Deerns

...brengt ideeën tot leven

18 december 2020

Amsterdam Museum

Aanvraag Omgevingsvergunning

Bouwfysische aspecten

Status: Definitief

Versie: 1.0

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de DNR 2011, en naar de betreffende ter zake tussen partijen gesloten overeenkomst.

Amsterdam Museum

Aanvraag Omgevingsvergunning

Bouwfysische aspecten

Status: definitief

Versie: 1.0

Auteur	Michou Mureau *Bouwfysica adviseur*	17 december 2020
Gecontroleerd door	Arjan Pleysier *Senior Adviseur*	17 december 2020
Vrijgegeven door	Arjan Pleysier *Senior Adviseur*	18 december 2020

Contact
Arjan Pleysier
Senior Bouwfysicus
arjan.pleysier@deern.com
+31 6 46 95 10 88

Deerns Nederland B.V.
Den Haag, 18 december 2020

Projectnr 150.04876.00.0002
20201218_Amsterdam Museum_Rapportage Bouwfysica_Aanvraag Omgevingsvergunning_v1.0

Inhoud

1	**Inleiding**	**5**
1.1	Projectomschrijving	5
1.2	Uitgangspunten	5
1.2.1	Toetsingskader	5
1.2.2	Gehanteerde documenten	5
1.2.3	Bouwdelen	5
1.2.4	Gebruiksfuncties	6
2	**Daglichttoetreding**	**7**
2.1	Beoordelingscriteria	7
2.1.1	Eisen daglichttoetreding	7
2.2	Berekeningen	7
2.2.1	Uitgangspunten	7
2.2.2	Resultaten	8
3	**Energiezuinigheid**	**10**
3.1	Beoordelingscriteria	10
3.1.1	Thermische kwaliteit gebouwschil	10
3.1.2	Luchtdoorlatendheid gebouwschil	10
3.2	Invulling	11
4	**Geluid in aangrenzende panden**	**12**
4.1	Beoordelingscriteria	12
4.2	Uitgangspunten	12
4.3	Beoordeling	13
4.3.1	Aanbevolen	13
4.3.2	Beoordeling ontwerp	13
5	**Wering van vocht**	**16**
5.1	Beoordelingscriteria	16
5.2	Aanvullende onderzoeken	16
5.2.1	Kelder isolatie	16
5.2.2	Risico’s houtrot opgelegde balken in metselwerk	16
6	**Conclusie**	**18**
Bijlage 1	Daglichtberekening	19
Bijlage 2	Studie risico houtrot	20

1 Inleiding

In opdracht van het Amsterdam Museum is een bouwfysische beoordeling uitgevoerd voor het ontwerp van de renovatie van het Amsterdam Museum.

1.1 Projectomschrijving

Het project betreft het bestaande gebouwencomplex van het Amsterdam Museum dat zal worden gerenoveerd en wordt uitgebreid met nieuwbouw gedeeltes. Het gebouw heeft een kelder en drie bouwlagen bovengronds. Het ontwerp is gemaakt door Neutelings Riedijk Architecten.

In de voorliggende rapportage wordt in het kader van de omgevingsvergunningaanvraag een Bouwbesluittoetsing uitgevoerd voor de volgende bouwfysische aspecten:

- Daglichttoetreding
- Energiezuinigheid
- Geluid in aangrenzende panden
- Wering van vocht

1.2 Uitgangspunten

1.2.1 Toetsingskader

Als toetsingskader zijn de prestatievoorschriften van het Bouwbesluit 2012 (versie 1 juli 2017) gehanteerd.

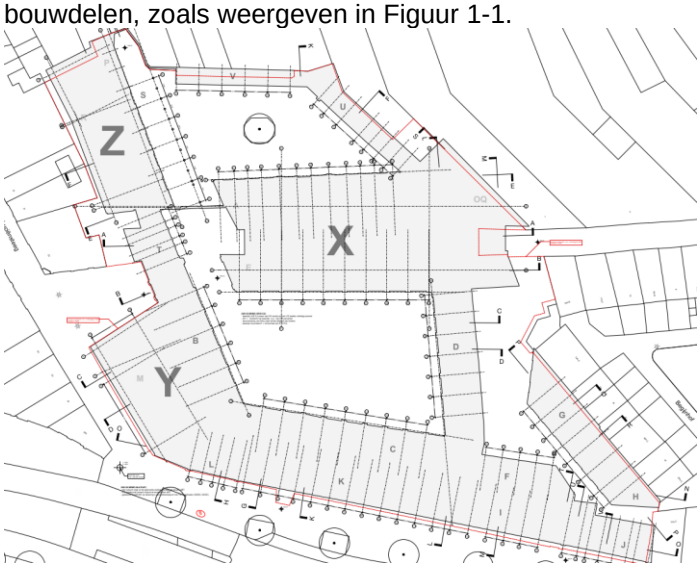
1.2.2 Gehanteerde documenten

Voor de bouwfysische beoordeling van het project is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Tekeningen van Architectenbureau Neutelings Riedijk Architecten.:
  - Gevelaanzichten, tekening nr. 2233-OV-411, 412, 433 t/m 435, d.d. 18-12-2020
  - Doorsneden, tekening nr. 2233-OV-331 t/m 333, d.d. 18-12-2020
  - Plattegronden, tekening nr. 2233-DO-229 t/m 233 d.d. 18-12-2020
  - Pakkettenboek, tekening nr. 2233-DO-510 d.d. 30-06-2020

1.2.3 Bouwdelen

Bij de beoordeling van de bouwfysica van het plan wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende bouwdelen, zoals weergeven in Figuur 1-1.



Figuur 1-1 Overzichtsplattegrond met benaming bouwdelen

1.2.4 Gebruiksfuncties

Het gebouw is volgens het Bouwbesluit 2012 in verschillende gebruiksfuncties op te delen. De aangehouden gebruiksfuncties voor de bouwfysische beoordeling in dit rapport zijn weergegeven in Tabel 1-1

Tabel 1-1: Toegepaste gebruiksfuncties

Benaming	Gebruiksfunctie
Kantoren	Kantoorfunctie
Bijeenkomst, museale ruimten, restaurant, educatie ruimten	Bijeenkomstfunctie
Entree, verkeersruimten, sanitair, installatieruimten, schachten	Gemeenschappelijke ruimte
Technische ruimten, opslagruimten	Overige gebruiksfunctie

2 Daglichttoetreding

2.1 Beoordelingscriteria

2.1.1 Eisen daglichttoetreding

Conform Afdeling 3.11 van het Bouwbesluit 2012 worden eisen gesteld met het oog op de toetreding van daglicht. In tabel 2.1 zijn de eisen weergegeven voor de equivalente daglichtoppervlakte voor het onderhavige plan.

Tabel 2-1: Eisen daglichttoetreding per gebruiksfunctie

	Eisen daglichttoetreding o.b.v. equivalent daglichtoppervlak	
Gebruiksfunctie	**Verblijfsgebied**	**Verblijfsruimte**
Kantoorfunctie	2,5% van het verblijfsgebied	0,5 m² per verblijfsruimte
Bijeenkomstfunctie	-	-
Gemeenschappelijke ruimte	-	-
Overige gebruiksfunctie	-	-

De equivalente daglichtoppervlakte dient te worden bepaald conform NEN 2057. Hierbij geldt:

- Een daglichtopening in een uitwendige scheidingsconstructie, die loodrecht op het projectievlak van die opening gemeten afstand van minder dan 2 meter vanaf de perceelgrens ligt, wordt bij het bepalen van de daglichttoetreding buiten beschouwing gelaten. Indien de daglichtopening van de gebruiksfunctie grenst aan een openbare weg, openbaarwater of openbaar groen, wordt de afstand aangehouden tot het hart van de weg, het openbaar water of openbaar groen;
- Bouwwerken en daarmee gelijk te stellen belemmeringen die op een ander perceel liggen blijven bij de beoordeling buiten beschouwing;
- Voor de bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte is de in rekening te brengen belemmeringshoek α; bedoeld in NEN 2057 voor elk te onderscheiden segment niet kleiner dan 20°.

De functie van een aantal ruimten in bouwdelen F, G, H, I en J wordt met de vernieuwing van het Amsterdam Museum aangepast naar een kantoorfunctie. Voor deze ruimten is een daglichtberekening gemaakt en wordt aangetoond dat wordt voldaan aan de geldende eisen. De niet behandelde ruimten behouden dezelfde functie of krijgen een functie zonder een daglichteis (zoals een bijeenkomstfunctie).

2.2 Berekeningen

2.2.1 Uitgangspunten

De equivalente daglichtoppervlakte is bepaald conform NEN 2057:2011 voor de maatgevende kantoorruimten. De verblijfsruimten zijn gelijk aan de verblijfsgebieden, waardoor de toets is uitgevoerd voor de maatgevende situatie op verblijfsgebiedniveau.

De maatgevende kantoorruimte is weergeven met de rode arcering figuur 2.1. De gearceerde kantoorruimte is maatgevend doordat deze:

- is gelegen in bouwdeel H waar minder gevelopeningen aanwezig zijn dan in de andere bouwdelen;
- is gelegen in de smalste doorgang waardoor de invloed van de overstaande belemmeringen groter is dan bij de bredere doorgang;
- verhoudingsgewijs het kleinste raamoppervlak heeft ten opzichte van het vloeroppervlak doordat er enkel klein gevelopeningen in één gevel aanwezig zijn.

Figuur 2-1 Maatgevende kantoorruimte daglichttoetreding (verdieping 1), rode arcering

Voor de kritische kantoorruimtes zijn de belemmeringshoeken voor tegenoverliggende belemmering (α) en voor overstekken (β) bepaald.

2.2.2 Resultaten

In onderstaande tabel zijn de berekeningsresultaten van de daglichtberekeningen weergegeven op verblijfsgebied niveau. De daglichtberekeningen zelf zijn toegevoegd als bijlage 1.

Tabel 2.2: Berekeningsresultaten

Omschrijving	Vloeroppervlakte [m²]	Aeq;benodigd [m²]	Aeq;aanwezig [m²]	Toetsing
Verdieping 1: kantoor bouwdeel H				
Verblijfsruimte	58,0	0,5	1,05	Voldoet
Verblijfsgebied	58,0	1,45	1,05	Voldoet niet
Verblijfsgebied – krijtstreepmethode	40,2*	1,0	1,05*	Voldoet

* Op basis van krijtstreepmethode

In eerste instantie voldoet het verblijfsgebied niet aan de eis eisen uit het Bouwbesluit 2012. Voor het verblijfsgebied is gebruikt gemaakt van de krijtstreepmethode, waarbij het gebruiksoppervlak van het verblijfsgebied fictief is verkleind met 30%. Hiermee wordt gebleven binnen de eis dat minimaal 55% van het GO aan verblijfsgebied aanwezig moet zijn. In bijlage 1 is ook de verkleinde oppervlakte

opnieuw getoetst aan de eisen. In Figuur 2-2 is met de blauwe arcering aangegeven welk gedeelte voor de krijtstreepmethode is meegenomen in de berekening. Met de rode arcering is de oppervlakte aangegeven welke is ‘weggestreept’ door toepassing van de krijtstreepmethode.

Figuur 2-2 Oppervlaktes voor krijtstreepmethode. GO gebruikt voor krijtstreepmethode (blauwe arcering)

3 Energiezuinigheid

3.1 Beoordelingscriteria

3.1.1 Thermische kwaliteit gebouwschil

Ter beperking van warmteverlies door transmissie worden in afdeling 5.1 van het Bouwbesluit 2012 eisen gesteld aan de thermische isolatie van de uitwendige scheidingsconstructie van gebouwen. De grenswaarden worden uitgedrukt in de warmteweerstand (R_c-waarde) en de warmtedoorgangs-coëfficiënt (U-waarde) van een scheidingsconstructie.

Het te beoordelen bouwplan is getoetst aan de prestatievoorschriften van het Bouwbesluit 2012. Hierin worden eisen gesteld aan de minimale isolatiewaarden van de uitwendige scheidingsconstructies. In tabel 3.1 zijn deze minimale eisen weergegeven. Een klein gedeelte van de uitwendige scheidingsconstructie (maximaal 2% van de gebruiksoppervlakte van het gebouw) hoeft niet te voldoen aan deze eisen.

Tabel 3-1: minimaal vereiste isolatiewaarden, conform Bouwbesluit

Onderdeel	Eis Nieuwbouw
Begane grond	R_c-waarde ≥ 3,5 (m²·K)/W
Gevels	R_c-waarde ≥ 4,5 (m²·K)/W
Dak	R_c-waarde ≥ 6,0 (m²·K)/W
Raamconstructies	Gemiddelde U-waarde ≤ 1,65 W/(m²·K)
Deurconstructies	Gemiddelde U-waarde ≤ 1,65 W/(m²·K)

Bij het gedeeltelijk vernieuwen of veranderen of het vergroten van een bouwwerk zijn de voorschriften van artikel 5.2 niet van toepassing en de voorschriften van artikelen 5.3, eerste tot en met zevende lid, en 5.4 van overeenkomstige toepassing, waarbij wordt uitgegaan van het rechtens verkregen niveau voor zover dat niveau voor de warmteweerstand niet lager is dan 1,3 m²K/W.

Bij het vernieuwen of vervangen van isolatielagen geldt een warmteweerstand van ten minste 2,5 m²K/W voor een vloer 1,3 m²K/W voor een gevel en 2,0 m²K/W voor een dak, bepaald volgens NEN 1068. Bij het vernieuwen of vervangen van ramen, deuren en kozijnen geldt een warmtedoorgangscoëfficiënt van ten hoogste 2,2 W/m²K, bepaald volgens NEN 1068. Indien het rechtens verkregen niveau een betere energieprestatie heeft, dan geldt het rechtens verkregen niveau.

Bij een ingrijpende renovatie als bedoeld in artikel 2 van de herziene richtlijn energieprestatie gebouwen wordt uitgegaan van het rechtens verkregen niveau.
Onder een “ingrijpende renovatie” valt de renovatie van een gebouw, waarbij:

a) De totale kosten van renovatie met betrekking tot de bouwschol of de technische bouwsystemen hoger zijn dan 25% van de waarde van het gebouw, exclusief de grond, of
b) Meer dan 25% van de oppervlakte van de bouwschil een renovatie ondergaat.

3.1.2 Luchtdoorlatendheid gebouwschil

Ter beperking van warmteverlies, ten gevolge van luchttransport door de bouwconstructie, worden in artikel 5.4 van het Bouwbesluit eisen gesteld aan de luchtdoorlatendheid van de uitwendige scheidingsconstructie voor nieuwbouw. Het totaal aan verblijfsgebieden, toilet- en badruimten van een gebruiksfunctie, niet zijnde overige gebruiksfunctie of niet-verwarmde logiesfunctie, mag geen grotere luchtvolume-stroom hebben dan 0,2 m³/s.

3.2 Invulling

Met de door NRA voorgestelde opbouwen van de vloer-, dak-, wand- en gevelpakketten worden de volgende warmteweerstanden behaald. Hiermee wordt voldaan aan de gestelde eisen volgens het Bouwbesluit 2012 voor nieuwbouw en bestaande bouw.

Nieuwe bouwdelen:

- Gevels
  - Museale ruimten: Rc ≥ 4,5 m^2K/W
  - Overig: Rc ≥ 4,5 m^2K/W
- Daken
  - Museale ruimten: Rc ≥ 6,0 m^2K/W
  - Overig: Rc ≥ 6,0 m^2K/W

Bestaande bouwdelen:

- Gevels
  - Museale ruimten: Rc ≥ 3,0 m^2K/W
  - Bouwdelen F, I, J, U: Rc ≥ 2,0 m^2K/W
  - Overig: Rc ≥ bestaand
- Daken
  - Museale ruimten: Rc ≥ 3,0 m^2K/W
  - Bouwdelen F, I, J, U: Rc ≥ bestaand
  - Overig: Rc ≥ bestaand
- Interne scheiding tussen verblijfsgebied en onverwarmde zolder: Rc ≥ 3,0 m^2K/W
- Ter plaatse van historische interieurs wordt een maatwerkoplossing gezocht, Rc ≥ bestaand. Dit geldt voor:
  - Regentenkamer begane grond bouwdeel B
  - Regentessekamer verdieping +0,5 bouwdeel L
  - ‘kabinet’ verdieping +1 bouwdeel L

4 Geluid in aangrenzende panden

4.1 Beoordelingscriteria

Uit oogpunt van gezondheid stelt het Bouwbesluit in Afdeling 3.4 eisen ten aanzien van het luchtgeluidniveauverschil ($D_{nT;A;k}$) en gewogen contactgeluidniveau ($L_{nT;A}$) van een besloten ruimte naar een verblijfsgebied van een aangrenzende gebruiksfunctie. Met de voorschriften van artikel 3.16 wordt beoogd de mogelijke hinder door de veroorzaker van het geluid (de zender) in een op een aangrenzend perceel gelegen gebruiksfunctie (de ontvanger) te beperken. In Tabel 4-1 worden de eisen samengevat.

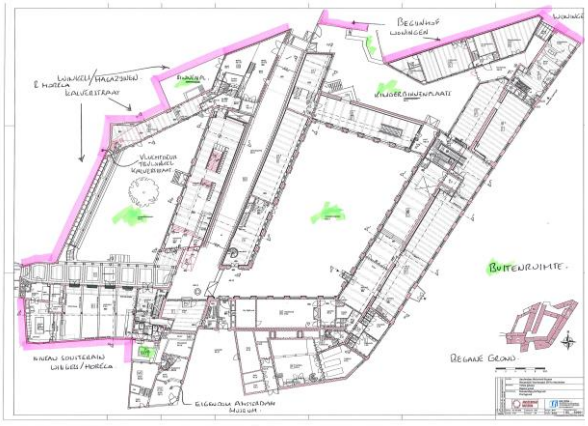
Tabel 4-1 Eisen geluidwering conform Bouwbesluit [vanaf 24-11-2015]

Eis Bouwbesluit 2012	$D_{n,T,A,k}$	$L_{nT,A}$
Tussen besloten ruimte en verblijfsgebied van een aangrenzende gebruiksfunctie	≥ 52 dB	≤ 59 dB
Tussen besloten ruimte en niet in een verblijfsgebied gelegen besloten ruimte van een aangrenzende woonfunctie[1]	≥ 47 dB	≤ 64 dB

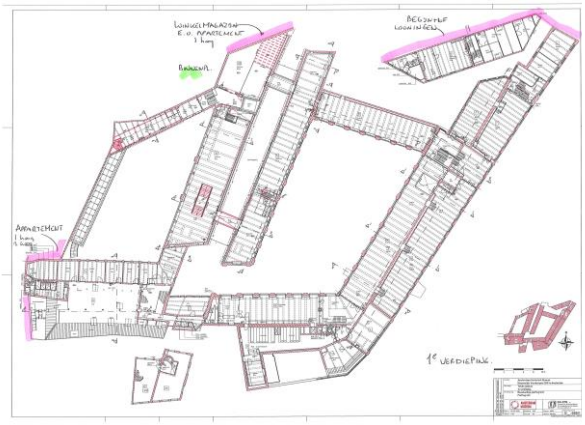
1) Dit betreft ruimtes zoals een douche, een toilet of een verkeersruimte. Bij andere gebruiksfuncties (niet-woonfuncties) behoeven de verblijfsgebieden dus niet beschermd te worden.

4.2 Uitgangspunten

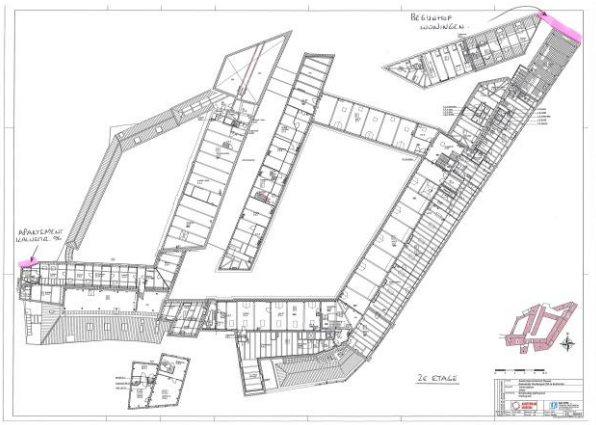
De eis voor de geluidisolatie met een verblijfsgebied in een aangrenzend pand geldt ongeacht de gebruiksfunctie. De eis voor de geluidisolatie met een niet in een verblijfsgebied gelegen besloten ruimte geldt enkel voor de woonfunctie. Dit betreft ruimtes zoals een douche, een toilet of een verkeersruimte. Bij andere gebruiksfuncties (niet-woonfuncties) behoeven de verblijfsgebieden dus niet beschermd te worden. In figuren 4-1, 4-2 en 4-3 zijn met roze de aangrenzende panden weergeven.



Figuur 4-1 Aangrenzende panden begane grond



Figuur 4-2 Aangrenzende panden eerste verdieping



Figuur 4-3 Aangrenzende panden tweede verdieping

Er zijn echter geen tekeningen beschikbaar van de indeling van de ruimtes en verblijfsgebieden van alle aangrenzende panden. Het is hierdoor niet mogelijk om een onderscheid te maken of de aangrenzende ruimtes een verblijfsgebied of een niet in een verblijfsgebied besloten ruimte betreffen. Om zonder deze informatie een beoordeling uit te kunnen voeren, wordt er gekozen om van de maatgevende eisen gesteld in Tabel 4-1 uit te gaan. Voor de beoordeling wordt als uitgangspunt aangehouden dat alle scheidingswanden met aangrenzende panden moeten voldoen aan de volgende eisen:

- Luchtgeluidisolatie: Dnta ≥ 52 dB
- Contactgeluidisolatie: Lnta ≤ 59 dB

4.3 Beoordeling

4.3.1 Aanbevolen

Om de contactgeluidisolatie-eis van Ln;T;A ≤ 59 dB te realiseren is het noodzakelijk om een massieve vloerconstructie, met een minimale massa van 500 kg/m^2 uit te voeren.

Om de luchtgeluidisolatie van DnT,A,k ≥ 52 dB te realiseren is het noodzakelijk om de wanden als volgt uit te voeren:

Als dragende wand

- Massieve wandconstructie, met een minimale massa van 525 kg/m² (bijv. betonwand minimaal 220 mm dikte, of kalkzandsteen minimaal 265 mm dikte met pleisterlaag)
- Gedilateerde wandconstructie, bestaande uit twee massieve spouwbladen, met per spouwblad een massa van 350 kg/m², of

Als niet dragende wand

Metal Stud wand (205 mm) bestaande uit:

- 2 x 12,5 mm gipsplaat;
- 75 mm metalstud profiel met 60 mm minerale wol vulling;
- 5 mm spouw;
- 75 mm metalstud profiel met 60 mm minerale wol vulling;
- 2 x 12,5 mm gipsplaat

4.3.2 Beoordeling ontwerp

Contactgeluidisolatie

Er zijn geen ruimtes gelegen boven besloten ruimtes of verblijfsgebieden van aangrenzende panden. Verder wordt er vanuit gegaan dat de vloeren niet doorlopen in vloeren van aangrenzende panden, doordat een scheidingswand aanwezig is. Het is aannemelijk dat de vloeren van de aangrenzende panden op een andere hoogte zijn gelegen dan de vloeren in het Amsterdam Museum.

Op basis van deze uitgangspunten wordt voor het contactgeluid geen overschrijding verwacht van de gestelde eis.

Luchtgeluidisolatie
Er zijn geen tekeningen van de wandopbouw aan de zijde van de aangrenzende ruimtes beschikbaar. Voor de beoordeling van de geluidisolatie van de scheidingswand wordt uitgegaan van de opbouw zoals getekend in het pakkettenboek Neutelings Riedijk Architecten.

De volgende opbouwen van buiten naar binnen komen volgens het pakkettenboek voor op de locaties met aangrenzende panden:

- Nieuwe wanden
    - Wn_Bu_A2 (nieuwe wand museaal, Ashrae A, 1e verdieping / bouwdeel Y en Z)
        - 300 mm beton
        - 300 mm isolatie
        - 200 mm CLT wand
        - 50 mm luchtspouw
        - 25 mm multiplex
        - 25 mm stucwerk op gips
    - Wn_Bu_B2 (nieuwe wand museaal, Ashrae B, trappenhuis / bouwdeel Y en Z)
        - 300 mm beton
        - 300 mm isolatie
        - 200 mm CLT wand
        - 50 mm luchtspouw
        - 25 mm achterwand n.t.b.
- Bestaande wanden met voorzetwand
    - Wb_Bu_B (wand museaal, Ashrae B, 1e verdieping)
        - Bestaand metselwerk
        - Minerale wol isolatie (dikte nader te bepalen, minimaal 50 mm)
        - 90 mm luchtspouw
        - 25 mm multiplex
        - 25 mm stucwerk op gips
    - Wb_Bu_D (wand niet-museaal, verschillende verdiepingen)
        - Bestaand metselwerk
        - Minerale wol isolatie (dikte nader te bepalen, minimaal 50 mm)
        - 15 mm multiplex
        - 12 mm stucwerk op gips
    - Wb_Bu_E (wand niet-museaal, verschillende verdiepingen)
        - Bestaand metselwerk
        - Minerale wol isolatie (dikte nader te bepalen, minimaal 50 mm)
        - 75 mm houten wand voorzien van isolatie
        - 2 x 12,5 mm gipsvezelplaat

De nieuwe wanden bestaan uit 300 mm beton (ca. 2500 kg/m^3 uitgaande van gewapende beton C30/37) waarmee een massa wordt behaald van 750 kg/m^2. Hiermee wordt voldaan aan de luchtgeluidisolatie eis.

De bestaande wanden bestaan uit metselwerk waar na verwijderen van eventuele betimmering en/of voorzetconstructies de aanwezige gaten worden opgevuld en een voorzetwand aan de binnenzijde wordt geplaatst.
Het bestaande metselwerk heeft een variabele dikte, er wordt aangehouden dat de minimaal aanwezige dikte van het metselwerk 290 mm is. Het is waarschijnlijk dat de totale dikte van de metselwerk wand groter is, doordat het aangrenzende pand een individuele metselwerkmuur kan hebben. De beoordeelde minimale dikte van 290 mm is dus de ‘worst-case’ situatie waarbij geen individuele metselwerkmuur in het aangrenzende pand aanwezig is.

Een metselwerk wand met een dikte van 290 mm (ca. 1650 kg/m^3) heeft een massa van ca. 478 kg/m^2. Met enkel het metselwerk wordt niet voldaan aan de luchtgeluidisolatie eis. Het plaatsen van een voorzetwand tegen een metselwerk wand heeft een positief effect op de geluidisolatie van de totale scheidingsconstructie.
Wanneer een (standaard) voorzetwand met een enkele gipskartonplaat tegen een steens metselwerkwand wordt geplaatst, wordt een geluidisolatie van ten minste Rw = 63 dB (Dnta ≈ 55-57 dB) verwacht. De opbouw van de voorzetwanden, waar vaak dubbel gipskarton aanwezig is, zal dus voldoen aan de gestelde eis.

5 Wering van vocht

5.1 Beoordelingscriteria

De nieuwbouweisen omtrent wering van vocht worden omschreven in Artikel 3.5 van het Bouwbesluit 2012. Een scheidingsconstructie waarvoor een warmteweerstand als bedoeld in Artikel 5.3 geldt, heeft aan de zijde die grenst aan een verblijfsgebied een volgens NEN 2778 bepaalde factor van de temperatuur van de binnenoppervlakte, die niet kleiner is dan 0,5.

