



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Onderzoek hoogwaardige thermische schil

Onderzoek naar de praktische
realisatiemogelijkheden van een R_c van 5 en
hoger

Onderzoek hoogwaardige thermische schil

Onderzoek naar de praktische realisatiemogelijkheden van een R_c van 5 en hoger

Lente-akkoord

Postadres:

Neprom

Postbus 620

2270 AP VOORBURG

(070) 386 62 64

Vertegenwoordigd door: mevrouw ir. C.J.C. Bouwens

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Utrecht

Postbus 40217

3504 AA Utrecht

T 030 - 241 34 27

utrecht@nieman.nl

www.nieman.nl

Uitgevoerd door: ing. F.A. Deuring
 ir. H.J.J. Valk

Referentie: Wz120272aaA2.fde

Status: Eindrapport

Datum: 1 februari 2013 / herzien 22 februari 2012

Samenvatting

Inleiding

Minister Spies van BZK heeft medio 2012 aangekondigd de minimaal vereiste waarde voor thermische isolatie in het Bouwbesluit per 1 januari 2015 te verhogen tot $R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$. Met de partijen in het Lente-akkoord Energiezuinig Nieuwbouw (Lente-akkoord) is afgesproken tot die tijd de aanscherping voor te bereiden. Dit rapport vervult een rol in dat implementatieproces. Doel van het onderzoek is het *nagaan welke oplossingen er in de praktijk zijn voor hogere isolatiewaarden van de thermische schil en zo te komen tot robuuste oplossingen voor het implementeren hiervan in de bouwpraktijk*.

Een hoogwaardige thermische schil vormt een belangrijke randvoorwaarde voor energie-efficiënte gebouwen en past in de eerste stap van de Trias Energetica. Goede schilisolatie wordt gezien als een 'robuuste maatregel' om een woning energiezuiniger te maken en beter geschikt voor het toepassen van duurzame energietechnieken. Thermische isolatie van dichte delen, weergegeven door de R_c -waarde, is daarvan weer een belangrijk onderdeel. Daarnaast zijn andere zaken belangrijk: de isolatie van transparante delen (U-waarde), de kierdichtheid van de gebouwschil (luchtdoorlatendheid $q_{v,10}$) en de geometrie van de aansluitdetails die leidt tot de lineaire warmteverliezen (ψ -waarde, 'psi'). Voor de daadwerkelijke energieprestatie zijn de bouwdeatailleringen de gerealiseerde bouwkwaliteit essentieel.

Centraal in het onderzoek staan recente praktijkervaringen. Deze zijn verzameld via workshops en door projectbezoeken. De gegevens hieruit zijn geanalyseerd, beoordeeld en waar nodig voorzien van een nadere onderbouwing.

Conclusies

Uit het onderzoek blijkt dat er voor daken en begane grondvloeren van woningen en woongebouwen voldoende oplossingsmogelijkheden zijn, er geen sprake is van onevenredige kostenstijgingen en er geen technische belemmeringen zijn gevonden voor het op grote schaal realiseren van een $R_c = 5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Voor gevels, en parallel daaraan vloeren boven buitenlucht, ligt dit beeld genuanceerder. Er is een aantal oplossingsmogelijkheden voor een $R_c = 5 \text{ m}^2\text{K/W}$, echter deze kennen diverse knelpunten en op onderdelen is nadere technische ontwikkeling gewenst. Wanneer de komende jaren voldoende innovatie en kennisoverdracht plaatsvindt, lijken deze problemen oplosbaar. De benodigde innovatie en kennisoverdracht betreft:

- Verbeteren van de uitvoeringskwaliteit, vooral ten aanzien van de gevelisolatie, de benodigde aansluitingen en het realiseren van afdichtingen. Dit aspect heeft een samenhang met het Energielabel voor nieuwbouw en het daarbij behorende opleverprotocol.
- Meer aandacht voor het belang van kierdicht bouwen, ook uit het oogpunt van comfort en het voorkomen van inwendige condensatie in constructies.
- Mee-ontwerpen van naden en ontwikkelen van standaard- en referentiedetails.

- Inzicht verkrijgen in de kwaliteit en levensduur van afdichtingsmaterialen.

Ten aanzien van de kostenefficiëntie van de $R_c = 5$ moet een voorbehoud gemaakt worden. In het kader van dit onderzoek zijn de energiewinsten van de verbeterde schil doorgerekend, voor de verschillende gebouwdelen apart.

- De kostenefficiëntie van een verhoogde R_c eis voor het dak is goed.
- Voor de gevel geldt een genuanceerd beeld. Er zijn diverse kostenefficiënte oplossingen, maar deze gelden niet voor alle bouwsystemen. Met name oplossingen met een gemetseld buitenblad in gestapelde bouw kennen technische knelpunten en hoge kosten. Dit vraagt om innovatie op onderdelen van de gevelconstructie en de baksteen zelf.
- De kostenefficiëntie voor begane grondvloeren is laag.

De verhouding tussen de bijdrage van vloer, gevel en dak aan het energieverlies voor een tussenwoning komt globaal uit op 1:3:6. Deze verhouding wordt sterk beïnvloed door het woningtype, de doorsnede, de gevel/vloerverhouding, etcetera. Voor een hoekwoning en een vrijstaande woning neemt het belang van de gevel toe.

Over transparante delen van de gevel blijft het energieverlies onverminderd groot, ook na aanscherpen van de eis per 2013 ($U < 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$). In de onderzochte projecten is gebleken dat het voldoen aan deze nieuwe eis niet op praktische problemen stuit. Met HR⁺⁺-glas en het nauwkeurig berekenen van het randverlies door de kozijnen is dit met standaardproducten haalbaar. Verwacht wordt dat een eventuele verdere aanscherping op dit vlak (naar het niveau van triple glas) op termijn niet tot onoverkomenlijke bezwaren zal leiden, hoewel de kosteneffectiviteit daarbij goed in het oog moet worden gehouden..

Een hoogwaardige thermische schil wordt pas gerealiseerd in de samenhang tussen isolatie van de dichte delen, de transparante delen, de kierdichtheid en de thermische kwaliteit van de aansluitdetails (lineaire warmteverliezen). Uit indicatieve berekeningen blijkt dat de mate van invloed op de uiteindelijke energieprestatie voor deze vier aspecten van een robuuste thermische schil in een zelfde orde van grootte liggen.

Aanbevelingen

Geadviseerd wordt nader te onderzoeken of een meer genuanceerde benadering van de grenswaarde leidt tot een gelijkwaardige of zelfs hogere mate van energiebesparing tegen gelijkwaardige of lagere kosten. Denk hierbij aan een beperkte verhoging van de grenswaarde voor de gevel, maar een grotere sprong voor daken. Handvat hierbij is de warmtestroom door de diverse gebouwdelen. Hierbij moet een goede representatieve doorsnede van de gebouwvoorraad worden beoordeeld en niet uitsluitend een eengezinstussenwoning.

Daarnaast adviseren wij nader te onderzoeken of er een effectieve manier is om een grenswaarde te stellen aan de thermische schil als geheel. Te denken valt aan een indicator waarin zowel dichte als

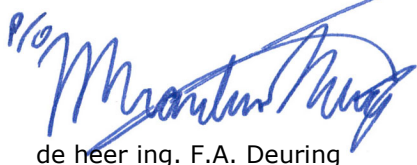
transparante onderdelen van de gebouwschil, maar ook de kierdichtheid en de lineaire warmteverliezen gewogen worden.

Uit het onderzoek is een aantal zaken naar voren gekomen die van belang zijn voor een robuuste thermische schil in de praktijk. Wij adviseren aan de partijen van het Lente-akkoord deze zaken nader uit te werken.

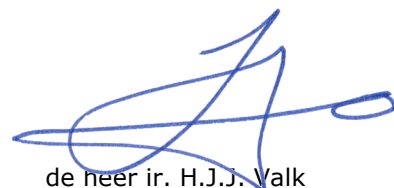
- *Koppeling met opleverprotocol*
Borging van de bouwkwaliteit via de oplevercontrole in kader van het energielabel nieuwbouw.
- *Focus op bouwkwaliteit*
Onzorgvuldige bouwvoorbereiding en realisatie leiden tot thermische lekken. Bij hogere isolatiewaarden neemt de negatieve invloed hiervan toe. Uit de projecten komen twee zaken naar voren:
 - Verbeterde aansluiting van harde isolatiematerialen (schuimplaten) op kozijnen, hoekoplossingen, dakranden en andere doorbrekingen van de isolatieschil.
 - Stimuleren van innovatie op het gebied van de detaillering van geveldraggers en vergelijkbare hulpconstructies
- *Belang van kierdicht bouwen*
Slechte luchtdichtheid is een belangrijke post in het energieverlies in de praktijk en vormt een risicofactor voor het technisch behoud van gevel- en dakconstructies. Daarnaast draagt het bij aan een laag energiegebruik in de praktijk en een goed thermisch comfort. We adviseren brede aandacht voor deze samenhang te vragen. Concreet adviseren wij drie zaken te verbeteren:
 - Mee-ontwerpen van aansluitnaden en de afdichting daarvan in de (werk)details.
 - Meten van de luchtdichtheid van de gebouwschil bij oplevering.
 - Verbeteren van de informatie over kwaliteit van afdichtingsmaterialen.
- *Werkelijke lineaire verliezen*
Uit het onderzoek blijkt dat gerealiseerde bouwdetails leiden tot aanzienlijke lineaire verliezen. Mogelijk zijn de verliezen in de praktijk groter dan wat in rekening wordt gebracht. Geadviseerd wordt na te gaan of een herziening van de rekenmethode gewenst is.

Utrecht, 1 februari 2013, herzien 22 februari 2013

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.



de heer ing. F.A. Deuring



de heer ir. H.J.J. Valk

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding en doelstelling	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doelstelling	8
1.3 Analyse probleemstelling	9
1.4 Aanpak	9
1.5 Leeswijzer	10
Hoofdstuk 2 Gegevens uit de workshops	11
2.1 Inleiding	11
2.2 Input uit de startbijeenkomst	11
2.3 Bevindingen tijdens de slotbijeenkomst	14
Hoofdstuk 3 Input projecten	17
3.1 Omschrijving input	17
3.2 BAM woningbouw – 124 woningen en 76 appartementen te Hoogvliet	17
3.3 Bouwbedrijf Boot – 57 woningen te Teteringen	18
3.4 VDM Wonen – 80 woningen te Sneek	18
3.5 Amvest / Koopmans – 32 appartementen te Vleuterweide	19
3.6 Planhus – woonhuis te Leeuwarden	19
Hoofdstuk 4 Gevelconstructies	21
4.1 Opbouw gevelconstructies	21
4.2 Materiaalkeuze isolatiemateriaal	22
4.3 Aandachtspunten projectdetails	24
4.4 Uitvoeringsrisico's	29
4.5 Kosten	32
Hoofdstuk 5 Overige constructies	33
5.1 Vloeren	33
5.2 Daken	34
5.3 Glasvlakken en kozijnen	34
5.4 Dakkapel	34

5.5	Wandconstructie naar trappenhuis	35
Hoofdstuk 6 Robuuste thermische schil		36
6.1	Inleiding	36
6.2	Invloed op de EPC	42
Hoofdstuk 7 Gerelateerde aandachtspunten		46
7.1	Inleiding	46
7.2	Kwaliteitsverbetering	46
7.3	Uitvoeringskwaliteit	46
7.4	Luchtdichte aansluitingen	47
7.5	Maatvoering en tolerantie	48
7.6	Duurzaamheid (levensduur) afdichtingsmaterialen	48
Hoofdstuk 8 Conclusie en aanbevelingen		50
8.1	Bevindingen	50
8.2	Conclusie	52
8.3	Aanbevelingen	54
Bijlagen		
Bijlage 1	Verslaglegging bijeenkomsten	
Bijlage 2	Projectspecifieke oplossingen onderzochte projecten	

Hoofdstuk 1 Inleiding en doelstelling

1.1 Aanleiding

In een brief aan de Tweede Kamer van 8 juni 2012 heeft Minister Spies van BZK aangekondigd de minimaal vereiste waarde voor thermische isolatie in het Bouwbesluit te verhogen tot $R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ per 1 januari 2015. Zij komt daarmee tegemoet aan de wens van de Kamer om een goede schilkwaliteit te waarborgen, maar houdt er tevens rekening mee dat uit onderzoek is gebleken dat een verhoging medio 2012 nog niet kosteneffectief is. Met de partijen die participeren in het Lente-akkoord Energiezuinig Nieuwbouw (Lente-akkoord) is afgesproken dat de tussenliggende tijd gebruikt wordt om bouwpartijen op de komende aanscherping voor te bereiden.

Dit rapport vervult een rol in dat implementatieproces. Het is de weerslag van een onderzoek naar de praktische realisatiemogelijkheden van een hoogwaardige thermische schil. Het realiseren van een thermische isolatiewaarde $R_c \geq 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ staat daarbij centraal, maar het wordt in een bredere context geplaatst. Het achterliggende doel van de aanscherping is het realiseren van gebouwen met een lage energiebehoefte.

1.2 Doelstelling

Doel van het onderzoek is het nagaan welke oplossingen er in de praktijk zijn voor hogere isolatiewaarden van de thermische schil en zo te komen tot robuuste oplossingen voor het implementeren hiervan in de bouwpraktijk.

Het onderzoek geeft antwoord op de volgende vragen:

- In welke gevallen (bouwsystemen, type detaillering) is de toepassing van een $R_c=5$ onmogelijk, onpraktische dan wel sterk kostenverhogend?
- Is een hogere R_c -waarde de beste maatregel, of moeten er eisen of randvoorwaarden gesteld worden, bijvoorbeeld ten aanzien van lineaire warmteverliezen (koudebruggen), type detaillering, relatie met kozijnen en glas?
- Zijn er consequenties voor aansluitdetails, zoals fundering en dakvoet.
- Welke oplossingen zijn kostenefficiënt?
- Wat zijn robuuste maatregelen en wat zijn de 'do's en don'ts'?
- Zijn er relaties met andere gebouwonderdelen, zowel technische als ten aanzien van ervaren comfort? Denk aan de toepassing van laag temperatuurverwarming en ventilatiesystemen.
- Zijn er ervaringen van eindgebruikers bekend?

Het onderzoek levert basismateriaal op voor een door derden te schrijven publicatie. Daarnaast gebruiken de Lente-akkoord-partijen de uitkomst om advies te geven aan de minister over de invoering van hogere schilisolatiewaarden in de bouwregelgeving.

1.3 Analyse probleemstelling

Een hoogwaardige thermische schil vormt een belangrijke randvoorwaarde voor energie-efficiënte gebouwen en past in de eerste stap van de Trias Energetica. Goede schilisolatie wordt wel gezien als een 'robuuste maatregel' om een woning energiezuiniger te maken en beter geschikt voor het toepassen van duurzame energietechnieken. In de Lente-akkoord brochure *De beste basis* staan vier robuuste stappen beschreven, waar hoogwaardige isolatie er één van is:

1. Slimme oriëntatie van de woning;
2. Doordacht overall ontwerp;
3. Hoogwaardige schilisolatie (met een bijpassende kierdichting, glaskwaliteit en ventilatie);
4. Lage temperatuurverwarming.

De thermische isolatie van de dichte delen, weergegeven door de R_c -waarde, is daarvan weer een belangrijk onderdeel. Daarnaast zijn andere zaken belangrijk: de isolatie van transparante delen (U-waarde), de kierdichtheid van de gebouwschil (luchtdoorlatendheid $q_{v;10}$) en de geometrie van de aansluitdetails die leidt tot de lineaire warmteverliezen (ψ -waarde, 'psi') worden vastgelegd in het ontwerp. Ook speelt materialisatie een rol: met welke materialen is de hoogwaardige thermische schil te realiseren en vragen deze aanpassingen in detaillering of verwerking. Uitvoeringsgevoeligheid speelt ook een rol bij de beoordeling van details. Op alle aspecten wordt gezocht naar robuuste oplossingen: oplossingen die passen in een breed scala aan ontwerpen, die goed realiseerbaar zijn en die hun kwaliteit gedurende lange tijd behouden.

1.4 Aanpak

Centraal in het onderzoek staan recente praktijkervaringen. Deze worden op twee manieren verzameld:

- Door twee open workshops met een brede vertegenwoordiging uit de bouwsector (bouwbedrijven, adviesbureaus, toeleveranciers, etc.). De eerste workshop bij de start van het onderzoek, zodat deze mede richtinggevend kan zijn; de tweede om feedback te genereren op de concept-rapportage.
- Door een analyse van recent gerealiseerde praktijkoplossingen. Deze oplossingen worden aangedragen door een 'implementatiegroep', een werkgroep van bouwbedrijven die ervaring heeft met goede schilisolatie ($R_c > 5 \text{ m}^2\text{K/W}$). Er worden in totaal zes projecten betrokken bij deze beoordeling: van alle zes worden de details en realisatie besproken met alle bouwbedrijven gezamenlijk, bij drie wordt bovendien de bouwplaats bezocht.

Alle input uit de praktijk wordt door Nieman geanalyseerd en beoordeeld en waar nodig voorzien van een nadere onderbouwing. Deze rapportage vormt de weerslag van het totale proces.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 treft u een samenvatting aan van de zaken uit de plenaire workshops (startbijeenkomst en slotbijeenkomst) die van invloed zijn geweest op het onderzoek. Een volledig verslag van beide bijeenkomsten treft u aan als bijlage.

Hoofdstuk 3 betreft de beschrijving van de zes praktijkprojecten. In hoofdstuk 4 wordt een analyse gegeven van de gevelconstructies van deze projecten en worden de aandachtspunten uit het praktijkonderzoek beschreven. Hoofdstuk 5 betreft soortgelijke aandachtspunten maar dan voor de overige delen van de thermische schil, voor zover relevant voor het onderzoek.

Hoofdstuk 6 geeft een nadere meer theoretische analyse van de robuuste thermische schil naar aanleiding van de zaken die in het praktijkonderzoek naar voren zijn gekomen. In hoofdstuk komt een aantal gerelateerde aandachtspunten aan de orde, die in breder verband relevant zijn voor het onderzoek en het daarmee beoogde doel.

Tot slot geeft hoofdstuk 8 de conclusies en aanbevelingen.

Hoofdstuk 2 Gegevens uit de workshops

2.1 Inleiding

Op 29 augustus 2012 is bij Nieman Raadgevende Ingenieurs een workshop gehouden. Aanwezig waren diverse stakeholders uit de bouwkolom, die zich hadden aangemeld via het secretariaat van het Lente-akkoord. Gespreksthema was de concrete praktijk van het bouwen met een isolatiewaarde van $R_c=5,0$. Het gesprek vormde de aftrap waarin het onderzoeksveld alvast met elkaar werd verkend. De sfeer was constructief, levendig en positief kritisch.

Na afronding van het concept-rapport is op 22 november 2012 een tweede workshop gehouden. Daarin werden de resultaten van de projectbezoeken besproken en is gediscussieerd over de voorlopige conclusies. Een volledig verslag van beide bijeenkomsten treft u als bijlage aan. Onderstaand in twee paragrafen de belangrijkste aandachtpunten die uit de workshops naar voren zijn gekomen.

2.2 Input uit de startbijeenkomst

In de startbijeenkomst komt aan de orde dat een goede thermische schil meer is dan een hoge R_c -waarde. In de inleiding is gewezen op de samenhang tussen isolatiewaarde van dichte delen en van het glas en de kozijnen, maar ook met de lineaire warmteverliezen (detaillering) en de kierdichtheid (luchtdoorlatendheid).

Gevel is bepalend

Tijdens de discussie komt naar voren dat de isolatie van de gevel als het belangrijkste onderwerp voor het onderzoek wordt gezien. Zwaarder isoleren van de begane grondvloer kan eenvoudig worden gerealiseerd door bestaande systemen uit te voeren met een dikker isolatiepakket. Voor daken geldt grofweg het zelfde. De leveranciers van elementen voor hellende daken zijn in staat tegen beperkte meerkosten dakelementen met een $R_c > 5$ te leveren; deze maken reeds deel uit van het standaard aanbod. Voor platte daken geldt dat tegen beperkte meerkosten en met geringe aanpassingen aan de details een hogere R_c -waarde gerealiseerd kan worden.

Voor de gevel ligt dat anders. Dat heeft een groot aantal oorzaken; genoemd worden:

- grote aantal aansluitingen met andere bouwdelen;
- consequenties van dikker gevelpakket werken door in o.a. fundering, inbouwwijze van kozijnen, toepasbaarheid van geveldraggers, type spouwankers, etc.;
- de dikte van de gevel werkt door op de beschikbare binnenruimte (als de buitenmaten vaststaan) of het ruimtebeslag van het gebouw (als het binnenoppervlak vast ligt);
- consequenties voor architectuur, daglichttoetreding, etc.;
- de voorkeur voor een oplossing met een steenachtig buitenblad;

- de 'onmogelijkheid' zwaardere isolatiewaarden te realiseren in bijvoorbeeld de zijwang van een dakkapel.

De discussie spitst zich toe op een aantal aspecten van de gevelisolatie:

- materiaalkeuze van isolatiemateriaal in samenhang met het casco-systeem en de gevelafwerking;
- consequenties voor realisatie;
- kosteneffectiviteit van isolatiematregelen.

Materiaalkeuze

In principe is elke isolatiewaarde met elk materiaal haalbaar, maar in de praktijk gaat het in hoofdzaak om de keuze tussen minerale wol en harde schuimplaten (PIR of resolschuim). De beide materialen hebben een verschil in λ -waarde (lambda-waarde, warmtegeleidingscoëfficiënt). Grofweg ligt deze voor minerale wol tussen 0,32 en 0,36 W/mK en voor resol- en PIR-schuim tussen 0,20 en 0,24 W/mK. Met deze schuimen is dus dezelfde isolatiewaarde te realiseren met een beperktere dikte. Er speelt echter een groot aantal andere zaken, zoals de verwerkbaarheid, de overige materiaaleigenschappen en de prijs.

De aanwezigen zien een scheiding in twee groepen. Bij elementenbouw in hout (zowel gevelsluitende elementen als volledig houtskeletbouw) kiest men voor minerale wol, bij steenachtige binnenbladen voor schuimplaten. Bij de projectbezoeken wordt dat beeld getoetst.

Enkele aanwezigen maken zich zorgen over het beperkte aantal fabrikanten van de harde schuimplaten; in de praktijk zijn dat er slechts twee, terwijl de keus (en dus de concurrentie), bij andere materialen groter is.

Ten aanzien van de gevelafwerking is een groot aantal aanwezigen het eens dat de oplossing met een gemetseld buitenblad bepalend is voor de materiaalkeuze. Anderen betogen dat er goede oplossingen zijn met gevelbekleding en met buitengevelisolatie met een afwerking van stuc of steenstrips. Dat wordt niet ontkend, maar men wijst op de beperkte acceptatie daarvan door 'de markt'. Daarbij gaat het hier om partijen als ontwikkelaars en beheerders die een bepaalde voorkeur van de eindgebruiker veronderstellen.

Realisatie

Gewezen wordt op de ingrijpende consequenties voor de gevel bij een $R_c > 5$. Welke oplossing men ook kiest, er kan niet zonder meer worden uitgegaan van vertrouwde oplossingen. Zonder uitputtend te zijn, en in willekeurige volgorde, worden de volgende zaken genoemd:

- De detaillering moet worden aangepast.
 - Bij de keuze voor minerale wol neemt de spouwbreedte toe. Dat betekent gewijzigde fundering, andere spouwankers, andere aansluitdetails bij kozijnen, etc.
 - Bij de keuze voor schuimplaten moet het detail worden aangepast aan de andere eigenschappen van een harde schuimplaat ten opzichte van een wolplaat; maatvoering

wordt essentieel, schuine zijden zijn lastig te maken en de aansluiting bij geveldragers vraagt 'creativiteit'.

- Tijdens het ontwerp wordt nog onvoldoende rekening gehouden met de consequenties voor de gevel. Met gaat uit van traditionele details, bekende geveldikten en oude besteksomschrijvingen.
- Een hogere schilisolatie gaat samen met een verbeterde kierdichtheid. De noodzaak hiervan wordt onderkend (Noot: dit komt elders in het rapport aan de orde). Het vraagt een andere manier van detailleren en bouwen. De consequenties hiervan kunnen groter zijn dan die van de andere maatvoering.

Dit aspect zal tijdens de projectbezoeken nader uitgewerkt worden.

Kosteneffectiviteit

De aanwezigen verschillen van mening over de vraag naar de kosteneffectiviteit van de voorgestelde verhoging van de grenswaarde in het Bouwbesluit naar $R_c = 5$. Ruwweg worden twee standpunten verdedigd:

- 'De schilisolatie moet worden beoordeeld op basis van het effect op de energieprestatie.' Dan worden de investeringskosten vergeleken met die van andere maatregelen.
- 'De schilisolatie moet worden geoptimaliseerd op basis van de *total costs of ownership*.' Maatregelen aan de schil krijgen dan de voorkeur boven installatietechnische zaken.

De kosten van het verhogen van de R_c staan bij dit onderzoek niet centraal, hierover zijn reeds diverse studies verschenen. Desondanks adviseren de aanwezigen het onderwerp niet geheel te negeren. Enkele aanwezigen wijzen erop dat studies vaak gekleurd zijn door de opdrachtgever en pleiten voor een aanvullende opdracht aan een onafhankelijk kostendeskundige. Een van de aanwezigen houdt een pleidooi voor de grenswaarde van $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ in plaats van de voorgestelde $5,0$, omdat dit aanzienlijk minder kosten met zich meebrengt.

Bredere context

Overigens was er een breed gedragen gevoel dat het verzwaren van de isolatie naar $R_c=5$ vooral moet worden gezien als een kwaliteitsverbetering in de bouw. Het 'stuk praten' van zo'n innovatie met kostendiscussies doen we in Nederland te vaak, en doet geen recht aan legitieme kwaliteitsimpulsen.

Ook benoemden diverse aanwezigen het belang van een goed ontwerp. De thermische schil is pas de derde stap. Oriëntatie en overall-ontwerp van een gebouw krijgen vaak te weinig aandacht. Een slecht ontworpen gebouw kun je niet alsnog echt energiezuinig maken met een goede thermische schil en slimme installaties.

2.3 Bevindingen tijdens de slotbijeenkomst

Tijdens de slotbijeenkomst op 22 november is een groep van ca. 30 belangstellenden uit het vakgebied geïnformeerd over het verloop van het onderzoek en de voorlopige conclusies. Deze conclusies zijn gepresenteerd om na te gaan of de zaken die bij de projectbezoeken zijn geconstateerd ook breder in de bouw weerklink vinden. De projecten betreffen immers een kleine en selecte steekproef en er mag niet zonder meer worden verondersteld dat deze representatief zijn.

Algemeen

Bouwen met een R_c van 5 of hoger is in ons land inmiddels geen zeldzaamheid meer. De zes onderzochte locaties laten zien dat zulke isolatiewaarden in het algemeen realiseerbaar zijn. We moeten daarbij aantekenen dat de deelnemende bouwbedrijven tot de voorlopers behoren.

In het algemeen constateren we dat het realiseren van daken en vloeren met een R_c van 5 geen noemenswaardige problemen oplevert, maar dat in de gevels knelpunten voorkomen. Bij gevels zien we bij de onderzochte projecten de volgende opbouw:

- Binnenblad: steenachtig materiaal of houtskeletbouw (HSB);
- Spouwisolatie: minerale wol of hardschuim platen;
- Buitenblad: baksteen of dunne bekleding met uiteenlopende materialen.

De isolatiewaarde van $R_c = 5,0$ kan zowel met minerale wol als met hardschuim worden bereikt. De keuze wordt, zo rapporteren de deelnemers, niet primair bepaald door de kosten van het isolatiemateriaal, maar door de kosten van de noodzakelijke aanpassingen aan geveldraggers, ankers en detaillering.

Opvallend is dat er geen projecten met een vorm van buitengevelisolatie of een andere monolitische gevelopbouw deel uitmaken van het onderzoek.

Bouwplaatsbezoeken

Bij de bouwplaatsbezoeken viel op dat de bouw technische vorderingen maakt. Er wordt, tenminste op de bezochte projecten, zorgvuldig gebouwd. Desondanks constateren we op een aantal plekken in de bouwschil thermische verzwakkingen. De meest voorkomende:

- De ondergrond (begane grondvloer, buitenoppervlak van binnenspouwblad) is niet vlak genoeg, waardoor moeilijk te dichten naden ontstaan, of waardoor de isolatie niet goed aansluit (gevaar voor een valse spouw).
- Isolatieplaten wordt slordig verwerkt, waardoor naden ontstaan.
- Problemen met de detaillering van allerlei aard.
- Verwerken van isolatie rondom stalen geveldraggers; hier lijkt innovatie of verbetering hard nodig.
- De ophanging en aansluiting van galerijen, balkons, luifels en dergelijke.
- Rond kozijnen (aansluiting met gevelvlak, rekjes) treden flinke verzwakkingen op.

Dit lijken zeer uiteenlopende problemen, maar in hun essentie samengevat zijn het er eigenlijk drie:

1. Lineaire warmteverliezen;
2. Niet optimaal ontworpen of uitgevoerde aansluitdetails, waaronder ook de kierdichting;
3. Aanbrengen van isolatie ('isoleren is een vak')

Voor de goede orde, die kwesties waren er vroeger ook al, maar toen telden ze minder zwaar mee. Bij een slecht geïsoleerde woning maakt een wat minder goede kierdichting, of wat extra warmteverlies in een aansluiting, immers niet zoveel uit. Maar bij energiezuinige woningen gaan onvolkomenheden zwaarder meetellen.

Lineaire warmteverliezen

Voor de energieprestatie van de gebouwschil is de isolatiewaarde (R_c) niet de enige factor van betekenis. Ook de U-waarde van glas en kozijnen heeft een grote invloed op de energieprestatie. Minder bekend is de invloed van lineaire warmteverliezen, uitgedrukt in de 'Psi-waarde' ψ .

Uit het onderzoek dringt zich het beeld op dat de werkelijke lineaire verliezen in de bouwpraktijk veel groter zijn dan je op grond van referentiedetails zou verwachten. De ψ speelt geen directe rol in de R_c -waarde, maar in de EPC-berekening worden deze verliezen wel degelijk meegerekend door middel van een forfaitaire toeslag.

Natuurlijke ventilatie

Tijdens de bezoeken is regelmatig gesproken over de comfortaspecten van natuurlijke ventilatietoever. Verschillende partijen benadrukken dat natuurlijke toevoer bij energiezuinige woningen kritischer wordt, omdat de verwarming vaak 'uit' staat. Of dat zal leiden tot het kiezen voor andere ventilatiesystemen, bijvoorbeeld met warmteterugwinning, daar zijn de deelnemers het onderling niet over eens. Enerzijds wordt er op gewezen dat natuurlijke toevoer zelden leidt tot klachten en gebalanceerde ventilatie regelmatig, hoewel uit onderzoek blijkt dat beide systemen in de praktijk vaak niet aan de eisen voldoen. Andere partijen zijn er van overtuigd dat bij een stijgende isolatiewaarde partijen steeds meer zullen kiezen voor systemen met warmteterugwinning uit het oogpunt van comfort en energieprestatie. Er is wel overeenstemming dat hiervoor geen strakke scheidslijn bestaat. Bij $R_c = 5$ zullen veel partijen blijven kiezen voor natuurlijke toevoer van ventilatielucht via de gevel.

Samenvattende conclusies

Tijdens de bijeenkomst heeft Nieman de volgende (voorlopige) conclusies gepresenteerd:

- $R_c=5$ is in de praktijk nu kostenefficiënt te realiseren in begane grondvloer en dak.
- $R_c=5$ in de gevel is technisch mogelijk, maar
 - de kostenconsequenties zijn afhankelijk van bouwsysteem en materialisatie;
 - de effectieve energiezuinigheid hangt af van detaillering, schematisering en bouwqualiteit
 - of er een optimale energiezuinigheid wordt gerealiseerd hangt er van af of kierdichtheid en U-waarde een gelijksoortig niveau hebben;



- of het optimaal comfort oplevert voor bewoners en andere eindgebruikers hangt af van verbeterde kierdichtheid en de manier van ventilatietoever.

Hoofdstuk 3 Input projecten

3.1 Omschrijving input

In de volgende paragrafen wordt per project de input weergegeven. Voor zover bekend wordt de opbouw van de thermische schil weergegeven met de bijbehorende R_c -waarden en U-waarden. Ook wordt inzicht gegeven in de EPC-waarden. In bijlage 2 zijn per project de kenmerkende details opgenomen waaruit blijkt hoe diverse aansluitingen in de praktijk worden gerealiseerd.

3.2 BAM woningbouw – 124 woningen en 76 appartementen te Hoogvliet

3.2.1 Opbouw dichte delen

- Vloer: 350 mm ribbenvloer - 50 mm afwerkvloer ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Kopgevel: 100 mm baksteen – 45 mm luchtspouw – 100 mm PIR + 20 mm minerale wol – 150 beton ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Langsgevel: 100 mm baksteen – 47 luchtspouw – 213 HSB wand met minerale wol ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Hellend dak: 220 mm minerale wol ($R_c = 5,1 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Plat dak: gemiddeld 180 mm isolatie -type onbekend ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Wang dakkapel: circa 130 mm minerale wol ($R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- De gevels en vloeren naar de aangrenzend onverwarmde ruimte (AOR) hebben een isolatiewaarde van $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

3.2.2 Robuuste thermische schil?

- U-glas; HR⁺⁺-glas = $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-deur = $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Infiltratie: $q_{v,10} = 0,360 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$, uit metingen moet blijken of deze waarde daadwerkelijk is behaald.

3.2.3 EPC-waarde

De EPC-waarden van de woningen liggen tussen de 0,53 en de 0,60. De appartementengebouwen hebben een EPC-waarde van 0,60.

3.3 Bouwbedrijf Boot – 57 woningen te Teteringen

3.3.1 Opbouw dichte delen

- Vloer: 360 mm ribbenvloer - 70 mm afwerkvloer ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Gevel: 100 mm baksteen – 40 mm luchtsponw – 100 mm Resol hardschuim – 100 mm kalkzandsteen ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Hellend dak: 235 mm glaswol ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Wang dakkapel: opbouw onbekend ($R_c = 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)

3.3.2 Robuuste thermische schil?

- U-glas; 3-voudig glas = $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Infiltratie: $q_{v,10} = 0,400 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$, uit metingen moet blijken of deze waarde daadwerkelijk is behaald.

3.3.3 EPC-waarde

De EPC-waarde van de woningen is 0,32.

3.4 VDM Wonen – 80 woningen te Sneek

3.4.1 Opbouw dichte delen

- Vloer: PS-isolatievloer ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Gevel: 18 mm gevelbeplating – 34 mm luchtsponw – 50 mm PIR isolatie – 15 mm plaatmateriaal – 135 mm minerale wol – 15 mm gipsplaat ($R_c = 5,6 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Hellend dak: opbouw onbekend ($R_c = 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Plat dak: 80 – 160 mm PIR afschotisolatie ($R_c = 5,1 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Wang dakkapel: opbouw onbekend ($R_c = 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)

3.4.2 Robuuste thermische schil?

- U-glas; HR⁺⁺-glas = $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-deur = $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Infiltratie: richtwaarde $q_{v,10} = 0,625 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$, uit metingen blijkt dat de $q_{v,10} = 0,367 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$

3.4.3 EPC-waarde

De EPC-waarden van de woningen liggen tussen de 0,49 en de 0,50.

3.5 Amvest / Koopmans – 32 appartementen te Vleuterweide

3.5.1 Opbouw dichte delen

- Vloer: 320 mm kanaalplaat vloer – 30 mm isolatie – 60 mm afwerkvloer ($R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Gevel: 100 mm baksteen – 30 mm luchtsponw – 130 mm Resol hardschuim – 214 mm kalkzandsteen ($R_c = 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Plat dak: 150 mm resolschuim of 230 mm EPS ($R_c = 7,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- De gevels naar de aangrenzend onverwarmde ruimte (AOR) hebben een isolatiewaarde van $R_c = 2,8 \text{ m}^2\text{K/W}$.

3.5.2 Robuuste thermische schil?

- U-glas; 3-voudig glas = $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-deur = $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Infiltratie: $q_{v,10} = 0,400 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$, uit metingen moet blijken of deze waarde daadwerkelijk is behaald.

3.5.3 EPC-waarde

Het appartementengebouw heeft een EPC-waarde van 0,60.

3.6 Planhus – woonhuis te Leeuwarden

3.6.1 Opbouw dichte delen

- Vloer: opbouw onbekend ($R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Gevel: gevelbeplating – luchtsponw – HSB met minerale wol – gipsplaat ($R_c = 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Hellend dak: opbouw onbekend ($R_c = 6,7 \text{ m}^2\text{K/W}$)

3.6.2 Robuuste thermische schil?

- U-glas; 3-voudig glas

- Infiltratie: $q_{v,10} = 0,980 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$, uit metingen moet blijken of deze waarde daadwerkelijk is behaald.

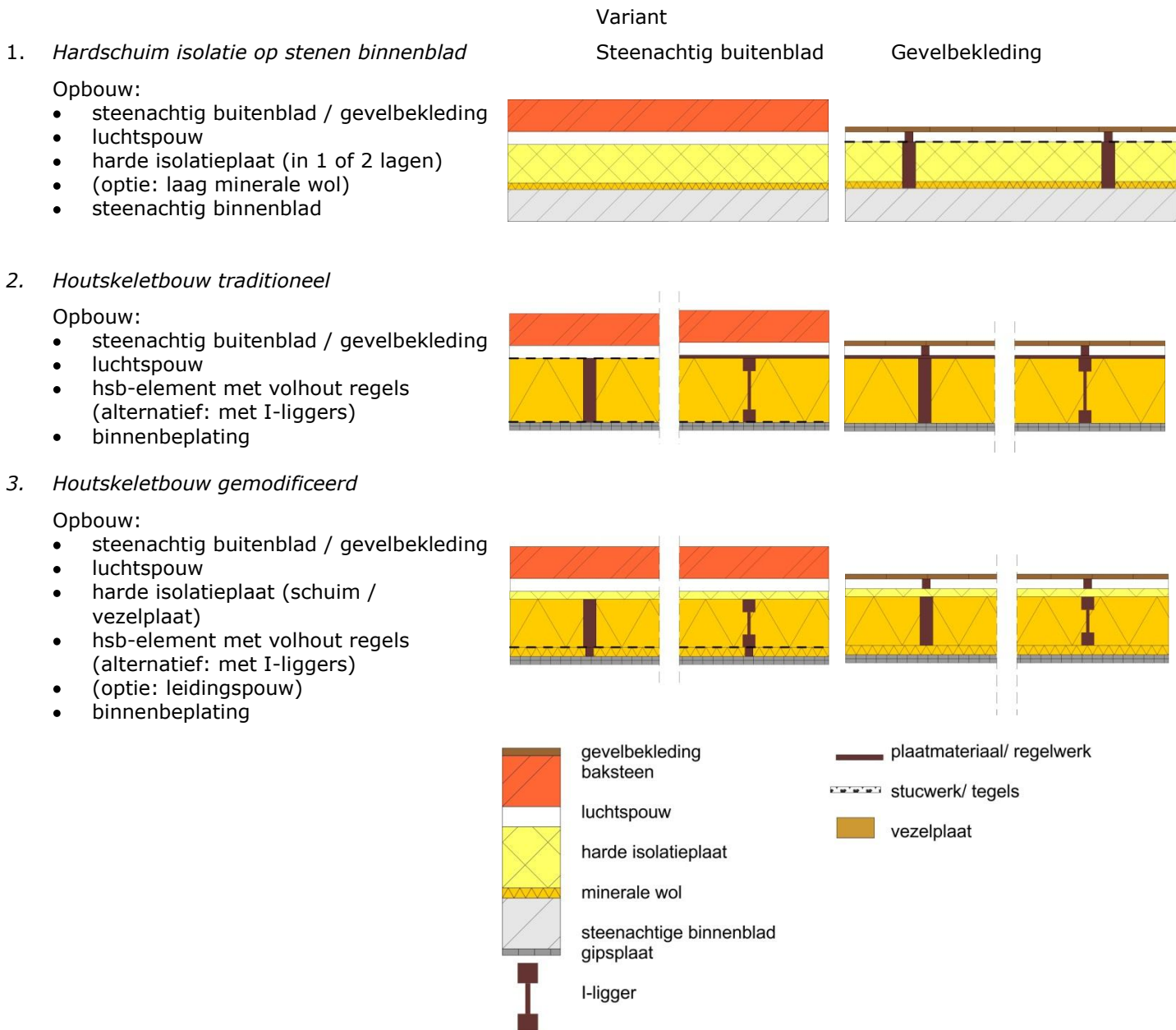
3.6.3 EPC-waarde

De woning heeft een EPC-waarde van -0,21.

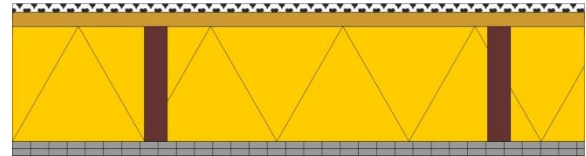
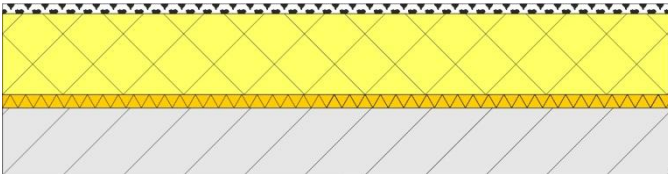
Hoofdstuk 4 Gevelconstructies

4.1 Opbouw gevelconstructies

De opbouw van gevelconstructies in de deelnemende projecten is grofweg onder te verdelen in de volgende typen:



Daarnaast zijn vanzelfsprekend ook oplossingen met een stucafwerking, tegels of dergelijke denkbaar. Deze vormen als het ware een derde kolom in bovenstaande matrix. Deze zijn echter in de onderzochte projecten niet toegepast en daarom niet in het overzicht opgenomen.



