THERMOHYGRISCH ONDERZOEK



Opdrachtgever

[redacted]

Auteur

[redacted]

Versie 01 - 23-01-2025

1 INLEIDING

Voor de renovatie/verbouw van het bestaande monument woongebouw Nieuwe Keizersgracht 5.1, 2, e te Amsterdan, is [redacted] gevraagd om een thermohygrisch onderzoek uit te voeren voor de gewenste isolatie van het hellend dak.

Voor de volgende kritische details zijn koudebrugberekeningen uitgevoerd:

1. 3e/4e verdieping | Oplegging houten balk in buitengevel.

2. 3e/4e verdieping Hellend dak;

Bij de beoordeling van de details is naast een juiste bouwfysische constructieopbouw, ook gekeken naar een optimale isolatiegraad in relatie tot de bouwjaar van het gebouw en de ventilatiegraad in relatie tot de thermohygrische aspecten ter voorkoming van vochtproblemen.

2 SITUATIE

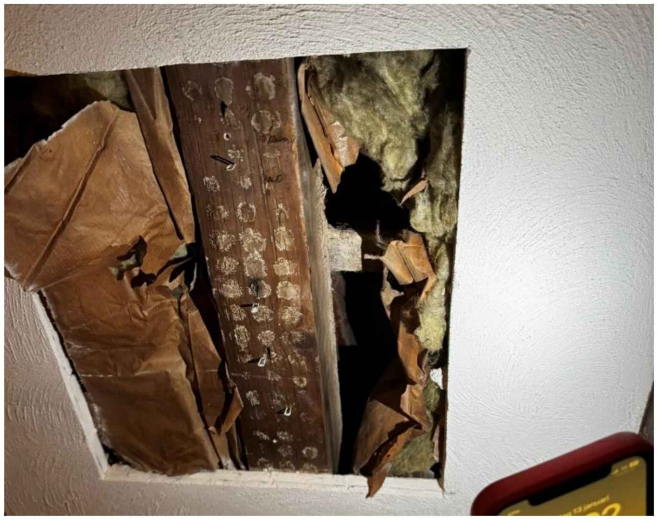
Voor het gebouw met een bouwjaar 1615 (bron: bagviewer).

De volgende constructies zijn in de huidige situatie aanwezig:

- Verdiepingsvloer | houten balklaag;
- Buitengevel | steens metselwerk;
- Schuin dak | houten (sporen)dak.

2.1 Beoordeling huidige staat dak.

Ook is gevraagd om naar de staat van het huidige dak te kijken en te beoordelen of een rennovatie nodig is.



Figuur 1: foto van huidige situatie hellend dak

In de foto is te zien dat er achter de gipsplaten direct de sporen van het dak zichtbaar zijn welke de verticale liggers zijn. De dakpannen zijn vervolgens opgehangen aan de

pannelatten die over de sporen heen gespannen zijn. Tussen de sporen is minerale wol isolatie gebracht. Als je je hand door het gat steekt is er direct een tocht voelbaar. De huidige isolatie is verder in slechte staat en dient vervangen te worden, ook wordt aangeraden om het dak luchtdicht af te werken zodat tocht voorkomen wordt. Voor de renovatie dienen thermohygrische maatregelen te worden genomen voor een goed en gezond binnenklimaat.

2.1 Advies hellend dak.

Voor de isolatie van het gebouw wordt de volgende constructieopbouw voorgesteld:

- Schuin dak - traditioneel pannendak | isolatie PIR binnenzijde.

Voor de klimaatinstallatie in de nieuwe situatie wordt gedacht aan CV-ketel met vloerverwarming en natuurlijke ventilatie.

3 TOETSCRITERIA/ EISEN/ VOORWAARDEN.

3.1 Algemeen

De kans op vochtproblemen (schimmelvorming, houtrot, roesten van stalen profielen, condensatie) vindt plaats wanneer de relatieve vochtigheid zich gedurende enige tijd boven de 80% bevindt. Door het plaatsen van een voorzetwand ter plaatse van de buitengevel kan in dat kader een kritische situatie ontstaan bij de aansluiting op een binnengevel of vloerconstructie (versterking koudebrugwerking). De oplegging van houten balkkoppen in de buitengevels is daarbij extra kritisch.

Ten aanzien van inwendige condensatie geldt in het algemeen dat het risico van vochtaccumulatie gering is als de hoeveelheid condens in de constructie, welke ontstaat gedurende de condens periode, geheel verdampt tijdens de droogperiode. Door middel van een Glaserberekening of een dynamisch simulatiemodel wordt de hoeveelheid condensaat en de hoeveelheid droging berekend. Voor houten delen wordt een grenswaarde voor het vochtgehalte van 21% aangehouden. Voor metselwerkconstructies kan een gemiddelde waarde van 0,5 kg/m2 worden aangehouden. Gesimuleerde waarden worden op een kritisch moment in de winter en zomer beoordeeld.

In de uitvoeringsfase dient de luchtdichte naadafwerkingen zeer zorgvuldig te worden aangebracht.

3.2 Eisen (Wering vocht van binnen).

In het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) worden in de art. 4.118 en 4.119 voor nieuwbouw de volgende eisen gesteld:

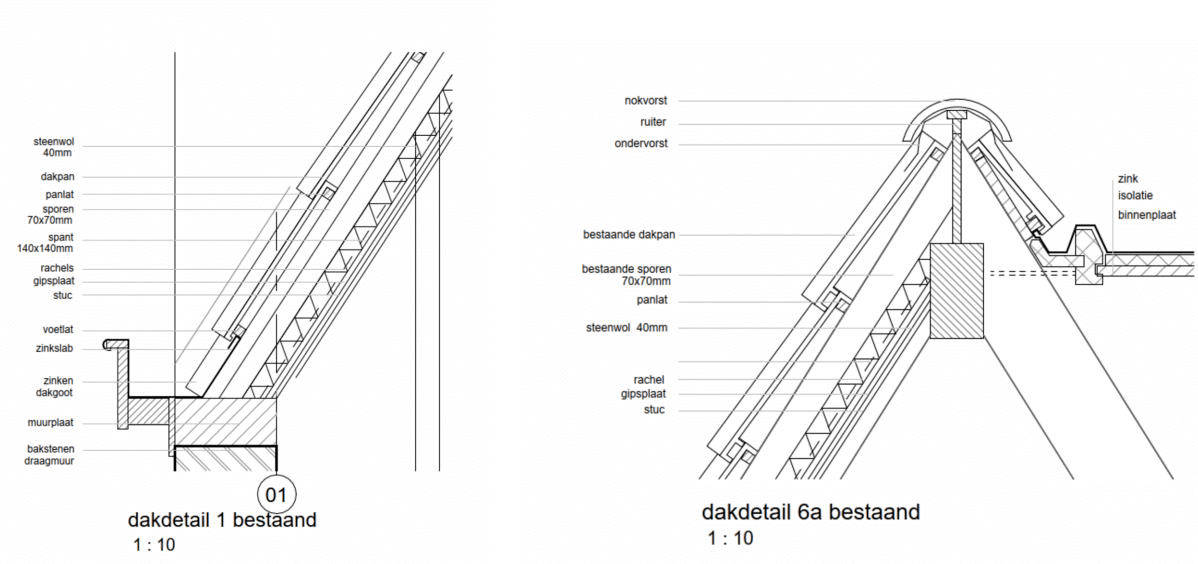
- *Een te bouwen bouwwerk heeft zodanige scheidingsconstructies dat de vorming van allergenen door vocht in VG, toiletruimten en badruimten voldoende wordt beperkt;*
- *Een scheidingsconstructie waarvoor een warmteweerstand geldt, heeft aan de zijde die grenst aan een verblijfsgebied een volgens NEN 2778 bepaalde factor van de temperatuur (f) van de binnenoppervlakte, die niet kleiner is dan 0,50 voor bestaande woonfuncties;*
- *De f-factor geldt niet voor ramen, deuren, kozijnen en soortgelijke constructieonderdelen.*