Voor verbouw wordt in het Bouwbesluit 2012 geen eis gesteld aan de factor van de temperatuur van de binnenoppervlakte, maar wordt voor het niveau van eisen uitgegaan van het rechtens verkregen niveau.

Verder dient voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw een uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied waterdicht te worden uitgevoerd, bepaald conform NEN 2778.

5.2 Aanvullende onderzoeken

Om een goed museaal binnenklimaat te creëren bij renovatie van een bestaand gebouw zijn diverse onderzoeken uitgevoerd.

5.2.1 Kelder isolatie

De kelderwanden worden niet voorzien van aanvullende isolatie. Van de kelder is een dynamische simulatie van het temperatuurverloop uitgevoerd om te bepalen of er een risico is op condensatie en/of schimmelgroei. De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Voltra versie 8 (voor dynamische simulaties van 3-dimensionale constructies), waarbij de schematisering van de constructie is uitgevoerd als bedoeld in de NEN 2778. Een rekenkundige studie naar het risico op condensatie en schimmelvorming gegeven.

Uit de resultaten is gebleken dat er bij beide varianten, zowel zonder als met aanvullende isolatie, met de gehanteerde uitgangspunten de berekende binnenoppervlakte temperatuur hoger ligt dan de dauwpuntstemperatuur (condensatie) en ook hoger ligt dan de dampspanning. Er treedt in beide situaties, zowel zonder als met aanvullende isolatie, geen condensatie op en er is geen significant risico op schimmelgroei.

Het is om bovengenoemde reden dus niet noodzakelijk om aanvullende isolatie aan te brengen bij de kelder om condensatie en/of schimmelgroei te voorkomen. Voor energetische redenen is het echter wel interessant om isolatie aan te brengen.

5.2.2 Risico’s houtrot opgelegde balken in metselwerk

Door het isoleren van gevels aan de binnenzijde zal het gevelmetselwerk in de winterperiode kouder zijn dan van een ongeïsoleerde gevel. Dit leidt ertoe dat het vochtgehalte van het metselwerk hoger wordt. Bij een hoger vochtgehalte van het metselwerk kan er risico optreden (toename van houtvochtgehalte) voor het hout dat in directe verbinding staat met dat (vochtiger) metselwerk: bij een te hoog houtvochtgehalte neemt het risico op houtrot toe. Dit risico is vooral van belang voor de balkkoppen van de balken die in de gevels zijn opgelegd.

Uit het onderzoek van Nebest naar de houtconstructies werd zichtbaar (hoewel daar niet bewust op geïnspecteerd was) dat alle geïnspecteerde in het metselwerk opgelegde balken omkleed waren met lood. Dat betekent dat de balkkoppen geen contact maken met het gevelmetselwerk, en geen vocht uit het metselwerk kunnen opnemen. Toch is een rekenkundige studie naar het risico op een hoog

vochtgehalte bij de in de gevels opgelegde balken uitgevoerd – als worst-case studie, waarvan de conclusies relevant zijn voor eventuele balken die niet omkleed zijn met lood.

In bijlage 2 is de rekenkundige studie naar het risico op houtrot bij in de gevels opgelegde balkkoppen gegeven. Berekeningen zijn gemaakt met het dynamische simulatiepakket Wufi-Pro, waarbij het vochttransport door de gevel berekend is op basis van hygrische modellen van gevelstenen die toegepast zijn in de gevels van het Amsterdam Museum. Door het Amsterdam museum zijn drie gevelstenen beschikbaar gesteld, waarvan door laboratoriumonderzoek bij Nebest een aantal hygrische eigenschappen zijn bepaald. Uit deze eigenschappen zijn de fysische modellen voor de gevelstenen bepaald, die in de simulaties zijn toegepast.

In figuur 5-1 zijn per gevel conclusies gegeven inzake het risico op houtrot van de balkkoppen die in de gevels zijn opgelegd (afhankelijk van de oplegdiepte van de balken, gerekend vanaf het buitenoppervlak van de gevels). Hierbij geldt:

- Groen: risico op houtrot bij oplegdieptes >25 cm. Deze oplegdieptes zijn tijdens de inspectie niet aangetroffen.
- Geel: risico op houtrot bij oplegdieptes 16 - 25 cm. Deze oplegdieptes zijn tijdens de inspectie op enkel locaties aangetroffen.
- Rood: risico op houtrot bij oplegdieptes ≤15 cm; kleiner dan de typische oplegdiepte zoals vastgesteld tijdens de inspectie.

Figuur 5-1 Risico houtrot per gevel

Geconcludeerd wordt dat voor enkele gevels (westoriëntatie) door toepassing van gevelisolatie het risico op schade aan de balkkopen significant is.
Voor die gevelfragmenten is het raadzaam om de balkkoppen die niet omkleed zijn met lood, en die zo ver in het metselwerk zij opgelegd dat er een niet verwaarloosbaar risico op houtrot is gevonden preventief te behandelen door de balkkoppen te verduurzamen door middel van injecteren.

Ook het risico op vorstschade neemt toe met een hoger vochtgehalte van de gevelsteen in de winterperiode, maar is vooral van belang voor een gevel waarin vorstgevoelige steen is toegepast. Bij het huidige gevelmetselwerk is geen schade die geweten kan worden aan een vorstgevoelige steen aangetroffen.
Tenslotte neemt bij vochtiger metselwerk het risico op bealging en bemossing toe, vooral op de niet zonbelaste geveldelen. Dit risico op vooral visuele aantasting is van tevoren nauwelijks te bepalen. Waar hinderlijke bealging en bemossing voorkomt zal door regelmatige reiniging de groene aantasting verwijderd kunnen worden. Bealging en bemossing heeft geen invloed op de levensduur van de constructie, maar is vooral een esthetisch probleem. Regelmatig reinigen van gevels om bealging en bemossing te verwijderen kan invloed hebben op de exploitatielasten.

6 Conclusie

In opdracht van het Amsterdam Museum is een bouwfysische beoordeling uitgevoerd voor het ontwerp van de renovatie van het Amsterdam Museum.

Hierbij zijn de volgende bouwfysische aspecten beoordeeld:
- Daglichttoetreding
- Energiezuinigheid
- Geluid in aangrenzende panden
- Wering van vocht

Met de gehanteerde uitgangspunten, zoals beschreven in de hoofdstukken 2 t/m 5, wordt voor bovenstaande aspecten voldaan aan de van toepassing zijnde prestatievoorschriften van het Bouwbesluit 2012.

Bijlage 1 Daglichtberekening

Berekening daglichttoetreding conform Bouwbesluit (NEN 2057)

Projectnaam: Amsterdam Museum
Projectnummer: 150.04876.00.0002
Datum: 17-12-2020
Omschrijving: Daglicht berekening kantoorfuncties

Berekend door: M. Mureau
Kenmerk tekeningen:
Datum tekeningen:
Opmerkingen:

Eisen bouwbesluit

Gebruiksfunctie:	Kantoorfunctie	
Vereiste equivalente daglichtoppervlakte:		
- Percentage van oppervlak in verblijfsgebied:	2,5	%
- Minimale oppervlakte in verblijfsruimte:	0,5	m^2

Legenda

VG	Verblijfsgebied	h, b	hoogte, breedte
VR	Verblijfsruimte	LTA	Lichttoetredingsfactor glas
A_g	Gebruiksoppervlak	$A_{d,l}$	Doorlaat daglichtopening
A_{red}	Gereduceerd gebruiksoppervlak	A_{eq}	Equivalent daglichtoppervlak

Kantoren Bouwdeel H verdieping 1

Verblijfsgebied	Verblijfsruimte	A_g	A_{red}	Kozijntype	Doorlaat			LTA	C_{LTA}	α	β	ε	C_b	Uitw. reductiefactor A_{bruto}	A_{netto}	C_u	A_{eq}	Eis	Beoordeling
		[m^2]	[m^2]		b [m]	h [m[	A [m^2]			[°]	[°]	[°]	[-]	[m^2]	[m^2]	[-]	[m^2]	[m^2]	
VG1	1H2	30,8		Raam G6	0,6	0,83	**0,52**	0,6	**1**	57	19	-	**0,51**	0	0	**1**	0,27		
				Raam G7	1,1	1,1	**1,21**	0,6	**1**	60	16	-	**0,5**	0	0	**1**	0,61		
	1H3	26,6		Raam kopse kant	0,4	0,83	**0,36**	0,6	**1**	60	19	-	**0,49**	0	0	**1**	0,17		
															VR: $A_{eq,minimaal}$		1,05	0,5	**Voldoet**
	Totaal VG1	**58,0**	**0,0**													**VG: A_{eq}**	**1,05**	**1,45**	**Voldoet nog niet**
VG1 incl. krijtstreepmethode wegstrepen 30% van GO	1H2	30,8	21,56	Raam G6	0,6	0,83	**0,52**	0,6	**1**	57	19	-	**0,51**	0	0	**1**	0,27		
				Raam G7	1,1	1,1	**1,21**	0,6	**1**	60	16	-	**0,5**	0	0	**1**	0,61		
	1H3	26,6	18,62	Raam kopse kant	0,4	0,83	**0,36**	0,6	**1**	60	19	-	**0,49**	0	0	**1**	0,17		
															VR: $A_{eq,minimaal}$		1,05	0,5	**Voldoet**
	Totaal VG1 incl. krijtstr	**58,0**	**40,2**													**VG: A_{eq}**	**1,05**	**1,0**	**Voldoet**

Bijlage 2 Studie risico houtrot

Deerns

...brengt ideeën tot leven

4 juni 2020

Amsterdam Museum

Thermische isolatie buitenmuren

Dubbelklik om afbeelding toe te voegen

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de DNR 2011, en naar de betreffende ter zake tussen partijen gesloten overeenkomst.

Amsterdam Museum

Thermische isolatie buitenmuren

Status: Concept

Auteur	Dr. ir. Paul van Gent *Senior specialist*	4 juni 2020
Gecontroleerd door	Ir. Arjan Pleysier *Senior adviseur*	4 juni 2020
Vrijgegeven door	Dr. ir. Paul van Gent *Teammanager bouwfysica Den Haag*	4 juni 2020

Contact
Arjan Pleysier
Senior adviseur
arjan.pleysier@deerns.com
+31 6 469 510 88

Deerns Nederland B.V.
Den Haag, 4 juni 2020

Projectnr RNL150.04879.00.0002
150-04876 Rapport_Amsterdam Museum_Vochtlast_CONCEPT.docx

Inhoud

1 Inleiding 5

2 Situatie en uitgangspunten 6
2.1 Gevelopbouw 6
2.2 Materiaaleigenschappen 6
2.3 Oppervlakte overdrachtscoëfficiënten 9
2.4 Regen- en stralingsbelasting 9
2.5 Buitenklimaat 10
2.6 Binnenklimaat 10

3 Beoordeling 11

4 Conclusies en aanbevelingen 16

Bronnen 17

Bijlage 1 Resultaten voor gevels met 50 cm metselwerk 18
Gevels georiënteerd op het noorden 18
Gevels georiënteerd op het oosten 24
Gevels georiënteerd op het zuiden 26
Gevels georiënteerd op het westen 30

Bijlage 1 Resultaten voor gevels met 35 cm metselwerk 36
Gevels georiënteerd op het noorden 36
Gevels georiënteerd op het oosten 38
Gevels georiënteerd op het zuiden 40
Gevels georiënteerd op het westen 44

1 Inleiding

Door het isoleren van gevels aan de binnenzijde zal het gevelmetselwerk in de winterperiode kouder zijn dan van een ongeïsoleerde gevel. Dit leidt er toe dat het vochtgehalte van het metselwerk hoger wordt. Bij een hoger vochtgehalte van het metselwerk kan er risico optreden (toename van houtvocht-gehalte) voor het hout dat in directe verbinding staat met dat (vochtiger) metselwerk: bij een te hoog houtvochtgehalte neemt het risico op houtrot toe. Dit risico is vooral van belang voor de balkkoppen van de balken die in de gevels zijn opgelegd.

Uit het onderzoek van Nebest (2020a) naar de houtconstructies bleek dat alle[1] geïnspecteerde, in het metselwerk opgelegde balken omkleed waren met lood. Dat betekent dat de balkkoppen geen contact maken met het gevelmetselwerk, en geen vocht uit het metselwerk kunnen opnemen. Toch is een rekenkundige studie naar het risico op een hoog vochtgehalte bij de in de gevels opgelegde balken uitgevoerd – als worse-case studie, waarvan de conclusies relevant zijn voor eventuele balken die niet omkleed zijn met lood.

Het onderzoek is uitgevoerd met het programma WUFI Pro (versie 6.3; 2019) een simulatie programma voor het evalueren van vochtcondities in gebouwschillen. WUFI Pro voert eendimensionale hygrothermische berekeningen uit over de dwarsdoorsneden van gebouwonderdelen, rekening houdend met (voor zover van toepassing) ingesloten vocht, slagregen, zonnestraling, capillair vochttransport en condensatie.

[1] Op basis van persoonlijke communicatie met P. Jacobs van Nebest.

2 Situatie en uitgangspunten

Voor het onderzoek is gekozen om voor een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten maatgevende waarden te kiezen. Op deze manier wordt een worst-case scenario beschouwd.

2.1 Gevelopbouw

De invloed van het isoleren op het vochtgehalte in de constructie is onderzocht door een berekening uit te voeren voor de huidige gevelopbouw en de gevelopbouw na isolatie (zie Tabel 1). De gevelopbouw na dichtheid en is bepaald op basis van tekeningen van Neutelings Riedijk Architecten (Tekening nr. 2233-DO-211; d.d. 30-1-2010).

De dikte van het metselwerk is gebaseerd op bouwtekeningen. De dikte van het metselwerk verschilt voor verschillende gevels en verschillende bouwdelen variërend van ca. 30 cm tot ca. 55 cm. De berekeningen zijn uitgevoerd voor karakteristieke geveldiktes van 35 cm en 50 cm. In een later stadium kan de geveldikte (per gevel) preciezer worden gespecificeerd.

Tabel 1. Varianten

Variant	Opbouw
Huidige opbouw	Metselwerk (35 cm en 50 cm) | Poriso (10 cm)
Geïsoleerd	Metselwerk (35 cm en 50 cm) | Minerale wol (20,5 cm)* | Dampremmende laag | Multiplex (2,5 cm) | Gipskarton (2,5 cm)

* Dikte conform representatieve rekenwaarde

2.2 Materiaaleigenschappen

Bij de berekeningen zijn de in Tabel 2 gespecificeerde materiaaleigenschappen gehanteerd, gebaseerd op de database in de WUFI rekensoftware (versie 6.3; 2019), de norm NEN-EN-ISO 10456:2008[2] en laboratoriumonderzoek van gevelstenen (Nebest 2020b).

Laboratoriumonderzoek van gevelstenen is uitgevoerd omdat de eigenschapen van het metselwerk zeer afhankelijk zijn van de gehanteerde materialen (steen en mortel), het productieproces de verwerking van die materialen. Het gebouw in zijn huidige vorm is tot stand gekomen als gevolg van bouwwerkzaamheden in verschillende periodes met gebruik van verschillende stenen. Figuur 1 toont welke gevels bestaan uit eenzelfde steensoort. Tabel 3 bevat de meetresultaten voor monsters van de verschillende steentypen. Van elk steentype is 1 monster onderzocht. De procestechnieken voor het vervaardigen van stenen (mengen ruwe materialen, vormen en bakken) waren in het verleden bovendien minder controleerbaar en reproduceerbaar, waardoor ook binnen een bepaald steentype aanzienlijke verschillen kunnen bestaan.

[2] NEN-EN-ISO 10456:2008 Bouwmaterialen en bouwproducten - Hygrothermische eigenschappen – Overzicht van ontwerpwaarden en procedures voor de bepaling van gedeclareerde en ontwerp waarden

Tabel 2. Materiaaleigenschappen

Materiaal	Volumieke massa [kg/m³]	Porositeit [m³/m³]	Specifieke warmte-capaciteit [J/kg K]	Warmte-geleidings-coëfficiënt (@10°C, droog)[2] [W/m K]	Diffusie-weerstand factor (droog)[2] [-]	Vloeibaar transportcoëff. (zuiging, saturatie)[2] [m²/s]
Baksteen 1	1930 (*)	0,07 (*)	850	0,6	10	$1,3 \times 10^{-6}$ (*)
Baksteen 2	1668 (*)	0,30 (*)	850	0,6	10	$2,5 \times 10^{-6}$ (*)
Baksteen 3	1658 (*)	0,31 (*)	850	0,6	10	$2,6 \times 10^{-6}$ (*)
Porisosteen[1]	1070	0,36	1019	0,11	11	$5,0 \times 10^{-6}$
Minerale wol	40	0,95	1030	0,031	1	-
Dampremmende laag	130	0,001	2300	2,3	10000	-
Multiplex	410	0,5	1600	0,13	210	-
Gipskarton	850	0,65	850	0,2	8,3	$4,6 \times 10^{-6}$

[1] Porisosteen is gemodelleerd op basis van Porotonsteen, waarbij verschillende kentallen zijn aangepast

[2] De warmtegeleidingscoëfficiënt, diffusieweerstand en vloeibaar watertransportcoëfficient zijn afhankelijk van de temperatuur en luchtvochtigheid van de materialen.

(*) verkregen op basis van laboratorumonderzoek

Tabel 3. Metingen laboratoriumonderzoek

Materiaal	Volumieke massa [kg/m³]	Porositeit [% v³/v³]	Initiële wateropzuiging [kg/(m².min)]	Evenwichts-Vochtgehalte (80% RV) [% m/m]	Categorie
Baksteen 1	1930	6,6	0,3	0,8	IW 1 – zeer weinig zuigend
Baksteen 2	1668	30,3	1,9	0,3	IW 3 – normaal zuigend
Baksteen 3	1658	31,4	2,0	1,3	IW 3 – normaal zuigend

Figuur 1. Plattegrond met indicatie van materiaal gevels

2.3 Oppervlakte overdrachtscoëfficiënten

Oppervlakte overdrachtscoëfficiënten beschrijven in welke mate het heersende binnen- en buitenklimaat de gevel beïnvloedt. Tabel 4 specificeert de gehanteerde oppervlakte overdrachtscoëfficiënten, gebaseerd op waardes in de WUFI rekensoftware (versie 6.3; 2019) en de norm NEN-EN 15026[3].

Tabel 4. Overdrachtscoëfficiënten

	eenheid	waarde	Omschrijving
Warmteweerstand buiten (R-waarde)	[m^2K/W]	0,04	Karakteristieke waarde voor een buitengevel
Warmteweerstand binnen (R-waarde)	[m^2K/W]	0,13	Karakteristieke waarde voor een binnengevel (NEN-EN 15026:2007)
Diffusieweerstand buiten (Sd-waarde)	[m]	0,001	Interne WUFI berekening gebaseerd op warmteweerstand; geen coating
Diffusieweerstand binnen (Sd-waarde)	[m]	0,008	Karakteristieke waarde van grenslaag aan de binnengevel (NEN-EN 15026:2007); geen coating
Absorptiecoëfficiënt voor kortgolvige straling (van de zon)	[-]	0,68	Karakteristieke waarde voor rode baksteen
Slagregen factor	[-]	0,7	Deel van slagregen dat aan de muur hecht (en er niet vanaf afketst). 0,7 is een karakteristieke waarde voor verticale oppervlaktes.

2.4 Regen- en stralingsbelasting

De regen- en stralingsbelasting zijn bepaalde voor een verticaal vlak met een oriëntatie op het zuidwesten. De regenbelasting is bepaald volgens NEN-EN-ISO 15927-3[4].

$$I_W = I\ C_R\ C_T\ O\ W$$

Hier is:

- I de regenbelasting in een open veld zonder de invloed van gebouwen.
- C_R de terreinruwheidscoefficient in een veld zonder de invloed van gebouwen, genomen als 0,67; representatief voor een stedelijke omgeving.
- C_T de topografische coefficient, genomen als 1; representatief voor een vlak gebied zonder heuvels of bergen.
- O de obstructiefactor afhankelijk van de afstanden tussen gebouwen; genomen als 0,4; representatief voor afstanden van 15 m tot 25 m.
- W Wandfactor afhankelijk van de gebouwhoogte en het type dak; genomen als 0,4.

In WUFI resulteren de hierboven genoemde waardes in een R2 waarde van 0,024.

[3] NEN-EN 15026:2007 Hygrothermische prestatie van bouwcomponenten en -elementen - Beoordeling van vochtoverdracht door rekenkundige simulatie

[4] NEN-EN-ISO 15927-3 Hygro-thermische eigenschappen van gebouwen - Berekening en weergave van klimatologische gegevens - Deel 3: Berekening van een slagregenindex voor verticale oppervlakken uit wind- en regengegevens per uur

2.5 Buitenklimaat

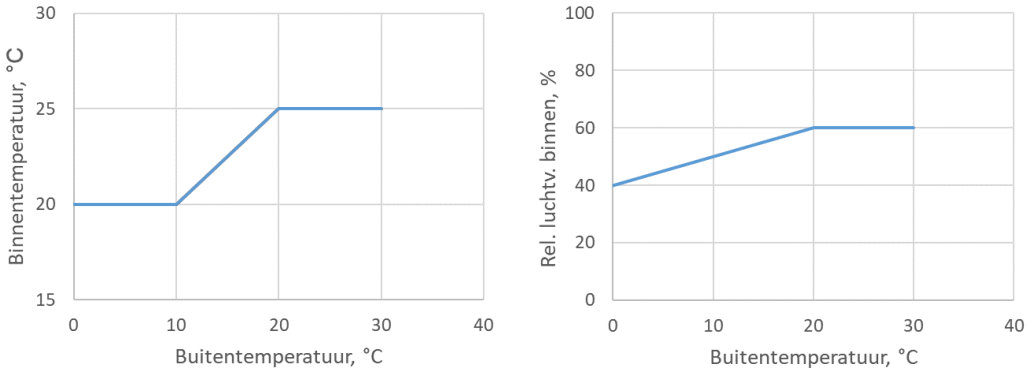
Gegevens over het buitenklimaat zijn verkregen van het KNMI voor het meteostation Schiphol. De berekening gebruikt van klimaatcondities per uur in de periode 2011 – 2019.[5]

Tabel 5. Overzicht van klimaatcondities

	Gemiddelde waarde periode 2011 - 2019
Temperatuur	11,0 °C
Relatieve vochtigheid	80%
Regen	822 mm/jaar
Overheersende windrichting	zuidwest

2.6 Binnenklimaat

Het binnenklimaat is gedefinieerd op basis van de norm NEN-EN 15026. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid binnen variëren afhankelijk van de buitentemperatuur (zie Figuur 2).



Figuur 2. Binnenklimaat

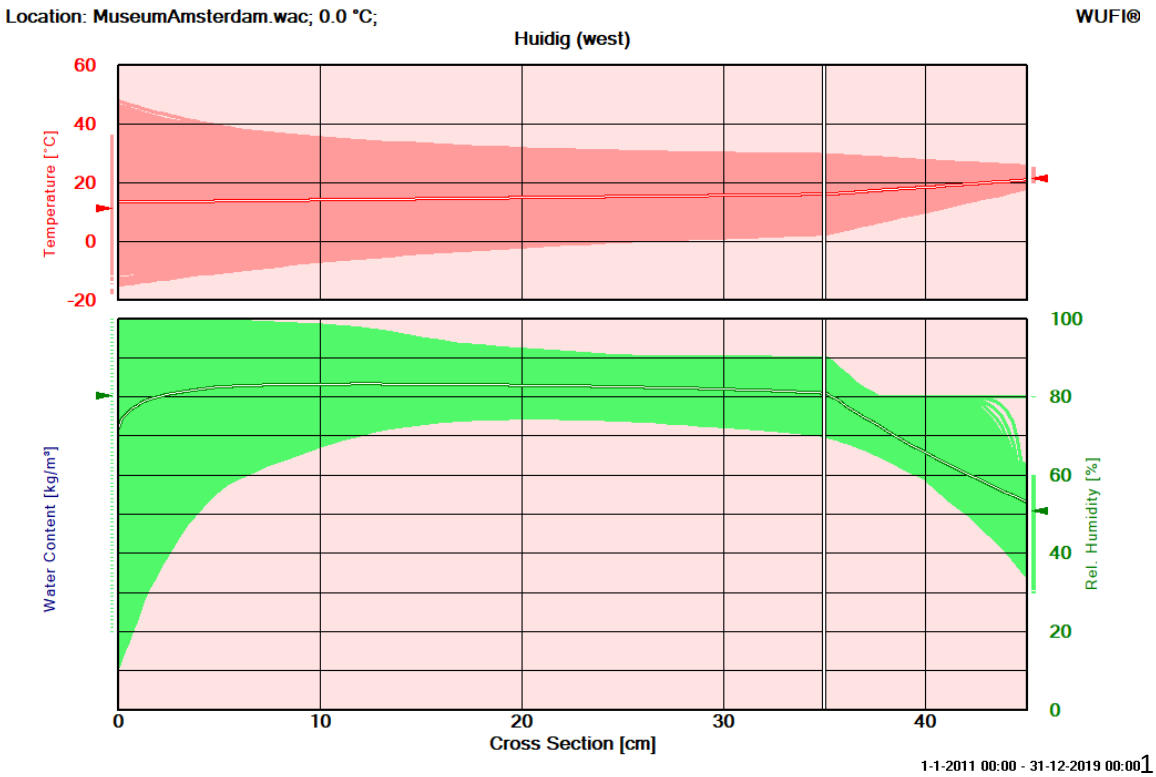
[5] De zonnestraling is opgedeeld in een directe en diffuse component op basis van: Velds CA (1992) Zonnestraling in Nederland, KNMI, De Bilt

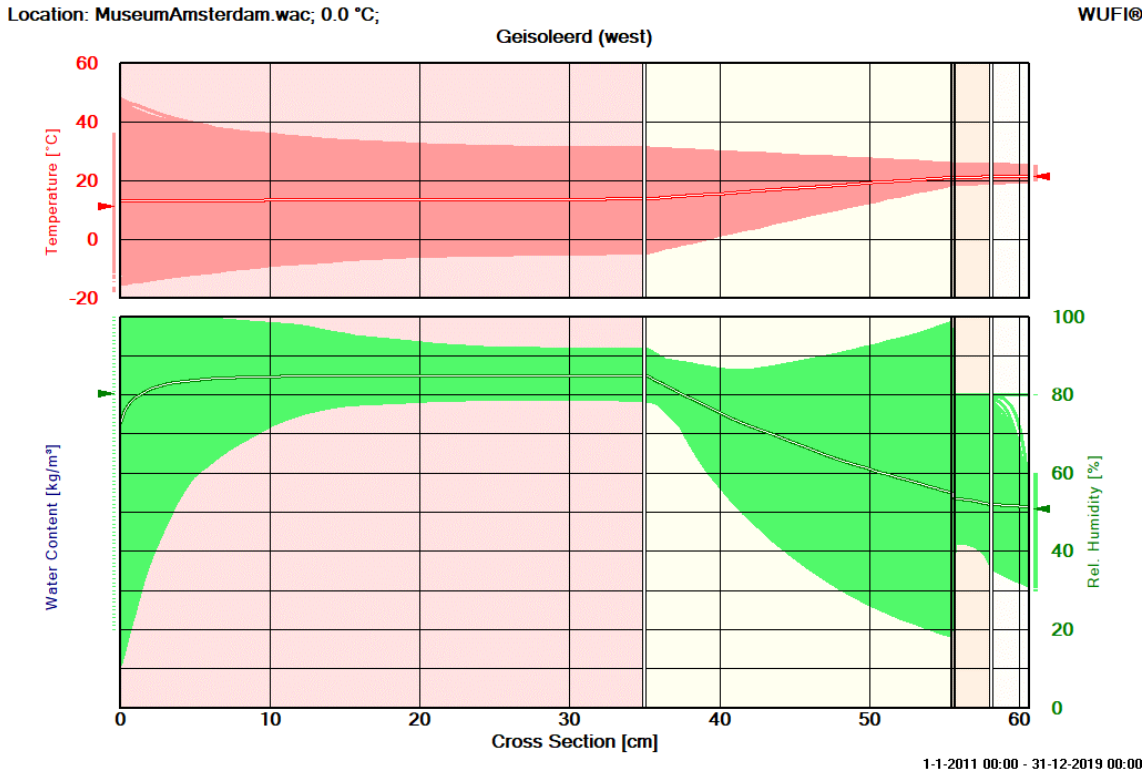
3 Beoordeling

Het hygrothermische gedrag van de gevel is doorgerekend voor de periode 2011 – 2019 voor de huidige en geïsoleerde opbouw, voor de verschillende 3 steentypes en voor twee muurdiktes (metselwerk van 35 cm en 50 cm). De regenbelasting en zonnestraling verschillen per windrichting. De gevels van het museum zijn bij benadering georiënteerd op het noorden, oosten, zuiden en westen. De berekeningen zijn daarom uitgevoerd voor deze richtingen. Vergelijking van de resultaten laten zien dan de relatieve luchtvochtigheid in het metselwerk sterk afhankelijk is van de materialen in het metselwerk. De meest kritische variant blijkt een westelijk georiënteerde gevel met een dikte van 35 cm en steentypes 1 en 2. De variant met steentype 1 wordt besproken in dit hoofdstuk. De resultaten voor alle overige varianten staan in bijlage 1 en 2.

