

Optimalisatie thermisch comfort

rijksmonument Damianenklooster te Sint-Oedenrode



TBWK-LSAWL6-08

Laurens van Harten
Studentnummer 1549880
Afstudeeronderzoek



Datum: 6 juni 2011

Afstudeerbegeleiding

HU Instituut voor Gebouwde Omgeving
Nijenoord 1, Utrecht
Postbus 182, 3500 AD, Utrecht

1^e begeleider:

ir. H.J. Wolfswinkel
Kamer A.02.04
E henk.wolfswinkel@hu.nl
T 030 238 86 24

2^e begeleider:

ir. C.J.J. Geevers
Kamer A.01.11
E kees.geevers@hu.nl
T 030 238 88 86

Bedrijfsbegeleiding:

Molenaar&Bol&VanDillenarchitecten

Ir. F.A. Koeman
Taalstraat 112, Vught
Postbus 75, 5260 AB, Vught
T 073 658 70 70
E f.a.koeman@gmail.com

Student:

Laurens van Harten
Hadewychstraat 35
5262 TA Vught
T 073-7851233
E lvharten@gmail.com
Studentnummer 1549880

Inhoudsopgave

1.	Voorwoord	1
2.	Symbolen, Tabellen en verklarende woorden	2
2.1.	Lijst van symbolen	2
2.2.	Tabellen	3
2.2.1.	R_{si} - en R_{se} -waardentabel volgens NEN1068	3
2.2.2.	Warmteweerstand luchtlagen spouw volgens NPR2068	3
2.2.3.	Klimaatklassen volgens BRL4708	4
2.2.4.	Waarden methode van Glaser	4
2.3.	Verklarende woordenlijst	5
3.	Samenvatting	6
4.	Inleiding	7
5.	Omschrijving (situatie) onderzoek	8
5.1.	Moment van onderzoek	8
5.2.	Bouwkundige beschrijving	9
5.3.	Te behandelen gebouwdelen	9
6.	Probleemstelling	10
7.	Doelstelling	11
8.	Onderzoeksvraag	11
8.1.	Onderzoeksvraag	11
8.2.	Subvragen:	11
9.	Onderzoek	12
9.1.	Wettelijk gestelde eisen	12
9.2.	Door de opdrachtgever gestelde eisen	12
9.3.	Isolatie op gebouwniveau	13
9.3.1.	Kelder	14
9.3.2.	Vloerisolatie	15
9.3.3.	Wandisolatie	16
9.3.4.	Naïsolatie in de spouw	16
9.3.5.	Naïsolatie voor de wand (voorzetwand)	18
9.3.6.	Dakisolatie	19
9.4.	Isolatie op constructie (detail) niveau	21
9.4.1.	Analyse probleemgebied 1	22
9.4.2.	Analyse probleemgebieden 2 t/m 4	26
9.4.3.	Analyse Probleemgebied 5	30
9.4.4.	Analyse probleemgebieden 7 t/m 9	34
10.	Conclusies en aanbevelingen	35
11.	Bronvermeldingen	36
11.1.	Onderzoeken:	36
11.2.	Boeken:	36
11.3.	Websites:	36
11.4.	Overige:	37
12.	Bijlagen	38

1. Voorwoord

Tijdens het maken van de aanvraag omgevingsvergunning voor het Damianenklooster in Sint-Oedenrode heb ik mij bemoeid met het bouwfysisch onderzoek. Na het ziek worden van de projectleider heb ik coördinerende taken op mij genomen waardoor ik alle gegevens voor de aanvraag omgevingsvergunning heb verzameld en ingediend. De punten waarmee ik mij had bemoeid waren niet op een manier behandeld als dat ik had verwacht. Op school had ik geleerd problemen te herkennen en de oplossingen waren naar mijn mening niet afdoende. Dit stimuleerde mij om dit project te gebruiken voor mijn afstuderen.

De keuze om het over het thermisch optimaliseren te doen heeft meerdere kanten. De interesse in bouwfysica is door de opleiding aan de Hogeschool Utrecht toegenomen. Dit geldt ook voor restauratie en renovatie. Omdat het in dit geval alle drie de vakgebieden betrof en ik toegang had tot alle gegevens leek het mij interessant om de aanvraag omgevingsvergunning nader te onderzoeken.

Het onderzoek heb ik gedaan met als uitstroomrichting architectuur. Dit lijkt in eerste instantie een onderbelicht vakgebied. Maar niets is minder waar. Als projectleider (een HBO-functie op een ontwerpend bureau) krijg je de opdracht om het ontwerp van de architect bouwkundig uit te werken en daar de nodige adviezen voor in te winnen. Je moet begrijpen wat de adviezen vertellen en kunnen zien of er onwaarheden worden verkondigd. Daarnaast moet je een overzicht behouden en alle adviezen verwerken in de bouwkundige uitwerking om zo een kwalitatief goed gebouw te kunnen bouwen. Tijdens deze handelingen geldt in de eerste plaats dat de beeldkwaliteit van het ontwerp bewaard moet blijven. Juist met dit uitgangspunt ben ik de onderzoeken op het gebied van thermische optimalisatie kritisch gaan bekijken. Deze houding is erg belangrijk als projectleider op een ontwerpend bureau. Op deze manier wordt de beeldkwaliteit bewaard, het visitekaartje van het bureau.

In het kader van het onderzoek wil ik het bedrijf OrlyEndevoets B.V. bedanken voor de goede gesprekken die ik met ze heb gehad. Daarnaast bedank ik mijn collega's bij Molenaar&Bol&VanDillen architecten voor de kritische vragen en opmerkingen tijdens mijn vele betogen.

Daarnaast mijn begeleiders op school Henk Wolfswinkel en Kees Geevers en mijn bedrijfsbegeleider Frans Koeman die mij, daar waar nodig, hebben geremd of gestuurd. Daarnaast mijn directie Hein Molenaar, Michael Bol en Frank van Dillen die mij de ruimte hebben gegeven om deze opleiding en (tot slot) dit onderzoek te doen. Ook mijn klasgenoten Tom van Kuijk en Johan Padmos wil ik bedanken voor het soms aanmoedigen en soms kritisch benaderen van mijn onderzoek.

Als laatste maar niet in de minste plaats bedank ik mijn vrouw die mij keer op keer heeft aangehoord als ik een vondst deed of me ergens over verbaasde. Tot slot heeft zij ook als proefpersoon gefungeerd om te zien of het voor de leek begrijpbare taal was. Vooral dat laatste verdient lof!

Laurens van Harten

Juni 2011

2. Symbolen, Tabellen en verklarende woorden

2.1. Lijst van symbolen

d	Dikte	m
P	waterdampspanning	kg/(m ² ·s)
T	Temperatuur	°C
K	Temperatuur in Kelvin, $0K = -273^{\circ}C$	-
Q	De hoeveelheid warmte die per m ² in de constructielaag is geaccumuleerd	-
c	de soortgelijke warmte	J/kg·K
s	tijd in seconden	-
MJ	Megajoule = 1.000KW/sec	
$R_{(1,2)}$	Warmteweerstand van een constructieonderdeel	m ² ·K/W
R_c	Warmtedoorgangscoefficient ($R_1+R_2+etc.$)	m ² ·K/W
R_{si}	Warmteovergangsweerstand binnen	m ² ·K/W
R_{se}	Warmteovergangsweerstand buiten	m ² ·K/W
$R_l(NL)$	Warmtegeleidingscoefficient ($R_c+R_{si}+R_{se}$)	m ² ·K/W
$U(EU)$	Warmtegeleidingscoefficient ($U=1/R_l$)	W/(m ² ·K)
λ	Warmteweerstand van een constructieonderdeel	W/(m ² ·K)
μ	Waterdampdiffusieweerstand t.o.v. lucht	-
φ	Relatieve luchtvochtigheid	%
ρ	De volumieke massa (dichtheid) van het materiaal)	kg/m ³
τ	De tijd die nodig is om te constructie op te warmen in seconden	-

2.2. Tabellen

2.2.1. R_{si} - en R_{se} -waardentabel volgens NEN1068

Constructie onderdeel	R_{si}	R_{se}
Wand grenzend aan buitenlucht, bijvoorbeeld spouwmuur	0,13	0,04
Wand grenzend aan water / grond, bijvoorbeeld kelder	0,13	0
Binnenwanden (geen garages)	0,13	0,13
Vloeren boven buitenlucht, warmtestroming naar beneden, bijvoorbeeld uitkragend bouwwerk	0,17	0,04
Vloeren boven onverwarmde ruimtes of kruipruimtes, warmtestroming naar beneden	0,17	0,17
Vloeren boven onverwarmde ruimtes, warmtestroming omhoog	0,1	0,1
Verdiepingsvloeren tussen verwarmde bouwlagen	0,13	0,13
Daken met een hellingshoek van meer dan 75 graden	0,13	0,04
Daken met een hellingshoek gelijk aan of groter dan 0 graden en kleiner dan of gelijk aan 75 graden (hellende daken, platte daken, omkeerdaken)	0,1	0,04
Vloer grenzend aan water / grond	0,17	0

2.2.2. Warmteweerstand luchtlagen spouw volgens NPR2068

Dikte van de luchtlag [mm]	Warmteweerstand [$m^2 \cdot K/W$]		
	Richting van de warmtestroom		
	Omhoog	Horizontaal	Omlaag
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

2.2.3. Klimaatklassen volgens BRL4708

Klasse	Grenzen dampspanning P [Pa]	Conditie dampproductie	Gemiddelde temperatuur en vochtigheid in de winter	Voorbeelden
I	$1030 < P < 1080$	Geen of geringe		Opslagplaats, garage, schuur.
II	$1080 < P < 1320$	Geringe	$T_i = 20^{\circ}\text{C}, \varphi = 40\%$	Woning, kantoor, winkel zonder luchtbevochtiging.
III	$1320 < P < 1430$	Matig	$T_i = 20^{\circ}\text{C}, \varphi = 50\%$	School, verpleeginrichting, recreatiegebouw.
IV	$P < 1430$	hoge	$T_i = 20^{\circ}\text{C}, \varphi = 60\%$	Wasserij, zwembad, zuivelfabriek, drukkerij, textielfabriek.

2.2.4. Waarden methode van Glaser

Stationaire toestand in de zomer en in de winter is verondersteld voor temperatuur en vochtigheid.

Winter:	60 dagen met	$T_i = 20^{\circ}\text{C},$	$f_i = 50\%$
		$T_a = -10^{\circ}\text{C},$	$f_a = 80\%$
Zomer:	90 dagen met	$T_i = 12^{\circ}\text{C},$	$f_i = 70\%$
		$T_a = 12^{\circ}\text{C},$	$f_a = 70\%$

2.3. Verklarende woordenlijst

EPC-berekening	Energie Prestatie Coëfficiënt berekening volgens NEN 2916 of 5128
Transmissieverlies	De hoeveelheid energie die verloren gaat door een constructieoppervlakte. Vaak uitgedrukt in R_c - of U-waarden.
Trias Energetica	Duurzaamheidprincipe dat uitgaat van 1. beperking van het transmissieverlies, 2. gebruik duurzame energie, 3. fossiele brandstof zo efficiënt mogelijk gebruiken.
Warmtestraling	De warmte die van een object (wand of vloer) af straalt. (Bij 0 Kelvin (-273°C) straalt een object geen warmte uit.)
Methode van Glaser	Bouwfysische rekenmethode waarmee een douwpunt in een constructie kan worden berekend.
Dauwpunt	Punt in de constructie waar aanwezige dampdruk hoger is dan de maximale dampspanning door dampdiffusie
Waterdampspanning	Absolute luchtvochtigheid in Pascal
Dampdiffusie	Het verschil in dampdruk is het gevolg van een verschil in temperatuur of relatieve vochtigheid van de lucht aan weerszijden van een constructie.
Dampdiffusieweerstand	De verhouding van de dampweerstand van het van materiaal t.o.v. de dampweerstand van een laag lucht van dezelfde dikte uitgedrukt in μ
Beeldkwaliteit	Kwaliteit van een gebouw door vorm en structuur
Omkeerbaarheid	Een ingreep die teruggedraaid kan worden
Speciebaarden	Specie dat buiten de voeg in de spouw hangt
capillaire werking	Natuurkundig verschijnsel waardoor vocht in een zeer kleine ruimte niet daalt maar stijgt.
WABO	Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht

3. Samenvatting

Er is veel te doen om energiehuishouding van monumentale panden. Bij het Damianenklooster is het probleem op gebied van thermisch comfort vooral op gebouwniveau benaderd. Men is vrij eenvoudig tot een oplossing gekomen als het gaat om de klimaatbeheersing van het gebouw.

Door het benaderen op gebouwniveau zijn er redenen ontstaan te twijfelen aan de verschillende oplossingen. Hierdoor is het onderzoek op detailniveau gemaakt met als uitgangspunt de aanvraag omgevingsvergunning.

Als eerste zijn op basis van verschillende onderzoeken mogelijke probleemgebieden geïnventariseerd. Per probleemgebied zijn er berekeningen uitgevoerd. Het gaat om dauwpuntberekeningen volgens de methode van Glaser en koudebrugberekeningen met het programma Trisco van Physibel. De berekeningen zijn gemaakt met voorgestelde en alternatieve materialen en opbouwen. De uitgangspunten van de berekeningen zijn gelijkgetrokken om ze naast elkaar te kunnen gebruiken.

De berekeningen laten zien dat niet alle uitgangspunten uit de aanvraag omgevingsvergunning toegepast kunnen worden. Naast de probleemgebieden zelf is gekeken naar de relatie hiertussen om zo tot een uniforme oplossing te komen. Vooral het isoleren van de spouwmuur zorgt voor risico's. Er is een groot risico op het ontstaan van vocht in de constructie en mogelijkheden om dit af te voeren zijn er onvoldoende. Er moet geconcludeerd worden dat er geen isolatie in de spouw moet worden aangebracht.

Door het afzien van het isoleren van de spouwmuur en de vensters te voorzien van isolerende beglazing is er een goed alternatief ontstaan voor het optimaliseren van het thermisch comfort. De gemiddelde isolatiewaarde van de gevel stijgt ten opzichte van het geïsoleerde gevels en ongeïsoleerde vensters. De winst zit hem niet alleen in de isolatiecapaciteit maar ook in de toename van de behaaglijkheid. Deze oplossing zorgt zowel voor een besparing op de energiebehoefte als op de bouwkundige kosten.

Op basis van dit onderzoek moeten enkele uitgangspunten worden herzien en het gebouw wat betreft de thermische optimalisatie opnieuw worden beschouwd. Het plan met de aanvraag omgevingsvergunning zal hierop moeten worden aangepast.

4. Inleiding

Er is veel te doen om energiehuishouding van monumentale panden. Het niet mogen aantasten van de beeldbepalende elementen van monumenten beperkt de partijen die betrokken zijn in een renovatie- of restauratieproces in hun mogelijkheden. Bij het Damianenklooster is dit probleem vooral op gebouwniveau benaderd. Men is zo vrij eenvoudig tot een oplossing gekomen als het gaat om de klimaatbeheersing van het gebouw.

De oorspronkelijke doelstelling was een onderzoek naar het bouwfysisch comfort. Een onderdeel hiervan is het thermisch comfort. Tijdens het onderzoek is gebleken dat binnen de gestelde tijd voor het onderzoek geen ruimte overbleef om buiten dit onderdeel onderzoek te doen. Hierdoor zou geen enkel onderdeel voldoende onderzocht kunnen worden. Door uitsluitend onderzoek te doen naar thermische optimalisatie is op deze manier de belangrijkste vraag van de opdrachtgever beantwoord namelijk de beperking van de energiebehoefte in het stookseizoen.

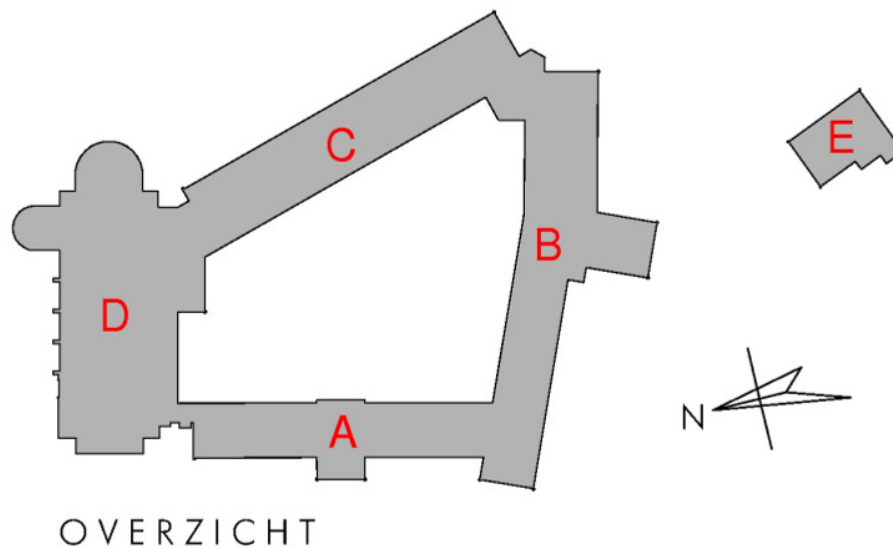
Om het klooster op het gebied van thermisch comfort te optimaliseren is het gebouw benaderd volgens het 'trias energetica' model. De eerste stap van dit model is genomen door het thermisch optimaliseren van de bouwkundige schil. De waarden die hier zijn behaald hebben de basis gevormd voor het maken van een EPC-berekening. Als uitgangspunt is het behalen van de wettelijke eis van de EPC-waarde van 1,0 of kleiner genomen. Met de toegepaste installaties is er uiteindelijk een waarde van 0,965 behaald. De EPC-berekening is als onderdeel van de aanvraag voor de omgevingsvergunning ingediend bij de gemeente Sint-Oedenrode.

Bij de onderzoeken op detailniveau zijn na het indienen van de aanvraag voor de omgevingsvergunning verschillen in uitgangspunten ontdekt. Berekeningen zijn zo gemaakt dat ze niet naast elkaar te gebruiken zijn en de detailleringen die zijn onderzocht blijken af te wijken van de werkelijkheid. Daarnaast stellen verschillende partijen hun vragen bij het toepassen van gelgebonden polystyreenparels als naïsolatie in de spouw. Het isoleren van de spouw wordt in zijn geheel zeer kritisch benaderd door diezelfde partijen. Daarnaast zijn er situaties waarbij redenen zijn om te twijfelen aan de combinatie van ingrepen.

Door berekeningen met gelijke uitgangspunten op basis van de werkelijke situatie nogmaals uit te voeren wordt onderzocht of de uitgangspunten voor de optimalisatie juist zijn. Hiervoor wordt als eerste de bestaande situatie in kaart gebracht. Dan wordt er gekeken naar welke oplossing zijn aangedragen. Daarna wordt een inschatting gemaakt waar (met deze oplossingen) probleemgebieden kunnen ontstaan. De uitgangspunten voor verschillende berekeningen worden gelijk getrokken en per probleemgebied worden de berekeningen (opnieuw) uitgevoerd. Hieruit zal moeten blijken of in de aanvraag voor de omgevingsvergunning de juiste keuzes zijn gemaakt of dat er alsnog een wijziging op de aanvraag zal moeten worden ingediend.

5. Omschrijving (situatie) onderzoek

Figuur 2.3.1 geeft de benamingen van de vleugels weer zoals deze van oudsher worden gebruikt¹. Aan de hand hiervan wordt het gebouw omschreven en behandeld.



Figuur 2.3.1 – Indeling in gebouwdelen

5.1. Moment van onderzoek

Het onderzoek vindt plaats nadat het architectenbureau de aanvraag voor de omgevingsvergunning voor de herontwikkeling ingediend heeft (zie bijlage I). De aanvraag zal het uitgangspunt zijn in het onderzoek. De aangedragen oplossingen worden beschouwd en getoetst. Vanuit het onderzoek wordt een advies gegeven aan het architectenbureau. Om tot een omgevingsvergunningsaanvraag te komen zijn er verschillende onderzoeken gedaan door adviespartijen. De onderzoeken worden hieronder genoemd en maken ook deel uit van de bronnen voor het onderzoek:

- Verhoeven en Leenders B.V., ing. J. van der Aa (2011), *Reservecapaciteit constructie*;
- Gevelsupport B.V., H. Brocken (2011), *Gevelonderhoud: Inventarisatie conserveren gevelmetselwerk*;
- Ulehake Bouwfysica, Ing. H.A. Coenen (2011), *Memo: Inspectie bestaande toestand*;
- Ulehake Bouwfysica, Ing. H.A. Coenen (2011), *Memo: Thermische isolatie*;
- BAS Research & Technology, ir. B. Hazenberg (2010) *Constructief onderzoek betonvloeren jeugdkliniek*;
- Hylkema Consultants BV, drs. A.K. Koornstra en drs. R.G.M. Pince van der Aa (2010), *Bouwhistorische opname*;
- LTC&C installatiemanagement B.V., Ing. A. van der Kwartel (2010), *Installatieconcepten*;
- LTC&C installatiemanagement B.V., Ing. A. van der Kwartel (2010), TCO (Total Costs of Ownership);
- LTC&C installatiemanagement B.V., Ing. A. van der Kwartel (2010), *EPN-rapport*.

In het onderzoek zal worden aangegeven welke uitgangspunten in de verschillende onderzoeken staan en met daarmee wordt het onderzoek verricht.

¹ Damianenorde (1933), *Tekeningen uit het archief PHH Harten*

5.2. Bouwkundige beschrijving

Het gebouw is door verschillende partijen opgenomen. Het gaat hier om de bouwhistorische- en constructieve opname en het gevelonderzoek zoals hiervoor vermeld. Ook wordt meegenomen de door Bouwstudio PelserHartman gemaakte digitale inmetingen. Aan de hand van het onderzoek van Hylkema Consultants is een samenvatting gemaakt, te vinden in bijlage II. Wanneer er verschillende constatering worden gedaan in de gemaakte onderzoeken zullen deze worden benoemd en beschouwd in de samenvatting.

5.3. Te behandelen gebouwdelen

De vleugels A,B en C zullen worden besproken. De kapel zal niet worden besproken omdat deze buiten de thermische schil komt te liggen volgens het EPN-rapport van LTC&C installatiemanagement B.V. Daardoor worden er geen eisen gesteld aan isolatiewaarden. Het programma dat in de kapel wordt ondergebracht heeft een secundaire functie ten opzichte van de vleugels A, B en C. Ook is het programma van de kapel niet geheel duidelijk. Wel zijn er een aantal ruimten opgenomen in de kapel die al vast staan. Dit gaat ruimten waaraan zowel door de wet als door de opdrachtgever geen eisen aan worden gesteld.

De kelder van de vleugels A,B en C die buiten de thermische schil wordt gelegd zal wel worden meegenomen. Dit heeft te maken met de isolatieschil die in aan de kelderzijde van de beganegrond vloer wordt gelegd. Dit heeft effect op de ruimten in de kelder alsmede de koudebruggen die in verbinding staan met de kelder.

6. Probleemstelling

Het gebouw - het voormalig damianenklooster – voldoet niet meer aan de wettelijk en door de opdrachtgever gestelde eisen op het gebied van thermisch comfort. De oplossingen hiervoor moeten zo vorm worden gegeven dat zij de historische waarde van het gebouw niet verminderen. Het gaat dan om de architectonische beeldbepalende elementen waardoor (mede) het gebouw een hoge historische waardering krijgt².

In het vorige hoofdstuk is aangegeven welke gebouwdelen worden onderzocht. In de bijlage waarnaar wordt verwezen (bijlage II en III) wordt aangegeven welke onderdelen historisch zijn. Grof gezegd zijn dit de buitenschil, de gangenstructuur en de constructie. Hiervan zijn de buitenschil en de gangenstructuur beeldbepalend voor de bestaande bouw.

Voor de –door de opdrachtgever aangedragen- problemen zijn verscheidene oplossingen aangedragen. Deze oplossingen zijn in een korte tijd onderzocht. De conclusies die door de onderzoeken worden getrokken zijn twijfelachtig. De situaties van enkele onderzoeken zijn naast kritische probleemgebieden gemaakt en daarmee is het beeld dat wordt geschetst niet reëel. De klimaat omstandigheden die worden geschetst zijn bij de verschillende berekeningen anders. Hierdoor kunnen de berekeningen niet naast elkaar worden gebruikt. En de waarden die worden aangehouden zijn optimale waarden die niet reëel zijn bij een gebouw van bijna 88 jaar oud.

Bouwfysisch comfort bestaat uit een aantal aspecten:³

- a. Comfort in de meest algemene zin;
- b. Energiehuishouding;
- c. Bewoonbaarheid van gebouwen uit gezondheidstechnisch oogpunt;
- d. Duurzaamheid van de gebouwen (investering- en onderhoudskosten)
- e. Brandveiligheid.

De verschijnselen waarmee een bouwfysicus zich bezighoudt zijn:⁴

- a. Warmte;
- b. Vocht;
- c. Luchttransport;
- d. Geluid;
- e. Licht.

In dit onderzoek wordt punt *d* buiten beschouwing gelaten, de punten *b* en *c* worden alleen op constructieniveau (detailniveau) onderzocht. Punt *e* wordt besproken indien licht een onderdeel van de besproken constructie is.

Verschijnselen worden besproken op een aantal niveaus:

- a. Gebouw;
- b. Vertrek;
- c. Constructie.

Alle aspecten, verschijnselen en niveaus worden besproken, mits ze van invloed zijn op de beeldkwaliteit van de historische bouw.

² Redengevende omschrijving Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

³ A.C. van der Linden (2006), *Bouwfysica*, ThiemeMeulenhoff

⁴ A.C. van der Linden (2006), *Bouwfysica*, ThiemeMeulenhoff

7. Doelstelling

Doormiddel van bouwkundige ingrepen het optimaliseren van het thermisch comfort van het voormalig klooster voor de nieuwe gebruiker zonder de historische waarde van het gebouw te verminderen.

De opdrachtgever heeft hierbij aangegeven zo veel mogelijk te willen voldoen aan de huidige eisen. Dit is ook door de gemeente gevraagd.

8. Onderzoeksvraag

8.1. Onderzoeksvraag

Welke bouwkundige ingrepen moet ik doen om het thermisch comfort van het voormalig klooster te verbeteren naar de huidige eisen en het Programma Van Eisen zonder het monument aan te tasten?

8.2. Subvragen:

Wat zijn de huidige eisen op het gebied van comfort?

Welke eisen stelt de opdrachtgever aan het comfort?

Hoe kan ik de thermische isolatie laten voldoen aan de gestelde eisen?

9. Onderzoek

De op gebouwniveau genomen beslissingen zullen worden onderzocht op beeldbepalend niveau. Het gaat dan om de detaillering van de buitenschil en die van de gangenstructuur in het gebouw. Op detailniveau zullen de probleemgebieden worden geïnventariseerd, geanalyseerd en berekend. De berekeningen zullen aan de hand van de wettelijk en door de opdrachtgever gestelde eisen worden gemaakt. Hierbij zullen de aangedragen oplossingen worden meegenomen.

9.1. Wettelijk gestelde eisen

Wettelijke eisen zijn eisen volgens het Bouwbesluit 2003 en de NEN normen waar het bouwbesluit naar verwijst. Gebouwen worden volgens het bouwbesluit onderverdeeld in twee categorieën; nieuwbouw en bestaande bouw. Daarnaast zijn er monumenten die vallen onder de monumentenwet. Het klooster is een monument waardoor er geen eisen aan het gebouw worden gesteld door het bouwbesluit. Dit ten dele waar; er zijn delen die als niet monumentaal worden gezien (zie bijlage III). Deze delen beslaan grote binnenruimten. De herindeling van deze ruimte kan worden gezien als nieuwbouw binnen het bestaande- of monumentale gebouw (zie bijlage I). Hier kan niet van worden verwacht dat het voldoet aan de eisen van nieuwbouw maar van bestaande bouw. Er zijn constructieve delen van het gebouw monumentaal⁵. Hierdoor kunnen onderdelen of ruimten niet voldoen aan de eisen van nieuwbouw. De gemeente vraagt daarom om zo veel als mogelijk de renovatie te laten voldoen aan de nieuwbouw eisen. Dit vergt intensief overleg met de gemeente waarbij moet worden uiteengezet wat de mogelijkheden zijn.

9.2. Door de opdrachtgever gestelde eisen

De opdrachtgever stelt eisen aan de bruikbaarheid en thermisch comfort van het gebouw. Dit doet zij in het programma van eisen. Beide aspecten gaan hand in hand maar niet alle onderdelen raken elkaar. Wanneer er wordt gekeken naar thermisch comfort kunnen we stellen dat comfort zorgt voor bruikbaarheid van het gebouw, andersom geldt dit niet.

In contacten met het architectenbureau, geeft de opdrachtgever aan dat het gebouw door het onvoldoende bieden van comfort niet bruikbaar is. Daarnaast heeft het als neveneffect dat de exploitatiekosten hoog blijven. Daarmee wordt het gebruik van het gebouw minder rendabel is. In het programma van eisen voor het architectenbureau en voor de installateur zijn daarom een aantal zaken benoemd die verbeterd moeten worden. Hierdoor moet het comfort uiteindelijk worden verhoogd en het gebouw weer bruikbaar worden.

De opdrachtgever vraagt het volgende:

- Het energieverbruik moet worden verminderd tot een acceptabel verbruik (huidig verbruik is ca. €300.000,- voor gas);
- De vochtproblemen in de ruimten (bekend zijn de problemen in de kelder) moeten, daar waar het ruimtegebruik dit vraagt, worden opgelost;
- De afbeeldingen in het glas-in-lood moeten worden gemaskeerd vanwege de invloed op de cliënten (duistere figuren).

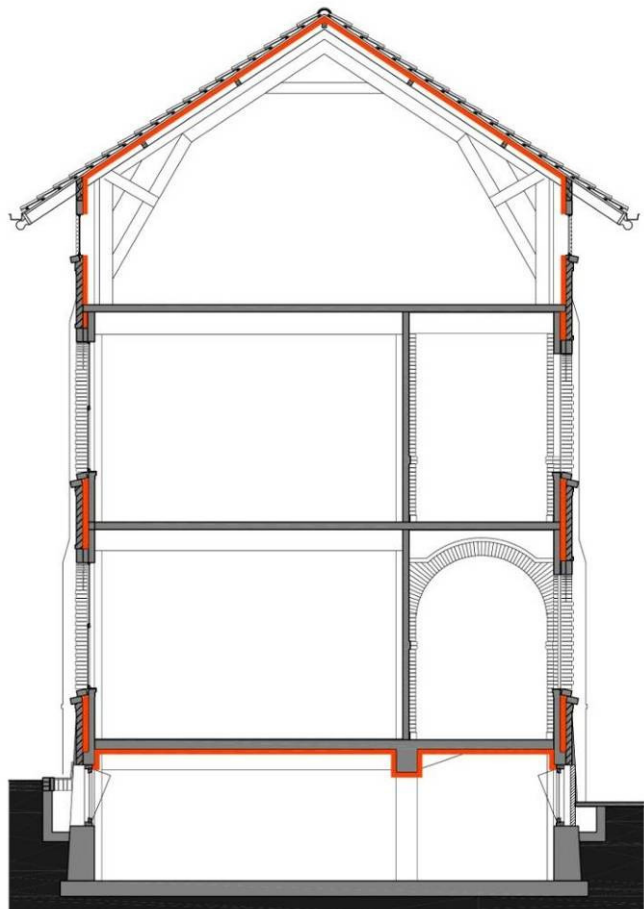
⁵ Hylkema Consultants BV, drs. A.K. Koornstra en drs. R.G.M. Pince van der Aa (2010), *Bouwhistorische opname*

9.3. Isolatie op gebouwniveau

Om de energie zo veel mogelijk binnen te houden wordt er nageïsoleerd. In de doorsnede over vleugel A (zie figuur 9.3.1) is aangegeven waar dit volgens het thermisch onderzoek⁶ zal worden gedaan. De doorsnede staat model voor het hele gebouw. De opbouw en architectonische elementen repeteren zich per stramien. Er zijn wel verschillen in breedte en hoogte van de vleugels en de vloeren maar dit zorgt niet voor een andere detaillering.

De thermische schil (in het rood aangegeven) begint aan de onderzijde van de vloer tussen de kelder en de begane grond.

De kelder betreft geen verblijfsruimte maar slechts techniek-, expeditie- en opslagruimten. Deze dienen niet verwarmt te worden. De rest van de thermische schil wordt zo veel mogelijk in of tegen de bestaande constructie gelegd.



Figuur 9.3.1 – thermische schil

In het bouwbesluit van 2003 is in artikel 5.2, Lid 1 het volgende te lezen:

“Een uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte, heeft een volgens NEN 1068 bepaalde warmteweerstand van tenminste 2,5 m²·K/W.”

Omdat er een beperking is in de dikte van de bestaande spouwmuren kan deze waarde niet worden behaald. Omdat het om een bestaande situatie in een rijksmonument gaat wordt deze eis losgelaten. Voor de vloerisolatie, de voorzetwanden bij de borstwering en de dakisolatie blijft deze eis wel geldig omdat hier geen beperking is.

⁶ Ulehake Bouwphysica, Ing. H.A. Coenen (2011), *Memo: Thermische isolatie*

9.3.1.Kelder

De kelder onder het gebouw is een ongeïsoleerde betonnen bak die grotendeels onder het maaiveld ligt. De kelderbak heeft betonnen wanden die gemiddeld genomen 20cm dik zijn en de vloer heeft ongeveer dezelfde dikte. In de wanden zijn koekoeks opgenomen om de kelder te voorzien van licht en lucht.



Figuur 9.3.2 – vochtplek in de kelder

impregnatie aan de buitenzijde in het beton te brengen.

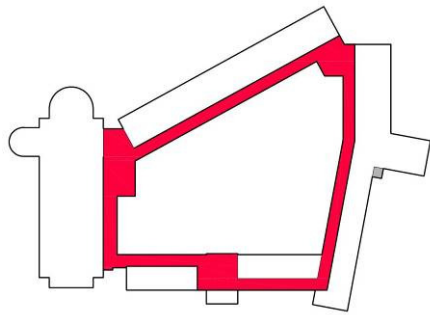
In de kelder zijn de wanden vochtig en liggen er zo nu en dan plassen op de vloer (zie figuur 9.3.2). Uit opnamen gedaan door het architectenbureau en de aannemer is gebleken dat dit lekkages zijn in de betonnen vloer en wanden. Deze lekkages in het beton moeten worden opgelost door middel van impregnatie. Dit kan aan de buitenzijde van het beton. Hierdoor moet de kelderbak afgegraven worden. Dit kan ook van binnenuit door boringen te doen en met patronen

De vochtige wanden kunnen zijn ontstaan door condensvorming als gevolg van de ventilatie door koekoeks. Warme lucht slaat tegen de koude wanden. Deze blijven koud door de lage grondtemperatuur. In bijlage IV, berekening 1 wordt duidelijk dat er condensvorming kan ontstaan. Om dit te voorkomen is het noodzakelijk de temperatuur van de betonwanden omhoog te brengen. Een manier om de betonwanden aan de buitenzijde in te pakken is met isolatie. Dit is niet wenselijk doordat dit veel kosten met zich meebrengt. Daarnaast is het niet mogelijk de onderzijde van de vloer in te pakken. Hierdoor zal het probleem zich blijven voordoen. Een betaalbare oplossing is mogelijk met vochtregulerend stucwerk. Hydroment⁷ is vochtregulerende stuc die onder andere vocht goed opneemt en vervolgens het verdampen van vocht versnelt. Hierdoor kan tijdens het ontstaan van condens het vocht in het stucwerk opgenomen worden. Wanneer de relatieve luchtvochtigheid in de kelder daalt, zal het stucwerk het vocht uitstoten waardoor er geen schimmels kunnen ontstaan.

Naast de condensvorming blijven de lekkages een probleem. Het impregneren is erg duur en gezien het budget niet haalbaar. Er wordt daarom gekozen voor het oplossen van problemen in verblijfsruimten in de kapel en vleugel B (zie bijlage I). De installaties zullen op pootjes worden gezet. Hierdoor kunnen zij niet worden aangetast door water. Door middel van een meldsysteem laat de beheerder zich informeren over aanwezig water. Dit zal voor zover nodig, handmatig worden weggepompt.

⁷ Hydrosolf Benelux v.o.f., <http://www.hydroment.be/> d.d.29-04-2011

9.3.2. Vloerisolatie



9.3.3 - gangenstructuur

In het historisch rapport van Hylkema⁸ is te lezen dat de gangenstructuur van het klooster als historisch moet worden beschouwd. Metselwerk, glas-in-lood vensters en granito vloerafwerkingen hebben een historische waarde. Door de granito vloerafwerking kan in de gangen niet aan de bovenzijde worden geïsoleerd (zie figuur 9.3.3 en 9.3.4). Om de isolatieschil optimaal te laten functioneren is het van belang de schil niet te onderbreken. Daardoor moet de vloer in zijn geheel aan de onderzijde worden geïsoleerd.

