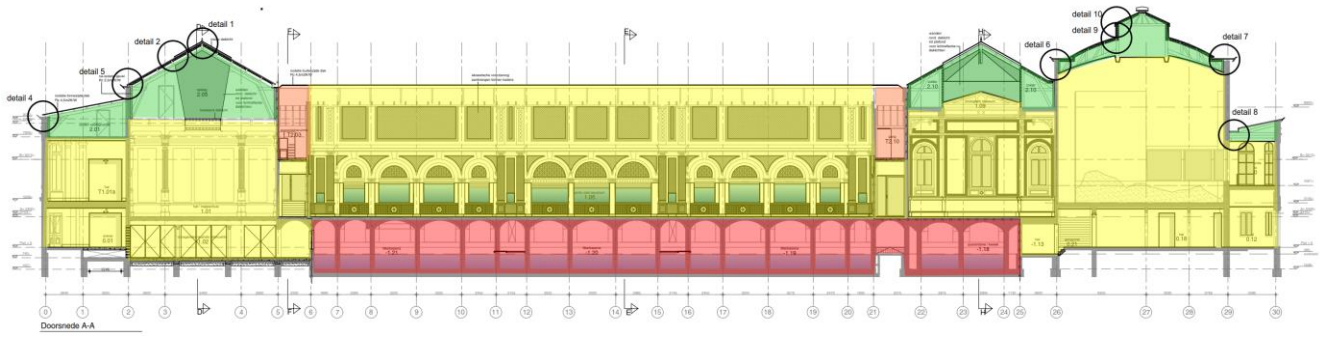
2.2.5 Begane grondvloer
Zoals op de doorsnede te zien is wordt de vloer gedeeltelijk vernieuwd en voorzien van isolatie. Het gaat hierbij om een renovatie van minder dan 25% van de integrale gebouwschil. Conform het Bouwbesluit dient het gerenoveerde deel een Rc ≥ 2,5 m^{2}K/W te krijgen. Zoals op de doorsnede te zien is krijgt het nageïsoleerde deel van de vloer een Rc van 3,2 m^{2}K/W. Hiermee wordt voldaan aan de eis uit het Bouwbesluit.

3 Inventarisatie van vochtrisico's

3.1 Risicovolle ruimten

Om de risico's in kaart te brengen ten aanzien van de vochthuishouding in de constructies, is ten eerste een inventarisatie gemaakt van de vochthuidhouding in de ruimten. In bijlage 2 zijn op plattegronden en doorsneden deze risico's weergegeven. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen de volgende niveaus:

- laag risico (groen) ruimte zonder vocht producerende activiteiten en lage bezetting;
- normaal risico (geel) verblijfsruimten met normaal hygrisch binnenklimaat;
- matig risico (oranje) ruimten met activiteiten die leiden tot licht verhoogde luchtvochtigheid;
- hoog risico (rood) ruimten met activiteiten die leiden tot zeer hoge luchtvochtigheid (en zoutafzetting).



figuur 1 | *Risico's vochthuishouding ten gevolge van het binnenklimaat in de ruimten, weergegeven in langsdoorsnede A-A.*

Figuur 1 geeft een langsdoorsnede van het gebouw. Hierin is te zien dat de grootste risico's op vocht ten gevolge van het binnenklimaat zijn te verwachten in de kelder met de filterinstallatie. In de bezoekersruimten is een normaal hygrisch klimaat te verwachten. De verzorgingsruimten, die in figuur 1 slechts op enkele plaatsen worden doorsneden, hebben een matig risico, omdat hier aquaria staan. Deze ruimten zijn in verhouding vrij hoog en goed geventileerd. De ruimten op de zolders worden niet gebruikt, behalve voor technische installaties, waardoor hier nauwelijks vochtproductie door apparatuur en personen aanwezig is. De vochtrisico's zijn daar laag. Zie bijlage 2 voor meer doorsneden en plattegronden.

De grootste risico's voor de vochthuishouding in de constructies, gezien vanuit het hygrisch binnenklimaat, bestaan dus in de ruimten met de filterbakken, gevolgd door de verzorgingsruimten. De kleinste risico's bestaan op de zolders.