Figuur 3 toont doorsnedes van de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid voor de huidige opbouw en de geïsoleerde muur. De doorgetrokken lijn laat de gemiddelde waarde zien voor de periode 2011 – 2019. De gekleurde gebieden tonen de bandbreedte van uitkomsten in die periode.
Van belang bij de beoordeling van de resultaten is dat aantasting van hout door schimmels mogelijk is wanneer het (evenwicht)vochtgehalte langdurig (weke) groter is dan ca. 21-22%. Uitgaande van eikenhout, zal het houtvochtgehalte van 22% worden overschreden bij een relatieve vochtigheid boven de 92%.

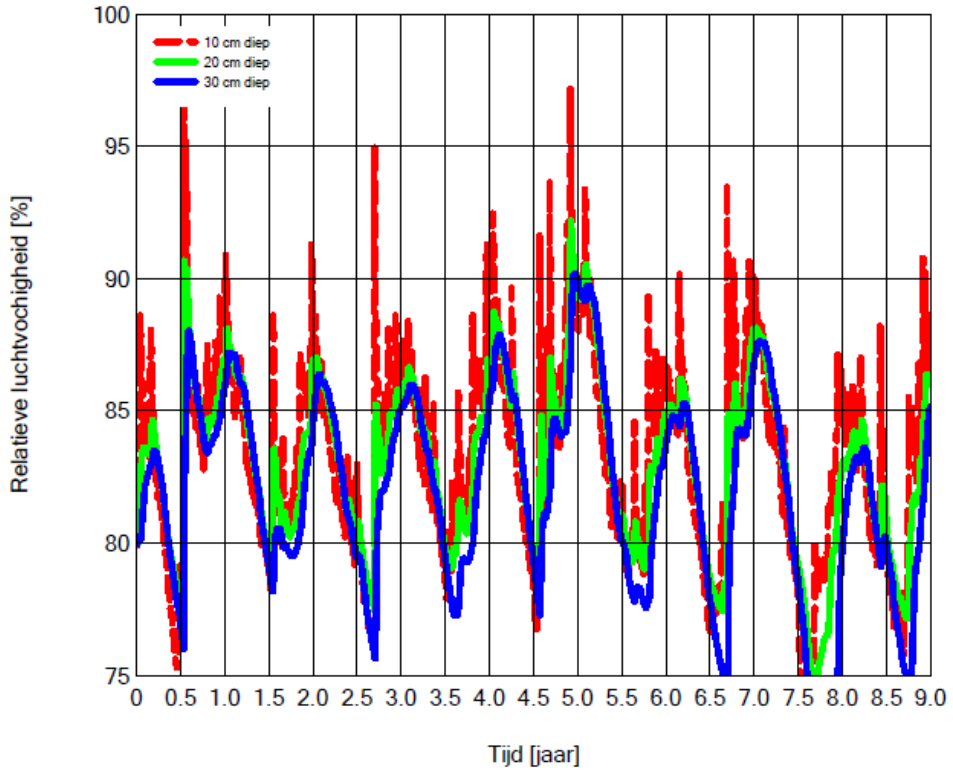
De figuren laten zien dat de relatieve luchtvochtigheid gemiddeld onder de 92% blijft, maar deze grenswaarde een deel van de tijd wordt overschreden in ongeveer de eerste 20 cm van het metselwerk (gemeten vanaf het buitenblad). De relatieve luchtvochtigheid in het metselwerk zal naar isolatie ongeveer 2 - 3% hoger liggen dan bij de huidige opbouw. Hoewel een relatieve luchtvochtigheid van 92% als grenswaarde wordt aangehouden, vormt een kortstondige overschrijding van deze waarde geen probleem. Om te onderzoeken hoelang de waarde wordt overschreden laat Figuur 4 het tijdsverloop van de relatieve luchtvochtigheid zijn op verschillende afstanden vanaf het buitenblad. Het eerste jaar van de berekening (2011) vertoont opstart-verschijnselen van de berekening. De figuren tonen dat in de huidige situatie de overschrijdingen een kortstondig karakter hebben, zich alleen voordoen op geringe diepte. en worden afgewisseld met lange periodes (typische > 1 jaar) van lagere luchtvochtigheid. De luchtvochtigheid in de geïsoleerde situatie (Figuur 4) laat over het algemeen eenzelfde beeld zien. De luchtvochtigheid op dieptes van 20 – 30 cm liggen echter 2- 3 % hoger waardoor in relatief natte jaren (bijvoorbeeld rekenjaar 5; 2016) de relatieve luchtvochtigheid in de gehele muur meerdere maanden achtereen hoger dan 92% blijft.

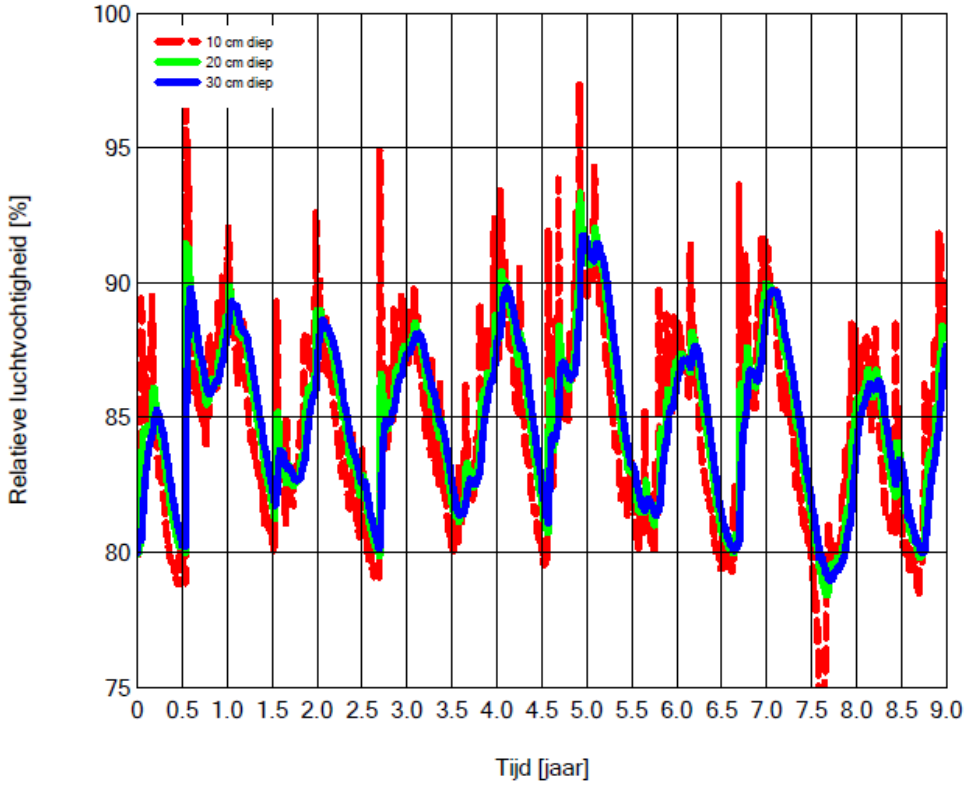




.

Figuur 3. Doorsnede van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid, huidige opbouw (boven) rn geïsoleerd (onder)





Figuur 4. Tijdsverloop relatieve luchtvochtigheid op verschillende dieptes, gemeten van buitenblad, huidige opbouw (boven) en geïsoleerd (onder)

De hierboven beschreven analyse is uitgevoerd voor alle berekende varianten. Tabel 6 en Tabel 7 laten zien op bij welke oplegdiepte van de balken er risico op houtrot bestaat. Het betreft een conservatieve inschatting omdat is uitgegaan van een grenswaarde van 90% i.p.v. 92% relatieve luchtvochtigheid. Tijdens een inspectie van houten constructiedelen (Nebest, 2020a) werd een karakteristieke oplegdiepte van 15 cm gevonden, met uitschieters naar 20 cm en zelfs 25 cm. De waardes in de tabellen zijn daarom als volgt beoordeel

- Groen: risico op houtrot bij oplegdieptes >25 cm. Deze oplegdieptes zijn tijdens de inspectie niet aangetroffen.
- Geel: risico op houtrot bij oplegdieptes 16 - 25 cm. Deze oplegdieptes zijn tijdens de inspectie op enkel locaties aangetroffen.
- Rood: risico op houtrot bij oplegdieptes ≤15 cm; kleiner dan de typische oplegdiepte zoals vastgesteld tijdens de inspectie.

Tabel 6. Opleggingsdiepte met risico op houtrot bestaan; 50 cm metselwerk

Materiaal	Noord		Oost		Zuid		West	
	huidig	**geïsoleerd**	**huidig**	**geïsoleerd**	**huidig**	**geïsoleerd**	**huidig**	**geïsoleerd**
Steen 1	34	32	37	35	31	29	28	21
Steen 2	38	38	40	39	31	29	28	22
Steen 3	42	42	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	38	38

Tabel 7. Opleggingsdiepte met risico op houtrot; 35 cm metselwerk

Materiaal	Noord		Oost		Zuid		West	
	huidig	**geïsoleerd**	**huidig**	**geïsoleerd**	**huidig**	**geïsoleerd**	**huidig**	**geïsoleerd**
Steen 1	19	17	22	20	15	8	13	0
Steen 2	23	23	25	24	16	5	14	0
Steen 3	27	27	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	23	23

De tabellen laten zien dat isoleren in het algemeen tot een kleinere risico-vrije oplegdiepte leidt. De tabellen laten ook zien dat er in de huidige situatie ook problemen mogen worden verwacht. Deze zijn tijdens de inspectie niet aan getroffen, mogelijk als gevolg van de loden bekleding van de balken. De beoordeling zoals gegeven in de bovenstaande tabellen is gebruikt om per gevel het risico op houtrot (na isoleren) in te schatten (zie Figuur 5). Voor enkele gevels blijkt het risico op schade aan de balkkopen significant (wanneer deze niet al met lood omkleed zijn).

Figuur 5. Risicoanalyse per gevel

4 Conclusies en aanbevelingen

Voor enkele gevels is door toepassing van gevelisolatie het risico op schade aan de balkkopen significant. Voor die gevelfragmenten is het raadzaam om de balkkoppen die niet omkleed zijn met lood, en die zo ver in het metselwerk zijn opgelegd dat er een niet verwaarloosbaar risico op houtrot is gevonden, preventief te behandelen door de balkkoppen te verduurzamen door middel van injectie.

Ook het risico op vorstschade neemt toe met een hoger vochtgehalte van de gevelsteen in de winterperiode, maar is vooral van belang voor een gevel waarin vorstgevoelige steen is toegepast. Bij het huidige gevelmetselwerk is geen schade die geweten kan worden aan een vorstgevoelige steen aangetroffen.

Tenslotte neemt bij vochtiger metselwerk het risico op bealging en bemossing toe, vooral op de niet zonbelaste geveldelen. Dit risico op vooral visuele aantasting is van tevoren nauwelijks te bepalen. Waar hinderlijke bealging en bemossing voorkomt, zal door regelmatige reiniging de groene aantasting verwijderd kunnen worden. Bealging en bemossing heeft geen invloed op de levensduur van de constructie, maar is vooral een esthetisch probleem. Regelmatig reinigen van gevels om bealging en bemossing te verwijderen kan invloed hebben op de exploitatielasten.

Bronnen

KNMI klimaatgegevens per uur periode 2011 – 2019

Nebest (2020a) Inspectie Amsterdam Museum, 38569 r01v01, Nebest B.V., 2 april 2020

Nebest (2020b) Rapportage 38758-052, Nebest B.V., 1 mei 2020

NEN-EN-ISO 10456:2008 Bouwmaterialen en bouwproducten - Hygrothermische eigenschappen – Overzicht van ontwerpwaarden en procedures voor de bepaling van gedeclareerde en ontwerp waarden

NEN-EN 15026:2007 Hygrothermische prestatie van bouwcomponenten en -elementen - Beoordeling van vochtoverdracht door rekenkundige simulatie

NEN-EN-ISO 15927-3 Hygro-thermische eigenschappen van gebouwen - Berekening en weergave van klimatologische gegevens - Deel 3: Berekening van een slagregenindex voor verticale oppervlakken uit wind- en regengegevens per uur

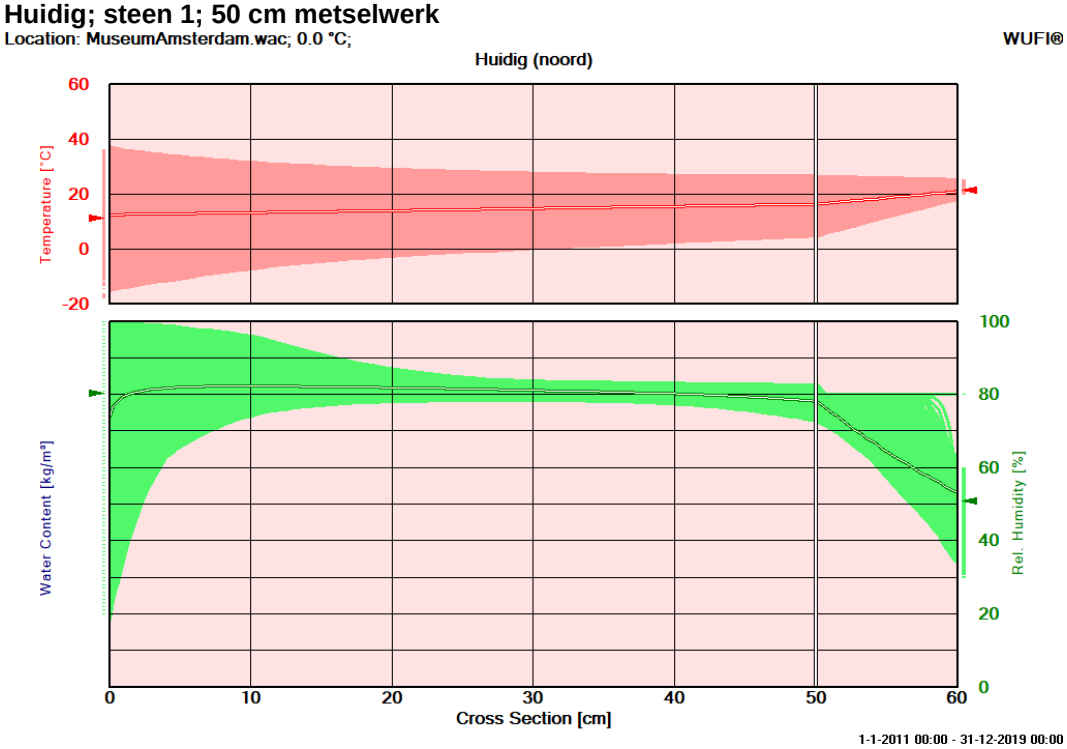
Velds CA (1992) Zonnestraling in Nederland, KNMI, De Bilt

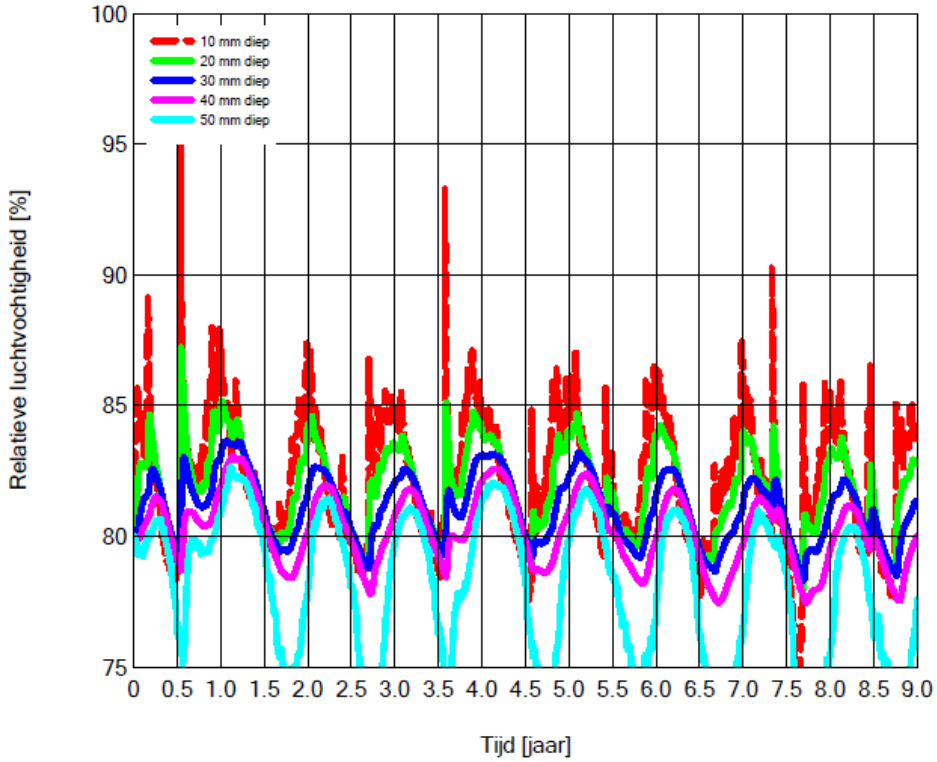
WUFI rekensoftware documentatie en materiaaldatabase (versie 6.3; 2019)