Gevelopbouw alternatieven:

Stucwerk of tegels op harde schuimplaat
op steenachtig binnenblad

Stucwerk of tegels op HSB-element
met harde buitenplaat

Een aspect van de gevelopbouw vraagt nog aandacht: de mate van ventilatie van de spouw. Dit speelt bij zowel gevelmetselwerk als bij het grote scala aan beplatingen en bekledingsmaterialen. Ventilatie van de spouw voor afvoer van damp uit de gevel (c.q. de achterliggende woning) is niet aan de orde. De functie van de spouw verschilt verder tussen een metselwerk gevel en een beklede gevel.

- Bij metselwerk is de spouw primair bedoeld voor drukvereffening en voor afvoer van doorgeslagen vocht. Vroeger had de spouw ook een functie in het drogen van het buitenblad; de steen droogde naar de lucht en naar de spouw. In de spouw ontstond een relatief aanzienlijke luchtstroom, mede door de opwarming vanuit de woning. Door de isolatiepakketen valt dit effect in de winter helemaal weg. Zeker met een moderne steen is dat geen probleem. Blijft de afvoer van het vocht. Hiervoor uitsluitend open stootvoegen of vergelijkbare voorzieningen noodzakelijk aan de onderzijde van een metselwerkvlak. Dat geldt dus ook boven kozijnen en dergelijk. Hiervoor zou een spouw van ca. 2 cm in theorie volstaan. De spouw kent echter een praktische maat die iets groter is: 3 tot 4 cm. Op die manier kan de metselaar zijn vingers om de steen plaatsen bij het verwerken. Een geventileerde spouw is dus niet noodzakelijk. Daarmee kan de spouw achter metselwerk een zekere bijdrage leveren aan de R_c .
- Bij de meeste plaatmaterialen en andere plank- en plaatvormige bekledingen is de ventilatie wel van belang voor de vochthuishouding in het gevelmateriaal, bijvoorbeeld om kromtrekken te voorkomen. Hier is een geventileerde spouw dus wel noodzakelijk. Deze spouw valt daarom buiten de R_c -berekening.

4.2 Materiaalkeuze isolatiemateriaal

In de materiaalkeuze voor de gevelisolatie is in de onderzochte projecten een duidelijk onderscheid waar te nemen. Bij de HSB-projecten en de projecten met prefab houten gevelsluitende elementen is gekozen voor minerale wol. Bij een steenachtig binnenblad voor harde schuimplaten met een hoge isolatiewaarde (PIR- en resolschuim).

In projecten met een lagere isolatiewaarde (globaal tot R_c ca. 4-4,5) wordt er in de praktijk veel meer gekozen voor minerale wol, ook bij een steenachtig binnenblad. Naast de kosten speelt een aantal andere zaken een rol. Minerale wol wordt traditioneel gekozen vanwege een aantal eigenschappen: verwerkbaarheid (o.a. op niet geheel vlakke ondergrond en bij doorbrekingen, hoeken en geveldragers), eenvoudige aansluitingen door indrukbaarheid en flexibiliteit, bijdrage aan de brandveiligheid en aan de akoestische kwaliteit (met name bij de bouwmuur en woningscheidende vloeren). Een aantal minder positieve eigenschappen (lagere isolatiewaarde, vezelstructuur) weegt hier niet tegenop. De ervaring met het materiaal is kortom per saldo positief. Omgekeerd worden de genoemde voordelen van minerale wol in de praktijk ervaren als nadeel van harde schuimplaten.

Deze materiaalkeuze is bij de onderzochte projecten dus ingrijpend gewijzigd. Navraag leert dat bouwbedrijven om een hogere isolatiewaarde te realiseren, primair kiezen voor het handhaven van de maatvoering van de spouw tussen binnen- en buitenblad. Door dit principe hoeven beproefde aansluitingen (fundering, kozijnen, geveldragers, spouwankers) niet gewijzigd te worden. Op dit vlak worden door de bedrijven opmerkelijke uitspraken gedaan tijdens de projectbezoeken:

- 'de keuze voor harde schuimplaten is een noodsprong'
- 'de maximale hogere R_c die we kostenefficiënt kunnen realiseren hangt af van de maximale maat van de beste kwaliteit minerale wol die in de traditionele spouw past; dan kom je op een $R_c = 4,5$ '.

Ook wordt gewezen op het beperkte aantal leveranciers van harde schuimplaten met een hoge isolatiewaarde, waardoor er aan getwijfeld wordt of het aanbod voor dit materiaal wel voldoende concurrerend is.

Toch worden de projecten met harde schuimplaten gerealiseerd. Deze materiaalkeuze heeft consequenties voor detailontwerp en voor de realisatie. De eerder genoemde nadelen van deze materiaalkeuze moeten daarmee worden opgevangen. Uit de projectbezoeken blijkt hoe deze keuze voor de bezochte projecten uitpakt. Deze onderwerpen worden behandeld in paragraaf 4.3 en 4.4.

4.3 Aandachtspunten projectdetails

Tijdens het bestuderen van de details en de projectbezoeken zijn een aantal aandachtspunten naar voren gekomen die een belangrijke rol spelen bij het behalen van de beoogde R_c -waarden en de aanwezige lineaire warmteverliezen.

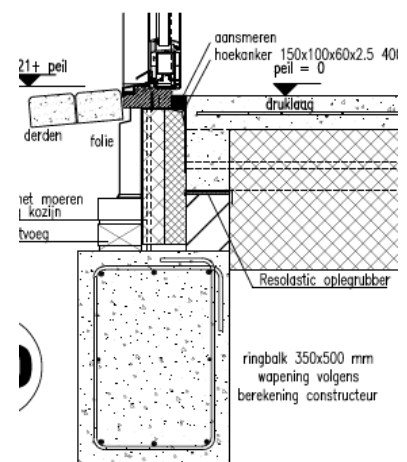
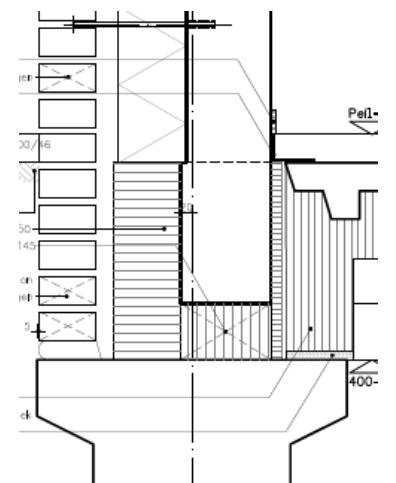
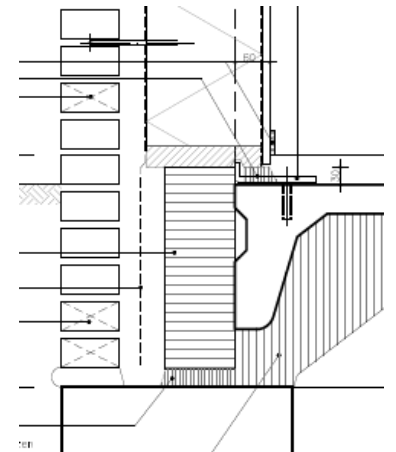
4.3.1 Funderingsaansluiting

De fundering moet aangepast worden aan de maatvoering van het bovenliggende buitenblad. Bij een grotere spouwbreedte (= maat van luchtspouw + isolatie) is een aanpassing van de maat van de funderingsbalk noodzakelijk.

Bij de aansluiting van een HSB-element valt bovendien op dat het element, ten opzichte van een smaller element met lagere R_c -waarde, meer naar buiten is geplaatst. De plaats van de ondersteuning en verankering is gelijk gehouden en het element is als het ware naar buiten toe verbreed. Hierdoor verschuift het zwaartepunt. De hier getoonde oplossing is gebruikelijk, zeker bij gevelsluitende elementen. De stabiliteit van de element tijdens de uitvoering en de constructieve ondersteuning vragen daarom extra aandacht.

Andere aandachtspunten zijn:

- Luchtdichte aansluiting:
 - luchtdichte afdichting gevel/vloer is kritisch, in de standaardoplossing en zeker bij aansluiting met puien (geen afbeelding);
 - De vloerranden zijn in de praktijk veel minder strak dan getekend uitgevoerd;
 - Een van de bij het onderzoek betrokken bedrijven kiest er voor om de constructieve deklaag van de b.g.-systeemvloer te vlianderen, zodat een vlakke en maatvastе basis ontstaat. De naad vloer/gevel is dan betrekkelijk eenvoudig goed luchtdicht uit te voeren. Deze afwerking vervangт een traditionele dekvloer of vloevloer.
- Peil; maatvoering t.o.v. hoogte peil en maaiveld (waterdichtheid)
 - Ter plaatse van de voordeur (en andere 20 mm details) bevindт de onderdorpel zich onder het niveau van het straatwerk. Afhankelijk van de uitvoering kan hier 'hout onder maaiveld' voorkomen.



4.3.2 Rekjes boven kozijnen

In veel projecten wordt er boven het kozijn een rekje geplaatst. Deze rekjes overbruggen de afstand tussen bovendorpel en onderzijde vloer. Het rekje is constructief een vulelement, maar voorkomt (afhankelijk van het type binnenblad) dat er een lateiconstructie nodig is. De rekjes worden ook gebruikt om ventilatieroosters uit het zicht te kunnen monteren.

De R_c -waarde van deze rekjes is in de meeste gevallen lager dan de R_c -waarde van gevel. De rekjes vormen een lineair warmteverlies (koudebrug). De vraag is of deze rekjes op een juiste manier in de R_c -, de EPC- en de warmteverliesberekening worden meegenomen. Daarnaast signaleren we in de onderzochte projecten dat er rondom de rekjes uitvoeringsproblemen zijn.

Lagere R_c

De lagere R_c -waarde is het gevolg het houtpercentage in de rekken. Mogelijke oplossingen voor de plaatselijk lagere R_c -waarde zijn:

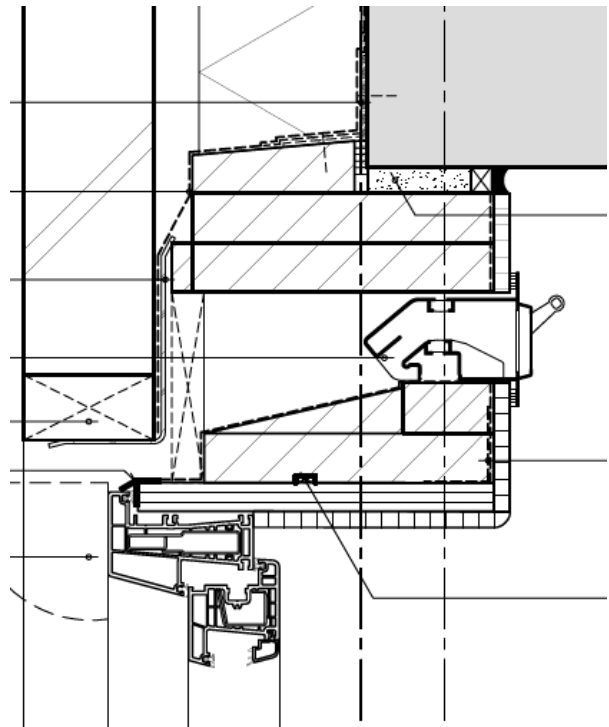
- Het rekje meerekenen in de lineaire koudebrug;
- Het rekje als U-waarde invullen (gelijk stellen aan ramen, deuren of kozijnen).

Hiervoor is een formele nadere aanwijzing gewenst in de normen (thermische isolatie -NEN 1068- en energieprestatie -NEN 7120-). Dit wordt verder behandeld in 6.1.4 en 6.1.5.

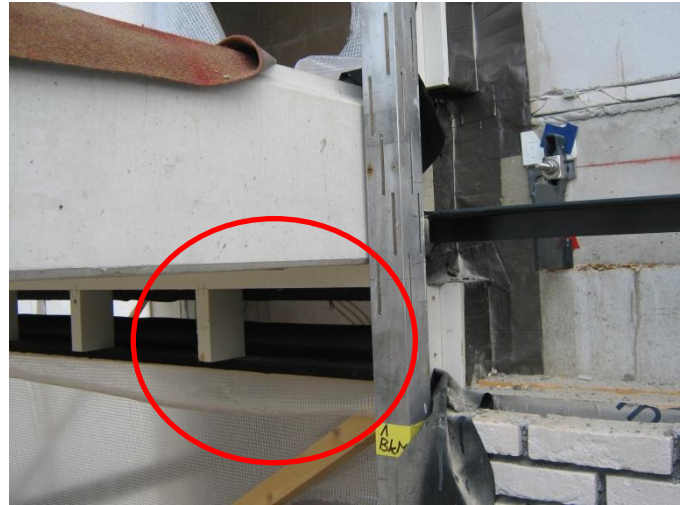
Uitvoerbaarheid

Een tweede knelpunt is de uitvoerbaarheid.

- De rekken worden veelal in het werk voorzien van stroken isolatiemateriaal en ter plaatse afgewerkt. Het passend maken van die stroken vraagt aandacht en precisie. Wordt gewerkt met harde schuimplaten dan ontstaat een groot aantal naden, die elk moeten worden afgepuurd.



- De aansluiting rondom is vergelijkbaar met die van puin. Een naadloze aansluiting van het isolatiemateriaal is vereist. Bij de stijlen en de onderdorpel vraagt dit al de nodige aandacht, bij de bovendorpel nog meer door de combinatie met waterkerende folies en geveldragers of lateien. Met name bij harde schuimplaten gaat dit niet zonder meer goed en ontstaat eenvoudig een doorgaande naad, die een thermisch lek vormt. In de praktijk wordt daarom de aansluitnaad afgepurd, of worden de platen in PUR-schuim geweld.
- De aansluiting aan de bovenzijde is afwaterend uitgevoerd. De isolatie moet daarop worden aangesloten. Op tekening sluit die naadloos aan. De vraag is of dat met het gekozen isolatiemateriaal praktisch te realiseren is. Dit doet zich ook voor bij de bovendorpel van een pui.
- Voor meer uitvoeringsaspecten zie ook 4.4 (Uitvoeringsrisico's).

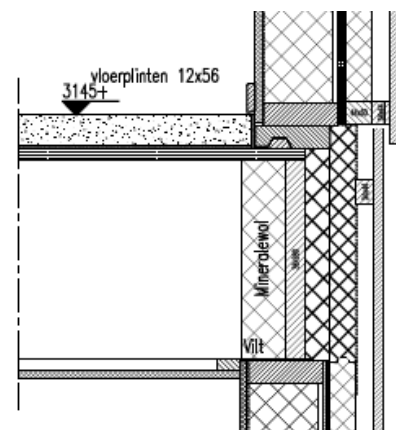
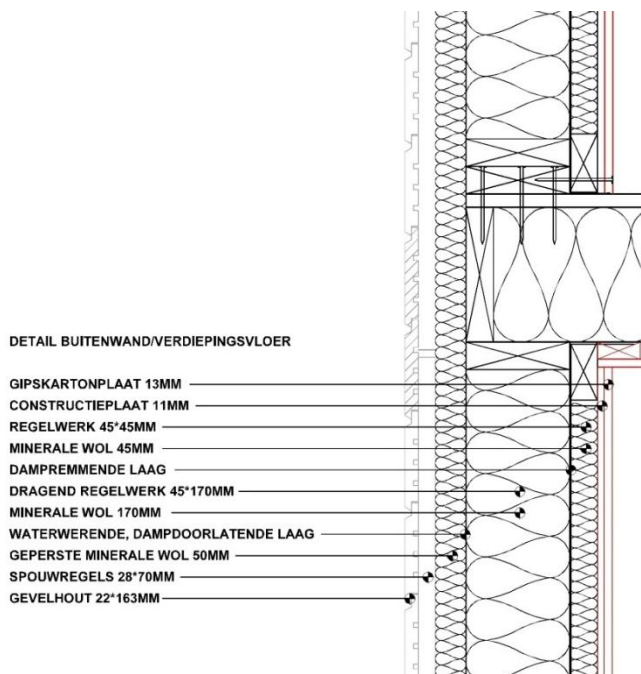


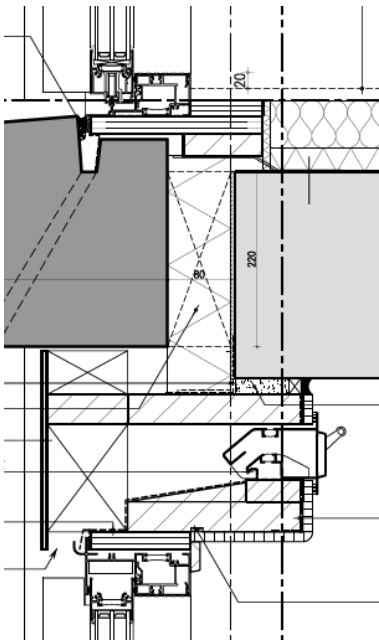
4.3.3 Aansluiting verdiepingsvloer

Ter plaatse van de verdiepingsvloer ontstaat over het algemeen een thermisch zwakke plek. Dit effect is beperkt of zelfs afwezig bij systemen met een steenachtig binnenblad als de buitenzijde van de vloer gelijk gehouden wordt met de buitenzijde van het binnenblad. Het effect is relatief groter bij HSB-systemen, zoals uit de beide details blijkt, omdat de verdiepingsvloer als het ware 'in' de isolatielaag wordt opgelegd.

Of dit effect voldoende wordt meegenomen in de berekening hangt af van de wijze van schematiseren van de gevel. Bij een juiste schematisering wordt het meegenomen in het lineaire warmteverlies (ψ); in 6.1.4 wordt dit nader uitgewerkt.

Merk op dat in dezelfde lijn van de gevel, maar in een andere doorsnede, er vaak een aansluitdetail is met een rekje, zoals behandeld bij 4.3.2.





4.3.4 Galerij- en balkonaansluitingen

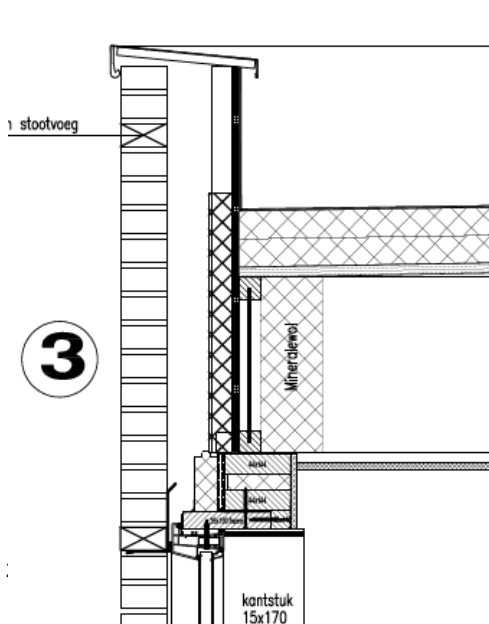
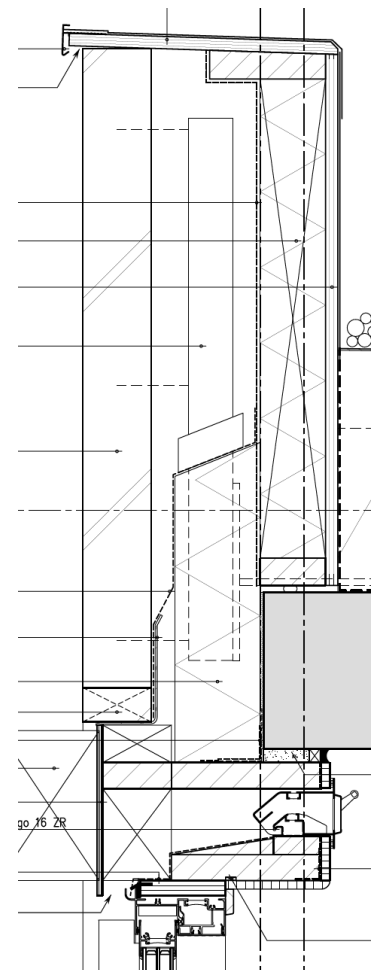
De galerij- en balkonaansluitingen vormen per definitie een thermisch zwakke plek. Tenzij de galerij of het balkon constructief geheel gescheiden is van het gebouw, is er altijd een constructieve koppeling nodig. Deze wordt in de regel gerealiseerd met een speciaal koppellement die de koudebrug minimaliseert ('Isokorf' of vergelijkbaar product). Daarmee wordt voldaan aan de eis uit Bouwbesluit 2012 over de f-factor en is er geen gevaar voor schimmelvorming. Maar de constructie blijft thermisch zwak.

Ook deze aansluiting is onderdeel van de lineaire warmteverliezen, en als zodanig onderdeel van het berekende warmteverlies. In 6.1.4 wordt dit verder toegelicht.

Uit het getoonde detail blijkt overigens duidelijk het belang van deze verliezen. Het deel van de gevel dat niet voldoet aan de R_c -waarde (of de U-waarde in dit geval, er is een pui onder en boven het detail aanwezig) is totaal ca. 0,6 m hoog. Indien het bijvoorbeeld een galerijgevel betreft, is dat globaal 20% van de bruto verdiepingshoogte van ca. 3 m.

4.3.5 Plat dak aansluiting

Ter plaatse van de dakaansluiting is sprake van een lineair warmteverlies. Ook hier is het de vraag of de gerealiseerde oplossing overeen komt met de schematisering die is aangehouden (of verondersteld) in de warmteverliesberekening, en de EPC-berekening. Dat geldt met name waar boven puien rekjes aanwezig zijn en in verhoogde mate als in deze rekjes ook ventilatieroosters aanwezig zijn (door de lagere warmteweerstand die dan ontstaat in combinatie met grotere noodzakelijke hoogte).



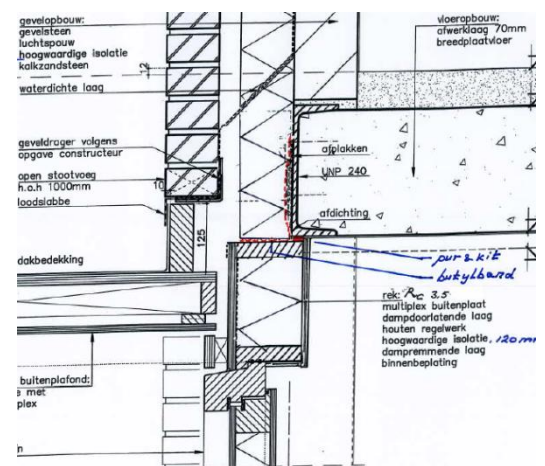
Ook de opbouw van de dakrand zelf kan een thermische verzwakking zijn. In het detail rechts is dat het geval. De aansluiting valt bij schematisering aan de dakzijde volledig samen met de standaard schematiseringslijn: binnenzijde binnenblad. Daarmee lijkt het volledig verwerkt in de waarde voor het lineaire warmteverlies. Opgemerkt wordt dat ter plaatse vaak stalen elementen aanwezig zijn, voor het opvangen van de hoger opgemetselde dakrand. Hoewel deze grotendeels buiten de thermische schil liggen kan er in de praktijk wel sprake zijn van een warmtetransport. De bevestigingsplaten en ankers worden namelijk in de regel onder de dakisolatie aan de dakvloer bevestigd, met enige afstand tot de dakrand. Die invloed komt alleen aan het licht als projectgericht de lineaire warmteverliezen worden berekend, of als de juiste referentiedetails worden gebruikt.

4.3.6 Bijzondere projectgerichte oplossingen

Afhankelijk van de architectuur van een project en de daarvoor gekozen technische oplossingen kunnen op meer plaatsen thermische verzwakkingen ontstaan. Ook kunnen aansluitingen die altijd al een verzwakking vormen, verder worden verzwakt.

In het getoonde detail is dat het geval door de luifel. Hierdoor wordt het rekje boven het kozijn hoger en neemt de hoogte van het aansluitdetail in totaal (en dus van het lineaire warmteverlies) dus evenredig toe.

Overigens vormt het stalen profiel hier geen thermische verzwakking: deze ligt geheel aan de warme zijde van de thermische schil. Wel is het de vraag of de isolatie er strak op kan worden aangesloten of dat ter plaatse een naad zal ontstaan. Dergelijke uitvoeringsaspecten worden behandeld in 4.4.



...

4.4 Uitvoeringsrisico's

De realisatie van een thermische schil met een hogere isolatiewaarde brengt een aantal specifieke uitvoeringsrisico's met zich mee. Voor een belangrijk deel zijn deze afhankelijk van het gekozen isolatiemateriaal, het bouwsysteem of de gevelafwerking. Gesteld kan worden dat in bijna alle combinaties van deze factoren wel een of meer bijzondere risico's is te benoemen. Deze worden hier behandeld. Zaken die samenhangen met de detaillering zijn behandeld in 4.3, zaken die de uitvoering overstijgen worden behandeld in hoofdstuk 7.

4.4.1 Vlakheid ondergrond

De vlakheid van de ondergrond speelt met name een rol bij de combinatie van harde schuimplaten op een steenachtige ondergrond. Hoewel een goed vlakke ondergrond in alle gevallen leidt tot een goed resultaat is dat bij harde materialen een dwingende voorwaarde om het ontstaan van een valse spouw achter de isolatie te voorkomen. Dit is tegenstellig met de traditioneel toegepaste minerale wol isolatieplaten. Een van de redenen voor de traditionele keuze voor minerale wol is juist het vermogen om enige onvlakheid in de ondergrond te kunnen opvangen.

Bij ongewijzigde detaillering en uitvoering ontstaat het risico dat de schuimplaten niet vlak kunnen worden verwerkt en er een valse spouw ontstaat. Daarmee wordt (conform NEN 1068) slechts de helft van wat beoogd en berekend was aan thermische isolatie, ook in de praktijk gerealiseerd.

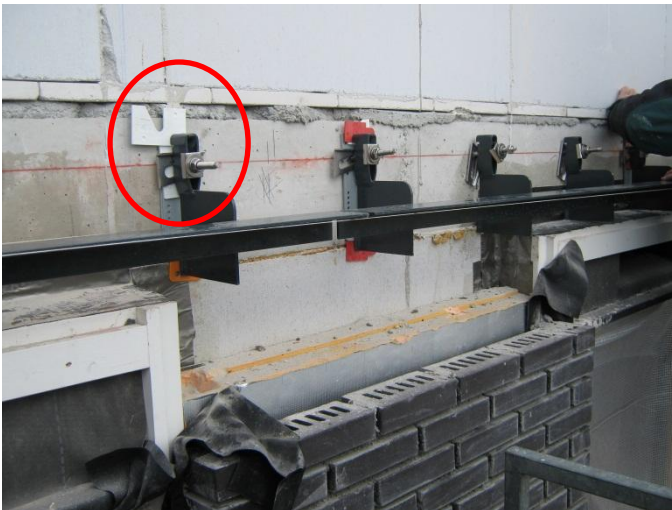


Foto links: Vulplaatjes achter brackets maken goed isoleren nagenoeg onmogelijk

Foto rechts: Isoleren met harde schuimplaten vereist een vlakke ondergrond

Een ander hiermee samenhangend knelpunt zijn kozijnankers en de brackets van geveldraggers.

De meest gebruikte kozijnankers zijn van gevouwen geperforeerd plaatstaal en hebben een geringe dikte. Toch is zelfs dan uitkepen van de isolatieplaten nodig. Maar meer aanpassingen zijn nodig bij de toepassing van vulplaatjes bij brackets van geveldraggers en andere stalen onderdelen in de spouw. Zoals

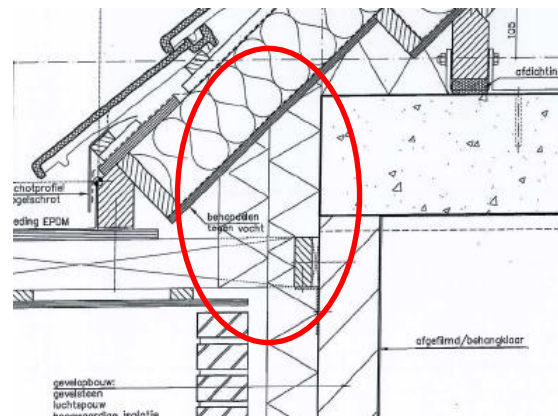
op de linker foto is te zien is er daarbij vaak sprake van de stapeling van een aantal verschillende (en verscheidene) plaatjes van diverse afmeting en materiaal. Daarnaast hebben de toegepaste draadeinden een aanzienlijke overlengte. Voor een optimale thermische schil zouden de vulplaatjes moeten worden pas gesneden en de draadeinden worden ingekort. In de praktijk gebeurt dat niet en wordt uitsluitend het isolatiemateriaal zou nauwkeurig mogelijk gecontramald en afgepurd. Hier is nog veel winst te halen.

4.4.2 Isolatiestroken op bijzondere plaatsen

Te denken valt aan aansluitingen:

- bij de dakvoet
- onder slabbes
- bij geveldraggers
- bij balkons en galerijen

In details worden regelmatig schuin afgesneden stroken isolatie getekend, of moet de isolatie pas worden gesneden. In de praktijk zijn deze details uiterst lastig te realiseren.



De meest bekende plek is de dakvoet (aansluiting van de kap op de gevel), maar ook als ondersteuning van waterdichte lagen komen schuin gesneden stroken isolatiemateriaal in detailtekeningen voor. In de uitvoeringspraktijk wordt het dakvoetdetail in de regel volgepropt met (rest)stroken minerale wol. Bij een project met schuimplaten zijn die niet voor handen (nog afgezien van de vraag of die oplossing aanvaardbaar is). In een van de bezochte projecten wordt een dergelijk detail opgelost met stroken schuim, maar vooral een aanzienlijke inzet van de PUR-bus.



Foto boven: Isoleren tussen de brackets van een geveldrager is lastig uitvoerbaar (zie ook 4.4.1.)

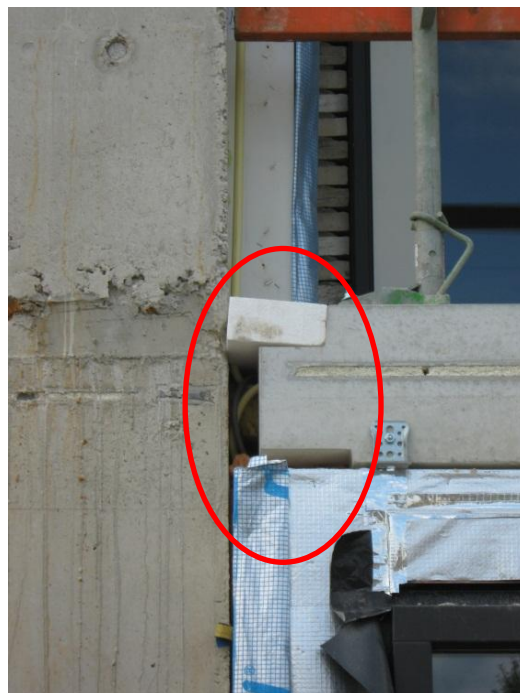


Foto rechts: Ter plaatse van een inpandig bordes en een omlopende thermische schil ontstaan lastig te isoleren uitvoeringsdetails.

4.4.3 Doorbrekingen in de schil

Bij het bezoek aan de projecten viel op dat er in alle projecten de nodige extra aandacht werd besteed aan het kierdicht uitvoeren van aansluitingen. Des te opvallender was het te constateren dat op een aantal plaatsen leidingen door de thermische isolatie voeren zonder voldoende (herstel van) de luchtdichting. Opgemerkt moet worden dat het hier een fase in de ruwbouw betreft en dat bij beide getoonde foto's de dekvloer nog moet worden aangebracht. Toch zal het niet eenvoudig zijn de vloer voldoende af te dichten naast de (deels ingezaagde) prefab meterkastvloer. Gesignaleerd wordt dat, waar er voldoende aandacht is voor de bouwkundige afdichting, het leidingwerk voor knelpunten zorgt.



4.5 Kosten

Hoewel specifieke kostentechnische berekeningen geen deel uitmaken van het onderzoek, is het goed om hier toch in het rapport enige aandacht aan te schenken. Te meer daar de meningen van de participanten in het onderzoek op dit punt sterk verschillen. Aan het ene uiterste staan bedrijven die een R_c waarde van 5 of hoger nu reeds standaard hanteren in de bedrijfsvoering en geen kostenstijging ervaren. Aan de andere kant bedrijven die werken vanuit standaardoplossingen die volledig zijn doorontworpen op een lager isolatieniveau. Hoewel ook daar soms enige marge aanwezig kan zijn (bijvoorbeeld door een ander merk of type isolatiemateriaal te kiezen) wordt aanpassing naar een hoger standaardniveau daar direct herkend als kostenverhogende factor.

Een van de bij het onderzoek betrokken bedrijven heeft informatie aangeleverd waarin bij een verhoging van de isolatiewaarde van de gevel van $R_c = 3,5$ naar $R_c = 5$ voor een dichte gevel een bouwkostenstijging van € 8 – 10 / m² wordt onderbouwd. Als belangrijke prijsverhogende factor naast het isolatiemateriaal worden de zwaardere geveldragers en spouwankers genoemd. Het is in dit verband van belang op te merken dat een zwaardere geveldrager eveneens leidt tot een groter thermische verzwakking.

Hoofdstuk 5 Overige constructies

In hoofdstuk 4 heeft de isolatie van de gevel alle aandacht gekregen. Al eerder in dit rapport is aangetoond dat de gevel het meest kritische bouwdeel is bij de realisatie van een robuuste thermische schil. In dit hoofdstuk komen de andere bouwdeelen aan de orde.

5.1 Vloeren

Ten aanzien van begane grondvloeren zijn in het onderzoek geen relevante zaken aan de orde gekomen. Geconcludeerd mag worden dat er geen doorslaggevende bezwaren zijn om voor een begane grondvloer een $R_c > 5 \text{ m}^2\text{K/W}$ als ondergrens te hanteren.

Toch vragen de vloeren in het kader van een robuuste thermische schil nog wel aandacht. Het gaat daarbij om twee zaken:

Luchtdichtheid

Een begane grondvloer behoort conform Bouwbesluit 'potdicht' te zijn om te voorkomen dat vocht en andere ongewenste zaken uit de bodem het binnenmilieu bereiken. Deze eis geldt al vanaf de eerste versie van het Bouwbesluit in 1992. Uit de projectbezoeken blijkt dat de realisatie hiervan geen vanzelfsprekende zaak is (zie 4.4.3). Er vindt echter geen specifieke controle op dit vlak plaats door gericht toezicht of metingen. Met het verbeteren van de kierdichtheid van de rest van de schil neemt het belang van een dichte bg-vloer voor het binnenmilieu toe.

Thermisch comfort

Ondanks een hoge isolatiewaarde is met een geïsoleerde b.g.-vloer niet zonder meer een goed thermisch comfort bereikt. In de praktijk wordt de vloer nog vaak als 'koel' ervaren. Hoewel dat in de praktijk zeker ook afhangt van de vloerafwerking, moet ook rekening gehouden worden met het gegeven dat een b.g.-vloer altijd relatief koel zal aanvoelen door de continue uitstraling naar de bodem. Dit aspect dat in de praktijk wel meetbaar is, komt in de R_c -berekening minder goed naar voren, omdat deze in hoofdzaak gebaseerd is op warmtegeleiding. Hoewel de nieuwe rekenregels volgens NEN 1068;2011 hierin enige verbetering brengen, kan niet worden uitgesloten dat ook een goed geïsoleerde vloer in de praktijk nog tot comfortklachten zal leiden.

Overige vloeren

De stelling dat het zwaarder isoleren van vloeren niet op praktische problemen stuit, geldt voor begane grondvloeren. Vloeren boven lucht (zoals bij een overstek) kennen vergelijkbare problemen als gevels. In de onderzochte projecten waren deze echter niet aanwezig, zodat er in het kader van deze rapportage niet verder op in wordt gegaan.

5.2 Daken

Ten aanzien van zowel hellende als platte daken zijn in het onderzoek geen zaken aan de orde gekomen die een structureel bezwaar vormen om een $R_c > 5 \text{ m}^2\text{K/W}$ als formele ondergrens in het Bouwbesluit te hanteren.

Ten aanzien van daken valt nog op te merken dat er de minste discussie bestaat over effectiviteit van de maatregel. Van de dichte delen in de thermische schil beschouwen de bij het onderzoek betrokken professionals een hogere thermische isolatie van het dak zowel qua oppervlak als vanuit het oogpunt van energiestromen een belangrijke schakel in het berekenen van het energieverlies van gebouwen.

5.3 Glasvlakken en kozijnen

Dit onderzoek spitst zich toe op de consequenties van het verhogen van de R_c -waarde naar $5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Het betreft het energieverlies door dichte delen van de gebouwschil. De energiestroom (en dus het warmteverlies) door transparante delen (kozijnen, ramen en deuren en daarmee gelijk te stellen delen van de gebouwschil) is echter per m^2 aanzienlijk groter. Een R_c van 5 komt neer op een U van $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dat de eis voor transparante delen zo veel lager ligt dan voor de dichte delen hangt vanzelfsprekend samen met de bijzondere functie hiervan: daglicht en uitzicht, toegang, etc.

De eis voor transparante delen wordt per begin 2013 verscherpt naar $< 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ (de exacte datum van invoer is bij het schrijven van dit rapport nog niet bekend). Dat wil zeggen een warmtestroom die een factor 8,5 groter is. Het belang van het energieverlies door transparante delen is dus groot. Bij het kiezen voor een robuuste thermische schil moet hieraan dan ook voldoende aandacht worden besteed. In 6.1.2. wordt dit nader onderbouwd.

In de onderzochte projecten is gebleken dat het voldoen aan deze nieuwe eis niet op praktische problemen stuit. Met HR^{++} -glas en het nauwkeurig berekenen van het randverlies door de kozijnen is dit met standaardproducten haalbaar. Opvallend is dat in vier van de zes projecten nu al gekozen is voor driebladig glas ('triple glas'). Voor een deel hangt dit samen met de keuze voor een strengere streefwaarde voor de EPC dan momenteel wettelijk vereist, of voor de keuze voor Passief Bouwen. De betrokken partijen geven echter aan de keuze voor triple glas op zich als een kostenefficiënte keuze te beschouwen.

5.4 Dakkapel

In het verleden, en ook bij de startbijeenkomst van het onderzoek, is het realiseren van een $R_c = 5$ in een dakkapel als onhaalbaar bestempeld, mede gezien de grote invloed op de architectonische aspecten van dakkapellen. Inmiddels is uit de toelichting van Bouwbesluit 2012 duidelijk geworden dat zijwangen van dakkapellen beschouwd kunnen en mogen worden als met kozijnen gelijk te stellen constructieonderdelen. Daarmee geldt hiervoor, per 1 januari 2013, een eis aan de U -waarde van $< 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$. In de praktijk zal dit eenvoudig gerealiseerd kunnen worden en zal een veel lagere (en dus

betere) waarde gehanteerd worden uit het oogpunt van energiebesparing, comfort en het effect op de uitkomst van de EPC-berekening.

5.5 Wandconstructie naar trappenhuis

Bij een van de bezochte projecten was sprake van een trappenhuis. Er ontstond discussie over de plaats van de thermische schil. Uit Bouwbesluit 2012 in combinatie met NEN 1068 (Thermische isolatie) en NEN 7120 (EPG) kan niet onomstotelijk worden vastgesteld of de wand tussen een appartement en het trappenhuis geïsoleerd moet worden.

Over het algemeen leidt het positioneren van het trappenhuis binnen de thermische schil tot een gunstiger EPC-uitkomst en een bouwkostenvoordeel door minder te isoleren oppervlak. Echter dat heeft wel tot gevolg dat het trappenhuis wordt 'opgewarmd' door de naastliggende woning. Dit leidt in de praktijk tot een groter energieverlies dan beoogd, daarmee tot hogere stookkosten, en tot comfortklachten.

Inmiddels is er een verduidelijking op dit aspect gepubliceerd. Vanaf 1 januari 2013 zal ook formeel verlangd worden dat de wand tussenwoning en trappenhuis thermisch geïsoleerd is conform de grenswaarde uit artikel 5.3 van Bouwbesluit 2012, die momenteel $R_c \geq 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ bedraagt.

Hoofdstuk 6 Robuuste thermische schil

6.1 Inleiding

Terugkerend aspect in de discussie is de bijdrage van een goed geïsoleerde thermische schil aan de totale energievraag van de woning. Om deze discussie te voeren op basis van argumenten is het relevant om een aantal invloedsfactoren en hun bijdrage aan de energiezuinigheid nader te onderbouwen.

Daarbij is het belangrijk te realiseren wat het doel is van een bepaalde berekening, wat de uitgangspunten zijn en welke rol thermische isolatie daarin speelt.

6.1.1 Betekenis van de EPC

De EPC wordt in de discussie nog wel eens als belangrijkste parameter naar voren gebracht. Daarbij ontstaat dan het beeld dat een maatregel die geen, of een beperkte, invloed heeft op de berekende EPC dan ook geen betekenis heeft in de mate van energiezuinigheid in de praktijk. Dat beeld vraagt om een nuancering.

De energieprestatiecoëfficiënt (EPC) is de uitkomst van een berekening van het energiegebruik volgens NEN 7120, Energieprestatie van gebouwen (EPG), over een standaard klimaatjaar met een standaard gebruikersgedrag. De norm veronderstelt impliciet goede uitvoeringskwaliteit en een goede staat van onderhoud. De EPC is primair een benchmark voor de overheid om bij het verlenen van een omgevingsvergunning te kunnen nagaan of nieuw te realiseren gebouwen in voldoende mate energiezuinig zijn. De maatstaf daarbij is de benodigde primaire (fossiele) energie die nodig is voor het functioneren voor het gebouw, weergegeven in MJ (mega Joules). De totale energiebehoefte van een gebruiker van het gebouw (inclusief huishoudelijk gebruik) blijft grotendeels buiten beschouwing evenals de energieinhoud van de toegepaste materialen en toestellen.