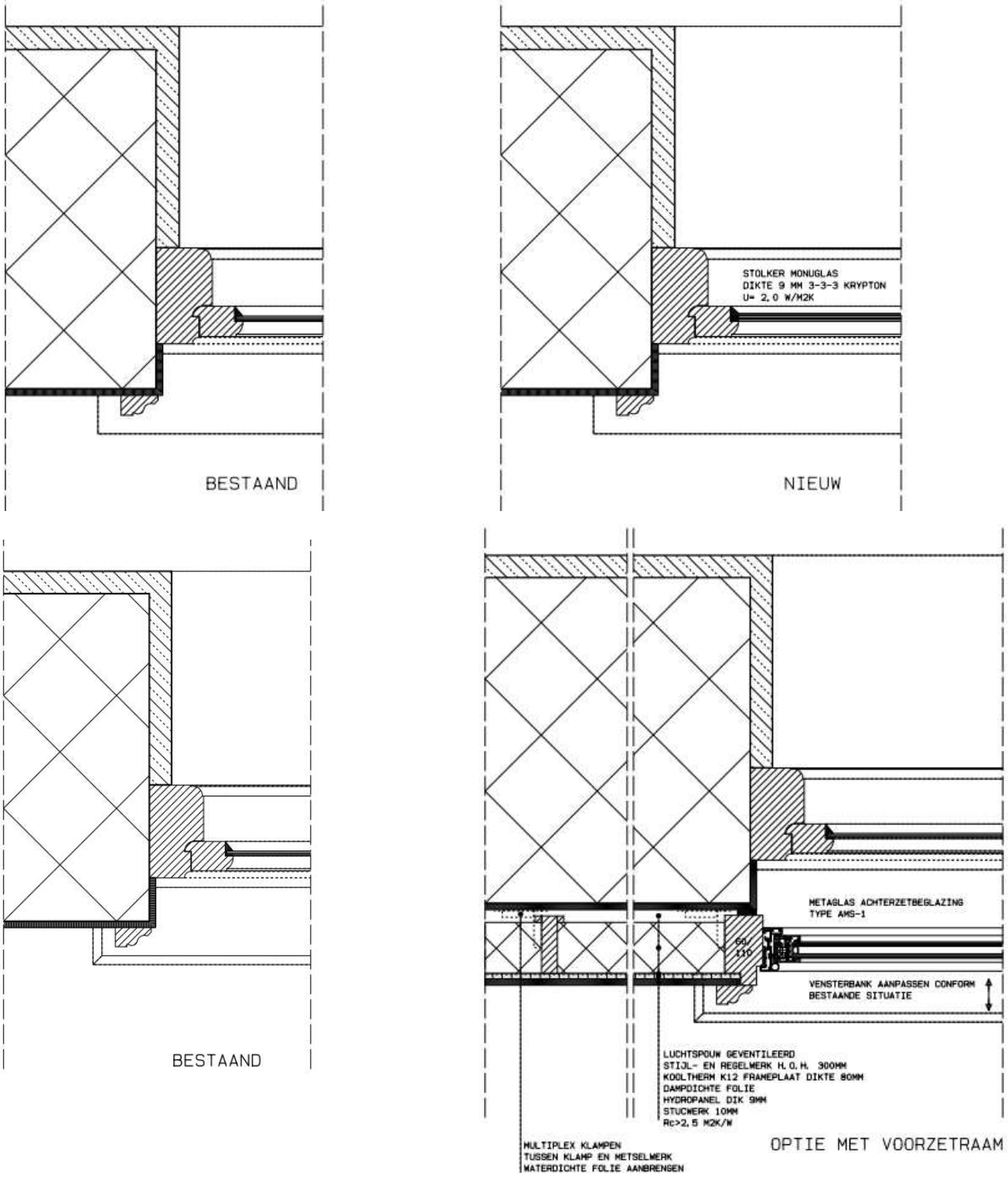
3.2 Risicovolle details

Een groot deel van de muren wordt nageïsoleerd. Daarnaast worden de ramen voorzien van nieuwe beglazing of voorzetbeglazing. De daken worden eveneens nageïsoleerd. Bij al deze toegevoegde isolatielagen bestaat een risico op interne condensatie door vochtdiffusie en/of luchtlekkage van binnenuit. Constructies die nu buiten de thermische schil komen te liggen worden daardoor kouder. Bij houtconstructies bestaat hier op termijn een risico op schade door vocht. Bijlage 3 toont de principedetails waarin onder andere de isolatie en dampremmende laag is te vinden.

De muren worden aan de binnenzijde nageisoleerd. Hierdoor worden het oorspronkelijke muurwerk en de hierin opgenomen houten opleggingen kouder. Rondom een dergelijke oplegging ontstaat daardoor een risico op condens.