Bij het isoleren van de vloer wordt de minst gunstige situatie bekeken. Het betreft hier de ruimte onder vleugel A ter plaatse van de doorsnede in figuur 9.3.1. De ruimte is hier uitgaande van een betondikte van ca. 9cm en een granito afwerkvloer van 2cm ca. 2,23m hoog. Aan de onderzijde van de vloer lopen betonnen balken op en tussen de stramien. De dikste balk ligt met de onderkant ca. 30cm onder de vloer. Hierdoor worden de doorgangen 1,93m hoog.

De volgende eisen worden gesteld aan de isolatie van de vloer:

- Isolatiewaarde van $R \geq 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Beperkte dikte vanwege het beperken van hoogteverlies;
- Omkeerbaar van ingreep



9.3.4 – granito vloer in gangen

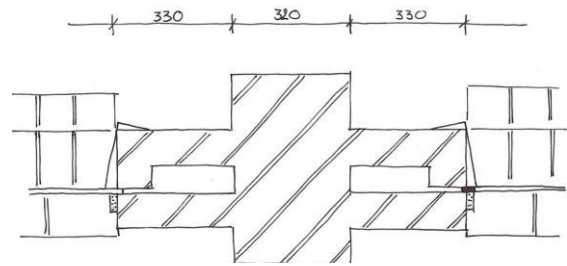
In bijlage IV is er een inventarisatie gemaakt van verschillende isolatiematerialen waaruit elke keer gekozen wordt. Er is gekeken naar verschillende eigenschappen waarbij voor de keuze van vloerisolatie een aantal zaken belangrijk zijn namelijk; de benodigde dikte bij een isolatiewaarde van $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en de omkeerbaarheid van de ingreep.

Laatst genoemde bepaalt dat er platen worden toegepast en er geen materiaal tegen de vloer aan wordt gespoten. EPS-, XPS-, PIR- en PUR platen hebben allemaal ongeveer gelijke ecokosten doordat ze alle vier op basis van olie zijn gemaakt. Met PIR is de dunste plaatdikte te behalen. Daardoor is dit de beste keuze.

⁸ Hylkema Consultants BV, drs. A.K. Koornstra en drs. R.G.M. Pince van der Aa (2010), *Bouwhistorische opname*

9.3.3. Wandisolatie

De buitenwanden van het gebouw zijn opgetrokken uit metselwerk. Het metselwerk heeft een spouw en deze heeft een maximale breedte van 7cm⁹. In deze wanden zijn steunberen opgenomen die van buiten naar binnen uit massief baksteen bestaan. Hierdoor is een onderbreking van de spouw aanwezig. Bij de kozijnen is er 1cm aan ruimte tussen het buiten en het binnenblad (zie figuur 9.3.5). Deze ruimte kan wat betreft isolatie worden verwaarloost. De tweede verdieping heeft alleen een halfsteens borstwering die ondersteund wordt met steunberen aan de binnenzijde.



Figuur 9.3.5 – Onderbrekingen van de luchtspouw

Voor de naïsolatie van de buitenwanden is gekozen voor polystyreen isolatieparels¹⁰ in de spouwmuren. Voor de borstwering is gekozen voor een voorzetwand aan de binnenzijde van het metselwerk. De keuze voor het naïsoleren in de spouw is gemaakt omdat er geen voorzetwanden voor de spouwmuren kunnen worden geplaatst. Hierdoor zou de beeldkwaliteit in de gangenstructuur worden aangetast. Voor de voorzetwanden is nog geen keuze gemaakt in materiaal en opbouw.

Het metselwerk wordt aan de buitenzijde geïmpregneerd. Zo wordt bij de borstwering vochtdoorslag voorkomen. Bij de spouwmuur behoudt het buitenblad daarbij zijn isolatiewaarde door het droog te houden.

9.3.4. Naïsolatie in de spouw

Een spouw is gemaakt om vocht af te voeren en vochtdoorslag te voorkomen. Een spouw wordt geventileerd zodat vocht kan verdampen en met de lucht afgevoerd kan worden. Hierdoor is het geen probleem wanneer er vocht in de spouw ontstaat.

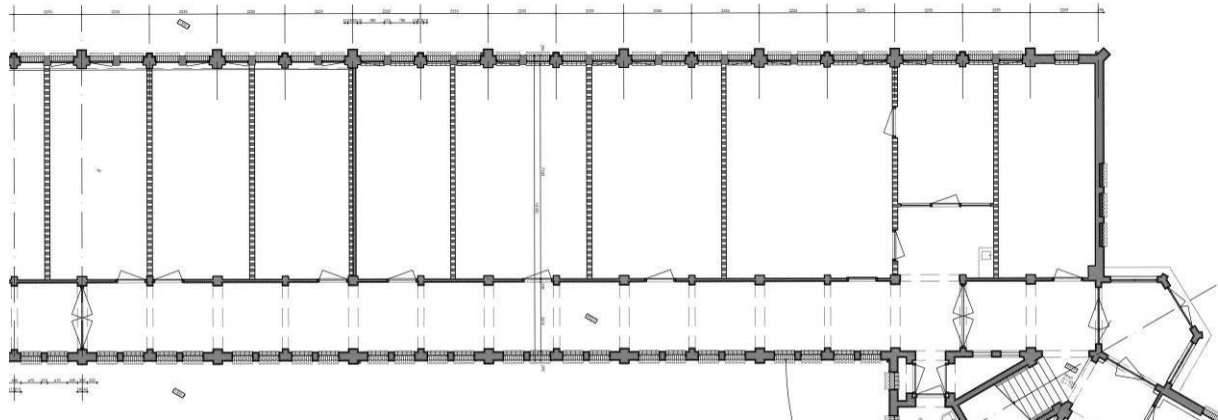
In de spouw kunnen speciebaarden zitten. Wanneer het binnen- en het buitenblad uit metselwerk bestaan kunnen er speciebruggen ontstaan (speciebaarden die elkaar raken) waardoor er vochttransport op kan treden. Over het algemeen wordt dit geventileerd door de spouw. Bij naïsolatie is dit niet meer het geval. Het is van belang de spouw te inspecteren op onvolkomenheden. Naast het veroorzaken van vochtdoorslag kunnen speciebaarden de isolatiewaarde van de naïsolatie plaatselijk drastisch afnemen. Ook drieklezoren die als kop in het metselwerkverband zijn gebruikt veroorzaken afname van de isolatiecapaciteit. Ook kunnen deze onvolkomenheden zorgen voor luchtzakken doordat het isolatiemateriaal niet onder deze onvolkomenheden stromen.

Het is daarom zaak de spouwmuren met camera's te inspecteren. Dit is helaas niet gedaan. Alleen de buitenzijde is door Gevelsupport geïnspecteerd op scheuren en de staat van het voegwerk. Dit is belangrijk om het naar buiten komen van isolatie tijdens het naïsoleren te voorkomen. Hiermee is niet duidelijk of de spouw geschikt is voor naïsolatie. Daardoor kunnen logischerwijs geen voorstellen worden gedaan van dien aard.

⁹ Gevelsupport B.V., H. Brocken (2011), *Gevelonderhoud: Inventarisatie conserveren gevelmetselwerk*

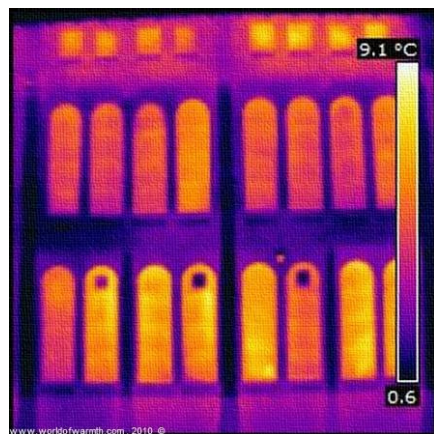
¹⁰ Ulehake Bouwfisica, Ing. H.A. Coenen (2011), *Memo: Thermische isolatie*

Naast de gevelanalyse kunnen er aspecten die moeten worden bekeken voordat er tot naïsolatie wordt overgegaan. Op basis van figuur 9.3.6 kan worden afgevraagd of het voor het klooster qua beperken van het warmteverlies wel zo rendabel is.



Figuur 9.3.6 - fragment plattegrond

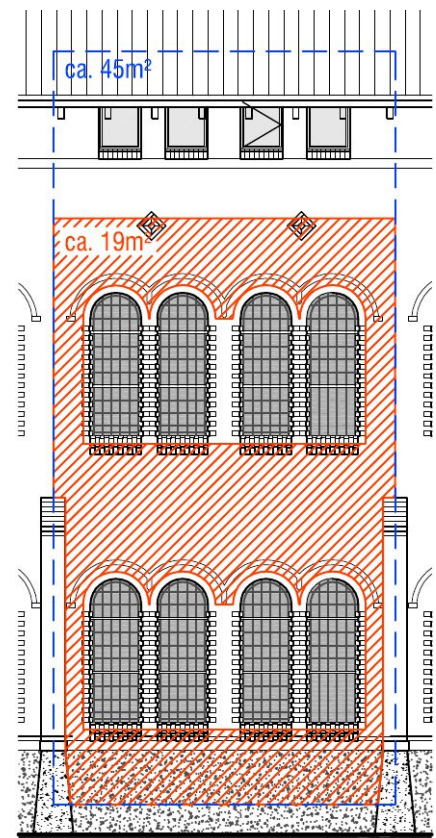
Uit de plattegrond (zie figuur 9.3.6) is op te maken dat er veel vensters aanwezig zijn. Ook het warmtebeeld (zie figuur 9.3.7) van de gevel laat dit zien. Het warmtebeeld geeft weer dat het glas voor het grootste verlies zorgt. Het gevelfragment in het warmtebeeld biedt tussen de kozijnen geen ruimte voor naïsolatie waardoor er alleen onder, tussen en boven geïsoleerd kan worden. De ruimte is dus zeer beperkt.



Figuur 9.3.7 - warmtebeeld van een gevelfragment

nog minder ruimte bieden (zie afbeelding 9.3.7)

Er is 19m² aan ruimte voor naïsolatie in een gevelfragment van 45m² (zie figuur 9.3.8). Hierin moet worden meegenomen dat ca. 9m² een halfsteens borstwering betreft van de zolderverdieping. Deze kan worden geïsoleerd aan de binnenzijde. Zonder deze borstwering ontstaat een verhouding van 36-19, dat is ongeveer de helft van de gevel. Er zijn gevels die

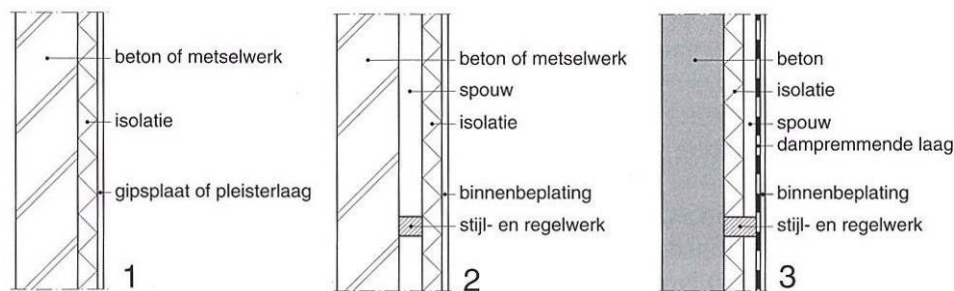


Figuur 9.3.8 - vierkante meters te isoleren gevel

Bij het toepassen van naïsolatie worden de koudebruggen benadrukt. Spanningen worden dan verergerd door hogere temperatuurverschillen en er ontstaat kans op inwendige condensatie. Om een goed beeld van deze problemen te krijgen worden de probleemgebieden in hoofdstuk 9.4 geïnventariseerd. Op basis hiervan worden berekeningen gemaakt. Er wordt gekeken of spanningen problemen opleveren en of er daadwerkelijk inwendige condensatie zal optreden. Er zal, indien naïsolatie verantwoordt blijkt te zijn, een keuze worden gemaakt met welk materiaal er wordt nageïsoleerd.

9.3.5. Naïsolatie voor de wand (voorzetwand)

De borstwering van de zolderverdieping bestaat uit een halfsteens wand ondersteund door steunberen die per stramien in het metselwerk zijn opgetrokken. Het koudeverlies wat hier optreedt is groot. Dit is duidelijk te zien op de warmtefoto zoals weergegeven in figuur 9.3.7. De bovenste rand van de gevel is warm (rood) terwijl de gevel vanaf de zoldervloer kouder (paars) is. Daarom wordt de borstwering nageïsoleerd. Dit kan met verschillende opbouwen. Een drietal overgenomen uit de serie van Jellema¹¹ zijn er op een rij gezet, dit zijn de meest voor de hand liggende oplossingen.



Figuur 9.3.9 – mogelijkheden voorzetwand

Als de drie opties (zie figuur 9.3.9) worden vertaald naar de situatie in het klooster hebben we de volgende 3 opties (opbouw van binnen naar buiten/uitgaande van mineralewol deken):

Optie 1

- gipsplaat, 9mm
- dampremmende folie (toevoegen bij een binnen-buiten situatie)
- mineralewol deken, 80mm
- metselwerk (bestaand), 100mm

Optie 2

- - gipsplaat, 9mm
- - mineralewol deken, 80mm
- - geventileerde luchtspouw, 30mm
- - metselwerk (bestaand), 100mm

Optie 3

- - gipsplaat, 9mm
- - dampremmende folie
- - geventileerde luchtspouw, 30mm
- - mineralewol deken, 80mm
- - metselwerk (bestaand), 100mm

Bij optie 1 bestaat een grote kans op vocht dat ontstaat in de constructie. Bij optie 2 wordt er een luchtspouw gemaakt tussen de buitenwand en de isolatielaag. Uitgaande van het ontstaan van vocht in de luchtspouw, kan het vocht worden afgevoerd door middel van ventilatie. Dit is eenvoudig te realiseren door openingen in stootvoegen te maken in de buitenwand. Optie 3 is om dezelfde reden toe te passen als optie 2. Echter, de vraag is of en waar vocht ontstaat in de constructie. Deze vragen worden beantwoord in hoofdstuk 9.4.

¹¹ L.W. ter Laan, ing. M.W.R. Salden, H.J.M. van Diepen, H.G. Geerken, ing. A.C.J.Th.B. Lemmens, ing. H.Th.S. Flapper, C. Dijkstra (2005), *Jellema Bouwtechniek/5 Afbouw*, Thiemeuolenhoff

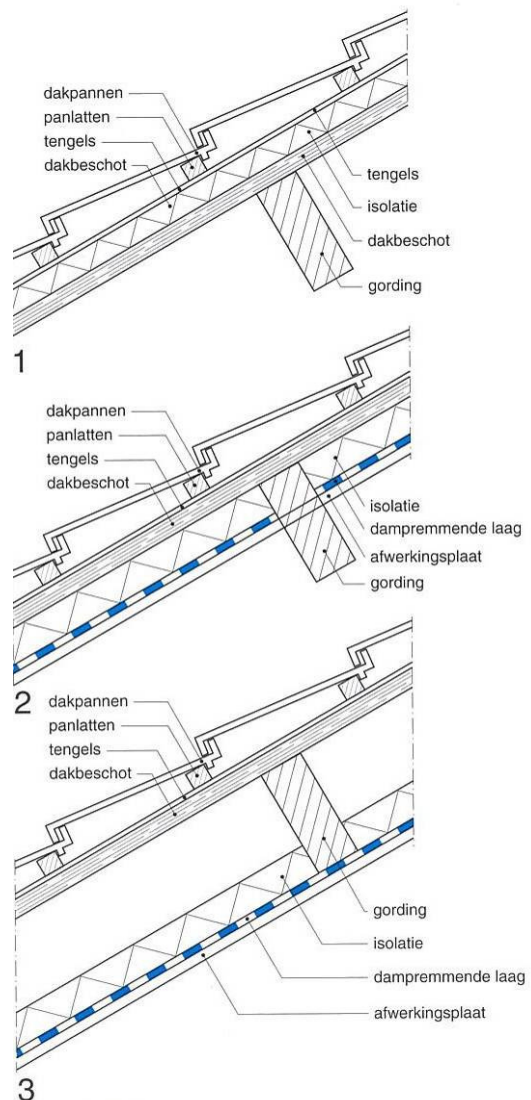
9.3.6. Dakisolatie

Er zijn volgens de serie van Jellema¹² traditioneel drie manieren om een dak na te isoleren. Deze drie manieren zijn te zien in figuur 9.3.10. De eerste is een renovatieplaat aan de bovenzijde van het dakbeschoot. Het tweede is het aanbrengen van isolatie aan de onderzijde tegen het dakbeschoot. In de derde optie is de isolatie gelijk met de onderzijde van de gording gelegd en tegen de gording de afwerking die wordt gemonteerd op een dampremmende laag.

De eerste optie zorgt voor een verandering in het gootdetail. Wanneer de goot aangepast kan worden is dit geen probleem. Bij het klooster is dit echter niet het geval. Op de volgende pagina (zie figuur 9.3.11) is de bestaande situatie weergegeven en de situatie met een renovatieplaat (zie figuur 9.3.12). Hier is duidelijk te zien wat de consequenties zijn van een dergelijke ingreep. De dakpannen komen 6cm naar boven. Gezien het hangspoor met een sparing waarin de mastgoot hangt, kan de goot niet worden verhoogd zonder het gootdetail aan te passen. De vogelschroot zal hierdoor te zien zijn. Hierdoor ontstaat een verandering in beeldkwaliteit waardoor deze optie afvalt.

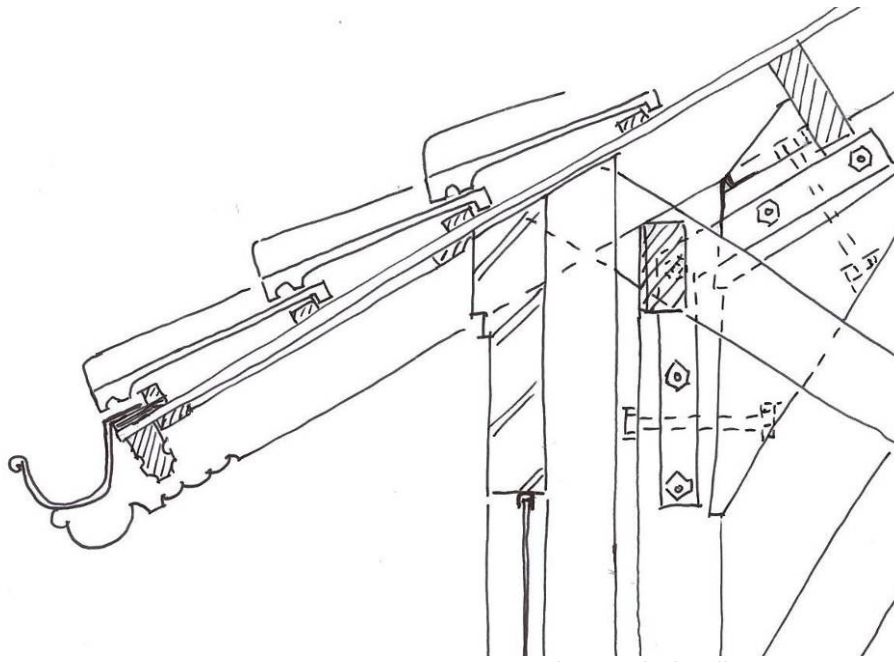
Om het dak na te isoleren aan de onderzijde kan er dan nog uit twee systemen worden gekozen. Bij optie 2 (zie figuur 9.3.10) is er een kans op ontstaan van damp in de constructie. Hierdoor kunnen het dakbeschoot en de gordingen gaan rotten. Het is van belang een goede dampremmer aan te brengen en alle naden en kieren te dichten. Bij oude gebouwen is vaak het voordeel dat het dakbeschoot goed geventileerd wordt waardoor het hout gemakkelijk kan drogen. Hierdoor is het van belang om vooral niet een dampremmende of vochtwerende laag op het dakbeschoot aan te brengen. Daardoor wordt het ventilerende vermogen van het dakbeschoot weggenomen.

De derde optie (zie figuur 9.3.10) heeft als voordeel dat de dampremmende laag ononderbroken kan worden aangebracht. De kans op ontstaan van damp wordt hierdoor verder verkleind. Er kan gekozen worden om een vochtkerende laag op het dakbeschoot aan te brengen. Deze laatste optie heeft als nadeel dat de constructie niet meer zichtbaar is en men daardoor niet gemakkelijk iets kan monteren op de afwerkplaat. Bij gebruik van de ruimte onder het dak is dit vaak wenselijk. Bij het monteren van bijvoorbeeld lampen of wandversieringen kan er gemakkelijk door de dampremmende laag worden gestoken en is de vochtwerende laag onderbroken waardoor het niet meer functioneert.

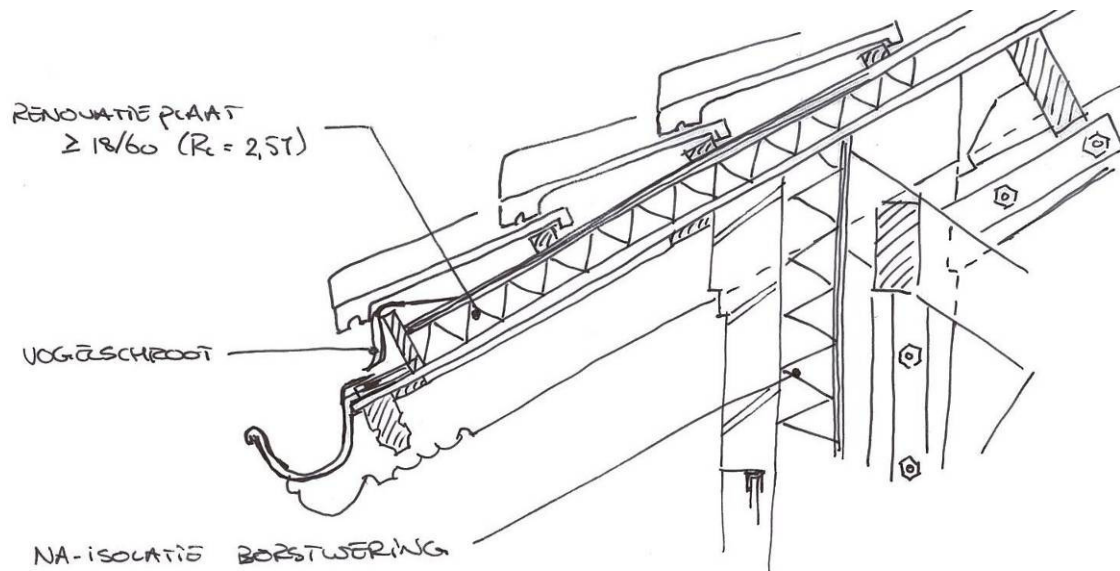


Figuur 9.3.10 – Opties naïsolatie schuin dak

¹² A.F. van den Hout, ir. W.H. Maessen, P.G. Quist, ir. W.J. Quist, ing. M.W.R. Salden (2005), *Jellema Bouwtechniek/4c Omhulling presentatie-eisen/daken*, Thiemeemulenhoff



Figuur 9.3.11 – bestaande detaillering



Figuur 9.3.12 – detaillering met renovatieplaat

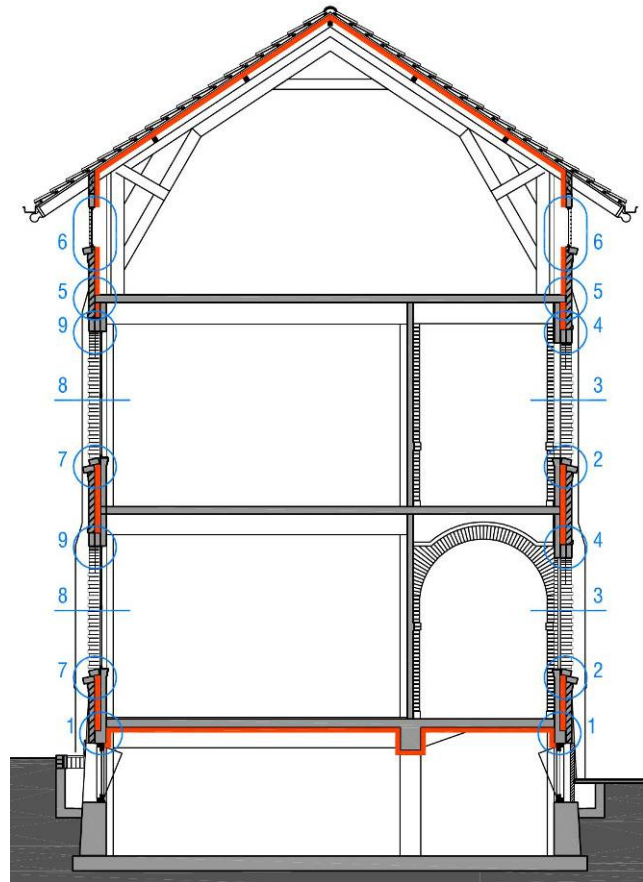
Voor het klooster is gekozen voor het toepassen van systeemplaten van Kingspan, type iSoEasy. Dit is volgens optie 2 (zie figuur 9.3.10). Bij dit systeem wordt vooral gelet wordt op het afdichten van het systeem. Vanwege de luchtdichtheid wordt een grotere isolatiewaarde gerealiseerd. Doordat de plaat zelf dampdicht is moet alleen de aansluiting dampdicht gemaakt worden. Door de toepassing van de aluminium profielen en de afdichting met de kunststof profielen wordt er een dampdichte constructie gerealiseerd waardoor de kans op het ontstaan van vocht wordt geminimaliseerd. Het voordeel ten opzichte van optie drie uit figuur 9.3.10 en ten opzichte van een traditioneel systeem met een losse dampremmende laag is dat bij het schroeven in de plaat of het prikken in de plaat met punaises, de dampremming niet wordt onderbroken. Dit komt omdat het isolatiemateriaal zelf dampremmend is. Een belangrijk aandachtspunt met dit systeem is het dakbeschot dat, zoals eerder ook aangegeven, niet mag worden afgedicht aan de buitenzijde met folie.

9.4. Isolatie op constructie (detail) niveau

Er zijn verschillende knopen in de doorsnede waar koudebruggen aanwezig zijn. In de doorsnede over vleugel A is aangegeven waar de koudebruggen zitten (zie figuur 9.4.1). Door de eerder besproken risico's op vocht en spanningsverschil worden deze plaatsen aangeduid als probleemgebieden. Per probleemgebied wordt er gekeken naar wat de huidige oplossingen voor consequenties hebben voor de thermische schil, het verloop van de temperatuur in de constructie en de eventuele verandering in beeldkwaliteit. Daarna zal worden bekeken, indien nodig, wat er verbeterd kan worden aan de keuze die is gemaakt.

Toelichting berekeningen

Enkele berekeningen zullen worden uitgevoerd. Het gaat hier om koudebrugberekeningen volgens de NEN 2778 en dauwpunt berekeningen volgens de methode van Glaser.



9.4.1 – aanduiding probleemgebieden

Volgens de NEN 2778 volstaat het om te rekenen met een buitentemperatuur van 0°C en een binnen temperatuur van 18°C . Hier is dan ook mee gerekend. Dit is vreemd. Bij de dauwpunt berekening volgens de methode van Glaser is het gebruikelijk om een buitentemperatuur van -10°C en een binnentemperatuur van 20°C aan te houden. Hierdoor ontstaat een verschil van 12°C tussen beide berekeningen. Om de berekeningen op elkaar af te stemmen wordt in dit onderzoek afgeweken van de NEN 2778 en in deze berekeningen dezelfde temperatuur aangehouden zoals die wordt gehanteerd bij de dauwpunt berekeningen. Op deze manier kunnen de berekeningen naast elkaar worden gebruikt en kan een realistisch beeld worden geschetst. Om deze reden worden koudebrugberekening gemaakt door Ulehake Bouwfysica nogmaals uitgevoerd.

Bij de berekening volgens de methode van Glaser wordt een binnentemperatuur van 20°C aangehouden. De relatieve luchtvochtigheid wordt bepaalt door de binnenklimaatklassen volgens de BRL 4708 (zie tabel 2.2.3). Uitgaande van kantoorfunctie of woonfunctie kunnen we een klimaatklasse II aanhouden. Dit bepaalt dat we een relatieve luchtvochtigheid van 40% mogen aanhouden.

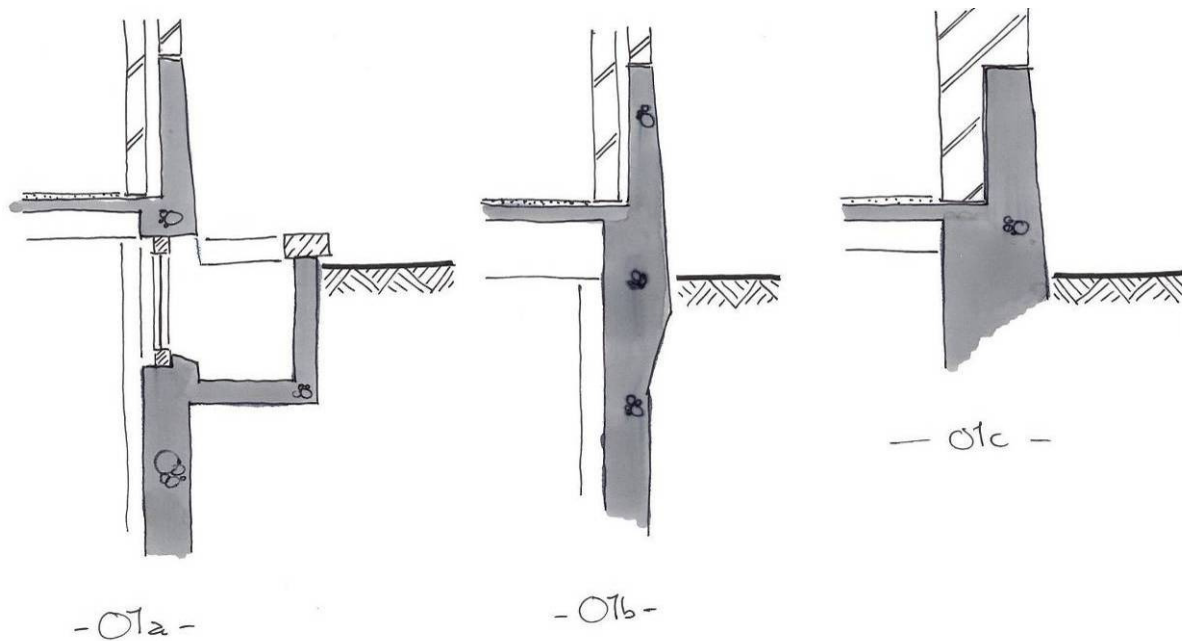
Voor de buitentemperatuur wordt -10°C aangehouden met een relatieve luchtvochtigheid van 80%. Dit is de wintersituatie volgens de methode van Glaser (zie tabel 2.2.4). In de zomer zou het om 12°C gaan met een relatief luchtvochtigheidsgehalte van 70%. Maar in de wintersituatie is het risico op het ontstaan van vocht het grootst. Daarom wordt deze situatie aangehouden in de berekening.

9.4.1. Analyse probleemgebied 1

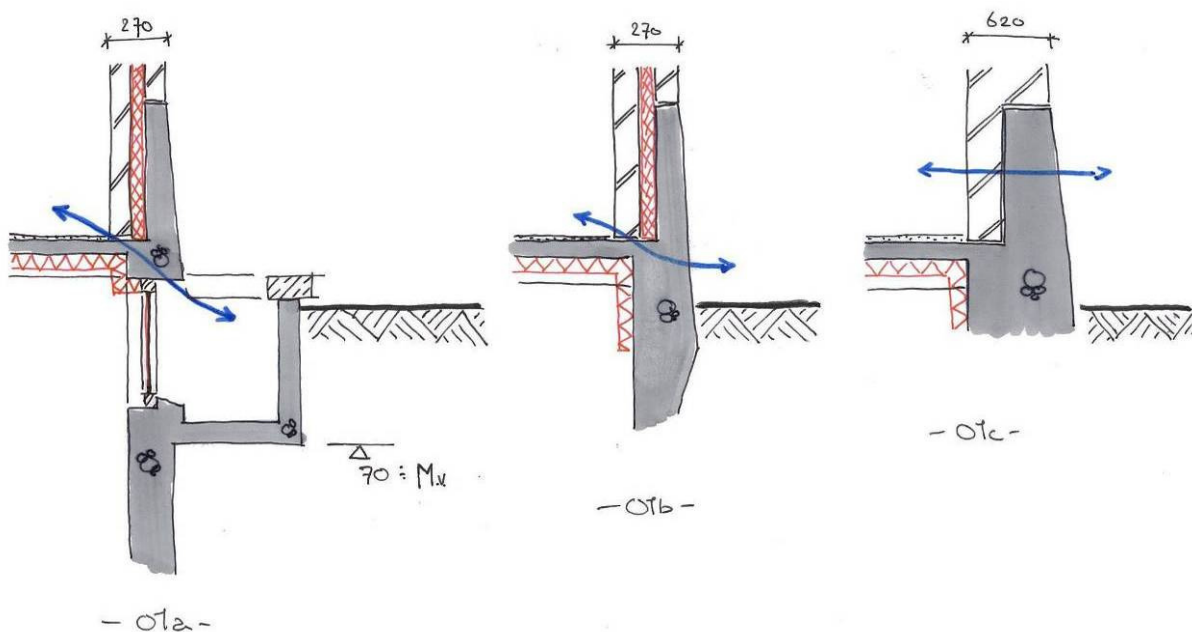
De aansluiting van de fundering-vloer-wand is aangegeven als detail 1. De varianten gemaakt volgens de verschillende bestaande situaties zijn; details 1a, -b en -c. Hierbij is detail 1a het detail bij een koekoek, 1b het detail zonder venster en 1c bij de steunbeer. In figuur 9.4.3 is de bestaande detaillering weergegeven. Door het bekijken van de verschillende varianten ontstaat er een goed beeld van de opbouw van gevel.



Figuur 9.4.2 - gevelplint



Figuur 9.4.3 – bestaande funderingsconstructie



Figuur 9.4.4 – geïsoleerde funderingsconstructie



Figuur 9.4.5 – Beschadigingen betonnen plint

In figuur 9.4.4 is in detail te zien hoe de naïsolatie wordt gerealiseerd. Het voornemen om gelgebonden polystyreenparels in de spouw in te brengen zorgt dat de spouw helemaal dicht wordt gezet. Wanneer dit gebeurt, is er geen ventilatie die damp of condens kan afvoeren. Het is van belang te weten of er vocht ontstaat bij deze constructieopbouw. Er moet gekeken worden naar de opbouw die ontstaat bij het metselwerk en de betonplint. Als er vocht ontstaat, is er geen mogelijkheid om het vocht af te voeren tenzij de historische plint wordt aangetast. Dit is niet wenselijk uit zowel esthetisch (zie figuur 9.4.5) als uit financieel oogpunt. Om deze reden zijn er dauwpuntberekeningen gemaakt volgens de methode van Glaser om te onderzoeken of er dauwpunten aanwezig zijn bij de nieuwe aangepaste gevelopbouwen.

Bij naïsolatie is een koudebrug niet te voorkomen mits er drastische maatregelen worden genomen. Ook hier gaat het om het slopen van de plint tussen de steunberen in. Maar dit lost alleen de lineaire koudebrug op bij de vloer en gevel. Niet bij de steunbeer. Daarbij is dit een kostbare ingreep. Het is daarom noodzakelijk te zien of de koudebruggen problemen veroorzaken. Dit wordt gedaan met het rekenprogramma Trisco van Physibel. Hiermee is het temperatuurverloop te berekenen en daarmee de kans op condensatie op verschillende punten tegen de constructie. En het geeft inzicht in spanningsverschillen in de constructie.

Dauwpuntberekeningen probleemgebied 1

De dauwpuntberekeningen zijn onderverdeeld in berekeningen over het metselwerk (a) en ter plaatse van het beton(b). De verschillende waarden die horen bij de materialen zijn gehaald uit 'Tabellen voor de bouw- en waterbouwkundigen'¹³ die wordt aangeduid als tabellarium.

Analyse dauwpunt berekeningen probleemgebied 1

In bijlage V laat berekening 0a zien dat de er zich in bestaande situatie geen problemen voordoen. Mocht er wel vocht ontstaan doordat de situatie anders is, dan kan dit worden geventileerd. Er kan hierbij worden gedacht aan; een nat buitenblad, een lagere isolatiewaarde en/of een hogere dampdiffusieweerstand.

Bij het toevoegen van gelgebonden polystyreenparels (in de ideale situatie) zal er geen probleem ontstaan (zie berekening 1a). Wel is de kans op problemen aanwezig wanneer er een minder gunstige situatie zicht voor doet zoals bij berekening 2a.