Voor woonfuncties wordt aan de eis van f = 0,65 voldaan, indien de laagste oppervlaktetemperatuur aan het binnenoppervlak gemeten hoger is dan 11,7 °C. Dit geldt bij een genormeerd binnenluchttemperatuur van 18 °C en een buitenluchttemperatuur van 0 C. Aan bestaande gebouwen worden geen eisen gesteld.

Voor het onderhavige bestaand gebouw wordt voorgesteld de nieuwbouweisen aan te houden. Hier kan gekeken worden naar de zogenaamde renovatie-eis van f = 0,50. Aan deze eis wordt voldaan indien de laagste oppervlaktetemperatuur aan het binnenoppervlak gemeten hoger is dan 9 °C. Bij de toepassing van deze renovatie-eis, dient bekeken te worden of er een beperking gesteld moet worden aan de maximale relatieve vochtigheid. Een eventuele verlaging van de luchtvochtigheid kan bewerkstelligd worden door een verhoging van de ventilatiehoeveelheid. Uitgangspunt hierbij is een maximaal relatieve vochtigheid van ca. 40% (in de koude periode).

4 DETAILBEOORDELING.

4.1 Onderzochte details.



Figuur 1: onderzochte koudebrugdetails

4.2 Uitgangspunten.

De berekeningen zijn gemaakt met behulp van het rekenprogramma "TRISCO" (eindige elementen-methode) en DELPHIN (dynamisch simulatieprogramma). De uitgangspunten en berekeningswijze gehanteerd conform de NEN 2778 "Vochtwering in gebouwen". In beide programma's invoer gegevens conform tabel 1 gehanteerd.

Nr. Detail Bouwlaag Gebouwdeel/Stramien Omschrijving detailaansluiting

1. 3/4e verd. Houten balkoplegging in buitengevel;
2. Hellend dak.

		Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m · K)]
Isolatiemateriaal – minerale wol	$\lambda_{isolatie\text{-}mw}$	0,035
Isolatiemateriaal - PIR	$\lambda_{isolatie\ -\ PIR}$	0,022
Metselwerk	$\lambda_{metselwerk}$	1,0
Hout	λ_{hout}	0,2
Gipsplaat	$\lambda_{gipsplaat}$	0,18
dakpannen	$\Lambda_{dakpannen}$	1,0
OSB plaat	$\lambda_{plaatmateriaal}$	0,2
Staal	λ_{staal}	50,0
Luchtspouw (zwak of niet geventileerd)	$\lambda_{luchtspouw}$	$\lambda_{luchtspouw}$ bepaald t.b.v. Rc=0,17 m^2K/W
		Warmteovergangsweerstand [m^2 · K/W]
Buitenzijde	R_e	0,04
Binnenzijde algemeen	$r_{i;algemeen}$	0,50
Binnenzijde algemeen	$r_{i;3\text{-}vlakshoek}$	0,25
Beglazing binnenzijde	$r_{i;beglazing}$	0,13
		Randtemperaturen [°C] – NEN 2778
Buiten	T_e	0
Binnen	T_i	18
Grond	$T_{bodem\ 3m}$	10

Tabel 1: Invoergegevens TRISCO

Voor de dynamische berekening met DELPHIN is aanvullend gerekend met de volgende waarden: Winter: 20°C/ 50% RV en zomer: 25°C/ 70% RV. Het buitenklimaat is een test reference year (TRY) klimaat. De vochtgehalte, temperatuur en relatieve vochtigheid in de constructie worden gedurende twee jaren gesimuleerd.

4.3 Koudebrugberekeningen.

4.3.1 Detail 1 | 3e/4e verd. - houten balkoplegging buitengevel.

Dor het plaatsen van een geïsoleerde voorzetconstructie zal de buitengevel (metselwerk) kouder worden en zal, ter plaatse van de balkkoppen, de temperatuur lager

liggen ten opzichte van de bestaande situatie. Tevens zal droging naar binnen toe beperkter zijn ten opzichte van de bestaande situatie. Hierdoor kan een kritische situatie ontstaan ten aanzien van het ontstaan van vochtproblemen (met mogelijk houtrot tot gevolg). Om aantasting van de balkkoppen te voorkomen kan het volgende worden overwogen:

1. Impregneren van de balkkoppen;

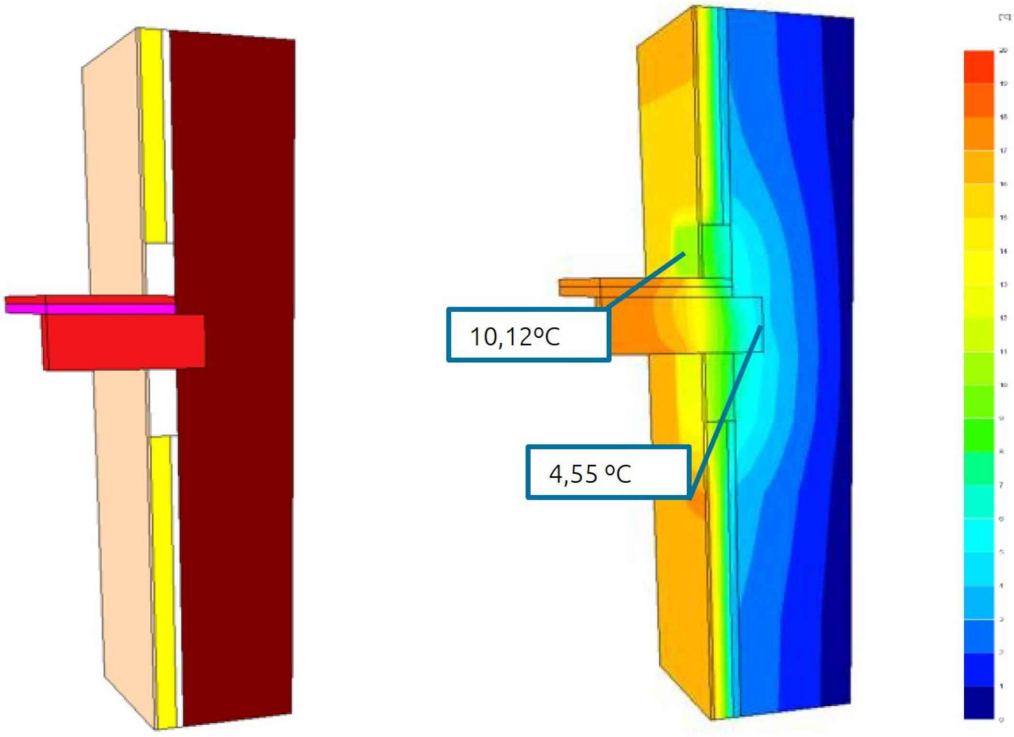
2. Thermisch ontkoppelen van de balkoplegging (hulp/ draagconstructie);

3. Capillair actief isolatiemateriaal (bv. caliciumsilicaatplaten);

4. Voorzetwanden doorzetten tussen de balken en bovenzijde vloer;

5. Als optie 4, maar niet geheel doorzetten isolatie (ca. 0,10-0,20 m. aan de boven en zijkanten van de balkkop vrijhouden).