In de muren zijn kozijnen opgenomen met beglazing. Deze beglazing wordt in niet nageïsoleerde geveldelen opgewaardeerd door renovatieglas te plaatsen en in nageïsoleerde geveldelen door geïsoleerde voorzetramen te plaatsen. Deze twee

typen oplossingen zijn weergegeven in figuur 2. De kozijnen en dagkanten kunnen hier koudebruggen vormen, waardoor oppervlaktecondensatie kan ontstaan.



figuur 2 | *Oplossingen voor de beglazing in wel en niet nageïsoleerde muren*

De daken worden nageïsoleerd. Dit gebeurt deels aan de buitenzijde en deels aan de binnenzijde. Aan de buitenzijde van de isolatielaag bevind zich in alle gevallen dakbeschot met zinken dakbedekking. Er bestaat enerzijds een risico waar houten constructiedelen de isolatielaag kruisen, omdat deze constructiedelen naar buiten kouder worden en bovendien de damprem doorkruisen. Daarnaast bevindt zich dakbeschot tussen de isolatie (koude buitenzijde) en zinken dakbedekking, waar een risico op vochtophoping ter plaatse van deze dakbedekking bestaat.

3.3 Risico's isolatie

De grootste risico's voor de muren ontstaan bij de opleggingen van houten constructies. Deze zijn te vinden bij de zolders, bezoekersruimten, verzorgingsruimten en in de kelders. Op de zolders is het risico gering, doordat deze ruimten nauwelijks vochtproductie kennen. In de winter zal de luchtvochtigheid laag zijn.
De verzorgingsruimten kennen een matige vochtbelasting. De kelders een hoge vochtbelasting. In het volgende hoofdstuk wordt onderbouwd hoe deze risico's worden beperkt.

De ontwerpmaatregelen om vochtproblemen ter plaatse van kozijnen en dagkanten te voorkomen worden tevens in het volgende hoofdstuk nader behandeld. Renovatieglas in niet nageïsoleerde muren wordt hierbij enkel toegepast in publieksruimten met een normaal hygrisch binnenklimaat. Voorzetramen daarentegen komen ook voor in ruimten met een matige en hoge vochtbelasting, zoals de verzorgingsruimten en kelders.

De risico's voor de daken zijn op de meeste posities gering, doordat de zolders een lage vochtbelasting kennen. Uitzondering hierop vormt de kapconstructie boven de verzorgingsruimten. In het volgende hoofdstuk zal de gekozen oplossing hier worden onderbouwd. Naast vochtbelasting van binnen is er een risico op vocht ter plaatste van het dakbeschot direct onder de zinken dakbedekking, waar ook nader op in wordt gegaan. Dit is in mindere mate afhankelijk van de onderliggende ruimte en bijbehorend binnenklimaat.

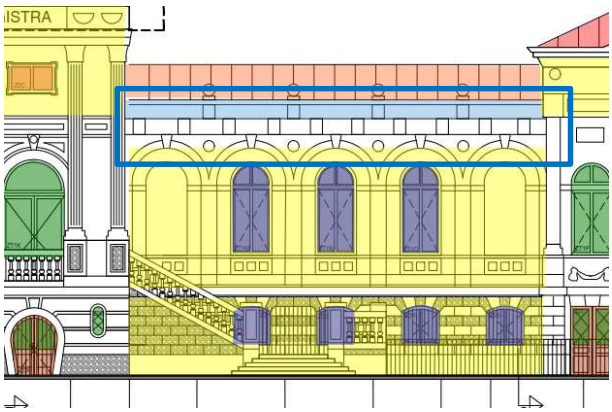
4 Ontwerpoplossingen

In dit hoofdstuk wordt per na te isoleren bouwdeel ingegaan op de ontwerpoplossingen en hoe vochtproblemen in de constructies hierbij worden voorkomen. Hierbij wordt ingegaan op de meest kritische punten, zoals deze volgen uit het voorgaande hoofdstuk. De principes die hier worden beschreven worden ook toegepast op de minder kritische punten. Door te onderbouwen dat op de meest kritische punten vochtproblemen afdoende worden tegengegaan, zullen ook minder kritische punten met deze principes naar verwachting niet tot vochtproblemen leiden.