In berekening 2a is ook gerekend met gelgebonden polystyreenparels maar hier is een luchtzak opgenomen in de berekening. In gesprek met het gevelrenovatiebedrijf OrlyEndevoets is naar voren gekomen dat een goed mengsel van polystyreenparels met gel in de praktijk niet gegarandeerd kan worden. Hierdoor ontstaan er plaatsen met losse parels die kunnen weglopen of inzakken. Zo ontstaan luchtzakken die de isolatiewaarde laten afnemen en van invloed zijn op de dampdiffusie. Ook is de dampdiffusiewaarde van de

¹³ Ir. R. Blok (2006) *Tabellen voor de bouw- en waterbouwkundigen*, Theimemeulenhoff

stenen aangepast naar die van gevelklinkers. Op basis van detailfoto's van het metselwerk gaf OrlyEndevoets aan dat de dampdiffusiewaarde van de steen hoger zal liggen dan die van de baksteen zoals aangegeven in het tabellarium. De μ -waarde van 13 is dan een voorzichtige inschatting. Een praktische benadering zegt dat het risico groter is dan bij een theoretische benadering. Dit risico is, afgaand op de praktijkervaringen van OrlyEndevoets, reëel.

Naast de gelgebonden polystyreenparels zijn nog drie alternatieve materialen berekend als naïsolatiemateriaal. Het gaat dan om polyurethaanschuim (PUR, berekening 3a), steenwol vlokken (berekening 4a) en glaswolvlokken (berekening 5a). Bij PUR is er in een gunstige situatie geen vocht waar te nemen, bij steenwol en glaswol wel.

De voorgaande situaties zijn nogmaals berekend maar dan ter plaatse van de betonnen plint. Bij de bestaande situatie valt direct op dat er in praktijk regelmatig vocht aanwezig zal zijn. Dit komt door de lagere isolatiewaarde en hogere dampdiffusieweerstand van beton. Alle volgende berekeningen met de verschillende materialen laten zien dat er vocht kan ontstaan.

Conclusie dauwpunt berekeningen probleemgebied 1

Wanneer de metselwerk spouwmuur niet kan voldoen aan de theoretisch gegeven bouwfysische waarden is het risico op problemen erg groot. Er zijn geen redenen om aan te nemen dat zij aan de theoretische waarde zullen voldoen. Vooral de onbekende dampdiffusieweerstand zorgt voor een verhoogd risico. Ter plaatse van het beton is het risico op damp altijd aanwezig.

De voorgenomen materiaalkeuze zorgt voor een verhoogd risico door de mengproblemen die zich voor blijken te doen. Het is de vraag of de monumentencommissie instemt met het toepassen van een materiaal dat niet meer verwijderd kan worden uit de constructie. Dit gaat in tegen de benadering van de rijksmonumentendienst die omkeerbare ingrepen wil zien. Het is daarom zinvol om te kijken naar alternatieven. Daarbij valt PUR af op basis van de onmogelijkheid dit weer te verwijderen. Alternatieven zijn dan nog steen- en glaswolvlokken die weliswaar voor een groot risico op condensatie zorgen maar wel te verwijderen zijn.

Op basis van de eerdere conclusie dat er geen mogelijkheid is voor het afvoeren van de vocht, kan er geconcludeerd worden dat er op geen enkele manier nageïsoleerd kan worden in de spouw ter plaatse van probleemgebied 1.

Toelichting koudebrugberekeningen probleemgebied 1

In bijlage V is te zien in berekening 6 dat de temperaturen in de bestaande situatie op enkele plaatsen erg laag zijn. De laagste temperatuur in de kelder ligt tegen het glas van het kozijn. Hier is echter in de berekening de lijn van de buitentemperatuur aan de binnenzijde van het glas gelegd. In bijlage VII is bij de berekening over probleemgebied 2 t/m 4 te zien dat wanneer de plaats van de buitenlucht tegen de buitenzijde van het glas wordt gelegd (berekening 1) de binnentemperatuur van het glas -2°C zal zijn. Hierdoor moet er bij -10°C de temperatuur van -2°C worden gelezen. Aangezien het in beide gevallen om enkel glas gaat.

Volgens BRL 4708 moet er een relatieve vochtigheid van 50% bij een temperatuur van 20°C worden aangehouden (zie tabel 2.2.3). Echter, door het gebalanceerde ventilatiesysteem zal de relatieve luchtvochtigheid niet uit komen boven de 45% (1053 Pa). De temperatuur waarbij condensatie op kan treden ligt dan op $7,7^{\circ}\text{C}$ en lager. De temperaturen bij locatie 2 en 3 zijn in de bestaande situatie dusdanig laag dat de kans op condensatie aanwezig is.

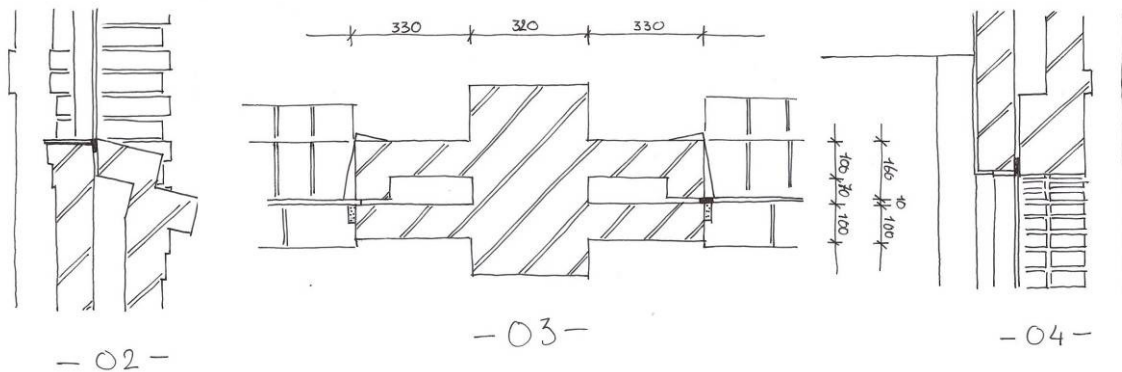
Conclusie koudebrugberekeningen probleemgebied 1

Het toepassen van vloerisolatie levert geen extra problemen op. Zeker wanneer het wordt doorgetrokken tot 1m^1 onder de vloer en aansluit op het houten kozijn met HR++ beglazing. De lage temperatuur van locatie 5 bij berekeningen 7 en 8 ligt erg laag. Het betreft een dermate klein oppervlakte en is in een hoek gelegen waardoor de luchtlaag (R_{si}) tegen dit punt aan het vocht in praktijk af zal voeren.

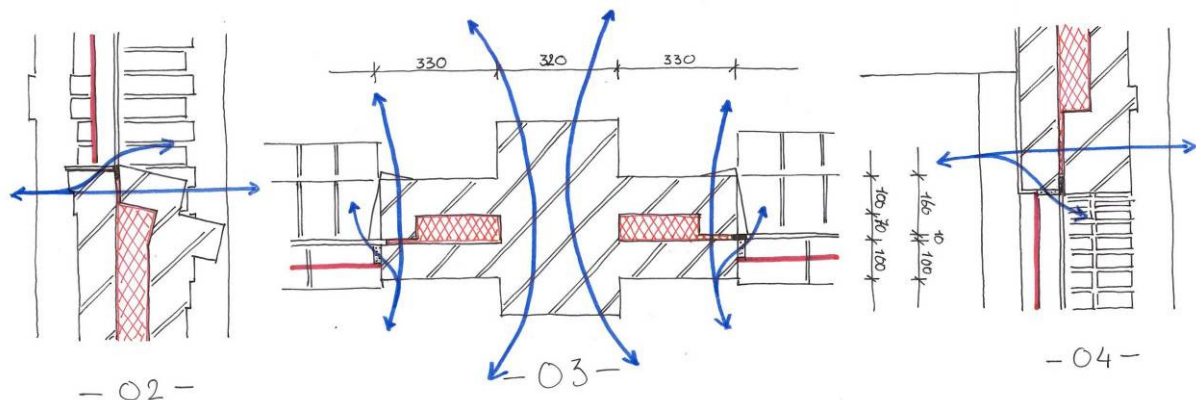
De toename van de temperatuur van het buitenblad (locatie 7) bij toepassen van spouwisolatie (berekening 8) kan voor spanningen zorgen. Hier zal door een constructeur naar gekeken moeten worden of dit door de betonconstructie dan wel metselwerk, kan worden opgevangen.

9.4.2. Analyse probleemgebieden 2 t/m 4

Omdat het bij probleemgebied 2 t/m 4 aan de gangzijde om een probleemgebied rond een venster gaat, worden deze alle drie bij elkaar behandeld. Het gaat dan om het onder-, zij- en bovendetail van het glas-in-lood raam. Daarbij wordt in detail 3 -het horizontale detail- de steunbeer meegenomen om de invloed van dit element bij naïsolatie te kunnen bekijken.

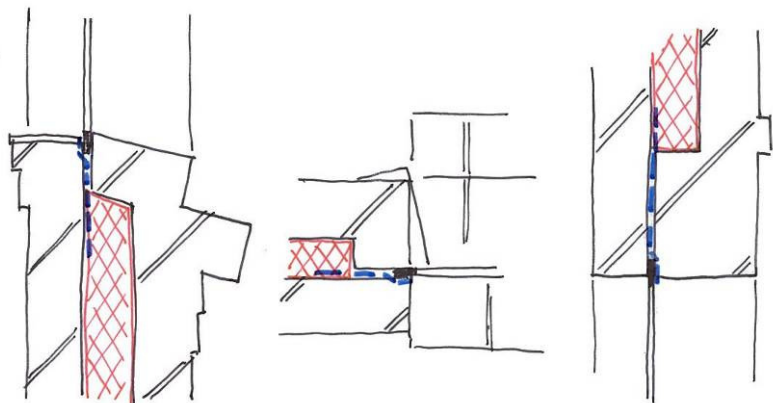


Figuur 9.4.6 – probleemgebieden 2,3 en 4, bestaande situatie



Figuur 9.4.7 – probleemgebieden 2,3 en 4, aangevraagde situatie

In figuur 9.4.6 en 9.4.7 zien we de bestaande situatie en de situatie zoals volgens de bouwaanvraag de nieuwe situatie zal gaan worden. In de nieuwe situatie zullen de koudebruggen worden verergerd. Het is niet mogelijk de koudebruggen op te lossen omdat dit constructieve elementen zijn die op detailniveau de beeldkwaliteit bepalen. Op basis van de dauwpuntberekeningen van probleemgebied 1 kan er worden aangenomen dat ook hier problemen zullen gaan ontstaan rond de koudebruggen. Daarbij moet op basis van de dauwpunt berekeningen van probleemgebied 1 gekeken worden naar de mogelijkheid tot afwatering in de constructie. In figuur 9.4.8 is aangegeven waar dit zou moeten gebeuren.

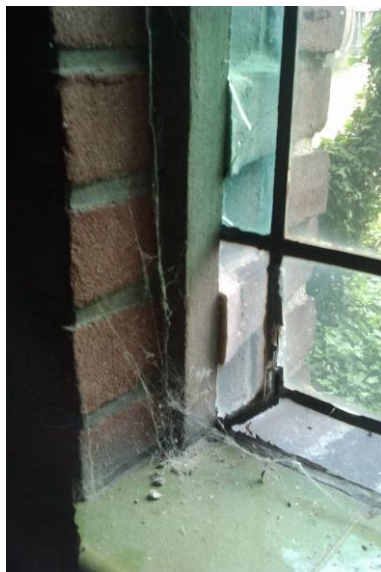


Figuur 9.4.8 – plaats van het aanbrengen afwatering in de constructie

Afwatering vocht probleemgebieden 2 t/m 4

Het bovendetail (figuur 9.4.8) gaat uit van zakkend vocht maar bij het onderdetail moet rekening gehouden worden met de capillaire werking van vocht. Er moet dan voorkomen worden dat het vocht van het buitenblad niet het binnenblad raakt. Bij de zijaansluiting moet met beide rekening gehouden worden omdat hierbij het boven en onderdetail van invloed zijn op de plaats van het vocht.

Bij het onderdetail is het aanbrengen van afwatering mogelijk door het verwijderen van het glas-in-lood raam. Met een slabbe kan het glas-in-lood raam weer in de spouw worden gezet. Maar bij het boven- en zijdetail zal al snel een deel van het buitenblad verwijderd moeten worden. Dit zijn, gezien de hoeveelheid vensters en de detaillering van het metselwerk drastische maatregelen te noemen. Wordt het verwijderen van de glas-in-lood ramen daar in mee genomen dan moet het halve gebouw gesloopt worden.



Figuur 9.4.9 - hoekaansluiting glas-in-lood, binnen



Figuur 9.4.10 – horizontale aansluiting glas-in-lood, buitenzijde



Figuur 9.4.11 – rondboog aan bovenzijde glas-in-lood.

Lichtinval probleemgebieden 2 t/m 4

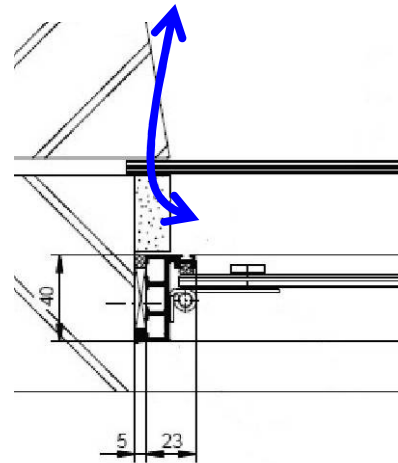
De glas-in-lood ramen vertonen op veel plaatsen figuren. Deze figuren beelden bijbelse figuren, heiligen en teksten uit. Er zijn echter ook glas-in-lood ramen die deugden, zonden, dood (zie figuur 9.4.12), vagevuur en hemel uitbeelden. Deze beelden kunnen tijdens de behandeling van de cliënten storend aanwezig zijn. Hierdoor is het verzoek gekomen om de ramen uit te vagen. De manier waarop dit volgens de bouwaanvraag wordt gedaan is doormiddel van achterzetramen met melkglas of melkfolie op glas. Deze achterzetramen zijn de rode lijn aan de binnenzijde van het glas-in-lood in figuur 9.4.7. Hierbij is geopperd om licht tussen de glas-in-lood en achterzetramen te plaatsen.



Figuur 9.4.12 – figuur in een glas-in-lood raam

Er is een voorstel gedaan om met profielen van Metaglas een enkelglas achterzetraam te plaatsen (zie figuur 9.4.13). Vanwege de luchtdichtheid van de achterzetramen is het goed om ventilatievoorzieningen te maken die eventueel vocht (glas-in-lood is niet waterdicht) te kunnen ventileren. Er is ruimte om gaten te maken ter plaatse van de terugliggende stenen (zie figuur 9.4.10).

Het aanbrengen van licht is bedacht om in de avond nog diffuus licht achter de melkglas ruiten vandaan te laten komen. Dit heeft als nadeel dat wanneer men aan de buitenkant staat, de figuren in het donker leesbaar worden. Hierdoor verplaatst het probleem zich als het donker wordt naar de buitenzijde.

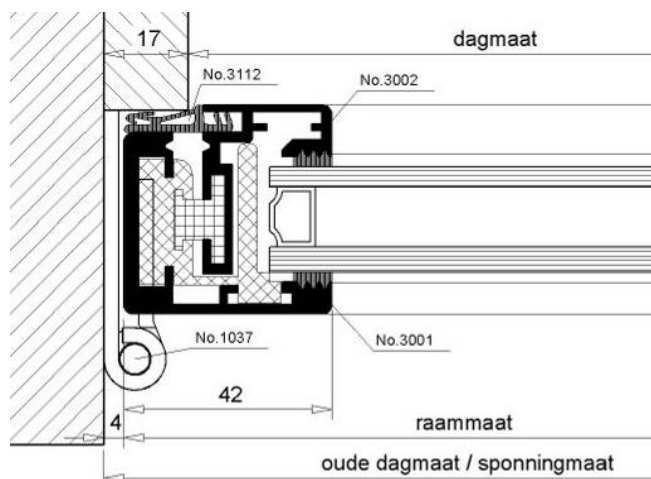


Figuur 9.4.13 – achterzetraam bij glas-in-lood

Verhouding gevel venster

In hoofdstuk 9.3.4 bij Naïsolatie in de spouw is te lezen dat het oppervlakte van de te isoleren gevel niet groot is. In hoofdstuk 9.4.1 bij de conclusie berekeningen probleemgebied 1 is te lezen waarom het naïsoleren van de spouw af te raden is. Ook het afvoeren van vocht blijft rond de vensters problematisch. Met de huidige aanvraag is rekening gehouden met een enkelglas achterzet raam en een nageïsoleerde spouw om het transmissieverlies te beperken. Het is interessant om te zien wat er gebeurt met de het transmissieverlies van een gevel wanneer juist het glas wordt geïsoleerd en de gevel niet.

Een manier om dit te berekenen is met een EPC-berekenen. In een EPC berekening wordt onder andere aan de hand van het transmissieverlies de energievraag bepaald. Bij een toename van de beperking van het transmissieverlies zal de uitkomst daardoor gunstiger zijn.



Figuur 9.4.14 – geïsoleerd achterzetraam

Om te zien of het veranderen van de manier van isoleren een gunstig effect heeft zijn er van een tweetal gevels de U-waarden berekend. Dit is berekening 1 van bijlage VI. De isolatiewaarden die hier zijn aangehouden zijn op basis van de isolatiewaarden uit probleemgebied 1. Daarnaast is de isolatiewaarde van een achterzetraam van Metaglas aangehouden volgens de isolatiewaarde van diezelfde producent in de situatie van het klooster. Het gaat hier om profiel type AMD (zie figuur 9.4.14).

Uit de berekeningen blijkt dat het een zeer positief effect heeft. Het transmissieverlies neemt minimaal met $U=0,5W/(m^2 \cdot K)$ af. Dit heeft op de EPC-berekening een gunstig effect. Het effect op de begroting zal worden berekend bij probleemgebied 7 t/m 9.

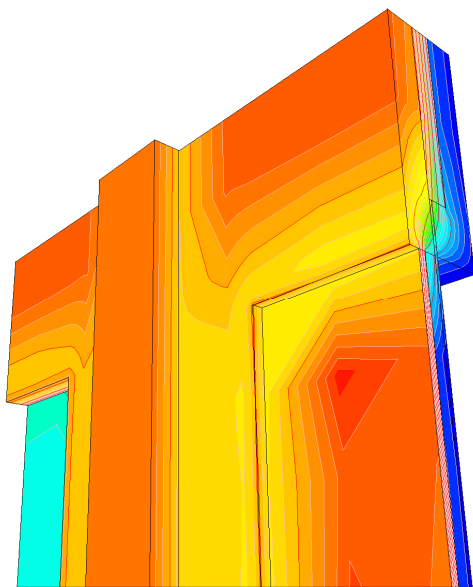
Analyse koudebrugberekeningen probleemgebied 2 t/m 4

In de bestaande situatie is het glas-in-lood in het venster (bijlage VI berekening1) erg koud. Dit zorgt voor koudeval en een onaangename warmtestraling. Daarnaast kan de temperatuur van de beglazing zorgen voor condensatie. Uit de praktijk is gebleken dat zich dit niet voor doet. Dit is te verklaren doordat de glas-in-lood beglazing niet luchtdicht is en daardoor het vocht wordt afgevoerd door tocht. Daarbij is de luchtvochtigheid lager door het contact met de buitenlucht.

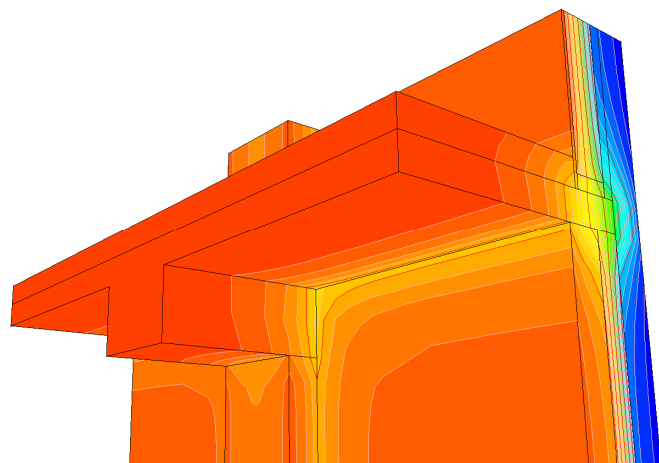
Bij berekening 3 is te zien dat de temperatuur van de wand hoger wordt (locatie 4) maar de beglazing gelijk blijft (locatie 5). Bij berekening 4 is de binnenzijde van de voorzetbeglazing 17°C. Dit is ook het geval bij berekening 5 waarbij de wand ook met enkele graden warmer wordt.

Conclusie koudebrugberekeningen probleemgebied 2 t/m 4

Het verschil in temperatuur bij het toepassen van naïsolatie bij de gevels is minimaal. Bij het toepassen van geïsoleerde achterzetbeglazing is dit verschil wel erg groot (zie afbeelding 9.4.15 en 9.4.16). De toename van de temperatuur van de wand is alleen waar te nemen op 2,5m¹ boven de vloer en op kniehoogte. Dit heeft geen invloed op de behaaglijkheid. Bij het niet isoleren van de beglazing zal de koudeval door de beperkte warmtestraling onaangenaam voelen. Zeker doordat de radiatoren verdwijnen en de vloerverwarming dit niet tegen gaat. Dit beïnvloedt het stookgedrag in negatieve zin. Wanneer de koudeval weg wordt genomen zal de gebruiker minder snel geneigd zijn de temperatuur in de verblijfsruimte te verhogen.



Figuur 9.4.15 – koudebrugberekening bij venster

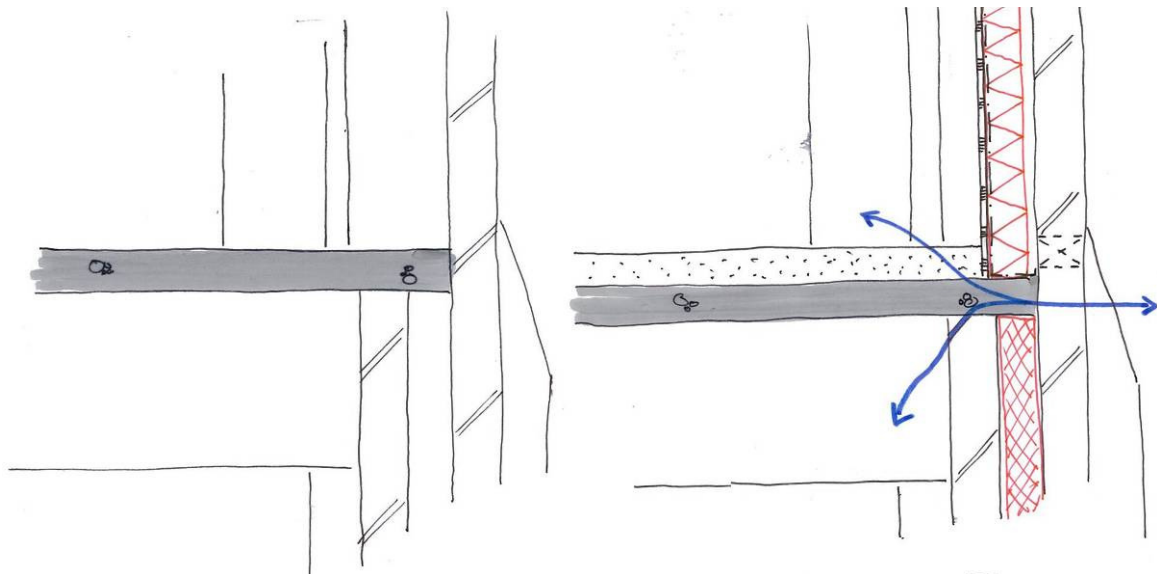


Figuur 9.4.16 – koudebrugberekening boven venster, onder zoldervloer

Volgens Eneco Energie is het omlaag brengen van de temperatuur met 1°C goed voor een besparing van 5% van de stookkosten bij een woonhuis. Andersom kan gezegd worden dat het omhoog brengen van de temperatuur met 1°C dus 5% extra stookkosten veroorzaakt. De woonruimten (logiesfuncties) beslaan 48,6% van het totale gebruiksoppervlak. Dit komt neer op een toename van 2,43% over het totale gebouw bij het verhogen van de temperatuur in de woonruimten met 1°C. Afgaande op de huidige situatie (stookkosten van ca. €300.000,-) gaat het om duizenden euro's.

9.4.3. Analyse Probleemgebied 5

In probleemgebied 5 (zie figuur 9.4.17) wordt uitgegaan van een naïsolatie in de spouw en een voorzetwand bij de buitenwand. Volgens het bouwfysisch rapport wordt de voorzetwand direct tegen de buitenwand aan geplaatst. In hoofdstuk 9.3.5 in 'Naïsolatie voor de wand' wordt duidelijk dat hier een aantal varianten mogelijk zijn. De spouwisolatie is zoals besproken in hoofdstuk 9.3.4, niet vanzelfsprekend en ook volgens de analyses van probleemgebieden 1 t/m 4 is dit af te raden. Er zijn op basis van eerder besproken probleemgebieden, problemen bekend. Maar in dit gebied worden echter meer problemen verwacht.



Figuur 9.4.17 – probleemgebied 5, bestaande en nieuwe situatie

In het probleemgebied worden twee ingrepen gedaan. Er wordt nageïsoleerd in de spouw en er wordt een voorzetwand geplaatst voor de borstwering. De voorzetwand kan op verschillende manieren worden opgebouwd. De verschillende opbouwen zijn besproken in hoofdstuk 9.3.5 in 'Naïsolatie voor de wand'. Over deze verschillende opbouwen zijn dauwpuntberekeningen gemaakt die zijn te vinden in bijlage VII. In deze bijlage is nog een vierde opbouw opgenomen. Voor de naïsolatie in de spouw gaan we uit van de berekeningen zoals gemaakt en de conclusies getrokken uit de berekeningen over probleemgebied 1.

Dauwpunt berekening probleemgebied 5

De berekeningen zijn bijgevoegd in bijlage VII. In berekening 1 in is te zien dat optie 1, een veel toegepaste optie, geen problemen oplevert met de waarden zoals die zijn gegeven door het tabellarium. Uit de berekeningen over probleemgebied 1 is echter al aangegeven dat optimale waarden waarschijnlijk niet worden gehaald. Wanneer het metselwerk een hogere dampdiffusiewaarde heeft dan gebruikt in de berekening zal de groene lijn in het metselwerk van buitenaf gezien harder stijgen en er damp ontstaan tussen het metselwerk en de isolatie.

Berekening 2 laat zien dat er een groot risico is op damp. Dit hoeft echter geen probleem te zijn doordat er een opening gemaakt kan worden in voegen in het metselwerk die de spouw kunnen ventileren en de condens kan opdrogen.

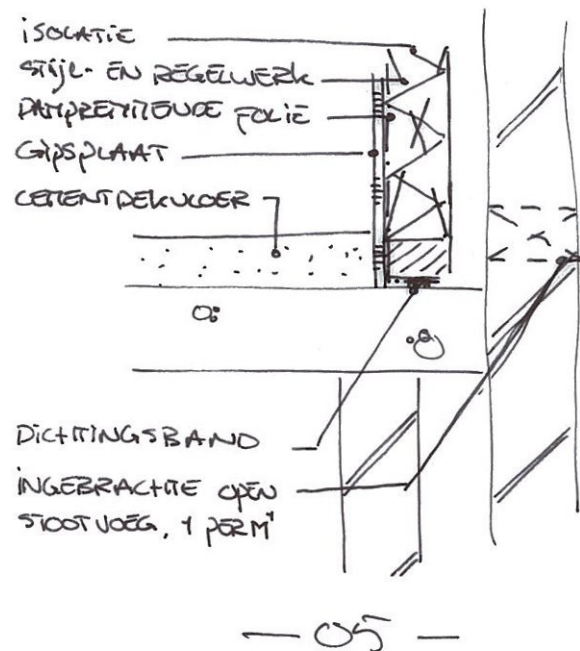
Berekening 3 heeft een bijna identieke aanwezige dampspanning verloop als berekening 1 en daarmee hetzelfde risico. hier is een spouw aangebracht, waarschijnlijk om te kunnen ventileren maar deze is aanwezig op bouwkundig gezien, vreemde plaats. Er ontstaat geen vocht ter plaatse van de spouw het risicogebied ligt tussen het metselwerk en de isolatie. Hierdoor heeft deze optie dezelfde problemen als optie 1.

Met deze berekeningen is een optimale variant gemaakt. In deze variant wordt uitgegaan van de volgende opbouw:

Optie 4

- gipsplaat, 9mm
- dampremmende folie
- mineralewol deken, 80mm
- geventileerde luchtsponw, 30mm
- metselwerk (bestaand), 100mm

Ten opzicht van de voorgaande berekeningen is in deze berekening uitgegaan van een hogere dampdiffusie van de baksteen. Kijkend naar de berekening over optie 4 kan worden gesteld dat het risico ten opzichte van optie 1 en 3 net zo groot zijn. Ten opzichte van optie 3 is het risico verkleind. Het voordeel van deze optie licht echter in de detaillering aan de onderzijde van de isolatie in combinatie met de ventilatie. De dampremmende folie wordt aan de onderzijde van de wandconstructie onder de onderregel van het stijl- en regelwerk gelegd. Het stijl- en regelwerk wordt op een afdichtband gezet. Hierdoor ontstaat een luchtdichte constructie waarbij het vocht dat in de spouw zou kunnen ontstaan geventileerd kan worden. De detaillering is uitgewerkt in figuur 9.4.18. De enige ingrepen die hier worden gedaan zijn in de bestaande structuur en betreffen de openstootvoegen.



Figuur 9.4.18 – probleemgebied met voorzetwand volgens optie 4

Koudebrugberekeningen probleemgebied 5

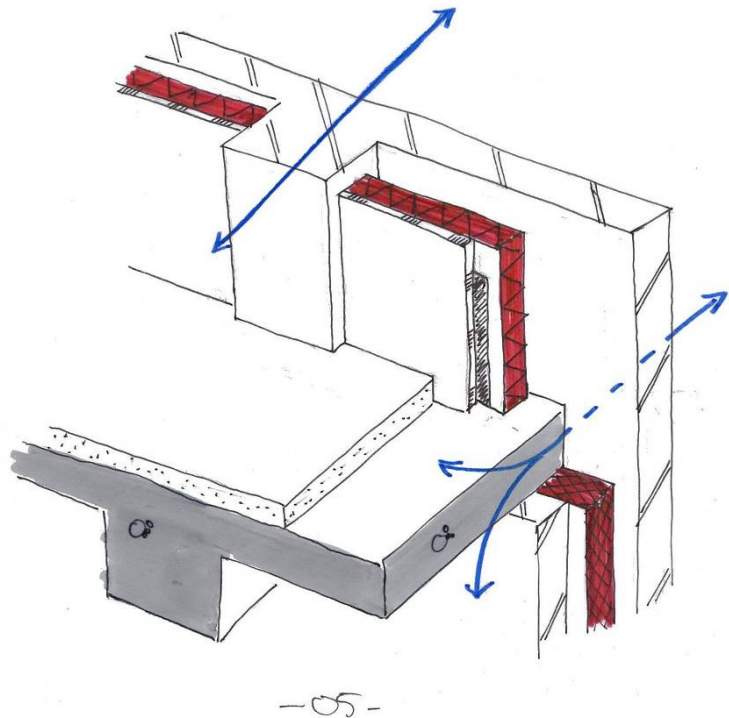
De koudebrug zoals deze aanwezig is in probleemgebied 5 (zie bijlage VII) wordt versterkt door de beoogde ingrepen. Dit kan voor problemen zorgen. Uit voorgaande berekeningen wordt duidelijk dat op verschillende plaatsen vocht kan ontstaan. Ook kunnen er spanningsverschillen in het metselwerk optreden die mogelijk zorgen voor zet- en scheurvorming.

De koudebrug in dit probleemgebied is door Ulehake Bouwfysica berekend. Dit is gedaan met een buitentemperatuur van 0°C en een binnentemperatuur van 18°C. Deze berekening is daardoor niet te gebruiken naast de dauwpuntberekeningen volgens de methode van Glaser. Er is geen rekening gehouden met steunberen en vloerbalken (zie berekeningen Ulehake Bouwfysica in bijlage VII)

De berekeningen van Ulehake Bouwfysica laten een 16-tal temperaturen zien waardoor te zien is of er grote verschillen optreden ten opzichte van het bestaande detail. Hierbij vallen een aantal zaken op:

Ten eerste is bij detail 1 van Ulehake bouwfysica de nieuwe dekvloer meegenomen in het detail. Ook wordt deze getekend tot tegen het buitenblad. Ten tweede valt op dat de isolatie bij de borstwering tegen het metselwerk aan staat en geen spouw heeft waarmee geen rekening is gehouden met een dergelijke variant. Ten derde wordt in detail 4 gekeken naar een isolatie op en onder de vloer, een ingreep die onhaalbaar is op basis van uiterlijk en functionaliteit.

Al deze punten en de aanwezigheid van steunberen en vloerbalken (zie figuur 9.4.19), vraagt om een herziening van de berekening.



Figuur 9.4.19 – isometrische weergave van probleemgebied 5

Analyse koudebrugberekeningen probleemgebied 5

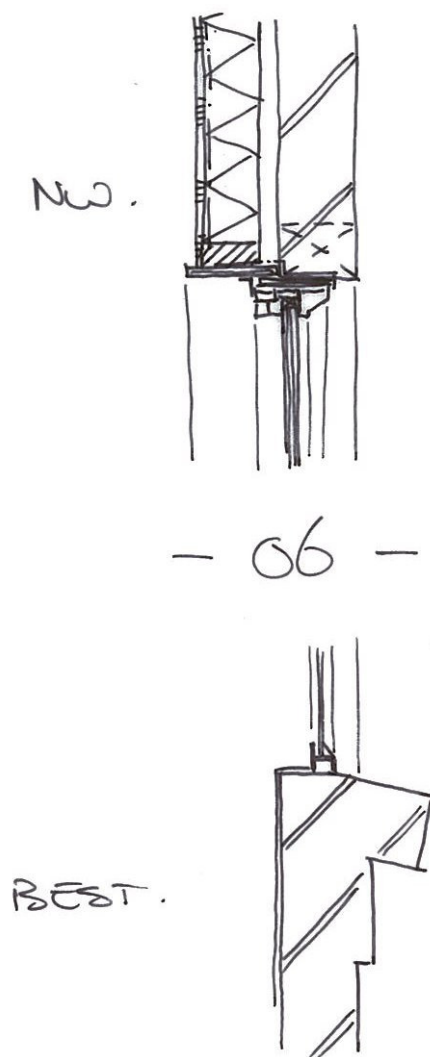
In bijlage VII laat berekening 6 de bestaande situatie zien. Op basis van eerdere berekeningen (Hoofdstuk 9.4.1.) weten we dat de temperatuur niet onder de $7,7^{\circ}\text{C}$ mag komen om condensatie te voorkomen. De temperaturen die zijn weergegeven in berekening 6 zijn acceptabel.

In berekening 7 wordt de situatie weergegeven met een voorzetwand volgens de besproken optie 4. De temperaturen aan de binnenzijde van de wand op de zolderverdieping nemen toe waardoor problemen uitgesloten zijn. Wat opvalt is dat bij locatie 1 de temperatuur daalt.

In berekening 8 is ook de naïsolatie van de gevel meegenomen. De buitentemperaturen dalen en de binnentemperaturen blijven gelijk ten opzichte van berekening 7 of stijgen.

Conclusie koudebrugberekeningen probleemgebied 5

Er worden geen problemen verwacht als het gaat om het ontstaan van condens bij het toepassen van isolatie in de spouw en voortzetwanden. Een aandachtspunt is het metselwerk aan de buitenzijde. Het temperatuurverschil tussen de borstwering en het buitenblad van de spouw is in de bestaande situatie 2°C . Bij berekeningen 7 en 8 is waar te nemen dat het metselwerk tegen de vloer een temperatuur van rond de 5°C heeft. Dit is ten opzichte van locatie 3 een verschil van ca. 14°C en kan voor scheurvorming zorgen. Hier zal door een constructeur naar gekeken moeten worden of dit door de betonconstructie dan wel metselwerk, kan worden opgevangen.

Analyse probleemgebied 6

Het probleem bij probleemgebied 6 richt zich tot de aansluiting van het kozijn op de wand. Er zijn meerdere opties mogelijk. Kijkend naar de vorige probleemgebieden ligt het voor de hand een voorzetraam te plaatsen. Echter, dit vraagt om ventilatie tussen de stalen kozijnen en het achterzetraam. Dit is moeilijk te realiseren.

Een andere keuze is het vervangen van het kozijn door een kozijn met een renovatieprofilering gemaakt van aluminium (zie figuur 9.4.20). Deze kozijnen worden al toegepast wanneer er een nieuw kozijn in een toegevoegde gevelopening wordt geplaatst. Het betreft daardoor een kleine aanpassing; slechts in hoeveelheden.