Gezien de bestaande situatie hebben de opties 1 en 2 voor het onderhavige project niet de voorkeur (economisch/ uitvoeringstechnisch/ esthetisch). Optie 3 met een capillair actief isolatiesysteem is voor kritische situaties sterk aan te bevelen, maar is thermisch en economisch gezien veel ongunstiger (Rc ca. 0,75 m2K/W en ca. 3-4 x duurder dan een voorzetwandconstructie). Vooralsnog wordt optie 5 geadviseerd met voorzetwanden. Zie onderstaand figuur voor het thermohygrisch model.



Figuur 2: Berekeningsresultaat detail – vloerdetail ter plaatsen van verdiepingsvloer

Bij deze optie bedraagt de berekende min. binnenoppervlaktetemperatuur To;i = 10,12 ºC. Deze temperatuur is hoger dan de vereiste minimumtemperatuur cf. het Bouwbesluit (9 °C). Bij de balkkop is de temperatuur To;i = 4,55 ºC en te laag. Om vochtproblemen te voorkomen dient een dampremmende laag aan de binnenzijde (ter plaatse van de plaatafwerking) zorgvuldig aangebracht te worden

De volgende uitvoeringsaandachtspunten dienen in acht te worden genomen:

- Isolatie (voorzetwand) tot ca. 100-200 mm aan de boven en zijkanten van de balkkop vrijhouden;
- Binnenzijde voorzetwand voorzien van zorgvuldig aangebrachte dampremmende laag;
- Scheuren in houten balken afsmeren met dampdichte pasta - Blowerproof liquid, Delta Liquixx o.g. over een lengte van 1 m vanaf buitengevel.

5 THERMOHYGRISCHE TOETS

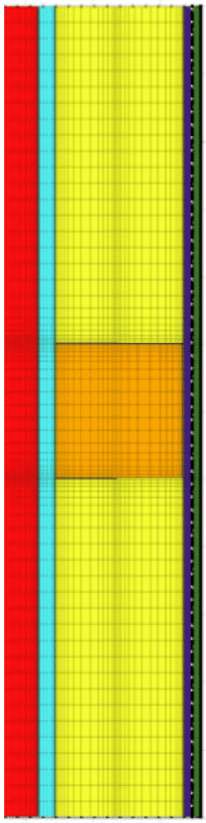
5.1 Algemeen.

Voor het hellend dak wordt uitgegaan van een isolatie tussen de sporen met de volgende opbouw (van binnen naar buiten):

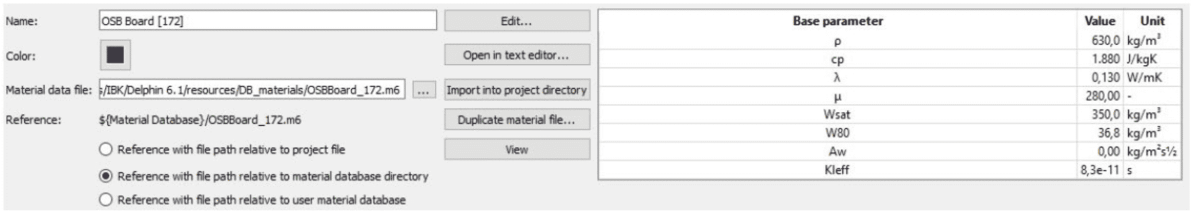
- Gipskartonplaat 12,5 mm;
- Houten rachel 18 mm (luchtspouw);
- Aluminium folie 0,03 mm (gecacheerde laag);
- Isolatie PIR, dik 70 mm;
- Aluminium folie 0,03 mm (gecacheerde laag);
- Bestaande dakpannen.

NB. De toepassing van het isolatiemateriaal beschreven:

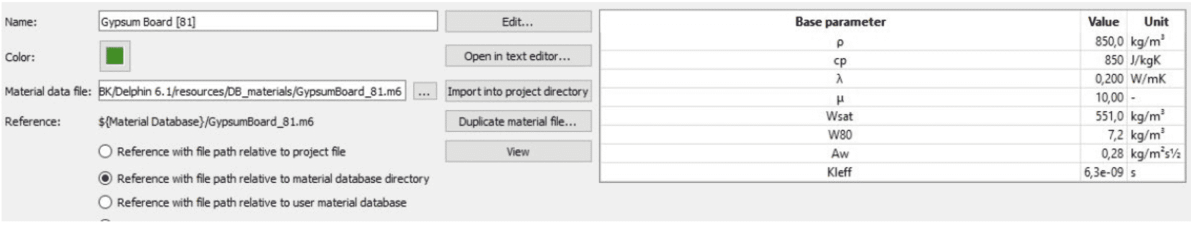
De PIR isolatie moet volledig beschermd worden, alle naden met aluminium folie afwerken.



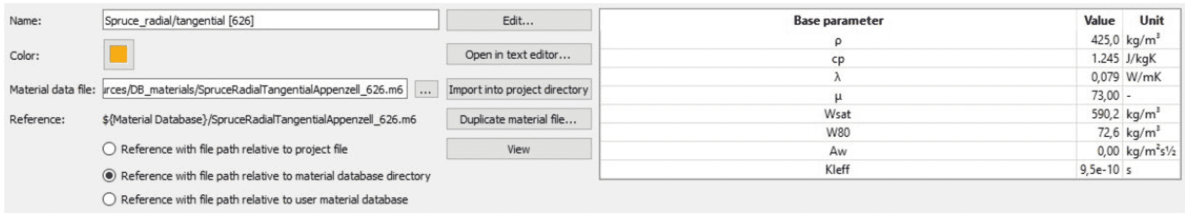
Figuur 3: invoergegevens delphin



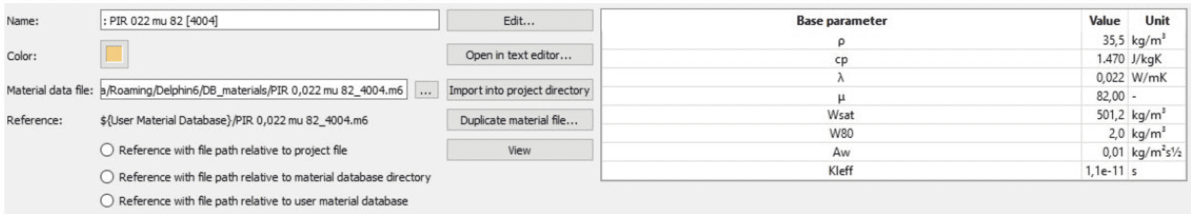
Base parameter	Value	Unit
ρ	630,0	kg/m³
cp	1.880	J/kgK
λ	0,130	W/mK
μ	280,00	-
Wsat	350,0	kg/m³
W80	36,8	kg/m³
Aw	0,00	kg/m²s½
Kleff	8,3e-11	s