4.1 Gevels

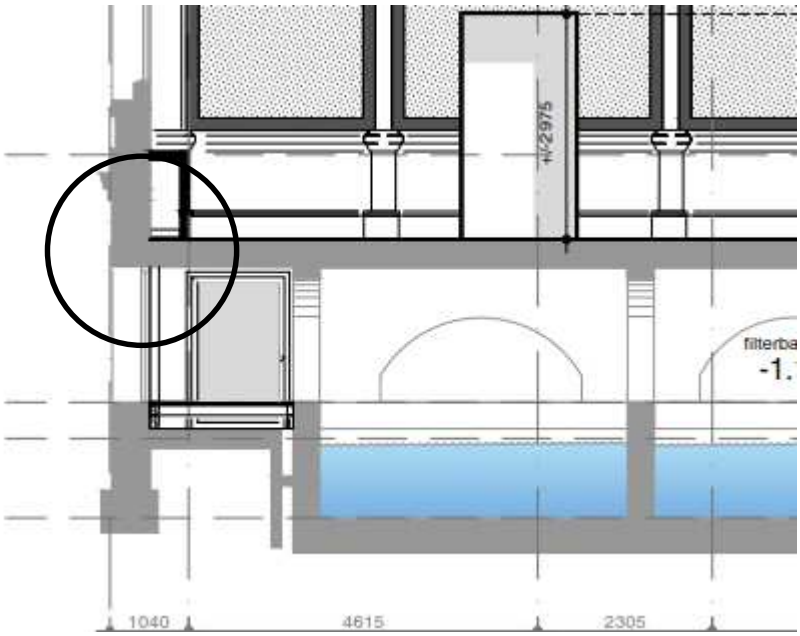
Bij de gevels van zowel de kelder als de overige verdiepingen is de enige mogelijke zijde om na te isoleren de binnenzijde. Besloten is dit, gezien de vochtproductie in het gebouw, te doen met een dampdicht isolatiepakket. De geadviseerde isolatiewaarde (R_c) is maximaal 2,5 m^2K/W, om condensatie door temperatuurverschillen in bestaande constructies en bij aansluitingen te voorkomen. Aansluitingen met houten constructiedelen vormen hierbij het grootste risico op interne condensatie en houtrot. Hierbij wordt de interne condensatie veroorzaakt door vochtige binnenlucht.

Bij de aansluitingen met houten constructiedelen zijn twee mogelijke oplossingen om interne condensatie tegen te gaan.
De eerste oplossing is om de gevel aan de binnenzijde te voorzien van een dampdichte laag en deze aan te sluiten op de constructiedelen. Deze oplossing dient ertoe te leiden dat wordt voorkomen dat vocht in de constructie kan komen. Dit is de oplossing die wordt voorgesteld bij de kelders, vanwege de constante hoge vochtbelasting, en bij de zolders, vanwege de vele aansluitingen met de nageïsoleerde dampdichte houten kapconstructie. De kelders zijn hierbij, vanwege de hoge vochtbelasting, het meest kritisch.
Een tweede oplossingsrichting is om rondom de constructiedelen een stuk gevel vrij te houden van isolatie. Hier kan op het ongeïsoleerde, steenachtige deel van de gevel condens ontstaan. Dit ontstaat met name op het koudere stenen deel en niet op het hout. Dit is oppervlaktecondensatie die ook weer vrij kan verdampen. Hierdoor wordt geen vocht ingesloten bij het hout, en wordt voorkomen dat het tot schade zal leiden. Deze oplossing wordt toegepast in de verzorgingsruimten en publieksruimten. In bijlage 1 is dit herkenbaar door de strook rond de vloer/dakconstructie die niet gekleurd is in een verder gekleurde gevel, zie ook figuur 3.