Bijlage 1 Resultaten voor gevels met 50 cm metselwerk

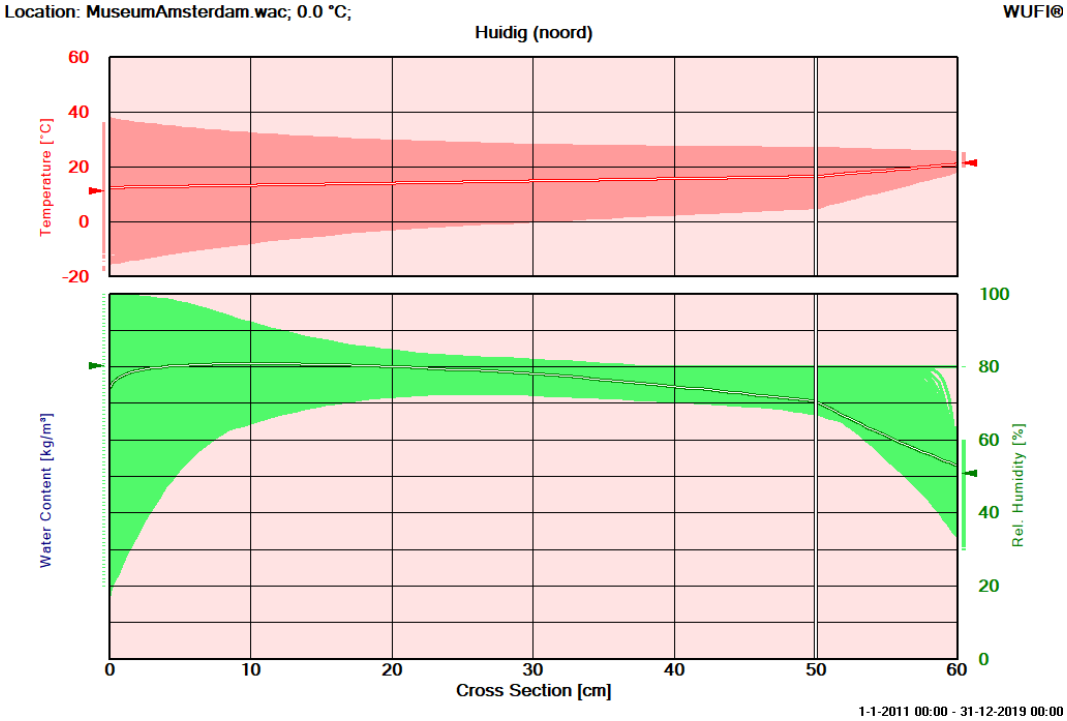
Gevels georiënteerd op het noorden

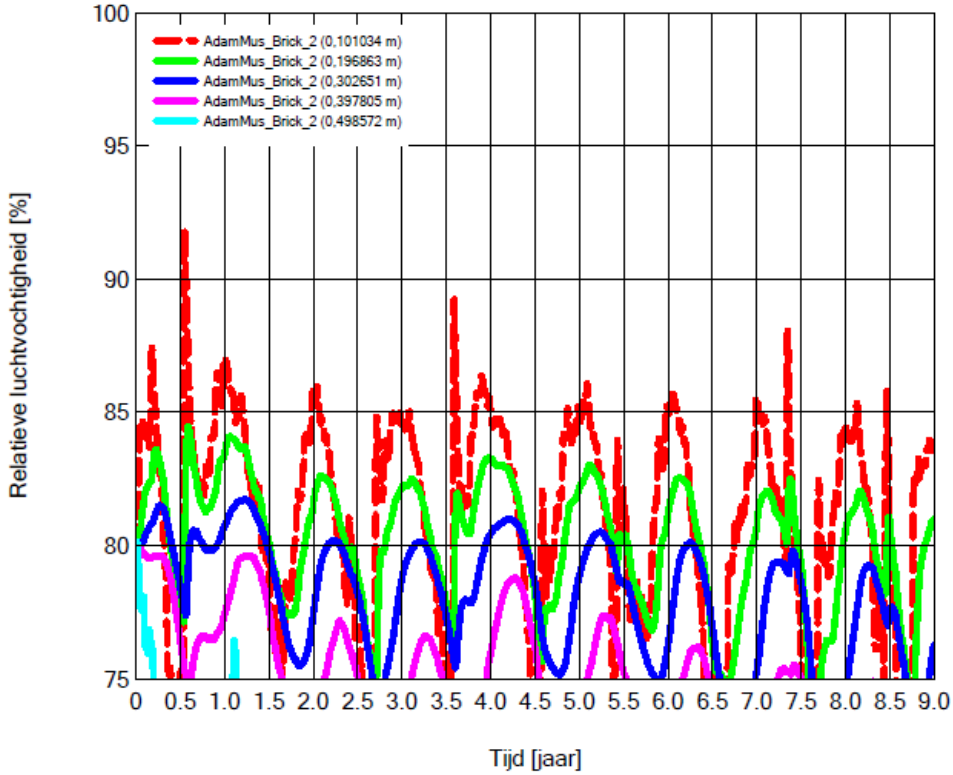
Huidig; steen 1; 50 cm metselwerk



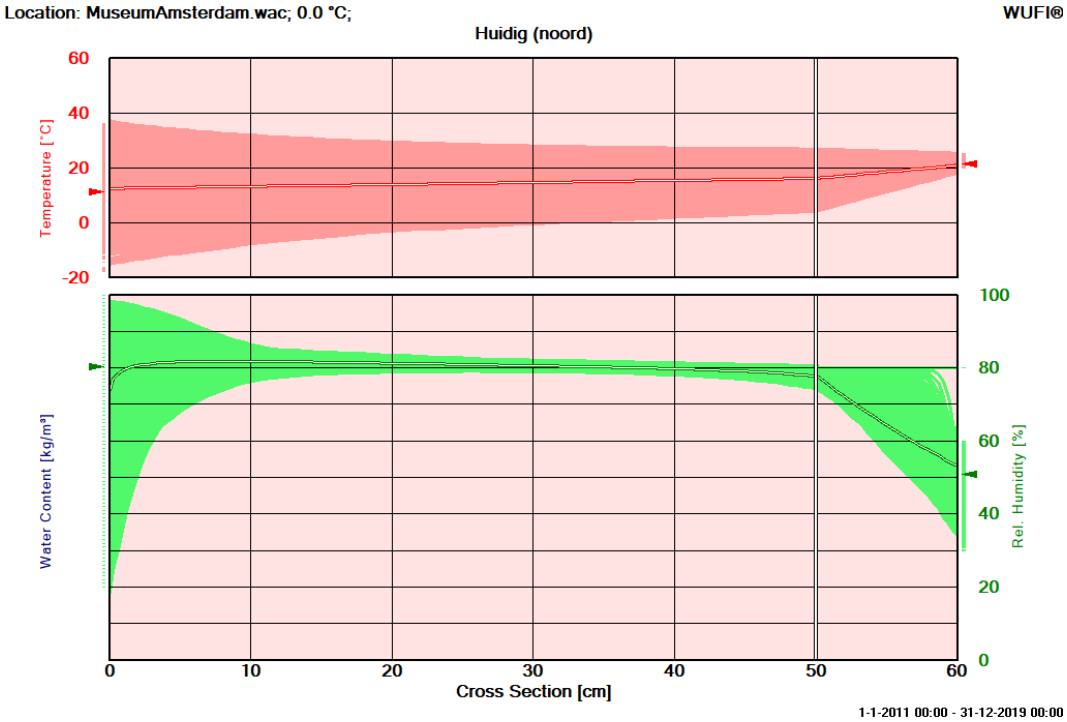


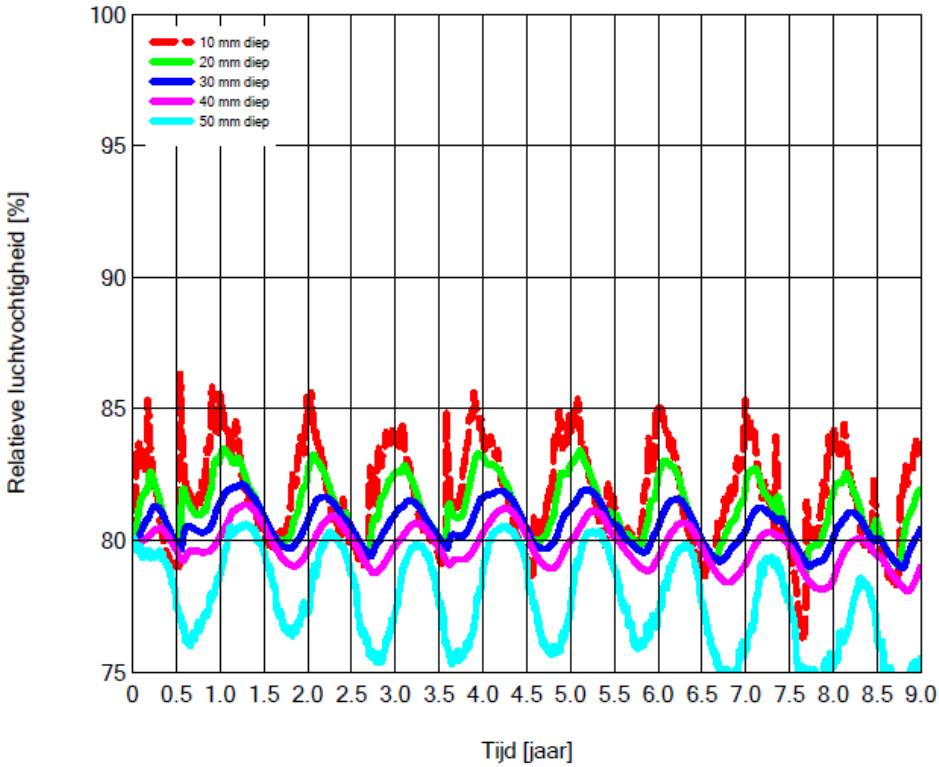
Huidig; steen 2; 50 cm metselwerk



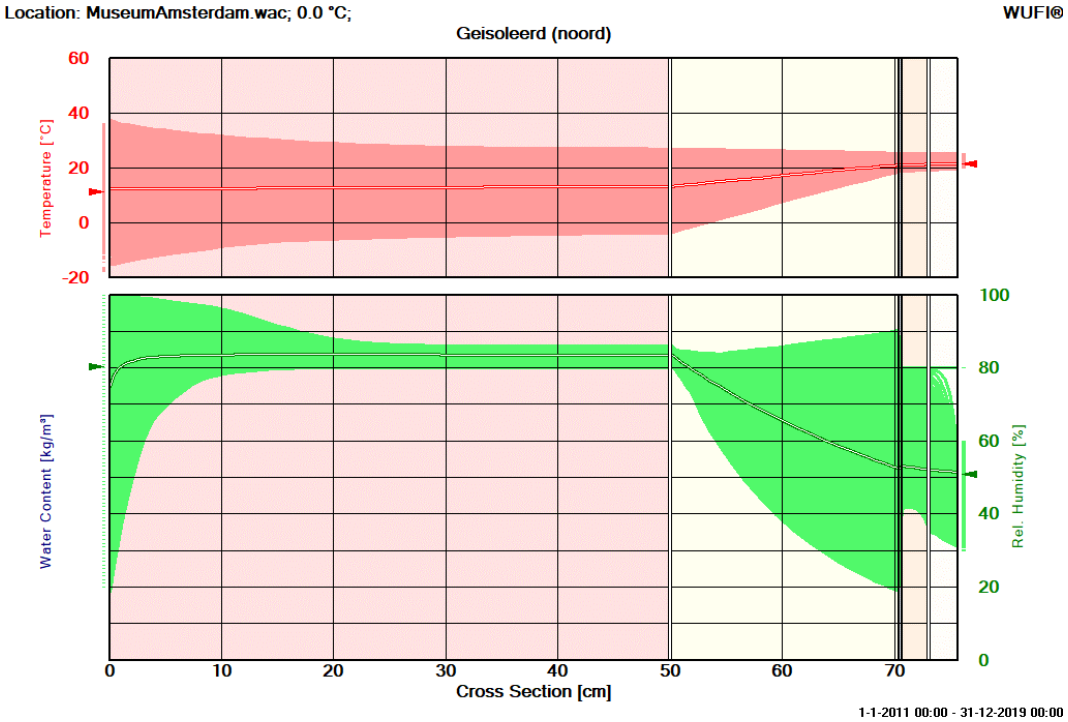


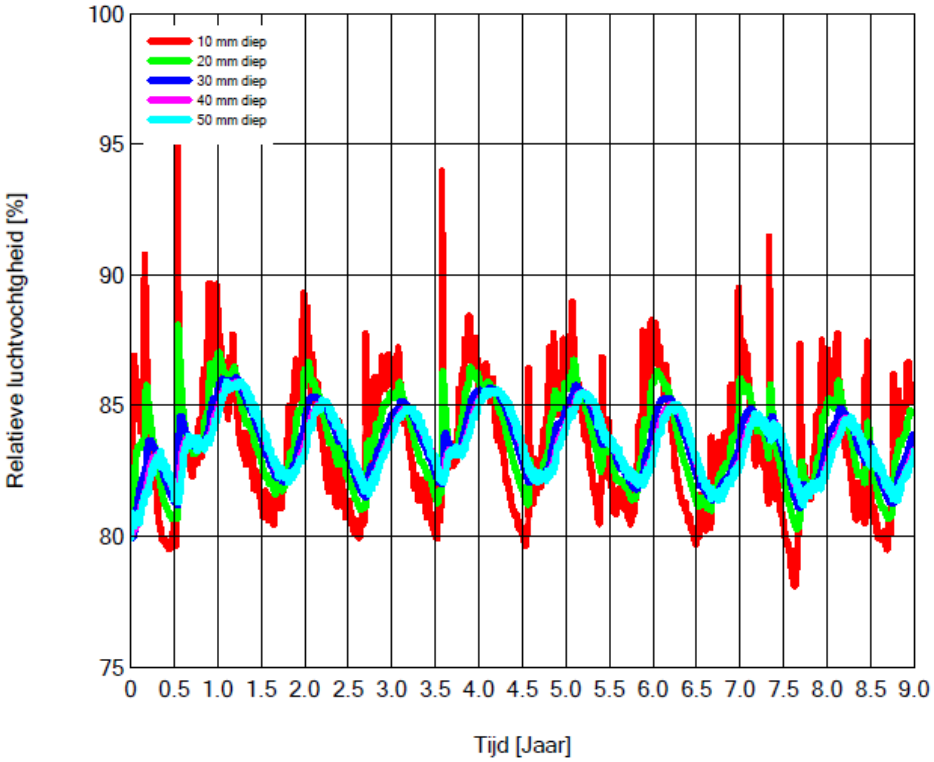
Huidig steen 3; 50 cm metselwerk



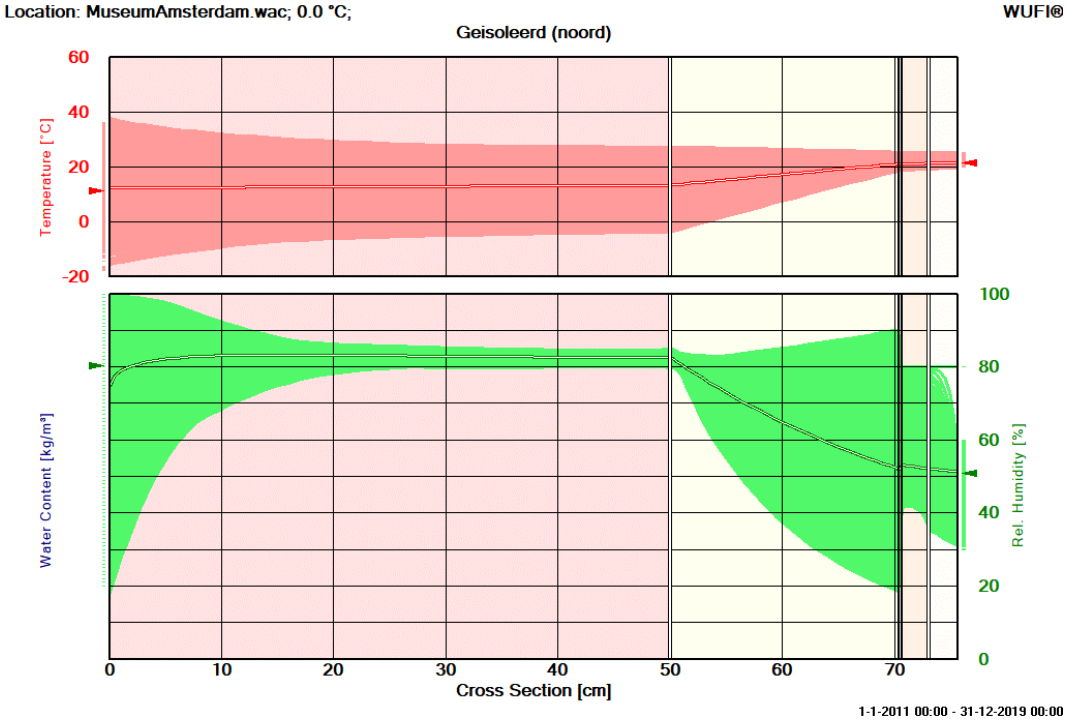


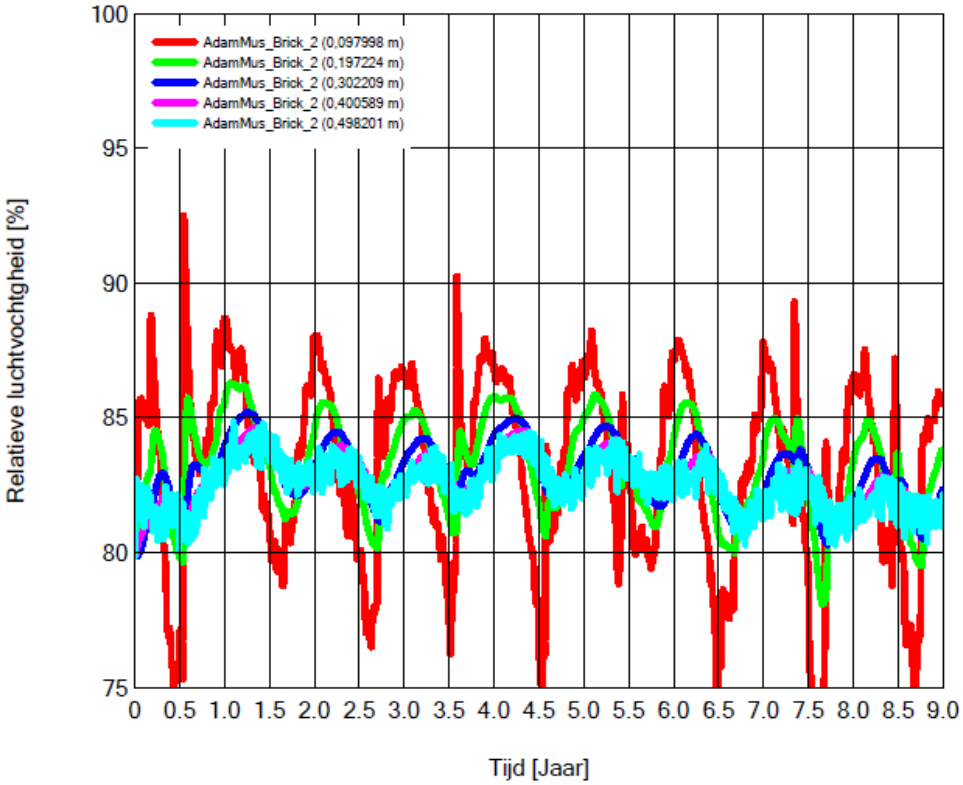
Geïsoleerd, steen 1; 50 cm metselwerk



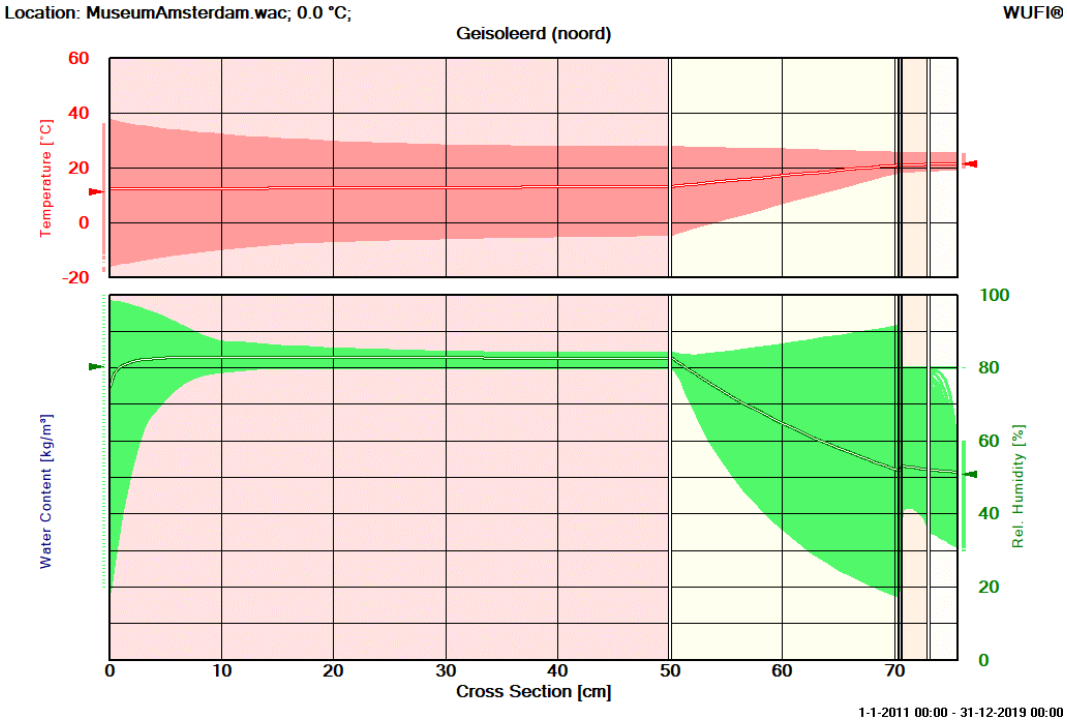


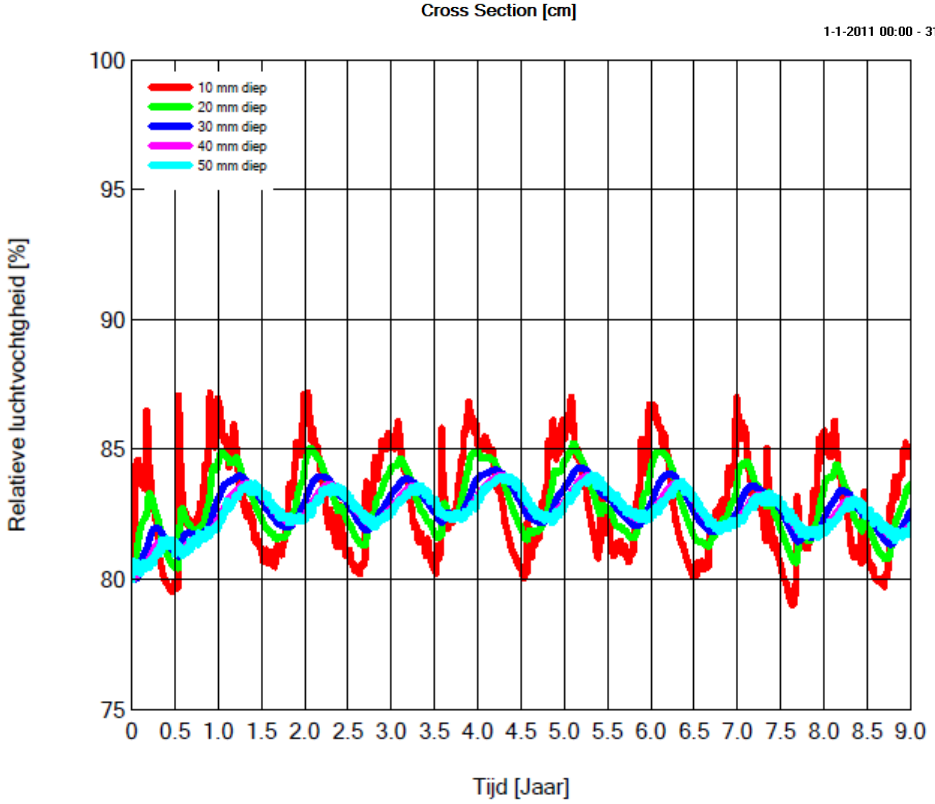
Geïsoleerd, steen 2; 50 cm metselwerk





Geïsoleerd, steen 3; 50 cm metselwerk

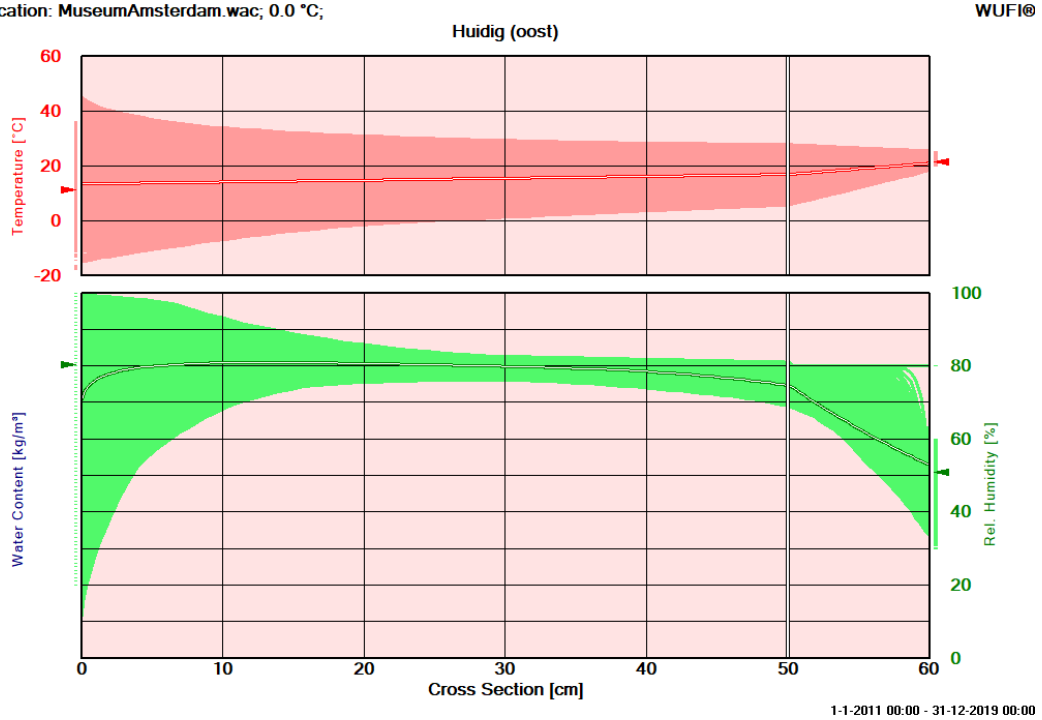


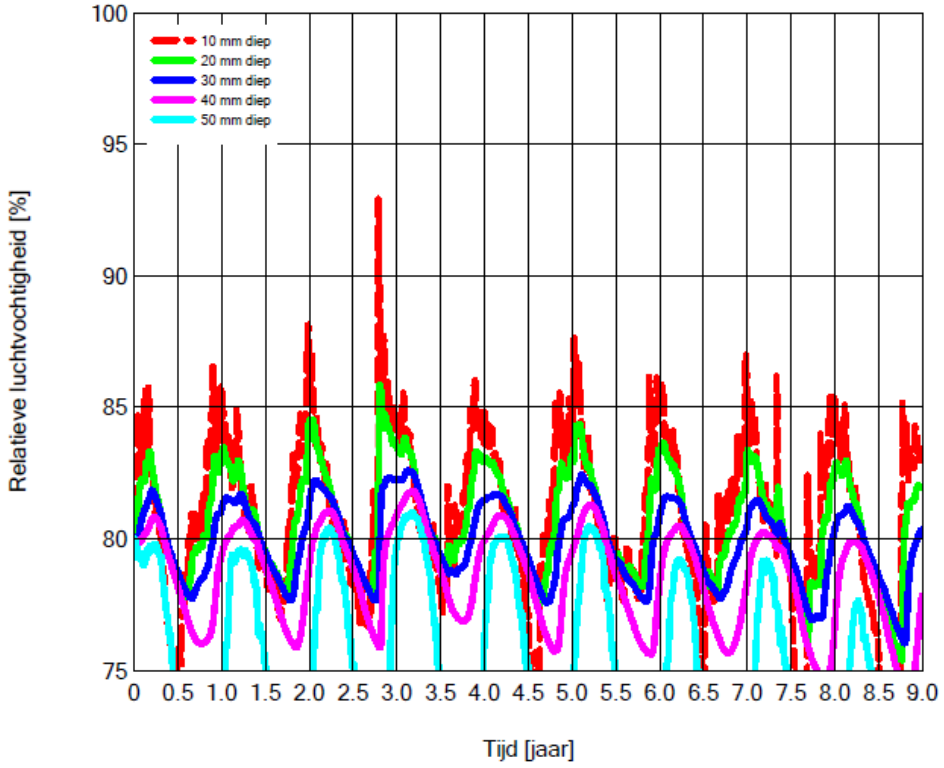


Gevels georiënteerd op het oosten

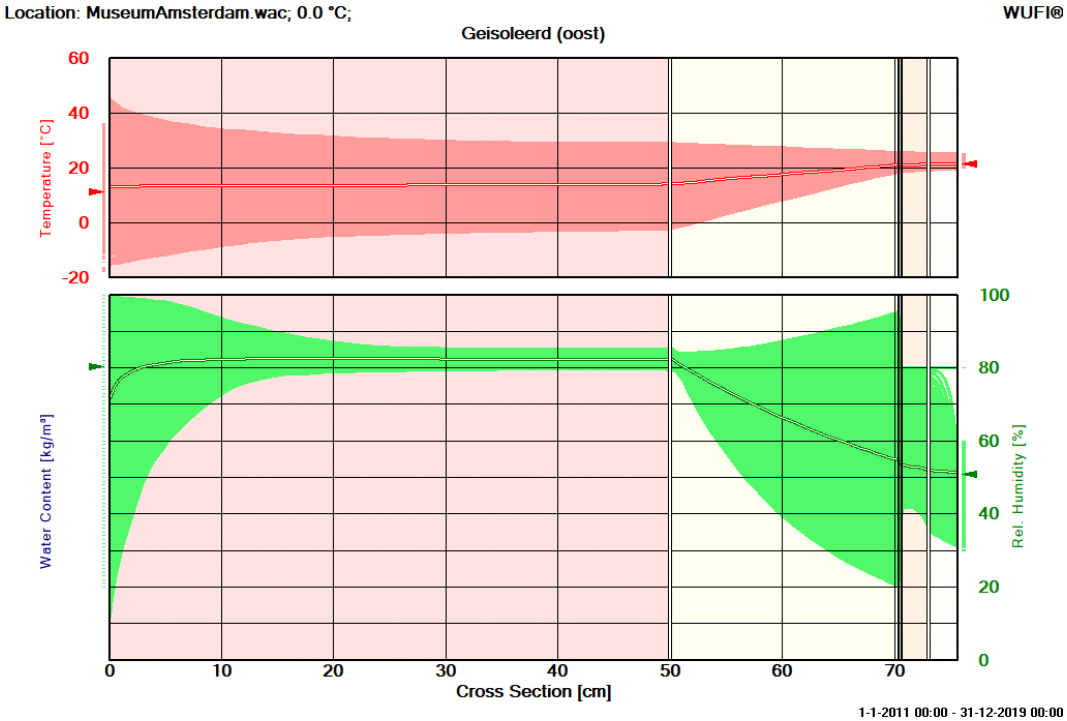
Huidig, steen 1; 50 cm metselwerk

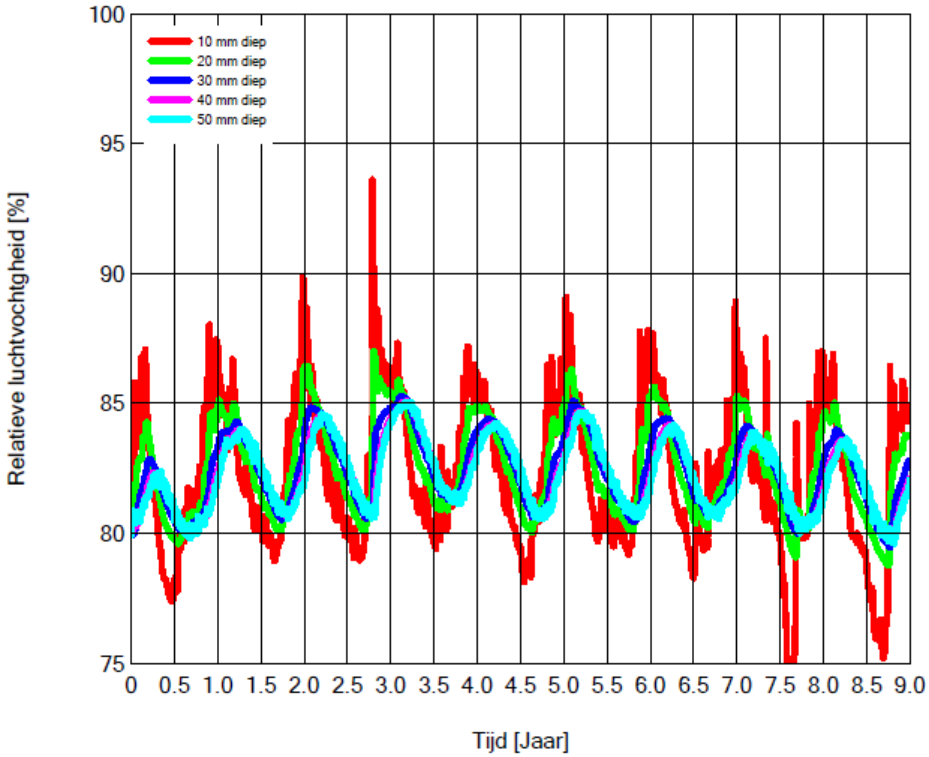
Location: MuseumAmsterdam.wac; 0.0 °C;