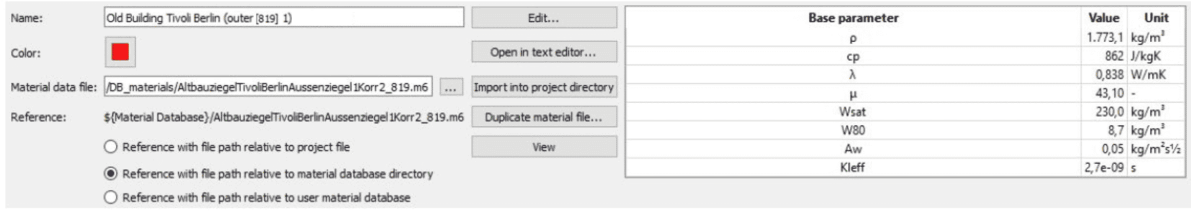
Base parameter	Value	Unit
ρ	850,0	kg/m³
cp	850	J/kgK
λ	0,200	W/mK
μ	10,00	-
Wsat	551,0	kg/m³
W80	7,2	kg/m³
Aw	0,28	kg/m²s½
Kleff	6,3e-09	s



Base parameter	Value	Unit
ρ	425,0	kg/m³
cp	1.245	J/kgK
λ	0,079	W/mK
μ	73,00	-
Wsat	590,2	kg/m³
W80	72,6	kg/m³
Aw	0,00	kg/m²s½
Kleff	9,5e-10	s



Base parameter	Value	Unit
ρ	35,5	kg/m³
cp	1.470	J/kgK
λ	0,022	W/mK
μ	82,00	-
Wsat	501,2	kg/m³
W80	2,0	kg/m³
Aw	0,01	kg/m²s½
Kleff	1,1e-11	s

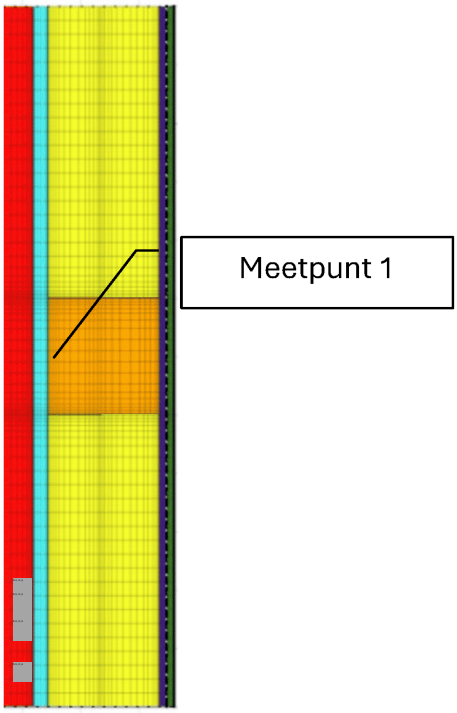


Base parameter	Value	Unit
ρ	1.773,1	kg/m³
cp	862	J/kgK
λ	0,838	W/mK
μ	43,10	-
Wsat	230,0	kg/m³
W80	8,7	kg/m³
Aw	0,05	kg/m²s½
Kleff	2,7e-09	s

5.2. Dak hellend t.p.v. sporen

Er is mogelijk kritisch punt in de constructie op de grensvlakken:

▪ Meetpunt 1 | sporen.

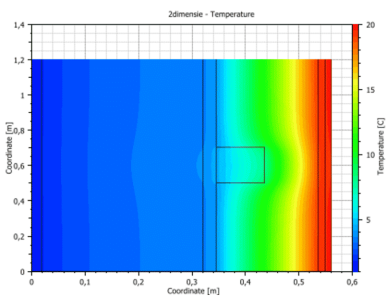


Onderstaande tabel geeft gesimuleerde waarden van vochtgehalte, temperatuur, relatieve luchtvochtigheid (RV) weer.

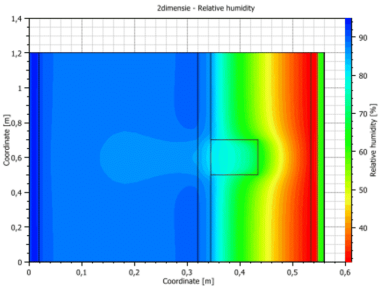
Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m · K)]	Vochtgehalte [kg/m3]	*T [°C]*	*RV [%]*	*Vochtgehalte [%] Max. in hout 21%*	
Half jan. (9072 uur)	75	4,7	81	17,6	√
Half aug. (14148 uur)	74,5	22,7	78	17,0	√

Onderstaande grafieken geven temperatuur relatieve vochtigheid en vochtgehalte weer

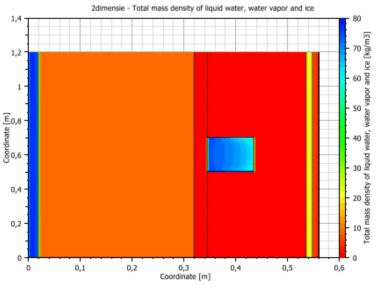
9072 uur (half januari) detail sporen



Temperatuur [°C]

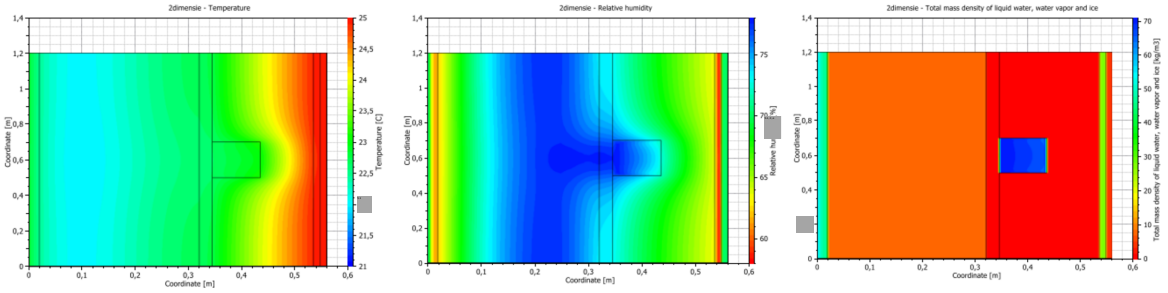


R.V. [%]



Vochtgehalte [kg/m3]