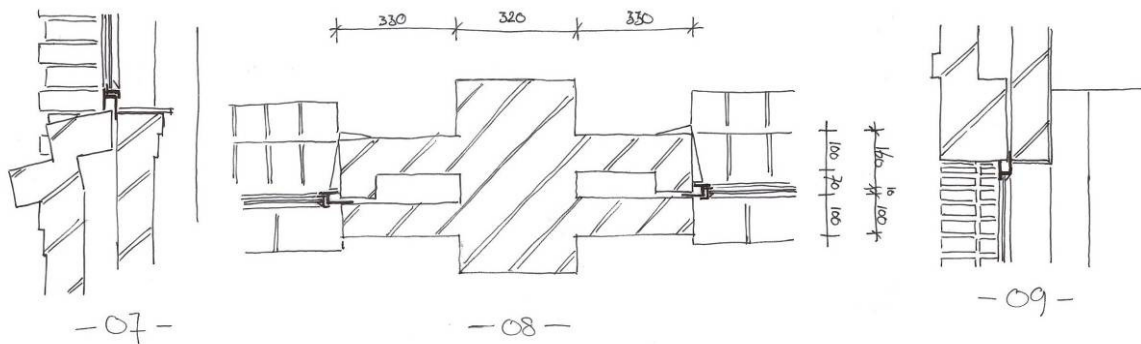
In het kozijn kan een isolerende beglazing worden geplaatst en met de nieuwe aluminium kozijnen kan een koudebrug onderbreking worden gerealiseerd. Hierdoor worden direct een aantal problemen opgelost. Daarbij komt de vraag naar ventilatie tussen het originele kozijn en het achterzetraam te vervallen.

Wanneer het kozijn wordt gecombineerd met de voorzetwand dan ontstaat er een bijna nieuw detail met een uitstraling gelijk aan het bestaande detail. De vorm van het stalen kozijn komt terug aan de buitenzijde van het kozijn. Aan de binnenzijde komt het kozijn een stuk naar binnen zodat de negge aan de binnenzijde niet veel groter wordt dan de bestaande negge. Daarnaast kan in de constructie een voorziening worden getroffen waaraan het kozijn kan worden gemonteerd en het

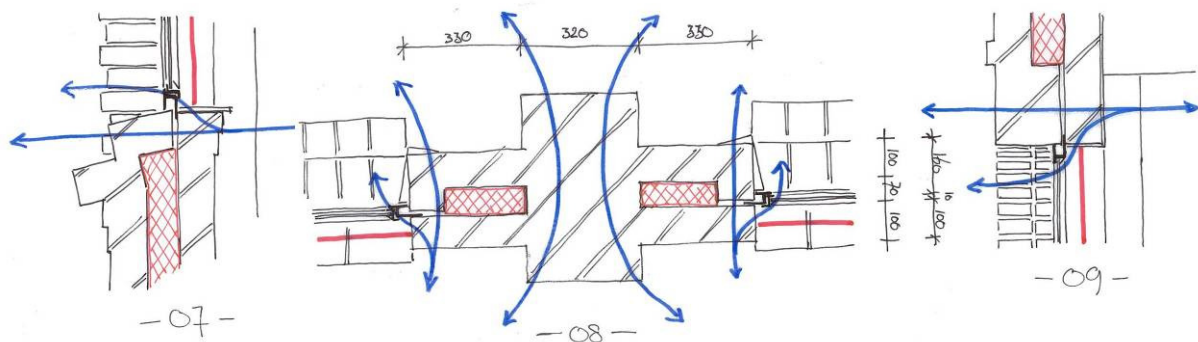
**Figuur 9.4.20 – bestaande en nieuwe
toestand van probleemgebied 6**

kozijn kan altijd netjes worden afgewerkt. De afwatering met bijvoorbeeld een DPC-folie kan worden aangebracht op de wijze dat dit bij een nieuw geplaatst kozijn wordt gedaan in een nieuwe constructie. Hierdoor kan een waterdichte constructie worden gegarandeerd.

9.4.4. Analyse probleemgebieden 7 t/m 9



Figuur 9.4.21 – probleemgebieden 7,8 en 9, bestaande situatie



Figuur 9.4.22 – probleemgebieden 7,8 en 9, nieuwe situatie

De situatie van de probleemgebieden 7 t/m 9 (zie figuur 9.4.21) is bijna identiek aan die van 2 t/m 4 (zie figuur 9.4.6). Met het verschil dat het bij probleemgebied 7 t/m 9 om een stalen kozijn gaat met binnenbeglazing. Het kozijn is gemonteerd met een stalen lip in de ruimte tussen buiten- en binnenblad. Er zitten veelal draaiende delen in die worden afgedicht met een koperen band. De kozijnen zijn nog origineel behalve het hang- en sluitwerk dat op enkele plaatsen is vervangen. Hierdoor hebben zij een hoge historische waarde.

De kozijnen zijn in tegenstelling tot de glas-in-lood ramen goed afgedicht waardoor de noodzaak om er iets voor te zetten wordt weggenomen. De ruiten kunnen worden vervangen door restauratiebeglazing waardoor de isolatiewaarde van het kozijn toeneemt. Hierbij ontstaat het probleem dat de isolatiewaarde van het kozijn blijft steken op een U-waarde van $2,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Om toch tot een acceptabele waarde te komen ligt het daarom meer voor de hand achterzetramen toe te passen. Om geen problemen met vocht te krijgen moet er op eenzelfde wijze als bij probleemgebied 2 t/m 4 ventilatievoorzieningen worden gemaakt.

Effect begroting probleemgebieden 2 t/m 4 en 7 t/m 9

De kosten van het toepassen van ongeïsoleerde achterzetbeglazing is volgens de aannemer €238,- per venster. Bij geïsoleerde achterzetbeglazing is dit ca. €400,- (opgave Metaglas B.V.). Het gaat in probleemgebieden 2 t/m 4 om 341 glas-in-lood vensters wat neer komt op een toename in kosten van ca. €55.000,-. Het veranderen van de beglazing in probleemgebieden 7 t/m 9 betreft ca. 415 stalen kozijnen. De kosten van het toepassen van renovatieglas komt per kozijn op €772,-. Het verschil bij de stalen kozijnen komt in zijn totaliteit neer op ca. €155.000,-. De besparing is dan €100.000,- excl. de besparing op het naïsoleren van de gevel bij het kiezen voor geïsoleerde achterzetbeglazing.

10. Conclusies en aanbevelingen

Er zijn voldoende mogelijkheden om tot oplossingen te komen die het beeld van het gebouw niet aantasten. Het benaderen van het klooster op detailniveau zorgt er voor dat er minder mogelijkheden over blijven dan bij de benadering op gebouwniveau.

Het thermisch comfort wordt bij de aanvraag omgevingsvergunning wel verbeterd maar het dit brengt allerlei bouwfysische risico's met zich mee. Deze problemen worden vooral veroorzaakt door het naïsoleren van de spouwmuur. Bij de naïsolatie van de begane grondvloer en de zolderverdieping zijn er door een juiste opbouw en detaillering geen problemen te verwachten.

Het naïsoleren van de spouw brengt verschillende risico's met zich mee. Bij berekeningen in ideale omstandigheden ontstaat het risico op vocht in de constructie. Het is onbekend wat de werkelijke omstandigheden zijn. Dit is deels te wijten aan beperkt onderzoek maar ook aan het ontbreken van gegevens van de materialen. Hierdoor wordt de kans op vocht groter. Bij het ontstaan van vocht is het noodzakelijk voorzieningen te treffen die dit vocht afvoeren. Dit kan door ventilatie of door afdichting en geleiding van folies of loodslabben. In het klooster is hier onvoldoende mogelijkheid toe waardoor het vocht in de spouw naar binnen kan trekken.

Bij het zoeken naar het alternatief is duidelijk geworden dat er niet moet worden gekeken naar het isoleren van de spouwmuren maar het isoleren van de vensters. De vensters zorgen voor het meeste warmteverlies en hebben in verhouding tot de gevel een groter oppervlak. Na het berekenen van de gemiddelde warmtetransmissie-waarde (U-waarde) van een 2-tal gevels is gebleken dat het isoleren van de vensters door het plaatsen van geïsoleerde achterzetramen, effectiever is dan het isoleren van de spouw. Dit betekent dat de EPC-berekening die onderdeel uitmaakt van de aanvraag omgevingsvergunning, lager uitvalt. Daarnaast valt dit kostentechnisch lager uit. Een bijkomend voordeel is dat deze ingreep omkeerbaar is, een principe die de rijksmonumentendienst nastreeft.

Door het toepassen van isolerende beglazing in de vensters ontstaat er ook een toename in behaaglijkheid. De koudestraling van de venster wordt weggenomen waardoor de behoefte om te stoken afneemt. Het effect hiervan is vele malen groter dan bij het isoleren van de spouw. Dit wordt helaas niet meegenomen in de EPC-berekening. Dit is erg jammer aangezien dit kan betekenen dat de temperatuur in de ruimten lager kan zijn en er zo een aanzienlijke besparing op de stookkosten kan worden gemaakt.

Het gebouw moet wat betreft de thermische optimalisatie opnieuw worden beschouwd. Het transmissieverlies moet over het hele klooster worden herberekend en op basis hiervan worden bekeken of de installatie aan capaciteit kan worden verkleind. Samen met deze aanpassing zal een aanpassing van de begroting moeten worden gemaakt om zo een goed beeld te krijgen van de financiële consequenties die de wijzigingen teweegbrengen. Daarnaast zal er een wijziging op de aanvraag omgevingsvergunning moeten ingediend om zowel bij de gemeente als bij de rijksmonumentendienst aan te geven wat de uiteindelijk ingrepen zullen zijn.

11. Bronvermeldingen

11.1. Onderzoeken:

- Verhoeven en Leenders B.V., ing. J. van der Aa (2011), *Reservecapaciteit constructie*;
- Verhoeven en Leenders B.V., ing. J. van der Aa (2011), *Constructieve inventarisatie*;
- Gevelsupport B.V., H. Brocken (2011), *Gevelonderhoud: Inventarisatie conserveren gevelmetselwerk*;
- Ulehake Bouwfysica, Ing. H.A. Coenen (2011), *Memo: Inspectie bestaande toestand*;
- Ulehake Bouwfysica, Ing. H.A. Coenen (2011), *Memo: Thermische isolatie*;
- B.L.H. Hasselaar (2004), *Vernieuwbare Isolatie als Duurzaam Alternatief*, TU-Delft;
- BAS Research & Technology, ir. B. Hazenberg (2010) *Constructief onderzoek betonvloeren jeugdkliniek*;
- Hylkema Consultants BV, drs. A.K. Koornstra en drs. R.G.M. Pince van der Aa (2010), *Bouwhistorische opname*;
- LTC&C installatiemanagement B.V., Ing. A. van der Kwartel (2010), *Installatieconcepten*;
- LTC&C installatiemanagement B.V., Ing. A. van der Kwartel (2010), TCO (Total Costs of Ownership);
- LTC&C installatiemanagement B.V., Ing. A. van der Kwartel (2010), *EPN-rapport*;
- Roel Tersteeg (2009), *Verbetering door isolatie – Na-isolatie aan de binnenzijde van bestaande woningen*, TU-delft en Geowetenschappen Stadgenoot vastgoedbedrijf bv.

11.2. Boeken:

- G. Arendzen, J.J. vriend (1941), *Bouwkunde, Hand- en studieboek voor den bouwkundige deel 1*, Kosmos;
- Ir. R. Blok (2006) *Tabellen voor de bouw- en waterbouwkundigen*, Thiememeulenhoff;
- A.F. van den Hout, ir. W.H. Maessen, P.G. Quist, ir. W.J. Quist, ing. M.W.R. Salden (2005), *Jellema Bouwtechniek/4c Omhulling presentatie-eisen/daken*, Thiememeulenhoff;
- L.W. ter Laan, ing. M.W.R. Salden, H.J.M. van Diepen, H.G. Geerken, ing. A.C.J.Th.B. Lemmens, ing. H.Th.S. Flapper, C. Dijkstra (2005), *Jellema Bouwtechniek/5 Afbouw*, Thiememeulenhoff;
- A.C. van der Linden (2006), *Bouwfysica*, Thiememeulenhoff;
- R. Jellema, ir. M.C.A. Meischke, ir. J.A. Muller (1965), *Bouwkunde Deel I*, Waltman;
- VSSD (2003) *Bouwfysica 1, Vakgroep Bouwfysica*, Delft University Press;
- T. Fischer (2009) *Onderzoek doen!*, *Kwalitatief en Kwantitatief Onderzoek*, Noordhoff Uitgevers B.V.
- D.B. Baarda M. de Goede, J. Teunissen (2010) *Basisboek Kwalitatief Onderzoek*, Noordhoff Uitgevers B.V.

11.3. Websites:

- Hydrosolf Benelux v.o.f., <http://www.hydroment.be/> d.d.29-04-2011

11.4. Overige:

- Damianenorde (1933), *Tekeningen uit het archief* PHH Harten;
- Damianenorde (1933), *Bestek uit het archief* PHH Harten;
- Bouwstudio PelserHartman, bouwkundige tekeningen van digitale inmeting:
 - *Voorgevel*, 2045-BT-10-01, d.d. 29-09-2010;
 - *Linker zijgevel*, 2045-BT-10-02, d.d. 29-09-2010;
 - *Achtergevel*, 2045-BT-10-03, d.d. 29-09-2010;
 - *Rechter zijgevel*, 2045-BT-10-04, d.d. 29-09-2010;
 - *Begane grond*, 2045-BT-00-00, d.d. 29-09-2010;
 - *Doorsnede 1*, 2045-BT-20-01, d.d. 29-09-2010.

12. Bijlagen

Bijlage I	Tekeningen Aanvraag Omgevingsvergunning door Molenaar&Bol&VanDillen architecten B.V.
Bijlage II	Bouwkundige omschrijving
Bijlage III	Hylkema A3-plattegronden met historische waardestelling
Bijlage IV	Berekeningen naïsolatie
Bijlage V	Berekeningen probleemgebied 1
Bijlage VI	Berekeningen probleemgebieden 2 t/m 4
Bijlage VII	Berekeningen probleemgebeid 5

Bijlage I

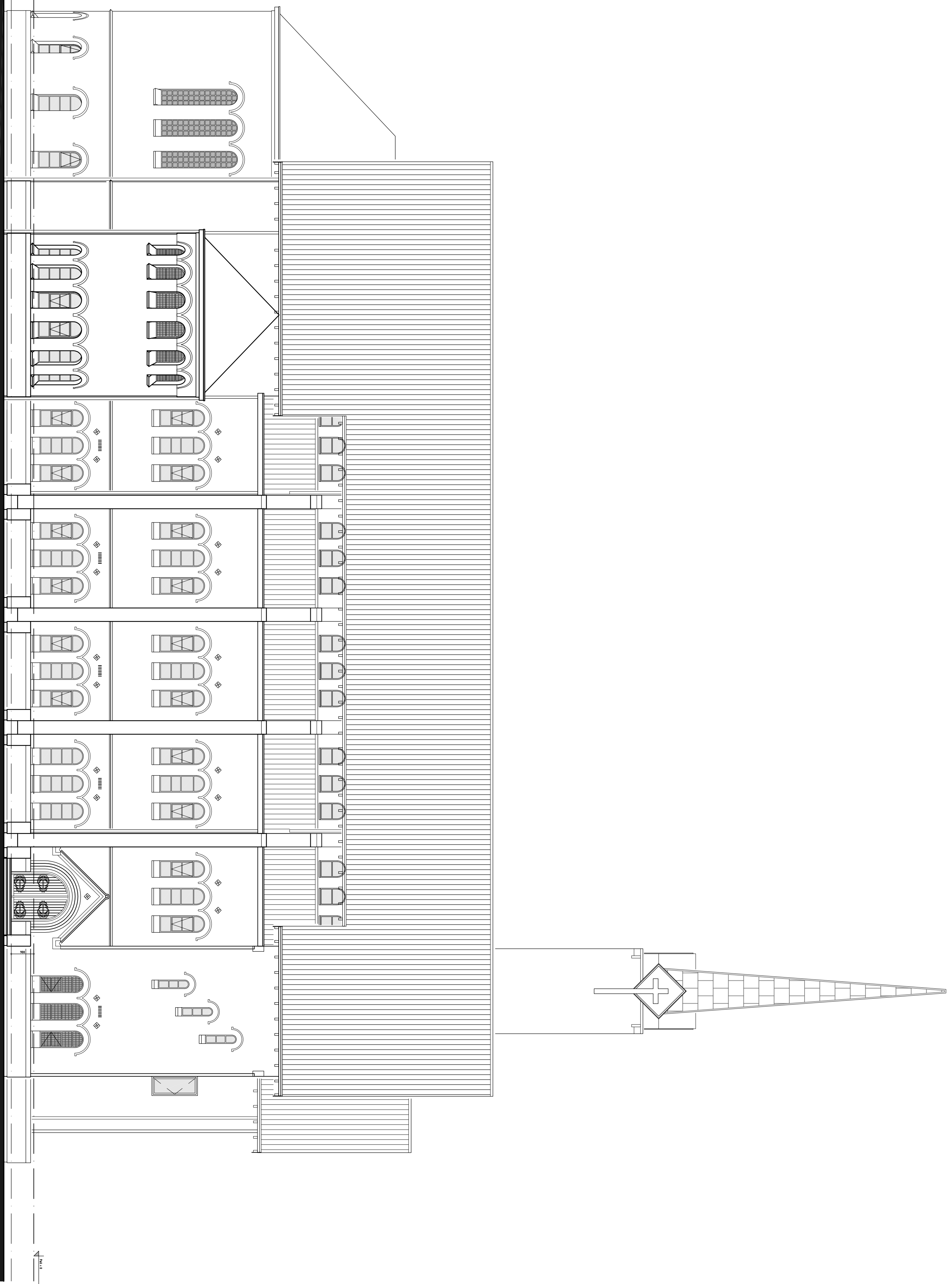
Tekeningen Aanvraag Omgevingsvergunning

De volgende tekeningen zijn in een wikkel bijgevoegd:

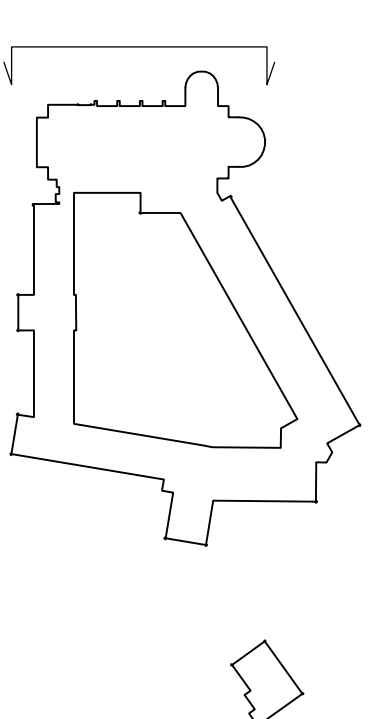
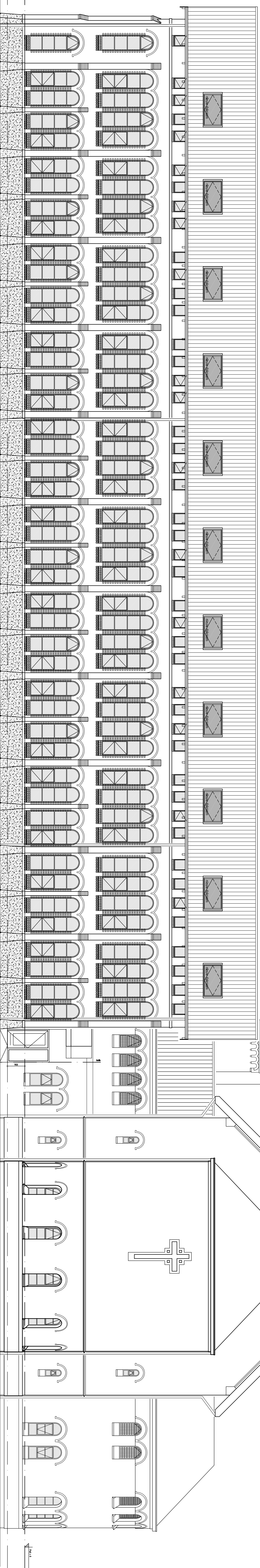
<u>Tekeningnr.:</u>	<u>Omschrijving:</u>	<u>Datum:</u>
A100	BUITENGEVELS voor- en rechterzijgevel	01-03-2011
A101	BUITENGEVELS achter- en linkerzijgevel	01-03-2011
A102	BUITENGEVELS tussengevels	01-03-2011
A200a	PLATTEGROND kelder	23-03-2011
A201a	PLATTEGROND begane grond	23-03-2011
A202a	PLATTEGROND eerste verdieping	23-03-2011
A203a	PLATTEGROND tweede verdieping	23-03-2011
A300a	GEVELS EN DOORSNEDEN binnengevels Oost- en Zuidvleugel	23-03-2011
A301a	GEVELS EN DOORSNEDEN binnengevels West-en Noordvleugel	23-03-2011
A400	DETAILS	01-03-2011



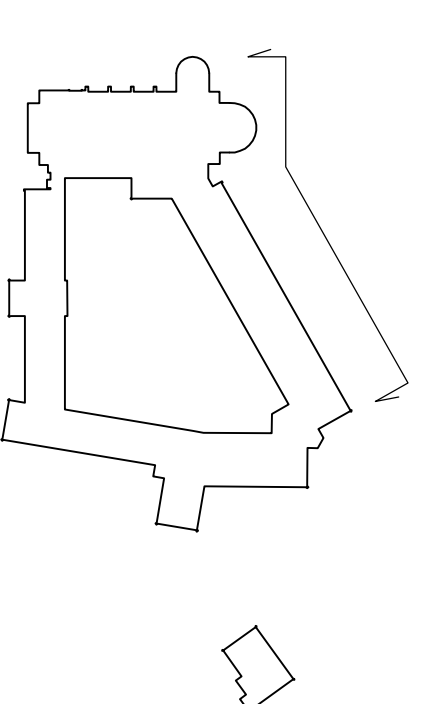
2

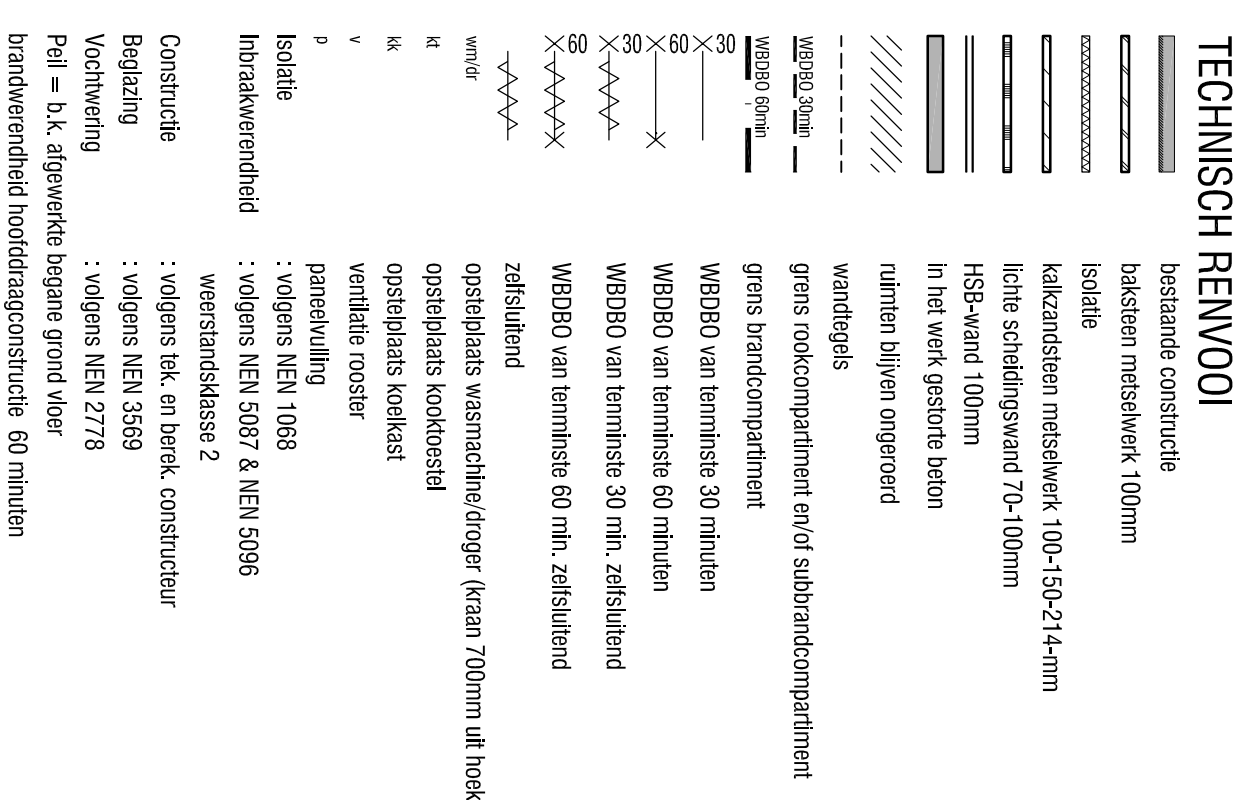


LINKER ZIJGEVEL (Noordvleugel)

OVERZICHT
NOVEMBER 1979

ACHTERGEVEL (oostvleugel)

OVERZICHT
 1974



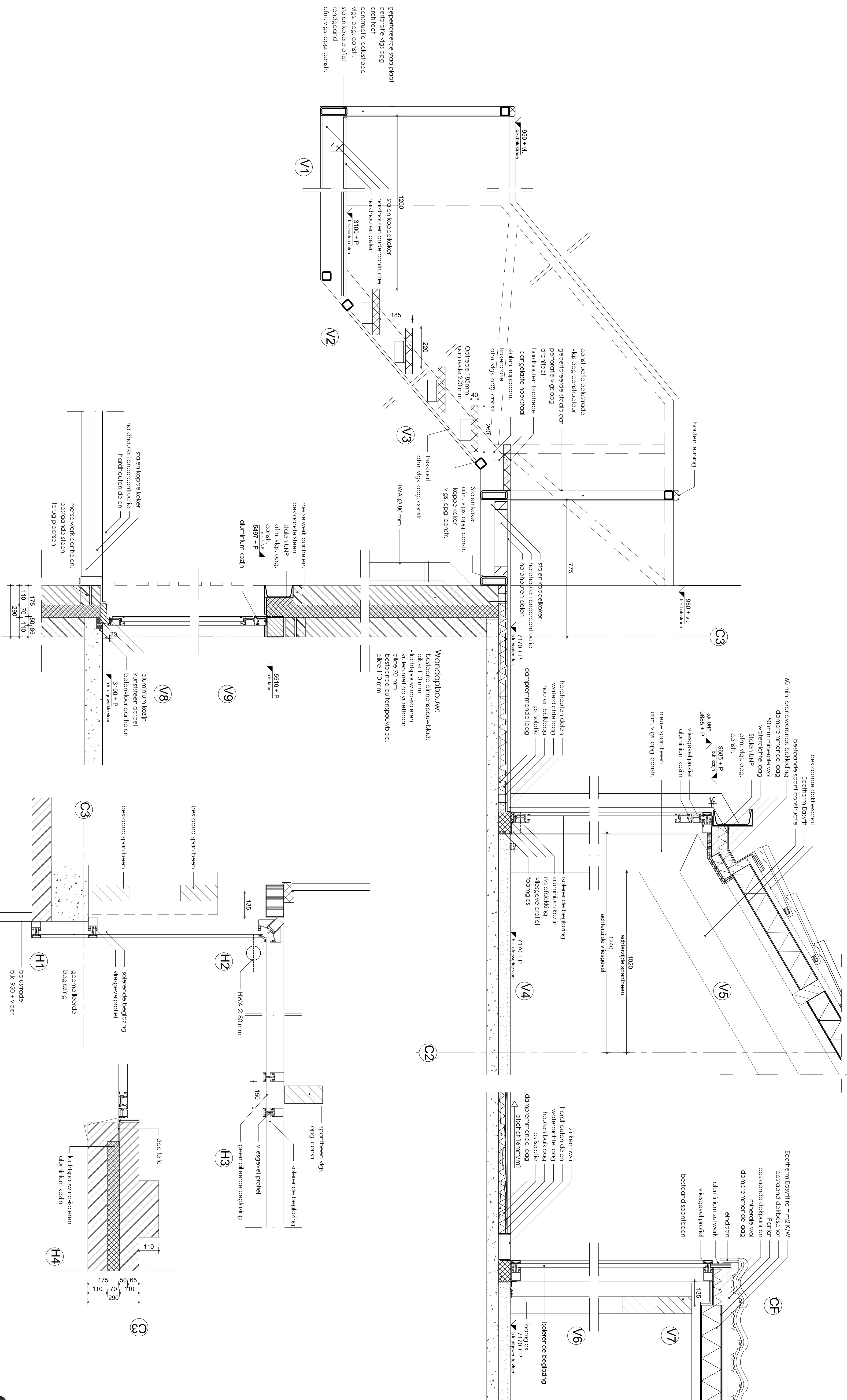
OPDRACHTGEVER **Novadic-Kentron**
Hoofdweg 13, 5261 LX, Veldhoven

ONDERWERP

Eerste verdieping

A202

www.mindtools.com
info@mindtools.com

Molenaar & Bol & Van Dillen architecten

657A Jeugdkliniek Sint Oedenrode

OPDRACHTGEVER **Novadic-Kentron**
Hogedwaarsstraat 3, 5261 LX, Vught

Principe detaillering

AANVRAAG OMGEVINGSVERGUNNING

A400

Tadststraat 112
Postbus 75
5260 AB Vught
T 073-658 70 70
F 073-656 15 80
www.mbyda.nl
info@mbvda.nl

Tadststraat 112
Postbus 75
5260 AB Vught
T 073-658 70 70
F 073-656 15 80
www.mbyda.nl
info@mbvda.nl

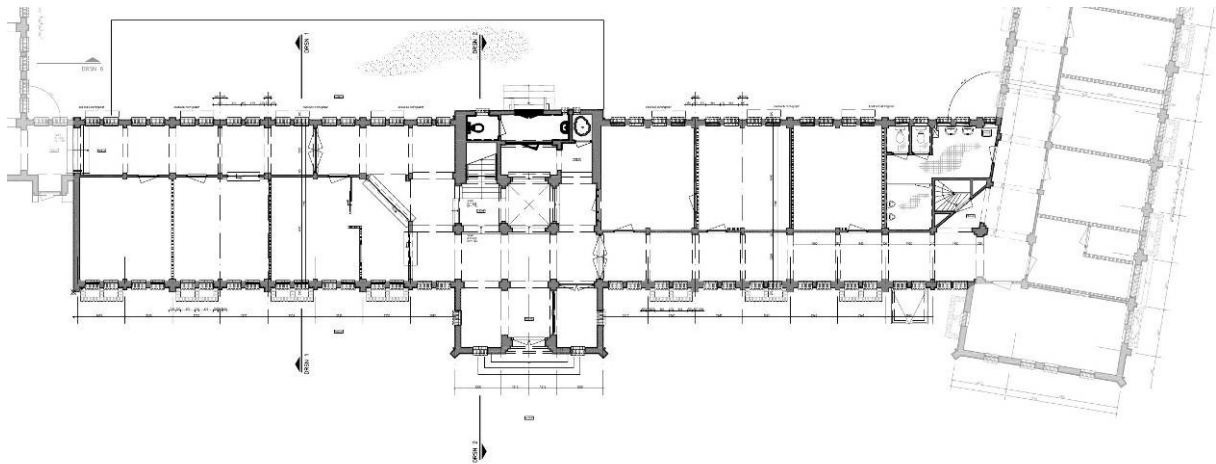
Bijlage II

Bouwkundige omschrijving

Er is een indeling gemaakt in de vleugels A, B en C en de kapel (D). De vleugels zijn in opbouw gelijk maar verschillen in hoogte en breedte. Daarom worden na het bespreken van vleugel A alleen de verschillen nog aangemerkt bij de vleugels B en C. Kapel D wordt buiten beschouwing gelaten omdat deze buiten de thermische schil valt.



Figuur 1 – aanzicht vleugel A



Figuur 2 – plattegrond vleugel A

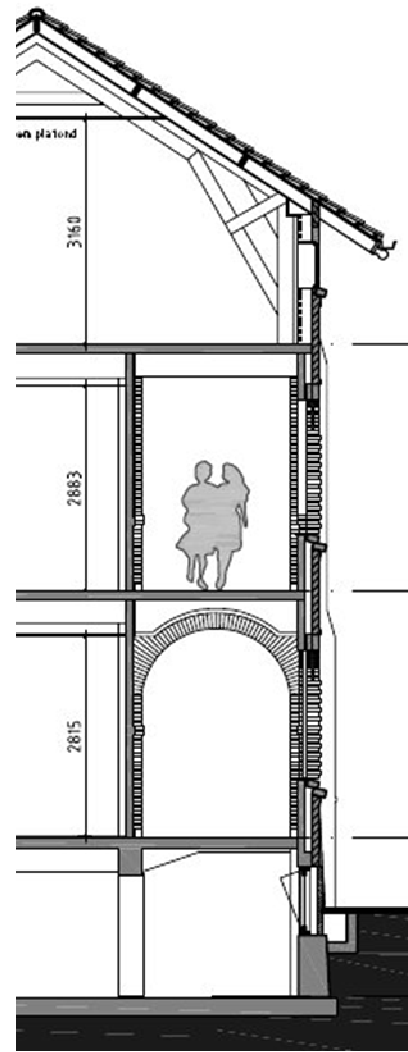


Figuur 3 – Het Damianenklooster

Vleugel A

In figuur 1 en 2 zijn de gevel en plattegrond van vleugel A weergegeven. De buitengevel van vleugel A vormt de voorgevel van het complex. De entree is in het midden van het gevelvlak geplaatst. De entreegevel heeft aan de voor- en achterzijde een topgevel met daarop een zadeldak. Het zadeldak van de entree loopt haaks op die van de rest van de vleugel. In de voorgevel van de entree zit een dubbele deur met een rondboogig bovenlicht gemaakt van glas en lood. Boven het deurkozijn zit tussen vier rondboogvensters een beeldnis ter hoogte van de eerste verdieping. Ter hoogte van de zolderverdieping zijn vier rondboogvensters die qua hoogte meelopen met het dak. Aan weerszijden van de entree zijn een 4-tal traveeën. De traveeën bestaan uit rondboogvensters onderbroken door steunberen die om en om tot de eerste verdiepingsvloer of tot aan de top van de gevel lopen. Elke verdieping heeft 4 vensters waarbij de zolderverdieping vierkante vensters heeft.

De vensters aan de linkerzijde van de entree, behoudens de 2 vensters tegen de entreepartij aan, zijn voorzien van stalen kozijnen met enkel glas. De vensters van de entreepartij op de begane grond en de vensters aan de rechterzijde van de entreepartij zijn voorzien van glas-in-lood ramen. Dit is ter plaatse van de gangen zoals te zien is op de plattegrond. Aan de binnengevel is het op deze wijze verdeeld; alle vensters aan de gangen zijn voorzien van glas-in-lood ramen, alle overige vensters zijn voorzien van stalen kozijnen met enkel glas. De kozijnen van de zolderverdieping zijn ook voorzien van stalen kozijnen met enkel glas.



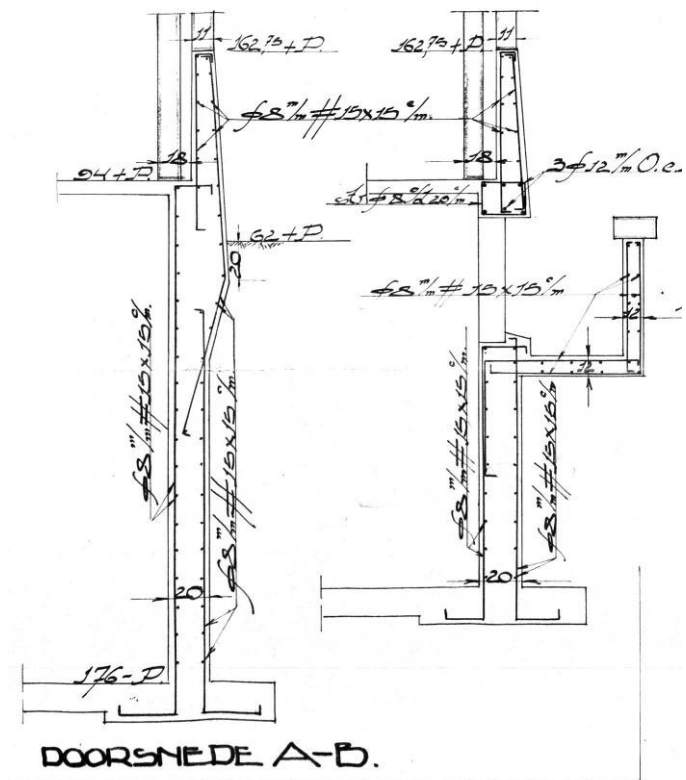
Figuur 4 - doorsnede blok A

Het mestelwerk bestaat uit een donkerrode/bruine machinale baksteen die in halfsteensverband is gemetseld. Het metselwerk is gemaakt uit van een spouwmuur met een opbouw van 100-70-100mm. Ter plaatse van de steunberen is er geen spouw en gaat het om massief metselwerk. Tussen de vensters is op veel plaatsen geen spouw aanwezig omdat er geen ruimte voor is.

Uit het onderzoek van Gevelsupport¹ kan worden opgemaakt dat het metselwerk en het voegwerk in zeer goede staat verkeren. De kwaliteit van de specie en de steen is hoog en er zijn weinig tot geen tekenen van verwerking te vinden. Wel zijn er gaten in het metselwerk als het gevolg van beschietingen in de tweede wereldoorlog te vinden. Ook zijn er gevelvlakken met een kleurverschil ten gevolge van de reparatie van schade door bombardementen in de tweede wereldoorlog.