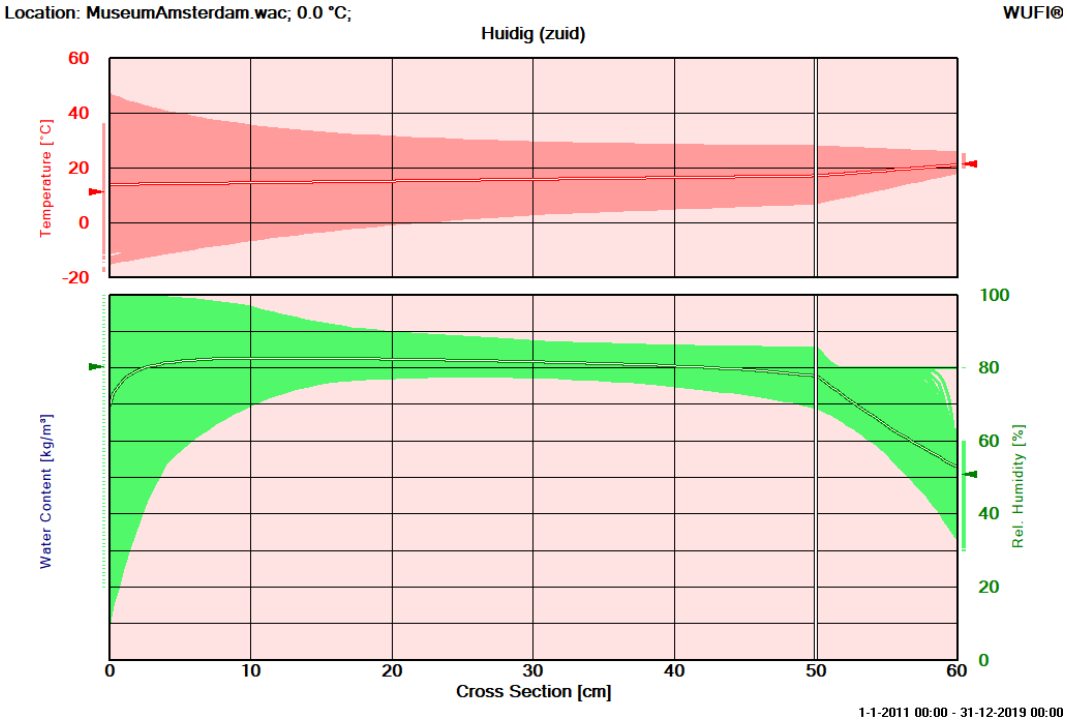
Geïsoleerd, steen 1; 50 cm metselwerk

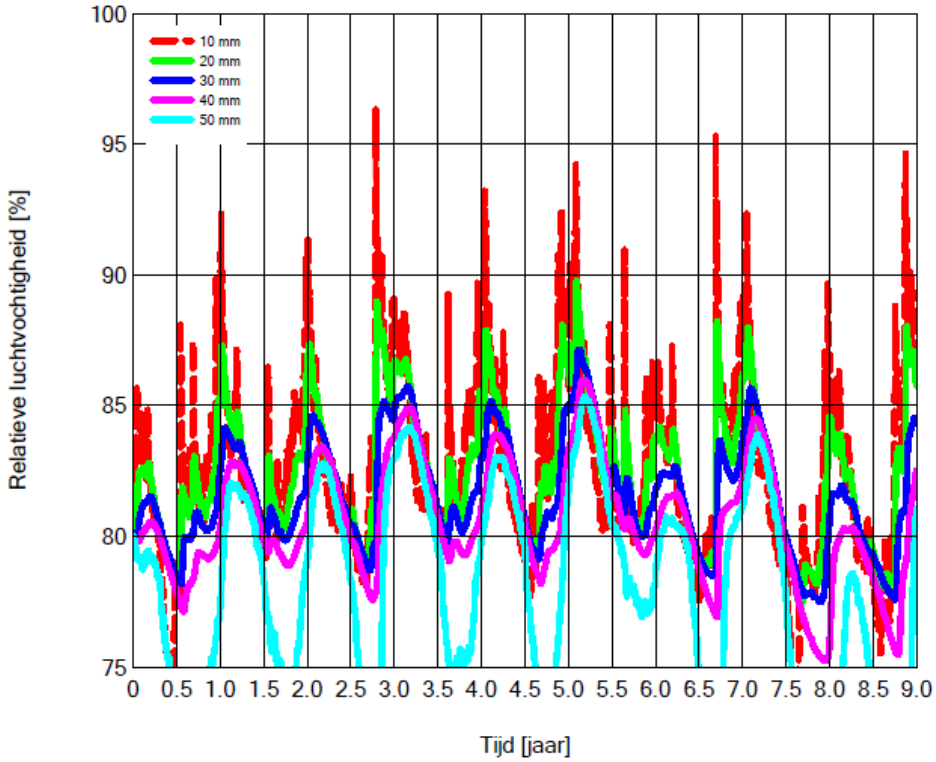




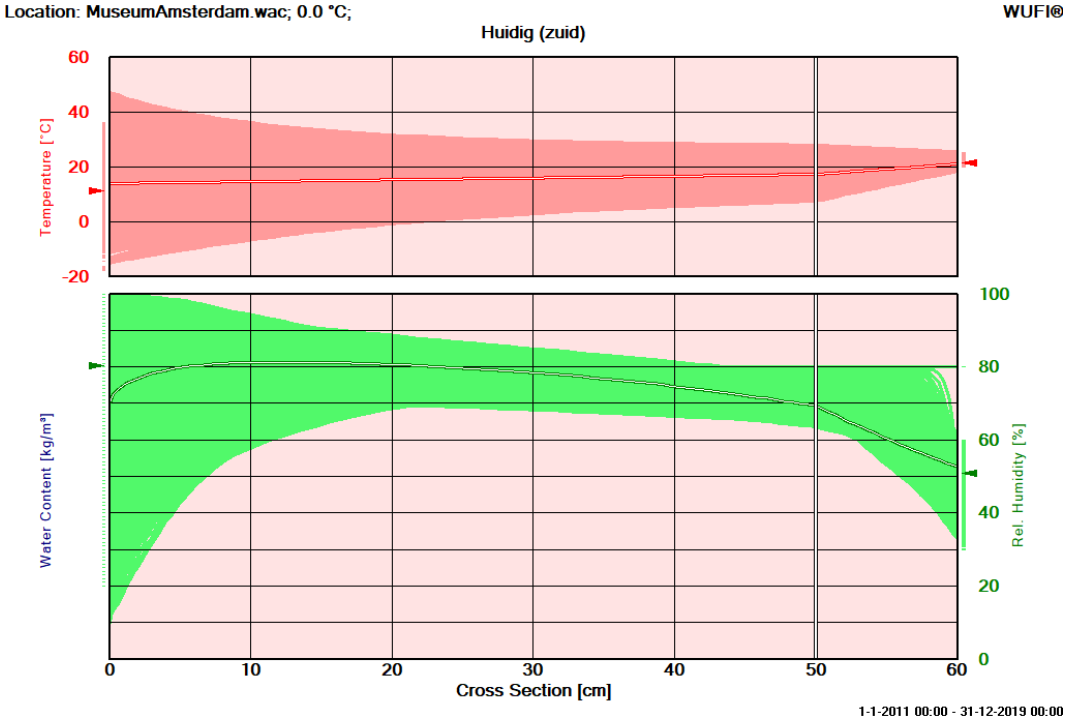
Gevels georiënteerd op het zuiden

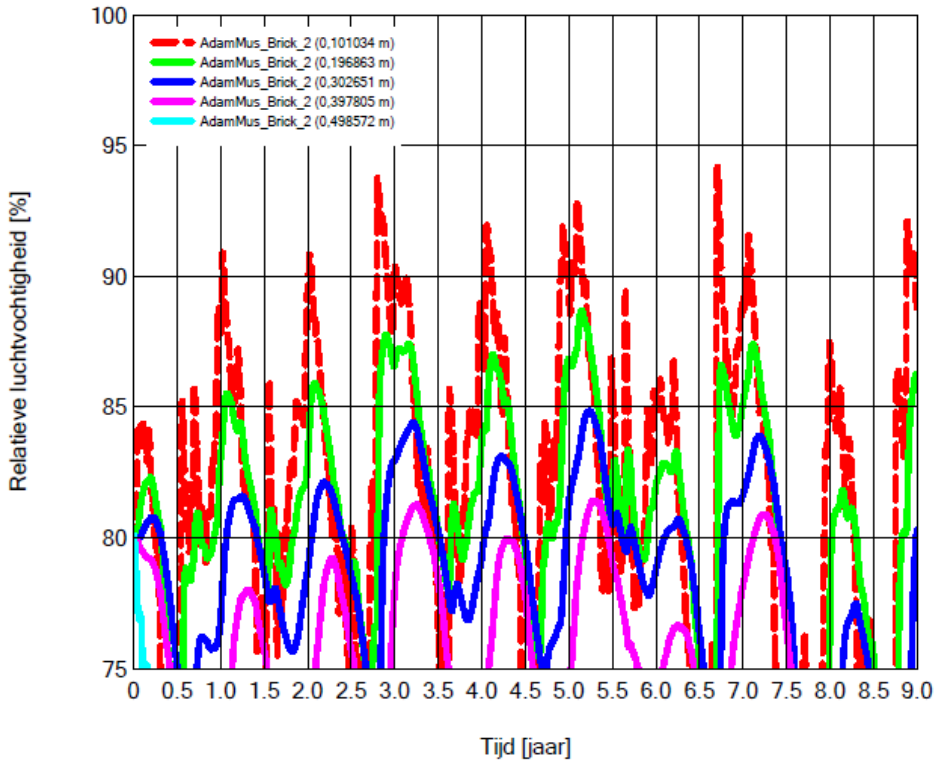
Huidig, steen 1; 50 cm metselwerk



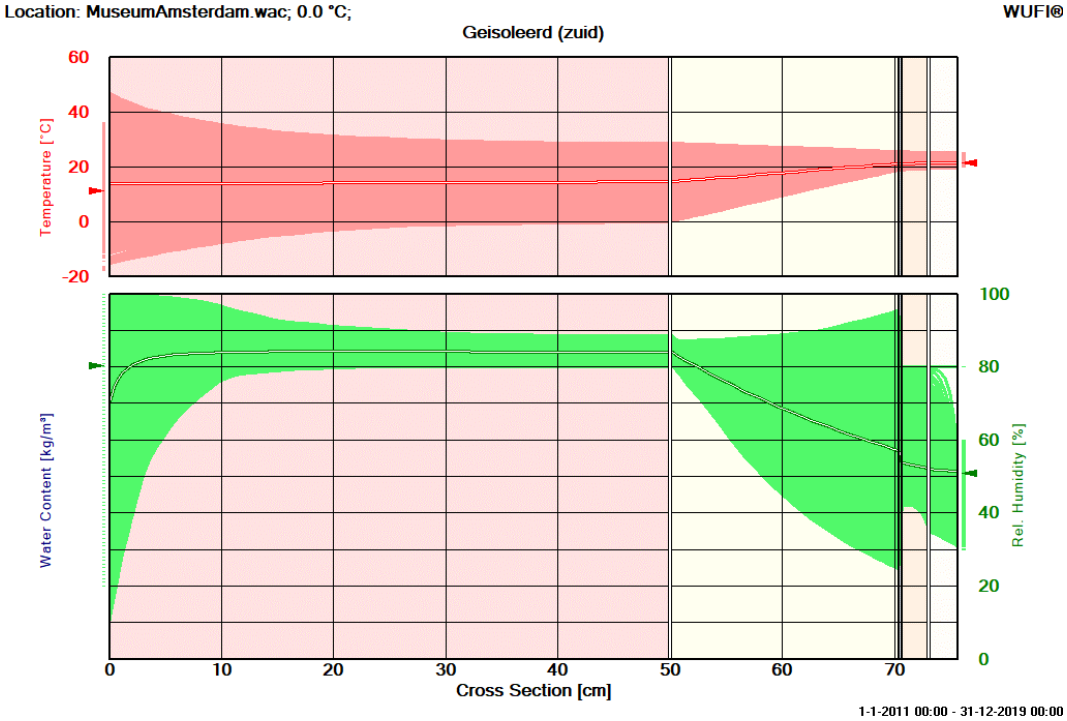


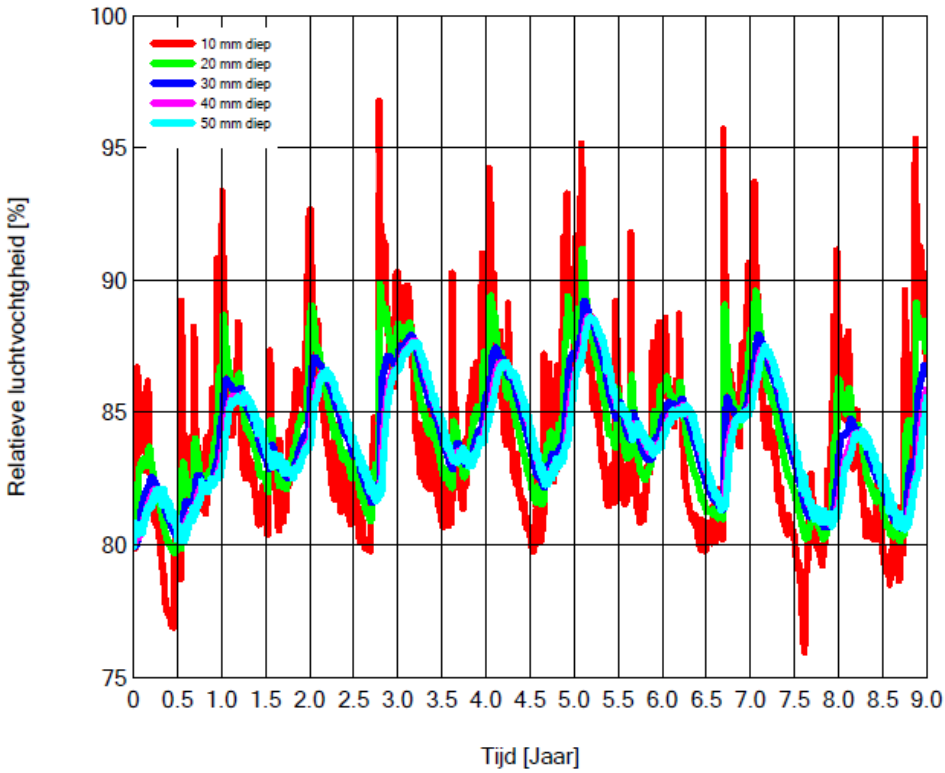
Huidig, steen 2; 50 cm metselwerk



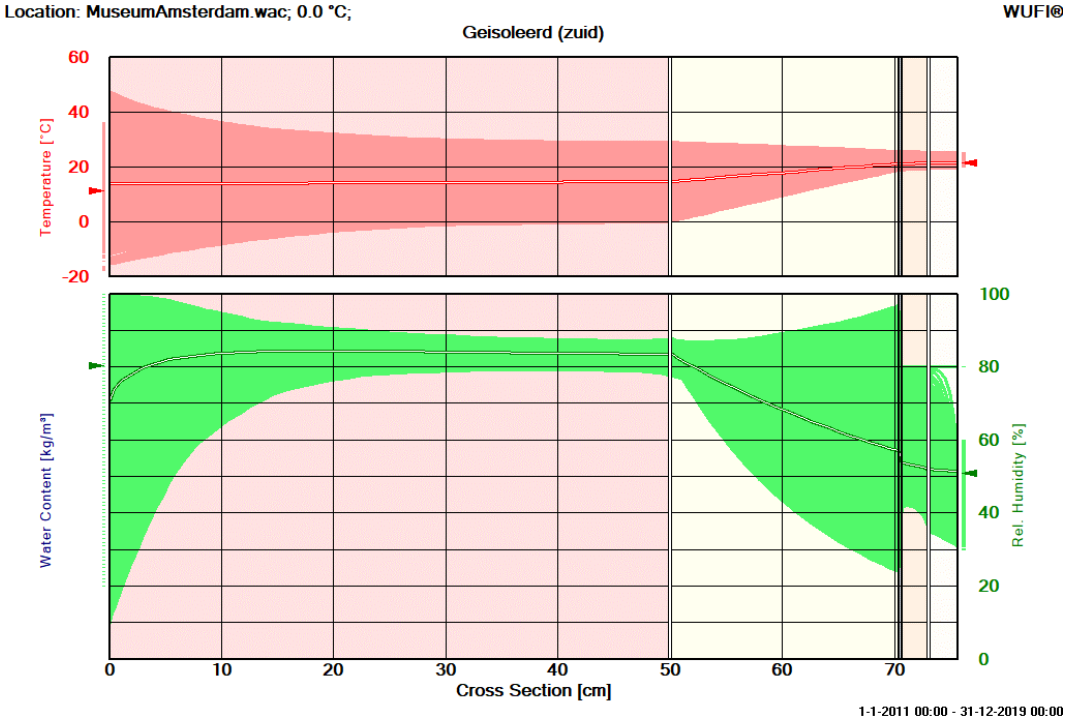


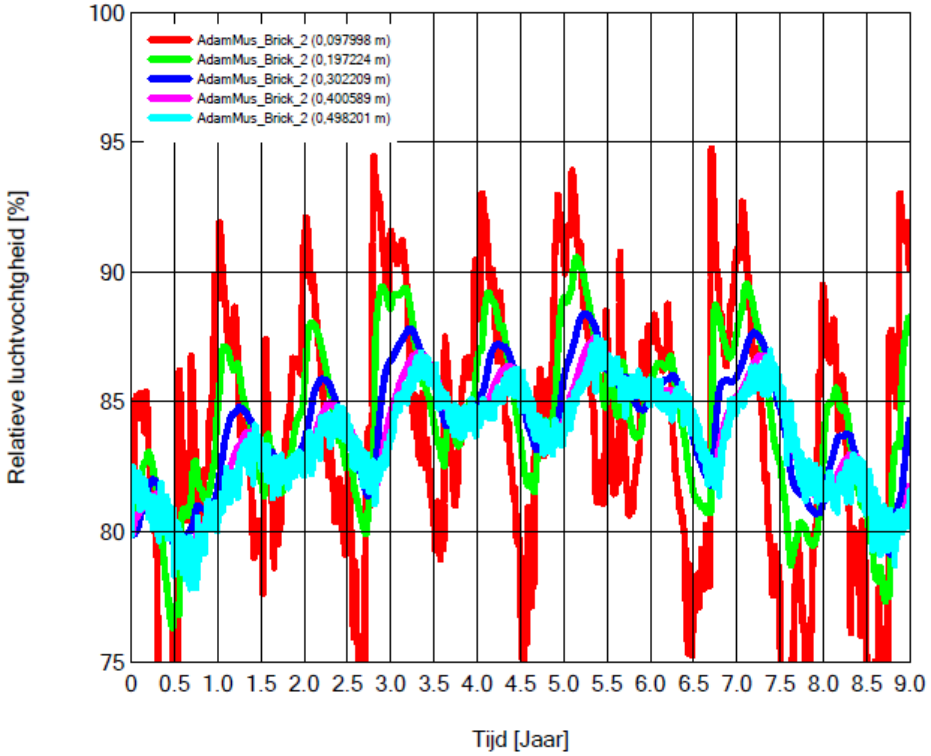
Geïsoleerd, steen 1; 50 cm metselwerk





Geïsoleerd, steen 2; 50 cm metselwerk

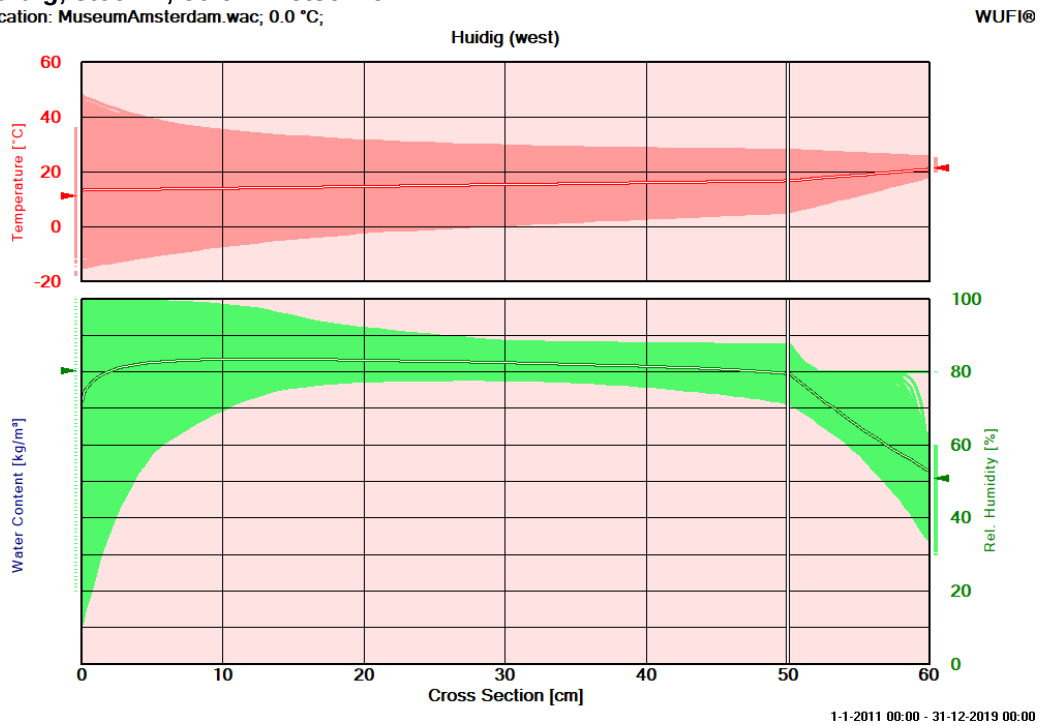


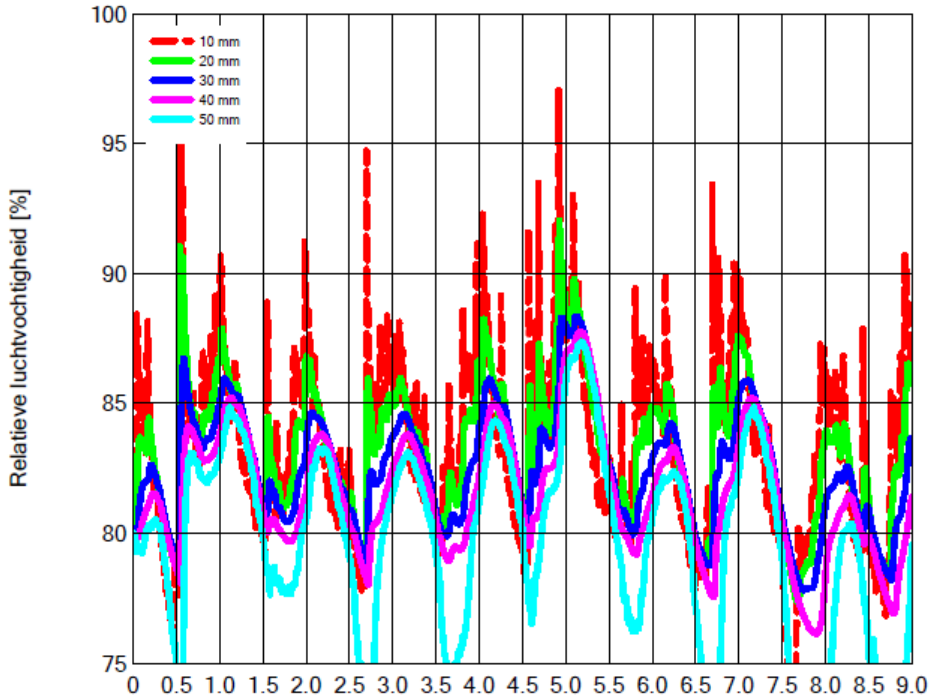


Gevels georiënteerd op het westen

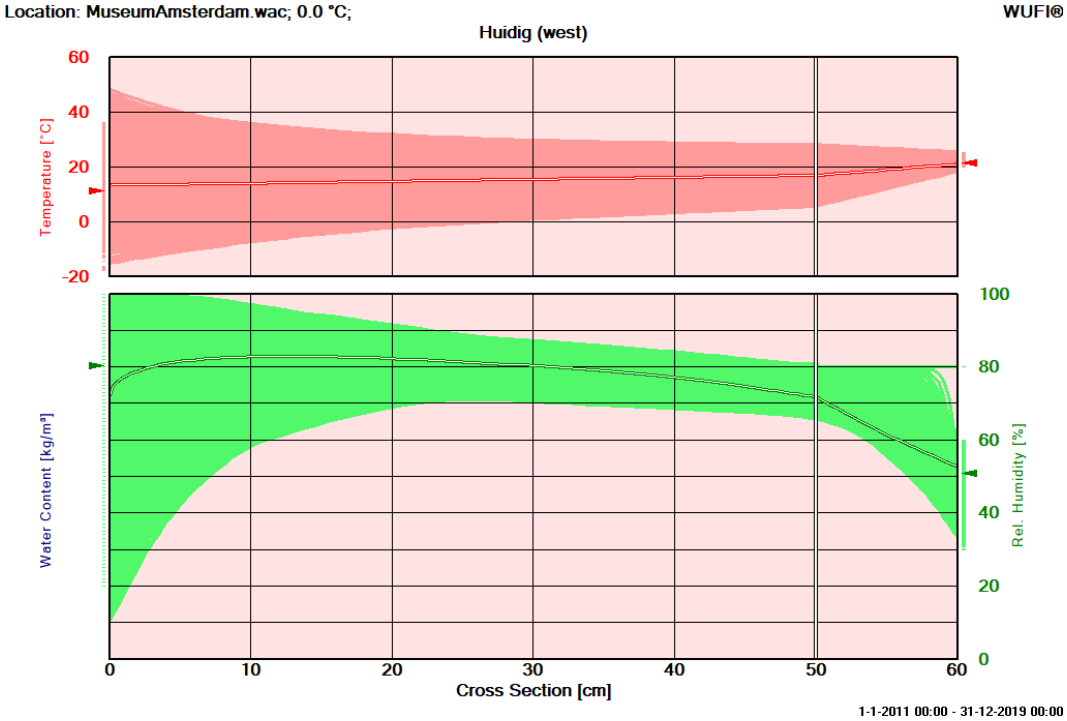
Huidig, steen 1; 50 cm metselwerk

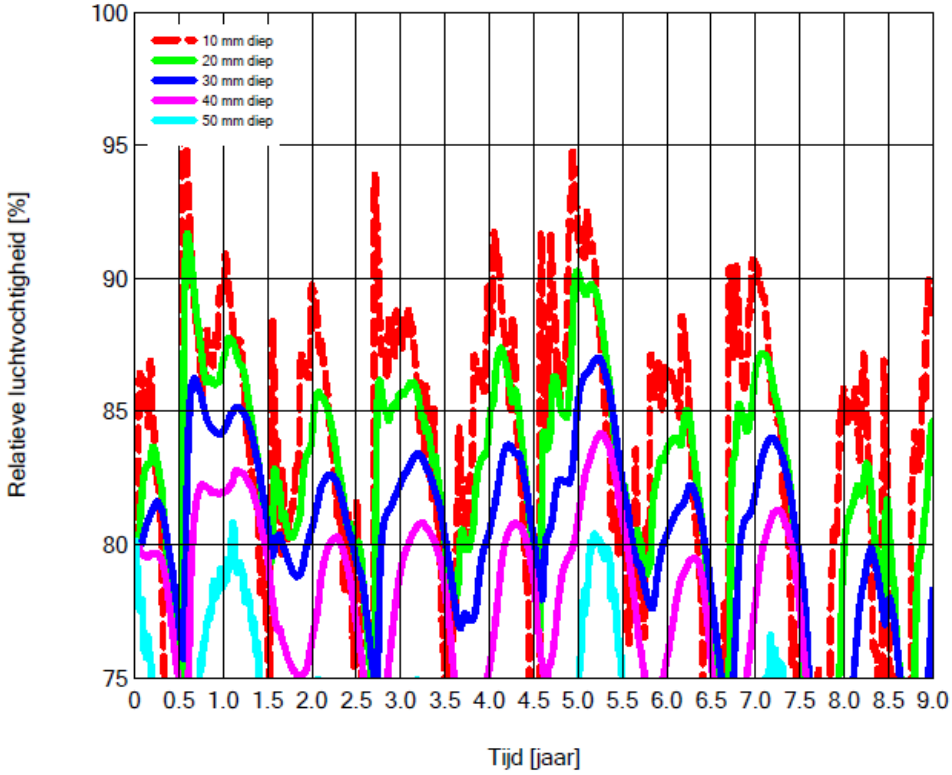
Location: MuseumAmsterdam.wac; 0.0 °C;