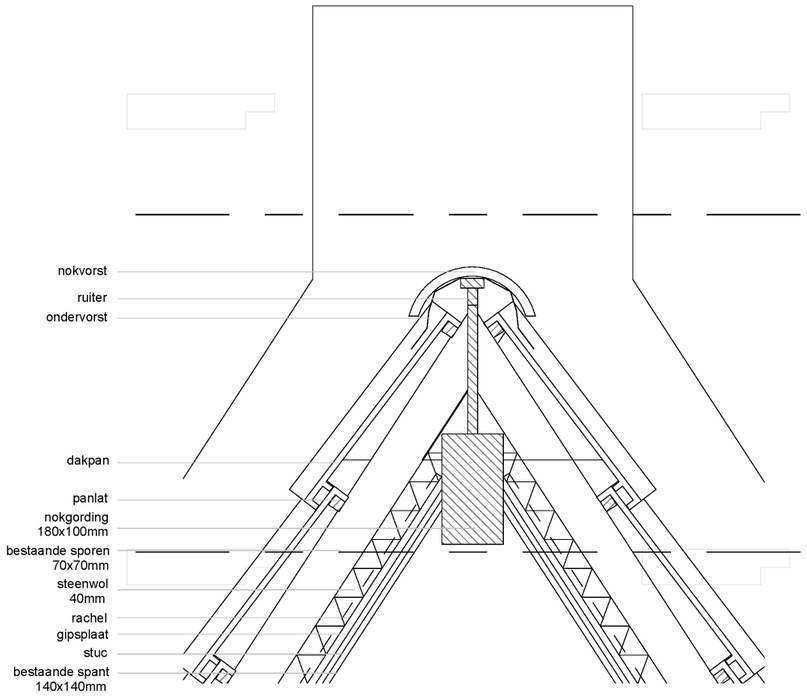
14076 uur (half augustus) detail sporen



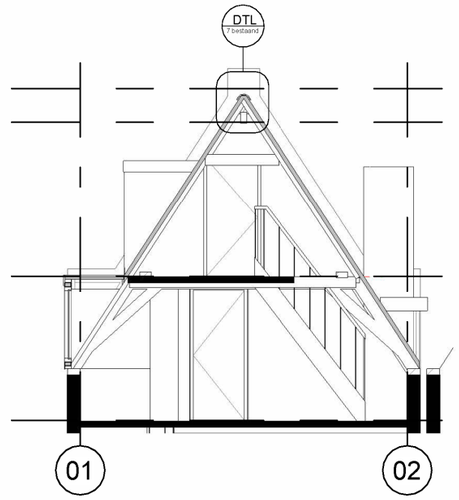
Temperatuur [°C] *R.V. [%]* *Vochtgehalte [kg/m3]*

Het vochtgehalte in de sporen blijft binnen de kritische grens.