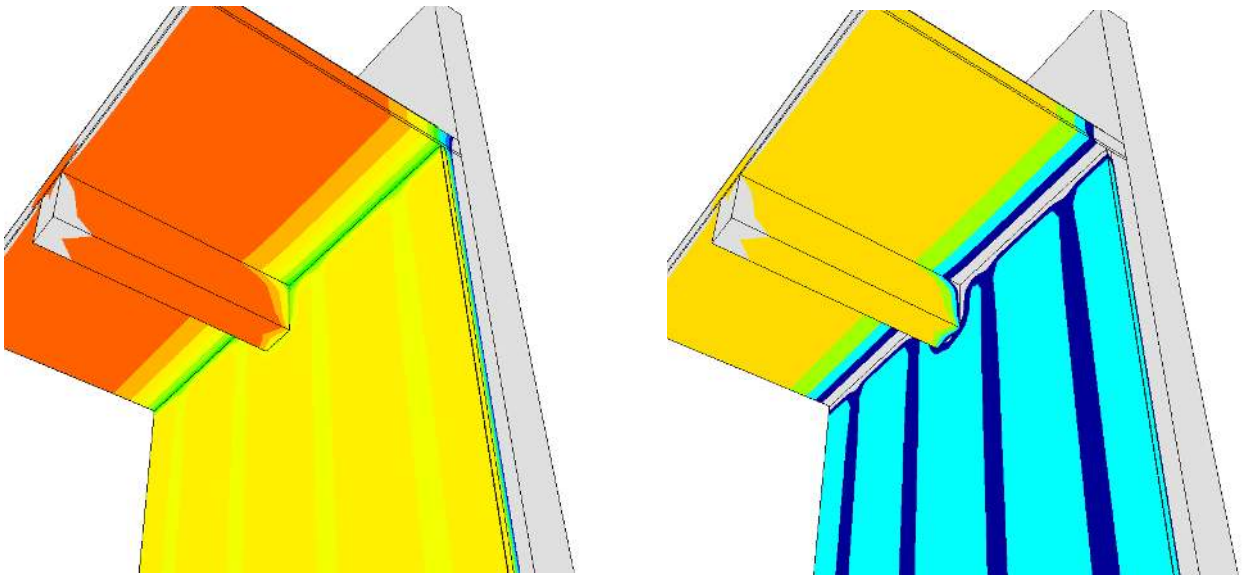


figuur 3 | *Ongeïsoleerde strook (blauw omkaderd) ter plaatse van de oplegging van houten delen in een verder nageïsoleerde wand.*

Voor de filterruimte is een berekening uitgevoerd met Trisco. Hiermee wordt het temperatuurverloop in de constructie berekend. Hierbij is gerekend met 20 °C binnen en -10 °C buiten. In de filterruimte is echter een hogere luchtvochtigheid te verwachten en is uitgegaan dat reeds bij een oppervlaktetemperatuur van 16 °C condensatie optreedt (gemiddelde luchtvochtigheid 80%).
Het doorgerekende detail betreft een schematisering van een wand van de kelder die is nageïsoleerd. De bovenliggende wand is van het Zoologisch museum en ongeïsoleerd. De houtconstructie bestaat uit een houten balk die in de gevel is opgelegd. In figuur 4 is de positie in de doorsnede aangegeven.



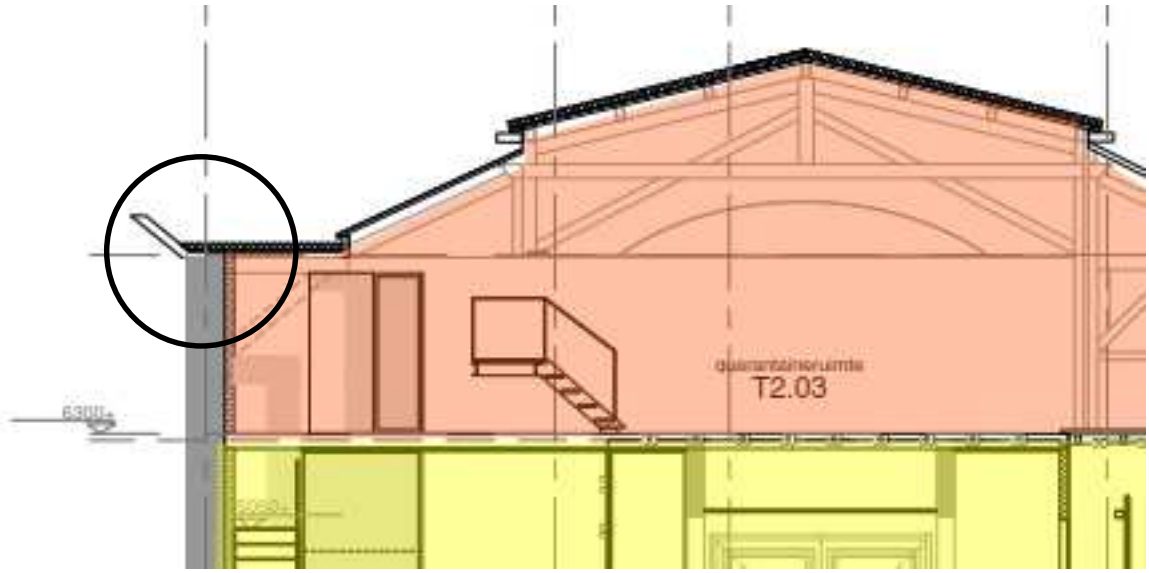
figuur 4 | *Positie in de doorsnede waar de vloerconstructie is opgelegd in de geïsoleerde kelderwand (de doorsnede is ter plaatse van een deur genomen, hiernaast is gesloten wand aanwezig).*



figuur 5 | *Temperatuurverdeling in de constructie met links een schaalverloop van 10 tot 20* °C en rechts van 16 tot 20 °C.