¹ Gevelsupport B.V., H. Brocken (2011), *Gevelonderhoud: Inventarisatie conserveren gevelmetselwerk*

De betonnen fundering draagt het metselwerk. Dit vormt ook de kelder van het complex. Aan de buitenzijde is schoongespoten grindbeton te vinden. Over de opbouw hiervan wordt verschillende gedacht. Volgens de tekeningen van Bouwstudio PelserHartman² zou de plint bestaan uit een prefab betonplaat. De spouwmuur zou dan doorlopen tot onder het vloerniveau. Dit is overgenomen in de rapportages van Ulehake. Kijkend naar de historische tekeningen is dit niet het geval. Op de tekeningen uit 1933 blijkt dat de kelderbak doorloopt in de verdiepingsvloer. Ook zou de betonplint aangestort zijn zoals te zien in figuur 5. Hylkema³ spreekt over een plint van kiezelcement. In hun rapport wordt er vanuit gegaan dat de plint in het werk is gemaakt. Er zijn geen naden aanwezig



Figuur 5 - constructiedetail van de fundering, aanvraag van 1933

die duiden op prefab beton. Gezien de tijd waarin het gebouwd is, is het bovendien niet aannemelijk dat er met prefab elementen is gewerkt.

De kap is een eenvoudige gordingkap met een flauw hellend zadeldak en een grote overstek. De spantconstructie is samengesteld uit een stijl waarop een spantbeen is aangebracht. Onder het spantbeen is een tweede spantbeen bevestigd dat als karbeel doorloopt naar de stijl. De kap is gedekt met Tuiles des Nord pannen. In het dakvlak aan de achterzijde zijn dakvensters van hout geplaatst. De overstek is gemaakt met hangsporen die een sparing hebben ten behoeve van de mastgoot. Deze goot is niet meer origineel. De PVC hemelwaterafvoeren zijn van PVC die van origine van zink waren⁴.

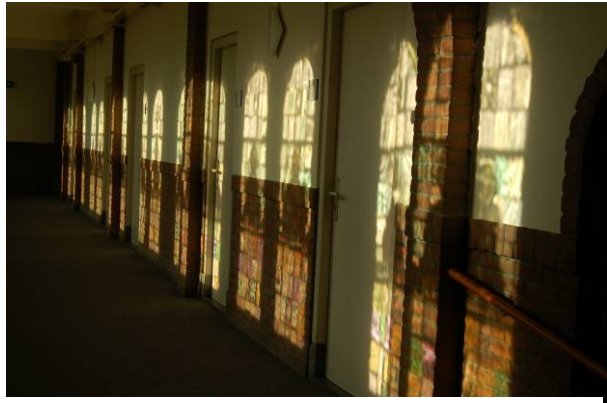
De kap is aan de binnenzijde nageïsoleerd samen met de borstwering die wordt gevormd door een halfsteens muur, ondersteund door steunberen. Ook is er een plafond aangebracht op ongeveer 2,5m¹ hoogte die een deel van de spanten laat verdwijnen.

De hele vleugel is onderkeldert. Dit is tevens de fundering van het gebouw. In de fundering zijn de aanzetten van de steunberen opgenomen. De kelder krijgt licht door de koekoeks die onder de vensters in de plint te vinden zijn. Ook zijn er enkele kolenluiken te vinden. Deze zijn voor de kolengestookte kachels aangebracht die de CV verwarmden.

² Boustudio Pelser Hartman, Doorsnede 1, tekening 2045-BT-20-01, d.d. 20-10-2010

³ Hylkema Consultants BV, drs. A.K. Koornstra en drs. R.G.M. Pince van der Aa (2010), *Bouwhistorische opname*

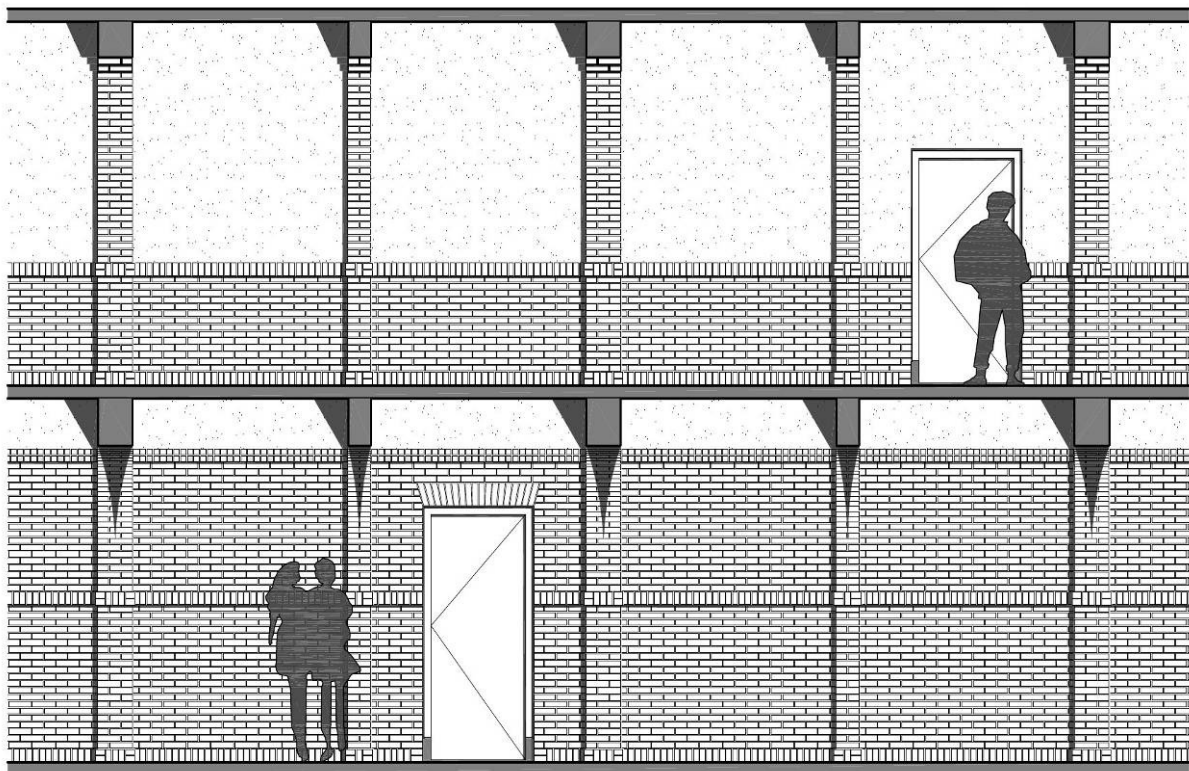
⁴ Damianenorde (1933), *Bestek uit het archief PHH Harten*



Figuur 6 – lichtinval in gangen door glas-in-lood

De begane grondvloer sluit de kelderbak af. In de vloer zitten vloerbalken die van kolom naar kolom de vloer dragen. Deze lopen over elk stramien waardoor de constructievloer op sommige plaatsen slechts 66mm dik is maar gemiddeld genomen ca 9cm⁵. De kolommenstructuur zet zich voort naar boven toe tot de vloer van de zolderverdieping. De kolommen zijn bekleed in de gangen met halfsteens metselwerk dat ook draagt.

De afwerking in het klooster is sober. Er is veel schoon metselwerk, met name in de gangen. De wanden zijn veelal beschadigd door ingrepen van de gebruiker. In de verblijfsruimten is er weinig historisch meer te vinden. In de gangen ligt nog wel de originele granito vloerafwerking en ook de glas-in-lood ramen zijn nog voor het overgrote deel in tact gebleven (of in 1946 bij de restauratie/renovatie gerestaureerd en daarmee nog steeds aanwezig). Daarnaast is er aan het metselwerk, net als aan de buitenzijde, veel aandacht besteed.

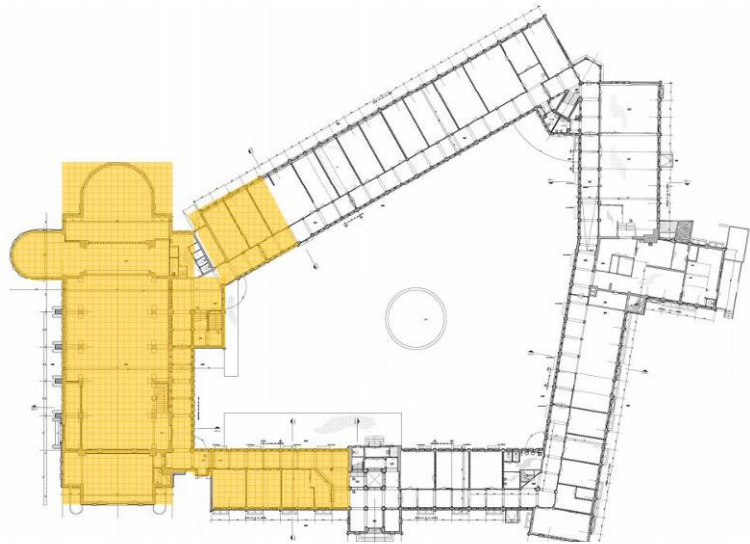


Figuur 7 – gangwanden zoals o.a. in vleugel A

In vleugel A is nog wel te zien dat het gebouw in 2 delen is gebouwd. Het ontwerp voor het gehele gebouw was gereed voor 1923 toen het gebouw voor een groot deel werd opgeleverd. Er was geen geld meer voor een deel van vleugel A en C en de kapel die hierdoor pas in 1933 zijn gebouwd.

⁵ BAS Research & Technology, ir. B. Hazenberg (2010) *Constructief onderzoek betonvloeren jeugdkliniek*

De geel gearceerde delen zoals te zien in figuur 8 zijn de delen die in 1933 zijn opgeleverd. De rondboogvensters zijn in het deel van 1923 uitgevoerd met zowel strekken als koppen in de rollaag. Bij het gedeelte uit 1933 is dit alleen met strekken gedaan. Verder is de detaillering exact doorgezet waardoor dit het enige is waarmee het deel te onderscheiden is.

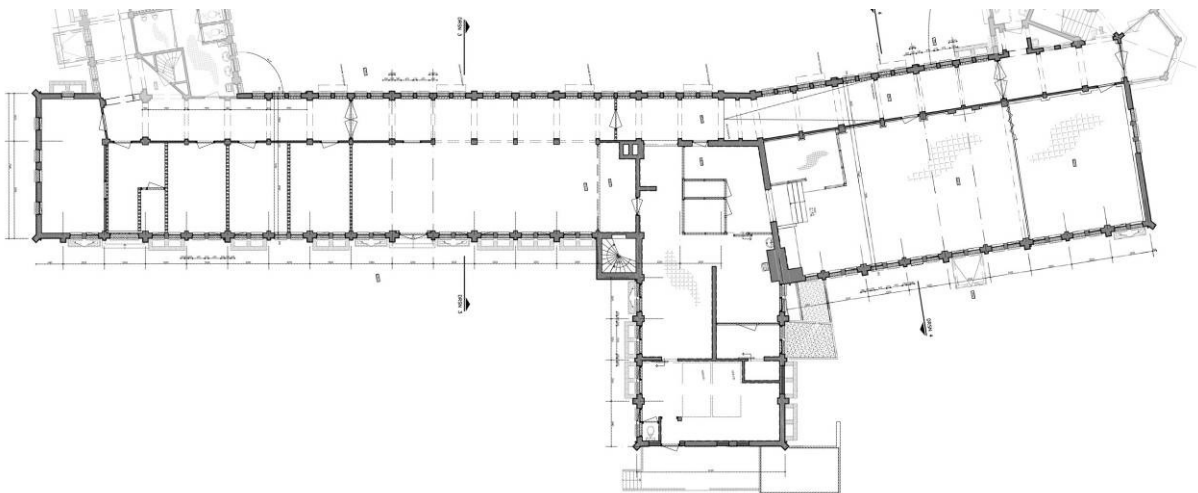


Figuur 8 – in het geel gearceerd de delen die in 1933 zijn opgeleverd.

Vleugel B



Figuur 9 – aanzicht vleugel B



Figuur 10 – plattegrond vleugel B

In vleugel B is in het midden een naar buiten komend volume dat met een topgevel een zadeldak draagt. Dit volume loopt haaks op het hoofdvolume. Het dak loopt door tot de achterzijde van de vleugel waar ook een topgevel de kap draagt.

De gevelindeling lijkt veel op die van vleugel A. De traveeën zijn hetzelfde en ook de vorm van de vensters en de goot hebben dezelfde detaillering als vleugel A. Noemenswaardige verschillen zijn de toren aan de linkerkant van het midden gedeelte en de toegang tot het

gedeelte. Ook is er een entree naar de eetzaal links van dit gedeelte en in het gedeelte zelf. Aan de rechterzijde is een toegang tot de kelder met een luifel er boven.

Wanneer we kijken naar het linker gevel gedeelte valt op dat in het derde travee een groot venster aanwezig is met een trap er voor. Hier heeft oorspronkelijk een zij-ingang gezeten met een dubbele houten deur. De vensters boven deze deur en de deur naar de eetzaal beginnen iets hoger dan de andere vensters.

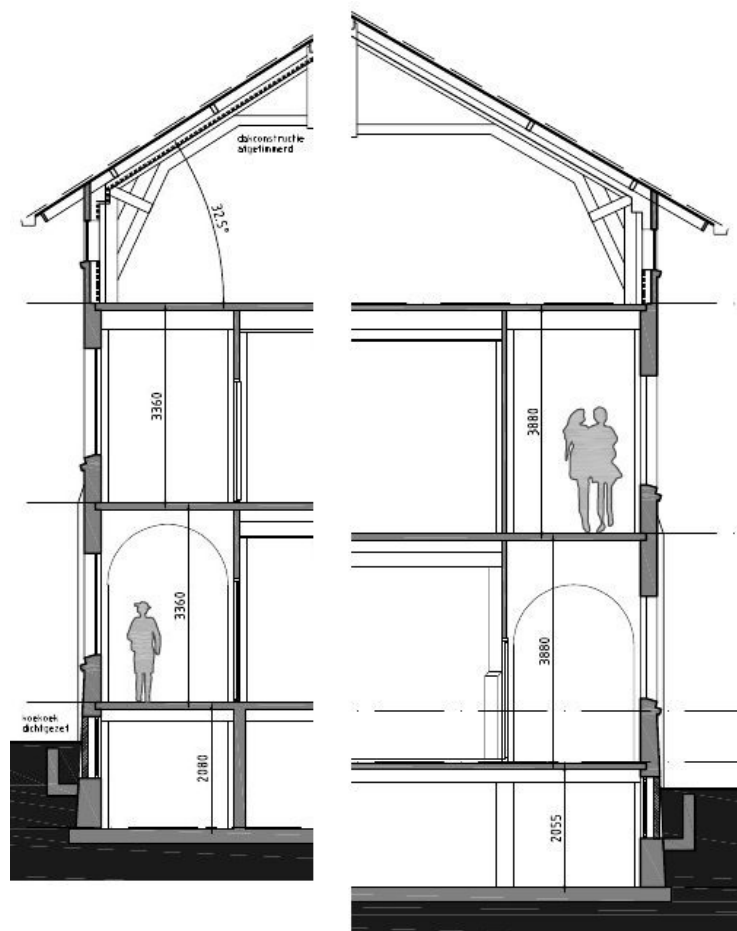
In het middengedeelte is een toegang die aansluit op een verhoging. Deze verhoging wordt gebruikt voor het laden en lossen van vrachtwagens voor de keuken die zich bevindt in dit gedeelte. Het blok op de hoek aan de rechterzijde van deze verhoging is een technische ruimte met verdelers van de installaties die vanuit het ketelhuis komen. De vensters in het middengedeelte zijn op de begane grond voor een deel dichtgemetseld en voor een deel zitten daar niet originele houten kozijnen in. Veel plaatsen in deze gevel zijn beschadigd door dit soort ingrepen. Ook de verhoging zal wanneer het gesloopt wordt (dit is de intentie) zijn sporen achter laten

Het rechterdeel van de gevel is redlijk in tact op enkele ventilatieroosters na. Zij zorgen voor gaten in het metselwerk. Wel zit hier de toegang tot de kelder. De luifel van deze toegang is erg smal en toont ook grote gebreken. Het betonnen dak toont veel sporen van betonrot.

De toren in de hoek van het rechtergedeelte en het middengedeelte is een verbinding van alle verdiepingen. Een spiltrap loopt hier van de kelder tot aan de zolder en zorgt zo voor de nodige ontsluiting.

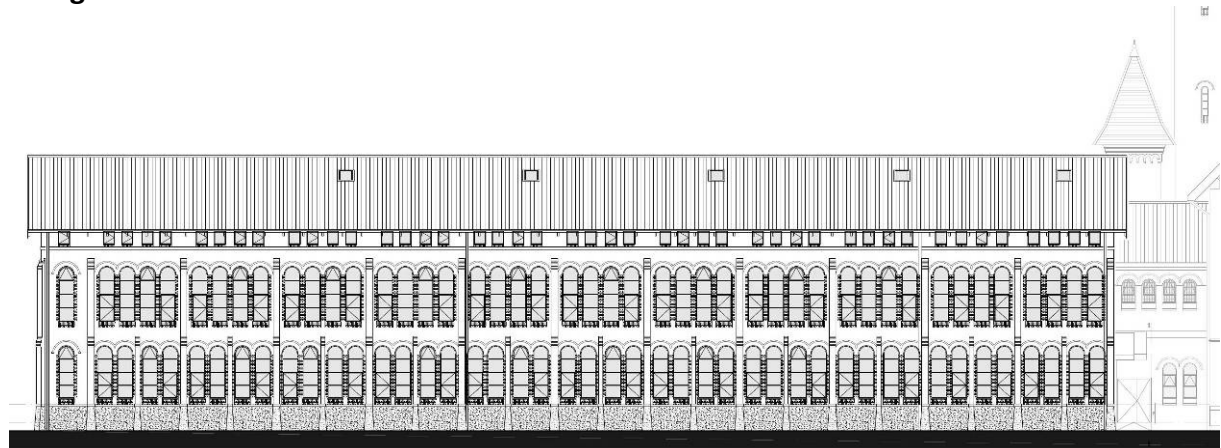
Het middengedeelte breekt vleugel B in tweeën. De architect heeft hier gebruik van gemaakt door het linkergedeelte te verbreden en te verdiepen. In het middelgedeelte verandert ook de verdiepingshoogte. Hoerdoor wordt de kelder onder het middengedeelte verruimt. Ook zijn hierdoor hellingen aangebracht. Deze zijn over de originele trappen heen gelegd. Het lijkt of er rekening is gehouden met de grondwaterstand die aan de voorzijde van het gebouw hoger is dan aan de achterzijde van het gebouw.

Wat het interieur betreft en de afwerking hiervan is het enige noemenswaardige dat de wanden tussen de kolommen ter plaatse van de eetzaal in het linkergedeelte zijn verwijderd.

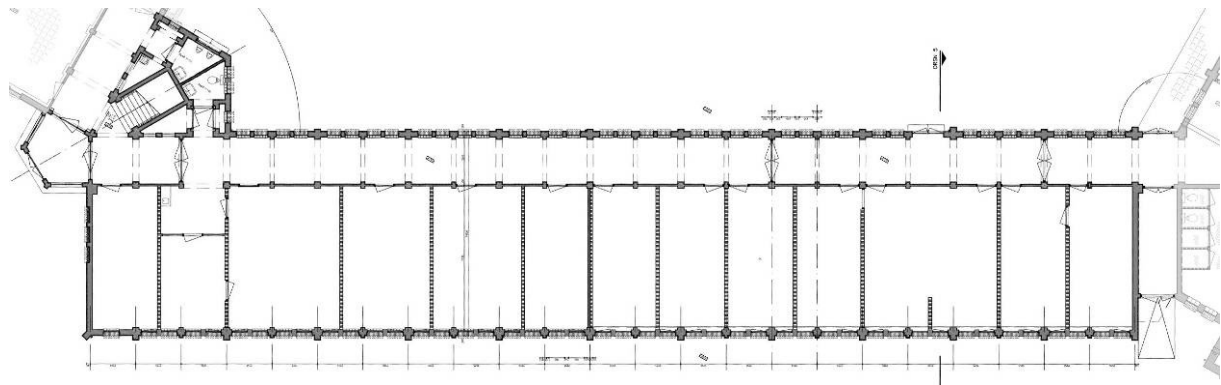


Figuur 11 – doorsneden over vleugel B aan beide kanten van het middengedeelte

Vleugel C



Figuur 12 – buitengevel vleugel C



Figuur 13 – plattegrond vleugel C

Vleugel C sluit aan op vleugel B met een trappenhuis waarop een plat dak ligt. Deze vleugel is ook in 2 delen gebouwd zoals te zien is in figuur 8. De buitenzijde verschilt niet met de andere vleugels behalve de afstand van de vensters, met name op de eerste verdieping. Aan de binnenzijde is er geen wezenlijk verschil met de ander vleugels.

Het enige verschil is dat deze vleugel niet onderkeldert is. De betonnen vloer en de metselwerk wanden liggen en staan op een stampbetonnen fundering.

Monumentale onderdelen

Voor het onderzoek is het belangrijk te op de hoogte te zijn van de monumentale elementen. In bijlage III van het onderzoek zijn plattegronden toegevoegd die met kleuren aangeven welke onderdelen historisch zijn er niet. Hier geldt in grove lijnen dat de gehele buitenzijde, de gangenstructuur, de kelderbak en de betonnen constructie, de spanten en bijna de gehele kapel monumentaal is.

In de gangen liggen originele granito vloeren. Bij de kapel ligt nog origineel tegelwerk wat behouden dient te worden. De trappenhuisen hebben ook een hoge monumentale waarde door het metselwerk in deze ruimten. Dit geldt ook voor de gangen bij de kapel.

Al deze onderdelen zullen op waarde moeten worden geschat bij het onderzoeken van de problemen en het aandragen van oplossingen voor de comfortverbetering in het gebouw. Buiten het gegeven dat er veel delen monumentaal zijn geven de niet monumentale onderdelen genoeg kansen om tot goede oplossingen te komen.

Bronnen

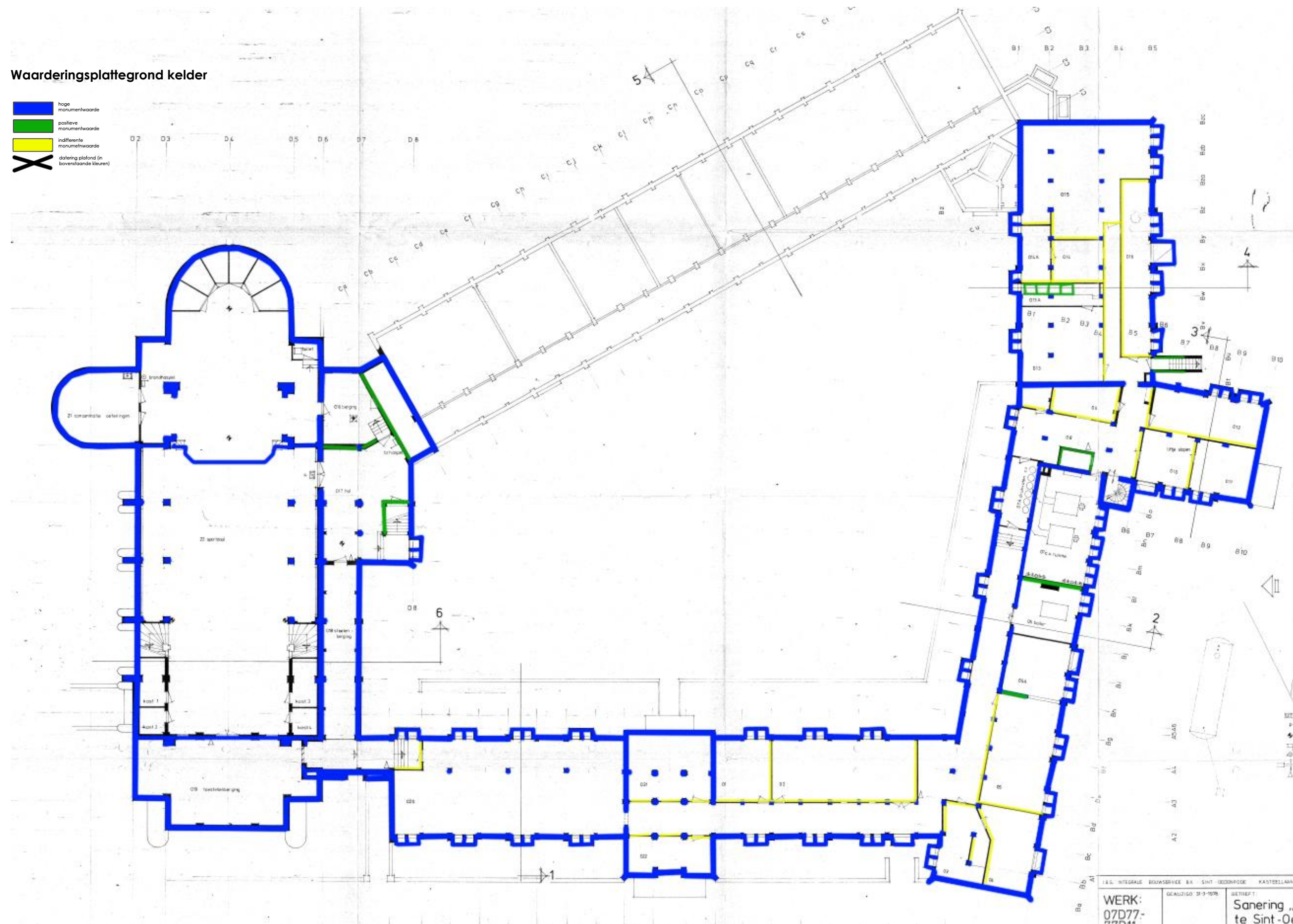
- Bouwstudio PelserHartman, *bouwkundige tekeningen van digitale inmeting*:
 - o *Voorgevel*, 2045-BT-10-01, d.d. 29-09-2010;
 - o *Linker zijgevel*, 2045-BT-10-02, d.d. 29-09-2010;
 - o *Achtergevel*, 2045-BT-10-03, d.d. 29-09-2010;
 - o *Rechter zijgevel*, 2045-BT-10-04, d.d. 29-09-2010;
 - o *Begane grond*, 2045-BT-00-00, d.d. 29-09-2010;
 - o *Doorsnede 1*, 2045-BT-20-01, d.d. 29-09-2010;
- Verhoeven en Leenders B.V., ing. J. van der Aa (2011), *Reserve-capaciteit constructie*;
- Gevelsupport B.V., H. Brocken (2011), *Gevelonderhoud: Inventarisatie conserveren gevelmetselwerk*;
- Damianenorde (1933), *Bestek uit het archief PHH Harten*;
- BAS Research & Technology, ir. B. Hazenberg (2010) *Constructief onderzoek betonvloeren jeugdkliniek*;
- Hylkema Consultants BV, drs. A.K. Koornstra en drs. R.G.M. Pince van der Aa (2010), *Bouwhistorische opname*.

Bijlage III

Hylkema A3-plattegronden met historische waardestelling

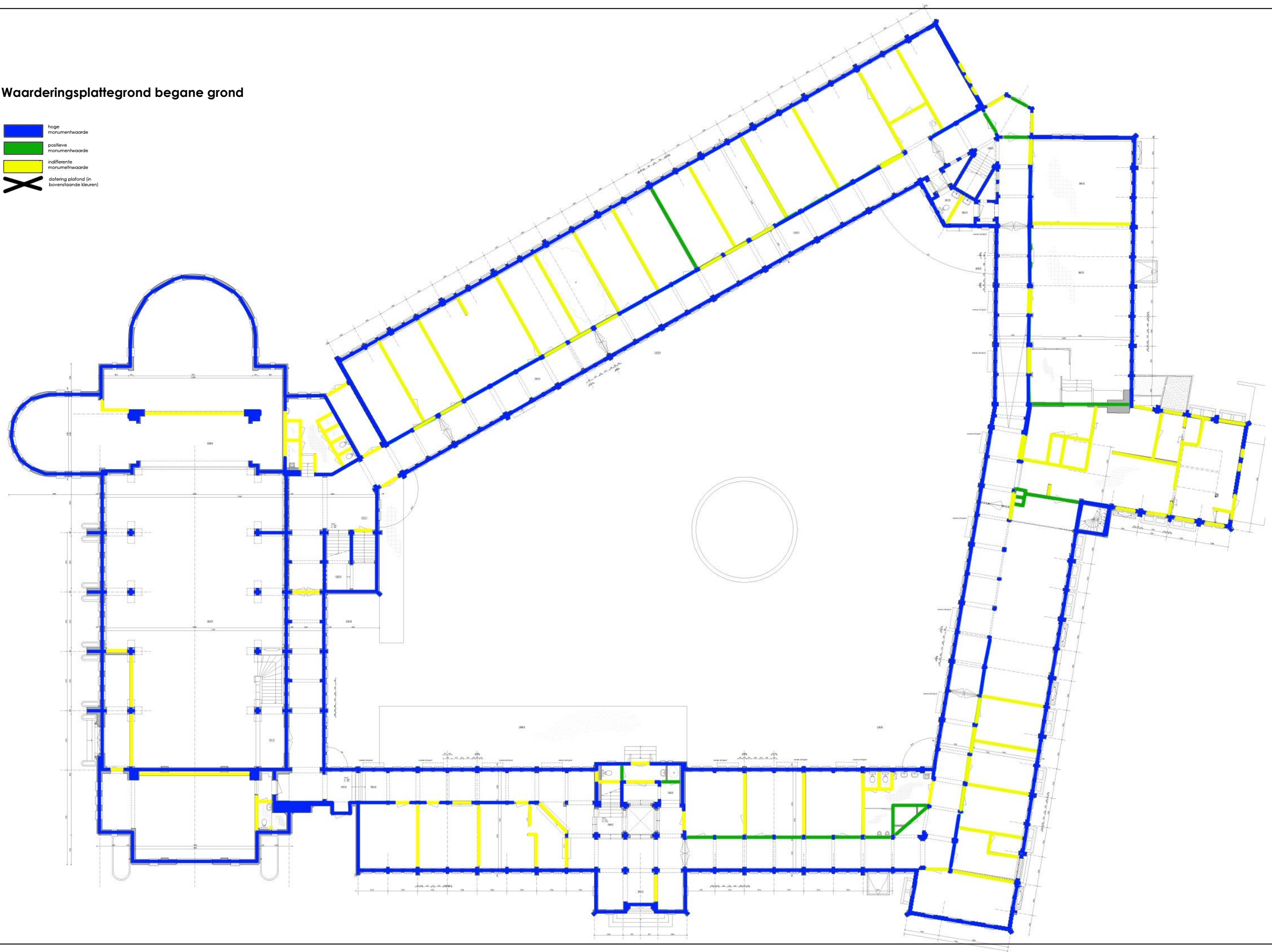
Waarderingsplattegrond kelder

- hoge monumentwaarde
- positieve monumentwaarde
- indifferente monumentwaarde
- datering plafond (in bovenstaande kleuren)



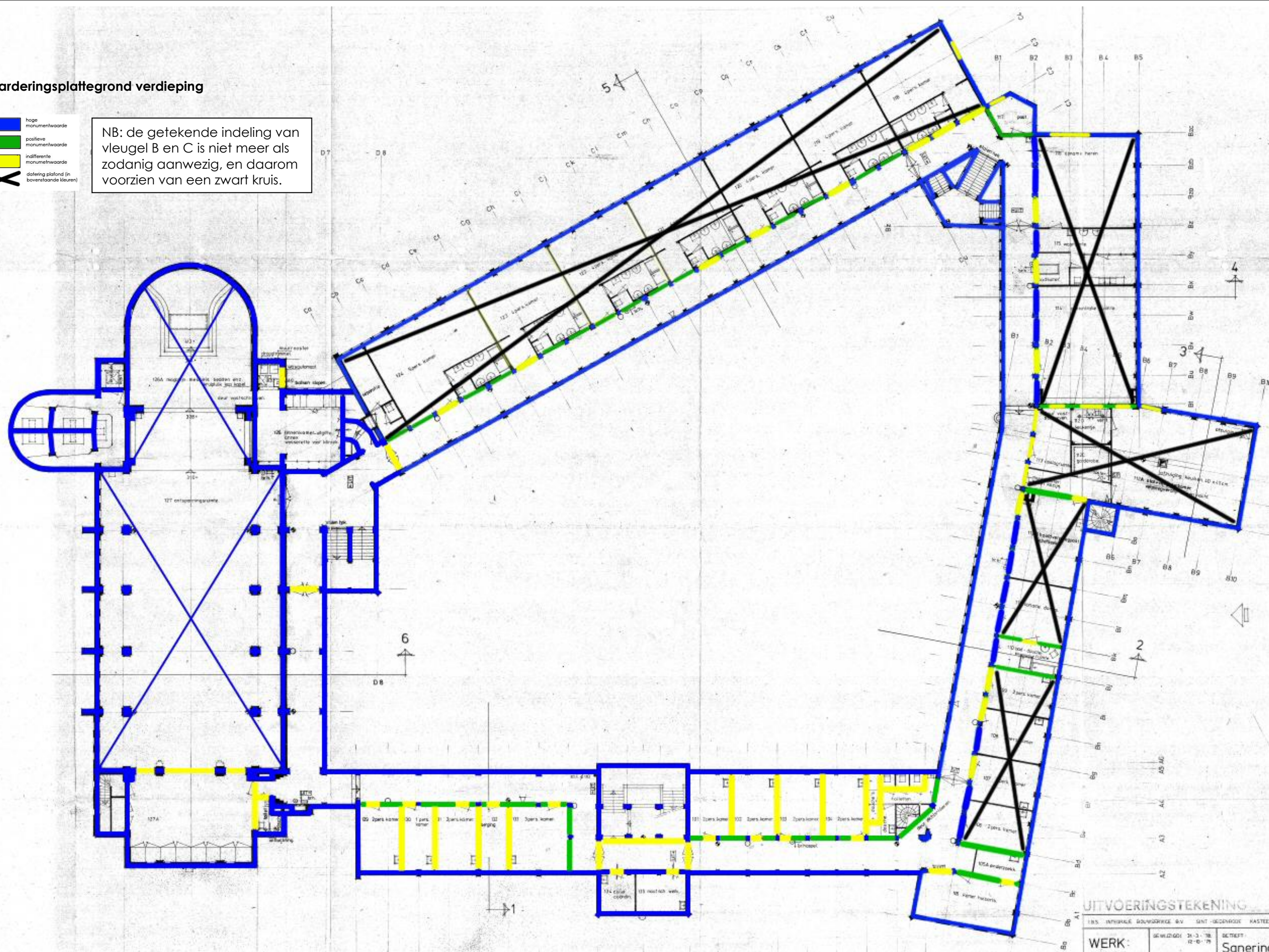
Waarderingsplattegrond begane grond

- hoge monumentwaarde
- positieve monumentwaarde
- indifferente monumentwaarde
- X datering plafond (in bovenstaande kleuren)



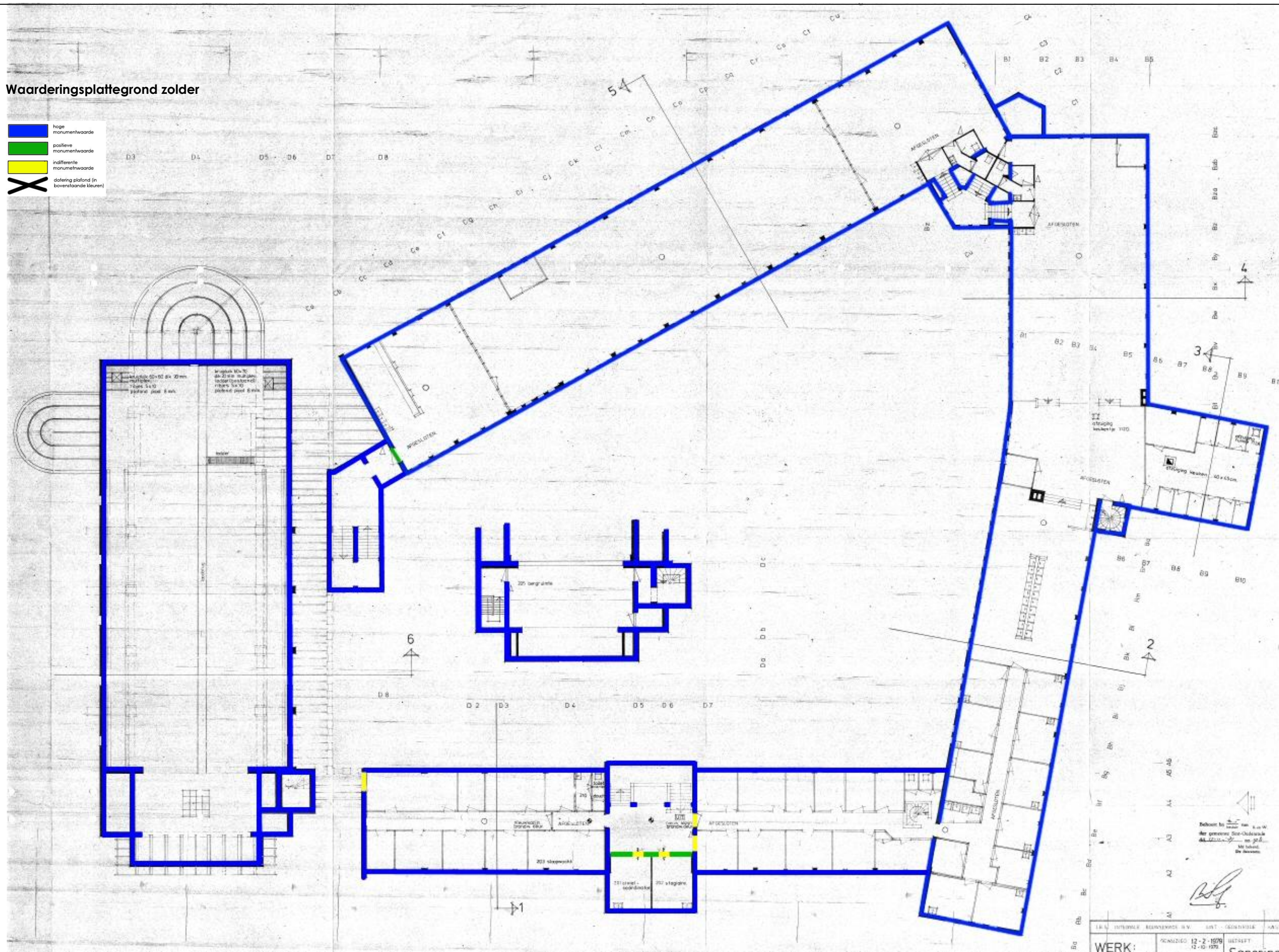
	hoge monumentwaarde
	positieve monumentwaarde
	indifferente monumentwaarde
	datering plafond (in bovenstaande kleuren)

NB: de getekende indeling van vleugel B en C is niet meer als zodanig aanwezig, en daarom voorzien van een zwart kruis.