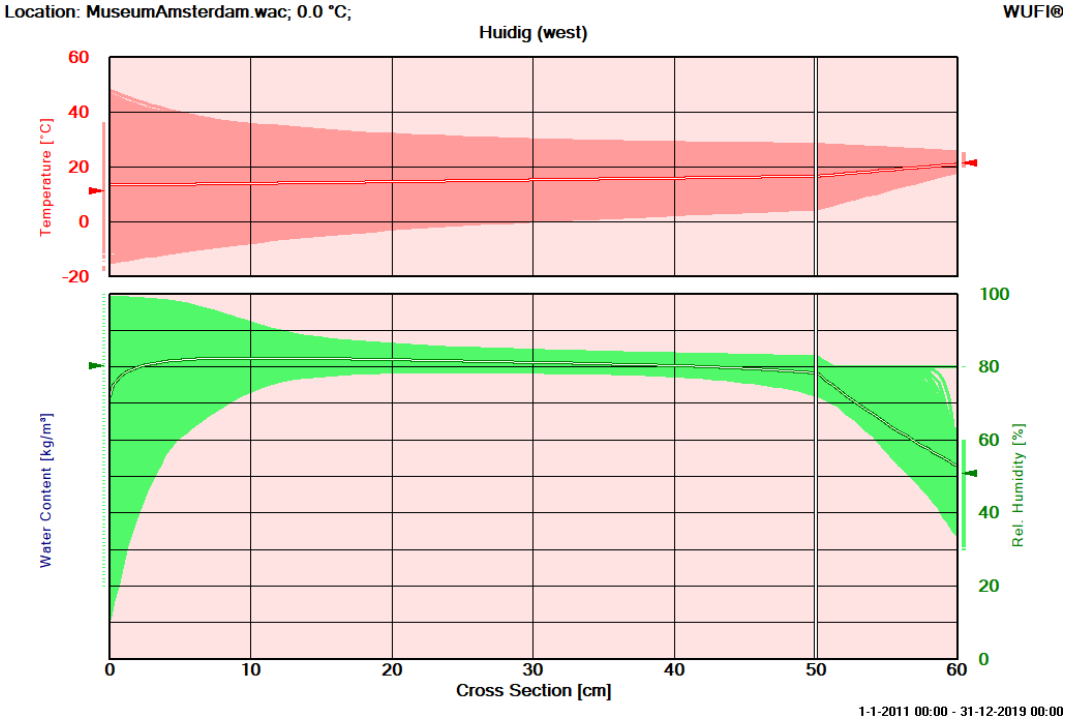


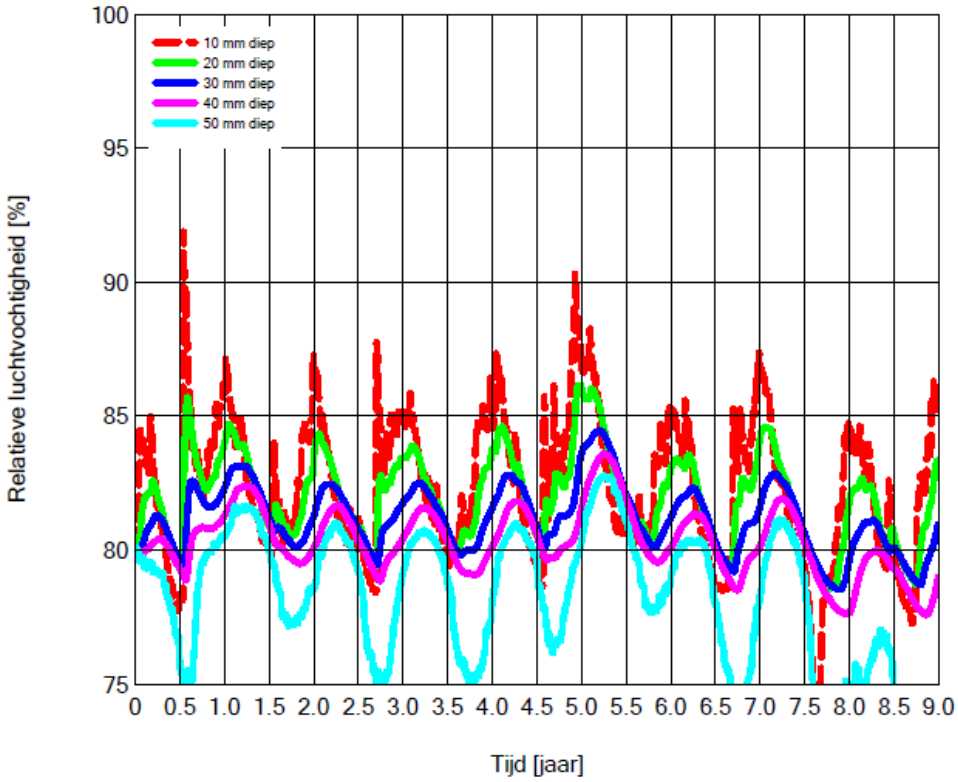
Huidig, steen 2; 50 cm metselwerk



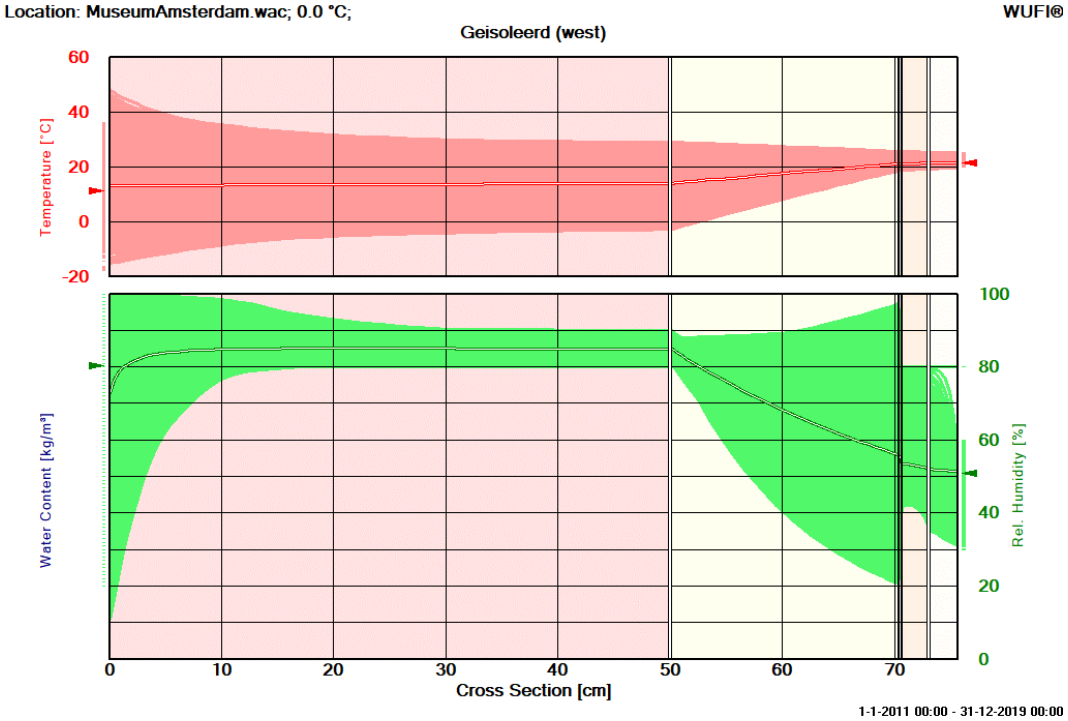


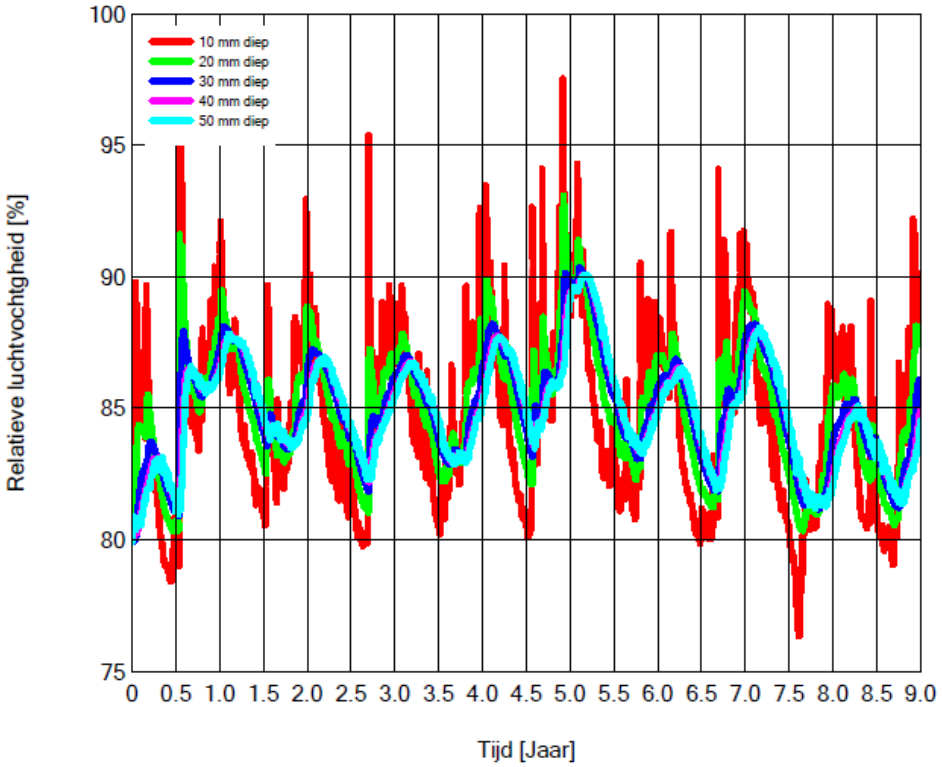
Huidig, steen 3; 50 cm metselwerk



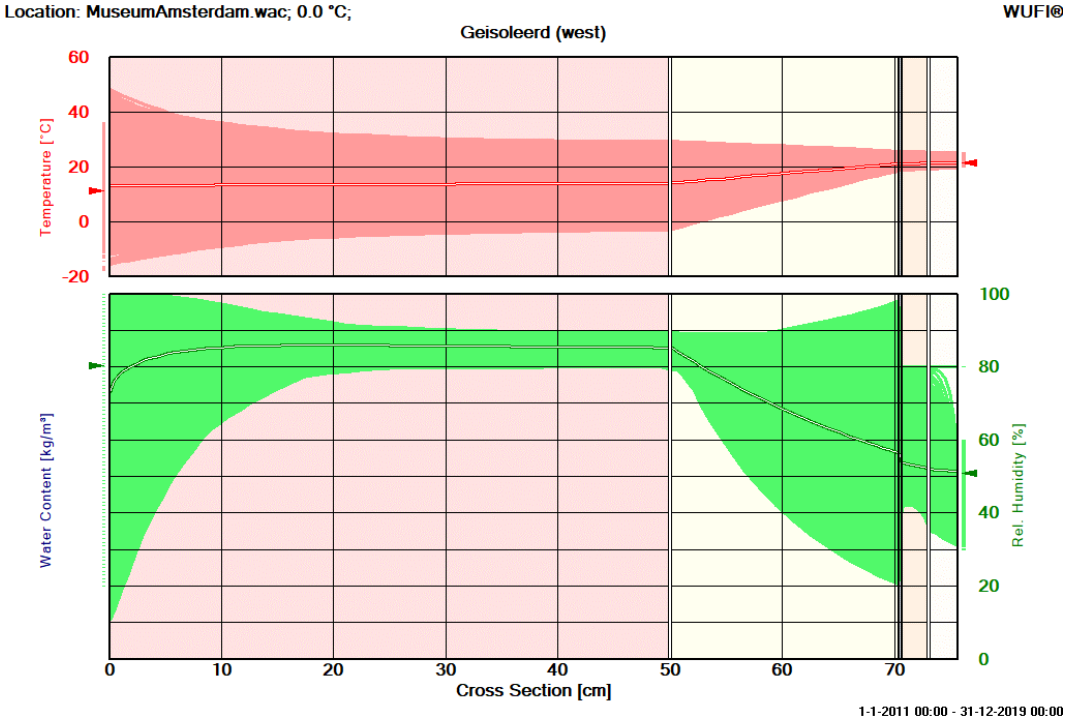


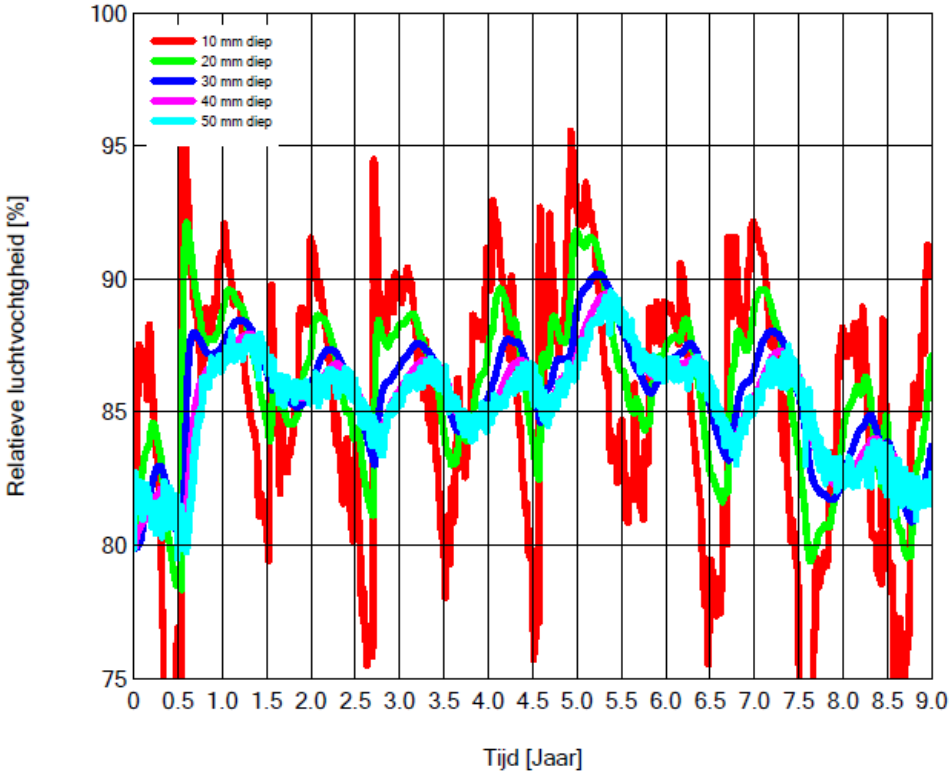
Geïsoleerd, steen 1; 50 cm metselwerk



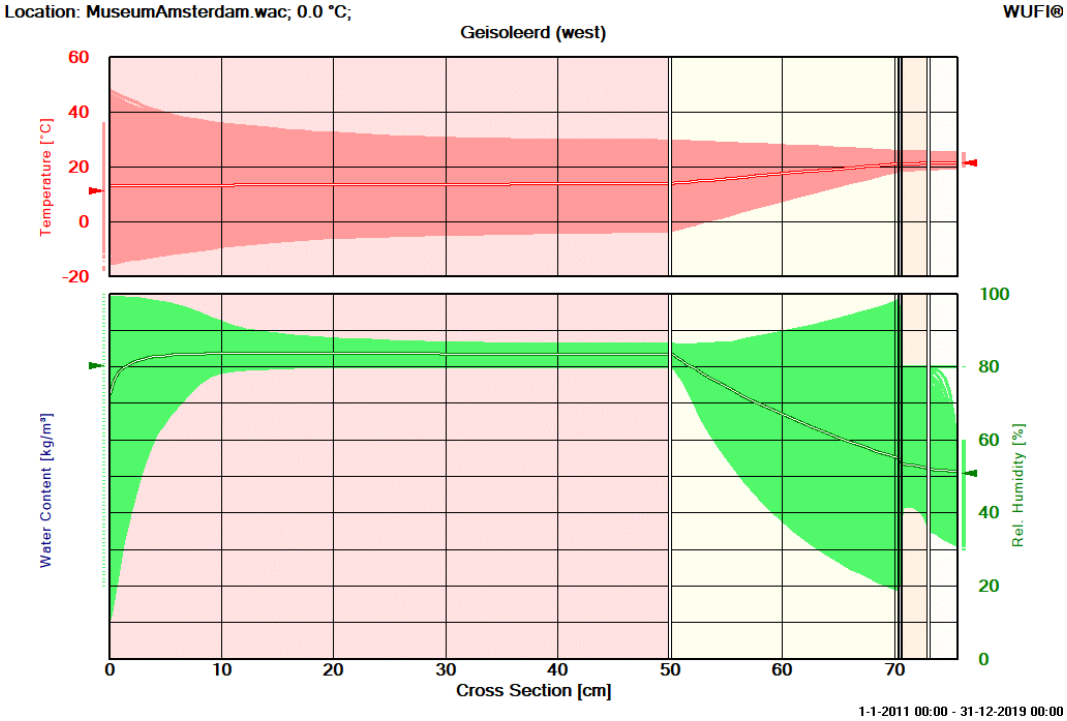


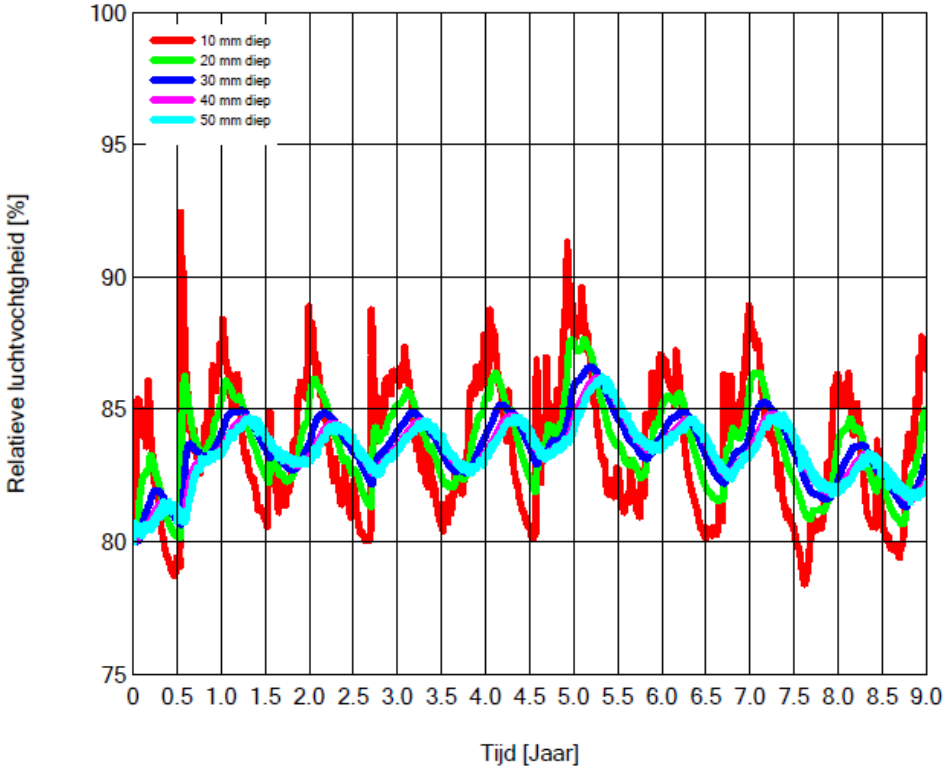
Geïsoleerd, steen 2; 50 cm metselwerk





Geïsoleerd, steen 3; 50 cm metselwerk

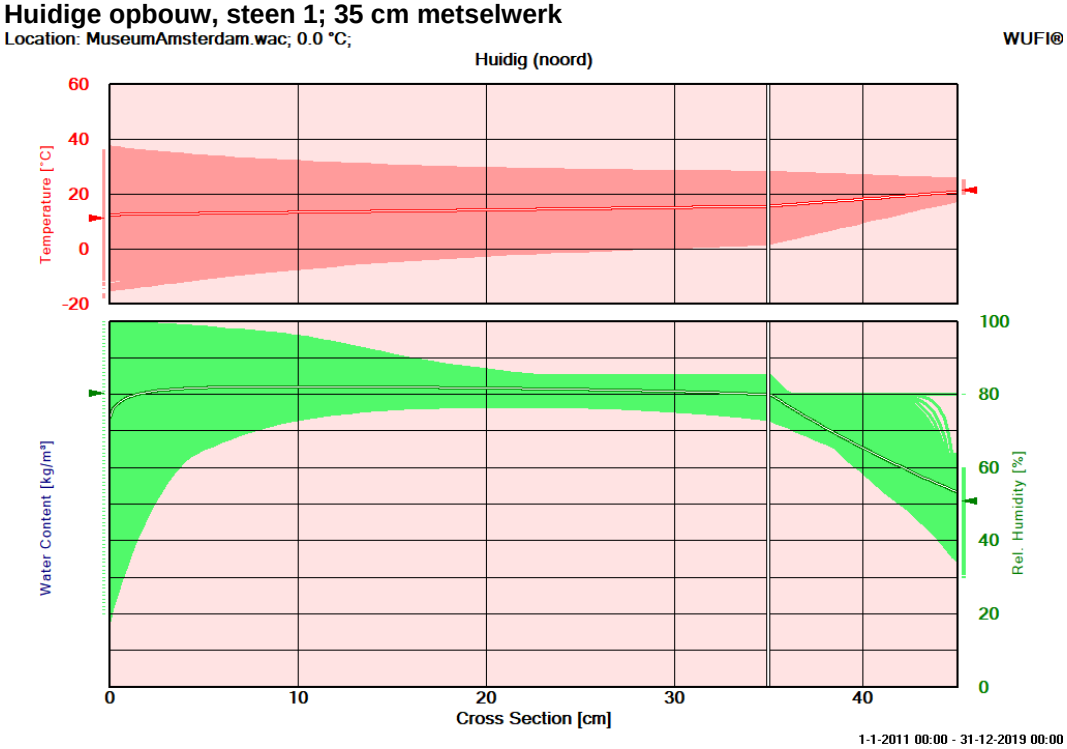


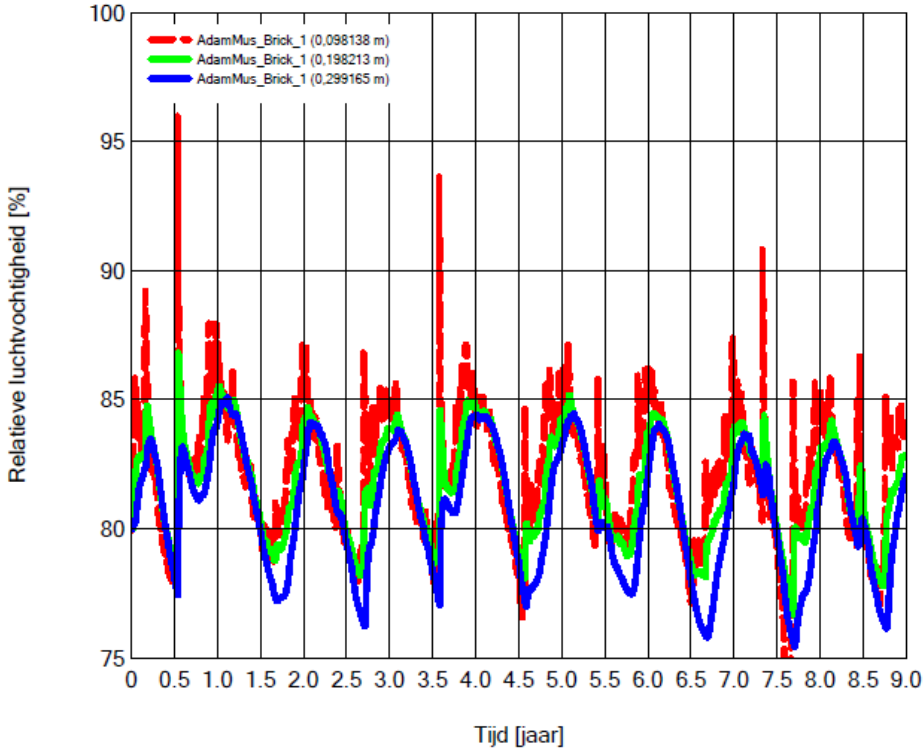


Bijlage 1 Resultaten voor gevels met 35 cm metselwerk

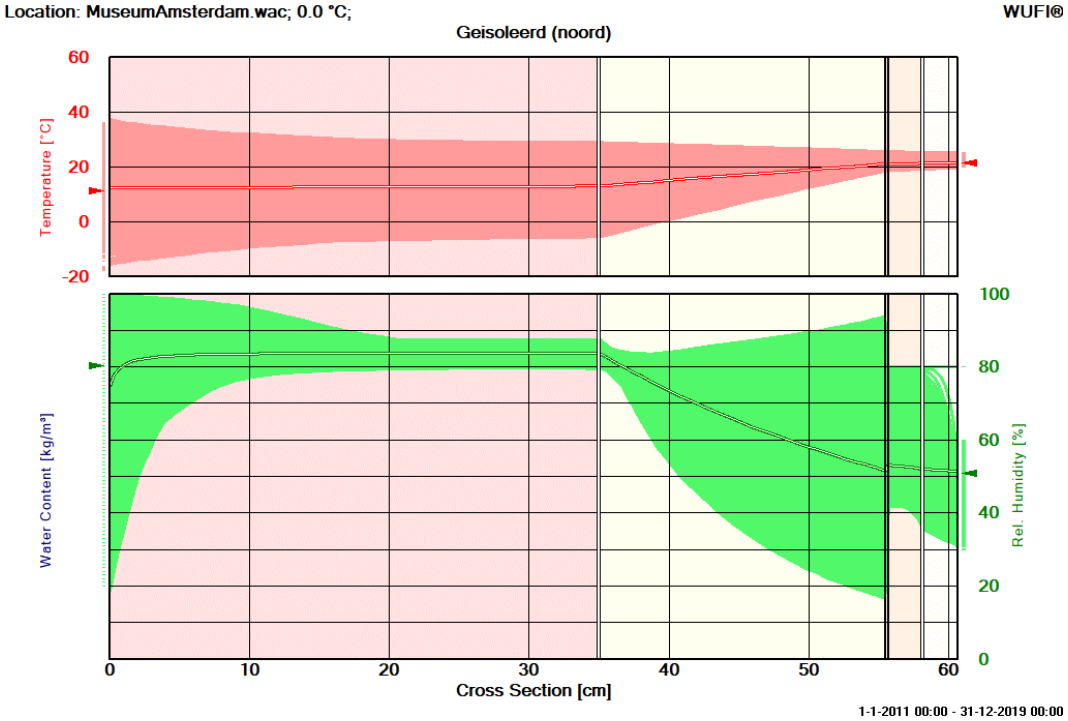
Gevels georiënteerd op het noorden

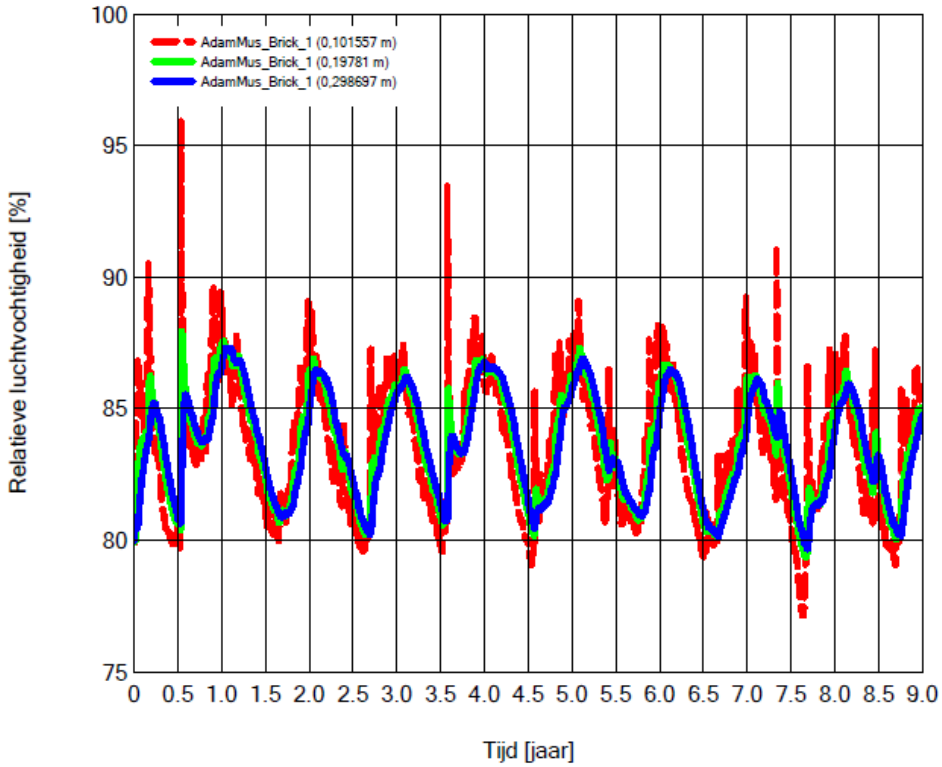
Huidige opbouw, steen 1; 35 cm metselwerk