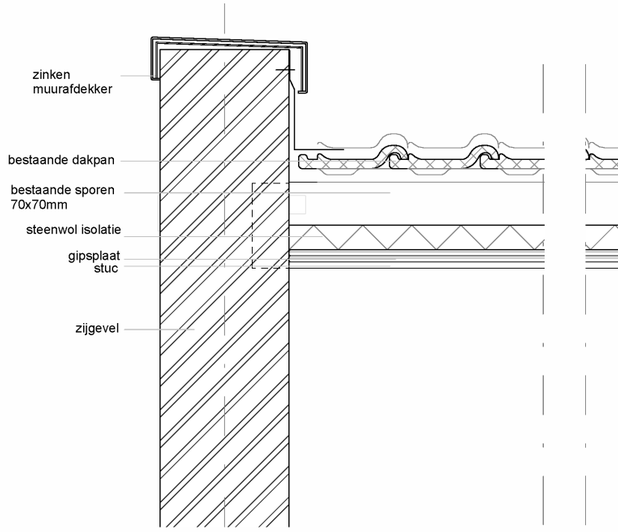
Bijlage 1: plattegronden en details



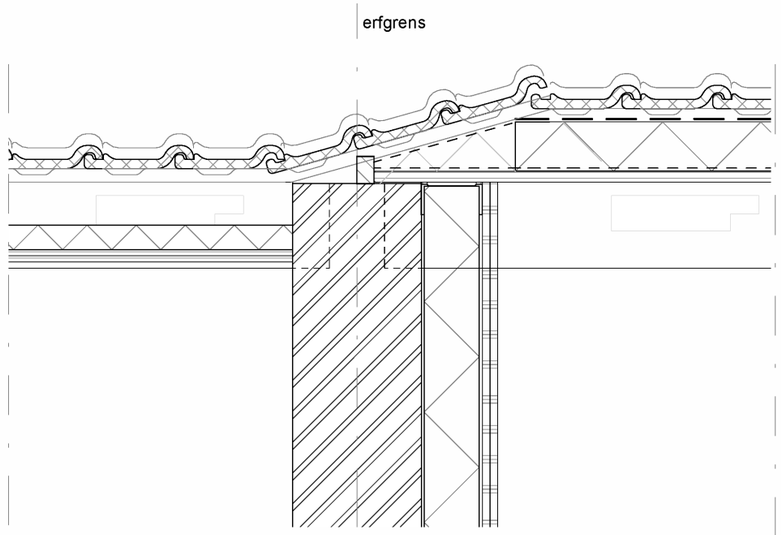
dakdetail 7 bestaand
1 : 10



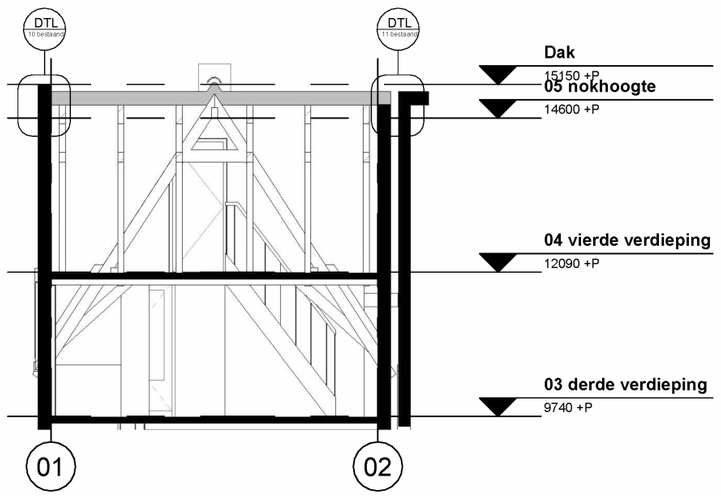
doorsnede 2 bestaand



doorsnede 10 bestaand
1 : 10



doorsnede 11 bestaand
1 : 10

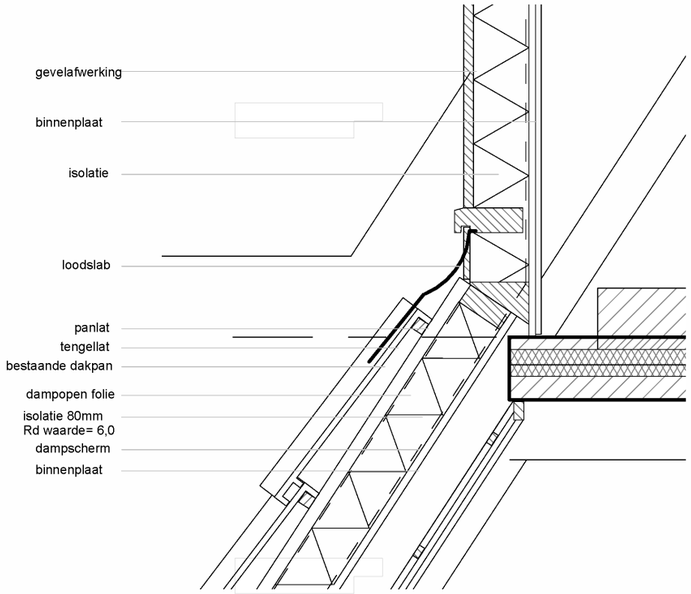


doorsnede 4 bestaand

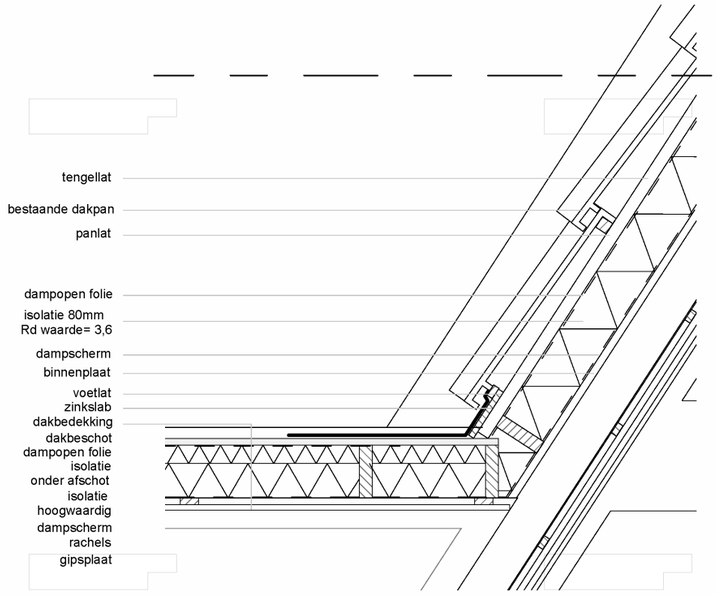
MIYUSHI DESIGN

Frederik Hendrikstraat 21-2
1052 HJ Amsterdam
[redacted]

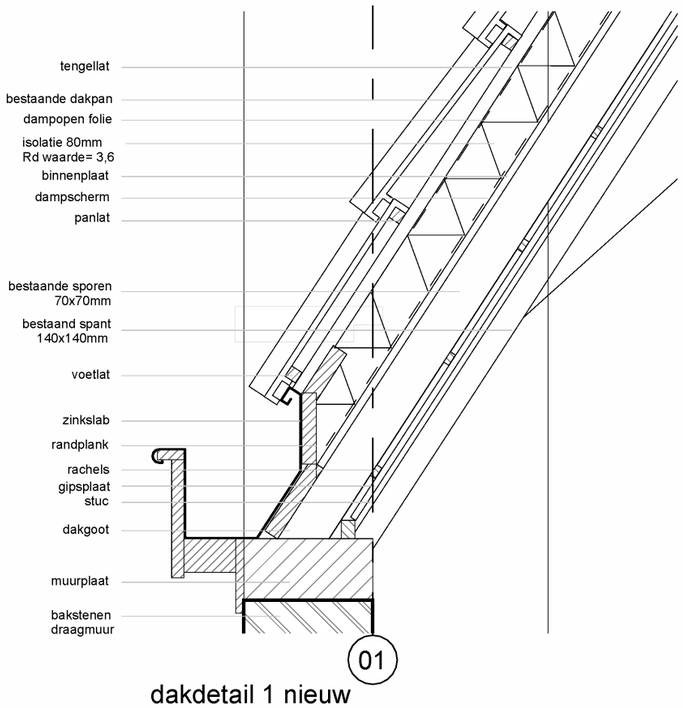
Onderwerp	Datum	Schaal en formaat	Gewijzigd	Projectnummer
04-details OA	17-06-2024	- | A3		24002
Onderdeel	**Fase**	**Status**		**Tekeningnummer**
principe details dak bestaand	OA	Definitief		04-107