Waarderingsplattegrond zolder

- hoge monumentwaarde
- positieve monumentwaarde
- indifferente monumentwaarde
- datering plafond (in bovenstaande kleuren)



Bijlage IV

Berekeningen en gegevens naïsolatie

Alle waarden zijn gehaald uit de tabellen van:

Ir. R. Blok (2006) *Tabellen voor de bouw- en waterbouwkundigen*, Theimemeulenhoff

Aangeduid met 'tabellarium'

Berekening 1

Bodemtemperatuur in april in De Bilt op 1m¹ diepte is ca. 7°C¹. Dit uitgangspunt is genomen naar aanleiding van het extreme warme weer halverwege april 2011.

Op 19 april 2011 werd er om 12:30uur een temperatuur van ca 20°C gemeten Eindhoven². Op deze tijd was de relatieve luchtvochtigheid 45%.

De koudste temperatuur gemeten die dag was om 06:30uur en was 2,4°C.

We berekenen de warmteaccumulatie van de betonwand met:

$$Q = \rho \cdot c \cdot d \cdot \Delta T \text{ [J/m}^2\text{]}$$

$$\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 840 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$$

$$d = 0,2\text{m}$$

$$\Delta T = \text{ca. } 6,5\text{K (gem temp. Beton; } (20-7)/2\text{)}$$

$$Q = 2300 \cdot 840 \cdot 0,2 \cdot 6,5 = 3767,4 \cdot 10^3 \text{ J/m}^2$$

Tijd waarin het wordt opgewarmd:

$$\tau = Q_{acc}/q$$

$$Q_{acc} = 3767,4 \cdot 10^3 \text{ J/m}^2$$

$$q = 0 \text{ W/m}^2$$

$$\tau = 3767,4 \cdot 10^3 / 0 = 3767,4 \cdot 10^3 \text{ sec}$$

$$3767,4 \cdot 10^3 / 3600 = 1046 \text{ uur}$$

Door de benodigde tijd is aan te nemen dat de temperatuur van de wand gelijk aan de grondtemperatuur blijft. Dit wordt versterkt wanneer de kelder buiten de isolatieschil komt te liggen. Hiervan uitgaand is het mogelijk te berekenen of er vocht zal ontstaan aan de binnenzijde van de kelderwand bij toevoeging van warme buitenlucht door de koekoeks.

Buiten:

$$\phi = 45\%$$

$$\text{Temperatuur} = 20^\circ\text{C}$$

$$P_{\max} = 2340 \text{ Pa.}$$

$$P_{\text{aanw}} = 1053 \text{ Pa.}$$

Binnen:

$$\text{Temperatuur} = 7^\circ\text{C}$$

$$P_{\max} = 1002 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{aanw}} \text{ buiten} > P_{\max} \text{ binnen} = \text{condensatie}$$

Opgemerkt dient te worden dat er geen gegevens zijn van de energie die wordt onttrokken door de koude grond alsmede de energie die uitgaat van de warme lucht die binnen komt.

¹ KNMI, P.C.T. van de Hoeven en W.N. Lablans (1992), (WR92-05) *Grondtemperaturen*

² Buienradar B.V., <http://www.buienradar.nl/weergrafiek.aspx?soort=rh&stationcode=6269&stationnaam=&naam=Luchtvochtigheid&extensie=procenten>, d.d. 23-04-2011

Tabel isolatiematerialen

	Geleiding W/m·K	Dikte (mm) bij $R_d \geq 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{W/K}$ (mm)	Dampdiffusie- waarde (λ)	brandklasse ³	Ecokosten per €/m ^{3,4}
Glaswol	0,045	112,5	~1,2	A2	59
Steenwol	0,045	112,5	1-1,3 ⁵	A1	86
Schuimglas	0,038	95	8	A1	43
EPS (polystyreen)	0,035	87,5	15-200	A1	40-50 ⁶
XPS (polystyreen)	0,035	87,5	250	A1	40-50 ⁷
PUR (polyurethaan)	0,027	75	60-80	B	44
PIR (polyisocynuraat)	0,023	57,5	60	B	44
Houtwol composiet	0,080	200	4-10	B	95

³ Materialen worden ingedeeld in brandklasse A1 (niet brandbaar), A2 (practisch niet brandbaar), B (heel moeilijk brandbaar), C (brandbaar), D (goed brandbaar) en E (zeer brandbaar).

⁴ Roel Tersteeg (2009), Verbetering door isolate – Na-isolatie aan de binnenzijde van bestaande woningen, TUDelft en Geowetenschappen Stadgenoot vastgoedbedrijf bv

⁵ Laboratoriumwaarde die beter niet in de praktijk gebruikt kan worden.

⁶ Niet bekend, vergelijkbaar met PIR en PUR

⁷ Niet bekend, vergelijkbaar met PIR en PUR

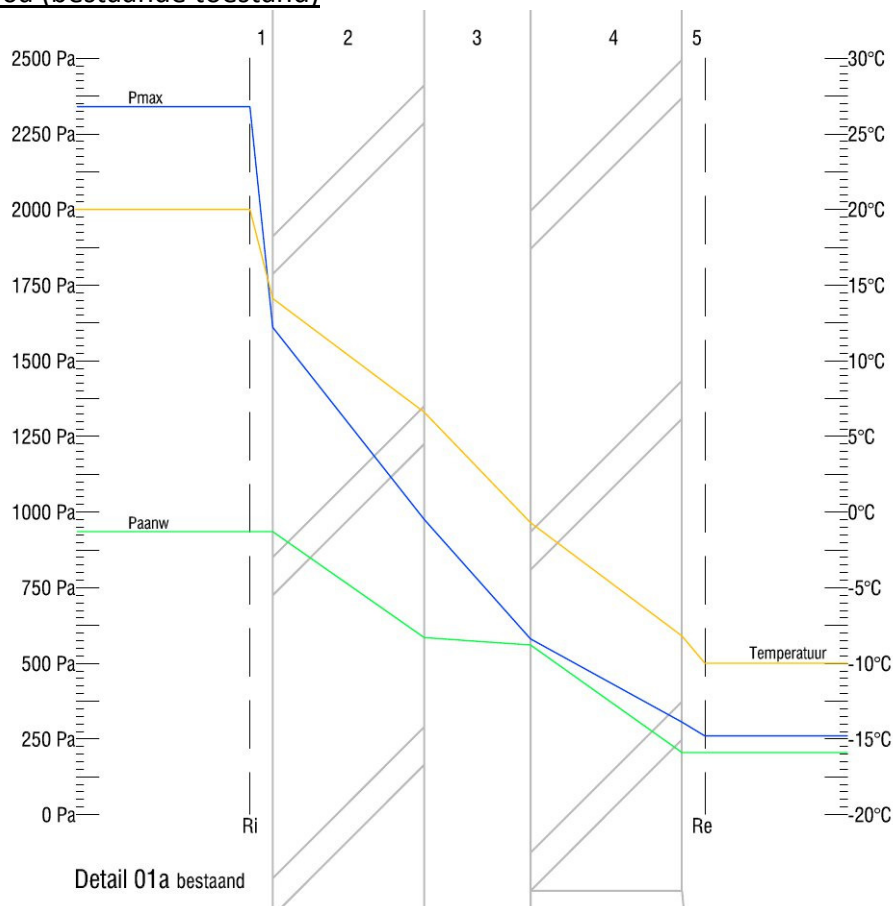
Bijlage V

Berekeningen probleemgebied 1

Alle waarden zijn gehaald uit de tabellen van:

Ir. R. Blok (2006) *Tabellen voor de bouw- en waterbouwkundigen*, Theimemeulenhoff

Aangeduid met 'tabellarium'

Berekening 0a (bestaande toestand)

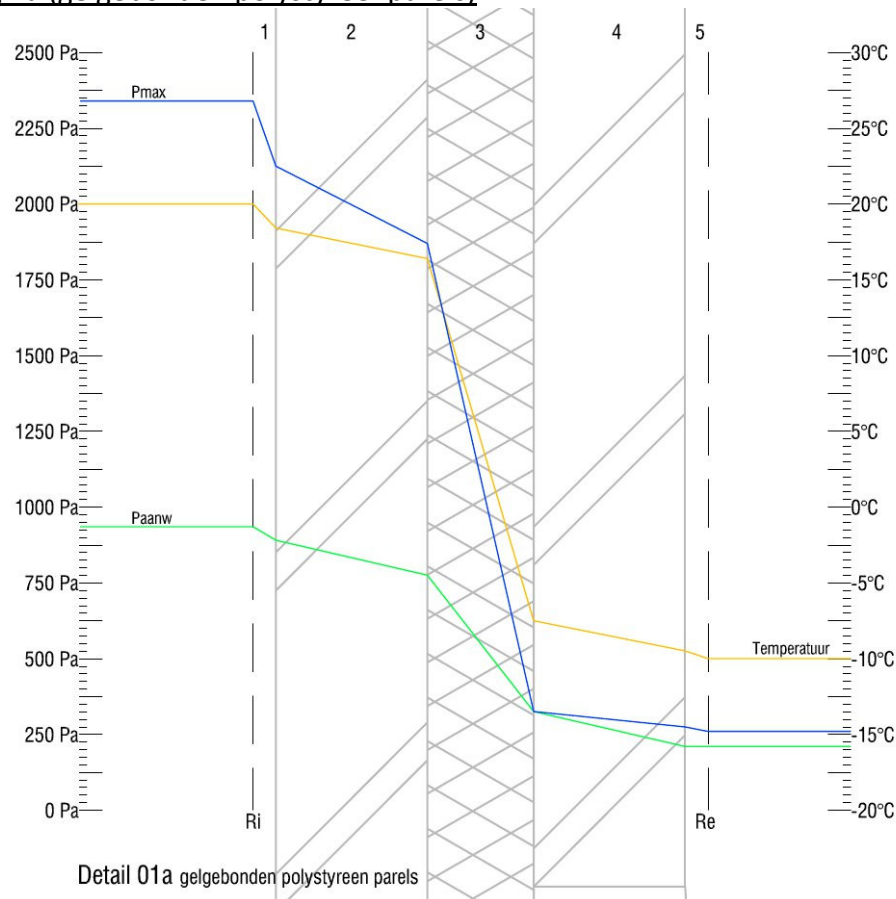
Rc-Waarden					
	d	λ	$R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	= ΔT_n [°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	1,81	-8,19
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	7,54	-0,65
3 spouw vert. gevent.	0,0700	-	0,160	7,24	6,58
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	7,54	14,12
5 Ri			0,130	5,88	20,00
lucht binnen					20
totaal			0,663		30

	pmax	μ	μn·dn	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	pn
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	304				208
2	579	9	0,9000	350,3743	558
3	974	1	0,0700	27,2513	586
4	1611	9	0,9000	350,3743	936
5	2340				936
			1,8700		728

Ti (°C)= 20
 φi (%)= 40
 Te (°C)= -10
 φe (%)= 80

berekening 0a

bestaande toestand metselwerk

Berekening 1a (gelgebonden polystyreenparels)

	d	λ	Rc-Waarden $R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,48	-9,52
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,00	-7,52
3 polystyreen parels	0,0700	0,035	2,000	23,97	16,44
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,00	18,44
5 Ri			0,130	1,56	20,00
lucht binnen					20
totaal			2,503		30

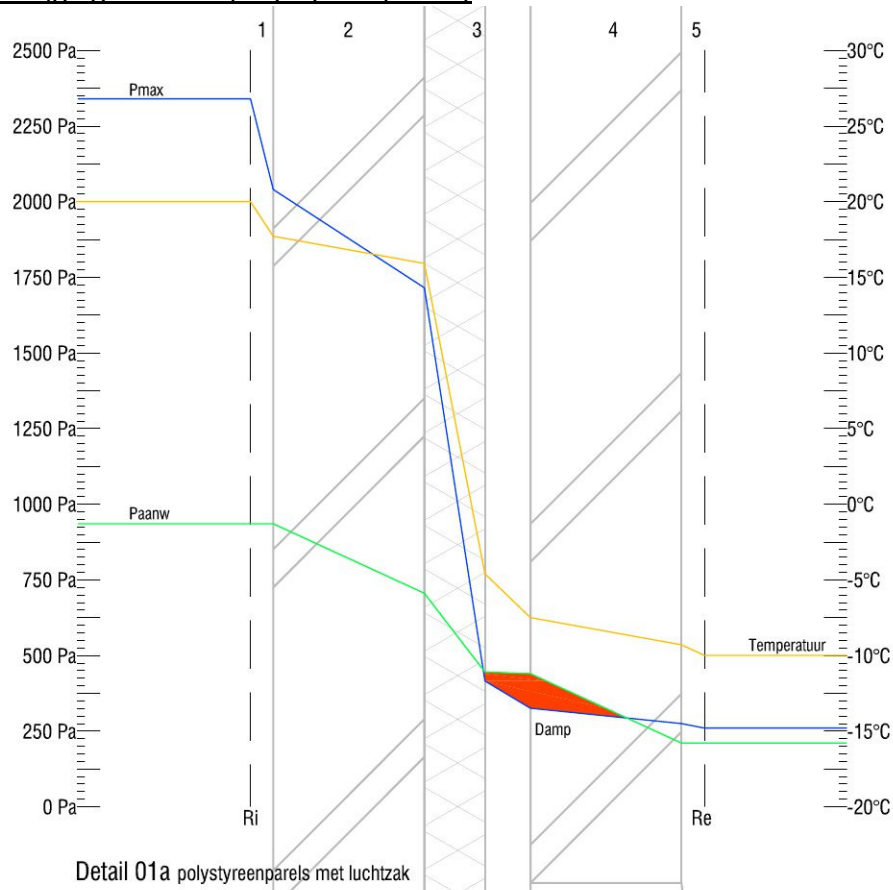
	pmax	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p _n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	273				208
2	327	9	0,9000	116,3766	324
3	1870	50	3,5000	452,5755	777
4	2123	9	0,9000	116,3766	893
5	2340				936
			5,3000		728

T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 1a

gelgebonden polystyreen parels in metselwerk

De isolatiewaarde is volgens de materiaalwaarden uit het tabellarium van polystyreenschuim (geëxpandeerd). Dampdiffusiewaarde is de hoogst aangegeven waarde volgens het tabellarium. Berekening is gemaakt t.p.v. het metselwerk.

Berekening 2a (gelgebonden polystyreenparels)

Rc-Waarden					
	d	λ	$R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	T_n
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,72	-9,28
2 baksteen	0,1000	1	0,100	1,79	-7,49
3 luchtzak	0,0300	-	0,160	2,87	-4,62
4 polystyreen parels	0,0400	0,035	1,143	20,50	15,88
5 baksteen	0,1000	1	0,100	1,79	17,67
6 Ri			0,130	2,33	20,00
lucht binnen					20
totaal			1,673		30

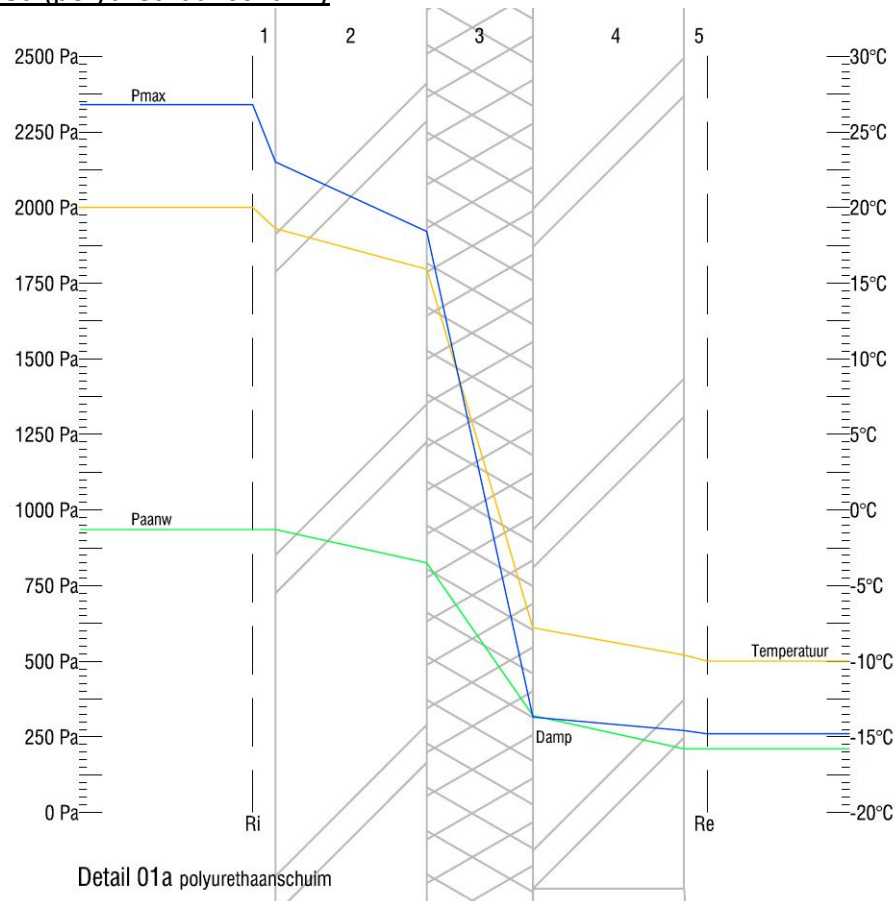
	p_{max}	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p_n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	276				208
2	327	13	1,3000	204,4060	412
3	415	1	0,0300	4,7171	417
4	1714	50	2,0000	314,4708	732
5	2038	13	1,3000	204,4060	936
6	2340				936
			4,6300		728

T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 2a

gelgebonden polystyreen parels met
luchtzak in metselwerk

Luchtzak als gevolg van zakken door slecht mengsel van parels met gel. Dampdiffusiewaarde metselwerk volgens waarde 'gevelklinkers, hardgrauw' en isolatie omlaag (harde, dichte steen). Berekening is gemaakt t.p.v. het metselwerk.

Berekening 3a (polyurethaanschuim)

Rc-Waarden					
	d	λ	$R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	= ΔT_n [°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,42	-9,58
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	1,76	-7,81
3 polyurethaan	0,0700	0,03	2,333	24,68	16,86
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	1,76	18,63
5 Ri			0,130	1,37	20,00
lucht binnen					20
totaal			2,837		30

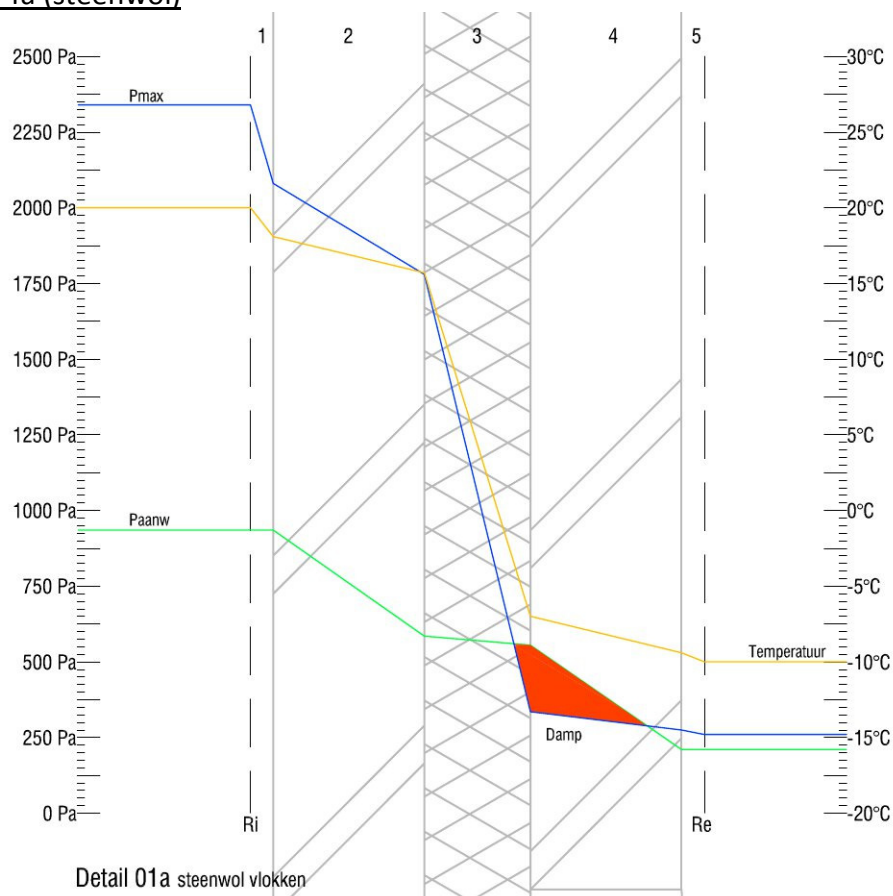
	p _{max}	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p _n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	269				208
2	315	9	0,9000	109,2000	317
3	1921	60	4,2000	509,6000	827
4	2147	9	0,9000	109,2000	936
5	2340				936
			6,0000		728

T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 3a

polyurethaanschuim in metselwerk

Isolatiewaarde is volgens de materiaalwaarden uit het tabellarium van polyurethaanschuim (geëxtrudeerd). Dampdiffusiewaarde is de laagst aangegeven waarde. Berekening is gemaakt t.p.v. het metselwerk.

Berekening 4a (steenwol)

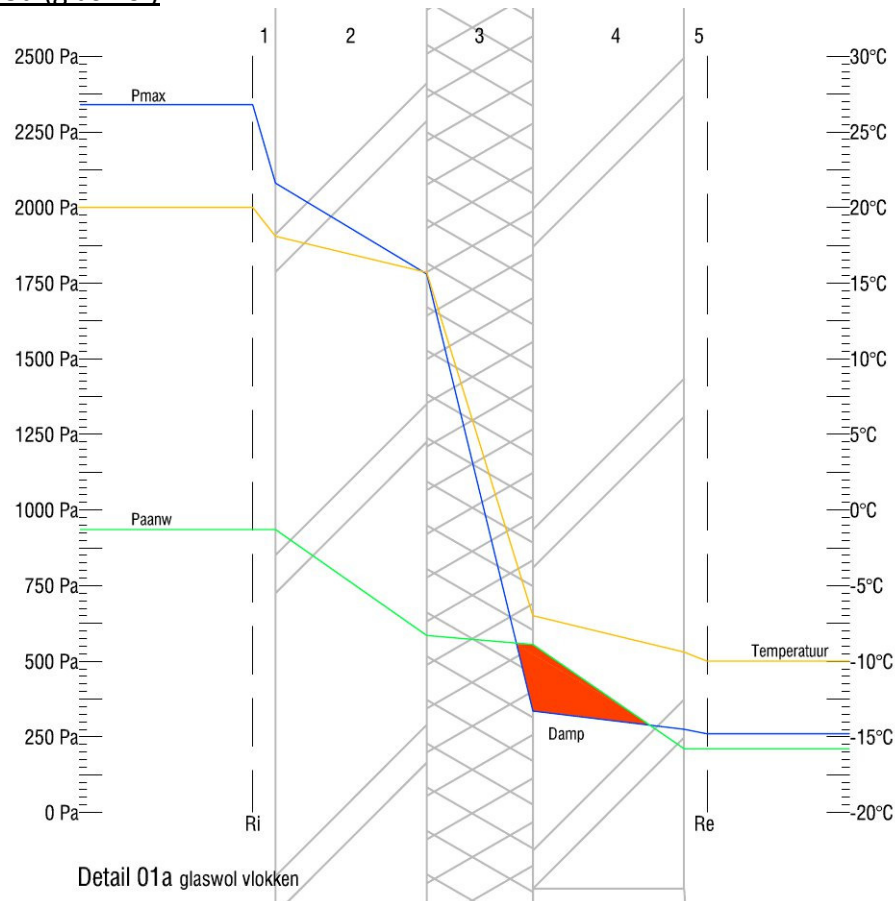
	d	λ	Rc-Waarden $R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,58	-9,42
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,43	-6,99
3 steenwol vlokken	0,0700	0,045	1,556	22,67	15,68
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,43	18,11
5 Ri			0,130	1,89	20,00
lucht binnen					20
totaal			2,059		30

	pmax	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p _n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	273				208
2	337	9	0,9000	350,3743	558
3	1781	1	0,0700	27,2513	586
4	2078	9	0,9000	350,3743	936
5	2340				936
			1,8700		728

T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 4a
steenwol in metselwerk

Isolatiewaarde is volgens <http://www.rockwool.nl/files/RW-BNL/documents/pdf/NL/brochures/Renovatie.pdf> d.d.29-04-2011. Dampdiffusiewaarde aanname, ongunstig t.o.v. tabellarium, tabellarium is indicatief. Berekening is gemaakt t.p.v. het metselwerk.

Berekening 5a (glaswol)

	d	λ	Rc-Waarden R_n=(d / λ)	(R_n/R₁) · ΔT =ΔT_n	T_n
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,58	-9,42
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,43	-6,99
3 glaswol vlokken	0,0700	0,045	1,556	22,67	15,68
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,43	18,11
5 Ri			0,130	1,89	20,00
lucht binnen					20
totaal			2,059		30

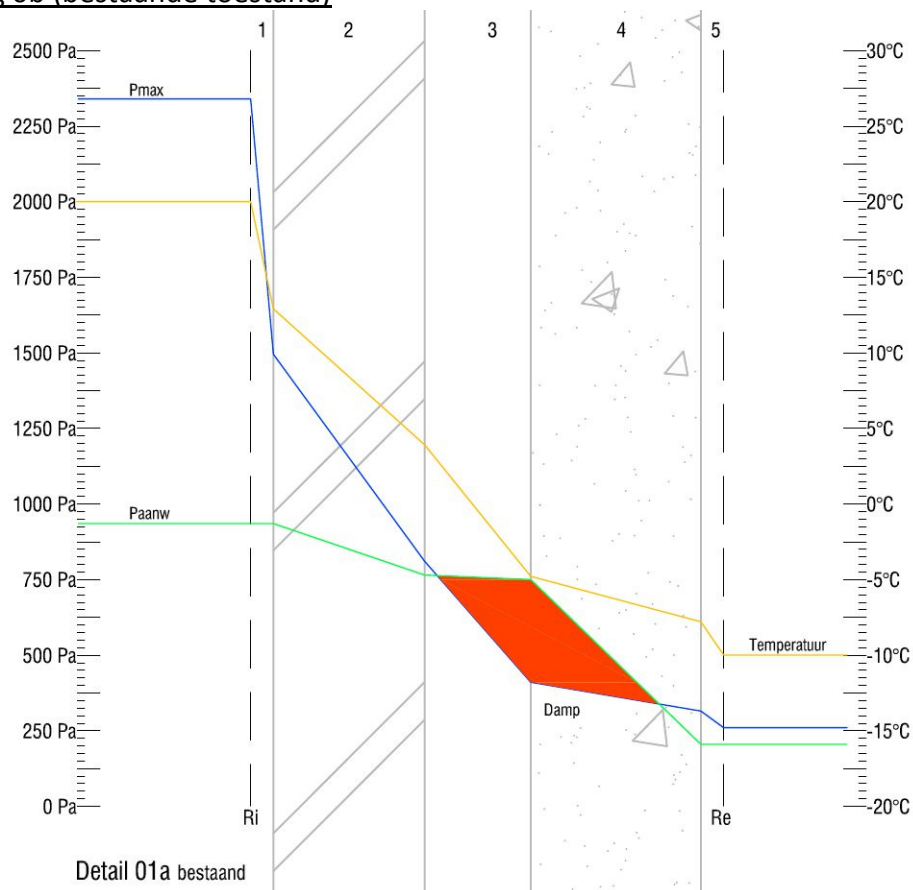
	p_{max}	μ	μ_n · d_n	Δp_n=Δp · (μ_n · d_n) / (μ_{tot} · d_{tot})	p_n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	273				208
2	337	9	0,9000	347,7707	556
3	1781	1,2	0,0840	32,4586	588
4	2078	9	0,9000	347,7707	936
5	2340				936
			1,8840		728

T_i (°C)= 20
 φ_i (%)= 40
 T_e (°C)= -10
 φ_e (%)= 80

berekening 5a

glaswol in metselwerk

Isolatie- en dampdiffusie waarde is volgens <http://www.isover.nl/producten/renovatie-en-na-isolatie/spouwmuur/spouwwool/> d.d. 29-04-2011. Berekening is gemaakt t.p.v. het metselwerk.

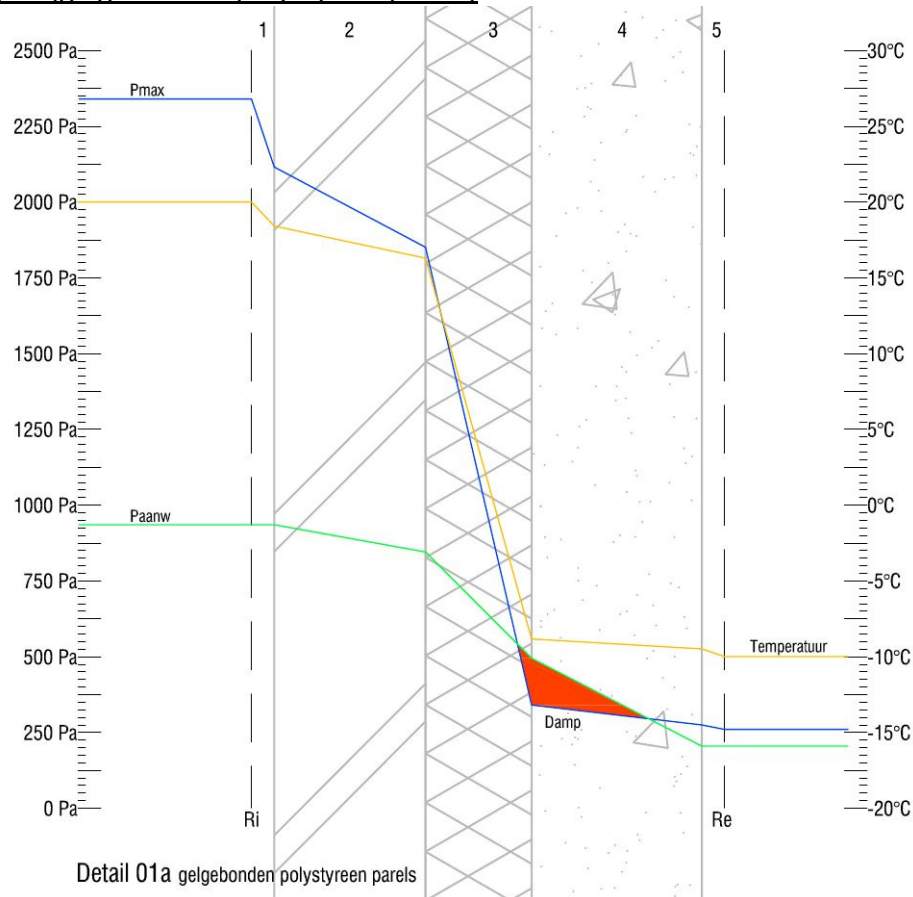
Berekening Ob (bestaande toestand)

Rc-Waarden					
	d	λ	$R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	2,17	-7,83
2 beton	0,1125	2	0,056	3,05	-4,78
3 spouw vert. gevent.	0,0700	-	0,160	8,68	3,90
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	9,04	12,95
5 Ri			0,130	7,05	20,00
lucht binnen					20
totaal			0,553		30

	p_{max}	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p_n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	314				208
2	409	25	2,8125	541,3087	749
3	808	1	0,0700	13,4726	763
4	1493	9	0,9000	173,2188	936
5	2340				936
			3,7825		728

T_i (°C)= 20
 φ_i (%)= 40
 T_e (°C)= -10
 φ_e (%)= 80

berekening Ob
bestaande toestand beton

Berekening 1b (gelgebonden polystyreenparels)

	d	λ	Rc-Waarden		Tn
	[m]	[W/m·K]	Rn=(d / λ)	(Rn/R1)·ΔT	[°C]
			[m²·K/W]	=ΔTn [°C]	
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,50	-9,50
2 beton	0,1125	2	0,056	0,71	-8,79
3 polystyreen parels	0,0700	0,035	2,000	25,07	16,28
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,09	18,37
5 Ri			0,130	1,63	20,00
lucht binnen					20
totaal			2,393		30

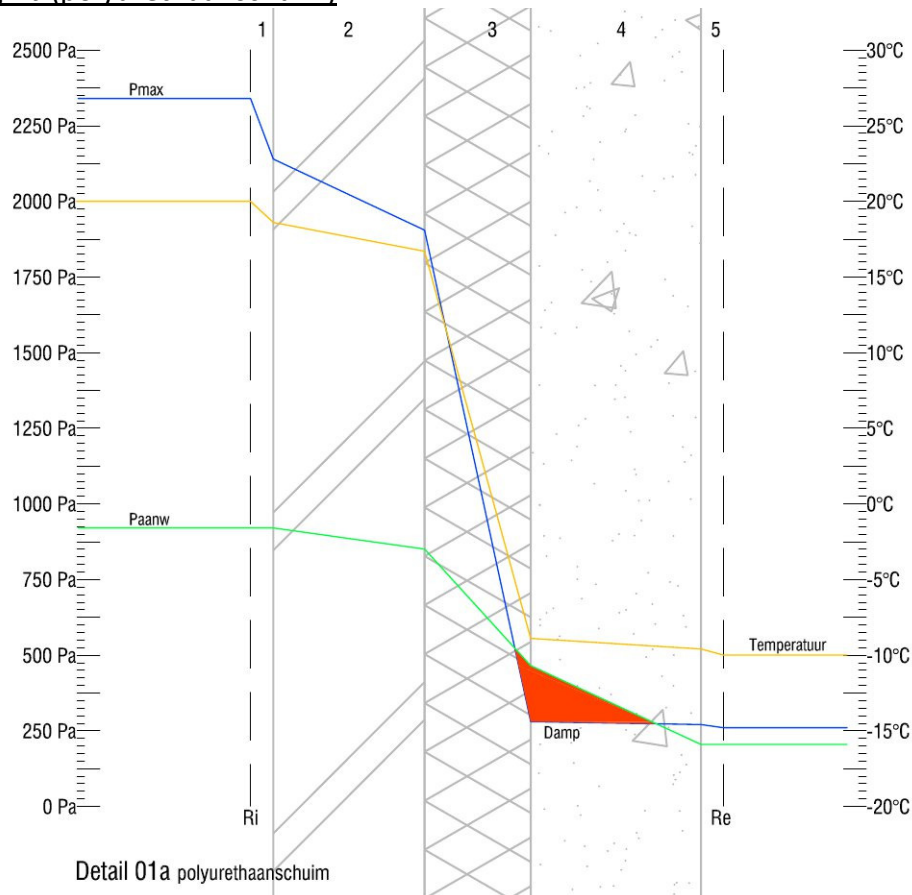
	pmax	μ	μn·dn	Δpn=Δp·(μn·dn)	pn
	[Pa]	[μ]	[m]	/ (μtot·dtot) [Pa]	[Pa]
	260				208
1	273				208
2	315	25	2,8125	283,8821	492
3	1852	50	3,5000	353,2756	845
4	2114	9	0,9000	90,8423	936
5	2340				936
			7,2125		728

Ti (°C)= 20
 φi (%)= 40
 Te (°C)= -10
 φe (%)= 80

berekening 1b

gelgebonden polystyreen parels in beton

De isolatiewaarde is volgens de materiaalwaarden uit het tabellarium van polystyreenschuim (geëxpandeerd). Dampdiffusiewaarde is de hoogst aangegeven waarde volgens het tabellarium. Berekening is gemaakt t.p.v. het beton (gemiddelde dikte van 112,5mm)

Berekening 2b (polyurethaanschuim)

	d	λ	Rc-Waarden $R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,44	-9,56
2 beton	0,1125	2	0,056	0,62	-8,94
3 polyurethaan	0,0700	0,03	2,333	25,68	16,74
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	1,83	18,57
5 Ri			0,130	1,43	20,00
lucht binnen					20
totaal			2,726		30

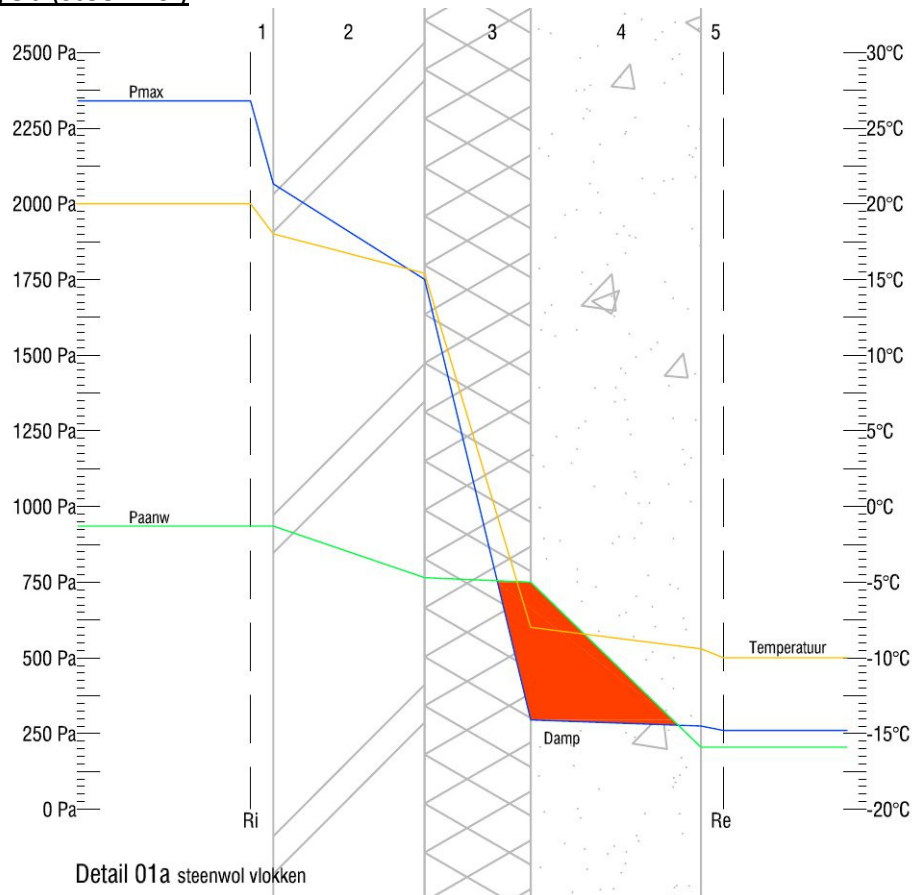
	p _{max}	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p _n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	271				208
2	284	25	2,8125	258,7678	467
3	1907	60	4,2000	386,4265	853
4	2140	9	0,9000	82,8057	936
5	2340				936
			7,9125		728

T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 2b

polyurethaanschuim in beton

Isolatiewaarde is volgens de materiaalwaarden uit het tabellarium van polyurethaanschuim (geëxtrudeerd). Dampdiffusiewaarde is de laagst aangegeven waarde. Berekening is gemaakt t.p.v. het beton (gemiddelde dikte van 112,5mm).