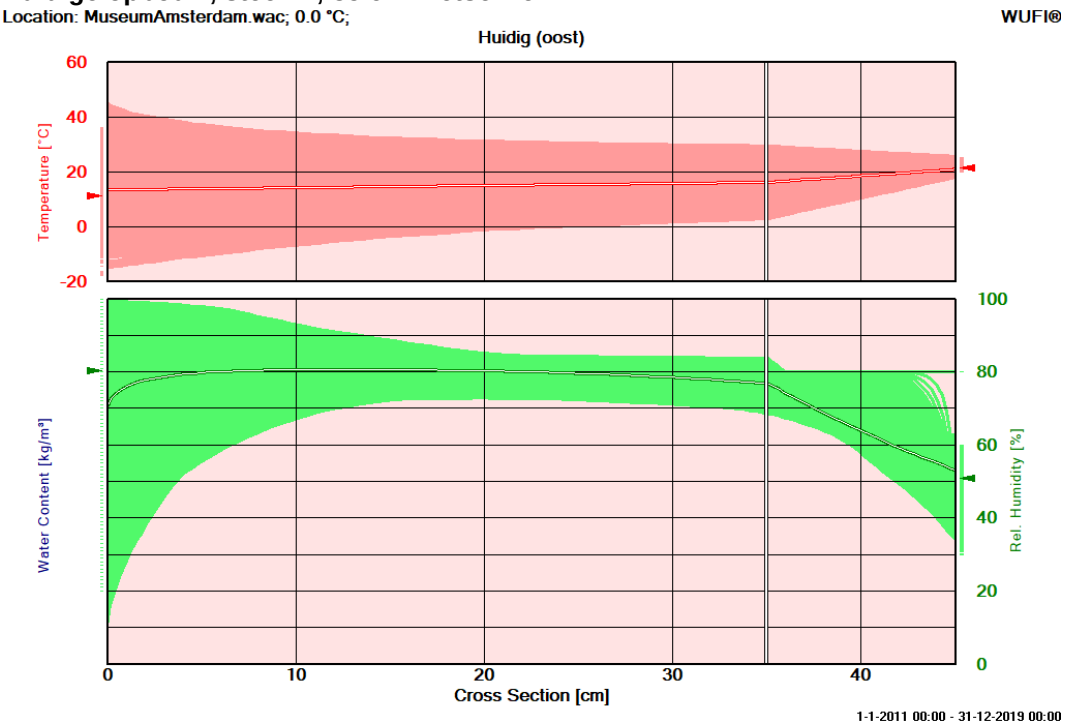
Geïsoleerd, steen 1; 35 cm metselwerk

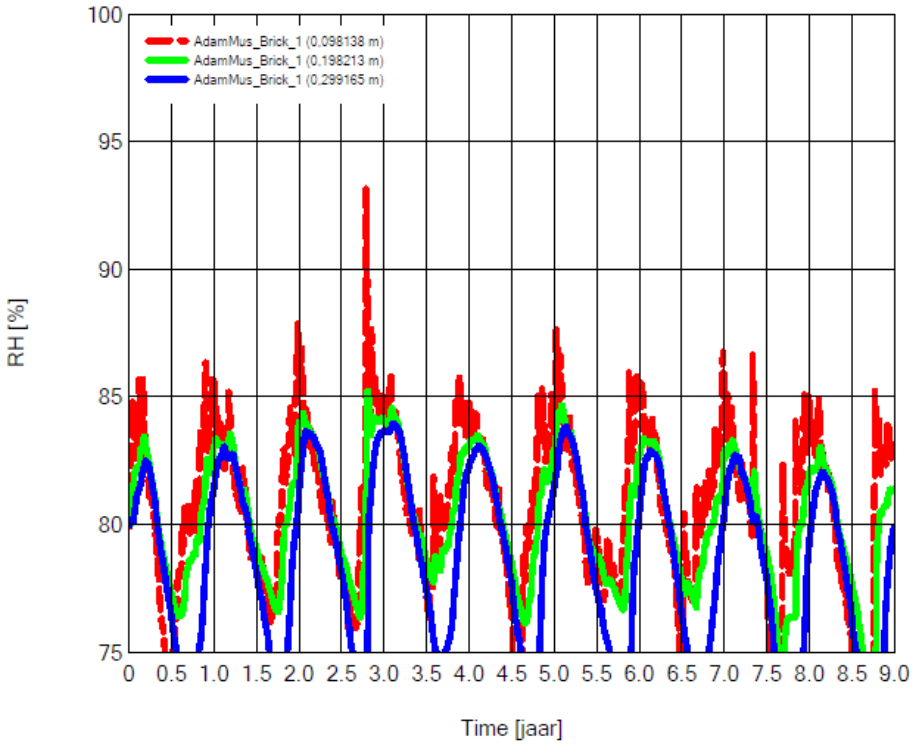




Gevels georiënteerd op het oosten

Huidige opbouw, steen 1; 35 cm metselwerk

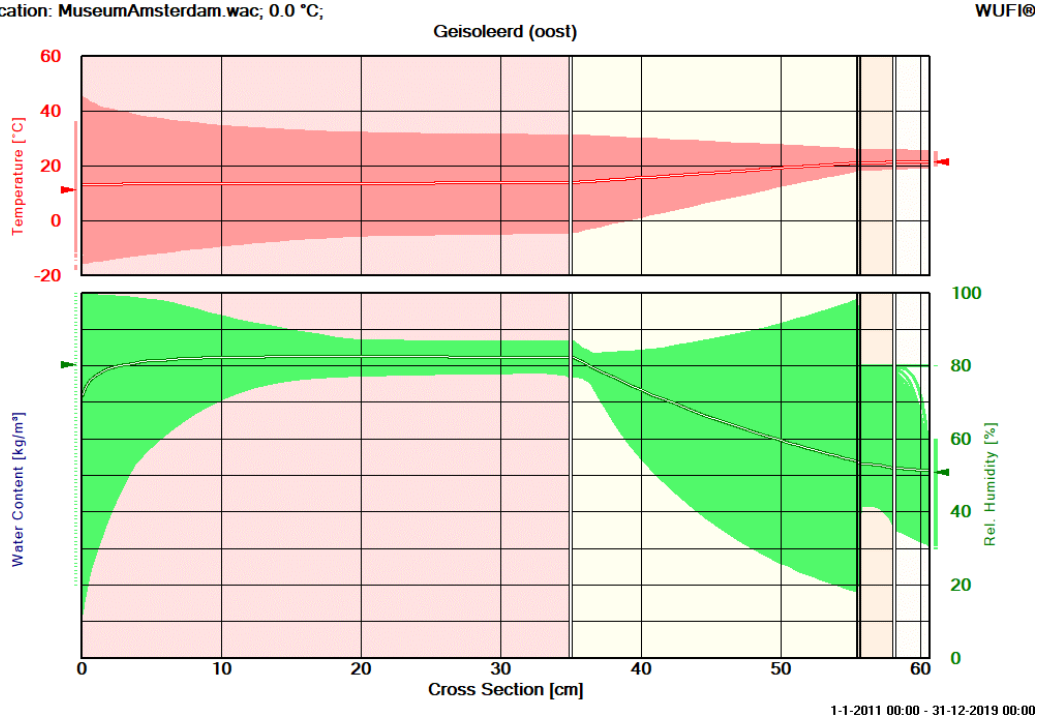


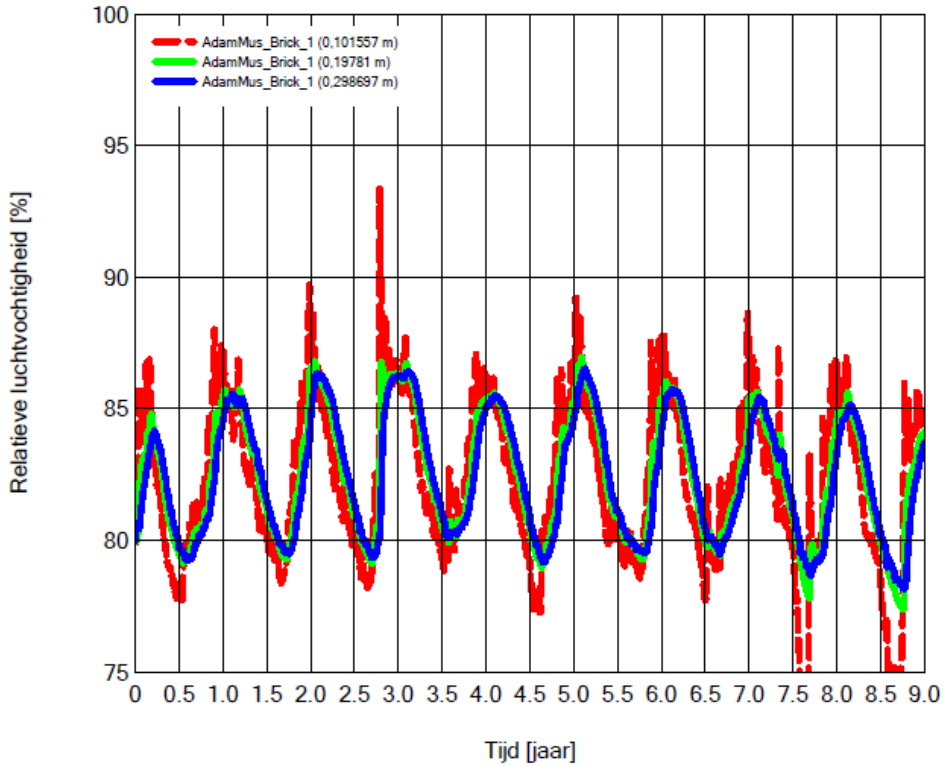


Geïsoleerd, steen 1; 35 cm metselwerk

Location: MuseumAmsterdam.wac; 0.0 °C;

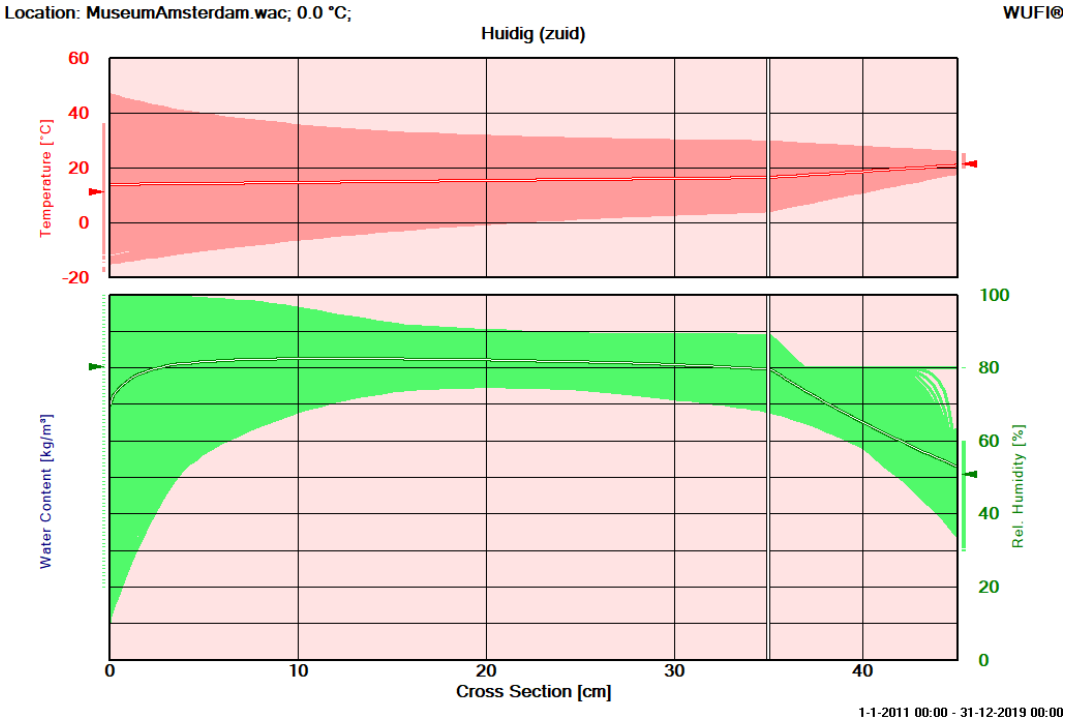
WUFI®

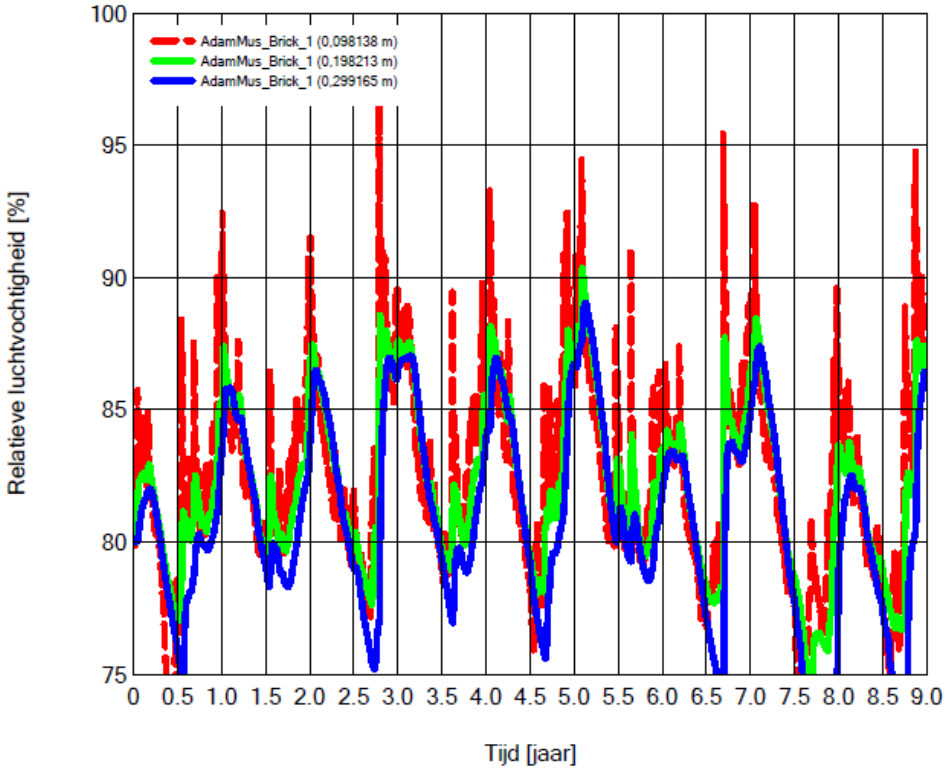




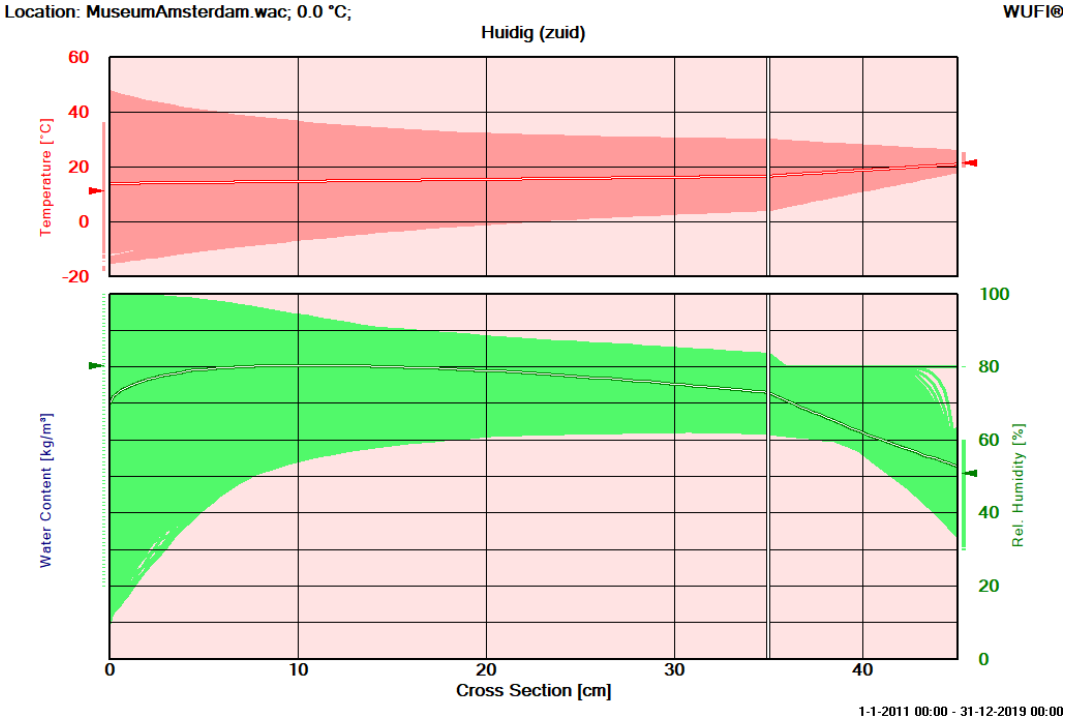
Gevels georiënteerd op het zuiden

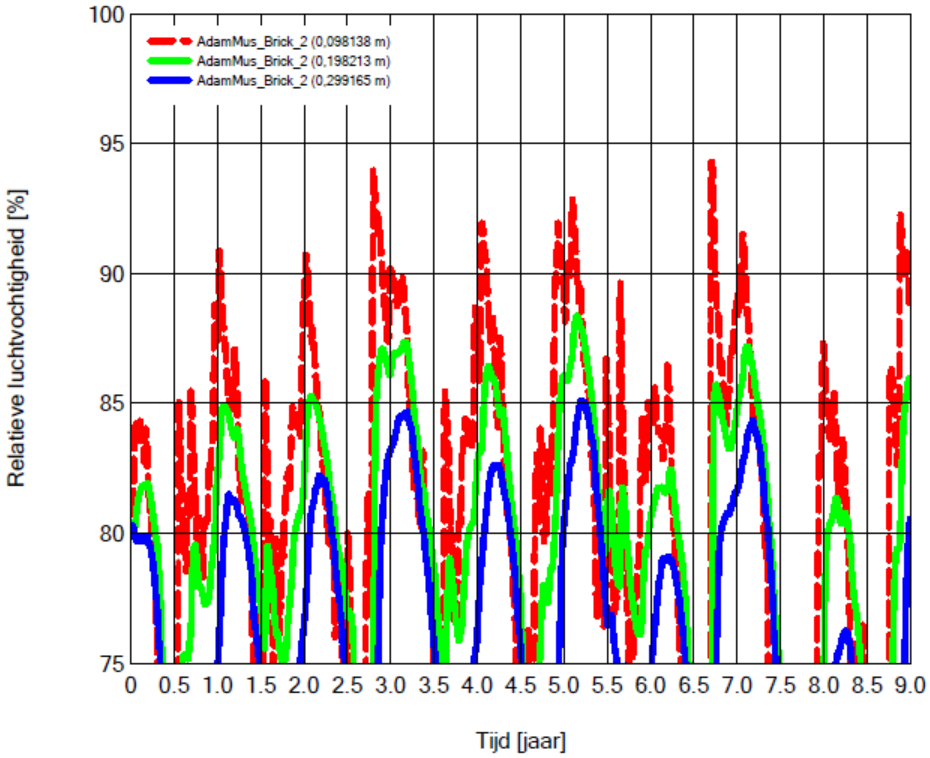
Huidige opbouw, steen 1; 35 cm metselwerk



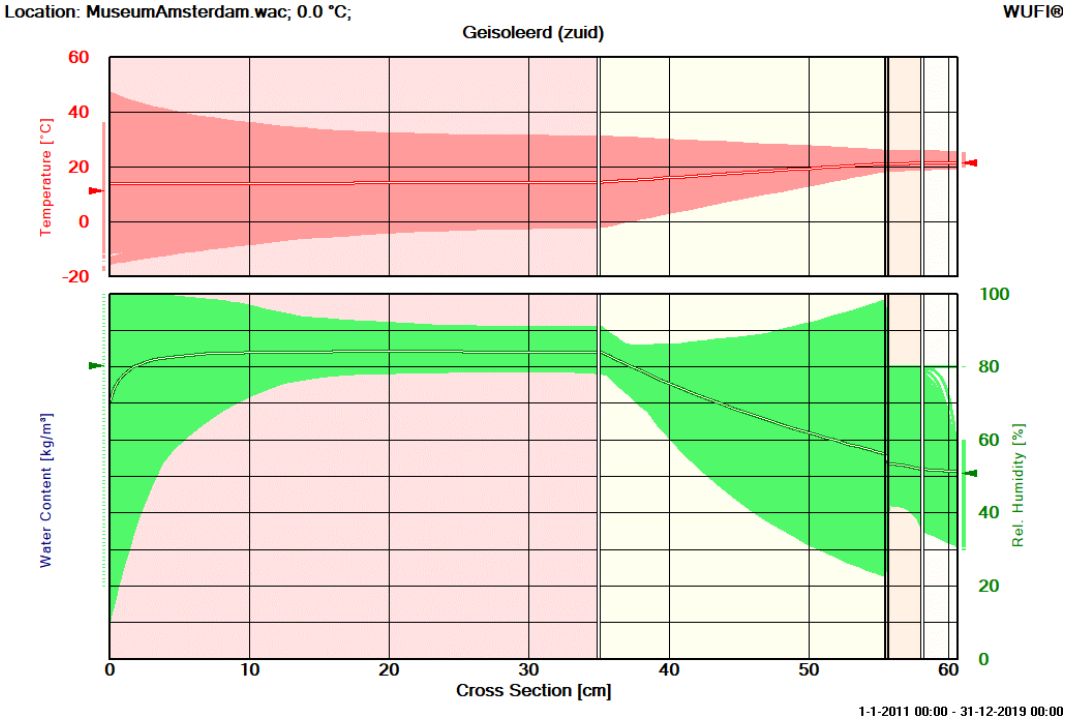


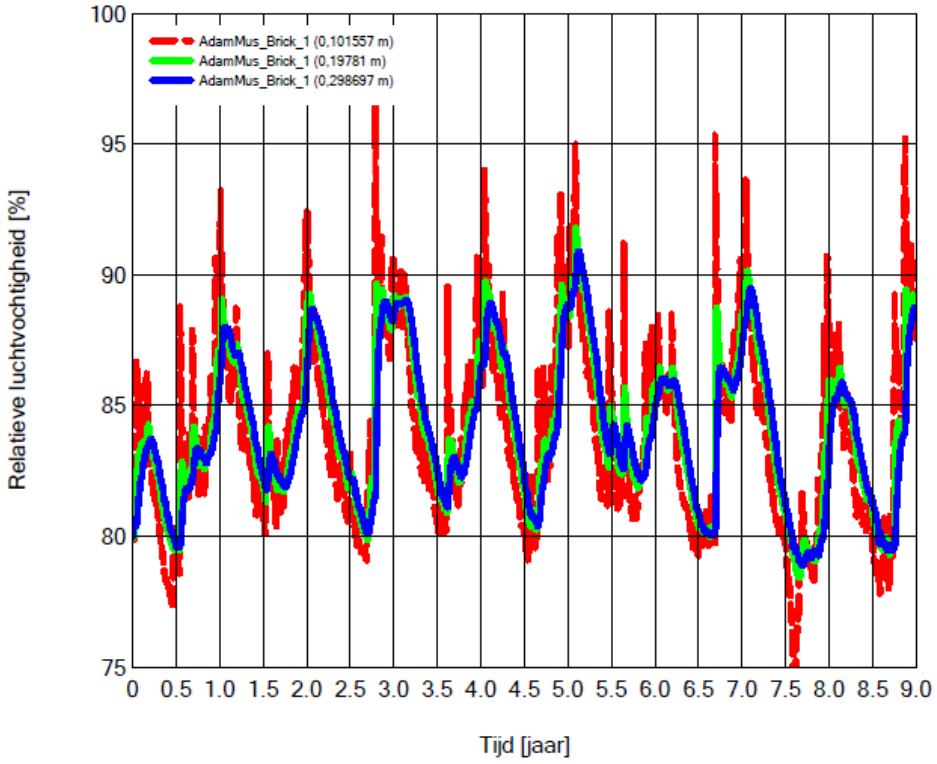
Huidige opbouw, steen 2; 35 cm metselwerk