Hoewel de berekening relevante (tussen)resultaten genereert voor de bepaling van energiegebruik in de praktijk is het daar geen rechtstreekse voorspeller voor. De invloed van de eindgebruiker is daarvoor te groot, maar ook de mate van inregeling en onderhoud van de installatietechnische componenten en de uitvoeringskwaliteit van de bouwkundige delen. Daarbij komt dat de voor de praktijk belangrijke kosten van het energiegebruik ook niet berekend worden. Een volstrekt te verdedigen keuze, gezien de hoge mate van onzekerheid van de energieprijzen, de deels politiek bepaalde prijsniveaus van energiedragers en de invloed van fiscale aspecten.

Maatregelpakketten die nodig zijn voor het realiseren van een bepaalde EPC-waarde worden veelal vergeleken op basis van de bouwkosten. Wat dan niet beoordeeld wordt zijn de kosten van onderhoud, beheer en vervanging van deze maatregelpakketten. Daarmee blijft een belangrijk onderscheid tussen verschillende maatregelen buiten beschouwing. Grofweg gezegd een scheiding tussen bouwtechnische en installatietechnische maatregelen. Hoewel een vergelijking over de levensduur van een gebouw daarin

een betere maatstaf zou zijn, bijvoorbeeld een beoordeling op basis van de 'total costs of ownership' (TCO), is dat in Nederland niet gebruikelijk door de veel voorkomende scheiding tussen bouwende en exploiterende partijen. Het is niet alleen dat deze nuancering vaak ontbreekt; ontwikkelende en bouwende partijen worden in het algemeen ook alleen beoordeeld op bouwkosten. Een en ander is een belemmering voor het beoordelen van maatregelen op de totale kosten in relatie tot de beoogde energiebesparing.

Een laatste aspect in dit verband is de mate waarin energielevering en het onderhoud van installaties worden gescheiden van het eigendom van het gebouw. Deze markt is sterk in ontwikkeling in relatie tot allerlei vormen van duurzame energieopwekking en varianten in eigendom en exploitatie. Denk bijvoorbeeld aan de oprichting van *Energy Service Companies* (Esco's). Uit het oogpunt van woonlastenbeheersing is het dan relevant om, los van de energieprestatie van het gebouw als geheel, een aparte eis of maatstaf te hebben aan de energievraag voor verwarming (en koeling). Deze wordt in hoge mate bepaald door de kwaliteit van de thermische schil.

Vanuit het oogpunt woonlasten te beperken staat vraagreductie centraal. Los van de wijze van opwekken, omzetten en distribueren geldt namelijk: wat je niet nodig hebt, hoed je niet op te wekken. Om structureel de kosten voor de energievraag van het wonen te reduceren is en blijft dan ook vraagreductie de eerste stap. Dit staat echter soms op gespannen voet met de rentabiliteit van systemen voor duurzame opwekking. Sommige systemen en concepten voor energiezuinig bouwen zijn primair gericht op het realiseren van een lage EPC of een hoge mate van CO₂ beperking. Als daarbij dan geen aandacht is voor vraagbeperking, de eerste stap uit de trias energetica, leidt dit bijna steeds tot een teleurstellend resultaat voor wat betreft de woonlasten.

Alle bovenstaande aspecten geven aanleiding om separate publiekrechtelijke eisen te stellen aan de thermische schil van een gebouw, los van de eis aan de energieprestatie. Het ligt dan ook voor de hand om deze eis, parallel aan de aanscherping van de EPC, ook aan te scherpen.

6.1.2 Onderdelen van een robuuste thermische schil

De discussie over de thermische schil van gebouwen wordt veelal gevoerd aan de hand van de rekenwaarde voor de thermische isolatie, de R_c -waarde. Dit betreft niet meer en niet minder dan de thermische isolatie van de niet-transparante delen van de gebouwschil. De schil omvat echter meer zaken die relevant zijn; het gaat om de volgende onderdelen, met tussen haakjes de bepalende grootte en eenheid:

- dichte delen (R_c -waarde in m^2K/W)
- transparante delen (U -waarde in W/m^2K)
- lijnvormige aansluitingen (ψ -waarde -psi-waarde- in W/mK)
- kierdichtheid (formeel luchtdichtheid of luchtdoorlatendheid) ($q_{v,10}$ -waarde in $dm^3/s.m^2$).

Alleen in samenhang ontstaat een robuuste thermische schil.

Bij de projecten die in de kader van dit onderzoek zijn bezocht, komen drie van deze vier zaken al in meer of mindere mate aan de orde.

- In alle projecten is sprake van een $R_c > 5$ (hierop zijn de projecten geselecteerd).
- In alle projecten is sprake van glas met een hoge isolatiewaarde. Over het algemeen wordt al voldaan aan de grenswaarde die per 2013 van kracht wordt ($U_w < 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; datum van aanwijzing nog niet bekend bij het schrijven van dit rapport). In sommige gevallen is sprake van dubbel glas met $U < 1,1$ in verbeterde kozijnen of van triple glas, waardoor een nog gunstiger U-waarde wordt gerealiseerd. Opgemerkt moet worden dat dit voor een deel het gevolg is van het hogere ambitieniveau dat voor de betreffende projecten is aangehouden.
- Voor lijnvormige warmteverliezen is in geen van de projecten bijzondere aandacht. Dit lijkt een 'blinde vlek' te zijn. Bij navraag is er geen inzicht in de mate waarin de kwaliteit van de thermische schil daardoor beïnvloed wordt en daarmee het warmteverlies, de energieprestatie en het energiegebruik in de praktijk. Gezien deze 'blinde vlek' gaan we hier in 6.1.4 (schematiseren) dieper op in.
- In alle projecten is sprake van extra aandacht voor de kierdichting (luchtdichtheid) van de gebouwschil. Opvallend is dat in diverse projecten de kozijnen worden afgetaped op het binnenblad en dat naden zorgvuldig worden afgeschuimd. Het belang van een goede kierdichte schil voor de energieprestatie, het comfort en de kwaliteit en het behoud van de schil wordt onderkend.

6.1.3 Rekenmethoden

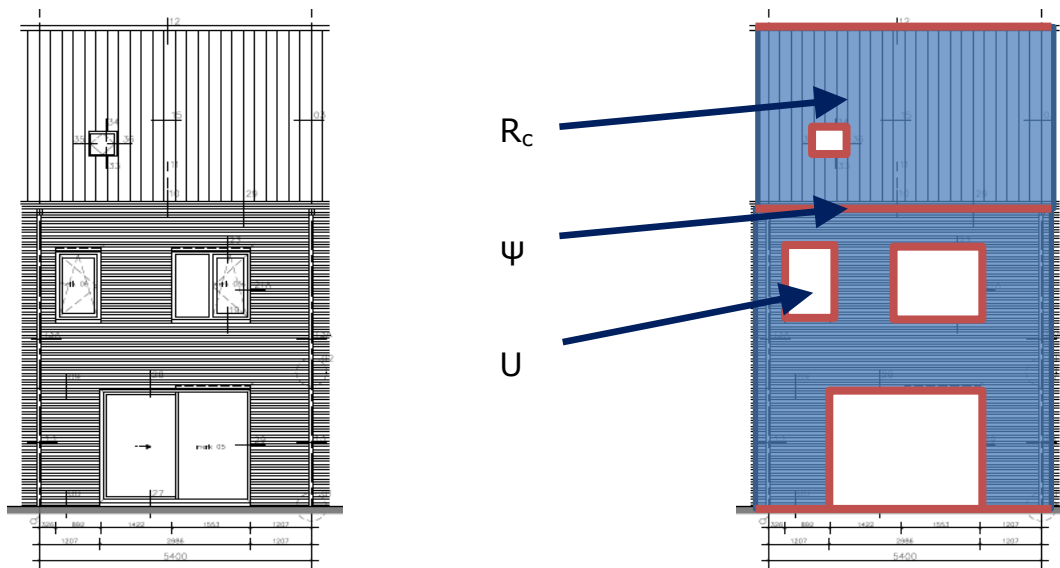
Het ontbreken van bijzondere aandacht voor de lijnvormige warmteverliezen in de bouwpraktijk is mogelijk gebaseerd op een gebrek aan kennis. Tijdens de projectbezoeken bleek deze materie onbekend en een zelfde beeld ontstond bij de slotbijeenkomst. De materie is ook complex en minder goed bekend.

De lijnvormige warmteverliezen hebben invloed op het energieverlies over de schil van een gebouw, maar het is niet strikt nodig deze expliciet te onderscheiden en berekenen omdat een forfaitaire (veilige) waarde kan worden meegenomen in de noodzakelijke berekeningen (EPC, warmteverlies). Een en ander hangt samen met de wijze van schematiseren.

Het bepalen van de isolatiewaarde, het berekenen van warmteverliezen en het schematiseren van de thermische schil zijn vastgelegd in NEN 1068 (Thermische isolatie van gebouwen; Rekenmethoden). Op zijn beurt is NEN 1068 gebaseerd of afgestemd op Europese normen op dit gebied. Deze Europese normen kennen diverse oplossingsmethoden waaruit de lidstaten een voor hen passende keus kunnen maken. De nationale rekenmethoden zijn daardoor niet altijd uitwisselbaar met rekenmethoden uit het buitenland of met rekenmethoden die daarop gebaseerd zijn, zoals de PHPP.

6.1.4 Schematiseren van de thermische schil

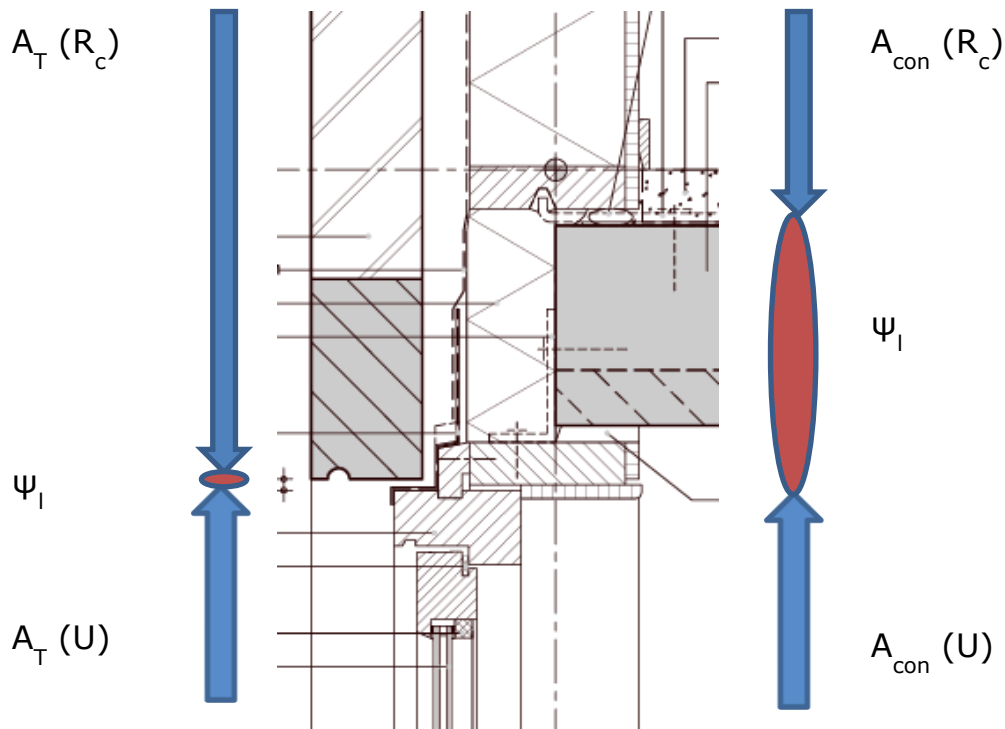
Vanaf de ontwerp- of bouwtekeningen wordt de afmeting van de thermische schil overgenomen. Daarbij zijn er vaste afspraken over welke begrenzingen daarbij worden gehanteerd, en welk deel van de constructie moet worden meegenomen bij het bepalen van de R_c - of U-waarde. Dit noemen we het 'schematiseren' van de tekening. In Nederland schematiseren we 'van binnen naar buiten'. Dat wil zeggen dat de invloed van de ψ -waarde groot is (vooral op uitwendige hoeken zoals de dakvoet) ten opzichte van bijvoorbeeld de Duitse rekenmethode en de PHPP die schematiseert 'van buiten naar binnen'. In het kader van dit rapport voert het te ver om alle aspecten van het schematiseren van een gebouwschil volgens NEN 1068 te behandelen. Aan de hand van een praktisch voorbeeld wordt een en ander verduidelijkt.



De gevel van een gebouw wordt onderverdeeld in dichte delen (waaraan de R_c wordt gekoppeld) en transparante delen (U-waarde). Desgewenst kan nu ook de lengte van alle lineaire verliezen (ψ 's) worden bepaald, als deze niet forfaitair worden ingevoerd. De keuze is dus: of forfaitair rekenen, of alle lengtes bepalen en in de berekening invoeren.

In principe is er bij elke overgang tussen twee verschillende constructiedelen een lineair warmteverlies aanwezig. Dus tussen transparante en dichte delen, maar ook ter plaatse van bijvoorbeeld de fundering, dakvoet en de nok. Of er ook ter plaatse van de vloeren en bouwmuur (scheidingswand met naastgelegen woning) een ψ -waarde in rekening moet worden gebracht hangt af van de detaillering.

Bij het opmeten vanaf de geveltekening heeft een ψ alleen een lengte, maar geen hoogte, breedte of dikte. In werkelijkheid is dit niet altijd het geval, zoals uit het uitgewerkte detail blijkt.



Een verduidelijking aan de hand van de invoergegevens voor de EPC:

- Bij het schematiseren wordt het oppervlak bepaald waardoor transmissie plaatsvindt; dat is de grootte A_T . Hieraan wordt de R_c gekoppeld (bij dichte delen) of de U (bij transparante delen). Het lineaire warmteverlies, heeft uitsluitend een lengte. Dit is weergegeven aan de linkerkzijde van de figuur.
- De R_c en U worden bepaald aan de hand van het constructieoppervlak (A_{con}).
- De R_c 's worden omgerekend naar U -waarden, door de overgangswaarden er bij op te tellen en vervolgens de omgekeerde waarde te nemen; in formule: $U = 1/(R_{se} + R_c + R_{si})$.
- Vervolgens wordt het transmissieverlies (L_D) berekend.
 - In de standaardinstelling van de EPC-rekensoftware en de warmteverliesberekeningen wordt het lineaire warmteverlies (ψ) forfaitair meegenomen in de formule, door een toeslag van 0,1 op de U -waarde die wordt vermenigvuldigd met A_T (transmissieoppervlak); in formulevorm: $L_D = A_T * (U + 0,1)$.
 - Wordt er voor gekozen om de ψ nauwkeurig in te voeren, dan wijzigt de software de gebruikte formule voor het transmissieverlies in: $L_D = A_T * U + \psi * l$. De lengte (l) moet dan voor alle ψ -waarden worden opgegeven.

6.1.5 Betekenis van de lineaire warmteverliezen

Voor het nauwkeurig berekenen van de ψ -waarden zijn er drie varianten, met oplopende nauwkeurigheid:

- volgens hoofdstuk 8 in NPR 2068 (in feite gedifferentieerde forfaitaire waarden);

- de waarde van een overeenkomstig SBR-referentiedetail aanhouden (met een toeslag van 25% als het projectdetail afwijkt);
- de Ψ -waarde nauwkeurig voor elk detail berekenen volgens hoofdstuk 11 van NEN 1068 (numerieke bepaling).

De laatste methode is het meest nauwkeurig, maar vraagt veel invoerwerk in vrij geavanceerde software; dit is werk voor specialisten en wordt in de regel alleen uitgevoerd voor detailleringen die seriematig worden uitgevoerd in meerdere projecten, of om de kwaliteit van een bepaalde producttoepassing aan te tonen. Voor een EPC-berekening is de tweede methode (aan de hand van referentiedetails) vrij gangbaar.

Wat wellicht niet direct duidelijk is, is dat het belang van nauwkeurig rekenen toeneemt. Daar zijn twee redenen voor:

1. Hoe hoger de R_c , en dus hoe lager de U , des te groter wordt het relatieve aandeel van de forfaitaire ψ -waarden. Een rekenvoorbeeld om dit te onderbouwen:
 - Bij een R_c van $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor een gevel is de U -waarde $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$. De forfaitaire toeslag is dan $0,1/0,27 = 37\%$.
 - Bij een R_c van $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor een gevel is de U -waarde $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$. De forfaitaire toeslag is dan $0,1/0,19 = 53\%$.
 - Bij een R_c van $10 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor een gevel is de U -waarde (afgerond) $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. De forfaitaire toeslag is dan $0,1/0,10 = 100\%$.
2. Gerealiseerde werkdetails hebben regelmatig een groter lineair warmteverlies dan de principedetails uit de ontwerpfase. Is er bij het ontwerp forfaitair gerekend, dan is dat formeel toegestaan. Is er nauwkeurig gerekend dan zou de warmteverliesberekening of de EPC herzien moeten worden. Voor de EPC is dan van belang om na te gaan of er nog aan de formele grenswaarde wordt voldaan. De warmteverliesberekening is echter de basis voor de dimensionering van de verwarmingsinstallatie. Hoewel in de regel, zeker bij een HR-107 ketel, wel enige overcapaciteit aanwezig is, kan het opgesteld verwarmingsvermogen kritisch worden. Met name bij installaties met een warmtepomp, die zeer precies en kritisch gedimensioneerd worden, kan dit een invloedsfactor van betekenis zijn.

6.2 Invloed op de EPC

Voor een eenvoudige tussenwoning (Agentschap NL tussenwoning) zijn EPC-berekeningen opgesteld om inzicht te geven in het effect van een aantal invloedsfactoren op de EPC en op het daaruit af te leiden indicatieve gasverbruik per jaar.

De uitgangspunten voor de berekeningen zijn als volgt (tenzij bij de onderdelen anders vermeld):

- infiltratie forfaitair volgens NEN 8088 / NEN 7120;
- U_w 1,64 W/m²K (U-glas 1,1 W/m²K in nauwkeurig berekende standaard houten kozijnen), conform de BB-eis per 1-1-2013;
- lineaire koudebruggen nauwkeurig ingevoerd op basis van referentiedetails;
- HR-107 combiketel;
- ventilatiesysteem C3b (winddrukgestuurde toevoer, tijdsturing of afvoer zonder zonering).

6.2.1 Verschil R_c 3,5 - 5

Het verschil in het berekende energieverbruik voor verwarming (in MJ) met een R_c 3,5 en 5,0 m²K/W is in onderstaande tabel aangegeven. Let erop dat deze invloed geldt voor een eenvoudige tussenwoning. Voor een hoekwoning of vrijstaande woning is de invloed groter.

Tabel 1: Jaarlijks primair energieverbruik bij wijzigende R_c -waarden

Toegepaste R_c -waarde	Verwarming (MJ)	Zomercomfort (MJ)	Vershil t.o.v. basis (MJ)	Vershil t.o.v. basis (m ³ gas)
Basis: R_c 3,5 m ² K/W	19.778	1.859	-	-
R_c 5,0 m ² K/W	17.512	1.888	2.237	63,6

Aanvullend is beoordeeld wat de invloed is van de drie onderdelen van de schil waarvoor de $R_c \geq 5$ -eis zal gaan gelden: begane grondvloer, gevel en dak.

Let daarbij op dat het effect van de beter isoleren van de gehele schil groter is dan de som der delen, omdat bij het beoordelen van de diverse bouwdelen het energieverlies uit de aansluiting verwaarloosd wordt.

Tabel 1a: Jaarlijks primair energieverbruik bij wijzigende R_c -waarden – uitgebreide methode

Toegepaste R_c -waarde	Verwarming (MJ)	Zomercomfort (MJ)	Vershil t.o.v. basis (MJ)	Vershil t.o.v. basis (m ³ gas)
Alles R_c 3,5 m ² K/W	19.778	1.859	-	-
Vloer R_c 5,0 m ² K/W; overig R_c 3,5	19.632	1.875	130	3,7
Gevel R_c 5,0 m ² K/W; overig R_c 3,5	19.192	1.871	574	16,3
Dak R_c 5,0 m ² K/W; overig R_c 3,5	18.668	1.844	1.125	32,0
Alles R_c 5,0 m ² K/W ^{*)}	17.512	1.888	2.237	63,6

^{*)} Totaal niet rechtstreeks te bepalen uit de optelling (zie toelichting)

Bekend is dat de waarde van het energieverlies door de vloer in nu geldende normen wordt onderschat. Er zijn inmiddels nieuwe rekenregels bepaald en nieuwe normbladen in voorbereiding. Deze worden naar verwachting in de loop van 2013 van kracht. Het energieverlies voor de vloer zal dan toenemen met circa 25%. De verhouding vloer – gevel – dak zal dan voor een tussenwoning globaal uitkomen op 1:3:6 voor een tussenwoning. Deze verhouding wordt sterk beïnvloed door het woningtype, de doorsnede, de gevel/vloerverhouding etcetera. Voor een hoekwoning en een vrijstaande woning neemt het belang van de gevel toe.

Daarnaast heeft het verbeteren van de isolatiewaarde van de vloer effect op het thermisch comfort; dat is in het kader van dit onderzoek verder niet beoordeeld.

6.2.2 Invloed transparante delen (U-waarde)

De invloed van het verkleinen van het warmteverlies voor transparante delen is in beeld gebracht voor drie varianten:

- $U = 1,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ (referentie, BB-eis per 1-1-2013)
- $U = 1,29 \text{ W/m}^2\text{K}$; bijvoorbeeld triple glas ($U_g = 0,6$) in traditioneel houten kozijnen ($U_{fr} = 2,4$)
- $U = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$; niveau 'Passief Bouwen': triple glas ($U_g = 0,6$) in verbeterde kozijnen ($U_{fr} = 0,9$)

Tabel 2: Jaarlijks primair energieverbruik bij wijzigende U-waarden

Toegepaste U-waarde	Verwarming (MJ)	Zomercomfort (MJ)	Vershil t.o.v. basis (MJ)	Vershil t.o.v. basis (m ³ gas)
Basis: $U_w 1,64 \text{ W/m}^2\text{K}$	19.778	1.859	-	-
$U_w 1,29 \text{ W/m}^2\text{K}$	18.011	2.002	1.624	46,2
$U_w 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$	15.545	2.240	3.852	109,5

$U_w 1,64 \text{ W/m}^2\text{K}$: $U_{fr} 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$; $\psi_{gl} 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{gl} 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_w 1,29 \text{ W/m}^2\text{K}$: $U_{fr} 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$; $\psi_{gl} 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{gl} 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_w 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$: $U_{fr} 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$; $\psi_{gl} 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_{gl} 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

6.2.3 Lineaire warmteverliezen (ψ -waarde, 'psi')

De betekenis van de lineaire warmteverliezen is toegelicht in 6.1.5. Hier is de invloed weergegeven van het nauwkeurig rekenen aan de hand van referentiedetails ten opzichte van forfaitair rekenen voor twee R_c -niveaus.

Merk op dat er geen sprake is van een andere technische uitvoering. Het nauwkeurig rekenen benadert de werkelijkheid beter. Je kunt stellen dat bij het forfaitair rekenen de EPC (en dus het veronderstelde energiegebruik) overschat wordt. In werkelijkheid is het gebouw zuiniger en dat komt tot uitdrukking in de berekening als de lineaire warmteverliezen nauwkeurig worden ingevoerd. De invloed is in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3: Jaarlijks primair energieverbruik bij wijzigende invoer lineaire koudebruggen

Toegepaste variant	Verwarming (MJ)	Zomercomfort (MJ)	Vershil t.o.v. forfaitair (MJ)	Vershil t.o.v. forfaitair (m³ gas)
Forfaitair: R _c 3,5 m ² K/W	22.707	1.691	-	-
Werkelijk: R _c 3,5 m ² K/W	19.778	1.859	2.761	78,5
Forfaitair: R _c 5,0 m ² K/W	20.847	1.690	-	-
Werkelijk: R _c 5,0 m ² K/W	17.512	1.888	3.137	89,2

Een opmerking is nog wel op zijn plaats. Uit het onderzoek komt naar voren dat de gerealiseerde detaillering resulteert in aanzienlijke lineaire verliezen. Er is dan geen voordeel te behalen. Het verdient aanbeveling nader te onderzoeken of deze verliezen niet groter zijn dan de forfaitaire waarde. In dat geval zou zelfs een herziening van de rekenmethode gewenst zijn: ofwel een meer conservatieve forfaitaire waarde, ofwel de verplichting de lineaire verliezen nauwkeurig in te voeren.

Ook bij het beoordelen van de verliezen per bouwdeel (vloer, gevel, dak) is de invloed van het al dan niet uitgebreid rekenen aan de lineaire verliezen bepaald. Zoals bij 6.2.1. al is toegelicht worden de vloerverliezen in de huidige rekenmethode met circa 25% onderschat.

Let daarbij op dat het effect van de beter isoleren van de gehele schil groter is dan de som der delen, omdat bij het beoordelen van de diverse bouwdeelen het energieverlies uit de aansluiting verwaarloosd wordt. Dit effect is het grootst bij rekenen met de uitgebreide methode (tabel 3a), omdat dan de ψ -waarde behorend bij de minder geïsoleerde naastgelegen vlakken zijn aangehouden. Bij forfaitair rekenen (tabel 3b) is er sprake van een vaste toeslag, zodat ook dit effect minder goed naar voren komt.

NB tabel 3a is identiek aan tabel 1a; voor eenvoudig vergelijken met tabel 3b is deze opnieuw opgenomen.

Tabel 3a: Jaarlijks primair energieverbruik bij wijzigende R_c-waarden – uitgebreide methode

Toegepaste R_c-waarde	Verwarming (MJ)	Zomercomfort (MJ)	Vershil t.o.v. basis (MJ)	Vershil t.o.v. basis (m³ gas)
Alles R _c 3,5 m ² K/W	19.778	1.859	-	-
Vloer R _c 5,0 m ² K/W; overig R _c 3,5	19.632	1.875	130	3,7
Gevel R _c 5,0 m ² K/W; overig R _c 3,5	19.192	1.871	574	16,3
Dak R _c 5,0 m ² K/W; overig R _c 3,5	18.668	1.844	1.125	32,0
Alles R _c 5,0 m ² K/W *)	17.512	1.888	2.237	63,6

*) Totaal niet rechtstreeks te bepalen uit de optelling (zie toelichting)

Tabel 3b: Jaarlijks primair energieverbruik bij wijzigende R_c -waarden – forfaitaire methode

Toegepaste R_c-waarde	Verwarming (MJ)	Zomercomfort (MJ)	Vershil t.o.v. basis (MJ)	Vershil t.o.v. basis (m³ gas)
Alles R_c 3,5 m ² K/W	22.707	1.691	-	-
Vloer R_c 5,0 m ² K/W; overig R_c 3,5	22.557	1.704	137	3,9
Gevel R_c 5,0 m ² K/W; overig R_c 3,5	22.112	1.698	588	16,7
Dak R_c 5,0 m ² K/W; overig R_c 3,5	21.588	1.669	1.141	32,4
Alles R_c 5,0 m ² K/W ^{*)}	20.847	1.690	1.861	52,9

^{*)} Totaal niet rechtstreeks te bepalen uit de optelling (zie toelichting)

6.2.4 Kierdichtheid (luchtdoorlatendheid $q_{v;10}$)

Bij een R_c van 3,5 is de invloed van een verbeterde kierdichtheid bepaald. Het gaat om verbeterde luchtdichtheid, die met enige extra aandacht goed te realiseren is (luchtdichtheidsklasse 2, $q_{v;10} = 0,40$ dm³/s.m²) en voor luchtdichtheid op het niveau Passief Bouwen (klasse 3, $q_{v;10} = 0,15$ dm³/s.m²).

Tabel 4: Jaarlijks primair energieverbruik bij wijzigende luchtdichtheid

Toegepaste methode	Verwarming (MJ)	Zomercomfort (MJ)	Vershil t.o.v. forfaitair (MJ)	Vershil t.o.v. forfaitair (m³ gas)
Forfaitair: 0,700 dm ³ /s/m ²	19.778	1.859	-	-
0,400 dm ³ /s/m ²	18.569	1.937	1.131	32,2
0,150 dm ³ /s/m ²	17.572	2.005	2.060	58,6

6.2.5 Beoordeling invloedsfactoren op de EPC

Uit een vergelijking van de rekenresultaten blijkt dat de invloed van het verhogen van de R_c -waarde van 3,5 naar 5 een invloed heeft die qua orde grootte vergelijkbaar is met die van het verder aanscherpen van de U-waarde (van $U < 1,65$ naar triple glas in traditionele kozijnen, $U < 1,3$) of met het verbeteren van de kierdichtheid. De invloed van het nauwkeurig berekenen van de lineaire warmteverliezen is zelfs enigszins groter, maar dat hangt er wel vanaf of er in de huidige situatie al nauwkeurig wordt gerekend.

Het totale volgens de EPC-berekening bepaalde energieverlies voor de hier gebruikte referentiesituatie (tussenwoning met $R_c = 3,5$) is 45.745 MJ. Met een $R_c = 5$ komt de energiebehoefte ca. 5% lager uit, een ΔEPC van ca. 0,04.

Hoofdstuk 7 Gerelateerde aandachtspunten

7.1 Inleiding

Tijdens de plenaire bijeenkomsten en bij de locatiebezoeken is een aantal zaken naar voren gekomen die weliswaar geen rechtstreekse relatie hebben met een hoge waarde voor de schilisolatie, maar die er naar het oordeel van de deelnemers wel nauw mee zijn verwant. Deze zaken worden in dit hoofdstuk benoemd en nader toegelicht.

Het betreft:

- Verbeterde thermische schil als aanleiding voor kwaliteitsverbetering
- Uitvoeringskwaliteit
- Luchtdichte aansluitingen
- Maatvoering en tolerantie
- Duurzaamheid (levensduur) afdichtingsmaterialen

7.2 Kwaliteitsverbetering

Als tijdens de startworkshop in augustus is er door de aanwezigen op gewezen dat het verbeteren van de thermische isolatie gezien moet worden als onderdeel van een bredere kwaliteitsverbetering in de bouw (zie paragraaf 2.2). Tijdens de bouwplaatsbezoeken is dat beeld bevestigd. Alle partijen hebben gewezen op het belang van een zorgvuldige uitvoering voor het eindresultaat. In veel gevallen was er sprake van projecten met een bijzondere ambitie, of was de toegepaste techniek of materiaalkeuze nieuw voor de betreffende partij. In zo'n geval is er haast vanzelfsprekend extra aandacht. Maar ook partijen die meer ervaring hebben met het realiseren van hoge isolatiewaarden, zoals de HSB-systeembouwers, hebben hier met nadruk op gewezen.

De participanten aan het onderzoek benadrukken de consequenties van onvoldoende uitvoeringskwaliteit voor het thermisch comfort en het energiegebruik in de praktijk. Wanneer de thermische schil onvoldoende kwaliteit heeft, ontstaan in de eerste plaats comfortklachten (tocht en koude straling), aangezien de capaciteit van de verwarmingsinstallatie is gebaseerd op de berekende waarden. Daarnaast zal het energiegebruik aanzienlijk hoger zijn dan berekend. Een thermische schil met een hoge isolatiewaarde is hiervoor kwetsbaarder, aangezien een fout leidt tot een veel grotere afwijking, dan bij een beperkte isolatiewaarde en kierdichtheid.

7.3 Uitvoeringskwaliteit

Door veel personen van de bij het onderzoek betrokken bedrijven is gewezen op de soms slechte kwaliteit van de realisatie in de bouw in Nederland. De indruk bestaat dat het ontbreken van toezicht op veel projecten er toe leidt dat de beoogde kwaliteit op het gebied van thermische isolatie en

energieprestatie, zoals vastgelegd in de vergunningsaanvraag, in een groot aantal gevallen niet wordt gerealiseerd.

Deze klacht is bekend en kan worden onderbouwd door diverse onderzoeken uit de afgelopen jaren. Meest recent uit onderzoek van 'Bouwtransparant' dat in januari 2013 is verschenen. Het gaat het kader van dit onderzoek te buiten hier diep op in te gaan. Toch is dit gebrek aan vertrouwen in de uitvoeringskwaliteit vanuit de eigen sector een belangrijke constatering in verband met het draagvlak voor de aanscherping van de grenswaarde van de R_c .

De uitvoeringskwaliteit heeft een koppeling met het energielabel nieuwbouw. Door de externe beoordeling bij oplevering, en het daarvoor vastgestelde protocol, is verzekerd dat vanaf het moment van invoeren van dit label er een zekere eerste borging is van de gerealiseerde bouwkwiteit. De Lente-akkoord partijen hebben er voor gepleit om dit nieuwbouwlabel zo snel mogelijk een rechtsgeldige grond te verschaffen, eventueel vooruitlopend op publiekrechtelijke verplichting. Marktpartijen kunnen het nieuwbouwlabel dan op vrijwillige basis toepassen. Dit is een belangrijk signaal dat de sector zich op dit aspect wil verbeteren. Een verdere stap zou gemaakt kunnen worden met gecertificeerde uitvoeringsbegeleiding volgens BRL 5006.

7.4 Luchtdichte aansluitingen

Het belang van luchtdicht (kierdicht) bouwen gaat verder dan alleen de invloed op het energieverlies. Goed kierdicht bouwen is bij een toenemende isolatiegraad van steeds grotere invloed op het thermisch comfort in gebouwen. Al bij een thermische schil die gebruikelijk was voor woningen met een EPC < 1,0 neemt het aantal uren dat de verwarmingsinstallatie ingeschakeld is significant af ten opzichte van matig of niet geïsoleerde woningen. Bewoners van nieuwbouwwoningen klagen meer dan verwacht over thermische discomfort ('tochtklachten'). Los van de vraag of dit veroorzaakt wordt door koudeval, luchtstromen uit ventilatietoeverroosters of door infiltratie, is dit een relevant gegeven.

Daarnaast is een slechte luchtdichtheid een risicofactor voor het technisch behoud van gevel- en dakconstructies. Bij een toenemende thermische isolatie neemt de kans op inwendige condensatie toe. Het betreft binnenlucht die door windzuiging op gevel en dak de constructie in gezogen wordt en daar condenseert. De hoeveelheid condens die zo kan ontstaan is vele malen groter dan dat wat uit een hygrische controleberekening (Glaserberekening) blijkt. Het risico is met name groot waar leidingen en kanalen door de schil worden gevoerd; maar ook de aansluitingen van de kapconstructie en de doorvoeringen door de begane grondvloer zijn berucht. Ook in het praktijkonderzoek zijn knelpunten op dit vlak waargenomen. Goed kierdicht bouwen (dus met een lage luchtdoorlatendheid, ofwel $q_{v;10}$ -waarde) is daarmee ook in het belang van de bouwende partij. Overigens is dit mede de reden dat een luchtdichtheidsmeting (blowerdoor proef) een belangrijke indicator is van de bouwkwiteit in het algemeen.

Een wijdverbreid misverstand is dat infiltratie (lucht door kieren) een bijdrage levert aan de ventilatie. Ventilatie is het bewust toevoeren van voldoende verse lucht en afvoeren van gebruikte lucht. Daarvoor zijn specifieke ventilatievoorzieningen aanwezig.

7.5 Maatvoering en tolerantie

Een goede maatvoering heeft een relatie met zowel het goed kierdicht bouwen en et goed isoleren. oewel het correct omgaan met maat- en steltoleranties onderdeel uit zou moeten maken van de werkvoorbereidingsfase, blijkt steeds dat er op de bouw geïmproviseerd moet worden. De onderzochte projecten vormen daarop geen uitzondering. Consequentie daarvan is dat slechts met grote moeite en de inzet van enige 'creativiteit' aansluitingen kunnen worden afgedicht.

Bij diverse projecten moeten we constateren dat er in feite gewerkt wordt vanaf principedetails of details uit de ontwerpfase. Daarop zijn zaken als maat- en steltoleranties niet aangegeven. Voor een goede afdichting is het niet nodig dat naden worden verkleind, dat is ook niet gewenst uit het oogpunt van uitvoerbaarheid, maar dat het afdichten van die naad vooraf is bedacht en mee-ontworpen. Op dit vlak lijkt nog een aanzienlijke kwaliteitsverbetering mogelijk.

7.6 Duurzaamheid (levensduur) afdichtingsmaterialen

Om een goede waterdichtheid van de schil te bereiken, maar vooral ook om de infiltratie te beperken, worden steeds meer afdichtingsmaterialen ingezet. Deze vormen ook een steeds belangrijker deel van de te realiseren energieprestatie. Het gaat naast kit en PUR steeds vaker om folies en tapes.

Er is in de praktijk weinig bekend over kwalitatief onderscheid tussen materialen en fabrikaten. Aan de andere kant noemen deelnemers aan het onderzoek dit wel als een potentieel risico voor de middellange termijn. Men wijst bijvoorbeeld op twijfels aan de langdurige hechting van tapes en flexibiliteit van schuimen en banden. Daarbij moet er rekening mee gehouden worden dat de materialen soms in vochtige omstandigheden worden aan gebracht en ook tijdens het gebruik aan allerlei invloedsfactoren blootgesteld worden.

Een van de voordelen van het realiseren van een robuuste thermische schil is dat de energetische kwaliteit voor een lange tijd, de referentieperiode is 50 jaar, vast ligt en geen onderhoud een vervanging zou behoeven. Er bestaat brede twijfel of dit met de toegepaste tapes, folies, schuimen en banden gerealiseerd kan worden. Ook bestaat er bij de deelnemers twijfel over de lange duur elasticiteit van afdichtingsschuimen en -banden. Daarbij wijzen de deelnemers erop dat er grote prijsverschillen bestaan tussen kwalitatief hoogwaardige en (voor deze toepassing) inferieure producten, maar dat dit niet op het eerste gezicht herkenbaar is.



Meer informatie over de levensduurverwachting van de diverse typen en kwaliteiten afdichtingsmaterialen is noodzakelijk om tot een juiste keuze te komen.

Hoofdstuk 8 Conclusie en aanbevelingen

8.1 Bevindingen

8.1.1 Participanten

Het onderzoek naar de realisatiemogelijkheden van een robuuste thermische schil, op basis van een R_c van $5 \text{ m}^2\text{K/W}$ heeft zich toegespitst op de gevel. Het zwaarder isoleren van andere dichte bouwdelen (begane grondvloeren en daken) geven weinig aanleiding tot discussie. Dit blijkt ook uit de reacties tijdens de start- en slotbijeenkomst en de locatiebezoeken.

De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat een $R_c \geq 5 \text{ m}^2\text{K/W}$ in een begane grondvloer en op zowel een plat als hellend dak in de praktijk geen onoverkomelijke uitvoeringsproblemen oplevert en niet leidt tot onaanvaardbare verhoging van de uitvoeringskosten.

Voor de gevel ligt dit genuanceerder. Een belangrijke groep uit de bij het onderzoek betrokken bedrijven geeft aan dat er geen enkel probleem is om een R_c van 5 of (aanzienlijk) hoger te realiseren. Het valt op dat in deze groep zich diverse systeembouwers bevinden die werken op basis van een vorm van houtskeletbouw. Daarnaast is er een grote groep die aangeeft dat realisatie mogelijk is, maar wel met meerkosten gepaard gaat. Van hen geeft een groot bouwbedrijf aan dat naar hun oordeel geen kostenefficiënte oplossing is voor een R_c van 5 in de gevel. Als belangrijkste knelpunt wordt genoemd de constructies (geveldraggers in de gestapelde bouw en de fundering) die nodig zijn om het gemetselde buitenblad te dragen, die door de bredere spouw forser gedimensioneerd moeten worden.

Andere type vloeren dan begane grondvloeren (uitkragingen, vloeren boven poorten en dergelijke) zijn in het onderzoek niet aan de orde geweest. Gezien de bouwkundige kenmerken mag verwacht worden dat deze in dit verband vergelijkbaar zijn met gevels. Verhoging van de isolatiewaarde van dergelijke vloeren zal enige aanpassingen vragen van constructies en daarom niet zonder meer kostenefficiënt zijn.

Daarnaast wordt gewezen op het relatief beperkte aanbod van toe te passen isolatiematerialen. Speciaal in combinatie met een steenachtig binnenblad is men momenteel aangewezen op de toepassing van harde schuimplaten. Hierdoor wordt het keuzepalet aan isolatiematerialen aanzienlijk versmald. Bovendien stelt de toepassing van deze platen hoge eisen aan de ondergrond en zijn aansluitingen minder eenvoudig te realiseren.

De deelnemers wijzen bovendien op het gebrek aan aanpassing van referentiedetails en principedetails van architecten aan de gewijzigde isolatiedikte.

8.1.2 Gevel

Uit het onderzoek blijkt dat het realiseren van een R_c van 5 ook in de gevel geen onoverkomelijke technische bezwaren kent. Wel is er op een groot aantal onderdelen nog verder ontwikkeling nodig voordat dit niveau van isoleren bij alle bouwsystemen, uitvoeringsvarianten en in alle details zonder problemen kan worden toegepast.

Uit dit onderzoek komen de volgende technische zaken naar voren, die om nadere uitwerking of ontwikkeling vragen:

- Oplossingen voor de kostenefficiënte toepassing van andere typen isolatiemateriaal dan harde schuimplaten; o.a. verankeringen voor grotere spouwmatten en bijbehorende geveldragers.
- Kennis van de lange duur prestatie van isolatiemateriaal (m.n. harde schuimplaten) en van het scala aan afdichtingsmaterialen.
- Innovatie van andere constructieonderdelen in de spouw en de mogelijkheid deze op te nemen in de thermische schil. Uit het onderzoek blijkt dat met name geveldragers voor de gestapelde bouw daarbij om aandacht vragen. Zowel het isoleren tussen de brackets als het pas maken van isolatie ter plaatse van bevestigingspunten is zeer arbeidsintensief, geeft aanleiding tot onzorgvuldig uitvoeren en is daarmee een bron van potentiële faalkosten.
- Praktische oplossingen voor het verwerken van isolatiemateriaal ter plaatse van (schuine) aansluitingen, ankers en dergelijke.