Berekening 3b (steenwol)

	d	λ	Rc-Waarden $R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,62	-9,38
2 beton	0,1125	2	0,056	0,87	-8,52
3 steenwol vlokken	0,0700	0,045	1,556	23,95	15,43
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,57	18,00
5 Ri			0,130	2,00	20,00
lucht binnen					20
totaal			1,948		30

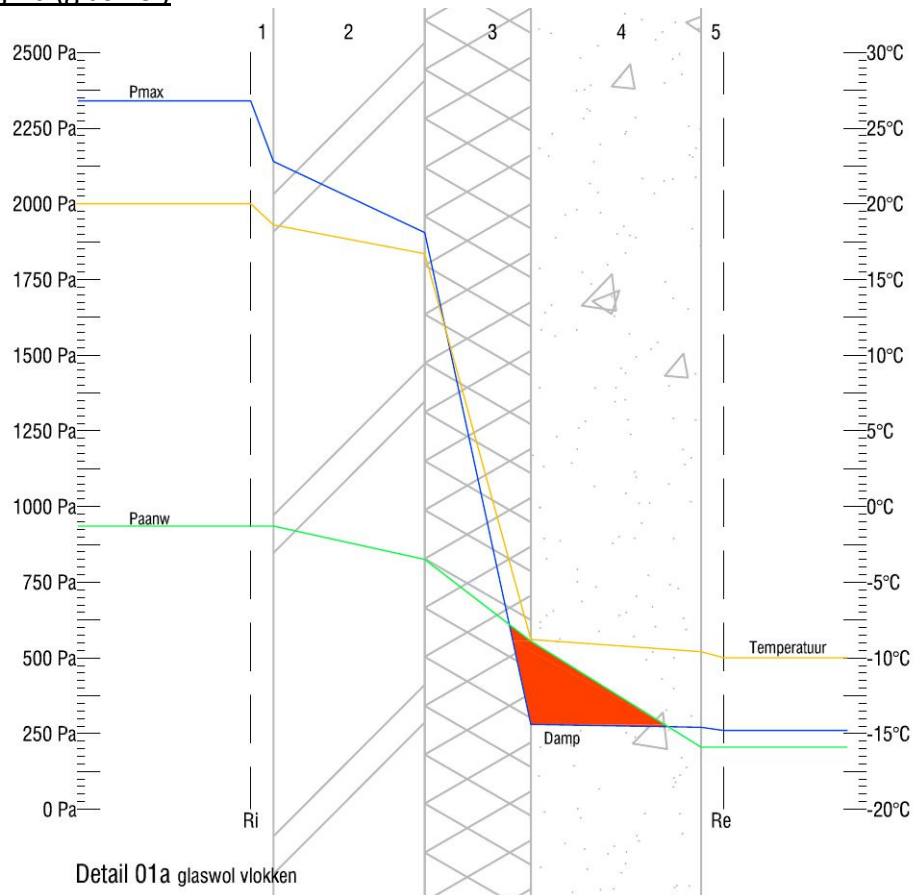
	p _{max}	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p _n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	273				208
2	296	25	2,8125	541,3087	749
3	1753	1	0,0700	13,4726	763
4	2065	9	0,9000	173,2188	936
5	2340				936
			3,7825		728

T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 3b

steenwol vlokken in beton

Isolatiewaarde is volgens <http://www.rockwool.nl/files/RW-BNL/documents/pdf/NL/brochures/Renovatie.pdf> d.d.29-04-2011. Dampdiffusiewaarde aanname, ongunstig t.o.v. tabellarium, tabellarium is indicatief. Berekening is gemaakt t.p.v. het beton (gemiddelde dikte van 112,5mm).

Berekening 4b (glaswol)

	d	λ	Rc-Waarden $R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	T_n
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,62	-9,38
2 beton	0,1125	2	0,056	0,87	-8,52
3 glaswol vlokken	0,0700	0,045	1,556	23,95	15,43
4 baksteen	0,1000	0,6	0,167	2,57	18,00
5 Ri			0,130	2,00	20,00
lucht binnen					20
totaal			1,948		30

	p_{max}	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p_n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	273				208
2	296	25	2,8125	539,3125	747
3	1753	1,2	0,0840	16,1075	763
4	2065	9	0,9000	172,5800	936
5	2340				936
			3,7965		728

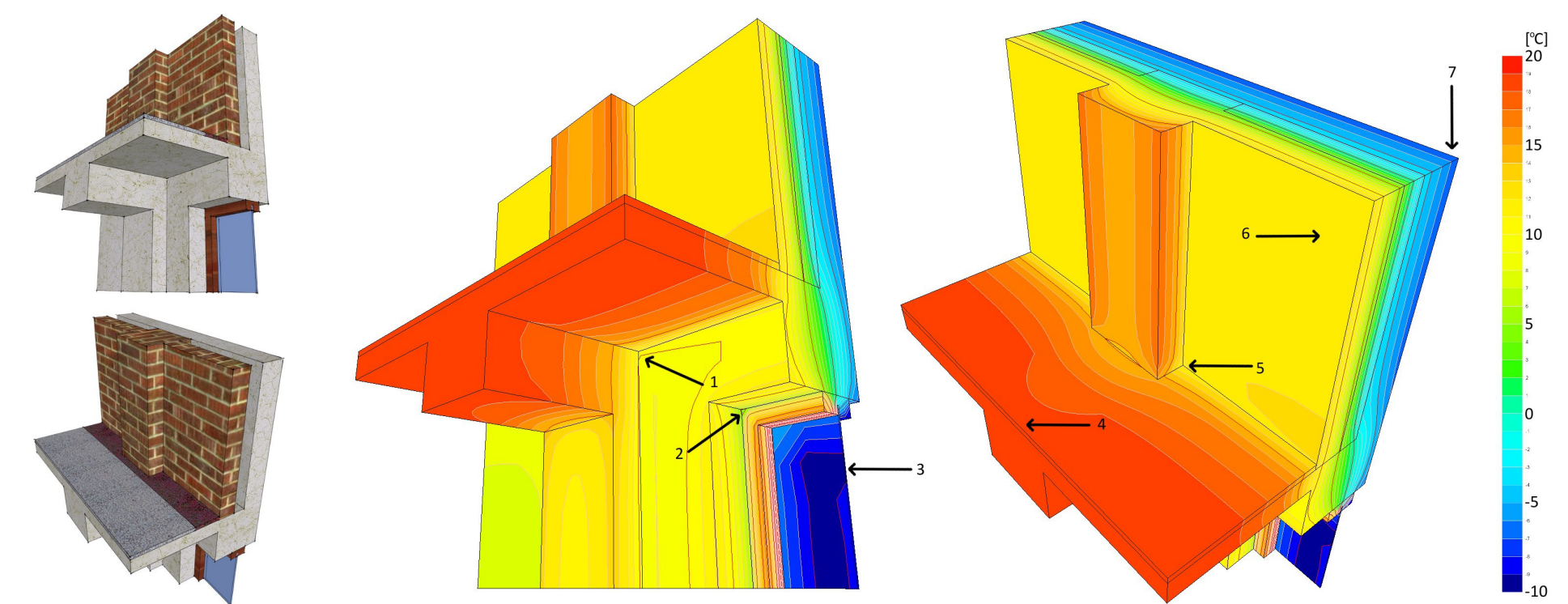
T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 4b

glaswol vlokken in beton

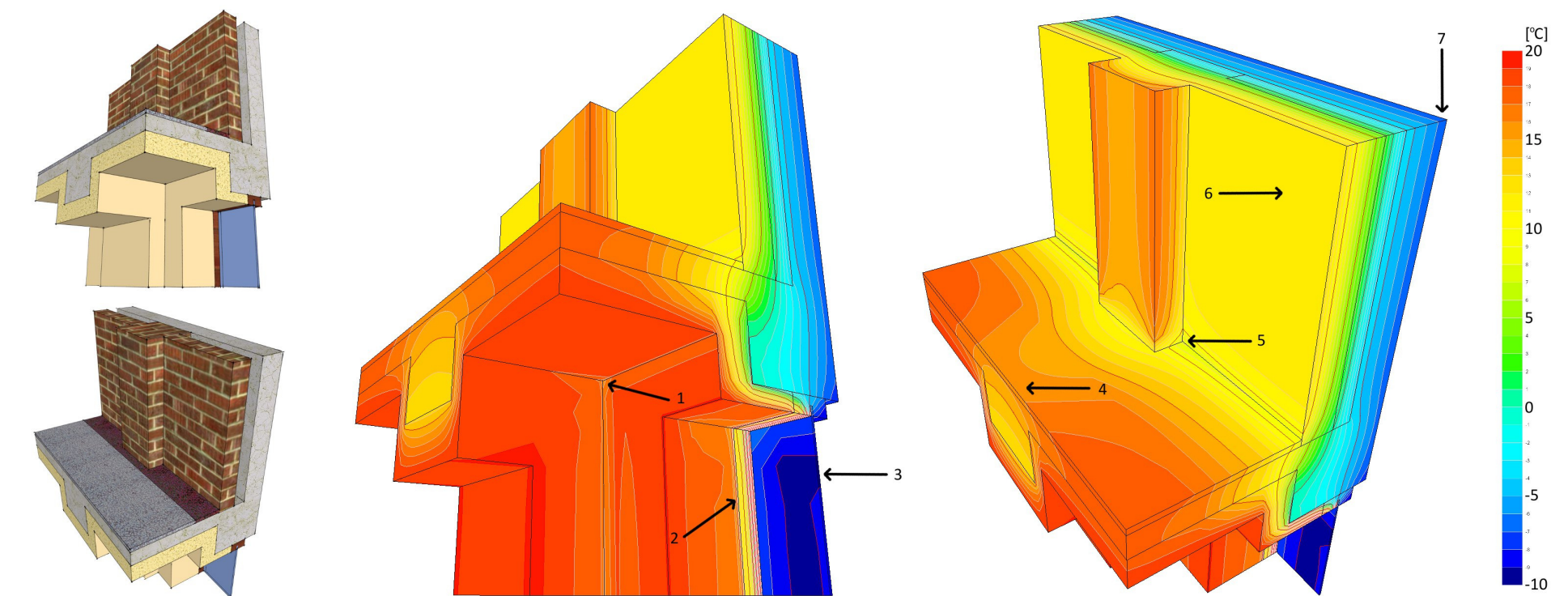
Isolatie- en dampdiffusie waarde is volgens <http://www.isover.nl/producten/renovatie-en-na-isolatie/spouwmuur/spouwwol/> d.d. 29-04-2011. Berekening is gemaakt t.p.v. het beton (gemiddelde dikte van 112,5mm).

Berekening 6 (koudebrug, bestand)



Ongeïsoleerde spouw met houten kozijn en enkelglas

Berekening 7 (koudebrug, geïsoleerde vloer)

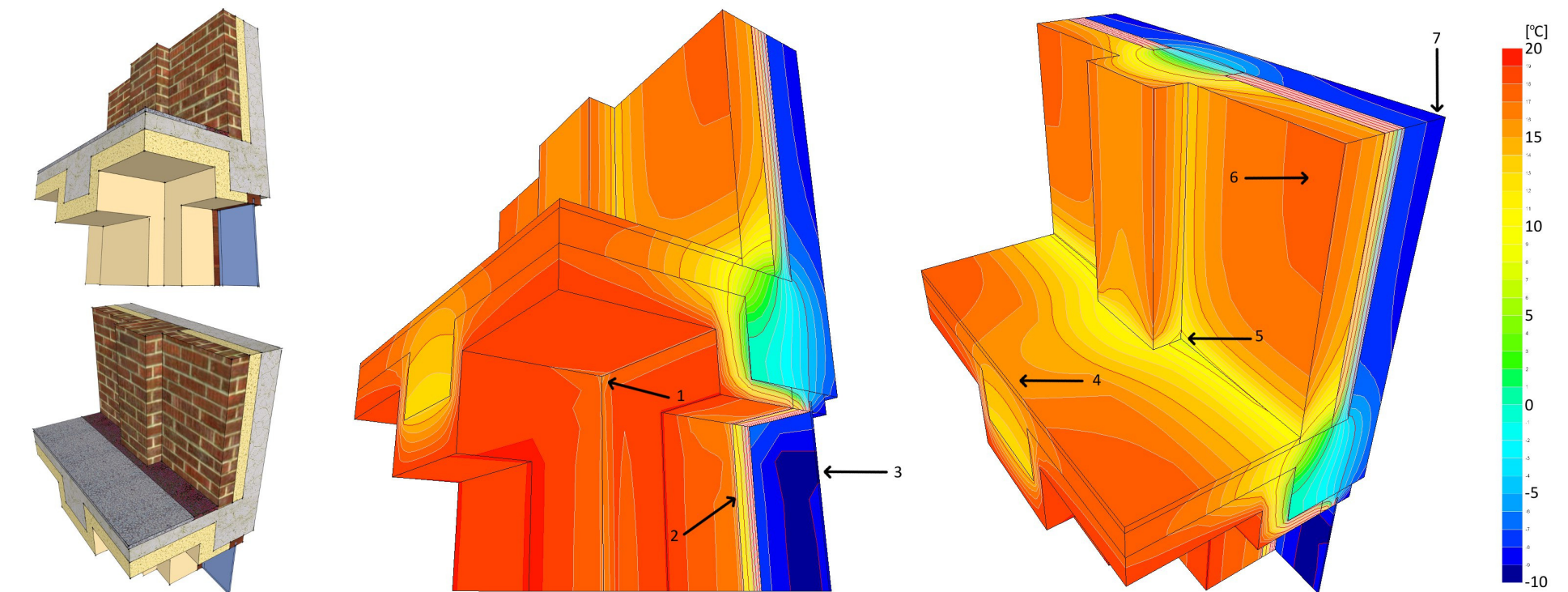


Materiaal	λ [W/m·K]	t [°C]	h [W/m²·K]
R _{si}		20.0	7.7
Metselwerk	0.600		
Spouw (70mm)	0.500		
Beton	2.000		
Isolatie	0.034		
Hout	0.170		
Glas	0.800		
Granito	2.000		
R _{se}		-10.0	25.0

Ongeïsoleerde spouw met houten kozijn, enkelglas en een geïsoleerde vloer (onderzijde)

Locatie [nummer]	t (ber 7) [°C]	Δt (t.o.v. 6) [°C]
1	15	+6
2	13	+9
3	-10	0
4	15	-5
5	7	-2
6	10	0
7	-7	0
-	-	-
-	-	-

Berekening 8 (koudebrug, geïsoleerde vloer en spouw)

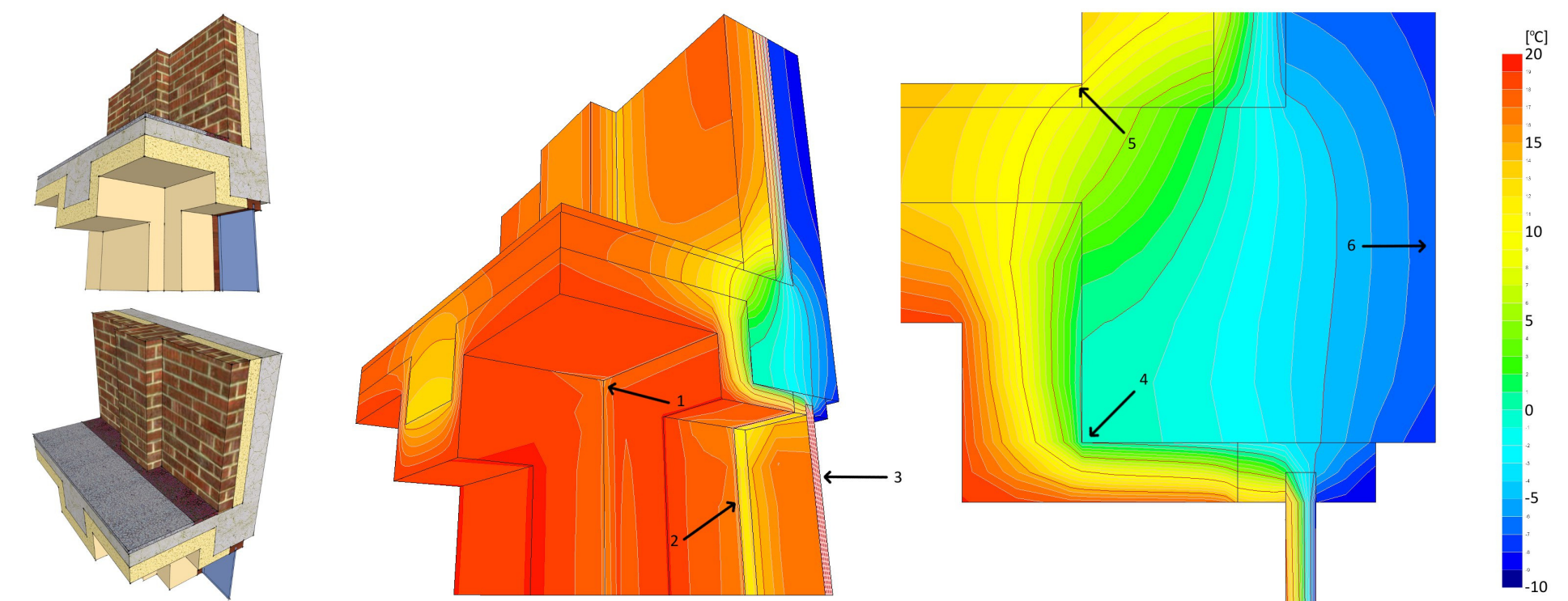


Materiaal	λ [W/m·K]	t [°C]	h [W/m²·K]
R _{si}		20.0	7.7
Metselwerk	0.600		
Spouw (70mm)	0.500		
Beton	2.000		
Isolatie	0.034		
Hout	0.170		
Glas	0.800		
Granito	2.000		
R _{se}		-10.0	25.0

Geïsoleerde spouw met houten kozijn, enkelglas en een geïsoleerde vloer (onderzijde)

Locatie [nummer]	t (ber 8) [°C]	Δt (t.o.v. 6) [°C]	Δt (t.o.v. 7) [°C]
1	15	+6	0
2	13	+9	0
3	-10	0	0
4	15	-5	0
5	7	-2	0
6	17	+7	+7
7	-9	-2	-2
-	-	-	-
-	-	-	-

Berekening 9 (koudebrug, geïsoleerde vloer en spouw)



Materiaal	λ [W/m·K]	t [°C]	h [W/m²·K]
R _{si}		20.0	7.7
Metselwerk	0.600		
Spouw (70mm)	0.500		
Beton	2.000		
Isolatie	0.034		
Hout	0.170		
Geïsoleerd glas (HR++)	0.021		
Granito	2.000		
R _{se}		-10.0	25.0

Geïsoleerde spouw met houten kozijn, geïsoleerd glas en een geïsoleerde vloer (onderzijde)

Locatie [nummer]	t (ber 9) [°C]	Δt (t.o.v. 6) [°C]	Δt (t.o.v. 7) [°C]	Δt (t.o.v. 8) [°C]
1	15	+6	0	0
2	13	+9	0	0
3	16	+26	+26	+26
4	15			
5	7			
6	17			
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

Bijlage VI

Berekeningen probleemgebieden 2 t/m 4

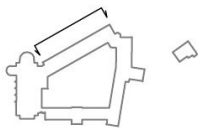
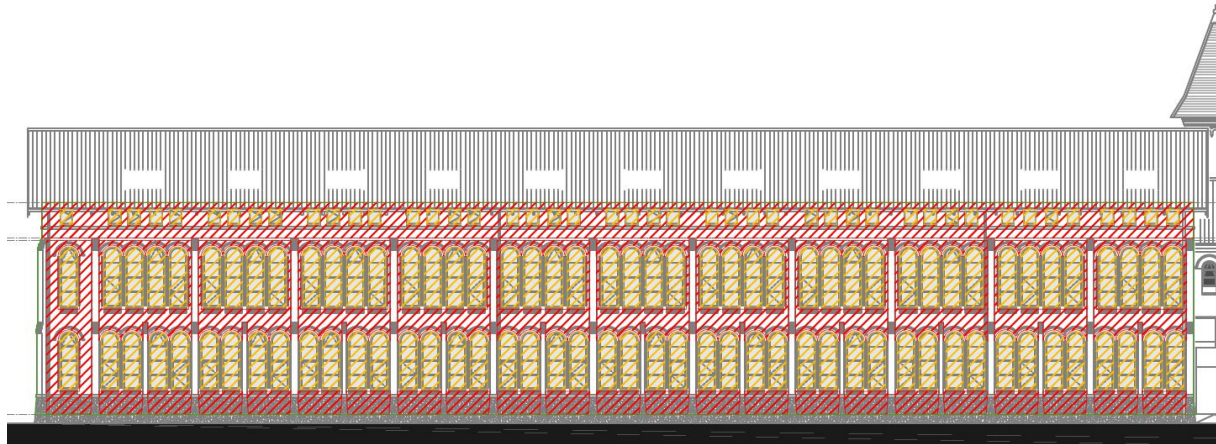
Alle waarden zijn gehaald uit de tabellen van:

Ir. R. Blok (2006) *Tabellen voor de bouw- en waterbouwkundigen*, Theimemeulenhoff

Aangeduid met 'tabellarium'

Berekening 1

Gevel met de meeste vensters is de Oostgevel van blok C. Hier is het totale geveloppervlak 503m² (zie afbeelding 1).



Figuur 1 – Oostgevel blok C

De gevel bestaat uit 5 verschillende samenstellingen:

1. Spouwmuur, geïsoleerd $U = 0,37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, ongeïsoleerd $U = 1,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
2. Borstwering, geïsoleerd $U = 0,33 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3. Steunberen en koudebruggen vensters, $U = 1,61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4. Vensters (spouwmuur), geïsoleerd $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, ongeïsoleerd $U = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
5. Vensters (borstwering), geïsoleerd $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

De volgende vierkante meters horen bij de verschillende samenstellingen:

1. 124,5m²
2. 66,7m²
3. 53,5m²
4. 241,2m²
5. 17,1m²

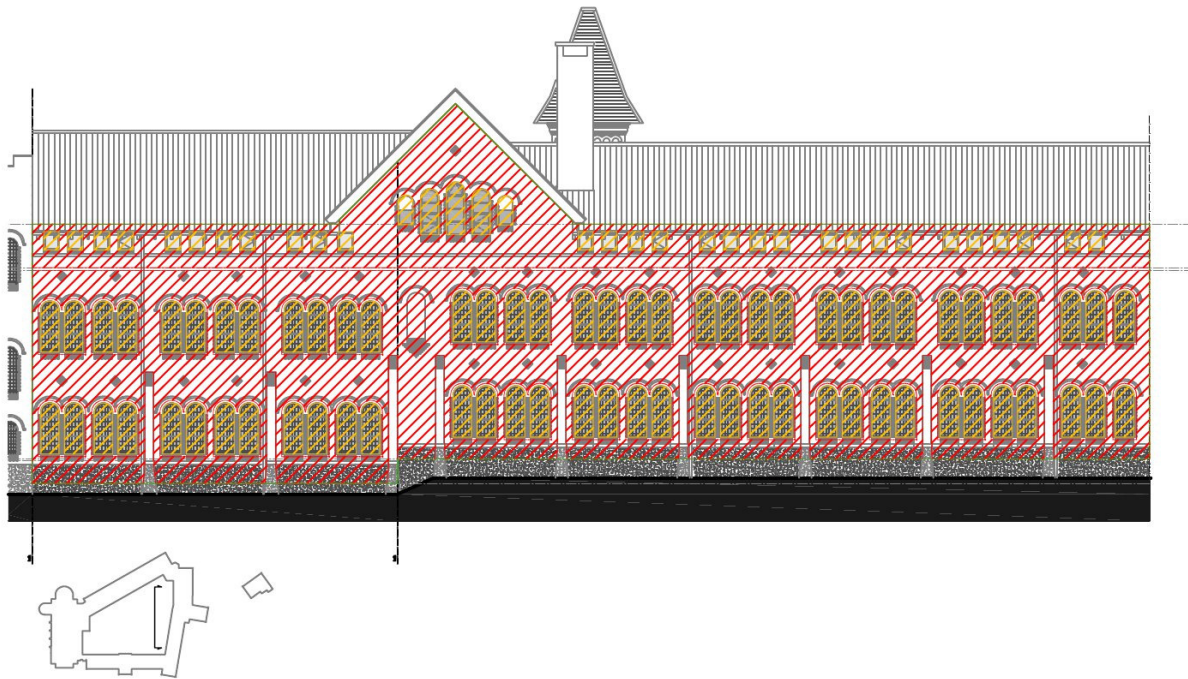
Bij een geïsoleerde spouwmuur met ongeïsoleerde beglazing en een geïsoleerde borstwering met geïsoleerd glas heet de gevel de volgende gemiddelde U-waarde:

$$(124,5 \cdot 0,37) + (66,7 \cdot 0,33) + (53,5 \cdot 1,61) + (241,2 \cdot 3,5) + (17,1 \cdot 1,2) / 503 = 1,98 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Bij een ongeïsoleerde spouwmuur met geïsoleerde beglazing en een geïsoleerde borstwering met geïsoleerd glas heet de gevel de volgende gemiddelde U-waarde:

$$(124,5 \cdot 1,41) + (66,7 \cdot 0,33) + (53,5 \cdot 1,61) + (241,2 \cdot 1,7) + (17,1 \cdot 1,2) / 503 = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

De Noordgevel van blok B heeft in verhouding beduidend minder vensters. Deze wordt berekend om een compleet beeld te schetsen. Het totale geveloppervlak is hier 392m² (zie afbeelding 2).



Figuur 2 – Noordgevel blok B

De gevel bestaat uit 5 verschillende samenstellingen:

6. Spouwmuur, geïsoleerd $U = 0,37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, ongeïsoleerd $U = 1,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
7. Borstwering, geïsoleerd $U = 0,33 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
8. Steunberen en koudebruggen vensters, $U = 1,61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
9. Vensters (spouwmuur), geïsoleerd $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, ongeïsoleerd $U = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
10. Vensters (borstwering), geïsoleerd $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

De volgende vierkante meters horen bij de verschillende samenstellingen:

6. $86,3 \text{ m}^2$
7. $70,2 \text{ m}^2$
8. 33 m^2
9. 203 m^2
10. $16,2 \text{ m}^2$

Bij een geïsoleerde spouwmuur met ongeïsoleerde beglazing en een geïsoleerde borstwering met geïsoleerd glas heet de gevel de volgende gemiddelde U-waarde:

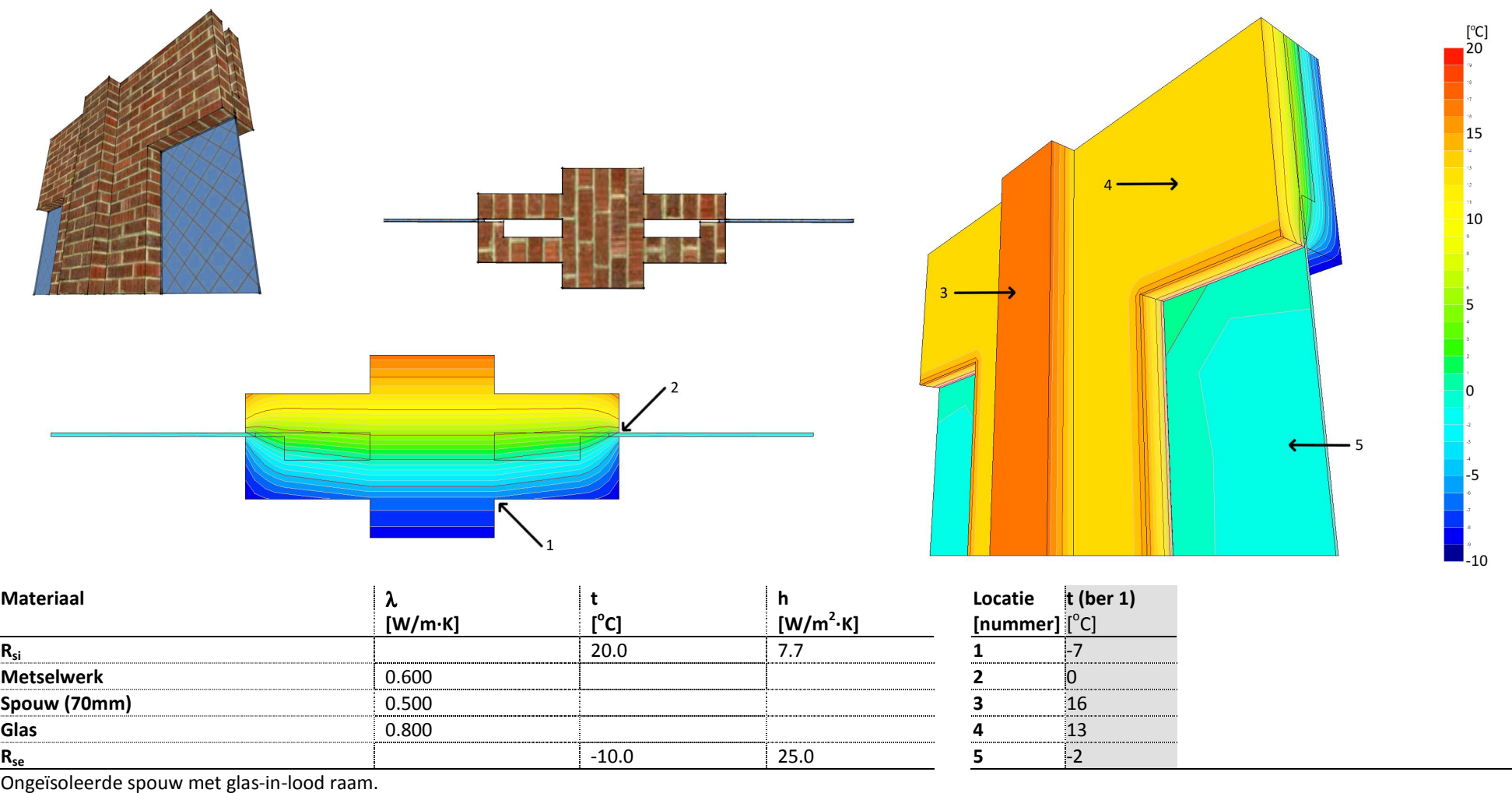
$$(86,3 \cdot 0,37) + (70,2 \cdot 0,33) + (33,0 \cdot 1,61) + (203,0 \cdot 3,5) + (16,2 \cdot 1,2) / 392 = 2,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Bij een ongeïsoleerde spouwmuur met geïsoleerde beglazing en een geïsoleerde borstwering met geïsoleerd glas heet de gevel de volgende gemiddelde U-waarde:

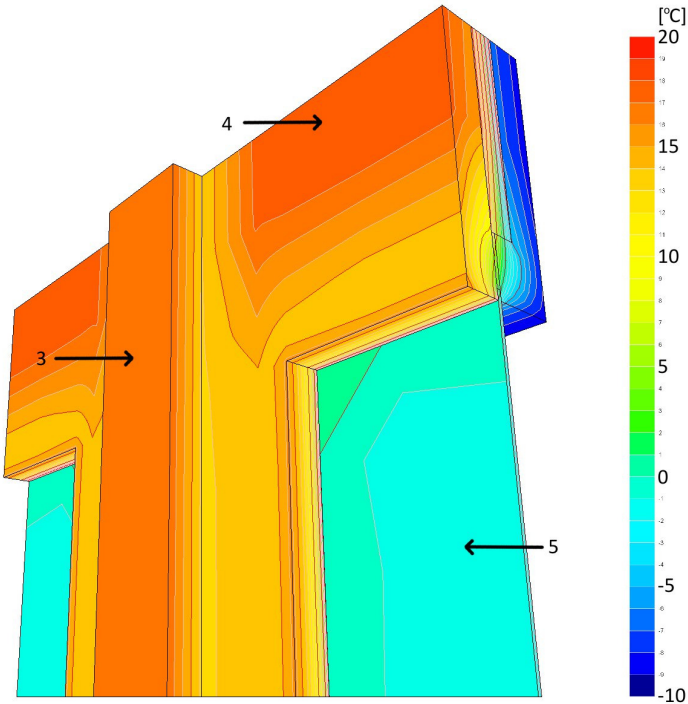
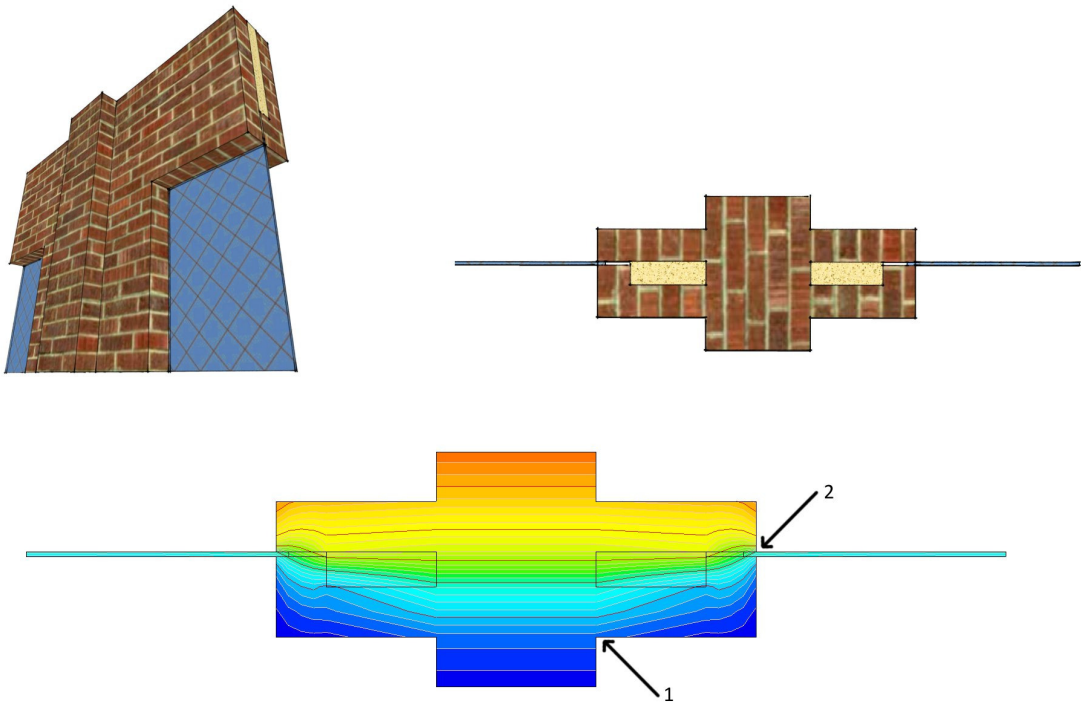
$$(86,3 \cdot 1,41) + (70,2 \cdot 0,33) + (33,0 \cdot 1,61) + (203,0 \cdot 1,7) + (16,2 \cdot 1,2) / 392 = 1,43 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Het verschil in U-waarde is resp. $0,5$ en $0,71 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Berekening 2



Berekening 3

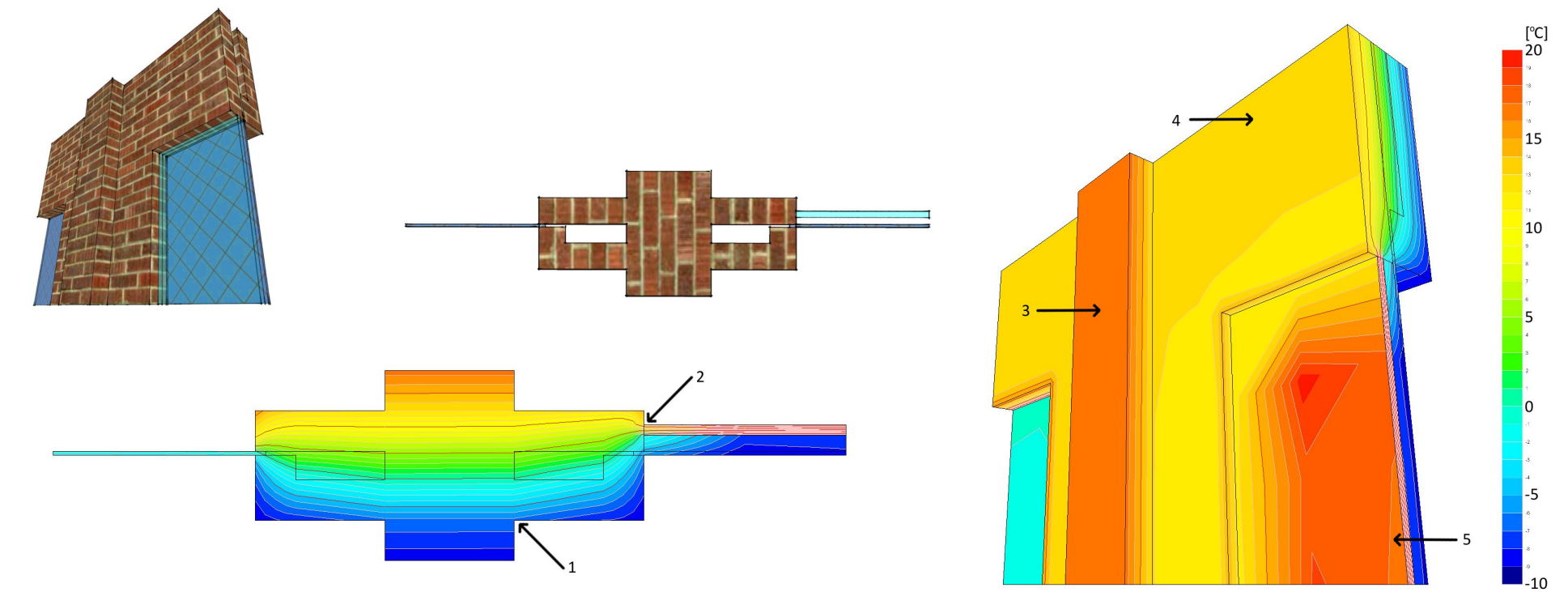


Materiaal	λ [W/m·K]	t [°C]	h [W/m²·K]
R _{si}		20.0	7.7
Metselwerk	0.600		
Isolatie	0.034		
Glas	0.800		
R _{se}		-10.0	25.0

Geïsoleerde spouw met glas-in-lood raam.