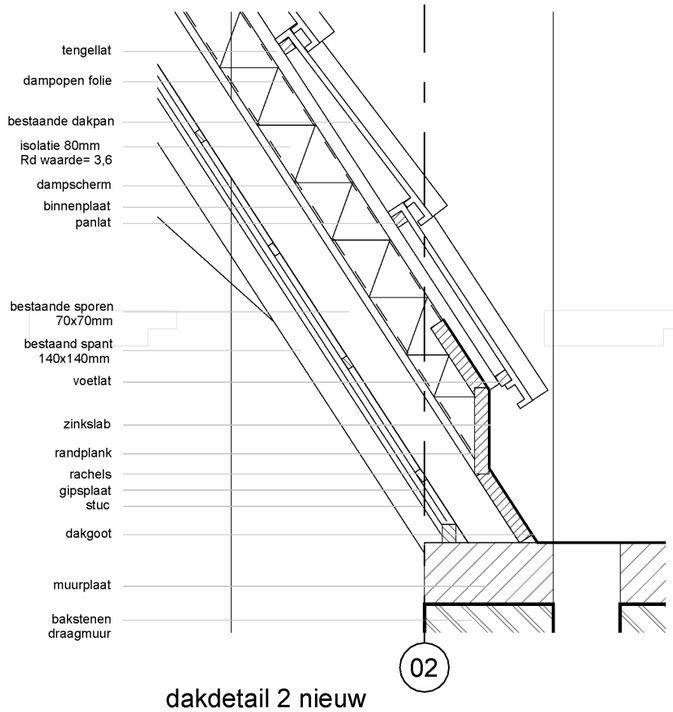
dakdetail 3 nieuw
1 : 10



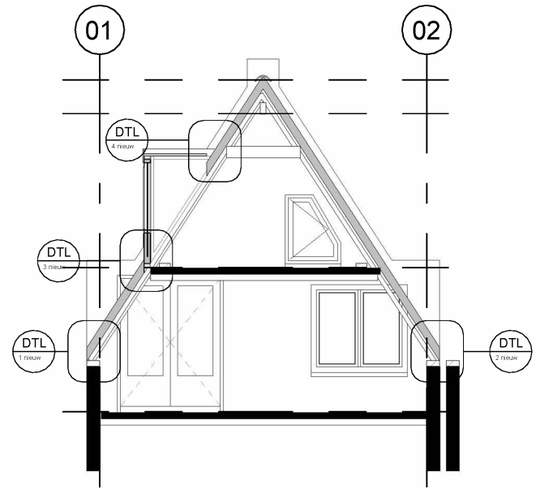
dakdetail 4 nieuw
1 : 10



dakdetail 1 nieuw
1 : 10



dakdetail 2 nieuw
1 : 10

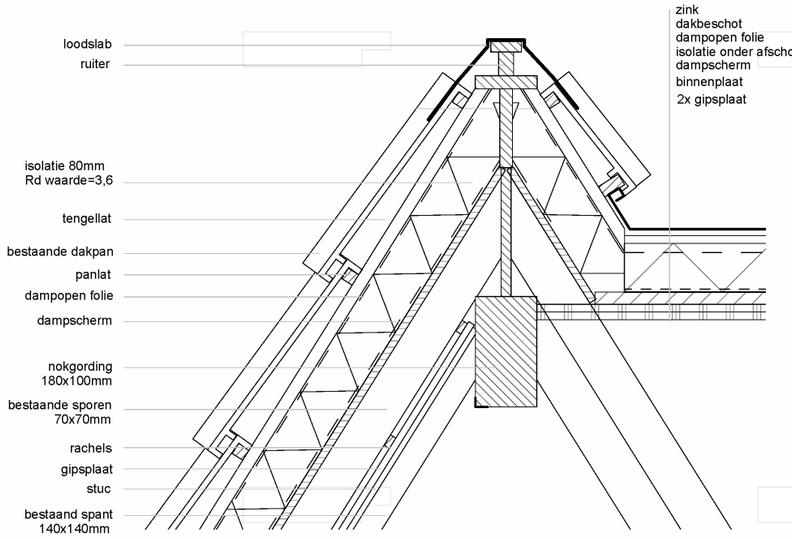


doorsnede 1 nieuw
1 : 100

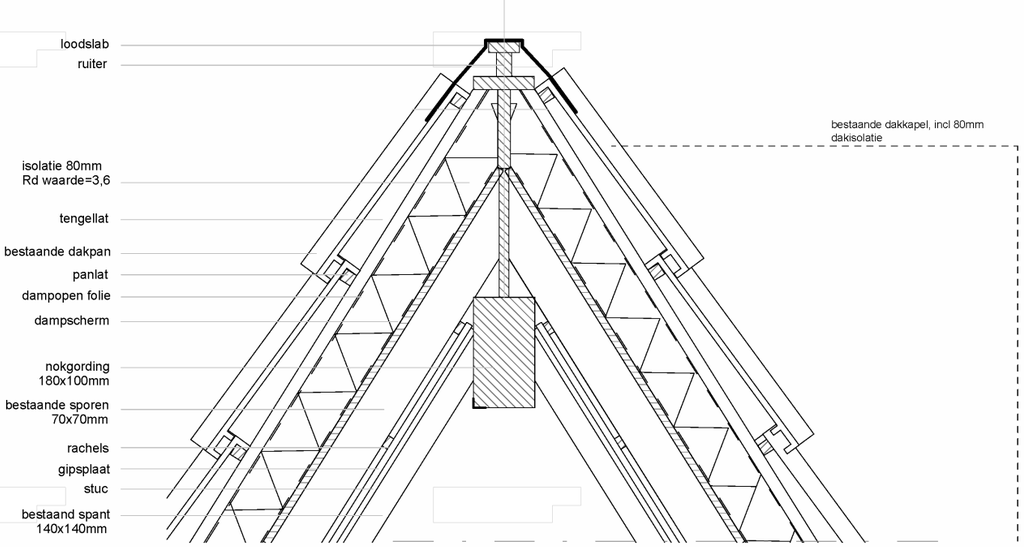
MIYUSHI DESIGN

Frederik Hendrikstraat 21-2
1052 HJ Amsterdam
[redacted]

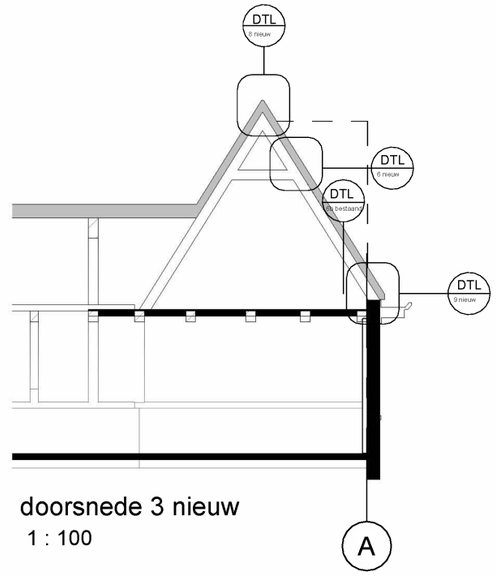
Onderwerp	Datum	Schaal en formaat	Gewijzigd	Projectnummer
04-details OA	25-03-2024	- | A3	A 30.05.2024	24002
Onderdeel	**Fase**	**Status**		**Tekeningnummer**
principe details dak nieuw	OA	Definitief		A_04-205