De kostenaspecten zijn in dit onderzoek slechts zijdelings aan de orde geweest. Geconstateerd kan worden dat de mate van meerkosten sterk afhankelijk zijn van het gekozen bouwsysteem (traditioneel in het werk of prefab) en de materialisatie (systeembouw waaronder houtskeletbouw of steenachtig).

Bij het beoordelen van de eis aan de gevel adviseren wij deze te zien in samenhang met de eis aan de transparante delen. De warmtestroom door transparante delen is een factor 8,5 groter bij de voorgenomen grenswaarden per 1-1-2015 ($R_c \geq 5 \text{ m}^2\text{K/W}$, $U \leq 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$). De bijdrage van de transparante delen aan de energiehuishouding van een gebouw is onveranderd groot. Bij het onderzoek betrokken partijen geven aan de keuze voor triple glas op zich als kostenefficiënt te beschouwen. Bij de uitwerking van de eisen en bij toekomstige bijstellingen adviseren wij hiermee rekening te houden.

8.1.3 Overige aspecten: kierdichting, lineaire warmteverliezen, innovatie, esthetica

Tijdens het onderzoek is gebleken dat er een grote mate van samenhang bestaat tussen een verhoogde schilisolatie en andere aspecten van een robuuste thermische schil: goede kierdichting en beperking van de lineaire warmteverliezen. Het lijkt logisch dat deze samenhang terugkomt in de eisen die de bouwregelgeving stelt. In de EPC-berekening is dat het geval, bij een zelfstandige (vangnet-)eis aan de R_c ontbreekt deze samenhang.

Er bestaat slechts beperkte kennis over de invloed van lineaire warmteverliezen en de betekenis hiervan voor de praktijk. Op onderdelen is bovendien aanpassingen of verduidelijking van bouwregelgeving en normen gewenst. Denk hierbij aan de invloed en wijze van schematiseren van bovenconstructies van kozijnen ('rekjes'), de invloed van balkons, galerijen en bordessen en aan bijzondere elementen zoals dakkapellen, erkers en luifels.

Aandacht voor esthetisch acceptabele alternatieven voor een gemetseld buitenblad is uit het oogpunt van techniek gewenst. De keuze voor een baksteen buitenblad impliceert, zeker in de gestapelde bouw, de introductie van een groot aantal knelpunten, bijvoorbeeld rondom de geveldraggers. Andere geveloplossingen zoals buitengevelisolatie met diverse afwerkingsvarianten, gevelbeplating of volledig geprefabriceerde gevelsystemen hebben deze knelpunten niet of in veel mindere mate. Toch kennen deze slechts een beperkt marktaandeel.

Daarnaast zijn er dringend innovaties nodig rond het bakstenen buitenblad om te komen tot een probleemloze verhoging van de isolatiewaarde van de gevel. Van oudsher heeft Nederland een baksteentraditie. Het uiterlijk, de robuustheid en de levensduur in combinatie met een beperkte onderhoudsverwachting worden gewaardeerd. Het is onrealistisch om te verwachten dat de baksteen als gevelmateriaal op korte termijn zal verdwijnen. Wel lijken innovaties mogelijk; denk aan lichtere of smallere bakstenen, verbeteren van steenstrips en dergelijke. Het is noodzakelijk dat kennis hierover ontwikkeld en gedeeld wordt. Met name lange-termijn-ervaringen zijn daarbij nodig.

Het lijkt logisch om de potentie van geveloplossingen nader te onderzoeken. Het breder bekend maken van (esthetisch en technisch) goede voorbeeldprojecten kan daarbij een positieve rol spelen.

Effectief realiseren van een hoogwaardige thermische schil voor de volle breedte van de bouwproductie in Nederland lijkt niet goed denkbaar zonder een vorm van uitvoeringscontrole. De huidige uitvoeringspraktijk kent te veel gebreken, die bij een hogere isolatiewaarde een grotere mate van invloed hebben op de praktijkprestatie van de thermische schil en daarmee op het energieverbruik in de praktijk, het comfort en de technische duurzaamheid. Bovendien wordt daarmee het beoogde achterliggende doel, een energie-efficiënte gebouwvoorraad niet gerealiseerd.

8.2 Conclusie

De minister is van plan om per 1-1-2015 een $R_c = 5 \text{ m}^2\text{K/W}$ als grenswaarde op te nemen in het Bouwbesluit. Doel van het onderzoek was het nagaan welke knelpunten er in de praktijk zijn bij hogere isolatiewaarden van de thermische schil en te komen tot robuuste oplossingen voor het implementeren hiervan in de bouwpraktijk.

Uit het onderzoek blijkt dat er voor daken en begane grondvloeren van woningen en woongebouwen voldoende oplossingsmogelijkheden zijn, er geen sprake is van onevenredige kostenstijgingen en er geen technische belemmeringen zijn gevonden voor het op grote schaal realiseren van een $R_c = 5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Voor gevels, en parallel daaraan vloeren boven buitenlucht, ligt dit beeld genuanceerder. Er is een aantal oplossingsmogelijkheden voor een $R_c = 5 \text{ m}^2\text{K/W}$, echter deze kennen diverse aandachtspunten en op onderdelen is nadere technische ontwikkeling gewenst. Wanneer de komende jaren voldoende innovatie en kennisoverdracht plaatsvindt lijken deze problemen oplosbaar. De benodigde innovatie en kennisoverdracht betreft:

- Verbeteren van de uitvoeringskwaliteit, vooral ten aanzien van de gevelisolatie, de benodigde aansluitingen en het realiseren van afdichtingen. Dit aspect heeft een samenhang met het Energielabel voor nieuwbouw en het daarbij behorende opleverprotocol.
- Meer aandacht voor het belang van kierdicht bouwen, ook uit het oogpunt van comfort en het voorkomen van inwendige condensatie in constructies.
- Mee-ontwerpen van naden en ontwikkelen van standaard- en referentiedetails.
- Inzicht verkrijgen in de kwaliteit en levensduur van afdichtingsmaterialen.

Ten aanzien van de kostenefficiëntie van de $R_c = 5$ moet een voorbehoud gemaakt worden. In het kader van dit onderzoek zijn de energiewinsten van de verbeterde schil doorgerekend, voor de verschillende gebouwdelen apart.

- De kostenefficiëntie van een verhoogde R_c eis voor het dak is goed.
- Voor de gevel geldt een genuanceerd verhaal. Hoewel er diverse oplossingen zijn voor een kostenefficiënte oplossing van een $R_c = 5 \text{ m}^2\text{K/W}$ in de gevel, geldt dit niet voor alle bouwsystemen. Met name oplossingen met een gemetseld buitenblad kennen technische knelpunten terwijl uit indicatieve gegevens blijkt dat de kosteneffecten hierbij het hoogste zijn, zeker in de gestapelde bouw. Dit vraagt om het stimuleren van innovatie op onderdelen van de gevelconstructie zoals geveldragers, verankeringen, afdichtingsmaterialen en ook de baksteen zelf.
- De kostenefficiëntie voor begane grondvloeren is laag. Het verhogen van de R_c brengt een beperkte energiewinst met zich mee, ook als rekening gehouden wordt met de nieuwe rekenmethode die in de loop van 2013 van kracht wordt. Het verbeteren van de isolatiewaarde van de vloer heeft daarnaast een effect op het thermisch comfort; dat is in het kader van dit onderzoek verder niet beoordeeld.

De verhouding tussen de bijdrage van vloer, gevel en dak aan het energieverlies voor een tussenwoning komt globaal uit op 1:3:6. Deze verhouding wordt sterk beïnvloed door het woningtype, de doorsnede, de gevel/vloerverhouding, etcetera. Voor een hoekwoning en een vrijstaande woning neemt het belang van de gevel toe.

Over transparante delen van de gevel wordt opgemerkt dat het energieverlies onverminderd groot blijft, ook na het aanscherpen van de eis per 2013 ($U < 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$). In de onderzochte projecten is gebleken dat het voldoen aan deze nieuwe eis niet op praktische problemen stuit. Met HR⁺⁺-glas en het nauwkeurig berekenen van het randverlies door de kozijnen is dit met standaardproducten haalbaar. Verwacht wordt dat een eventuele verdere aanscherping op dit vlak (naar het niveau van triple glas) op termijn niet tot onoverkomenlijke bezwaren zal leiden, hoewel de kosteneffectiviteit daarbij goed in het oog moet worden gehouden..

Een hoogwaardige thermische schil wordt pas gerealiseerd in de samenhang tussen isolatie van de dichte delen, de transparante delen, de kierdichtheid en de thermische kwaliteit van de aansluitdetails (lineaire warmteverliezen). Uit indicatieve berekeningen blijkt dat de mate van invloed op de uiteindelijke energieprestatie voor deze vier aspecten van een robuuste thermische schil in een zelfde orde van grootte liggen.

8.3 Aanbevelingen

Tijdens dit onderzoek is gestuit op een aantal aspecten die een bredere scope hebben dan de R_c -waarde op zich. Deze worden hier nader toegelicht.

Grenswaarde $R_c = 5$

Er van uitgaande dat een $R_c = 5 \text{ m}^2\text{K/w}$ per 1-1-2015 als grenswaarde wordt opgenomen in het Bouwbesluit, adviseren wij in de tussenliggende periode de volgende acties in gang te zetten:

- Verbeteren van de uitvoeringspraktijk, met name het isoleren van gevels en realiseren van goede afdichtingen.
- Stimuleren van innovatie op het gebied van onderdelen van een gevelconstructie, met name gericht op gemetselde gevels; te denken valt aan afmeting en gewicht van baksteen, geveldraggers, verankeringen, aansluitmaterialen, etc.
- Verbeteren van de kennis over de betekenis en de berekening van lineaire warmteverliezen.
- Stimuleren van een vorm van kwaliteitsborging van de uitvoering.

Bovendien adviseren wij u nader te onderzoeken of met een meer genuanceerde benadering van de grenswaarde per saldo niet een gelijkwaardige of zelfs hogere mate van energiebesparing kan worden gerealiseerd tegen gelijkwaardige of lagere kosten. Denk hierbij aan een beperkte verhoging van de voorgeschreven grenswaarde voor de gevel, maar een grotere sprong voor de daken. Handvat hierbij kan zijn de warmtestroom door de diverse gebouwdelen. Hierbij moet een goede representatieve doorsnede van de bouwvoorraad worden beoordeeld en niet uitsluitend een eengezinstussenwoning.

Tot slot adviseren wij nader te onderzoeken of er een effectieve manier is om een grenswaarde te stellen aan de thermische schil als geheel. Te denken valt aan een indicator waarin zowel dichte als transparante

onderdelen van de gebouwschil, maar ook de kierdichtheid en de lineaire warmteverliezen gewogen worden naar hun bijdrage aan het beperken van het energieverlies van woningen en gebouwen.

Robuuste thermische schil

Uit het onderzoek is een aantal zaken naar voren gekomen, die niet direct te maken hebben met de vraag naar de effectiviteit van de grenswaarde voor de R_{cr} , maar wel met de realisatie van een robuuste thermische schil. Wij adviseren aan de partijen van het Lente-akkoord deze zaken nader uit te werken.

Voor de beleidsmakers

- *Koppeling met opleverprotocol*
Een borging van de bouwkwiteit levert een belangrijke bijdrage aan de praktijkprestatie van energiezuinige woningen. Voor het realiseren van de beleidsdoelen, is het aan te bevelen om naast de vangneteis in het Bouwbesluit ok meer aandacht te besteden aan handhaving van de realisatie. Een voor de hand liggende mogelijkheid hiervoor is de oplevercontrole in kader van het energielabel nieuwbouw.

Voor de Lente-akkoord partijen

- *Focus op bouwkwiteit*
De realisatie van een robuuste thermische schil vereist zorgvuldig bouwen. Onzorgvuldigheid in bouwvoorbereiding en realisatie leiden tot thermische lekken. Bij hogere isolatiewaarden neemt de negatieve invloed van een 'gat' in de isolatie toe. Uit de projecten komen twee zaken naar voren die voor innovatie in aanmerking komen:
 - Verbeterde aansluiting van harde isolatiematerialen (schuimplaten) op kozijnen, hoekoplossingen, dakranden en andere doorbrekingen van de isolatieschil.
 - Stimuleren van innovatie op het gebied van de detaillering van gevel dragers en vergelijkbare hulpconstructies. Brackets, hulpmateriaal voor stelwerk en algehele detaillering mede afstemmen op het achteraf praktisch en zorgvuldig kunnen aanbrengen van isolatiemateriaal. Het uitwerken van geprefabriceerde isolatie'blokken' rondom de brackets lijkt bijvoorbeeld een goede mogelijkheid, net als passende stelschijven.
- *Belang van kierdicht bouwen*
Slechte luchtdichtheid is een belangrijke post in het energieverlies in de praktijk en vormt een risicofactor voor het technisch behoud van gevel- en dakconstructies. Goed kierdicht bouwen is in het belang van de opdrachtgevende en de bouwende partij. Daarnaast draagt het bij aan een laag energiegebruik in de praktijk en een goed thermisch comfort. Het is daarmee ook van belang voor de eindgebruikers. We adviseren breed aandacht voor deze samenhang te vragen en te benadrukken dat voor een hoge mate van luchtdichtheid zowel een goede voorbereiding (werkdetails), zorgvuldige uitvoering, uitvoeringscontrole en een luchtdichtheid meting van belang zijn. Concreet adviseren wij drie zaken te verbeteren:
 - Het mee-ontwerpen van aansluitnaden en de afdichting daarvan in de werkdetails. Uit de bezochte projecten valt af te leiden dat er in de praktijk niet of nauwelijks werkdetails

gemaakt worden waarop maattoleranties zijn aangegeven en waar de afdichting hierop is ontworpen.

- Het meten van de luchtdichtheid van de gebouwschil bij oplevering.
- Verbeteren van de informatie over kwaliteit, levensduurverwachting, toepassingsgebied en verwerkingsrichtlijnen van alle typen afdichtingsmaterialen.

Voor de NEN norm(sub)commissie Energieprestatie

- *Werkelijke lineaire verliezen*

Uit het onderzoek komt naar voren dat de gerealiseerde detaillering resulteert in aanzienlijke lineaire verliezen. Er is dan geen voordeel te behalen uit nauwkeurig rekenen. Mogelijk zijn de verliezen in de praktijk echter groter dan wat forfaitair in rekening wordt gebracht. Wanneer dit het geval is, is het (mede) een verklaring voor de tegenvallende energiebesparing in de praktijk. In dat geval zou zelfs een herziening van de rekenmethode gewenst zijn: ofwel een meer conservatieve forfaitaire waarde, ofwel de verplichting de lineaire verliezen nauwkeurig te bepalen en in te voeren.



Bijlage 1

Verslaglegging bijeenkomsten



RC 5,0 EN ANDERE ROBUUSTE MAATREGELEN

Verslag in het kader van het Lente-akkoord
Utrecht, 29 augustus 2012

De Tweede Kamer wil de isolatiewaarde van nieuwe woningen op afzienbare termijn verhogen van 3,5 naar 5,0. In Nederlands is daar op beperkte schaal al wel mee geëxperimenteerd, maar wat zijn de gevolgen van een grootschalige invoering? Volgens bouwprofessionals is een Rc van 5,0 al goed mogelijk, maar zitten er een paar lastige haken en ogen aan waarop de branche nog met antwoorden moet komen. Dat bleek tijdens de startbijeenkomst van een consultatieronde onder bouwbedrijven op 29 augustus in Utrecht, georganiseerd door het Lente-akkoord.

Op verzoek van de Tweede Kamer wordt de isolatiewaarde van nieuwe woningen in 2015 verhoogd van 3,5 naar 5. Het Lente-akkoord Energiezuinige Nieuwbouw wil constructief bijdragen aan deze ontwikkeling door eind dit jaar een advies te sturen naar de minister van BZK en de Kamercommissie. Dat advies zal aandacht vragen voor bijvoorbeeld bouwtechnische kanttekeningen, wisselwerking met andere bouwkwaliteiten, marktacceptatie en kosten. Dat advies moet uiteraard goed zijn onderbouwd. Daarom consulteert het Lente-akkoord hierover de bouwwereld in vijf sessies, die tussen augustus en november 2012 worden georganiseerd. De startbijeenkomst in Utrecht gaf daartoe een nuttige voorzet. Ruim twintig professionals uit de isolatiebranche, ontwikkelaars en bouwpartijen kwamen er op af.

Gespreksthema was de concrete praktijk van het bouwen met een isolatiewaarde van $R_c=5,0$. In opdracht van het Lente-akkoord onderzoekt Nieman Raadgevende Ingenieurs deze maanden zes uiteenlopende woningbouwprojecten om praktijkervaringen te verzamelen. Het gesprek in Utrecht was de aftrap waarin het onderzoeksveld alvast met elkaar werd verkend. De sfeer op 29 augustus was constructief, levendig en positief kritisch. De bijdragen van de professionals waren over het algemeen van hoge kwaliteit en worden meegenomen in het verdere onderzoekstraject.

"Hoge isolatiewaarden zijn in Duitsland en Scandinavië allang normaal. In Nederland hebben we de neiging goede kwaliteitsaspecten stuk te praten met haarkloverijen over kosteneffectiviteit..."

Er is al het één en ander bekend over de Rc van 5,0. Adviesbureau DGMR rapporteerde afgelopen zomer, in opdracht van het ministerie, over de kosteneffectiviteit van scherpere isolatie-eisen. Hun conclusie was dat het verhogen van de Rc-waarde van 3,5 naar 5,0 op dat moment niet kosteneffectief was. Dat gold volgens DGMR wel voor het aanscherpen van de isolatiewaarde van glas. De U-waarde van glas wordt daarom per 1 januari 2013 naar HR++ niveau gebracht. Het verhogen van de Rc-waarde volgt waarschijnlijk pas twee jaar later.

Betrokken professionals in de zaal relativeerden de kosteneffectiviteitsdiscussie uit het genoemde DGMR rapport. Zo werd erop gewezen dat "we in 2015 worden ingehaald door



de nieuwe Europese energienorm voor nieuwbouw, waardoor de maatregel vanzelf kosteneffectiever wordt." Overigens was er een breed gedragen gevoel dat het verzwaren van de isolatie naar $R_c=5$ vooral moet worden gezien als een kwaliteitsverbetering in de bouw. Het 'stuk praten' van zo'n innovatie met kostendiscussies doen we in Nederland te vaak, en doet geen recht aan legitieme kwaliteitsimpulsen.

Rc 5,0 in de context van robuuste energiemaatregelen

Goede schilisolatie wordt wel gezien als een 'robuuste maatregel' om een woning energiezuiniger te maken en beter geschikt voor het toepassen van duurzame energietechnieken. In de Lente-akkoord brochure *De beste basis* staan vier robuuste stappen beschreven, waar hoogwaardige isolatie er één van is:

1. Slimme oriëntatie van de woning;
2. Doordacht overall ontwerp;
3. Hoogwaardige schilisolatie (met een bijpassende kierdichting, glaskwaliteit en ventilatie);
4. Lage temperatuurverwarming.

Nieman adviseur Harm Valk noemt deze maatregelen "quick wins", die kunnen voorkomen dat allerlei complexe toeters en bellen moeten worden toegevoegd om een gewenste energieprestatie te halen. Vanuit de zaal klonk instemming, maar er was discussie over wat er onder 'robuust' mag worden verstaan. Nog robuuster dan isolatie (stap 3) is een goed woningontwerp (stap 2), en daar lijkt het in de praktijk soms aan te ontbreken. Bij een doordacht woningontwerp is er geen gevaar voor oververhitting in de zomer, heb je zelden koeling nodig, of andere kunstgrepen. Er lopen echter "een hoop matige architecten rond zonder gevoel voor energie. Die zouden vanaf het begin een echte bouwfysicus naast zich moeten hebben, die steeds laat zien wat een uitgangspunt of ontwerpkeuze met een woning doet."

"In de gangbare bouwpraktijk zijn we gewend om vanuit allerlei oplossingen te denken, in plaats van eerst de opgave eens goed te doorgronden..."

Over die wenselijkheid van koeling liepen de meningen uiteen ("de markt eist tegenwoordig meer comfort...") maar men was unaniem van mening dat er in de woningbouw te weinig wordt nagedacht over de opgave van een project. We zien te vaak "ladeplannen" met standaard oplossingen, terwijl we eigenlijk een open mind moeten houden voor de werkelijke opgave en kansen. Zo'n open mind is trouwens ook wenselijk als het om R_c -waarden gaat. Dat de aanscherping van $R_c=2,5$ naar 3,5 onlangs een goede stap is geweest, daar is iedereen het wel over eens. "Maar de wenselijkheid van bijvoorbeeld $R_c=5$ naar 7 is nog maar de vraag, want dan zijn er wellicht betere concepten voorhanden." Met die opmerking werd gedoeld op andere robuuste maatregelen uit stap 3 van *De Beste basis*, zoals een betere U-waarde van glas, scherpe kwaliteitseisen aan balansventilatie, of een betere kierdichtheid van de woning. Volgens Nieman adviseur Harm Valk verdient het glas nog meer erkenning als maatregel: "Een



robuuste bouwschil is meer dan een dikkere isolatieplaat. In een goed geïsoleerd huis hangt alles met alles samen. Bij een Rc van 5 en hoger moet je bijvoorbeeld al gaan denken aan drielaags isolatieglas. We moeten dus oppassen met een eenzijdige belangstelling voor spouwisolatie. Hoe goed je ook isoleert, het vensterglas blijft altijd de zwakke schakel."

De praktijk van bouwen met Rc 5,0

Harm Valk probeerde de ambitie van Rc=5 vervolgens behoedzaam aan de betrokkenen voor te leggen: "Als we reëel zijn, dan kunnen we vaststellen dat deze Rc-waarde misschien niet overal in huis kosteneffectief te realiseren valt, denk maar aan zoiets als de wang van een dakkapel, maar dat is geen reden om het helemaal niet te willen." Vanuit de zaal bracht kostendeskundige Ed de Rechteren van Hemert daartegenin dat "een Rc van 5 wel degelijk overal mogelijk is. De flinterdunne huid van een ruimteschip heeft al een Rc=10, dus de wang van een dakkapel moet geen enkel probleem zijn". Isolatiefabrikanten vielen hem bij en wezen op schuimisolatieplaten van slechts 7 cm dikte. Zij moesten echter wel erkennen dat deze platen relatief duur zijn.

Desondanks was de algemene stemming dat "elk denkbaar bouwsysteem nog uit de voeten kan met een Rc-waarde van 5, ook betongietbouw en ook baksteen met minerale wol." Bouwers worden dus niet gedwongen over te stappen op houtskelet- of staalskeletbouw.

Bij de verhoging van de Rc-waarde zijn echter ook een paar kritische kanttekeningen te plaatsen. Verschillende aanwezige bouwprofessionals wezen op de relatief geringe score van een hoge Rc-waarde in de EPG berekening. Een warmtepomp verlaagt de EPC bijvoorbeeld al snel met enkele tienden, terwijl extra schilisolatie de EPC hooguit met honderdsten verlaagt. Daarom zoeken veel ontwikkelaars hun toevlucht liever in een douche-wtw, zonneboiler of warmtepomp dan in een zware isolatie.

Een tweede kanttekening werd door Harm Valk zelf op tafel gelegd. Er zijn nogal wat signalen uit de branche dat de detaillering van gevels voor problemen zorgt bij een Rc-waarde hoger dan 3,5. De oorzaak daarvan is dat architecten, leveranciers en (onder)aannemers ouderwetse standaard detailoplossingen zijn blijven hanteren. Dan gaat het vooral fout bij de aansluitingen tussen gevel en dak, gevel en kozijn, en tussen fundering en gevel. In de afgelopen 10 jaar zijn er tal van betere detailontwerpen gemaakt, maar die zitten nog niet bij iedereen tussen de oren. De bouwprofessionals herkenden dit probleem in verschillende mate. Kleine bouwbedrijven voerden aan dat zij vaak kleinschalig maatwerk leveren, met een beperkte groep leveranciers, waardoor het proces van detailtekeningen en afstemming gemakkelijker in één hand te houden is. Aan de andere kant staan de grote bouwbedrijven, met bouwstromen van honderden of duizenden woningen per jaar. Theo Smits van Heijmans: "Wij werken met allerlei grote leveranciers van kappen, kozijnen en gevels, die meestal hun eigen standaard details hanteren, waarbij slechts met een schuin oog naar de tekening van de architect wordt gekeken. Dat gaat dus weleens fout. Voor ons ligt er dus een opgave om bij een Rc van 5 een zwaardere processturing in te richten en de detailleringen strenger op elkaar af te stemmen."

De derde kanttekening richtte zich op het materiaalgebruik van hedendaagse isolatieproducten. Het gaat allang niet meer om een laagje steenwol, maar vaak om allerlei kunststof platen, schuimen, composieten en sandwichpanelen. Zijn die materialen in de afvalfase ooit nog verantwoord te scheiden en te recyclen?



"Het gros van de markt zweert nog steeds bij een traditionele bakstenen buitenmuur. Daarom is het belangrijk om aan te tonen dat Rc 5 niet alleen goed haalbaar is bij alternatieve gevels, maar ook gewoon in baksteen ..."

Marktacceptatie van bouwsystemen

De meeste opdrachtgevers, beleggers, bouwbedrijven en kopers hebben een voorkeur voor woningen met traditionele gevels; een binnenspouwblad van een steenachtig materiaal en een buitenspouwblad van massief baksteen. Die voorkeur is sterker in het oosten van het land en minder sterk in de Randstad. Zoals we al eerder zagen is het op zich geen probleem om een Rc van 5 met stenen spouwbladen te realiseren, maar het aantal isolatietechnieken is wel wat beperkter.

Een alternatieve benadering, populair in bepaalde nichemarkten, is het bouwen met een binnenspouwblad van houtskeletbouw (of staal) zonder een massief stenen buitenspouwblad. Daarbij wordt direct tegen het isolatiepakket een buitengevel opgetrokken van bijvoorbeeld hout, pleisterwerk of steenstrips. Volgens de aanwezige vertegenwoordigers van deze aanpak is een Rc van 5 met hun methoden makkelijker te realiseren. Zo kan de isolatie in de fabriek eenvoudig en nauwkeurig in prefab binnenspouwbladen worden aangebracht. Daarnaast blijft de bouwschil relatief dun, wat allerlei technische en financiële voordelen heeft. De grote bouwbedrijven zijn echter huiverig om daarmee te werken: "Als je in grote aantallen bouwt, loop je een enorm financieel risico met een bouwsysteem dat zich niet generaties lang in de praktijk heeft bewezen. Bovendien krijg ik geen 30 jaar garantie op buitengevels met pleisterwerk of steenstrips." Daarop suggereerden hun collega's uit de nichebouw dat grote bouwbedrijven eens op kleine schaal (lees: beperkt risico) zouden moeten experimenteren met alternatieve bouwsystemen.

Bouwkosten

Meerkosten van een maatregel zijn altijd lastig te bepalen, omdat een specifiek bouwplan zelden kostencalculaties maakt van hetzelfde bouwplan zónder die maatregel. Voor de kleine aannemer biedt het magazine BouwTotaal wel wat handvatten voor de kosten van zwaardere isolatievarianten. Volgens een vuistregel levert een Rc verzwaring van 3,5 naar 5 een energiewinst op van 5% tegen ongeveer 1% meer bouwkosten. Dat lijkt dus erg mee te vallen, maar Theo Smits van Heijmans is minder optimistisch. Hij ziet bij traditioneel bouwen (met stenen spouwbladen en minerale wol) rond de Rc van 4,5 een omslagpunt: "Tussen 3,5 en 5,0 moet er opeens zeven centimeter extra aan isolatie bij, heeft de constructeur meer werk, zijn andere spouwankers nodig en krijg je echt meerkosten."

Zulke meerkosten spelen bij HSB een veel geringere rol, vooral als bouwelementen prefab in de fabriek zijn voorbereid. Met iets zwaardere ribben van het bouwskelet valt de hogere Rc-waarde gemakkelijk te realiseren.



"Een Rc van 4,5 is een soort magische grens voor spouwconstructies. Bij nog hogere waarden gebeurt er van alles. Dan krijg je andere constructieve eisen, dan kun je niet meer natuurlijk ventileren en krijg je aanzienlijke meerkosten..."

Een kostenpost die niet direct verband houdt met een Rc-waarde van 5, maar wel in het verlengde ervan ligt, is het vensterglas. Bij doorsnee woningontwerpen is het gebruik van 'gewoon' HR++ glas meestal wel afdoende. Tussen een Rc van 3,5 en 7 ligt ook voor glas ergens een omslagpunt, waarbij moet worden uitgeweken naar drielaags glas. Ramen met zulk glas zijn nu nog aanzienlijk duurder, maar in landen die drielaags glas al op grote schaal toepassen (zoals in Duitsland) is al een duidelijke prijsdaling zichtbaar. De markt van bouwleveranciers wordt trouwens steeds meer een Europese markt, dus het is denkbaar dat goedkopere ramen uit het buitenland worden gehaald.

P2P adviseur Herman Eijdemus stelde overigens voor om anders tegen die meerkostendiscussie aan te kijken. Zijn gezichtspunt was dat we ons niet moeten blindstaren op de meerkosten, maar ook naar de Total Cost of Ownership (TCO) moeten kijken. Een hogere Rc-waarde (en/of U-waarde) kan immers tot gevolg hebben dat de woning een nog aantrekkelijker energielabel krijgt, met nog lagere energielasten. Misschien zijn er zelfs minder installaties (energie, ventilatie) nodig, waardoor het totale plaatje van kosten en opbrengsten er anders uit komt te zien.

Stellingen

De startbijeenkomst werd afgesloten met een paar stellingen die aan de bouwprofessionals werden getoetst. Daarbij werden een paar interessante kanttekeningen geplaatst:

- *Stelling: "Een wettelijke eis van Rc 5,0 per 1 januari 2015 is in de praktijk goed mogelijk."*
Alle aanwezigen onderschreven deze stelling. De meningen liepen echter uiteen bij de vraag of dat ook geldt voor nog hogere Rc-waarden. Met name grote bouwers vonden dat er tegen die tijd eerst scherper moest worden gekeken naar andere robuuste energiemaatregelen: de U-waarde van glas, kwaliteitseisen aan balansventilatie, een betere luchtdichtheid van de woning (Qv10);
- *Stelling: "Een goede metselwerkoplossing is essentieel voor de acceptatie van Rc 5,0 door de markt. Ook deze stelling werd omarmd. Een gemakkelijke vertaling van Rc=5 in de traditionele bouw, met minerale wol en baksteen, is bepalend voor het accepteren van de nieuwe norm. De HSB bouwers legden zich bij die opvatting neer, maar zagen het wel als de weg van de minste weerstand;*
- *Stelling: "Er is onvoldoende aanbod van kostenefficiënte oplossingen van Rc 5,0 of hoger."* Die stelling werd niet ondersteund door de professionals. Er is op zich voldoende aanbod aan isolatiematerialen, maar bouwbedrijven in de zaal klaagden wel dat plaatisolatie (harde, dunne schuimen) in handen is gekomen van slechts een paar grote producenten, waardoor de prijzen zouden zijn opgedreven;
- *Stelling: "Houtskeletbouwwoningen zijn minder gewild bij de klant."* Dat ligt volgens de aanwezigen wat genuanceerder. Bouwen in 'steen' (baksteen, beton, kalkzandsteen



e.d.) is inderdaad dominant in de 'mainstream' bouw. Maar het lijkt erop dat de markt met name gesteld is op de stenen buitenschil. Waar het binnenspouwblad uit bestaat ligt iets minder kritisch. Goed uitgevoerde HSB varianten winnen dan ook steeds meer terrein op de markt;

- *Stelling: "Ik heb eerdere bouwprojecten met hoge energieambities geëvalueerd."* De meeste bouwbedrijven hebben in het recente verleden tenminste eenmaal een evaluatie gedaan van energiezuinig bouwen. Met uiteenlopende resultaten. In het algemeen waarderen bewoners het comfort van een zwaar geïsoleerde bouwschil. Een lastige bijwerking ervan is wel dat drielaags glas (waarmee alle aanwezige bouwbedrijven al weleens mee hebben gewerkt) de woning zo stil maakt, dat er meer klachten komen over binnengeluid.

Hoe verder

Na de startbijeenkomst van 29 augustus worden zes in aanbouw zijnde woningbouwprojecten in het land gedetailleerd onder de loep genomen. Wat de 6 projecten onderling gemeen hebben is dat zij bouwen met een Rc van 5,0. Zij verschillen van elkaar in het gebruikte bouwsysteem en de omvang van het bouwbedrijf. Het gaat om bouwprojecten van:

- Boot Bouwbedrijf
- Heijmans
- BAM
- VDM
- Planhus
- Koopmans, voor Amvest

In drie sessies op locatie worden de projecten besproken en onderling becommentarieerd. In november worden de resultaten in een slotbijeenkomst opnieuw voorgelegd aan de groep professionals van de startbijeenkomst. Kort daarna verschijnen snel achter elkaar de eindrapportage, een publieksvriendelijke brochure over *Do's & don'ts van bouwen met Rc=5* en tot slot een formele brief van het Lente-akkoord aan de vaste kamercommissie en de minister van BZK.

Samenvattende conclusies

- De wettelijke isolatiewaarde van nieuwbouwwoningen wordt in 2015 hoogstwaarschijnlijk verhoogd van Rc 3,5 naar 5. Discussies over een vermeend lage kosteneffectiviteit van de verhoging zijn een achterhoedegevecht aan het worden.
- Er lijken geen doorslaggevende bouwtechnische bezwaren te zijn om die aanscherping door te voeren. Ook de traditionele industriële bouwmethoden op basis van beton, baksteen en minerale wol, kunnen de aanscherping zonder veel problemen opvangen.
- Nieuwe dunne isolatieproducten maken een Rc van 5,0 ook onder moeilijke omstandigheden mogelijk. Deze isolatieproducten zijn echter relatief kostbaar.



- Een Rc van 5 of hoger is een robuuste energiemaatregel, onmisbaar voor het gebruik van duurzame energiebronnen. Het is daarom moeilijk te begrijpen dat een goede schilisolatie nauwelijks scoort in de EPG berekening.
- De Rc-waarde van 5,0 is een grens voor bouwen met stenen buitenspouwblad en natuurlijke ventilatie. Bij nog hogere Rc-waarden zijn kostbare aanpassingen van de bouwmethode noodzakelijk. In plaats daarvan verdienen eerst andere energiemaatregelen extra aandacht, zoals de U-waarde van glas en een betere kierdichtheid.
- Alternatieve bouwmethoden (zoals houtskeletbouw) lijken een Rc van 5,0 gemakkelijker op te kunnen nemen. Deze bouwmethoden zijn voorlopig een nicheproduct, hoewel het marktaandeel groeit.
- Binnen de bouwbranche zijn verouderde standaard bouwdetails in omloop, die niet geschikt zijn voor bouwen met een Rc van 5,0. Dat geeft vaak problemen bij aansluitingen tussen de gevel en andere bouwdelen.
- Bouwen met een Rc-waarde van 5,0 dwingt nog niet tot het gebruik van drielaags vensterglas, maar het omslagpunt ligt wel dichtbij. Bij iets hogere Rc-waarden, of energetisch ongunstige woningontwerpen, is het gebruik van HR⁺⁺ glas niet meer afdoende.

Verantwoording

Deze tekst is gemaakt op basis van de startbijeenkomst 'Rc 5,0 en andere robuuste maatregelen'. Deze bijeenkomst vond plaats op woensdag 29 augustus in de kantine van Nieman Raadgevende Ingenieurs in Utrecht. De organisatie was in handen van het Lente-akkoord, namens NEPROM, NVB, Bouwend Nederland en Aedes. Deelnemers waren bouwers, isolatiefabrikanten, beleggers en adviseurs. Discussieleider en spreker was Harm Valk, Nieman Raadgevende Ingenieurs. De inleiding werd verzorgd door Claudia Bouwens, programmaleider Lente-akkoord en werkzaam bij NEPROM. Verslag: Endre Timàr.

Meer informatie:

Lente-akkoord
Claudia Bouwens
Postbus 620, 2270 AP Voorburg
E-mail: cb@lente-akkoord.nl
www.lente-akkoord.nl

Rc=5,0 in de bouwpraktijk

Verslag van de slotbijeenkomst 'Rc 5,0 en andere robuuste maatregelen'

De minister gaat de isolatiewaarde van nieuwe woningen per 1 januari 2015 verhogen van 3,5 naar 5,0. Het Lente-akkoord riep afgelopen zomer belangstellenden uit de bouwsector bijeen om de gevolgen daarvan te bespreken. Dat leverde uiteenlopende gezichtspunten op, die afgelopen maanden zijn getoetst bij zes in uitvoering zijnde woningbouwprojecten. De bevindingen van die bouwplaatsbezoeken werden op 22 november opnieuw aan de bouwsector gepresenteerd. Met een paar wezenlijke conclusies tot gevolg.

Op verzoek van de Tweede Kamer wordt in 2015 de isolatiewaarde van nieuwe woningen verhoogd van Rc 3,5 naar 5. De marktpartijen van het *Lente-akkoord Energiezuinige Nieuwbouw* willen daarover in januari een advies sturen naar de minister van BZK en de Kamercommissie. Het advies zal aandacht vragen voor bijvoorbeeld bouwtechnische kanttekeningen, wisselwerking met andere bouwkwaliteiten, marktacceptatie en kosten. Die bijdrage moet uiteraard goed zijn onderbouwd. De marktpartijen hebben daarom de bouwwereld hierover geconsulteerd, in vijf bijeenkomsten die tussen augustus en november 2012 hebben plaatsgevonden. Daarbij was Nieman Raadgevende Ingenieurs betrokken om de technische begeleiding te verzorgen.

Drie van die sessies waren op een bouwplaats georganiseerd waar nu al met een Rc van 5 en hoger wordt gebouwd. Naast een rondgang langs het werk werden in de bouwkeet steeds twee bouwprojecten onder de loep genomen: die van de gastheer en die van een ander woningbouwproject. In totaal konden zo zes woningbouwprojecten gedetailleerd worden bestudeerd. De marktpartijen van het Lente-akkoord en Nieman hebben hun best gedaan een dwarsdoorsnede te nemen van de meest voorkomende typen bouwsystemen en –bedrijven. Naast zeer grote bouwers werden ook kleine bouwbedrijven bevraagd, en naast traditionele bouwsystemen op basis van beton en baksteen kwamen ook systemen van houtskeletbouw aan bod.

Bij de bouwplaatsbezoeken hebben we dankbaar gebruik mogen maken van de openhartige medewerking van de volgende bouwbedrijven: BAM Woningbouw, Heijmans, VDM Woningen, Bouwbedrijf Boot, Planhus, en Koopmans met hun opdrachtgever Amvest. De bezoeken hebben geleid tot een aantal waardevolle bevindingen, die op donderdag 22 november in Utrecht werden gepresenteerd. Ruim twintig professionals uit de isolatiebranche, ontwikkelaars, advieswereld en bouwbedrijven verzamelden zich in de kantine van Nieman Raadgevende Ingenieurs om over de resultaten te discussiëren.

Globale uitkomsten en principeoplossingen

Bouwen met een Rc van 5 of hoger is in ons land inmiddels geen zeldzaamheid meer. De zes onderzochte locaties laten zien dat zulke isolatiewaarden in het algemeen realiseerbaar zijn. We moeten daarbij aantekenen dat de deelnemende bouwbedrijven tot de welwillende voorlopers behoren, dus de ervaringen in dit onderzoek zullen niet honderd procent representatief zijn voor de hele branche.



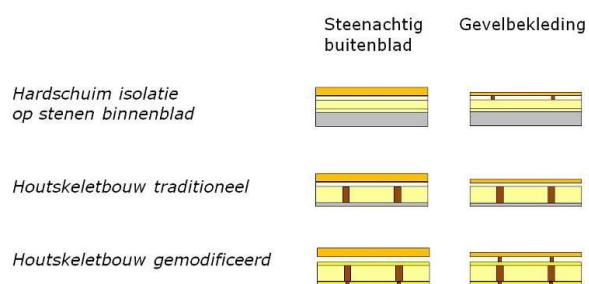
De 6 bezochte bouwbedrijven, ontwikkellocaties en bouwsysteem (gevel)			
BAM	Hoogvliet	Tunnelgietbouw (beton) met baksteen	Rc 5
Boot	Teteringen	Kalkzandsteen en baksteen	Rc 5
VDM i.s.m. BAM	Roosendaal	Houtskeletbouw (geveldelen)	Rc 10
Heijmans	Nimmerdor	Porotherm lijmblokken en baksteen	Rc 10
Koopmans i.s.m. Amvest	Vleuterweide	Kalkzandsteen en baksteen	Rc > 6
Planhus	Bright Living (Zweeds concept)	Houtskeletbouw	Rc > 7

In het algemeen zien we dat het realiseren van daken en vloeren met een Rc van 5 geen noemenswaardige problemen opleveren, maar dat in de gevels hier en daar lastige opgaven zitten. Bij gevels zien we in de praktijk de volgende veelvoorkomende opbouw:

- Binnenblad: steenachtig materiaal of houtskeletbouw (HSB);
- Spouwisolatie: minerale wol of hardschuim platen;
- Buitenblad: baksteen of dunne bekleding met uiteenlopende materialen.