Figuur 5 toont de resultaten van de berekening met trisco van deze kritische situatie in de kelder. Hieruit blijkt dat bij 80 % relatieve luchtvochtigheid er interne condensatie zal optreden in de constructie (temperatuur onder 16 °C). Dit wordt voorkomen door een dampremmende folie toe te passen tussen de isolatie en de binnenafwerking. Tevens blijkt er lichte oppervlaktecondensatie op te kunnen treden bij de aansluiting met de vloer en de aansluiting met de balk. Om condens hier te voorkomen en te voorkomen dat de balkkop voortdurend vochtig is, dient de dampremmende folie te worden afgeplakt tegen de steenachtige vloer en dient deze rond de houten balken tenminste 20 cm naar binnen te worden doorgezet. De balk wordt naar binnen toe steeds warmer, door de binnenlucht. Deze 20 cm is ruim voorbij het punt waar de balk zo koud is dat condensatie optreedt. Dit principe van dampdicht isoleren en het naar binnen doorzetten van de damprem wordt tevens bij de zolders toegepast. Hier is de situatie minder kritisch dan in de kelder met hoge vochtbelasting. In de details in bijlage 3 zijn de dampremmende lagen aangegeven en is ook aangegeven waar deze naar binnen dienen te worden doorgezet.

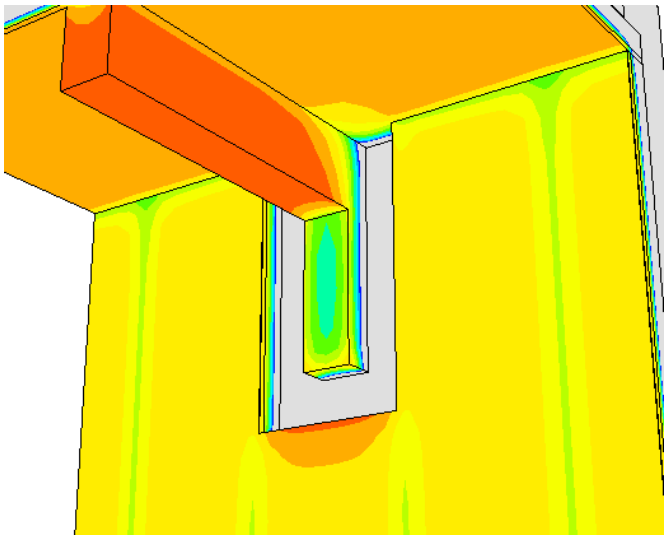
De tweede oplossingsrichting wordt toegepast in de publieksruimten en verzorgingsruimten. De verzorgingsruimten kennen hierbij een hogere vochtbelasting dan de publieksruimten. Voor de verzorgingsruimten is het punt in figuur 6 nader onderzocht in het volgende hoofdstuk.



figuur 6 | *Positie in de doorsnede waar de constructie is opgelegd in de geïsoleerde wand van de verzorgingsruimte.*

Er is ook van dit punt een berekening uitgevoerd met Trisco. Hierbij is gerekend met 20 °C binnen en -10 °C buiten. De temperatuur waarbij condensatie optreedt is circa 10 °C, bij een aangenomen luchtvochtigheid binnen van 70%.
Het doorgerekende detail betreft een schematisering van een dakrand. De houtconstructie bestaat uit een houten balk die in de gevel is opgelegd en bovendien door een houten element aan de gevel nog wordt ondersteund. Deze constructie is bij het Aquarium op verschillende plaatsen bij het dak aangetroffen.

De berekening die is uitgevoerd is met een constructie die rondom 200 mm is vrijgehouden, zoals in deze ruimten zal worden toegepast. Feitelijk wordt een bewuste koudebrug gecreëerd, waardoor de houtconstructie relatief warm blijft (vergelijkbaar met de bestaande situatie). De voorzetwand stopt op 200 mm van de houtconstructie, waardoor de constructie en de omringende oorspronkelijke wand hier in het zicht blijven. Hiervan is het resultaat te zien in figuur 4, waarbij een schaalverdeling is gebruikt van 10 tot 20 °C.