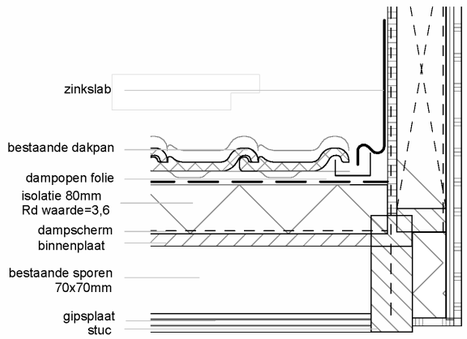
dakdetail 6a nieuw
1 : 10



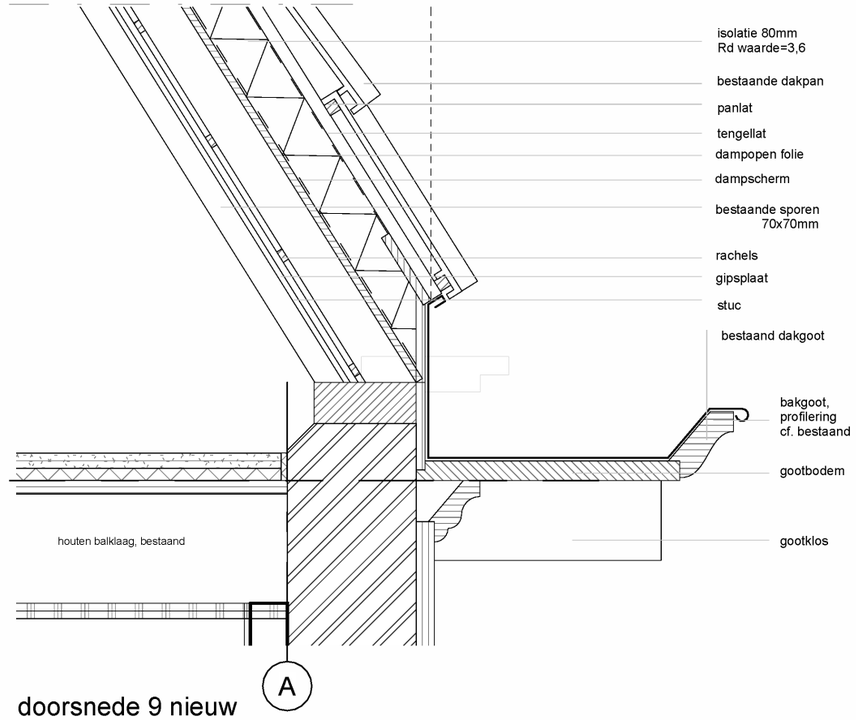
dakdetail 8 nieuw
1 : 10



doorsnede 3 nieuw
1 : 100



dakdetail 6b nieuw
1 : 10

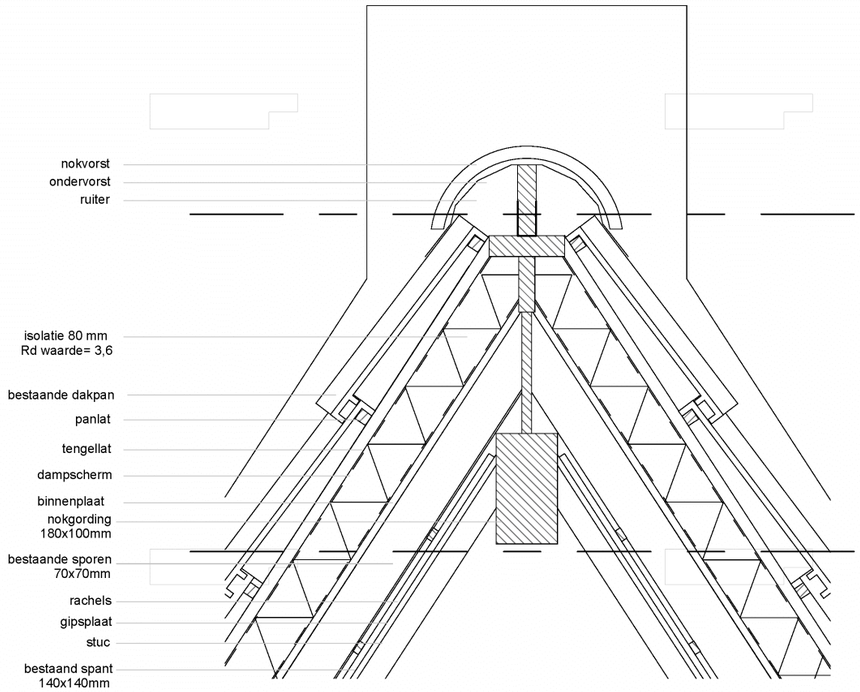


doorsnede 9 nieuw
1 : 10

MIYUSHI DESIGN

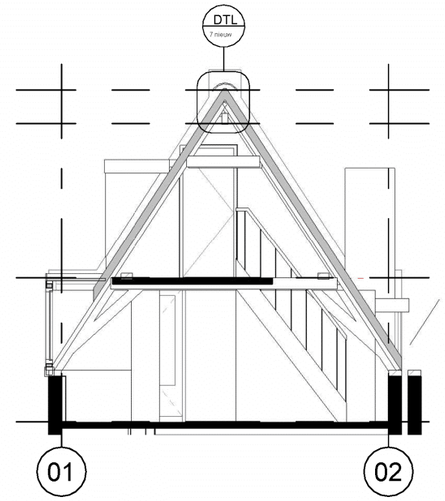
Frederik Hendrikstraat 21-2
1052 HJ Amsterdam
[redacted]

Onderwerp	Datum	Schaal en formaat	Gewijzigd	Projectnummer
04-details OA	25-03-2024	- | A3	A 30.05.2024 B 17.06.2024	24002
Onderdeel	**Fase**	**Status**		**Tekeningnummer**
principe details dak nieuw	OA	Definitief		B_04-206

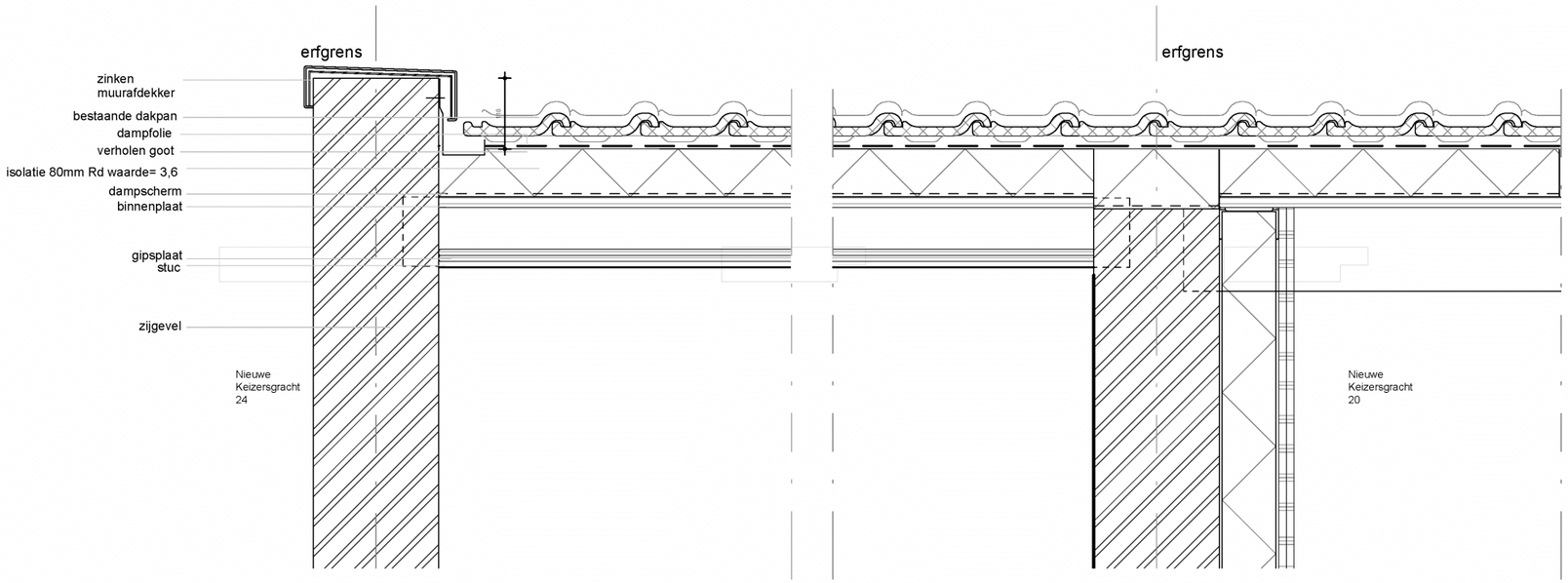


dakdetail 7 nieuw

1 : 10



doorsnede 2 nieuw

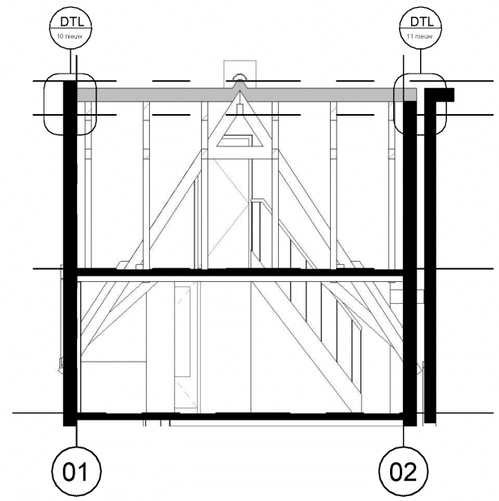


doorsnede 10 nieuw

1 : 10

doorsnede 11 nieuw

1 : 10



doorsnede 4 nieuw

MIYUSHI DESIGN

Frederik Hendrikstraat 21-2
1052 HJ Amsterdam
[redacted]

Onderwerp 04-details OA	Datum 17-06-2024	Schaal en formaat - | A3	Gewijzigd	Projectnummer 24002
Onderdeel principe details dak nieuw	Fase OA	Status Definitief		Tekeningnummer 04-207