De isolatiewaarde van Rc 5,0 kan zowel met minerale wol als met hardschuim worden bereikt. De keuze hangt met name af van de volgende factoren:

- Voor een Rc van 5 is meer isolatiedikte nodig, vooral bij toepassing van minerale wol. Dat is bij HSB nauwelijks een probleem, maar bij een traditionele gevel soms wel, omdat daarmee het buitenblad verder naar buiten komt, wat constructief lastige aanpassingen vergt. Daarom wordt bij steenachtige gevels (beton en/of baksteen) vaker voor hardschuimisolatie (met hogere isolatiewaarde) gekozen;
- Bij toepassing van hardschuimisolatie wordt soms een laagje minerale wol van 20 mm toegevoegd aan de zijde van het binnenblad. Dit omdat het binnenblad in de bouwpraktijk vaak onvoldoende vlak is afgewerkt. Minerale wol kan zulke oneffenheden opvangen;
- Bij HSB wordt meestal minerale wol toegepast. Minerale wol is goedkoper en eenvoudiger om toe te passen, vooral omdat het enigszins flexibel is, en het houten frame heeft genoeg ruimte voor de grotere materiaaldikte;
- De praktijk leert dat bij gevelsluitende elementen meestal minerale wol wordt gebruikt, in alle bouwsystemen;
- Nieuwere HSB bouwsystemen ('gemodificeerd') verwerken vaak een tweede (dunne) isolatielaag aan de buitenzijde van het frame. Ook wordt soms aan de binnenzijde een extra leidingspouw toegevoegd, waarin (elektra)leidingen kunnen worden weggevoerd.





Veel voorkomende verzwakkingen

Bij de bouwplaatsbezoeken viel op hoeveel technische vorderingen de bouw heeft gemaakt ten opzichte van een paar jaar geleden. Er wordt nu, tenminste in de bezochte projecten, zorgvuldiger gebouwd. Desondanks konden we waarnemen dat er op een aantal plekken in de bouwschil soms verzwakkingen van de isolatiewaarde optreden. De meest voorkomende:

- De ondergrond (begane grondvloer, buitenoppervlak van binnenspouwblad) is niet vlak genoeg, waardoor moeilijk te dichten naden ontstaan, of waardoor de isolatie niet perfect tegen het binnenblad aanligt (gevaar valse spouw). Een mooie oplossing die we aantroffen was het vlinderen van de constructievloer, waardoor de (houten) geveldelen strak aan konden sluiten op de vloer;
- Isolatieplaten worden slordig gesneden, waardoor naden ontstaan die een thermisch lek vormen;
- Problemen met de details van hoekaansluitingen;
- Ruwe uitsparingen of doorvoeren (meterkast, buitenleiding) met potentiële warmtelekken en luchtlekken tot gevolg;
- Om de bakstenen buitengevel bij hoogbouw om de paar etages op te vangen worden vaak stalen geveldragers gebruikt. Qua isolatie levert dat twee problemen op. Ten eerste vormen ze mogelijke koudebruggen en ten tweede is het nauwelijks mogelijk om daar isolatieplaten op een goede manier tussen/omheen/onder aan te brengen ('het is frutten'). Hier ligt een dankbare taak voor innovatie;
- De ophanging en aansluiting van galerijen, balkons en luifels zijn vrijwel altijd verzwakkingen van de isolatiewaarde. De Isokorf techniek vermindert het probleem (er wordt voldaan aan de BB-eis voor koudebruggen: de f-factor), maar de details blijven lastig;
- Rond kozijnen (aansluiting met gevel, ventilatiooster, rekjes) treden soms flinke verzwakkingen op.

Dit lijken zeer uiteenlopende problemen, maar in hun essentie samengevat zijn het er eigenlijk drie:

1. Lineaire warmteverliezen;
2. Niet optimaal ontworpen of uitgevoerde aansluitdetails, waaronder ook de kierdichting;
3. Aanbrengen van isolatie ('isoleren is een vak')

Voor de goede orde, die kwesties waren er vroeger ook al, maar toen telden ze nog niet zo zwaar mee. Bij een slecht geïsoleerde woning maakt een wat mindere kierdichting, of wat extra warmteverlies in een aansluiting, immers niet zoveel uit. Maar bij energiezuinige woningen gaat elke onvolkomenheid steeds zwaarder meetellen. Bouwen wordt dus een hightech aangelegenheid, die steeds meer prefab precisieonderdelen gebruikt, gemonteerd door gespecialiseerde vaklieden.



We zien hier een tweedeling opduiken tussen traditioneel bouwen op de bouwplaats en prefab bouwmethodeken. Maar ook binnen die tweede categorie lijkt er sprake te zijn van bloedgroepen:

1. Bedrijven die traditioneel (maar wel prefab) bouwen met beton, kalkzandsteen en baksteen;
2. Bedrijven die met prefab houtskeletbouwsystemen (HSB) werken;
3. Bedrijven die inzetten op bouwmethoden voor extra zwaar geïsoleerde huizen (bijvoorbeeld passiefhuizen), volgens methode 1 of 2.



Natuurlijke ventilatie stuit op zijn grenzen

Een andere bevinding heeft betrekking op de wijze van ventileren. Nog steeds veel ontwikkelaars en bewoners hebben een voorkeur voor natuurlijke ventilatie, meestal met roosters boven de ramen. Met de steeds scherpere EPC, en hogere Rc, komt die wijze van ventileren echter in de problemen. In zulke energiezuinige woningen slaat de CV immers minder vaak aan, voelen de radiatoren onder de ramen zelden meer flink warm aan, en het gevolg is dat de koude ventilatielucht oncomfortabel uit de roosters 'valt', zonder opgewarmd te worden door een paar hete radiatoren. Volgens Theo Smits van Heijmans leidt dat echter nog nauwelijks tot klachten van bewoners, terwijl ze meer klachten over balansventilatie krijgen. Onder de aanwezigen van de slotbijeenkomst in Utrecht bleken dezelfde (uiteenlopende) opvattingen over balansventilatie te leven als die we al jaren kennen uit landelijke discussies tussen voor- en tegenstanders. Opdrachtgevers als Amvest en ontwikkelaars als Heijmans zijn er in elk geval niet enthousiast over. Maar Rien van Rooij (Amvest) erkende dat natuurlijke ventilatie de eerdergenoemde nadelen heeft: 'Wij denken dat het bij een Rc van 5 nog goed gaat, maar bij hogere isolatiewaarden zullen ook wij overstappen op balansventilatie.'



Kostendiscussie

Gedurende het hele consultatietraject is eigenlijk niet boven water gekomen wat de meerkosten zijn van bouwen met een Rc van 5. Het is wel aannemelijk dat er sprake moet zijn van meerkosten, omdat:

- Dikkere (steenwol) of duurdere (hardschuim) isolatieplaten moeten worden toegepast;
- Het aanbrengen van isolatie en goed afdichten van naden meer materiaal, tijd, controle en vakmanschap vergt.

Toch moeten we die meerkosten ook niet overdrijven. Chris Zijdeveld, voorzitter van Passief Bouwen, voerde aan: 'Als je de woning vanaf de allereerste schets met een Rc van 5 ontwerpt, dan zijn meerkosten nauwelijks aan de orde. Het wordt pas een probleem als je een ontwerp met Rc 2,5 gaat aanpassen.' Ook in houtskeletbouw lijken de meerkosten geen probleem. Het zijn met name traditionele bouwprojecten (stenen binnen- en buitenblad) die er last van hebben. Dat lijkt vooral op te treden bij hoogbouw, waar bouwbedrijven worstelen met de keuze tussen de dunne (is duurdere) harde persing isolatieplaten of duurdere oplossingen voor geveldragers.



Hoe dan ook, het is evident dat de kosten van bouwen met een Rc van 5 inzichtelijk moeten worden. Tijdens de slotbijeenkomst werd er daarom voor gepleit om betere standaard bouwdetails (passend bij een Rc van 5) te ontwikkelen en die in de veelgebruikte *3D-BIM* bouwsoftware te integreren. Zo worden de gevolgen van de hogere isolatiewaarde beter zichtbaar voor calculatoren.

Doel versus middelen

Een verbeterde gebouwschil impliceert dat naast een Rc-waarde van 5 (of hoger) ook de kierdichtheid, lineaire warmteverliezen, de U-waarde van glas en ventilatiesystemen op een behoorlijk niveau zijn gebracht. De verleiding is groot om daarom niet alleen een Rc-waarde in het Bouwbesluit op te nemen, maar ook gedetailleerde voorschriften over lineaire warmteverliezen en kierdichting. Sterker nog, waarom niet één integrale norm voor al die thermische bouwschil parameters? Theo Smits van Heijmans kwam daartegen in het geweer: 'Ik ben daar fel op tegen en volgens mij spreek ik dan ook namens veel van mijn collega's. We moeten doel en middelen uit elkaar proberen te houden. Een flinke CO₂ reductie bij woningen is hier denk ik het eigenlijke doel. Dat kun je best stimuleren door lage EPC normen op te leggen, maar geef de ontwikkelaars en bouwers de vrijheid om zelf te bedenken hoe ze dat willen doen. Desnoods met een dak vol zonnepanelen. Ik vind die Rc van 5 eigenlijk al een inbreuk maken op die vrijheid. Moet je dan ook al die details gaan voorschrijven?'

Verder door filosoferend over die vrijheid om een bepaald doel te bereiken kwam het idee op tafel om in het Bouwbesluit een *gemiddelde* Rc-waarde van 5 voor woningen vast te leggen. Zo'n eis maakt het mogelijk om bijvoorbeeld wat meer ontspannen om te springen met de Rc-waarde van een gevel, maar dat weer terug te winnen door de vloer of het dak zwaarder te isoleren.

Samenvattende conclusies

- Bouwen met een Rc van 5 is technisch gesproken zonder meer mogelijk, voor alle veelvoorkomende bouwsystemen, maar met de volgende kanttekeningen:
 - Toepassing bij daken en vloeren is inderdaad geen enkel probleem;
 - In de gevel is een Rc van 5 lastiger te realiseren vanwege de vele aansluitdetails;
 - Toepassing bij laagbouw is eenvoudiger dan bij hoogbouw. Bij hoogbouw zijn met name de stalen geveldraggers bij metselwerk een knelpunt. Op dat gebied is innovatie dringend gewenst;
 - Een Rc van 5 is eenvoudiger bij houtskeletbouw dan bij steenachtige binnen- en buitenbladen;
- Bouwen met een Rc van 5 is kostenefficiënt te realiseren in vloer en dak. Bij gevels en bijzondere elementen (erkers, dakkapellen etc.) lopen de meningen uiteen. Met name 'traditionele' gebouwen in baksteen worden voor aanzienlijke meerkosten geplaatst, waarbij je kunt twijfelen aan de kostenefficiëntie ervan.
- Bij een Rc van 5 is het zinvol om ook lineaire warmteverliezen en kierdichtheid op een passende manier mee te verbeteren;
- Natuurlijke ventilatie is bij een Rc van 5 nog net wel (of niet, hierover verschillen de meningen) comfortabel voor bewoners. Bij hogere Rc-waarden (in combinatie met vloerverwarming) is een overstap naar balansventilatie echter onvermijdelijk;



- Raampartijen zijn uiteindelijk de zwakste schakel. Zij blijven ondanks de technische verbeteringen (edelgas gevuld dubbel en drielaags glas) meer warmte doorlaten dan dichte geveldelen. Daarom moet de wetgever zich niet blindstaren op steeds hogere Rc-waarden, temeer omdat een flink deel van moderne gevels uit glas bestaat;
- Het geheel overziend zijn er geen grote belemmeringen om de Rc van 5 voor dak en begane grondvloer op te nemen in het Bouwbesluit. Voor de gevel zijn er in de praktijk nog wel een aantal knelpunten op te lossen, waaronder de bouwkosten voor steenachtige gevels.

Hoe verder

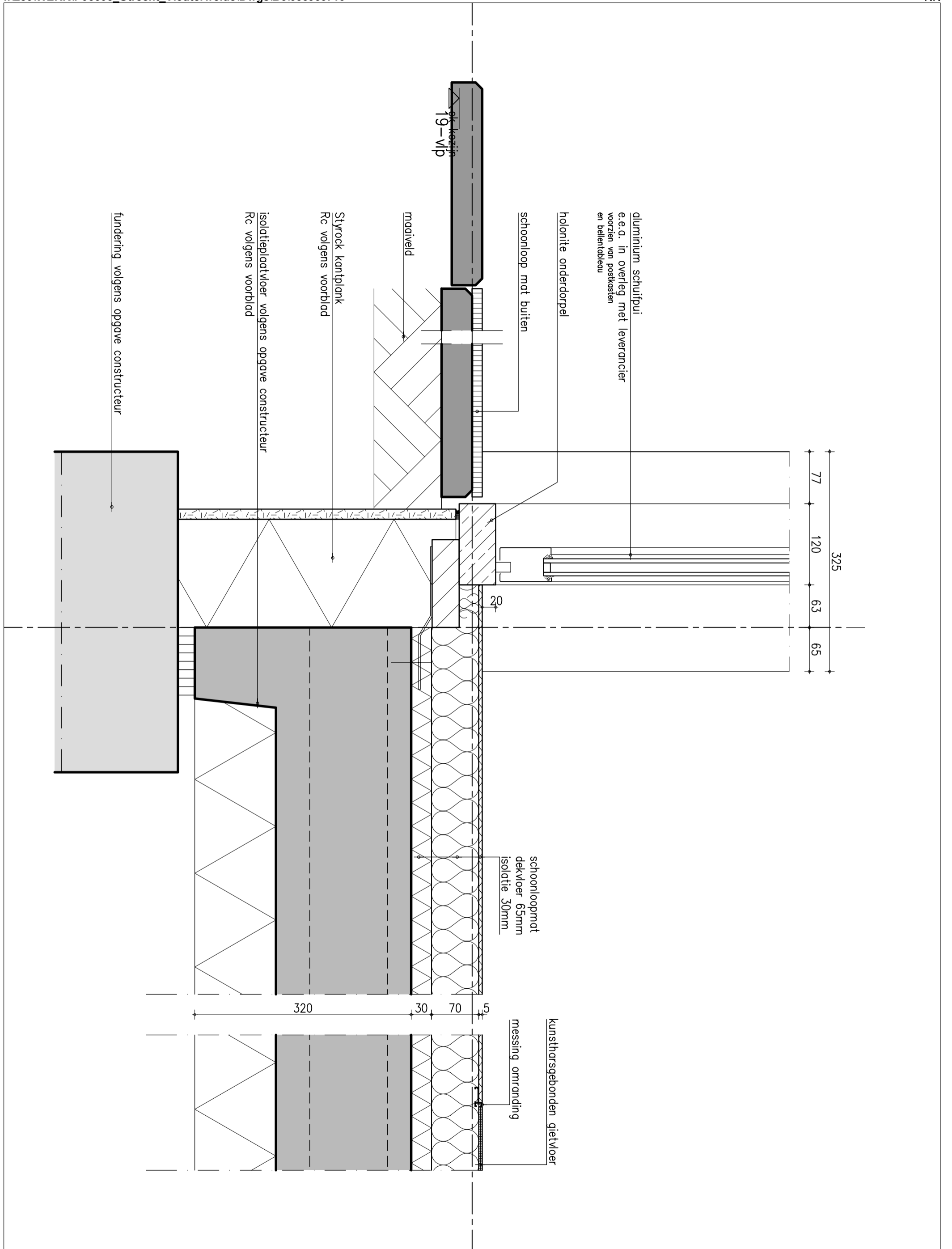
In december 2012 verwerkt Nieman Raadgevende Ingenieurs alle bevindingen en discussiepunten uit de consultatieronde in een eindrapport. De deelnemers van de slotbijeenkomst van 22 november, en de bouwbedrijven van de zes onderzochte bouwlocaties, krijgen eerst het conceptrapport ter commentaar. Daarna zal het Lente-akkoord een adviesbrief opstellen aan de minister en de Kamercommissie. In januari verschijnt bovendien een publieksbrochure in Iekentaal.

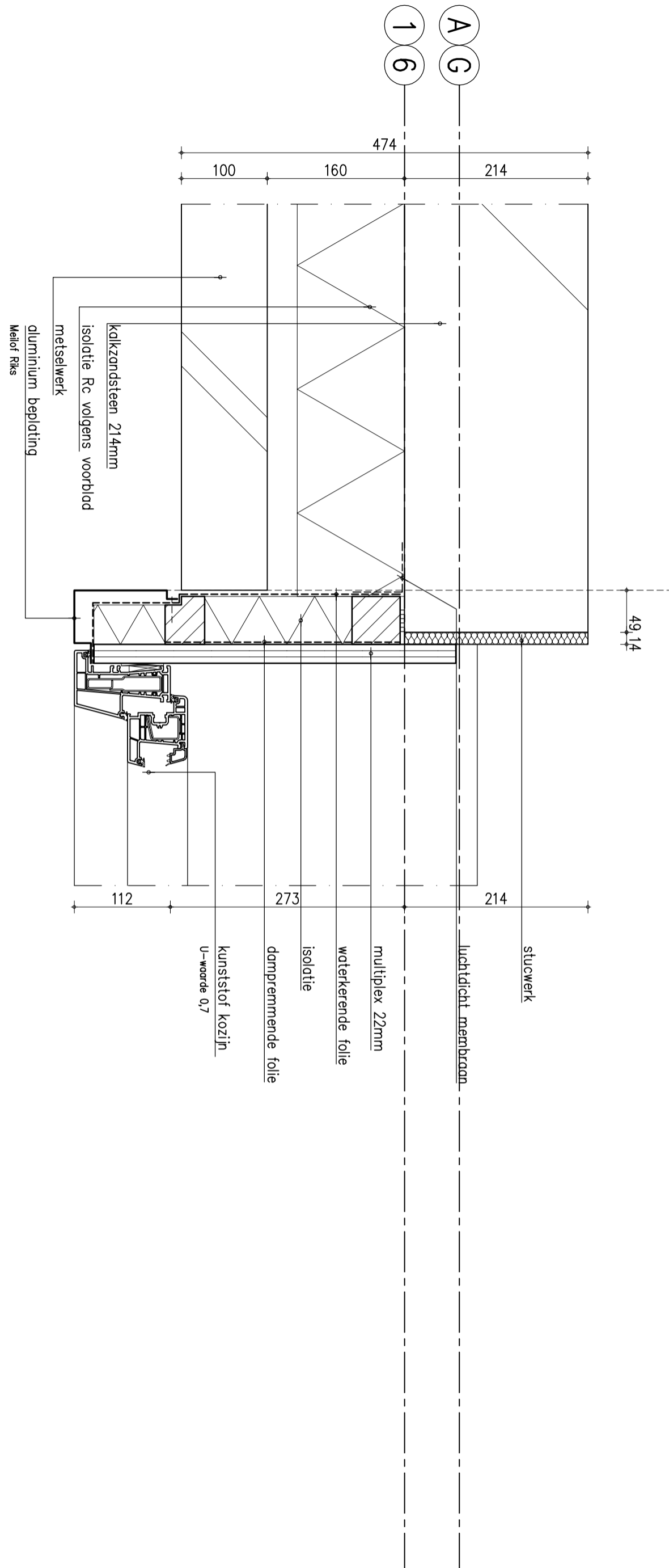


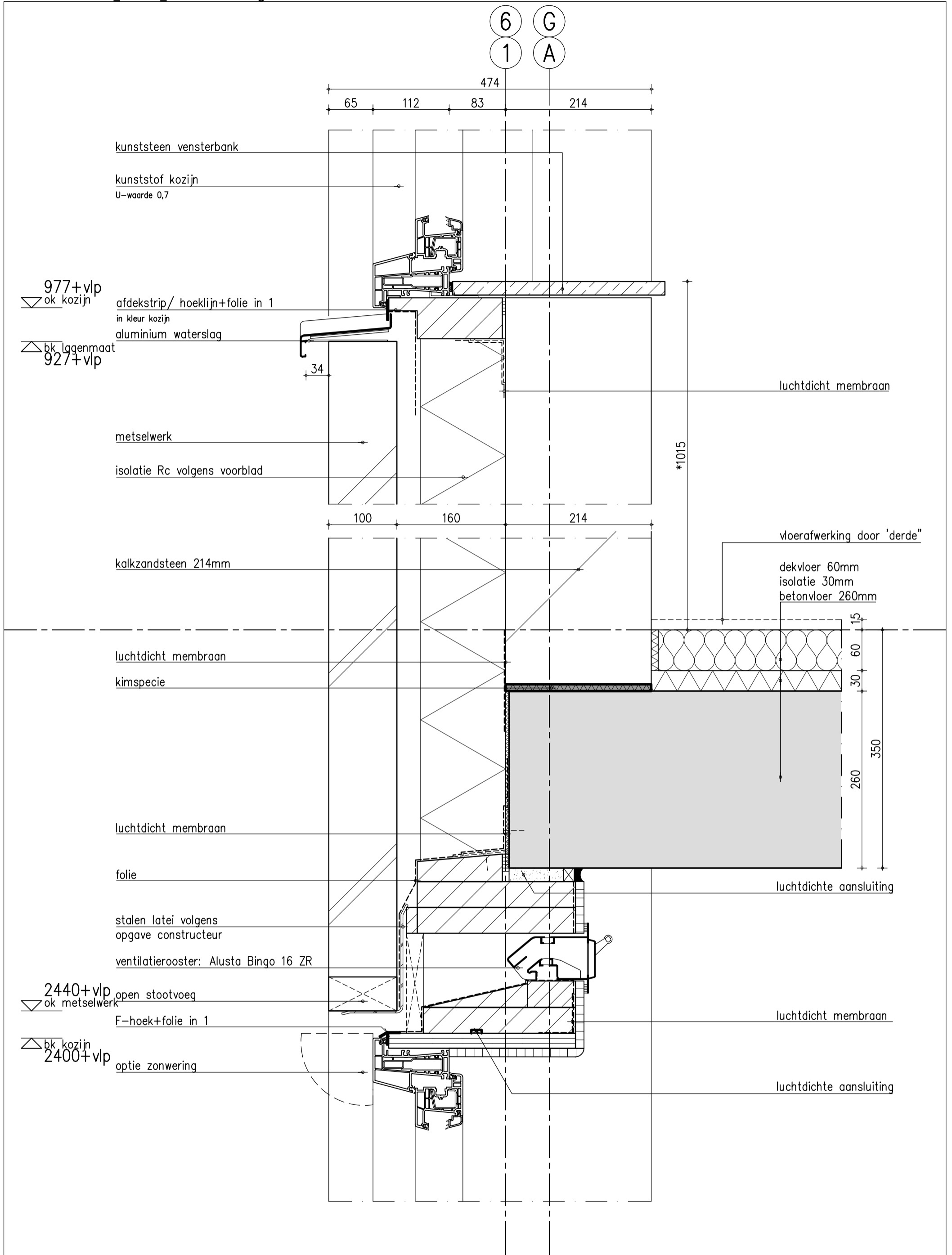


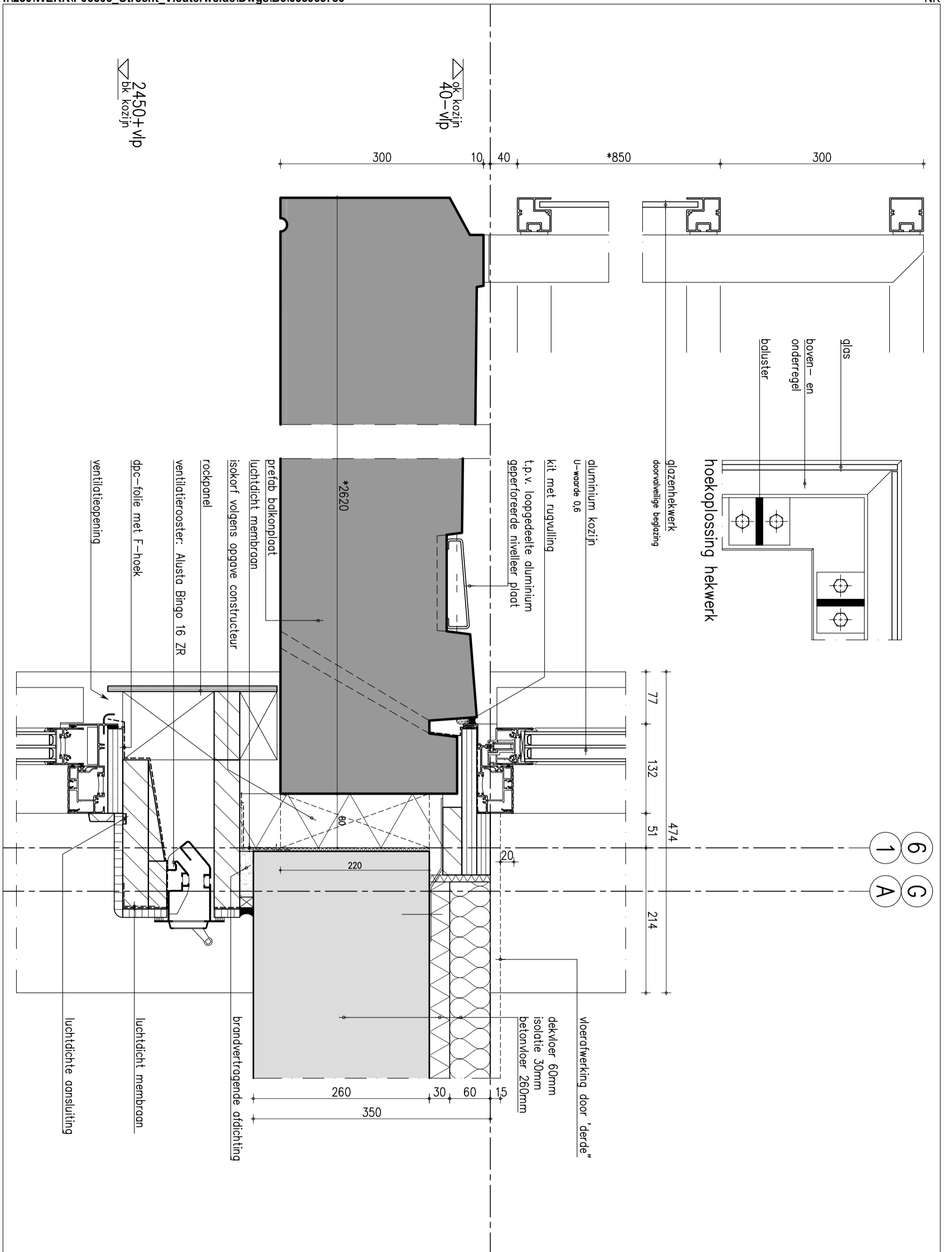
Bijlage 2

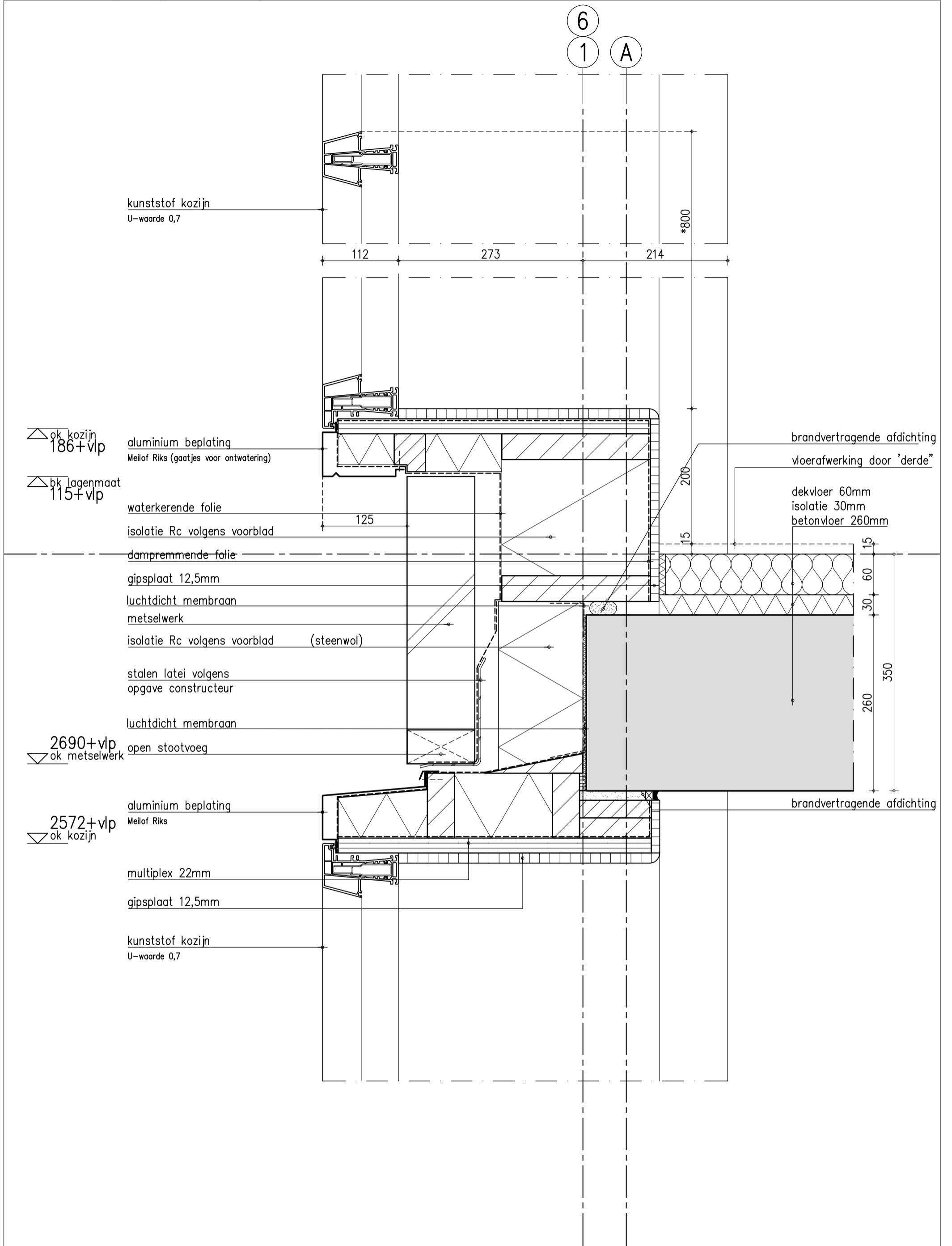
Projectspecifieke oplossingen onderzochte projecten

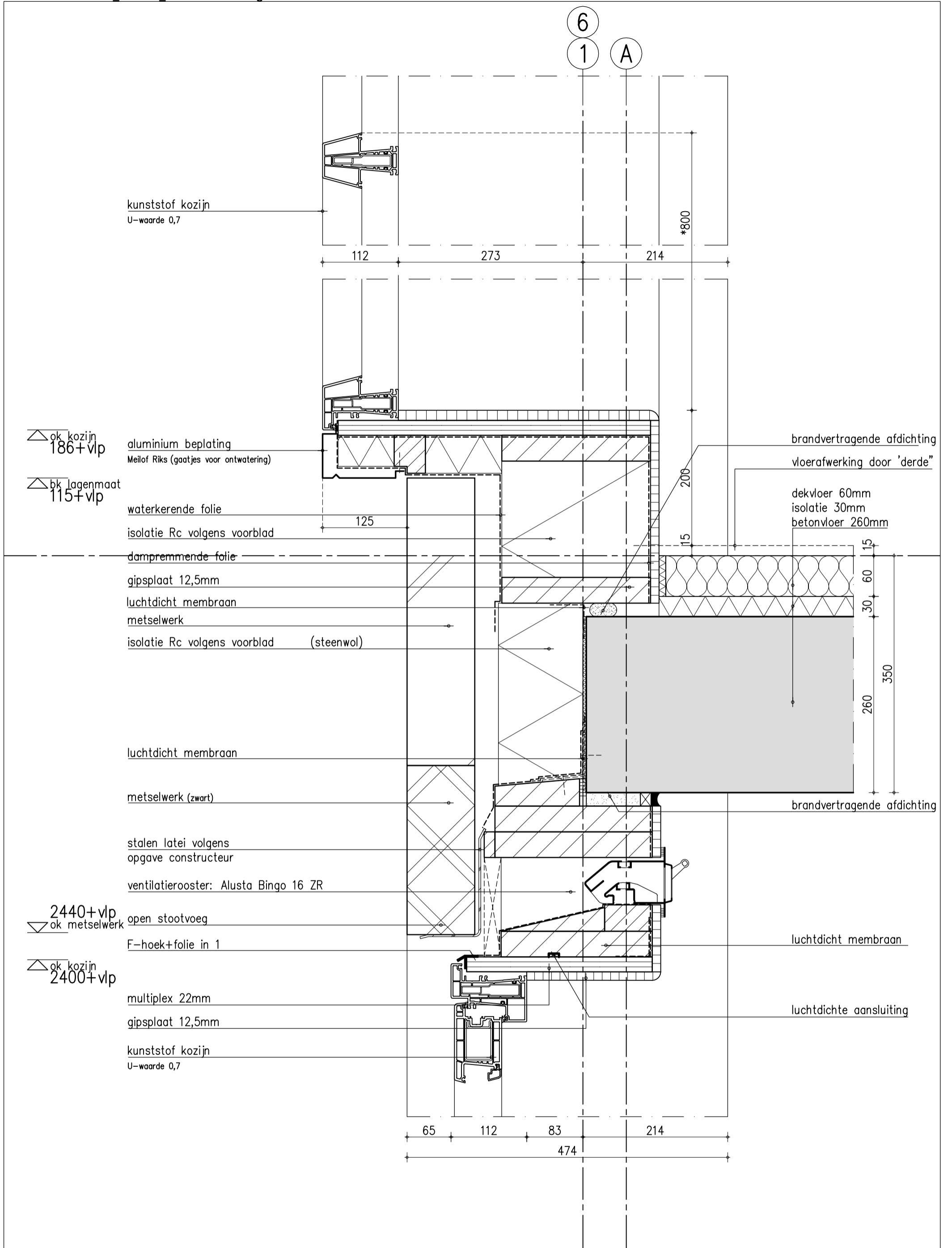


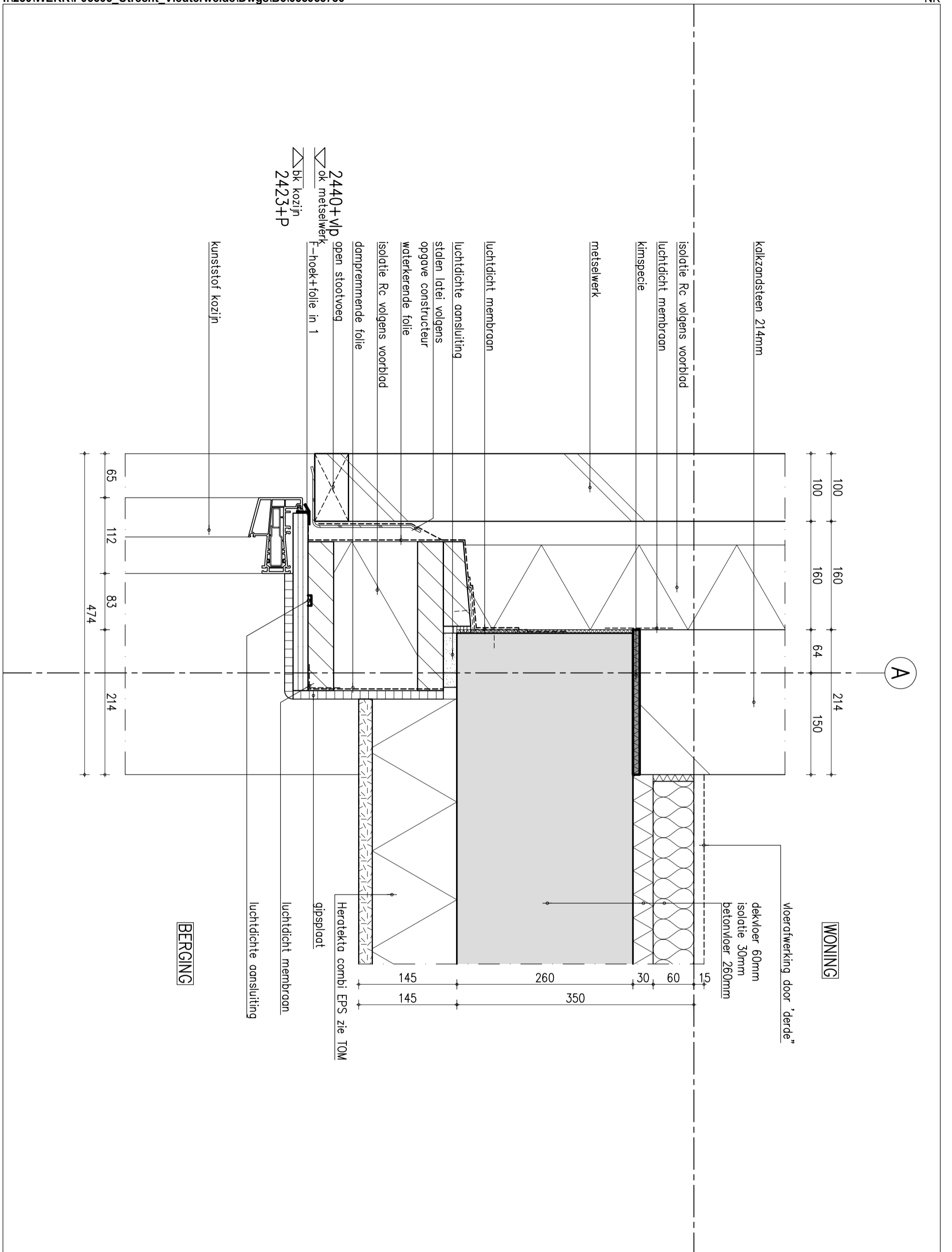


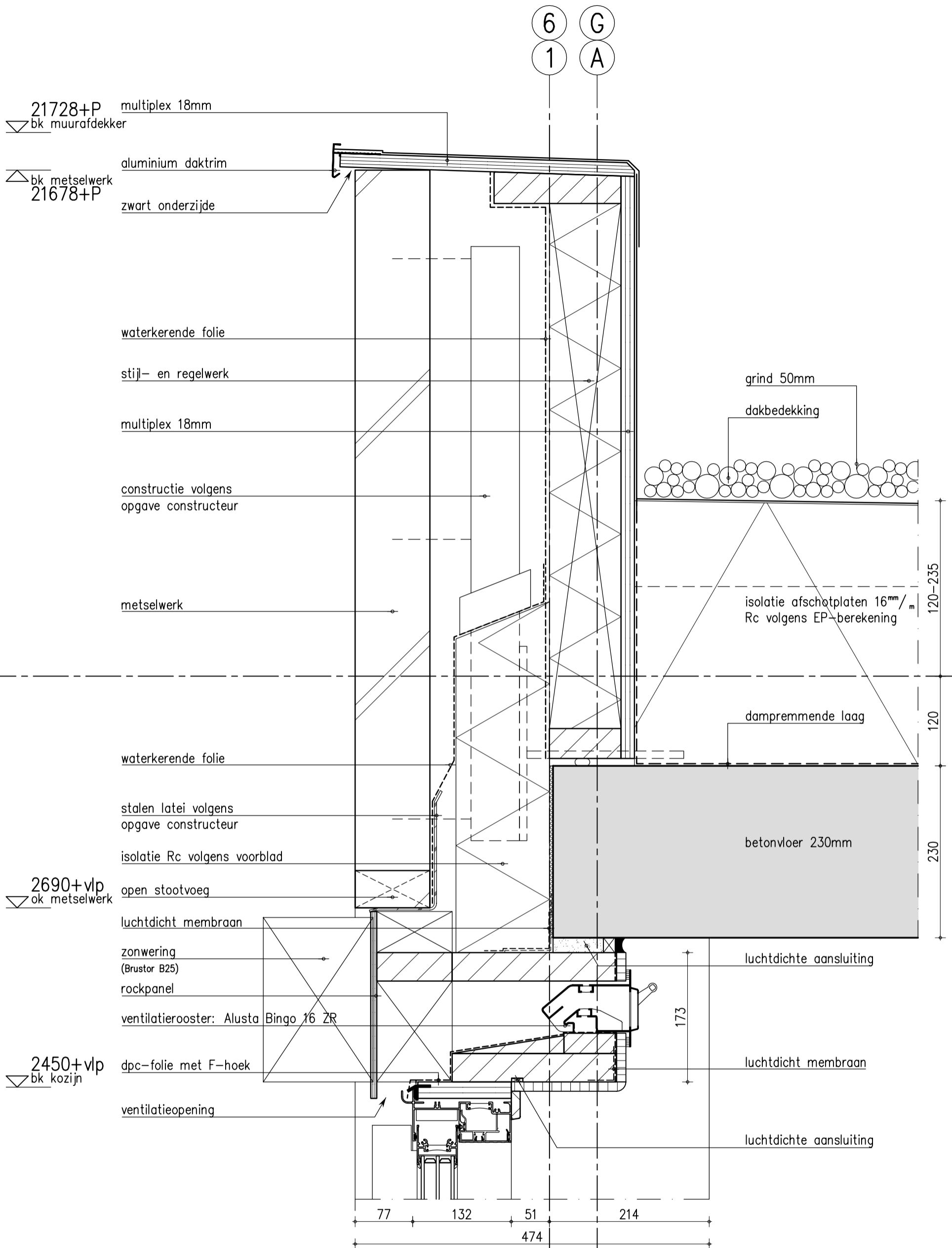












BAM Woningbouw bv

W & R

124 woningen

Heerlijk Houtingen Hoogvliet

werk nr. WR14754

principe details

 **bam**
woningbouw

Engineering & Consulting
Postbus 16172
2500 BD Den Haag
tel. 070 317 0200
fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderw
Principe Details