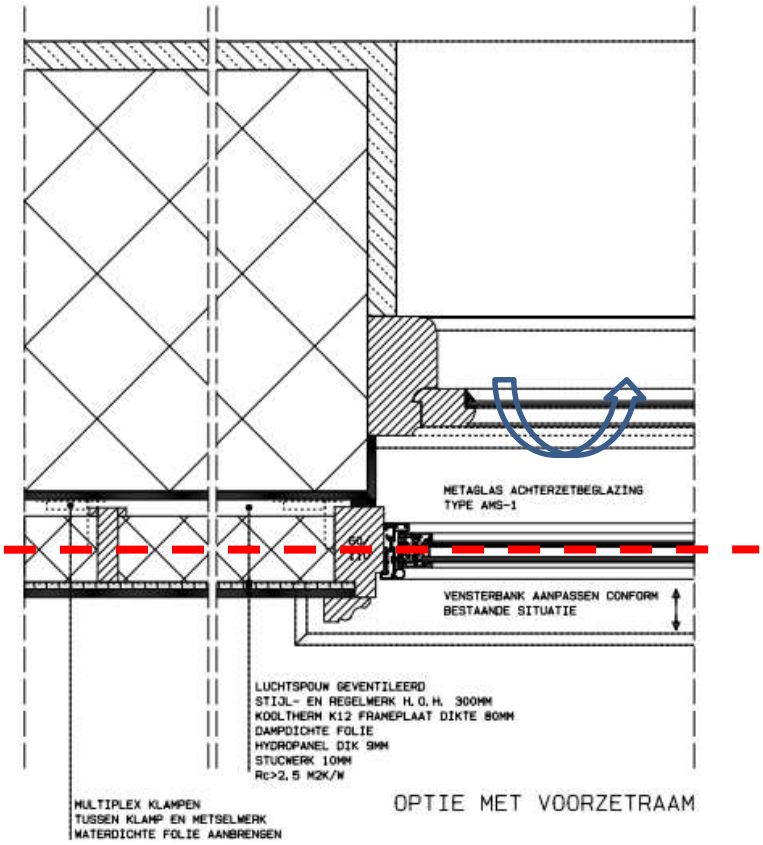
figuur 7 | *Temperatuurverdeling in de constructie, waarbij 200 mm rondom de constructie voorzetwand is weggelaten.*

In figuur 7 is zichtbaar dat aan de binnenzijde van de constructie condensatie kan optreden, omdat de temperatuur hier onder de 10 °C is. Het vlak waar dit het eerste optreedt is het oorspronkelijke stenen vlak, omdat dit het koudste vlak is. Hierdoor zal worden voorkomen dat condens zich op of in het hout verzameld. De condens op het stenen oppervlak kan vervolgens weer verdampen, omdat dit vrij aan de lucht grenst. Het stenen koude vlak reguleert zo de relatieve luchtvochtigheid rondom de houtconstructie, waardoor de houtconstructie niet door vocht wordt aangetast.
In de praktijk is deze oplossing goed uitvoerbaar. Deze oplossing minimaliseert het risico op schade en is daarmee een goed toepasbaar principe. Of 200 mm voldoende effect geeft, is afhankelijk van het detail. Om een goede luchtstroom in de hoeken te kunnen blijven houden adviseren wij niet minder dan 200 mm vrij te maken. Bij grote constructiedelen, zoals gesimuleerd kan rondom met 200 mm worden gewerkt. Bij enkel een balklaag adviseren wij een strook onder de vloer vrij te laten, waarbij deze strook een hoogte heeft van de bovenzijde van de balklaag tot 200 mm onder de onderzijde van de balklaag.

4.2 Gevelopeningen

Bij de gevelopeningen zijn twee principes toegepast. In ongeïsoleerde gevels is renovatieglas toegepast. Het gevaar dat hierbij qua vocht optreed is dat er condensatie optreedt op de gesloten geveldelen in plaats van het glas. Hierdoor worden gebruikers pas gealarmeerd van een te hoge vochtigheid als er schimmels of andere schade ontstaat. Dit type beglazing heeft echter een beperkte isolatiewaarde met een U-waarde van 2,0 W/m^{2}K. Doordat de isolatiewaarde van dit glas beperkt is, zal de metselwerk gevel nog steeds beter isoleren dan het glas. Condensatie zal daardoor, ook na vervanging van het glas, ten eerste op het glas ontstaan. Hierdoor worden gebruikers er tijdig op gewezen dat het te vochtig is en er meer geventileerd dient te worden. Dit is vergelijkbaar met de bestaande situatie.