Locatie [nummer]	t (ber 2) [°C]	ΔT (t.o.v. 1) [°C]
1	7	0
2	0	0
3	16	0
4	17	+4
5	-2	0

Berekening 4

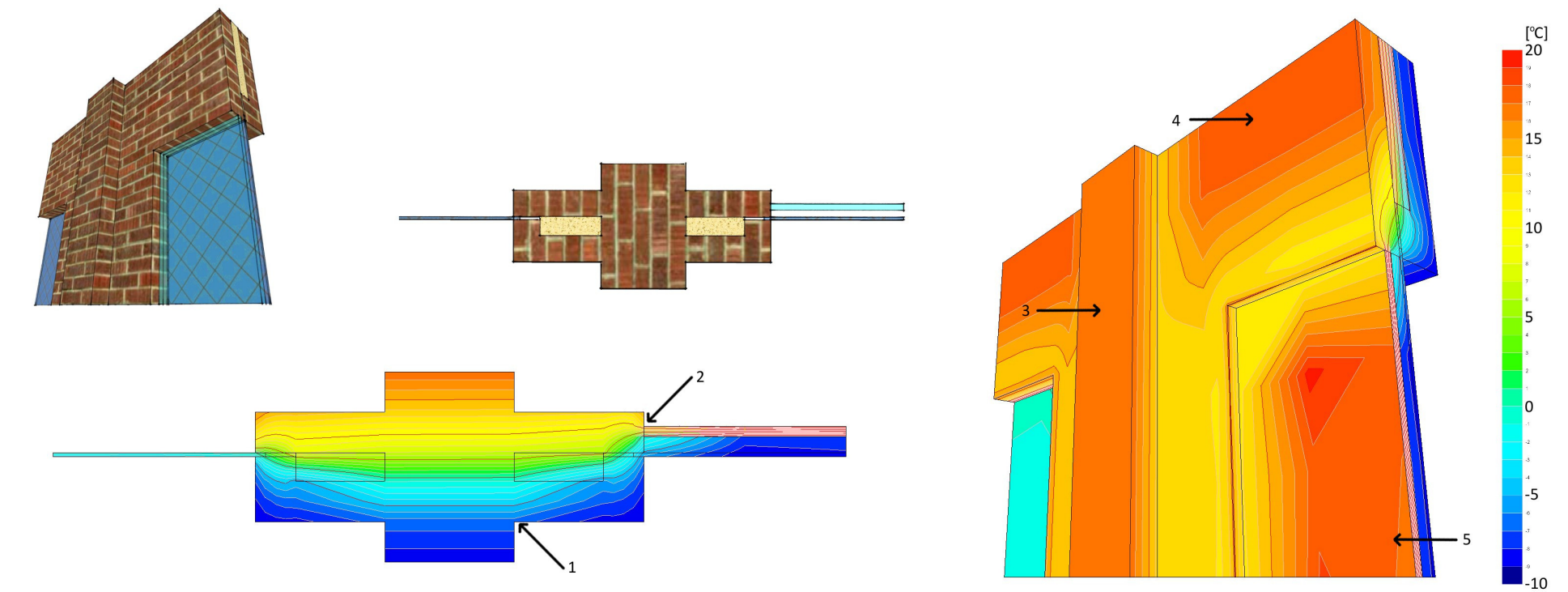


Materiaal	λ [W/m·K]	t [°C]	h [W/m ² ·K]
R _{si}		20.0	7.7
Metselwerk	0.600		
Spouw (70mm)	0.500		
Glas	0.800		
Achterzetraam (geïsoleerd)	0.014		
R _{se}		-10.0	25.0

Ongeïsoleerde spouw met glas-in-lood raam en achterzetraam.

Locatie [nummer]	t (ber 3) [°C]	ΔT (t.o.v. 1) [°C]	ΔT (t.o.v. 2) [°C]
1	7	0	0
2	11	+11	+11
3	16	0	0
4	13	0	-4
5	17	+19	+19
-	-	-	-

Berekening 5



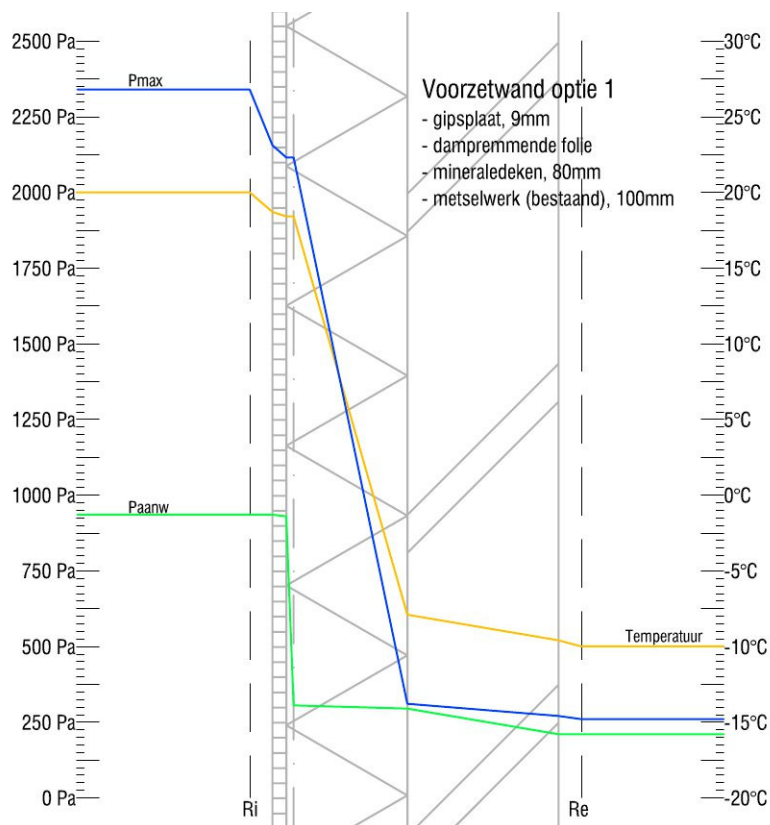
Bijlage VII

Berekeningen probleemgebied 5

Alle waarden zijn gehaald uit de tabellen van:

Ir. R. Blok (2006) *Tabellen voor de bouw- en waterbouwkundigen*, Theimemeulenhoff

Aangeduid met 'tabellarium'

Berekening 1

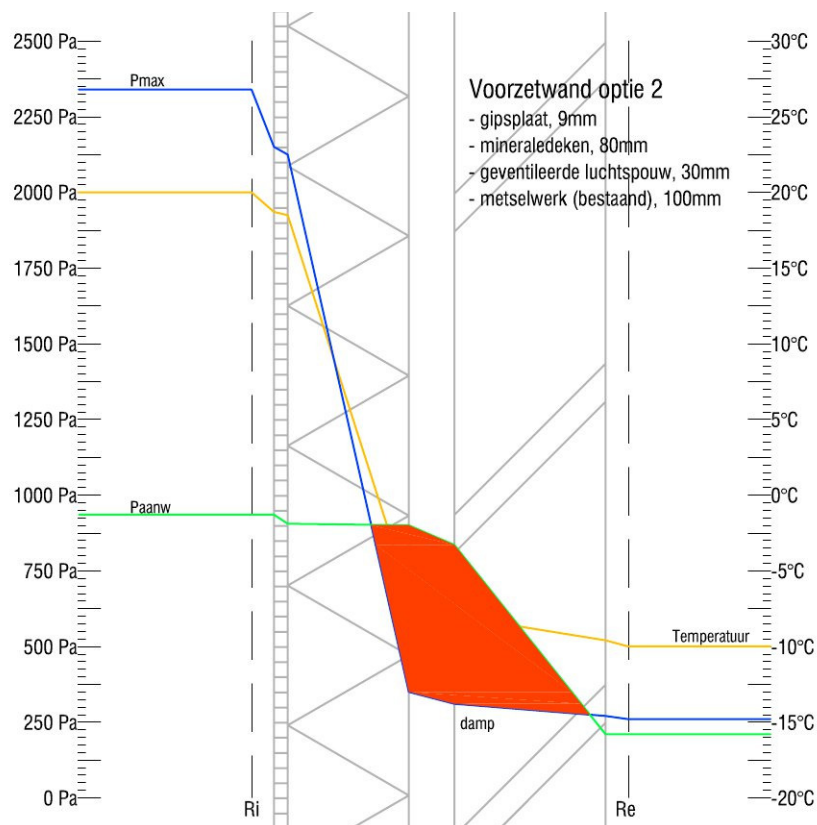
Rc-Waarden					
	d	λ	$R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,40	-9,60
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	1,67	-7,93
3 steenwol	0,1000	0,038	2,632	26,32	18,39
4 polyetheenfolie	0,0001	1	0,000	0,00	18,39
5 gipsplaat	0,0090	0,29	0,031	0,31	18,70
6 Ri			0,130	1,30	20,00
lucht binnen					20
totaal			2,999		30

	p _{max}	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p _n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	269				208
2	311	9	0,9000	86,4950	294
3	2116	1	0,1300	12,4937	307
4	2116	65000	6,5000	624,6865	932
5	2157	5	0,0450	4,3248	936
6	2340				936
			7,5750		728

T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 1

Optie 1

Berekening 2

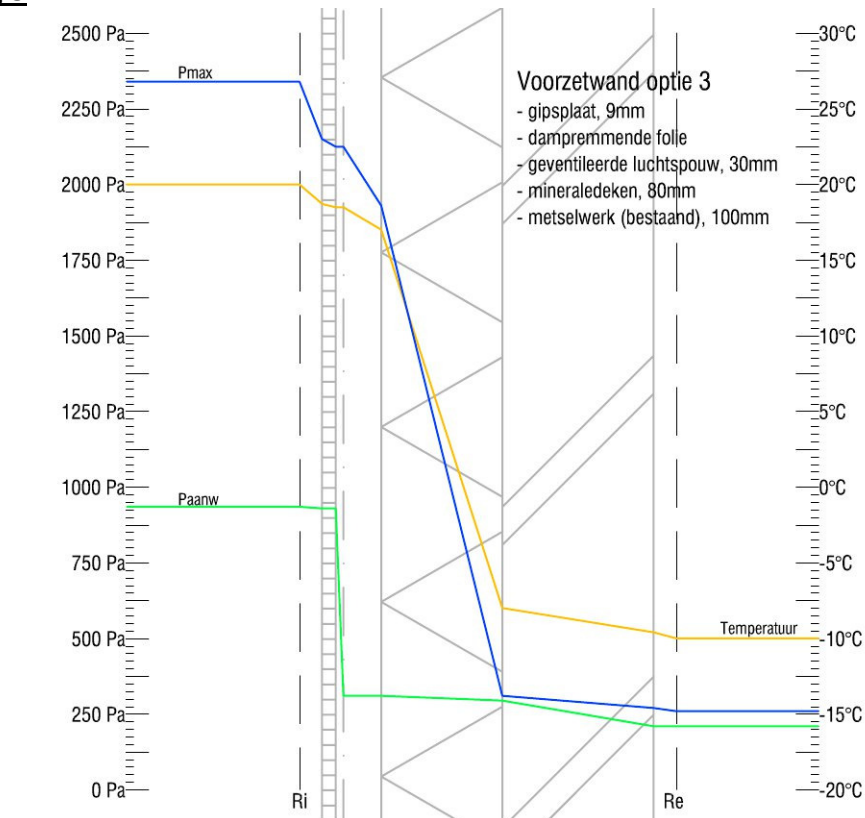
	d	λ	Rc-Waarden $R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,38	-9,62
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	1,58	-8,04
3 luchtsponw	0,0300	-	0,160	1,52	-6,52
4 steenwol	0,1000	0,038	2,632	24,99	18,47
5 gipsplaat	0,0090	0,29	0,031	0,29	18,77
6 Ri			0,130	1,23	20,00
lucht binnen					20
totaal			3,159		30

	pmax	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p_n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	269				208
2	309	9	0,9000	621,6319	830
3	352	1	0,1000	69,0702	899
4	2126	1	0,0090	6,2163	905
5	2153	5	0,0450	31,0816	936
6	2340				936
			1,0540		728

T_i (°C) = 20
 φ_i (%) = 40
 T_e (°C) = -10
 φ_e (%) = 80

berekening 2

Optie 2

Berekening 3

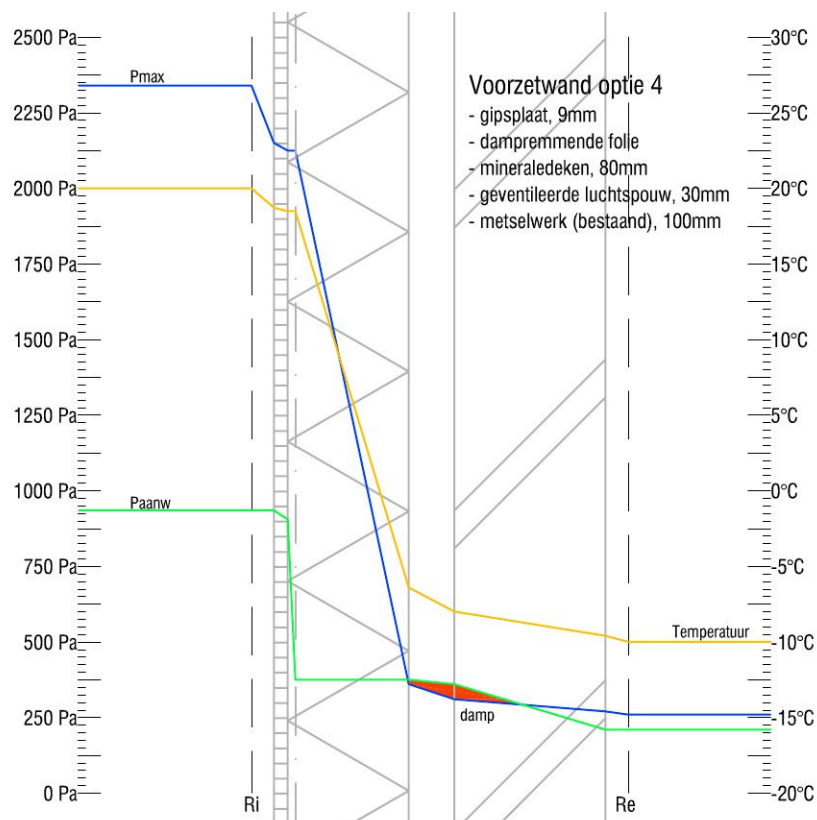
Rc-Waarden					
	d	λ	R _n =(d / λ)	(R _n /R ₁) · ΔT = ΔT _n	T _n
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,38	-9,62
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	1,58	-8,04
3 steenwol	0,1000	0,038	2,632	24,99	16,95
4 luchtpouw	0,0300	-	0,160	1,52	18,47
5 polyetheenfolie	0,0001	1	0,000	0,00	18,47
6 gipsplaat	0,0090	0,29	0,031	0,29	18,77
7 Ri			0,130	1,23	20,00
lucht binnen					20
totaal			3,159		30

	p _{max}	μ	μ _n · d _n	Δp _n =Δp · (μ _n · d _n) / (μ _{tot} · d _{tot})	p _n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	269				208
2	309	9	0,9000	86,1538	294
3	1932	1	0,1300	12,4444	307
4	2126	1	0,0300	2,8718	309
5	2126	65000	6,5000	622,2222	929
6	2153	5	0,0450	4,3077	933
7	2340				936
			7,6050		728

T_i (°C)= 20
 φ_i (%)= 40
 T_e (°C)= -10
 φ_e (%)= 80

berekening 3

Optie 3

Berekening 4

Rc-Waarden					
	d	λ	$R_n = (d / \lambda)$	$(R_n / R_1) \cdot \Delta T$ $= \Delta T_n$	Tn
	[m]	[W/m·K]	[m²·K/W]	[°C]	[°C]
Lucht buiten					-10
1 Re			0,040	0,38	-9,62
2 baksteen	0,1000	0,6	0,167	1,58	-8,04
3 luchtspouw	0,0300	-	0,160	1,52	-6,52
4 steenwol	0,1000	0,038	2,632	24,99	18,47
5 polyetheenfolie	0,0001	1	0,000	0,00	18,47
6 gipsplaat	0,0090	0,29	0,031	0,29	18,77
7 Ri			0,130	1,23	20,00
lucht binnen					20
totaal			3,159		30

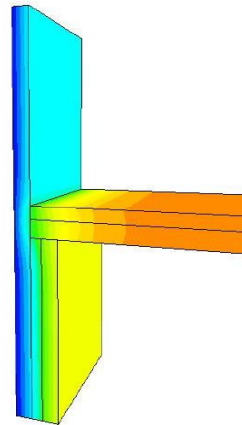
	p _{max}	μ	$\mu_n \cdot d_n$	$\Delta p_n = \Delta p \cdot (\mu_n \cdot d_n) / (\mu_{tot} \cdot d_{tot})$	p _n
	[Pa]	[μ]	[m]	[Pa]	[Pa]
	260				208
1	269				208
2	309	18	1,8000	154,0741	362
3	360	1	0,1300	11,1276	373
4	2126	1	0,0300	2,5679	376
5	2126	65000	6,5000	556,3786	932
6	2153	5	0,0450	3,8519	936
7	2340				936
			8,5050		728

T_i (°C)= 20
 φ_i (%)= 40
 T_e (°C)= -10
 φ_e (%)= 80

berekening 4

Optimale combinatie

Dampdiffusiewaarde van de baksteen is verdubbeld t.o.v. berekening 1t/m3.

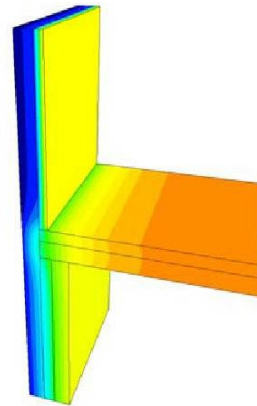
[illegible]

Detail 1
*Geen isolatie
(Vroeger)*

punt	temperatuur (buitenblad)
2	5,03 °C
3	5,03 °C
4	5,05 °C
5	5,12 °C
6	5,40 °C
7	7,30 °C
8	7,81 °C
9	6,29 °C
10	4,95 °C
11	4,68 °C
12	4,56 °C

T_{gem}	5,6 °C		
ΔT	3,3 °C		
T_{min}	4,6 °C		
T_{max}	7,8 °C		

punt	temperatuur (binnen)		
14	11,65 °C		
16	12,66 °C		

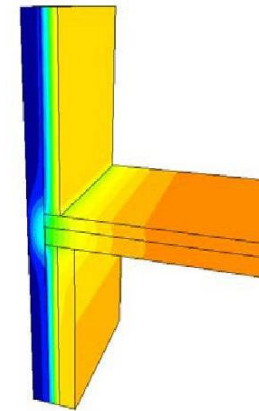


Detail 2
Beperkte isolatie zolder
(Bestaand)

punt	temperatuur (buitenblad)
2	1,77 °C
3	1,78 °C
4	1,82 °C
5	1,99 °C
6	2,58 °C
7	5,77 °C
8	7,33 °C
9	6,05 °C
10	4,87 °C
11	4,65 °C
12	4,55 °C

		t.o.v. detail 1	
T_{gem}	3,9 °C	-1,6 °C	
ΔT	5,6 °C	2,3 °C	
T_{min}	1,8 °C	-2,8 °C	
T_{max}	7,3 °C	-0,5 °C	

punt	temperatuur (binnen)		
14	11,23 °C	-0,4 °C	
16	12,42 °C	-0,2 °C	

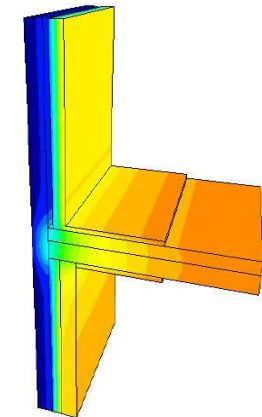


Detail 3
*Spouwisolatie / verbeterde
isolatie zolder (nieuw)*

punt	temperatuur (buitenblad)
2	1,17 °C
3	1,18 °C
4	1,23 °C
5	1,43 °C
6	2,10 °C
7	5,62 °C
8	7,44 °C
9	4,59 °C
10	1,89 °C
11	1,51 °C
12	1,45 °C

		t.o.v. detail 1	t.o.v. detail 2
T_{gem}	2,7 °C	-2,9 °C	-1,1 °C
ΔT	6,3 °C	3,0 °C	0,0 °C
T_{min}	1,2 °C	-3,4 °C	-0,4 °C
T_{max}	7,4 °C	-0,4 °C	0,0 °C

punt	temperatuur (binnen)		
14	11,35 °C	-0,3 °C	0
16	12,99 °C	0,3 °C	0



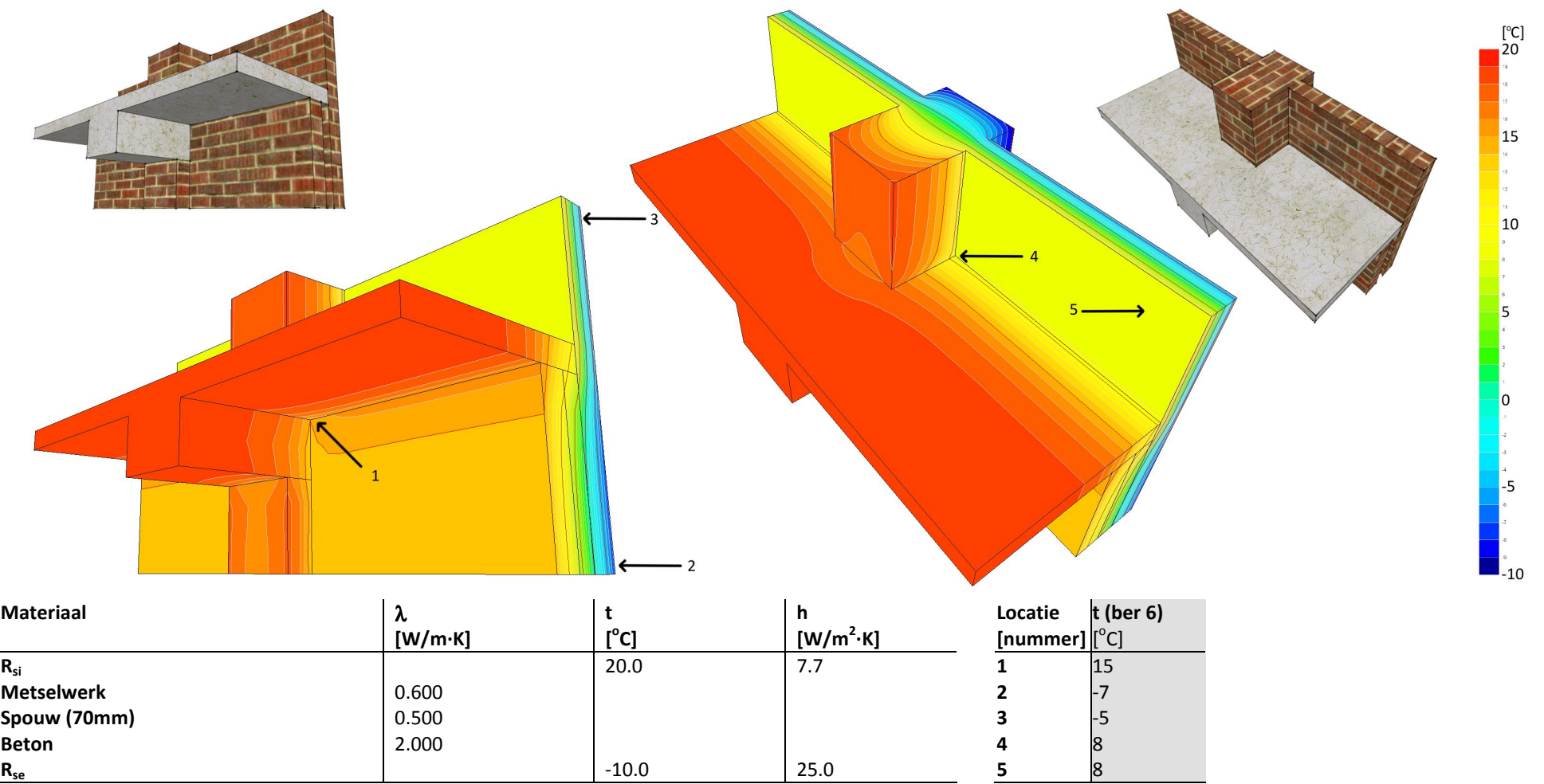
Detail 4
Detail 3 + extra isolatie vloeren (nieuw)

punt	temperatuur (buitenblad)
2	1,40 °C
3	1,42 °C
4	1,43 °C
5	1,53 °C
6	1,85 °C
7	4,16 °C
8	6,07 °C
9	3,84 °C
10	1,72 °C
11	1,46 °C
12	1,45 °C

		t.o.v. detail 1	t.o.v. detail 2
T_{gem}	2,4 °C	-3,2 °C	-1,
ΔT	4,7 °C	1,4 °C	-0,
T_{min}	1,4 °C	-3,2 °C	-0,
T_{max}	6,1 °C	-1,7 °C	-1,

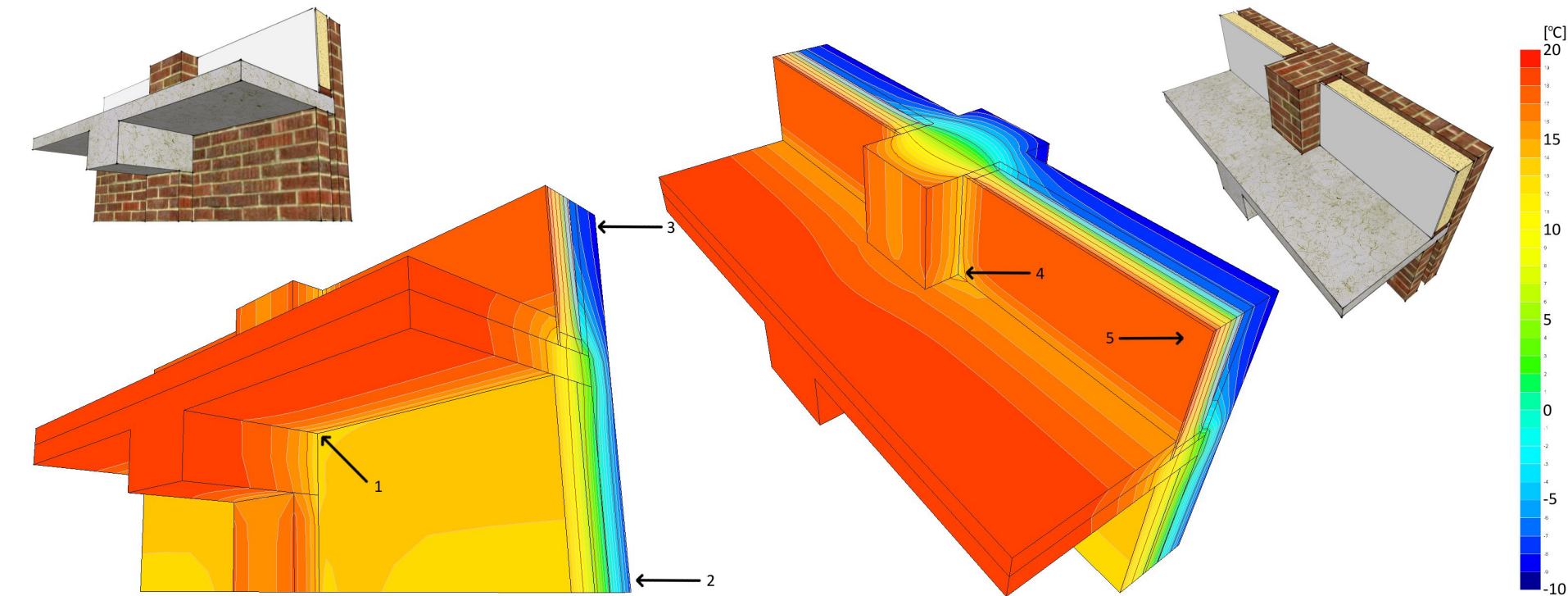
C		
C		

Berekeningen 6



Ongeïsoleerde spouw met ongeïsoleerde borstwering

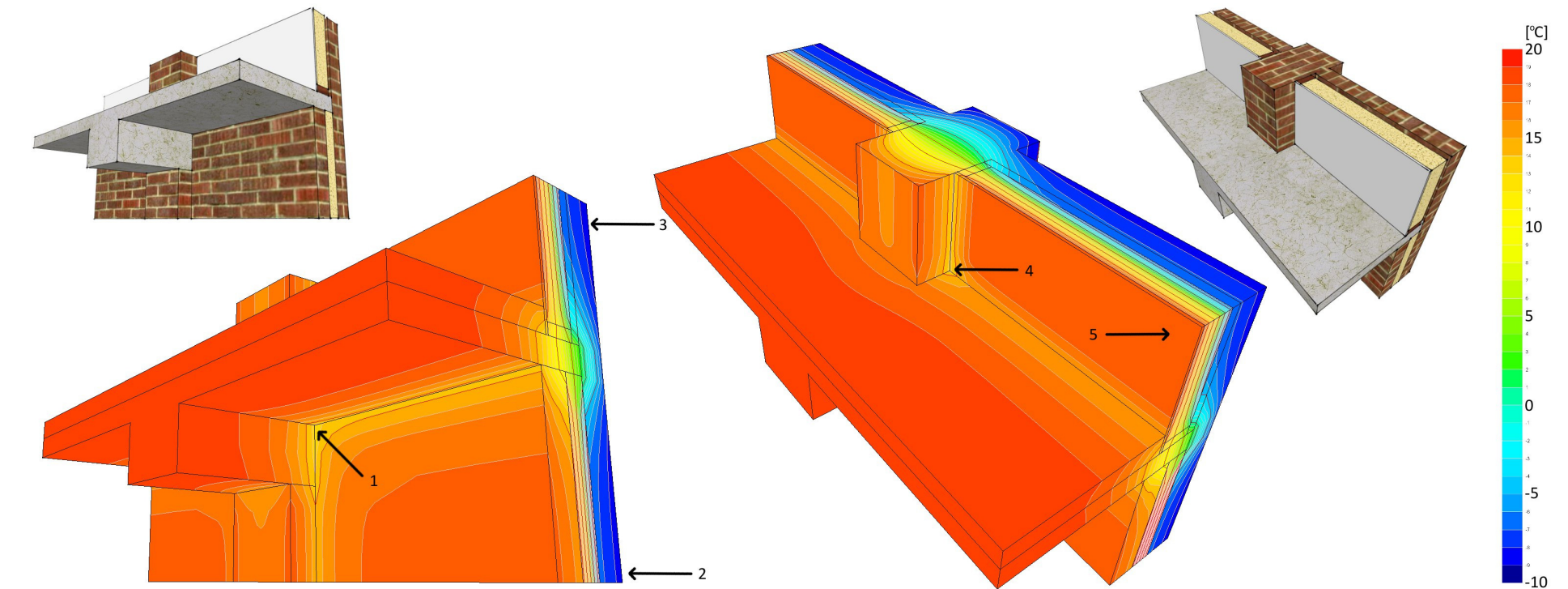
Berekeningen 7



Materiaal	λ [W/m·K]	t [°C]	h [W/m ² ·K]	Locatie [nummer]	t (ber 7) [°C]	Δt (ber 6) [°C]
R _{si}		20.0	7.7	1	13	-2
Metselwerk	0.600			2	-7	0
Spouw (70mm)	0.500			3	-9	-4
Beton	2.000			4	13	+5
Hout	0.170			5	18	+10
Sementdekvloer	1.300					
Gipsplaat	0.23					
Isolatie	0.034					
R _{se}		-10.0	25.0			

Ongeïsoleerde spouw met geïsoleerde borstwering

Berekeningen 8



Materiaal	λ [W/m·K]	t [°C]	h [W/m²·K]	Locatie [nummer]	t (ber 8) [°C]	Δt (ber 6) [°C]	Δt (ber 7) [°C]
R _{si}		20.0	7.7	1	13	-2	0
Metselwerk	0.600			2	-9	-2	-2
Spouw (70mm)	0.500			3	-9	-4	0
Beton	2.000			4	13	+5	0
Hout	0.170			5	18	+10	0
Sementdekvloer	1.300						
Gipsplaat	0.23						
Isolatie	0.034						
R _{se}		-10.0	25.0				

Geïsoleerde spouw met geïsoleerde borstwering