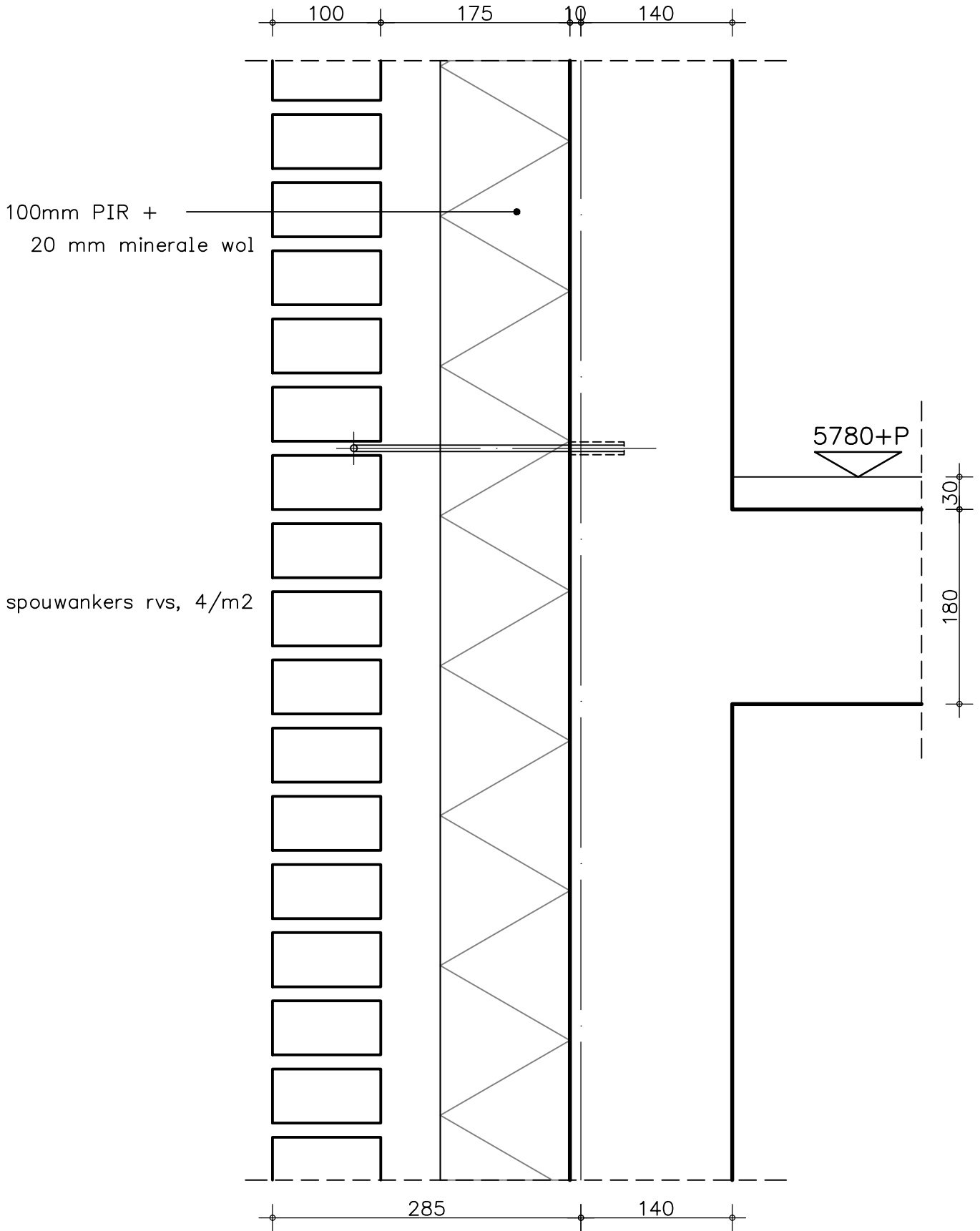
blad no.
D-000

d.d. 121011

tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-



Engineering & Consulting
Postbus 16172
2500 BD Den Haag
tel. 070 317 0200
fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderwerp principedetails
detail 6

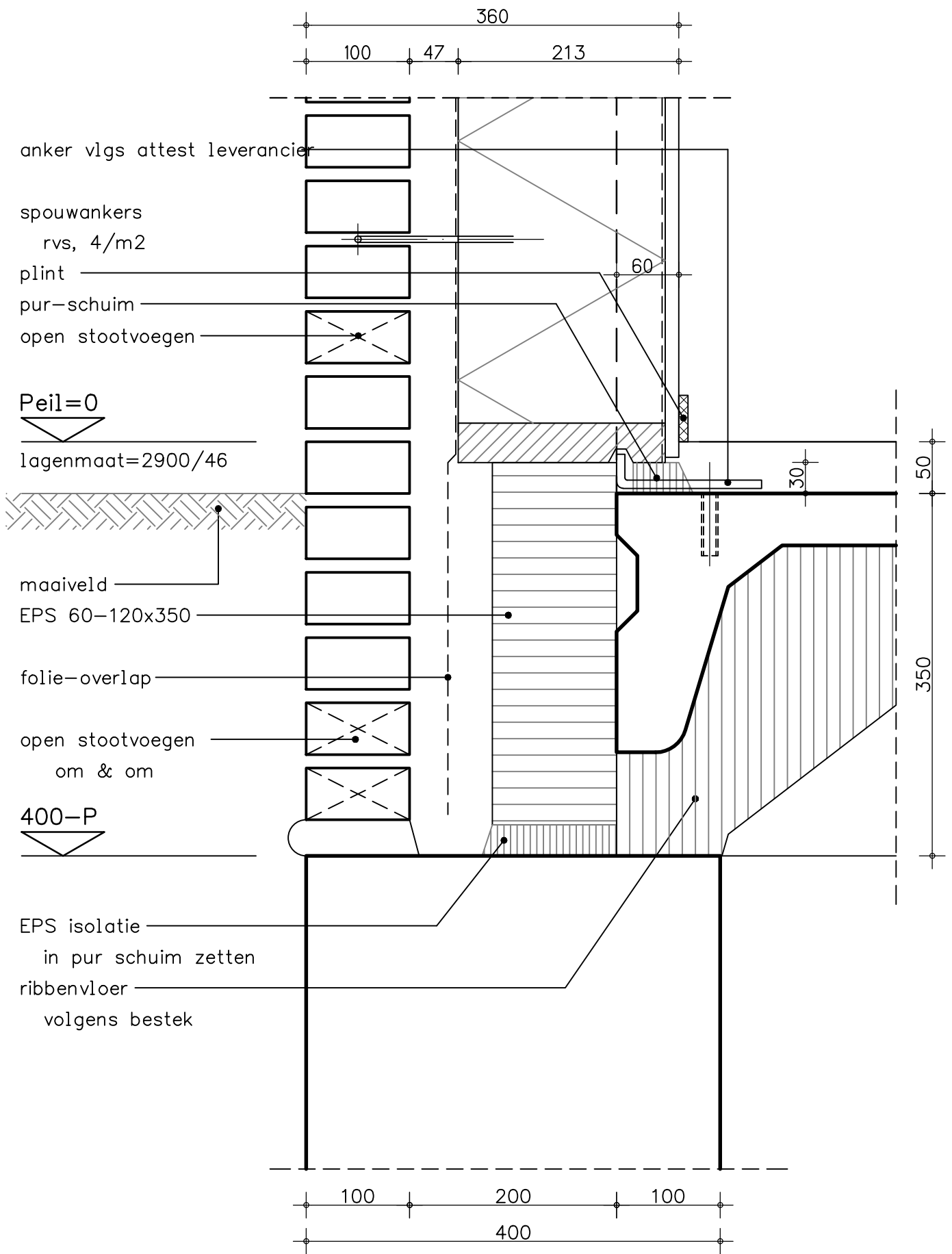
blad no. D-006

d.d. 121011

tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-



woningbouw

Engineering & Consulting
Postbus 16172
2500 BD Den Haag
tel. 070 317 0200
fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderwerp principedetails
detail 08

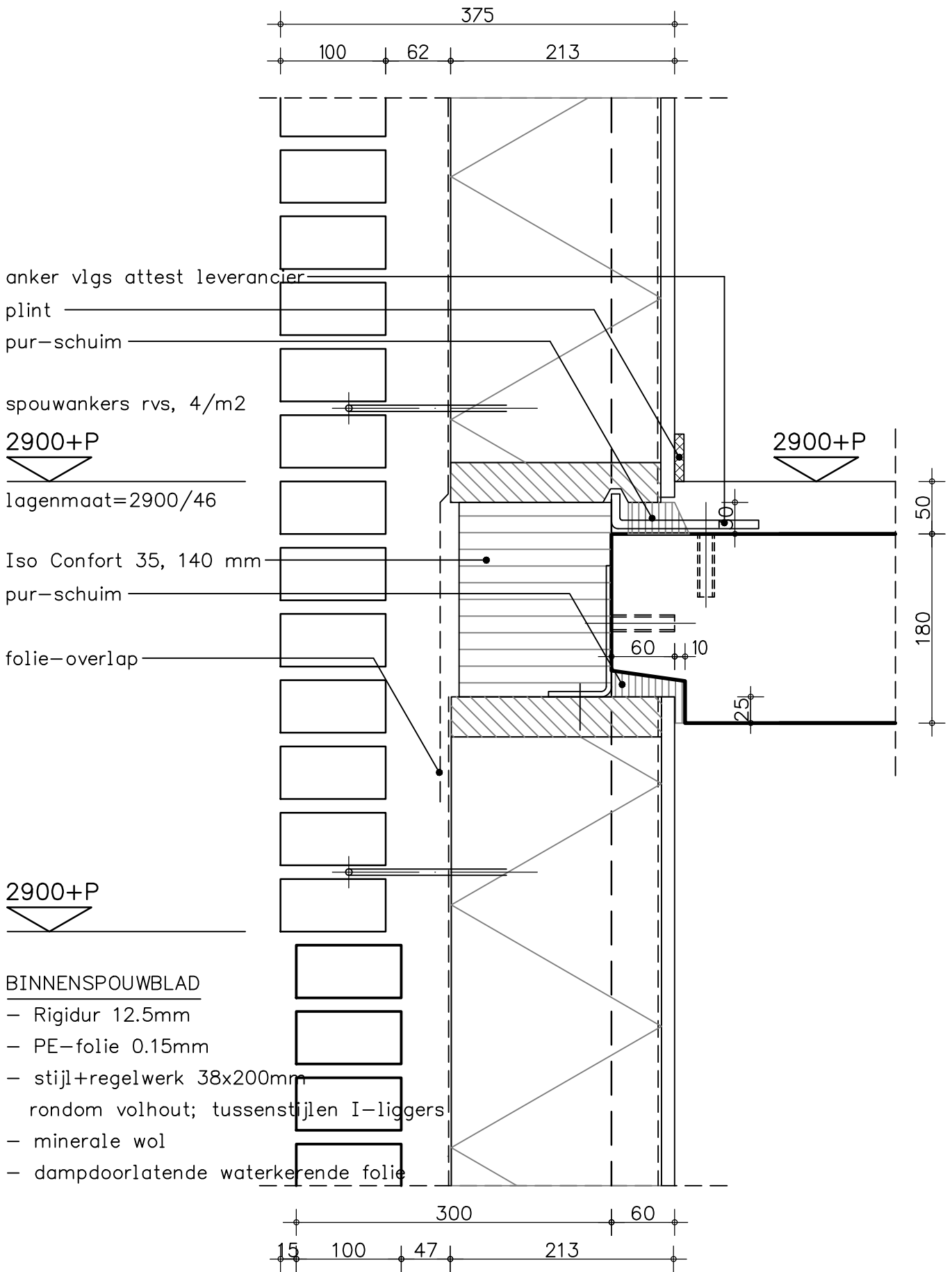
blad no. D-008

d.d. 121011

tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-



Engineering & Consulting
 Postbus 16172
 2500 BD Den Haag
 tel. 070 317 0200
 fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderw principedetails
 detail 09

blad no. D-009

d.d. 121011

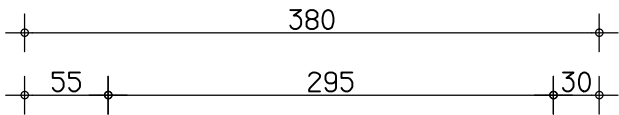
tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-

Monier
vogelschroot/panlatprofiel

polylood



gemod gebitum polyesteremat

aluminium afdekker
op klagen

afsch 15 mm/m1

6430+P

laag 102

bk metselwerk

wbp 18mm

osb 18mm

wbp 18mm

betonwand

underlayment 18mm

klossen

regelwerk 38x120

spouwankers rvs, 4/m2

muurplaat 58x120

en beugels

Masonite 9.2mm

extra folie

spinvlies-**folie 500mm**

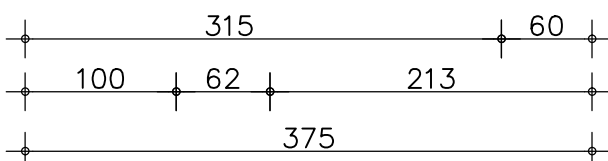
vlgs bestek

Iso Confort 35, 140 mm

anker vlgs attest leverancier

pur-schuim + stelblokjes

pur-schuim



hwa + uitloop

42°

5750+P

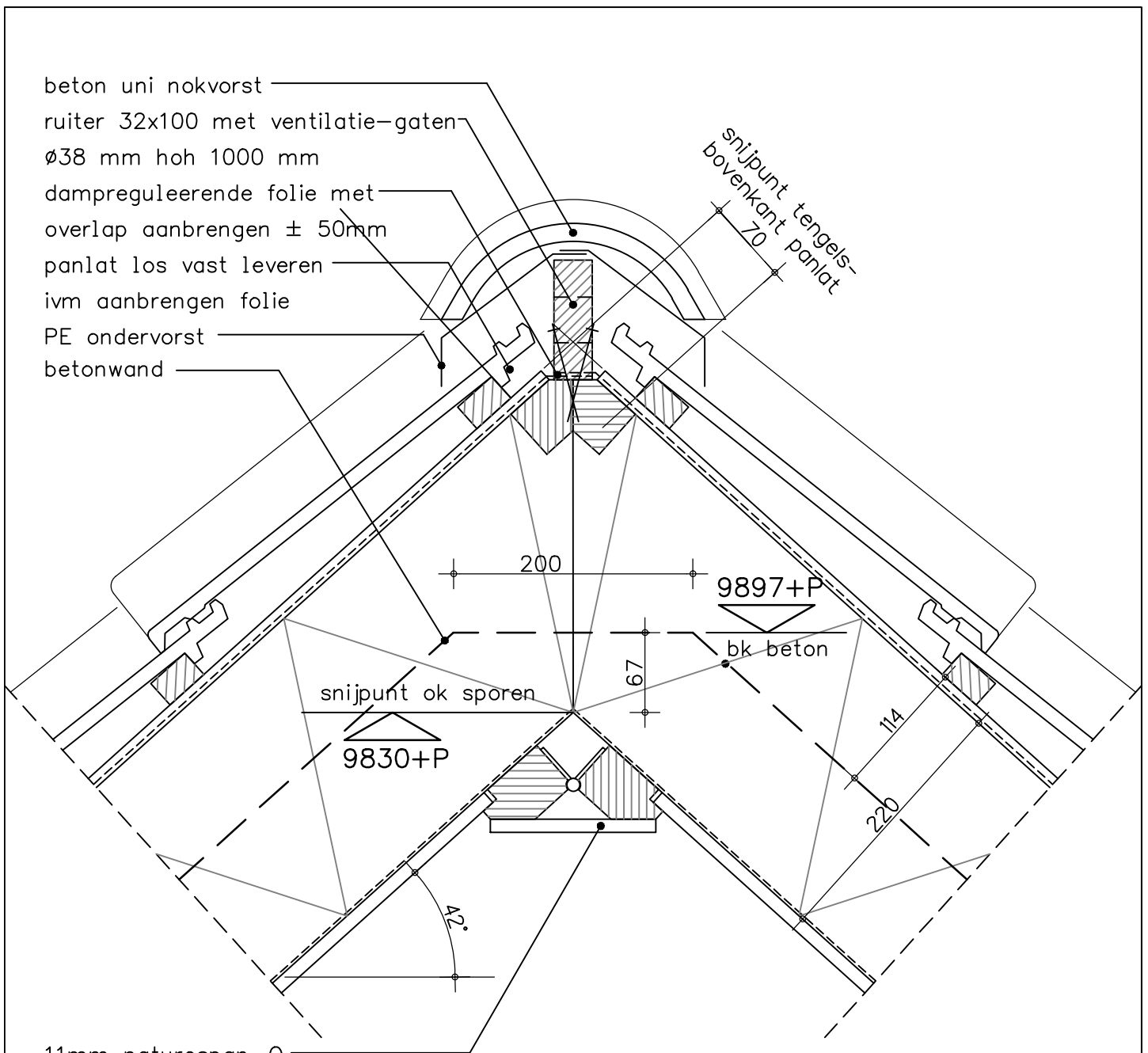
166

180

KAPKONSTRUKTIE

- Naturospan-O dik 11 mm
- dampremmende folie
- sporen
- minerale wol
- mandrag. spinvlies folie
- tengels 10x32 mm
- panlatten 24x38 mm
- keramische pannen
nieuwe hollander

<p>Engineering & Consulting Postbus 16172 2500 BD Den Haag tel. 070 317 0200 fax 070 333 0950</p>	project	Heerlijk Houtingen Hoogvliet	project no	WR10067		
	onderw	principedetails detail 10		blad no.	D-10	
	tekenaar	LPA	schaal	1:5	d.d.	121011
					wjz.	-A-



11mm naturospan-O

KAPKONSTRUKTIE

- Naturospan-O dik 11 mm
- dampremmende folie
- sporen
- minerale wol
- mandrag. spinvlies folie
- tengels 10x32 mm
- panlatten 24x38 mm
- keramische pannen
 nieuwe hollander

bam
woningbouw

Engineering & Consulting
Postbus 16172
2500 BD Den Haag
tel. 070 317 0200
fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderw
principedetails
detail 12

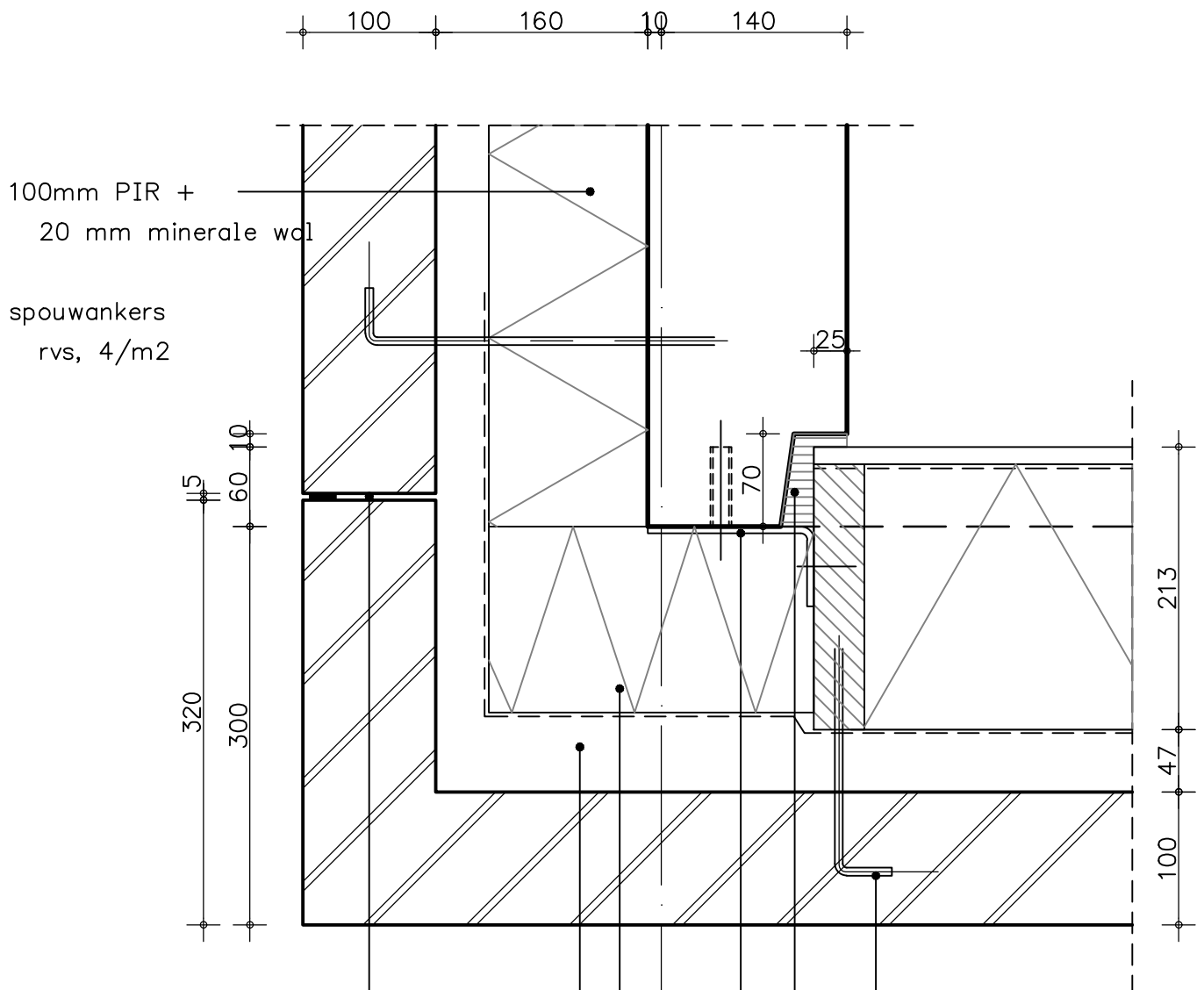
blad no.
D-012

d.d. 121011

tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-



dilatatievoeg 5mm
met EKI band

folie-overlap

Iso Confort 35, 140mm

ankers vlg NPR 3673

pur-schuim

spouwankers rvs, 4/m2

BINNENSPOUWBLAD

- Rigidur 12.5mm
- PE-folie 0.15mm
- stijl+regelwerk 38x200mm
rondom volhout; tussenstijlen I-liggers
- minerale wol
- dampdoorlatende waterkerende folie



Engineering & Consulting
Postbus 16172
2500 BD Den Haag
tel. 070 317 0200
fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderwerp
principedetails
detail 14

blad no.
D-014

d.d. 121011

tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-

BINNENSPOUWBLAD

- Rigidur 12.5mm
- PE-folie 0.15mm
- stijl+regelwerk 38x200mm
rondom volhout; tussenstijlen I-liggers
- minerale wol
- dampdoorlatende waterkerende folie

- vensterbank
vlg. bestek
- dichtingsband
- kozijn 67x102
- natuursteen

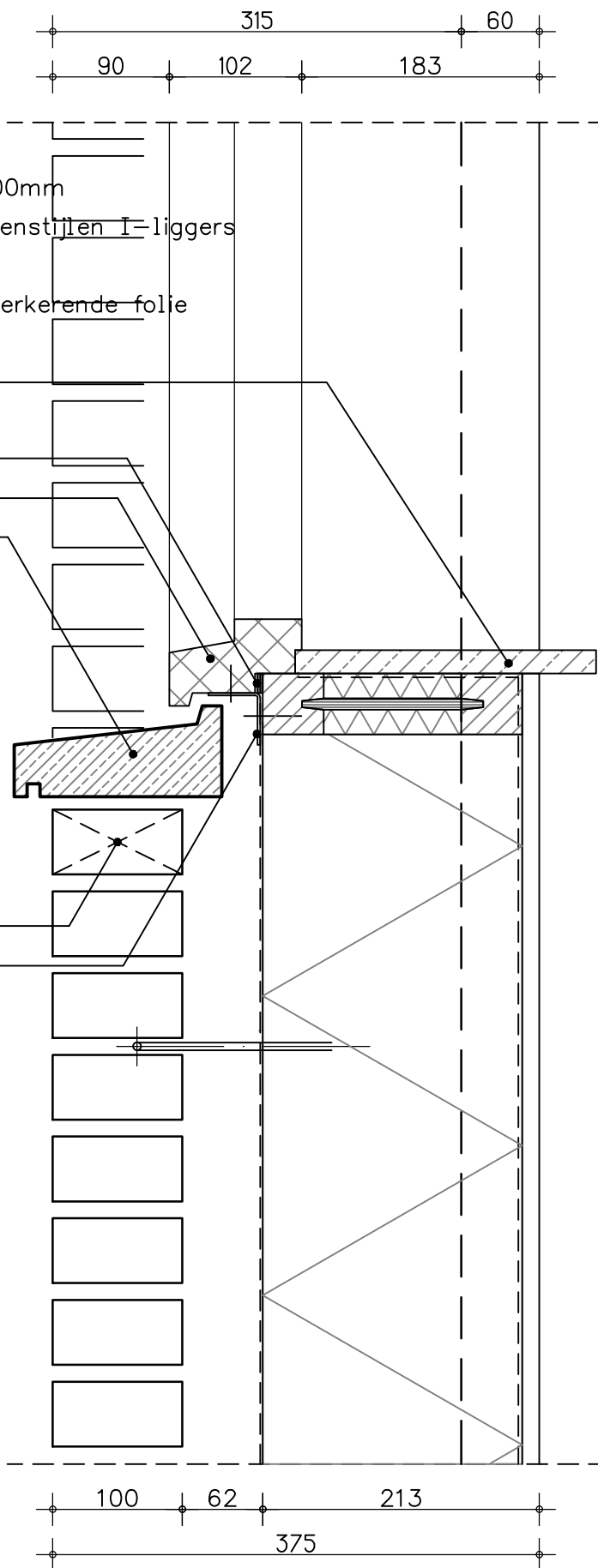
3926+

ok kozijn

laag 61

3846+

- open stootvoegen
- bevestigingshoek
vlg. leverancier
- spouwankers rvs, 4/m²



Engineering & Consulting
Postbus 16172
2500 BD Den Haag
tel. 070 317 0200
fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderw principedetails
detail 19

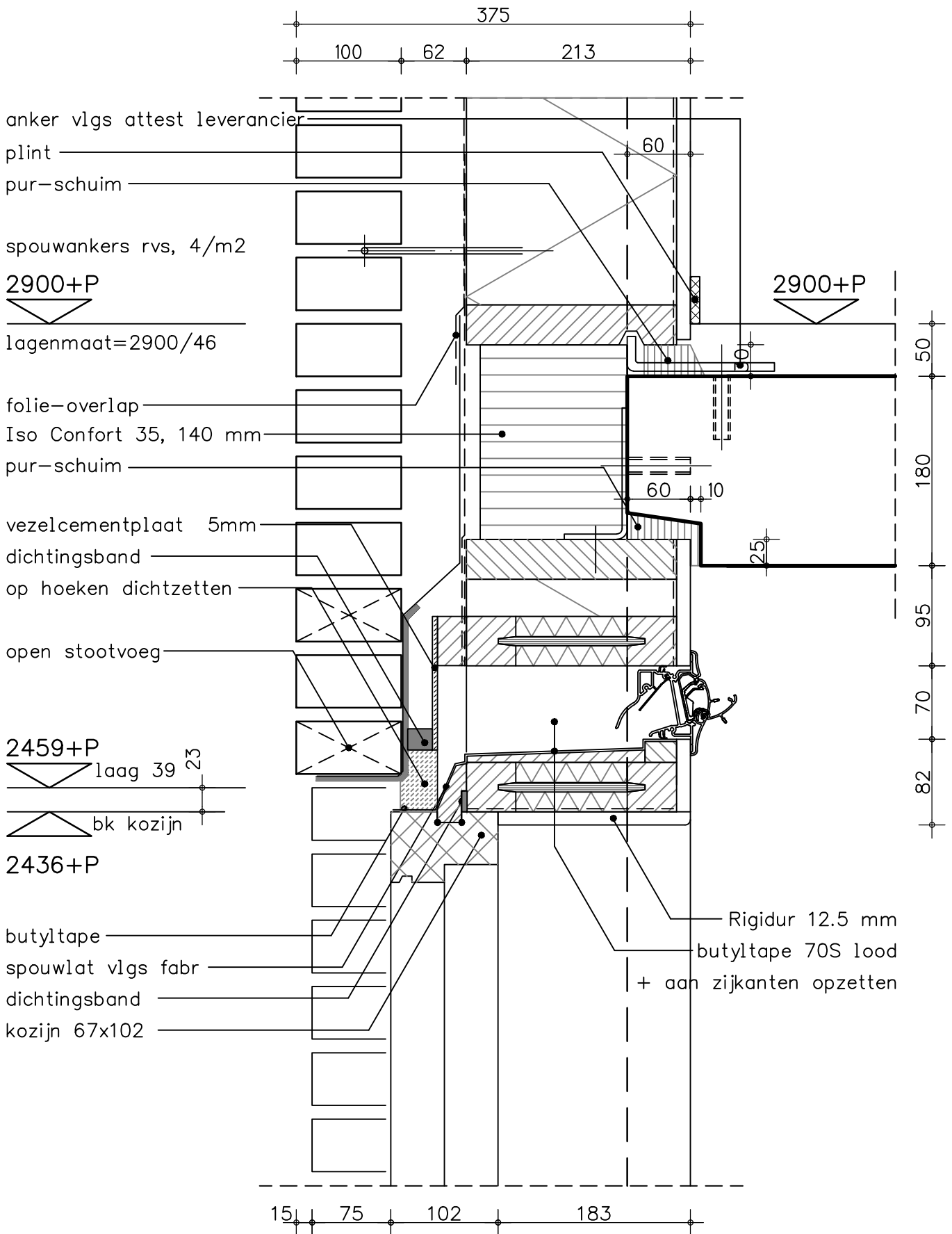
blad no.
D-019

d.d. 121011

tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-



Engineering & Consulting
 Postbus 16172
 2500 BD Den Haag
 tel. 070 317 0200
 fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderw principedetails
 detail 20

blad no. D-020

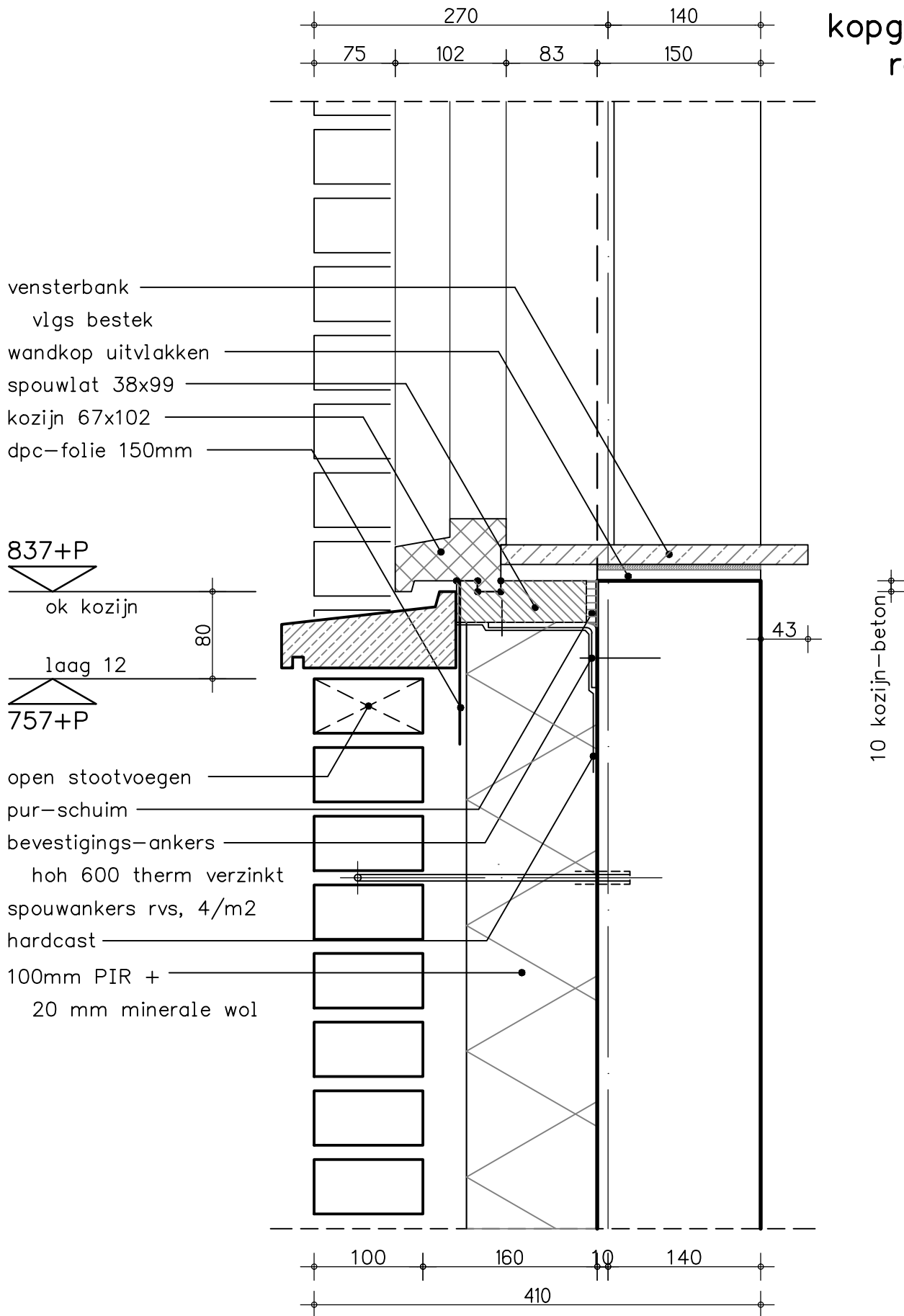
d.d. 121011

tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-

kopgevel raam



Engineering & Consulting
Postbus 16172
2500 BD Den Haag
tel. 070 317 0200
fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderw principedetails
detail 24

blad no.
D-024

d.d. 121011

tekenaar LPA

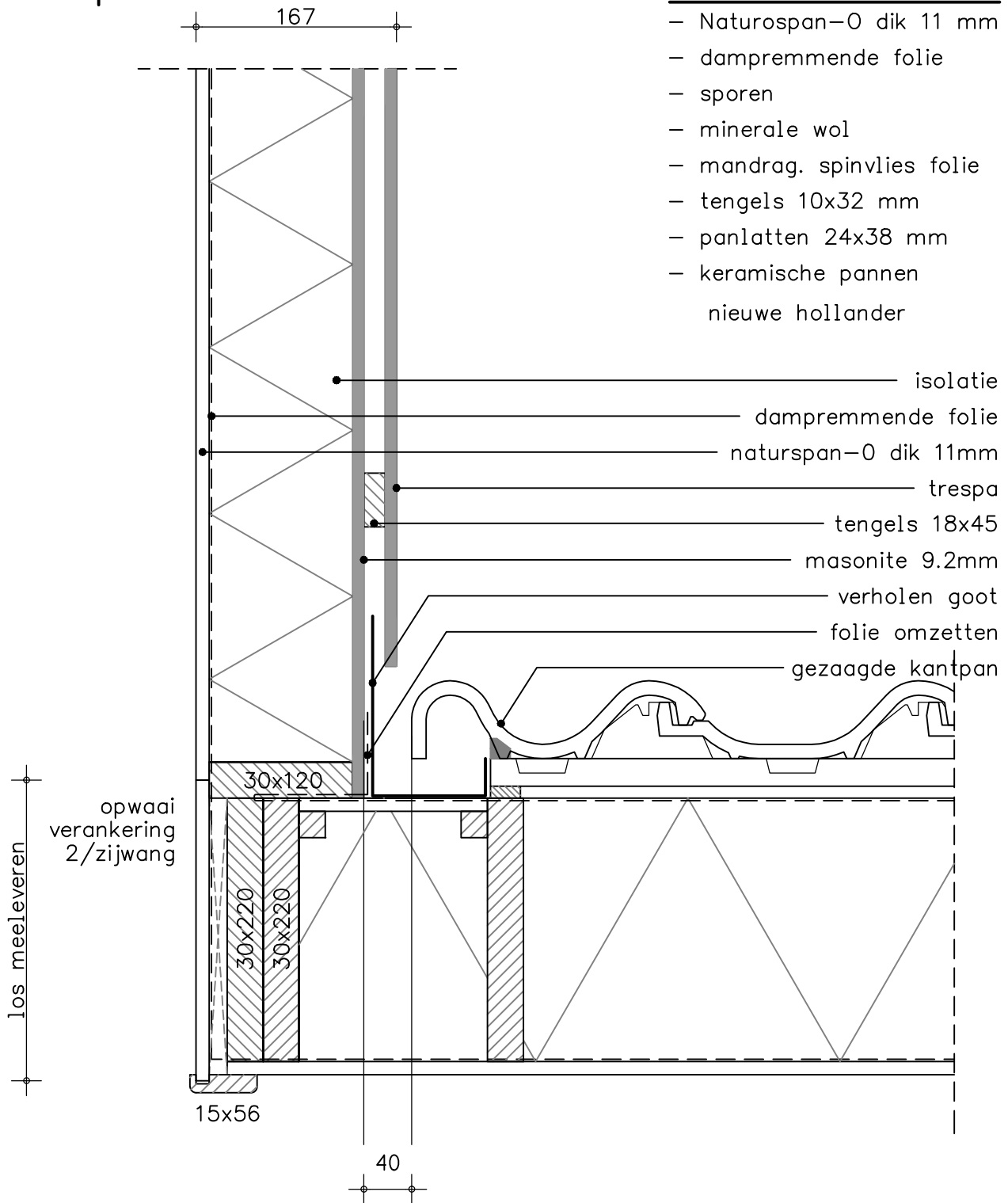
schaal 1:5

wijz. -A-

dakkapel

KAPKONSTRUKTIE

- Naturospan-0 dik 11 mm
- dampremmende folie
- sporen
- minerale wol
- mandrag. spinvlies folie
- tengels 10x32 mm
- panlatten 24x38 mm
- keramische pannen
nieuwe hollander



sparingmaat:
kozijmaat+30mm



Engineering & Consulting
Postbus 16172
2500 BD Den Haag
tel. 070 317 0200
fax 070 333 0950