Het tweede principe betreft achterzetramen in geïsoleerde geveldelen. De achterzetramen liggen hierbij in lijn met de thermische schil van de geïsoleerde voorzetwand. Deze achterzetramen hebben isolatieglas en vormen een onderdeel van de thermische schil. Door de positie in de gevel ontstaan geen koudebruggen bij de dagkanten van de ramen. Hierbij wordt geadviseerd de achterzetramen goed luchtdicht uit te voeren, maar de oorspronkelijke ramen juist “luchtlek” te laten. Hierdoor ontstaat tussen de achterzetramen en oorspronkelijke ramen een licht geventileerde spouw, die eventueel vocht kan afvoeren (zie figuur 8).



figuur 8 | *Principe van de achterzetramen, die in lijn (rood) staan met de rest van de thermische schil. De oorspronkelijke ramen hebben opzettelijke luchtlekken, om een licht geventileerde spouw (blauw) te creëren waardoor vocht kan worden afgevoerd.*

4.3 Daken

De daken met de hoogste risico's bevinden zich boven de verzorgingsruimten. Het isolatiepakket van deze daken wordt geheel dampdicht uitgevoerd. Hierbij dient de dampdichte laag goed te worden getaped op de houten constructiedelen die door deze damprem naar binnen steken. Hier wordt rondom balken tevens de damprem tenminste 20 cm naar binnen doorgezet. Dit is een vergelijkbare oplossing als bij de constructiedelen in de dampdichte wanden van de kelder wordt toegepast, die een hogere vochtbelasting kennen. In bijlage 3 is dit in de details aangegeven.

Naast vochtbelasting van binnen is er een risico op vocht ter plaatste van het dakbeschot direct onder de zinken dakbedekking. Dit is in mindere mate afhankelijk van de onderliggende ruimte en bijbehorend binnenklimaat, maar voor een groot deel ook van het vocht van buiten. Door dakbeschot op te sluiten tussen isolatie en de zinken dakbedekking kan dit tot schades leiden. Om deze reden zijn alle dakvlakken onder het zink voorzien van een geventileerde spouw. Deze is tevens in de details terug te vinden. Dit is bij zinken dakbedekking een gebruikelijke werkwijze om vocht effectief weg te ventileren en schades door vocht te voorkomen.

5 Conclusie en advies

Bij de isolatie van gesloten delen van de gebouwschil dient goed rekening te worden gehouden met het hygrisch gedrag van de constructie. Bij de gevels van zowel de kelder als de overige verdiepingen is de enige mogelijke zijde om na te isoleren de binnenzijde. Dit gebeurt met een dampdicht isolatiepakket. Aansluitingen met houten constructiedelen vormen hierbij het grootste risico op interne condensatie en houtrot. Met een berekening is aangetoond wat het temperatuurverloop hier is. Hieruit blijkt dat rondom deze aansluitingen de dampdichte laag tenminste 20 cm naar binnen dient te worden doorgezet en nauwkeurig te worden aangesloten.

Bij de aansluitingen op de verdiepingen (publieksruimten en verzorgingsruimten) met houten constructiedelen wordt geadviseerd de geïsoleerde voorzetwand terug te houden van de constructie, waardoor de constructie en een deel van de steenachtige wand in het zicht blijven. Hierdoor zal door de koudebrug de aansluiting met de houtconstructie relatief warm blijven, vergelijkbaar ,met de huidige situatie. Dit is met een berekening inzichtelijk gemaakt. Om een goede luchtstroom in de hoeken te kunnen blijven houden adviseren wij niet minder dan 200 mm vrij te maken. Bij grote constructiedelen, zoals gesimuleerd kan rondom met 200 mm worden gewerkt. Bij enkel een balklaag adviseren wij een strook onder de vloer vrij te laten, waarbij deze strook een hoogte heeft van de bovenzijde van de balklaag tot 200 mm onder de onderzijde van de balklaag.

Rondom ramen is geen condens te verwachten. Wel dient de spouw tussen de bestaande ramen en achterzetbeglazing te worden geventileerd om mogelijk vocht hier af te voeren.

De daken worden dampdicht geïsoleerd, waarbij de damprem eveneens naar binnen wordt doorgezet en nauwkeurig dient te worden aangesloten op de bestaande houten constructiedelen. Dit is in details aangegeven.

Het voorkomen van vochtproblemen is in sterke mate afhankelijk van een nauwkeurige uitvoering. Met name de damprem dient overal nauwkeurig te worden aangebracht en aangesloten. Hiervoor is in de uitvoering bijzondere aandacht vereist.

De maatregelen, zoals omschreven in dit rapport en zijnde onderdeel van het ontwerp, beperken de risico's bij deze scheidingsconstructies op vochtschades. De beschreven oplossingen zijn principe-oplossingen die toepasbaar zijn in de beschreven situaties en in vergelijkbare situaties. Het betreft echter een complex gebouw met vele verschillende detailleringen in de gebouwschil. In de volgende fase dienen afwijkende kritische detailleringen te worden gesignaleerd en alsnog bouwfysisch worden beoordeeld. Op basis daarvan zullen maatwerkoplossingen noodzakelijk zijn. Dit is een belangrijk aandachtspunt in de uitvoeringsfase.