project Heerlijk Houtingen Hoogvliet

project no. WR10067

onderw principedetails
detail 66

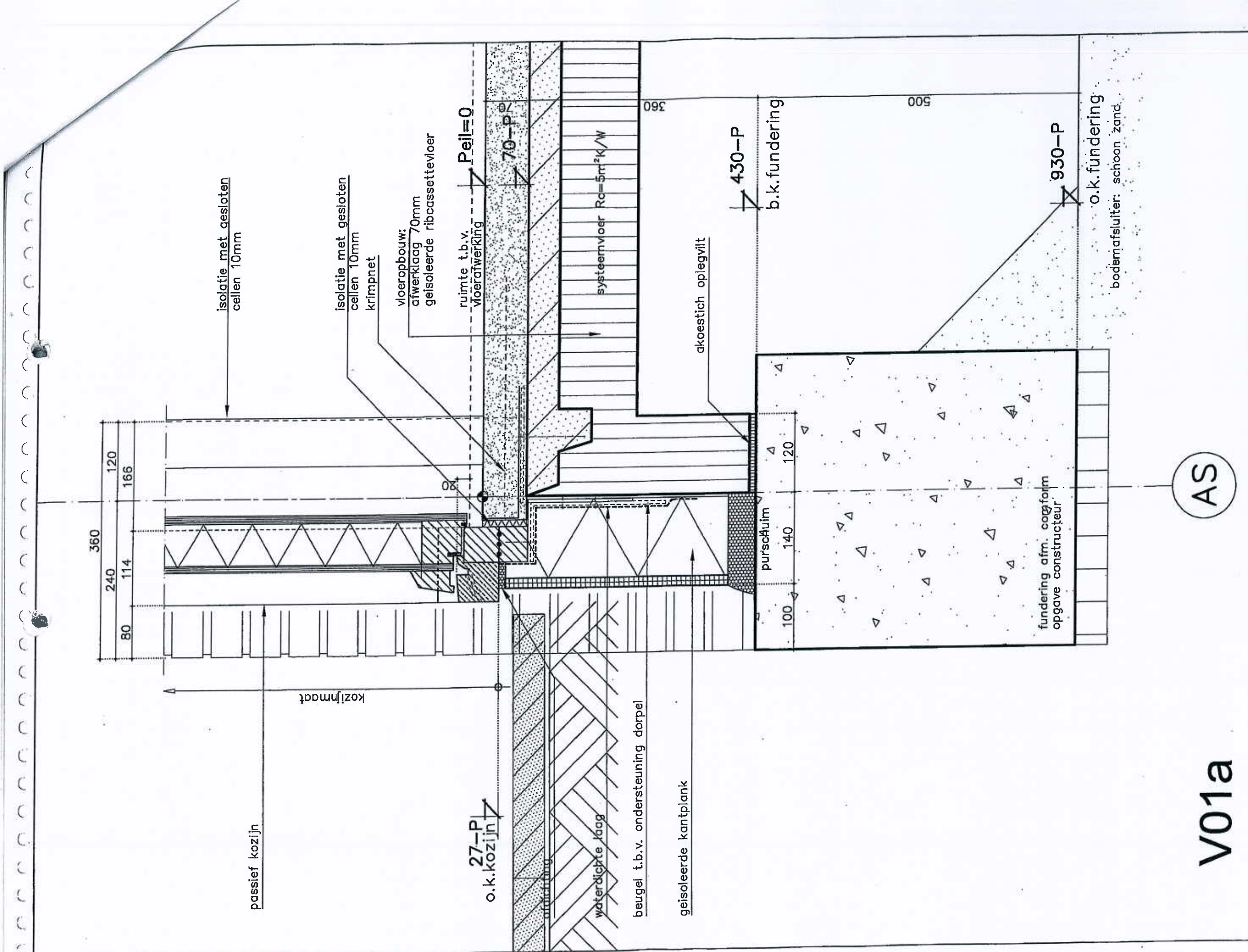
blad no. D-066

d.d. 121011

tekenaar LPA

schaal 1:5

wijz. -A-



passief kozijn

kozijnmaat

27-P
o.k.kozijn

Peil=0
70-PR

beugel t.b.v. ondersteuning dorpel

geïsoleerde kantplank

akroestisch oplegvilt

430-P
b.k.fundering

fundering afgave constructeur

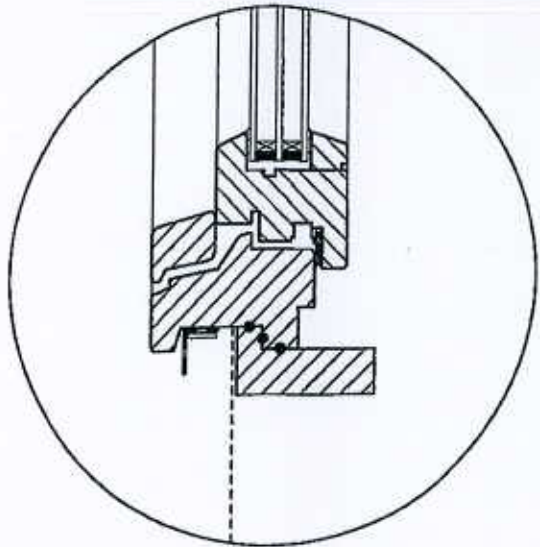
930-P

o.k.fundering
bodemafluit: schoon zand

AS

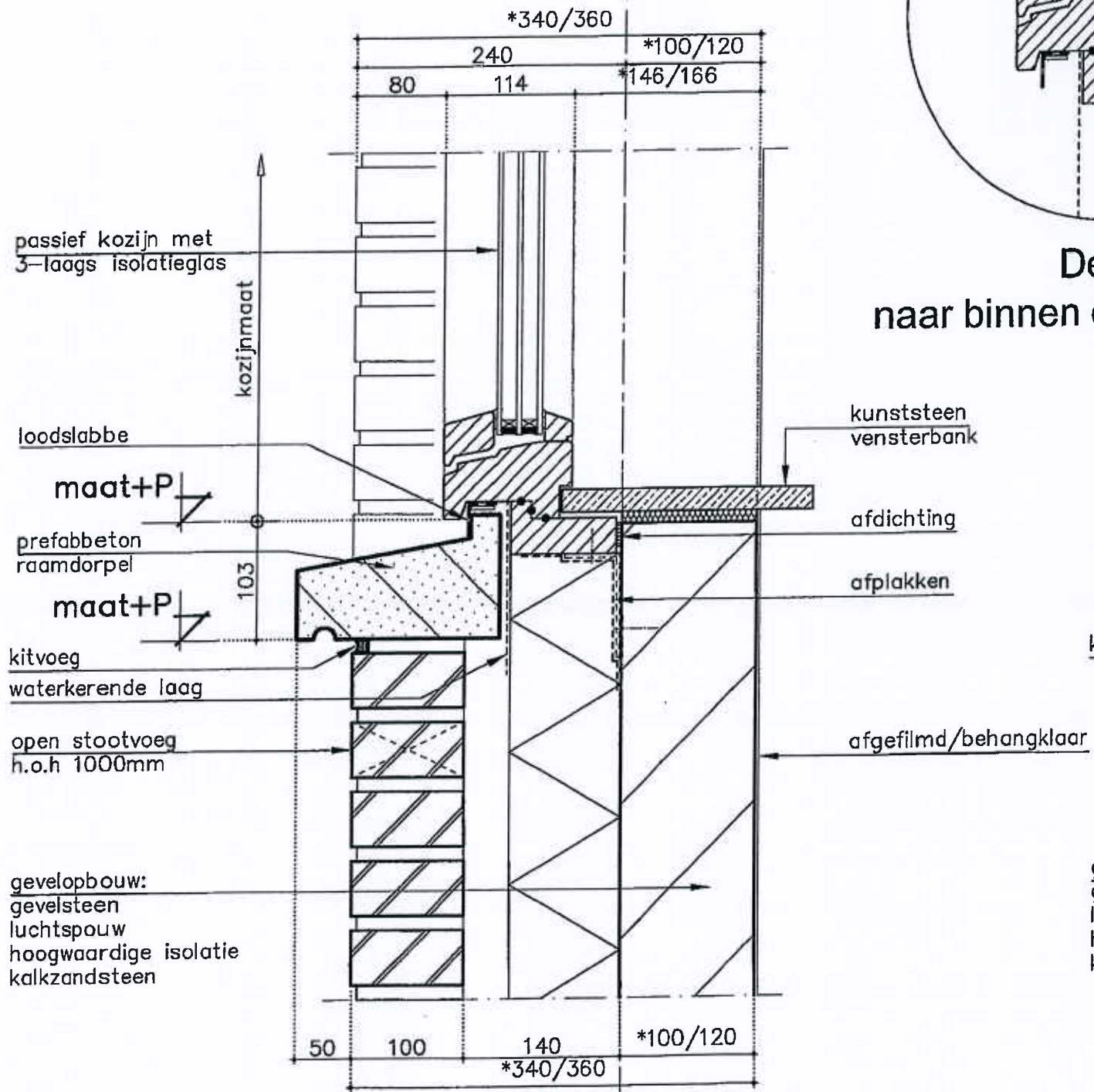
V01a

AS

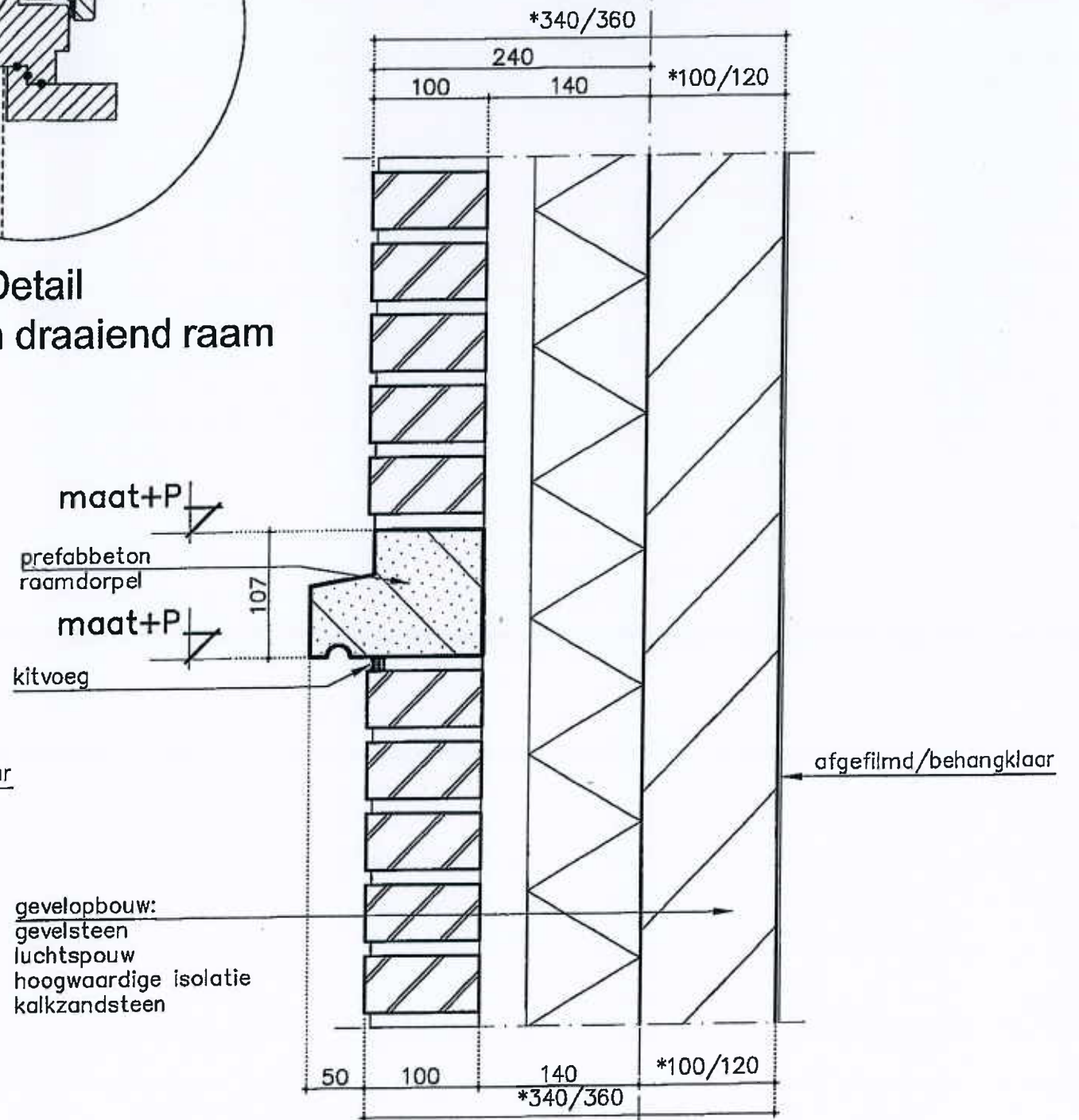


Detail naar binnen draaiend raam

AS

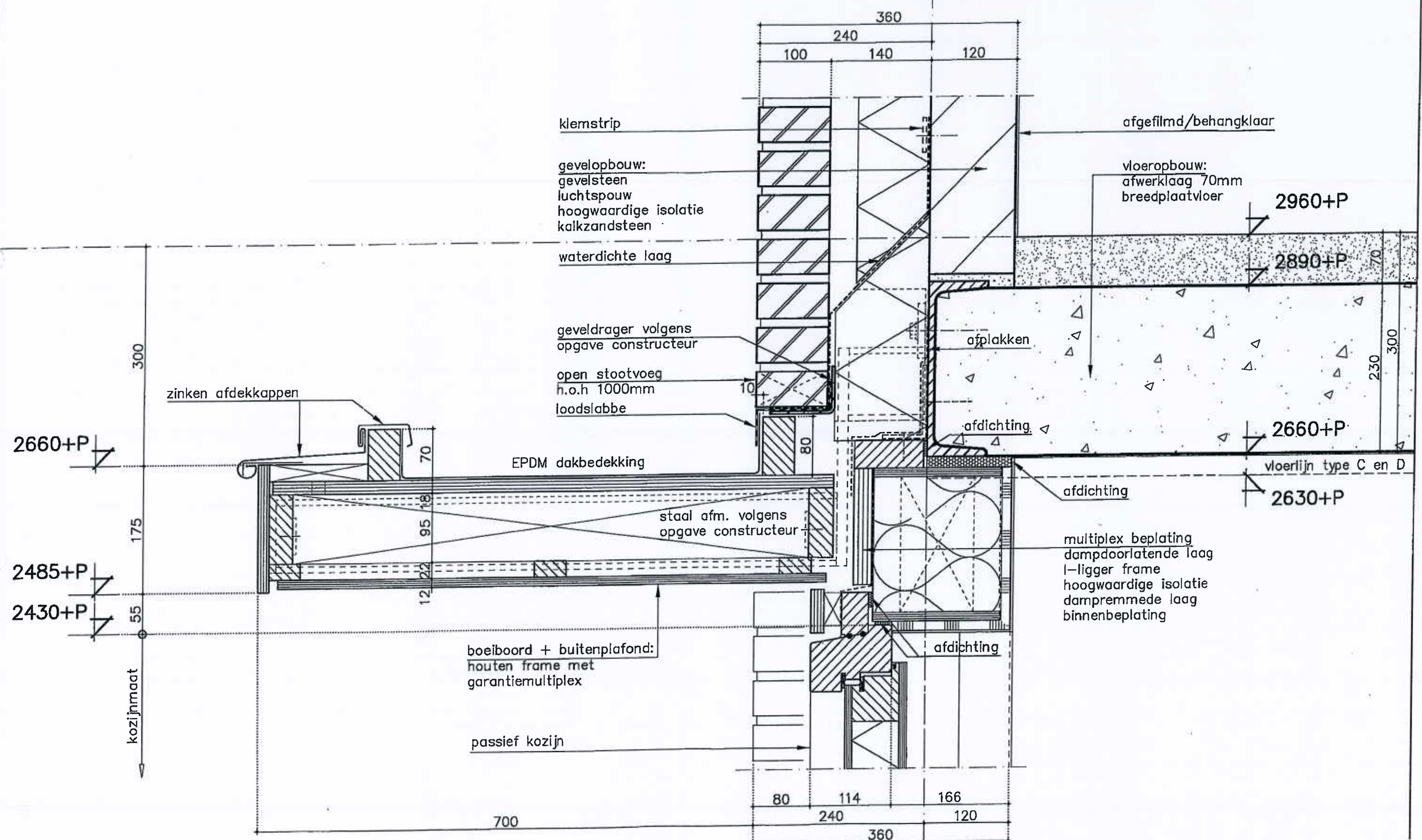


V03



V04

AS

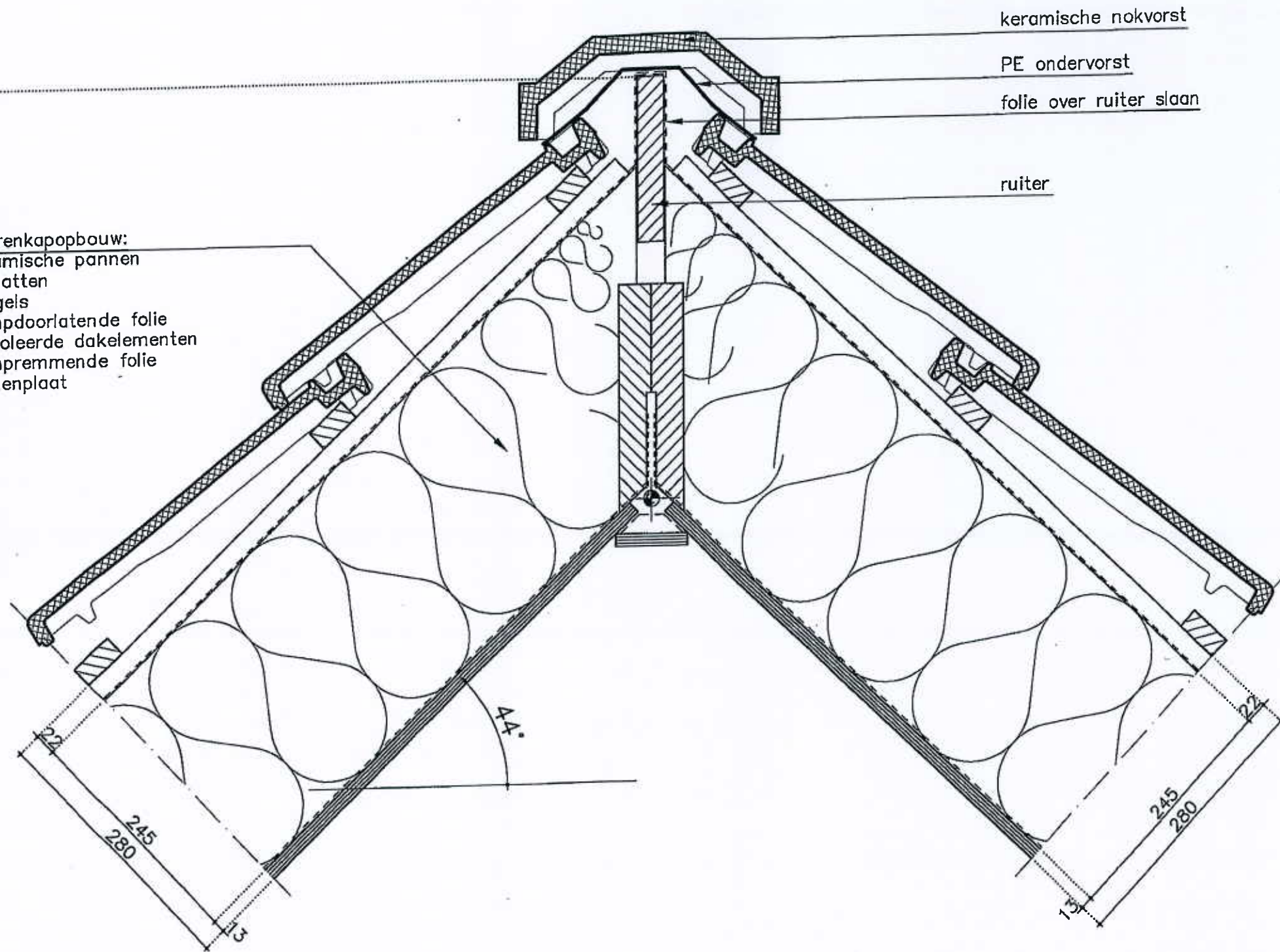


V06

bevestiging dakelementen
volgens opgave leverancier

10760+P

sporenkapopbouw:
keramische pannen
panlatten
tengels
dampdoorlatende folie
geïsoleerde dakelementen
dampremmende folie
binnenplaat



keramische nokvorst

PE ondervorst

folie over ruiters slaan

ruiter

dakhellingen:
getekend type A 44°
B 55°
C 41°
D 51°
E 57°
F 57°

V18

Architectenbureau Ellerman, Lucas, van Vugt

Bladno

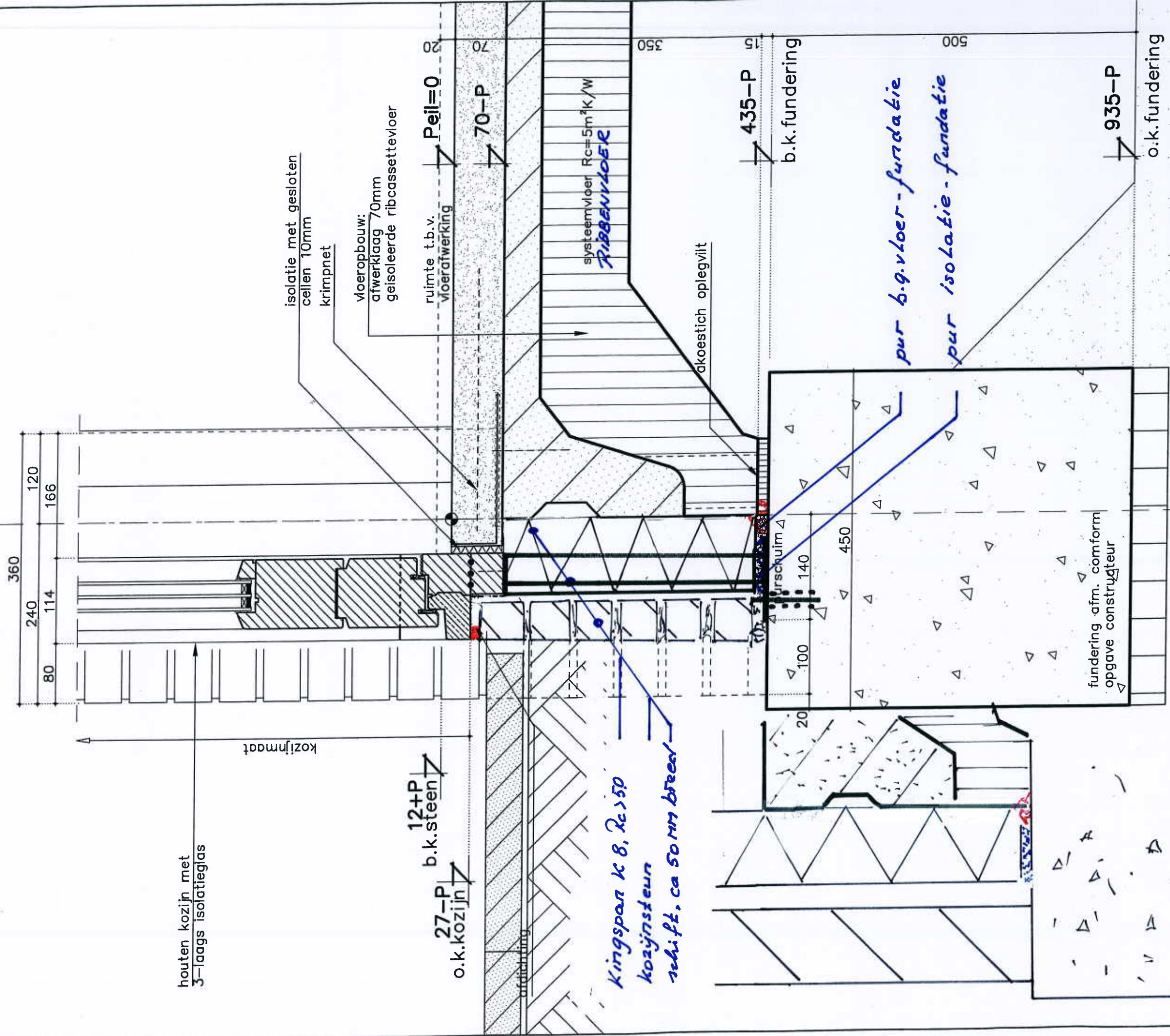
B400

Datum 01.09.10

Schaal 1:5

Pagina V17

G:\Tekeningen\1037-1037-81\1037-B400



houten kozijn met
3-laags isolatieglas

kozijnmaat

o.k. kozijn ∇ 27-P
b.k. steen ∇ 12+P

*Kingspan K8, Rc > 50
kozijnsteen
whift. ca 50mm breed*

stysteemvloer Rc=5m²K/W
RIBBENVLOER

akoestisch oplegvilt

∇ 435-P
b.k. fundering

*pur b.g.vloer-fundatie
pur isolatie-fundatie*

fundering afm. conform
opgave constructeur

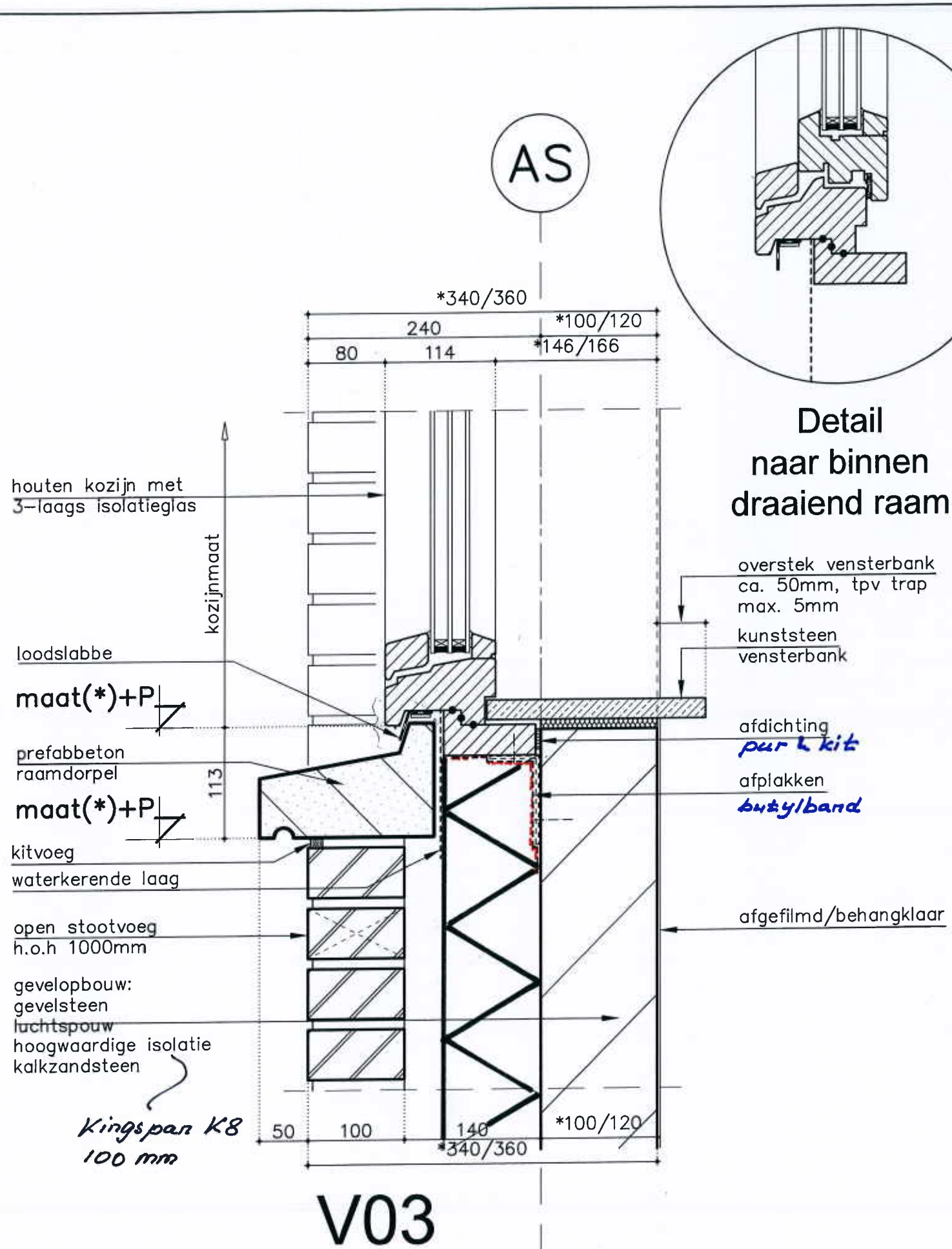
∇ 935-P
o.k. fundering

bodemafsluiter: schoon zand

*pur aansluiting b.g.vloer-fundatie
pur aansluiting fundering-isolatie*

AS

V02



maat(*)+P

speklagen waar aangegeven op geveltekeningen

10

maat(*)+P

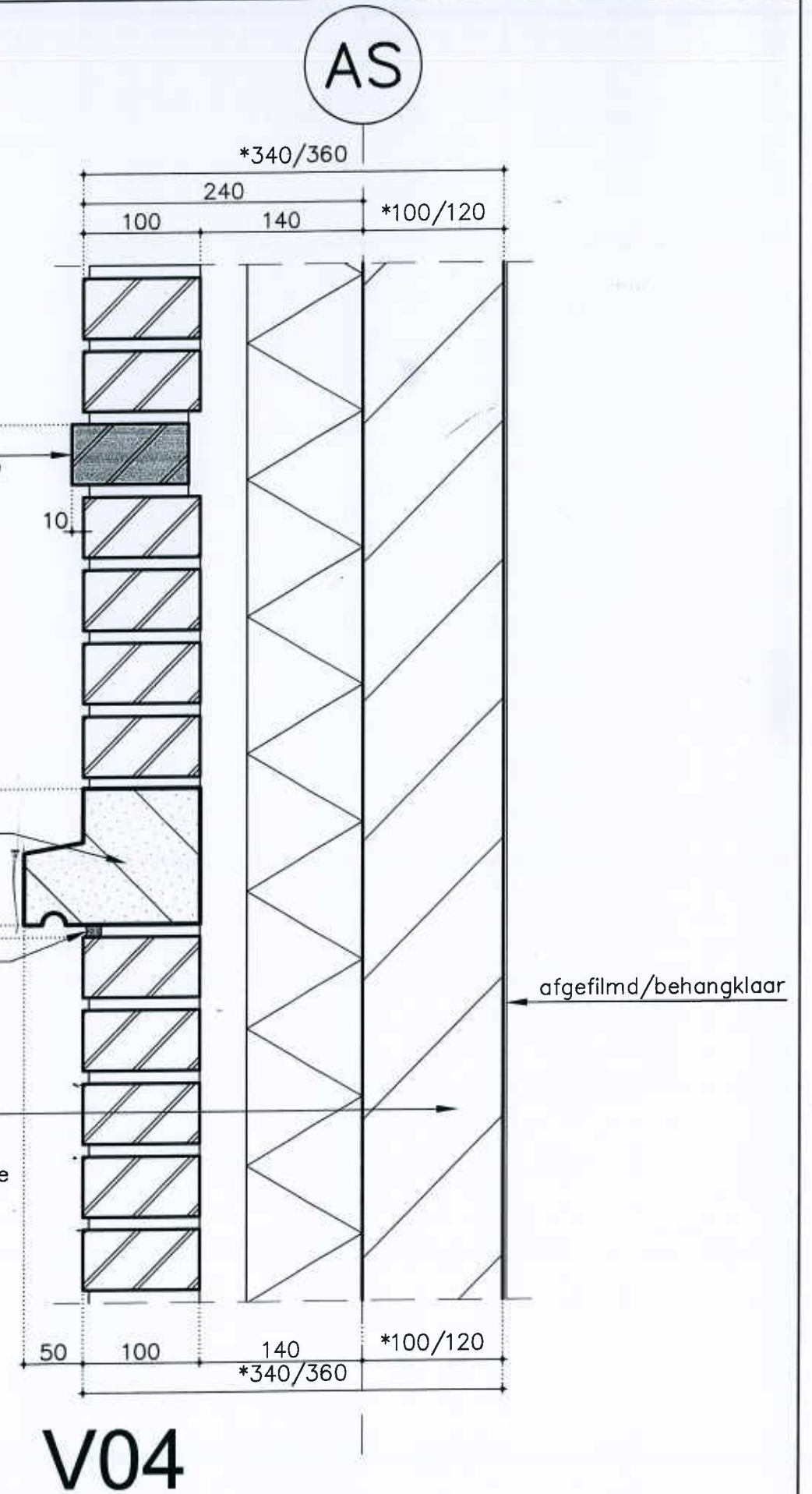
prefab beton spekband

114

maat(*)+P

kitvoeg

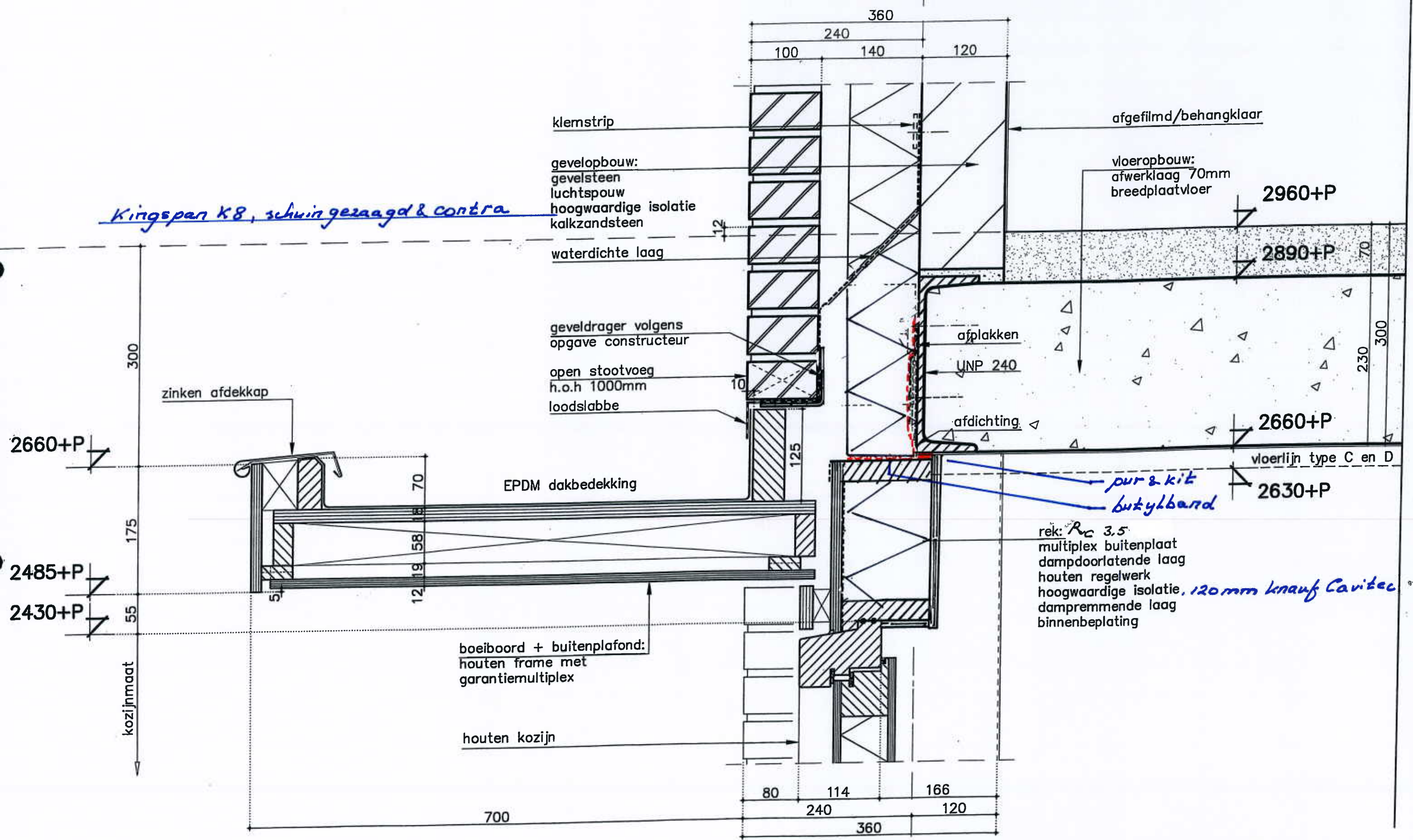
gevelopbouw: gevelsteen, luchtspouw, hoogwaardige isolatie, kalkzandsteen



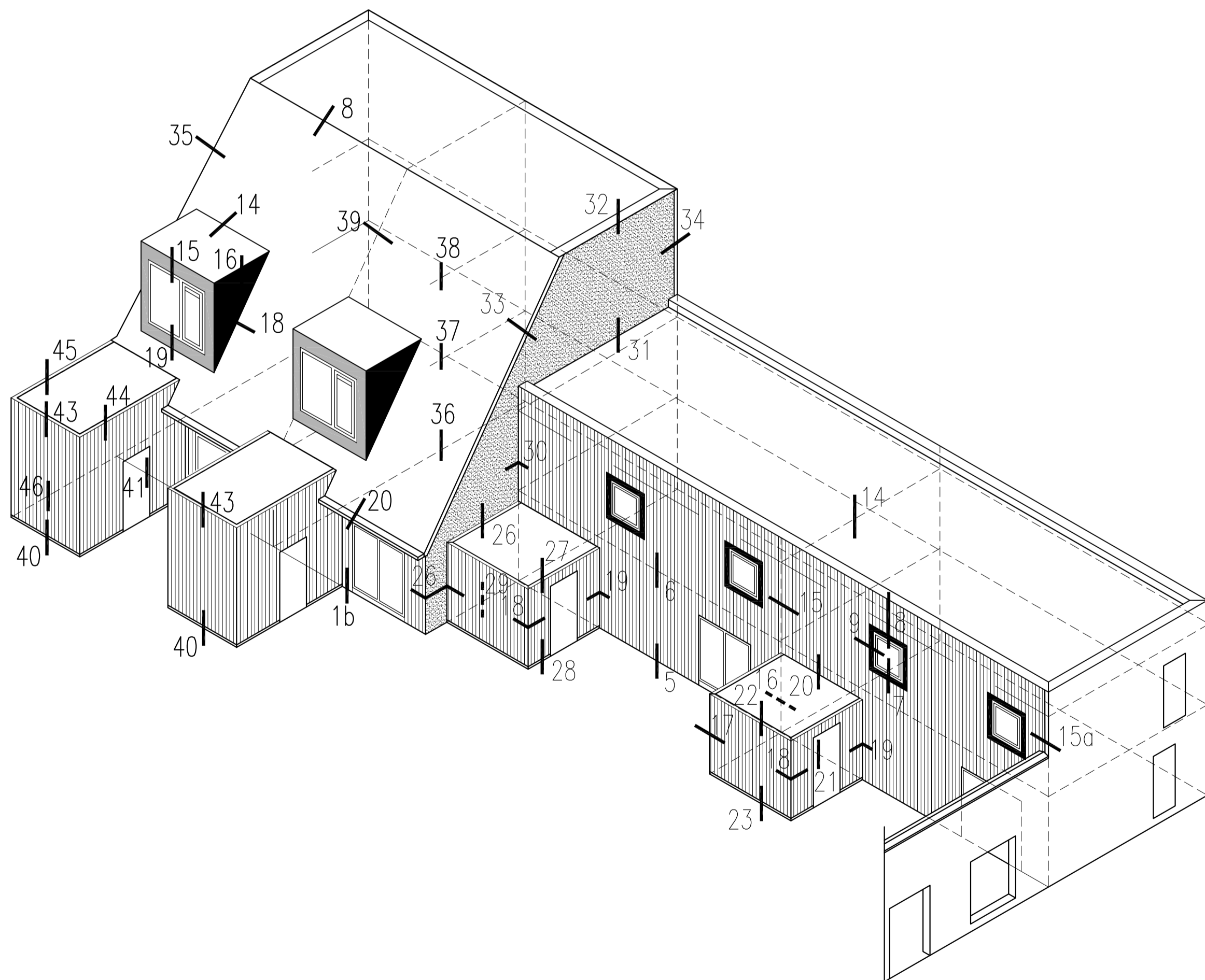
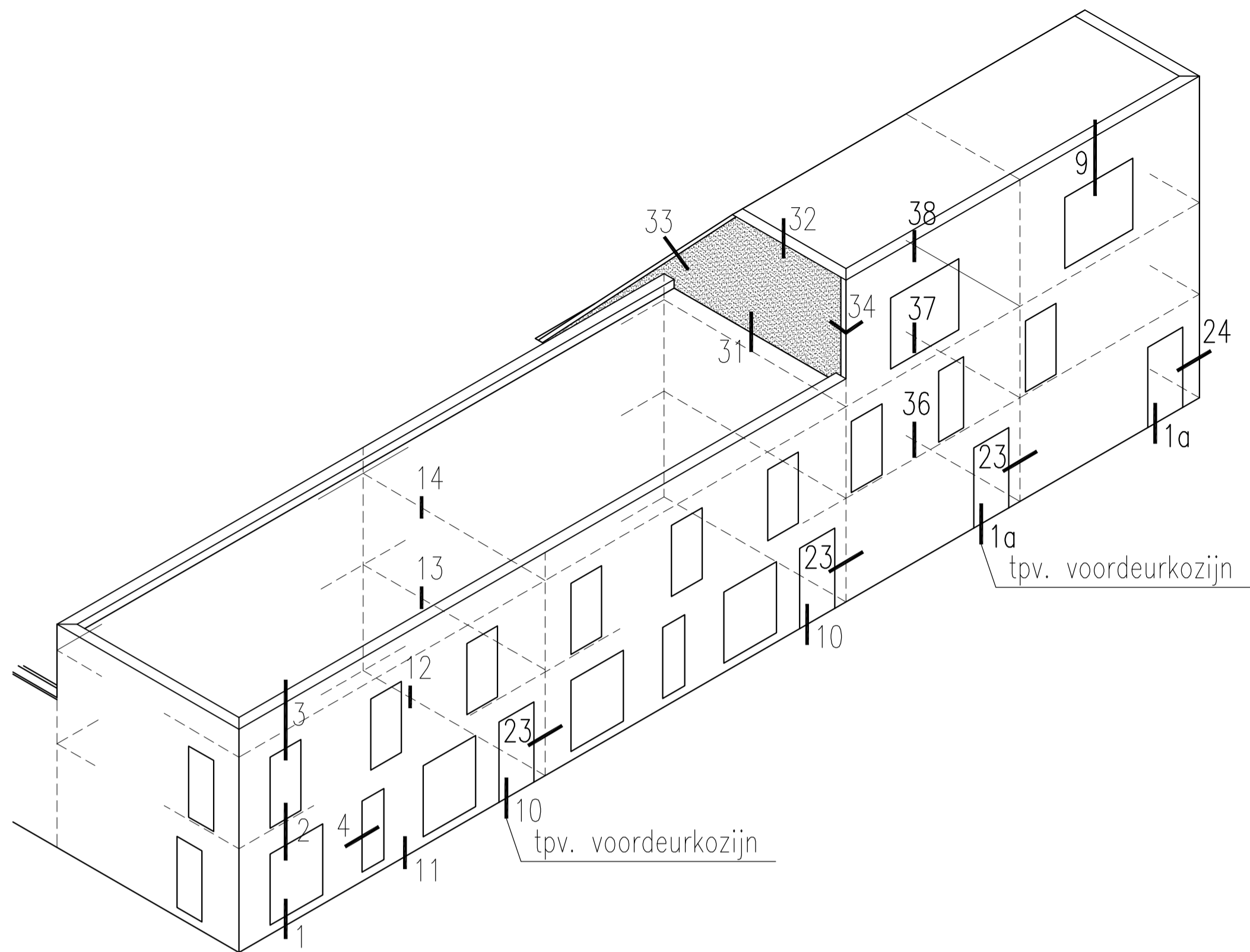
(*) = peilmaat aangegeven op geveltekening

AS

Kingspan K8, schuin gezaagd & contra



V06



Zie voor Bouwdetails type A zie bladen type A

PROJECT: Overzicht Bouwdetails Harinxmaland Deelgebied 1 type D			
ONTWERP:	DATUM:	13 januari 2012	GEWIJZIGD:
	SCHAAL:	1 : 10	A:
	GETEKEND:	A.E.Beintema	B:
	PROJECT MANAGER:	E. Pattipeilohy	C:
	TEKENING FASE:		D:
	WERKNUMMER:	28032	E:
	BLADNUMMER:	B4	F:
			G:

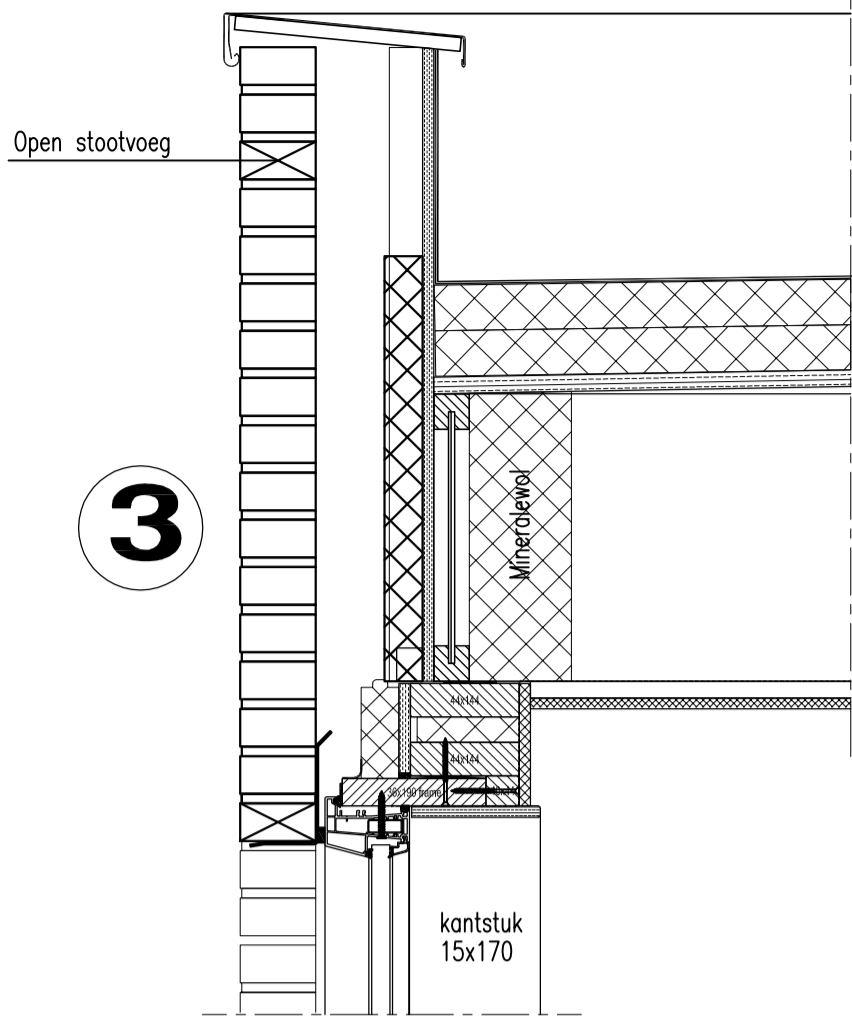
OPDRACHTGEVER:

ACCOLADE
 HARSTE 15, 8602 JX SNEEK
 TELEFOON: 0515-486400, FAX: 0515-486401
 INTERNET: WWW.ACCOLADE.NL
 E-MAIL: SNEEK@ACCOLADEWONEN.NL

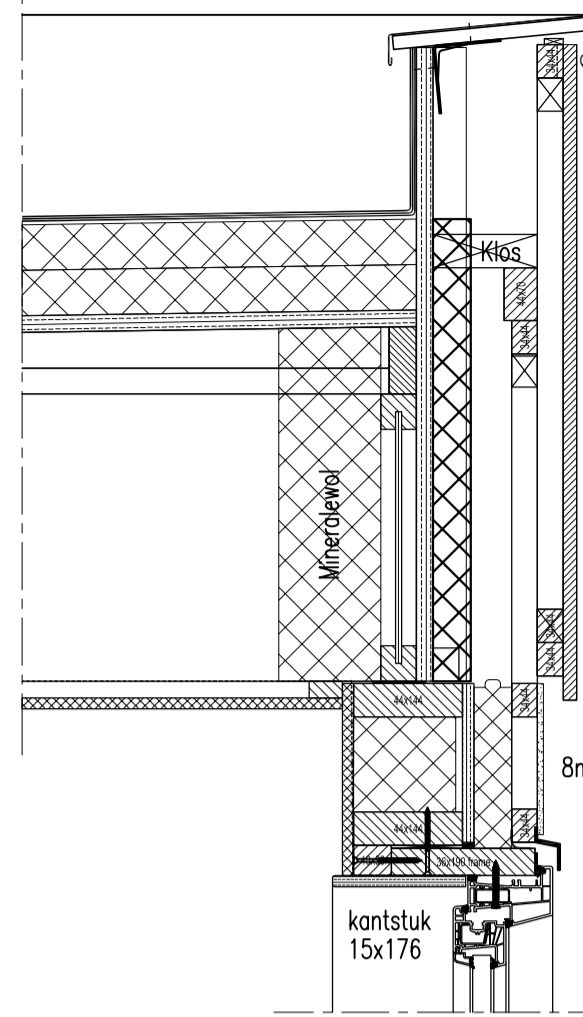
UITVOERING:

VDM Woningen
 POSTBUS 305, 9200 AH DRACHTEN
 TELEFOON: 0512-571234, FAX: 0512-571225
 INTERNET: WWW.VDMWONINGEN.NL
 E-MAIL: INFO@VDMWONINGEN.NL

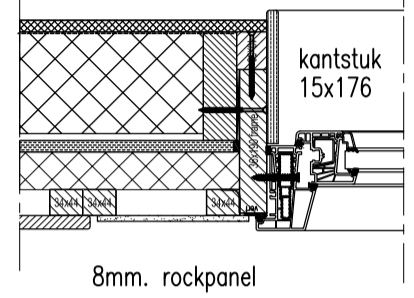


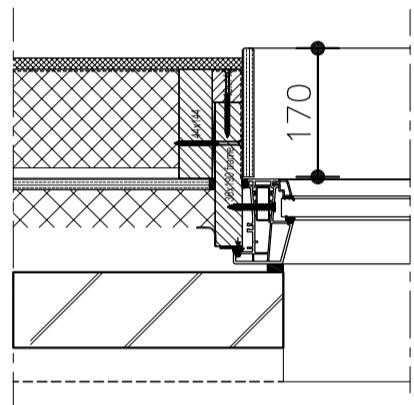
OPBOUW PLATDAK:
 2 Laagse Bitumineuze dakbedekking
 2 x 60mm. isolatie
 PE-Folie
 Constructief plaatmateriaal 22mm
 Schegstuk 0-93mm.
 Vuren l-ligger 47/70x380mm
 Vuren plaf.schr. 22x44mm
 Gipsplaat 15mm (AK)



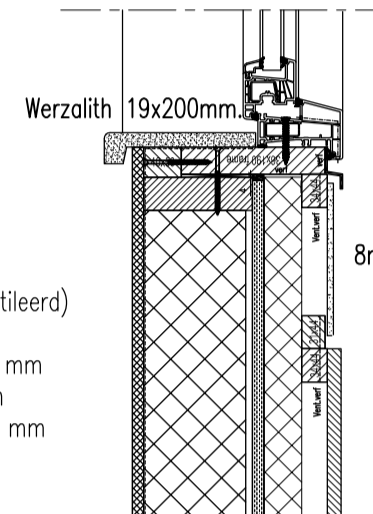
8



9

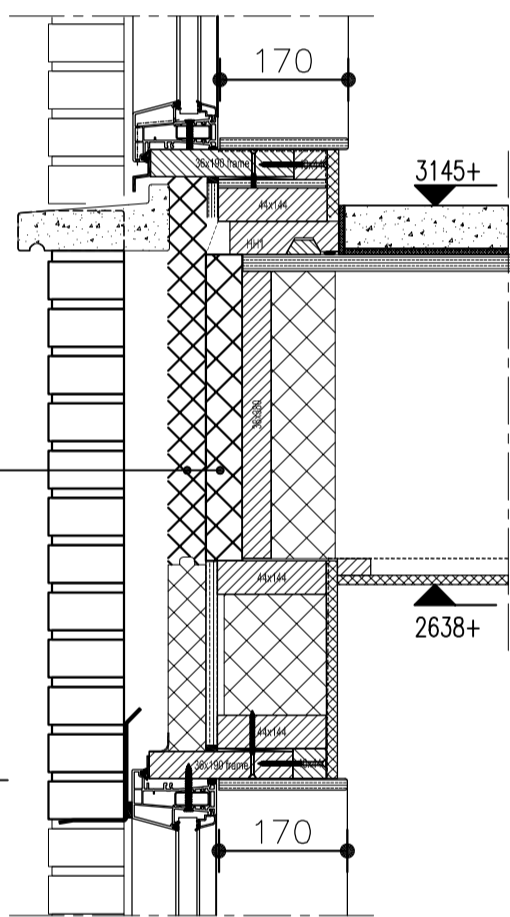


4



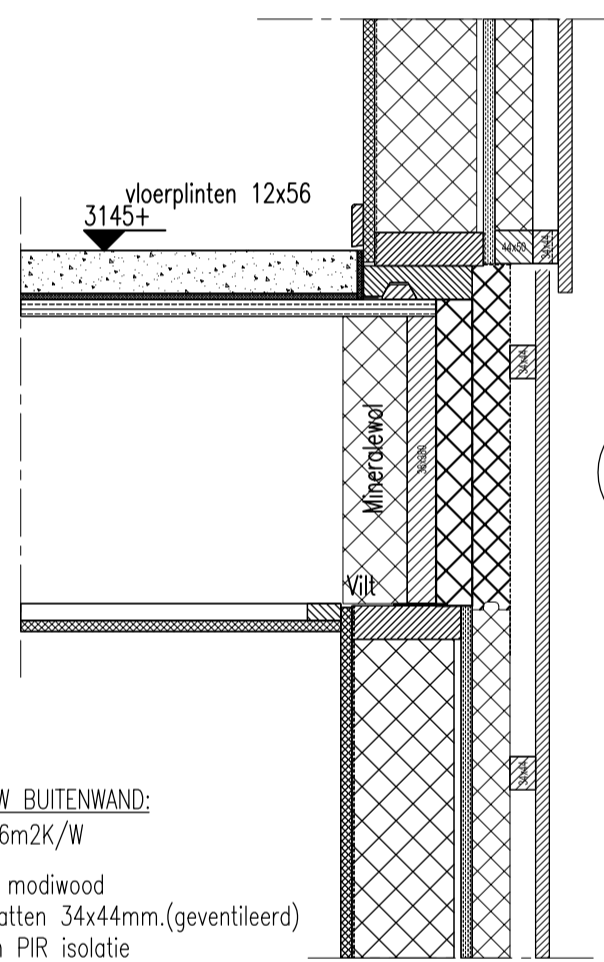
7

OPBOUW BUITENWAND:
 Rc= 5,6m2K/W
 18mm. modiwood
 Spijkerlatten 34x44mm.(geventileerd)
 50 mm PIR isolatie
 Dampopen plaatmateriaal 15 mm
 Minerale wol isolatie 135 mm
 Stijl en regelwerk breed 144 mm
 Dampremmende laag
 Gipsplaat 15 mm

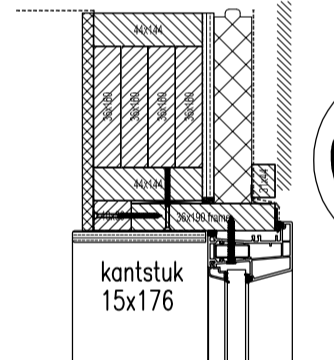


2

OPBOUW 1e VERDIEPINGSVLOER:
 Cementdekvloer 59mm.
 Wapening #5-250
 Vilt 8mm
 Constructieplaat 22mm
 Balklaag constructieve liggers(vlgs. constructeur)
 Vuren plafondschrout 22x44mm
 Gipsplaat 15 mm (Novlam)



6



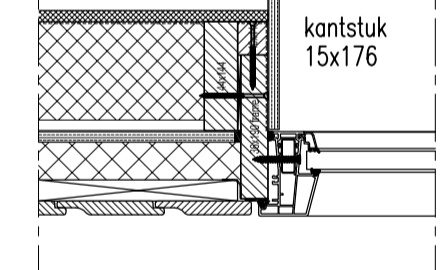
6a

OPBOUW BUITENWAND:
 Rc= 5,6m2K/W

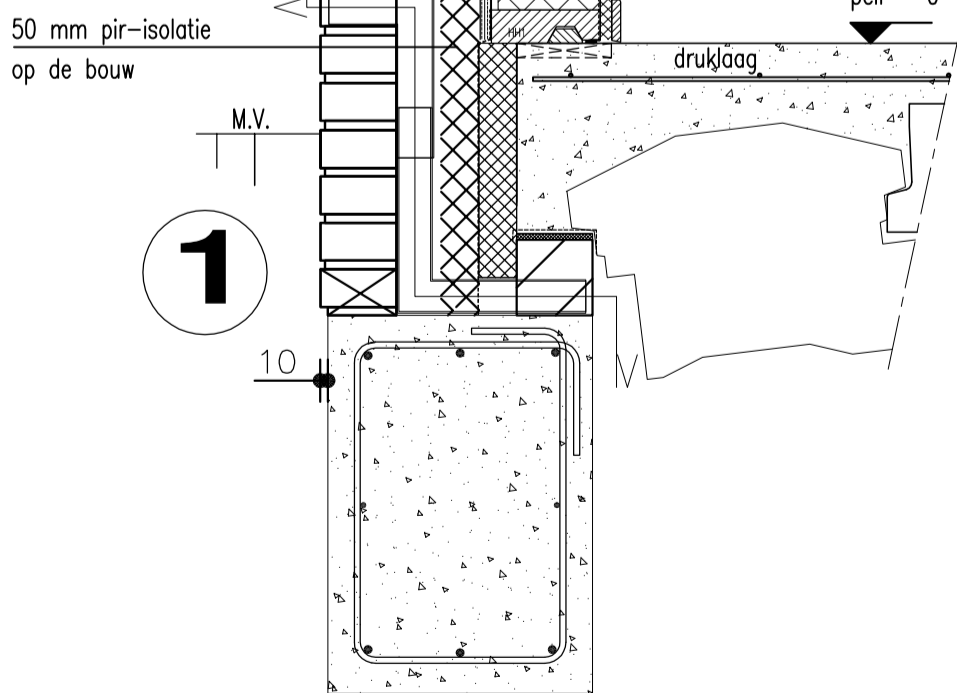
Metselwerk
 Spouw 50 mm
 50 mm PIR isolatie
 Dampopen plaatmateriaal 15 mm
 Minerale wol isolatie 135 mm
 Stijl en regelwerk 44x144 mm
 Dampremmende laag
 Gipsplaat 15 mm

OPBOUW BUITENWAND:
 Rc= 5,6m2K/W

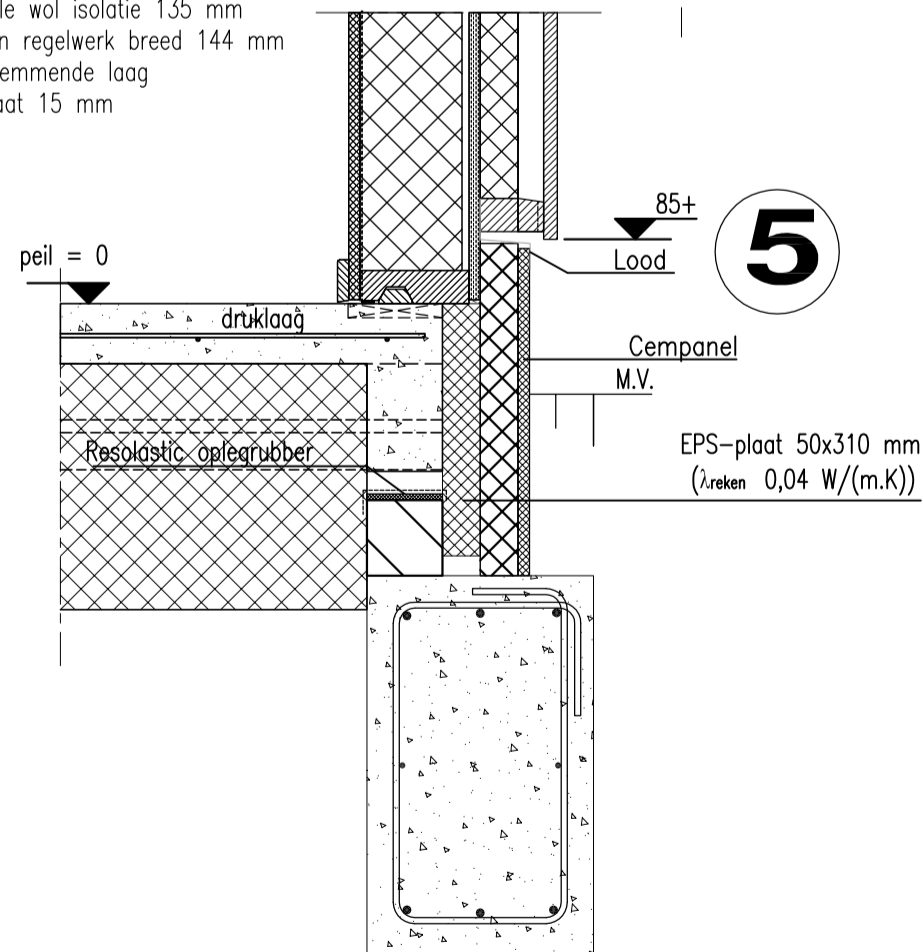
18mm. modiwood
 Spijkerlatten 34x44mm.(geventileerd)
 50 mm PIR isolatie
 Dampopen plaatmateriaal 15 mm
 Minerale wol isolatie 135 mm
 Stijl en regelwerk breed 144 mm
 Dampremmende laag
 Gipsplaat 15 mm



4a



1



5

PROJECT: Bouwdetails Harinxmaldal Deelgebied 1 type D			
ONTWERP:	DATUM:	13 januari 2012	GEWIJZIGD:
	SCHAAL:	1 : 10	A:
	GETEKEND:	A.E.Beintema	B:
	PROJECT MANAGER:	E. Pattipeilohy	C:
	TEKENING FASE:		D:
	WERKNUMMER:	BLADNUMMER:	E:
	28032	B4a	F:
			G:

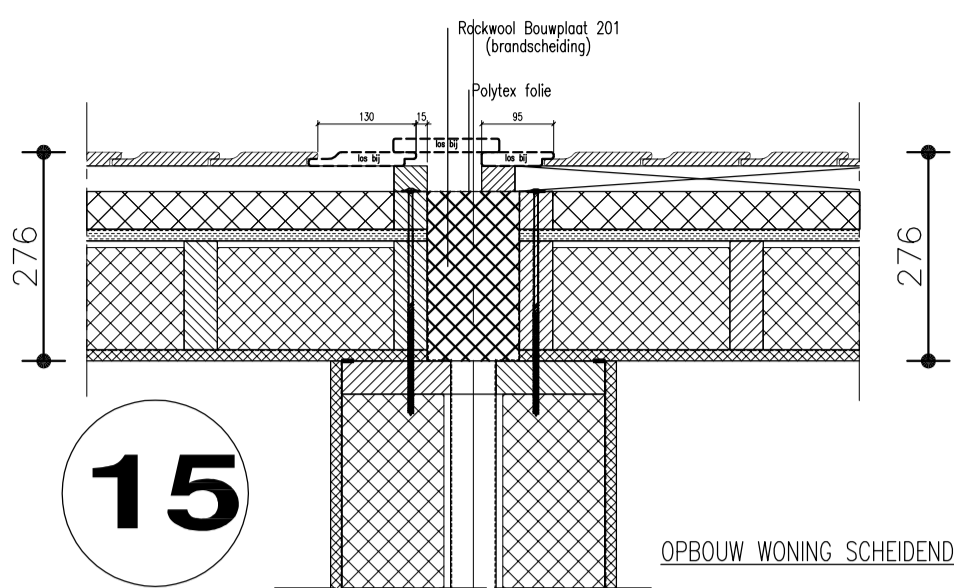
OPDRACHTGEVER:

ACCOLADE
 HARSTE 15, 8602 JX SNEEK
 TELEFOON: 0515-486400, FAX 0515-486401
 INTERNET: WWW.ACCOLADE.NL
 E-MAIL: SNEEK@ACCOLADEWONEN.NL

UITVOERING:

VDM Woningen
 POSTBUS 305, 9200 AH DRACHTEN
 TELEFOON: 0512-571234, FAX: 0512-571225
 INTERNET: WWW.VDMWONINGEN.NL
 E-MAIL: INFO@VDMWONINGEN.NL



OPBOUW BUITENWAND:

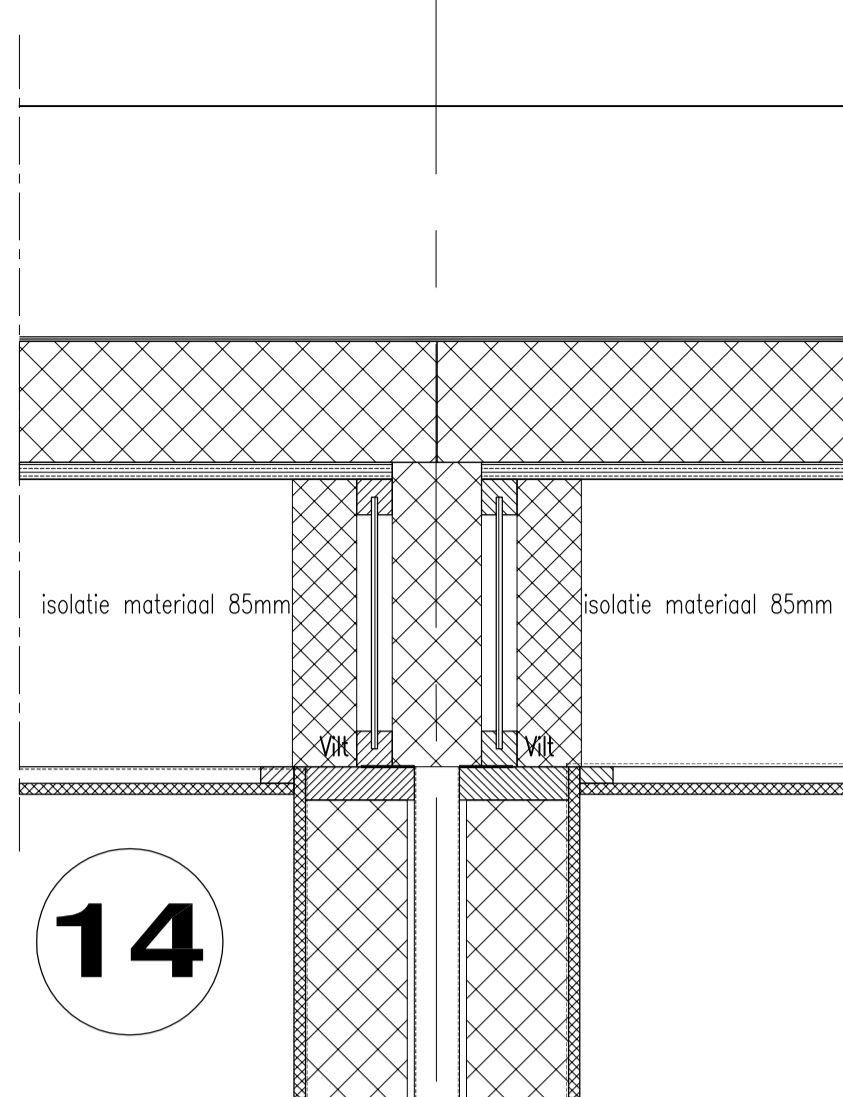
Rc= 5,6m2K/W

- 18mm. modiwood
- Spijkerlatten 34x44mm.
- 50 mm PIR isolatie
- Dampopen plaatmateriaal 15 mm
- Minerale wol isolatie 135 mm
- Stijl en regelwerk breed 144 mm
- Dampremmende laag
- Gipsplaat 15 mm

OPBOUW DAK:

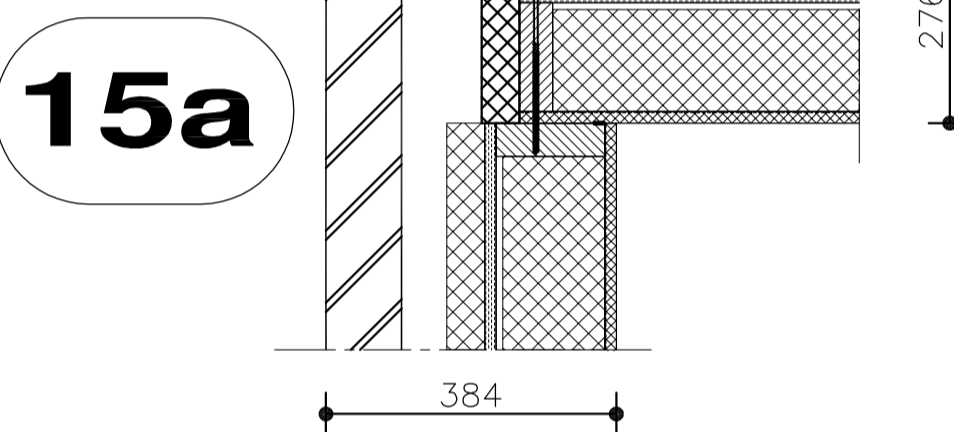
Rc= 5,12m2K/W

- 2 Laagse Bitumineuze dakbedekking
- PIR afschotisolatie 80-160mm.
- PE-Folie
- Constructief plaatmateriaal 22mm
- Vuren l-ligger 47/70x380mm
- Vuren plaf.schr. 22x44mm
- Gipsplaat 15mm (AK)



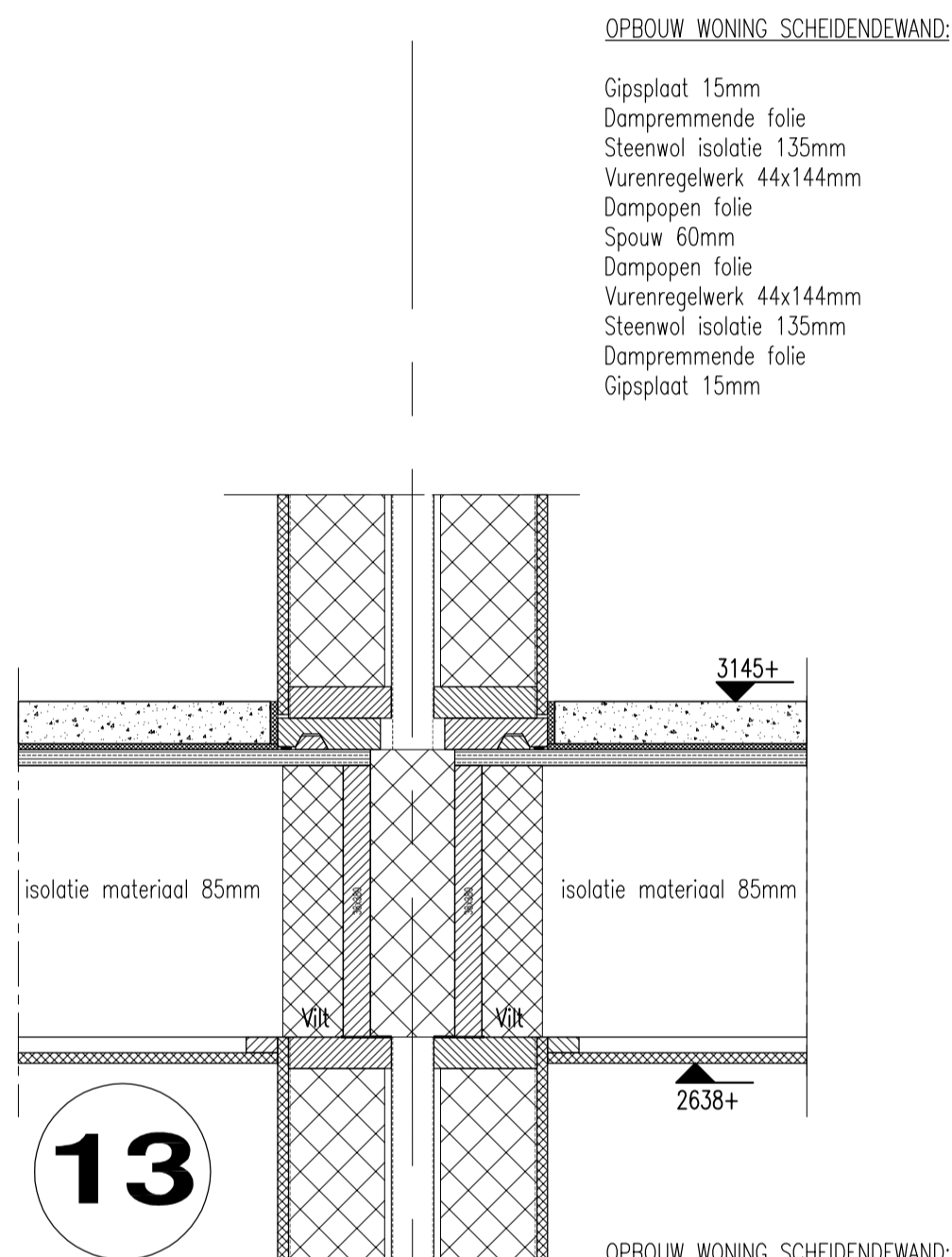
OPBOUW WONING SCHEIDENDEWAND:

- Gipsplaat 15mm
- Dampremmende folie
- Steenwol isolatie 135mm
- Vurenregelwerk 44x144mm
- Dampopen folie
- Spouw 60mm
- Dampopen folie
- Vurenregelwerk 44x144mm
- Steenwol isolatie 135mm
- Dampremmende folie
- Gipsplaat 15mm



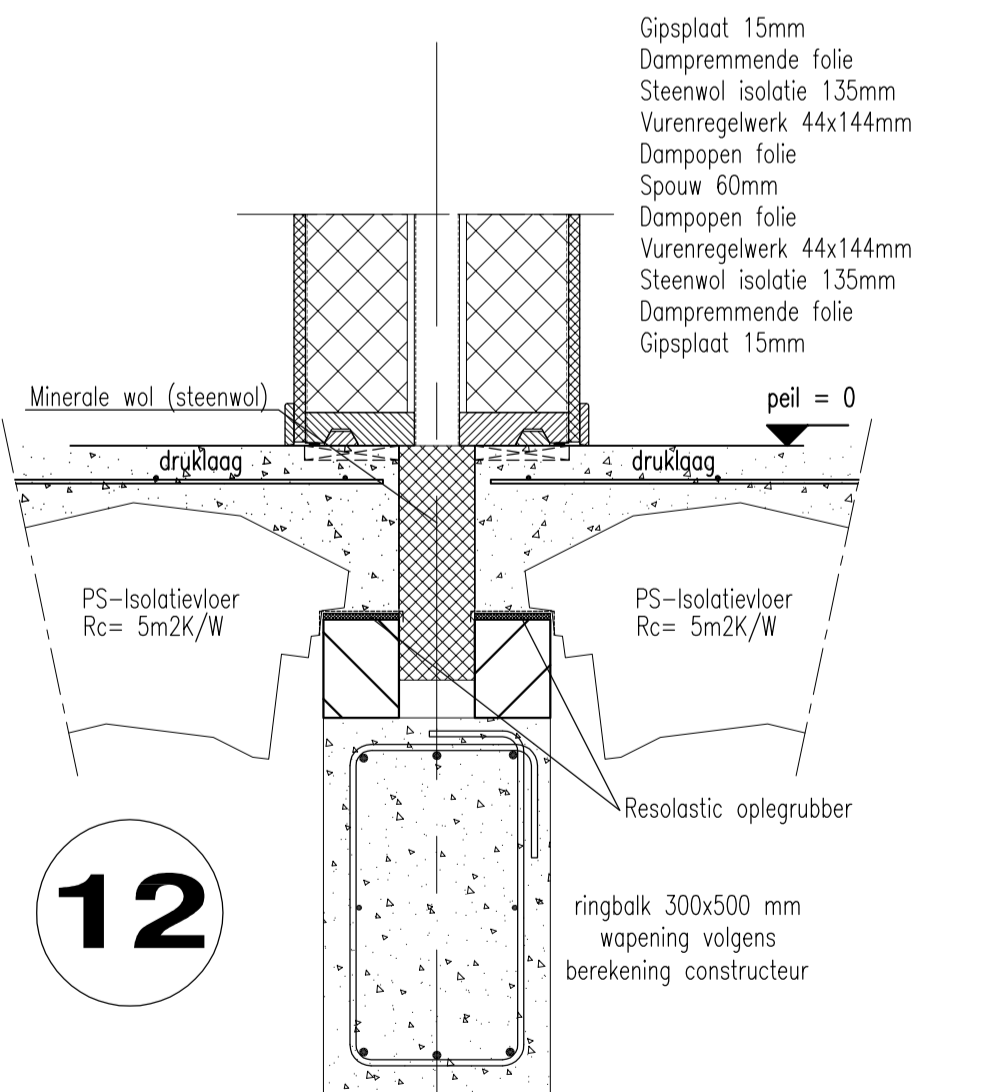
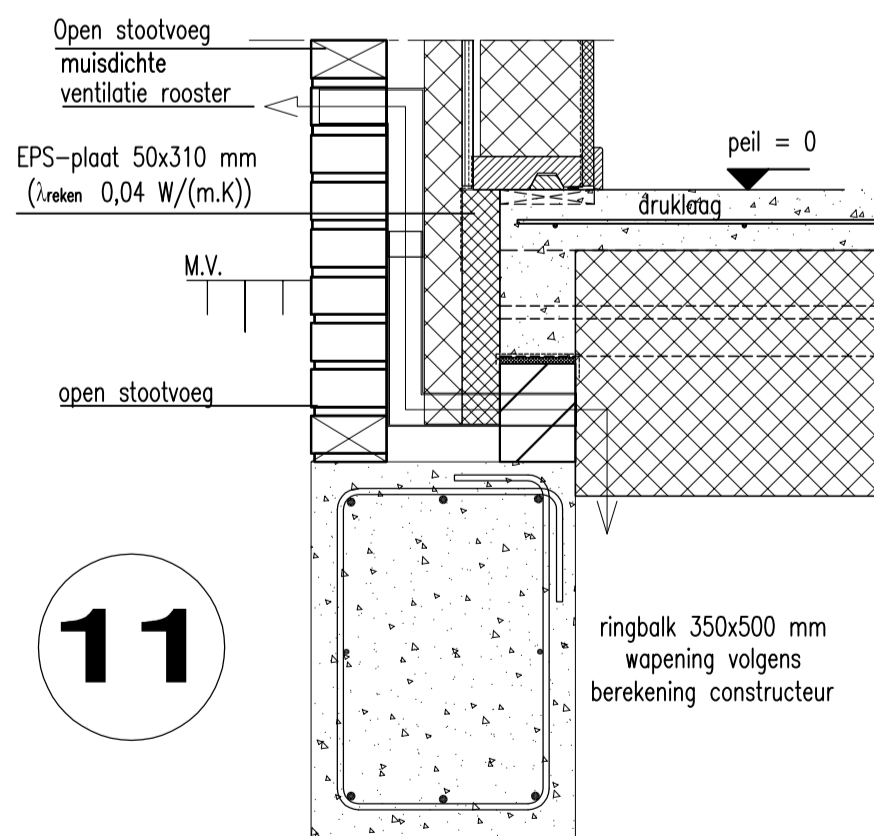
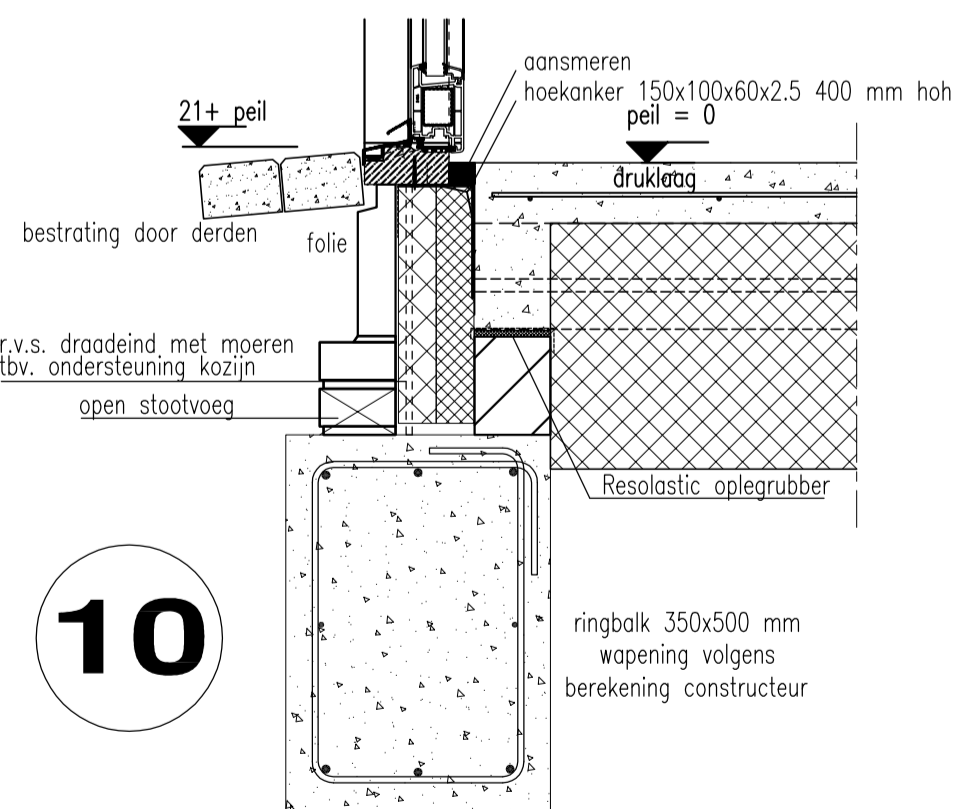
OPBOUW 1e VERDIEPINGSVLOER:

- Cementdekvloer 59mm.
- Wapening #5-250
- Vilt 8mm
- Constructieplaat 22mm
- Balklaag constructieve liggers(vlgs. constructeur)
- Vuren plafondschoot 22x44mm
- Gipsplaat 15 mm (Novlam)



OPBOUW WONING SCHEIDENDEWAND:

- Gipsplaat 15mm
- Dampremmende folie
- Steenwol isolatie 135mm
- Vurenregelwerk 44x144mm
- Dampopen folie
- Spouw 60mm
- Dampopen folie
- Vurenregelwerk 44x144mm
- Steenwol isolatie 135mm
- Dampremmende folie
- Gipsplaat 15mm



OPBOUW 1e VERDIEPINGSVLOER:

- Gipsplaat 15mm
- Dampremmende folie
- Steenwol isolatie 135mm
- Vurenregelwerk 44x144mm
- Dampopen folie
- Spouw 60mm
- Dampopen folie
- Vurenregelwerk 44x144mm
- Steenwol isolatie 135mm
- Dampremmende folie
- Gipsplaat 15mm

PROJECT: Bouwdetails Harinxmaland Deelgebied 1 type D			
ONTWERP:	DATUM:	13 januari 2012	GEWIJZIGD:
	SCHAAL:	1 : 10	A:
	GETEKEND:	A.E.Beintema	B:
	PROJECT MANAGER:	E. Pattipeilohy	C:
	TEKENING FASE:		D:
	WERKNUMMER:	28032	BLADNUMMER:
			B4b
			E:
			F:
			G:

OPDRACHTGEVER:

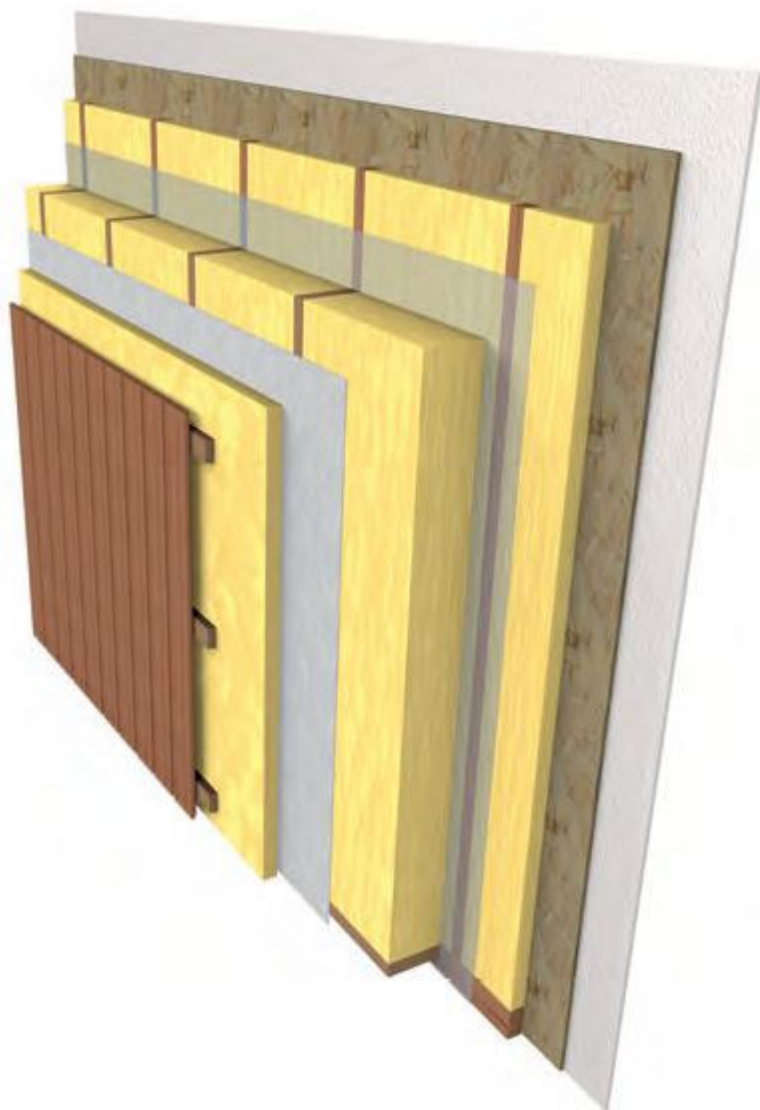
ACCOLADE
 HARSTE 15, 8602 JX SNEEK
 TELEFOON: 0515-486400, FAX 0515-486401
 INTERNET: WWW.ACCOLADE.NL
 E-MAIL: SNEEK@ACCOLADEWONEN.NL



UITVOERING:

VDM Woningen
 POSTBUS 305, 9200 AH DRACHTEN
 TELEFOON: 0512-571234, FAX: 0512-571225
 INTERNET: WWW.VDMWONINGEN.NL
 E-MAIL: INFO@VDMWONINGEN.NL







RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Utrecht

Atoomweg 400

Postbus 40217

3504 AA Utrecht

T 030-241 34 27

Vestiging Zwolle

Dr. Van Lookeren -

Campagneweg 16

Postbus 40147

8004 DC Zwolle

T 038-467 00 30



NI LID INGENIEURS

In 't Hart van de Bouw