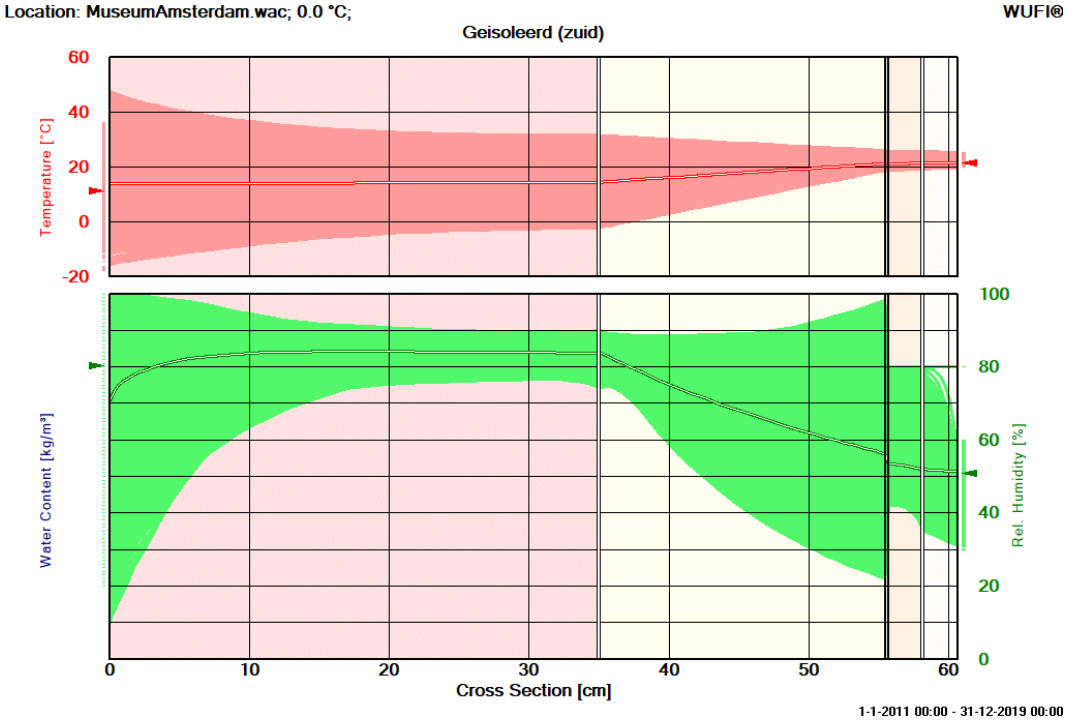


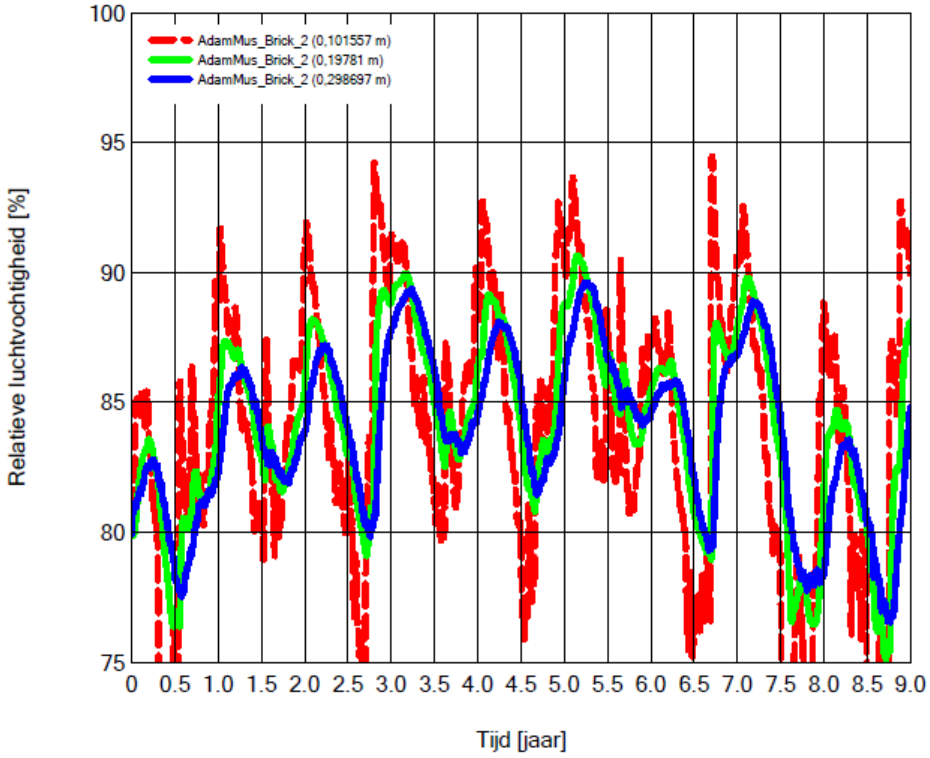
Geïsoleerd, steen 1; 35 cm metselwerk





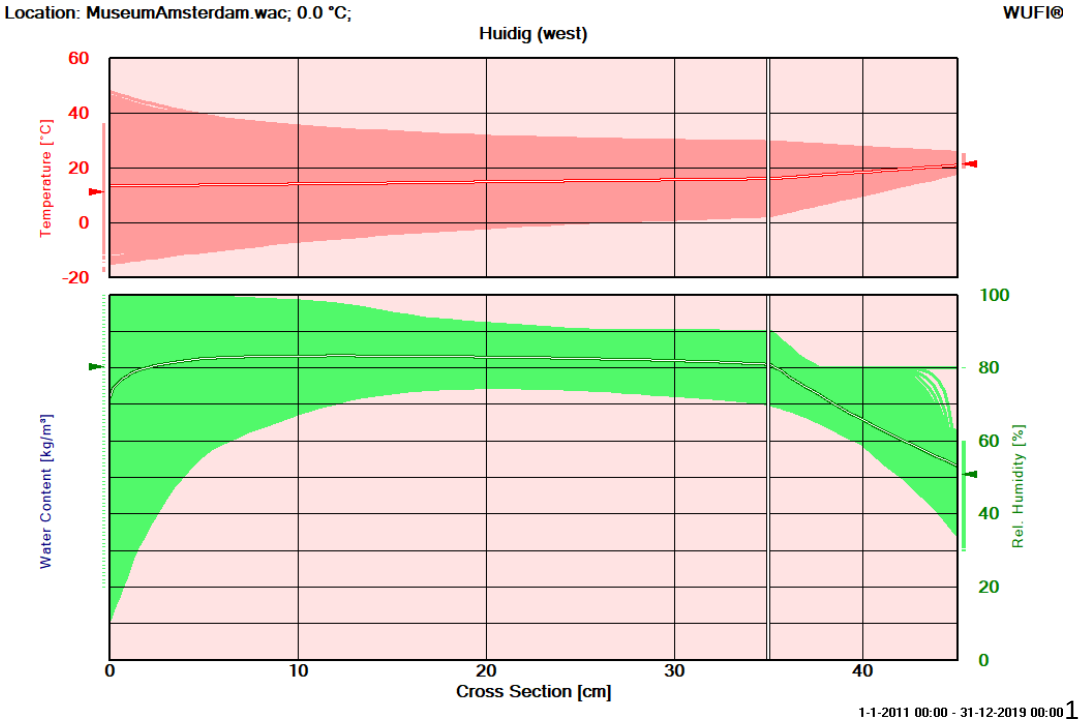
Geïsoleerd, steen 2; 35 cm metselwerk

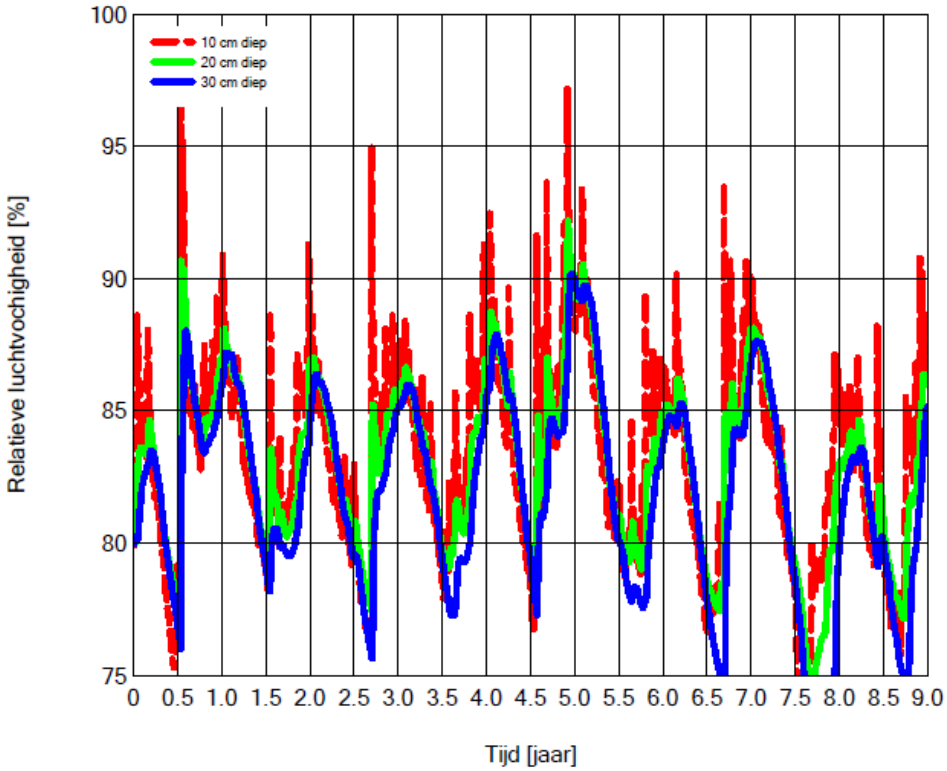




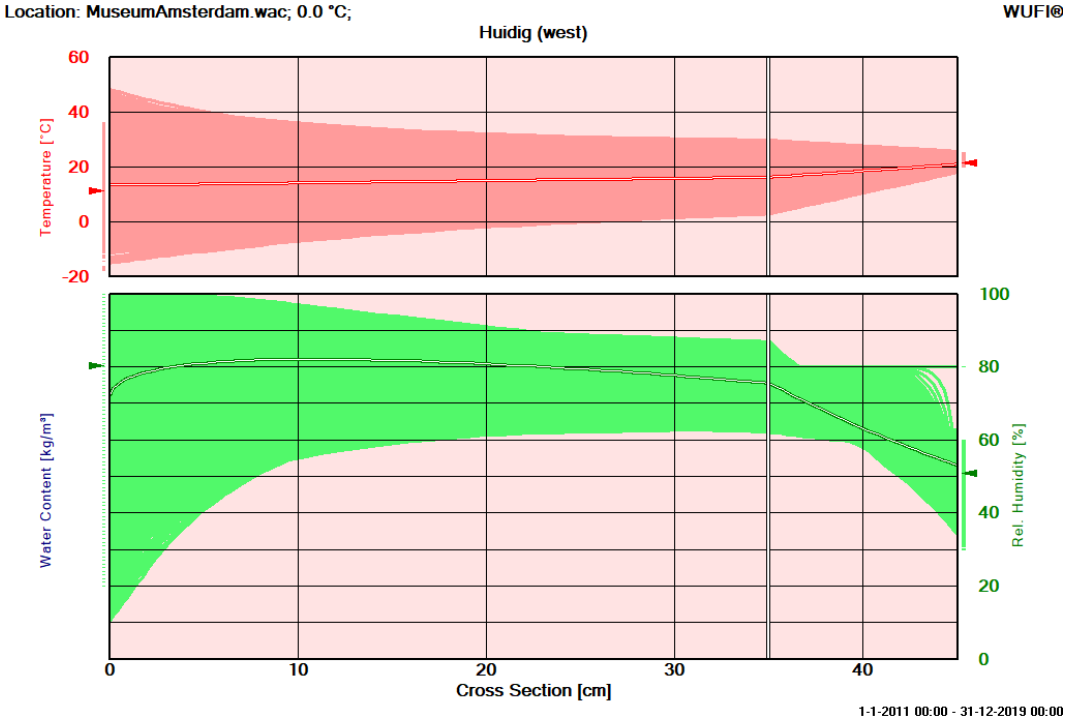
Gevels georiënteerd op het westen

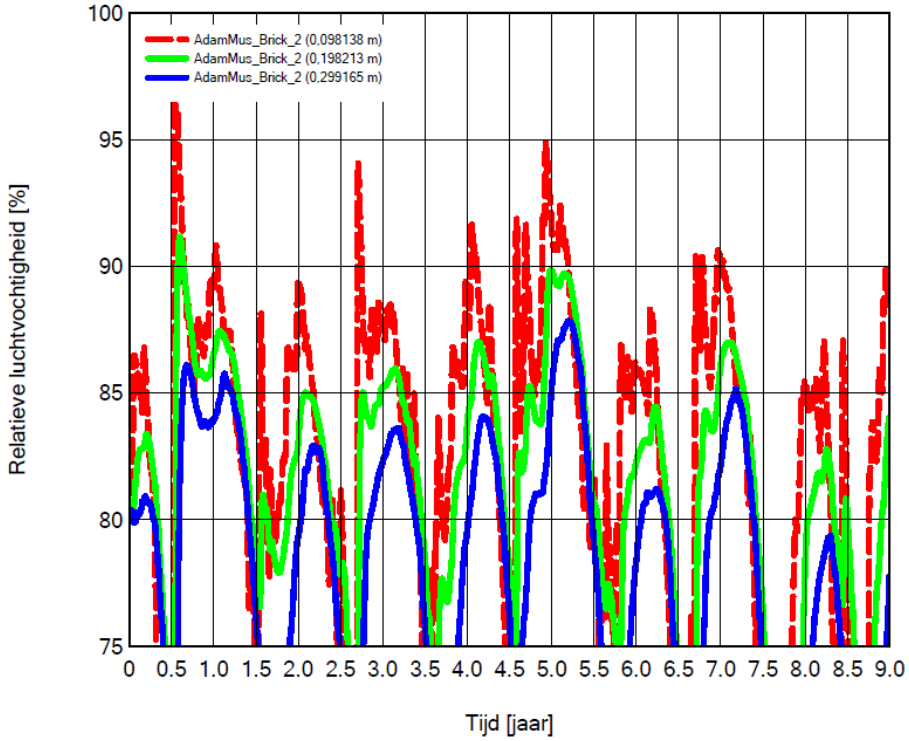
Huidige opbouw, steen 1; 35 cm metselwerk



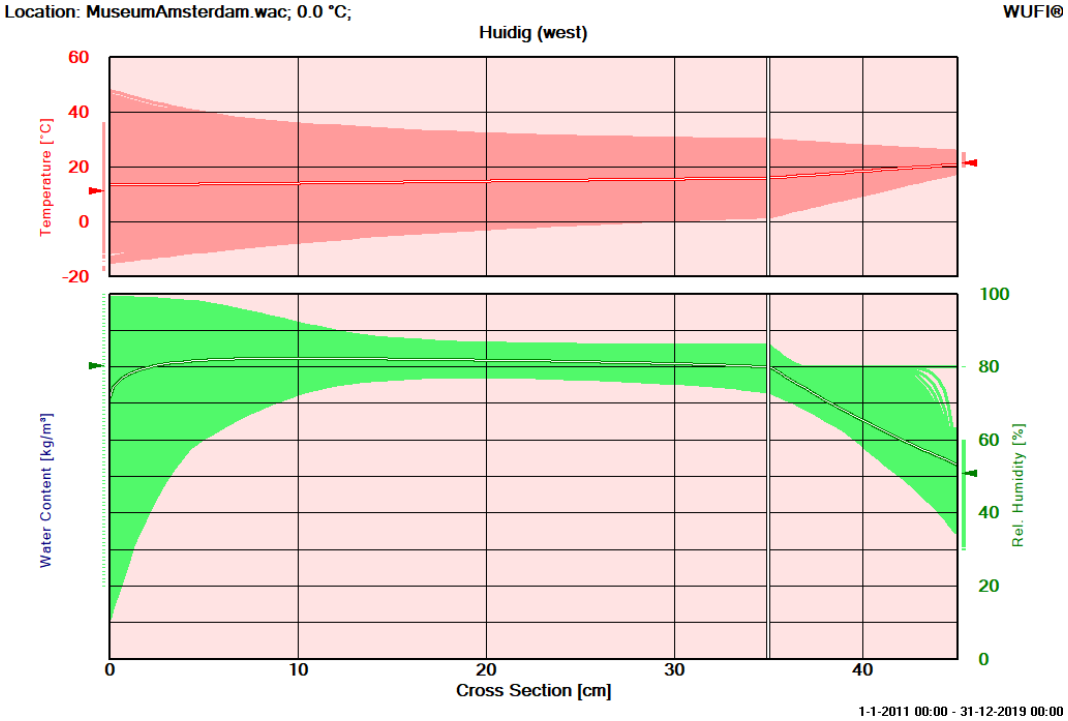


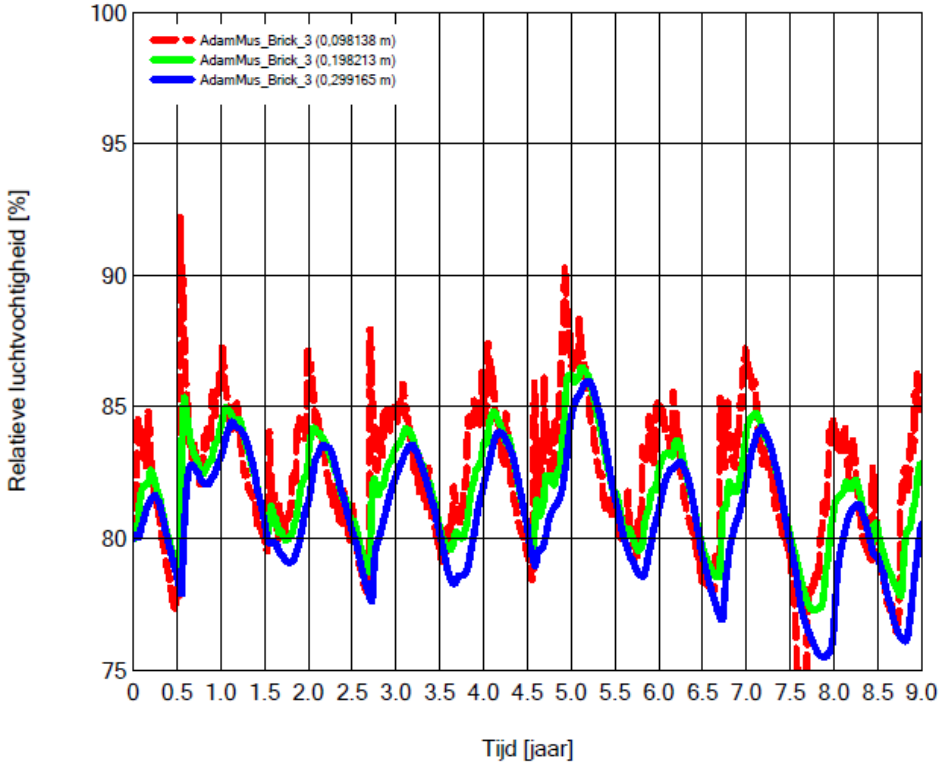
Huidige opbouw, steen 2; 35 cm metselwerk



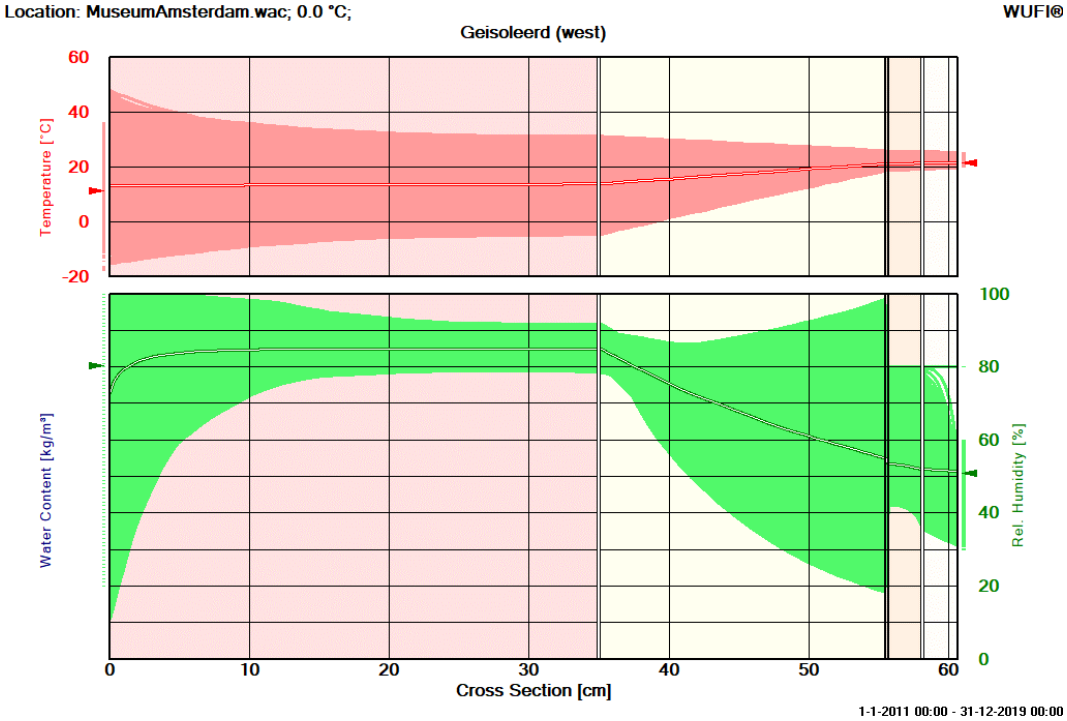


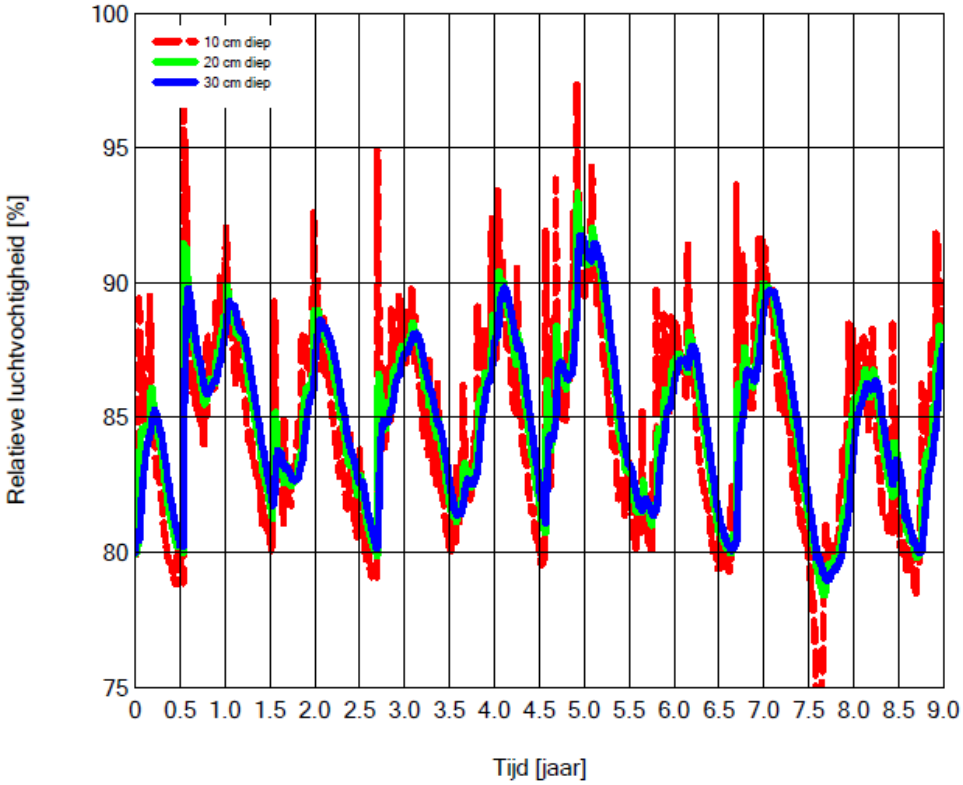
Huidige opbouw, steen 3; 35 cm metselwerk



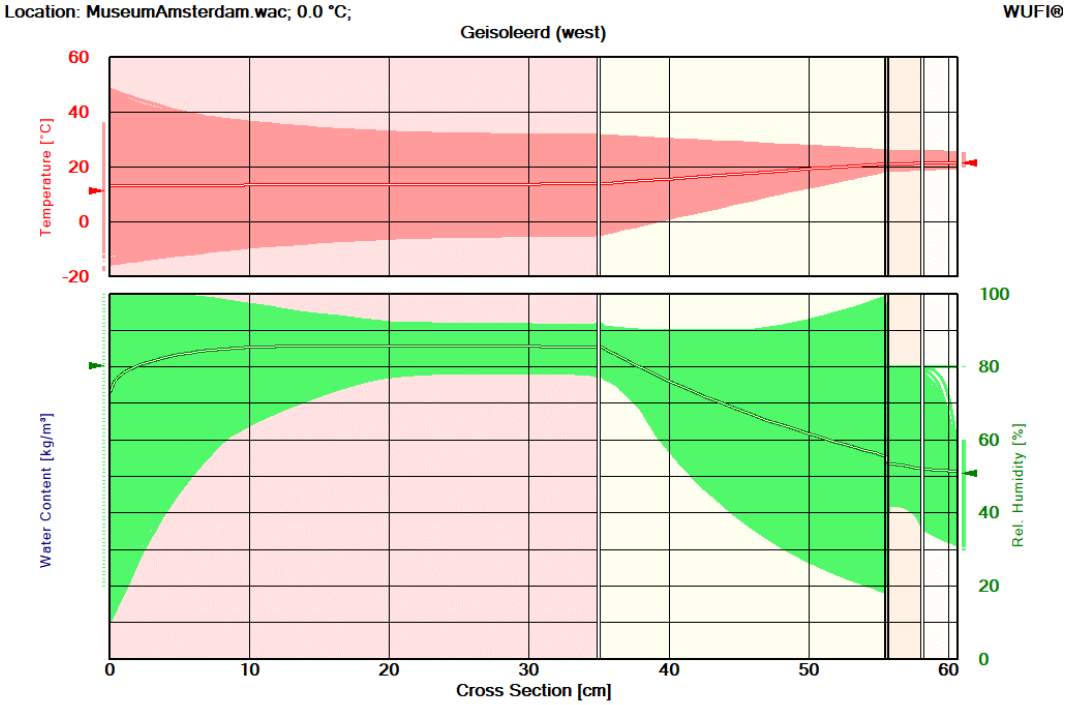


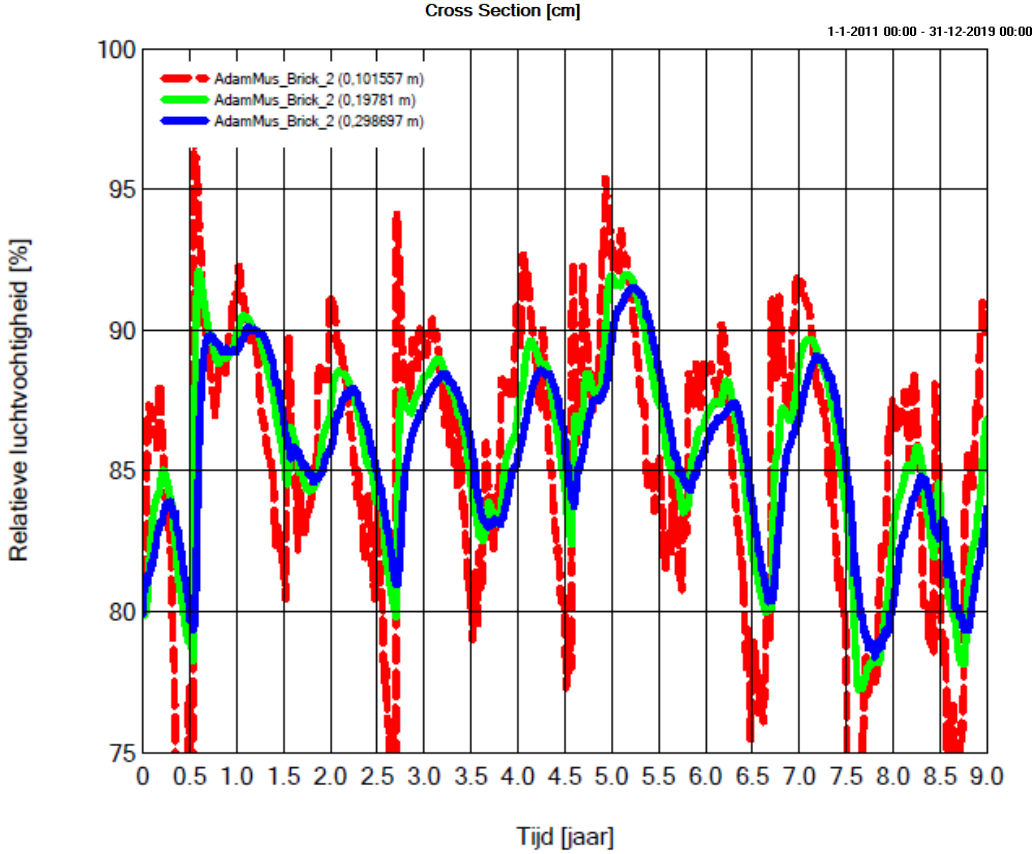
Geïsoleerd, steen 1; 35 cm metselwerk



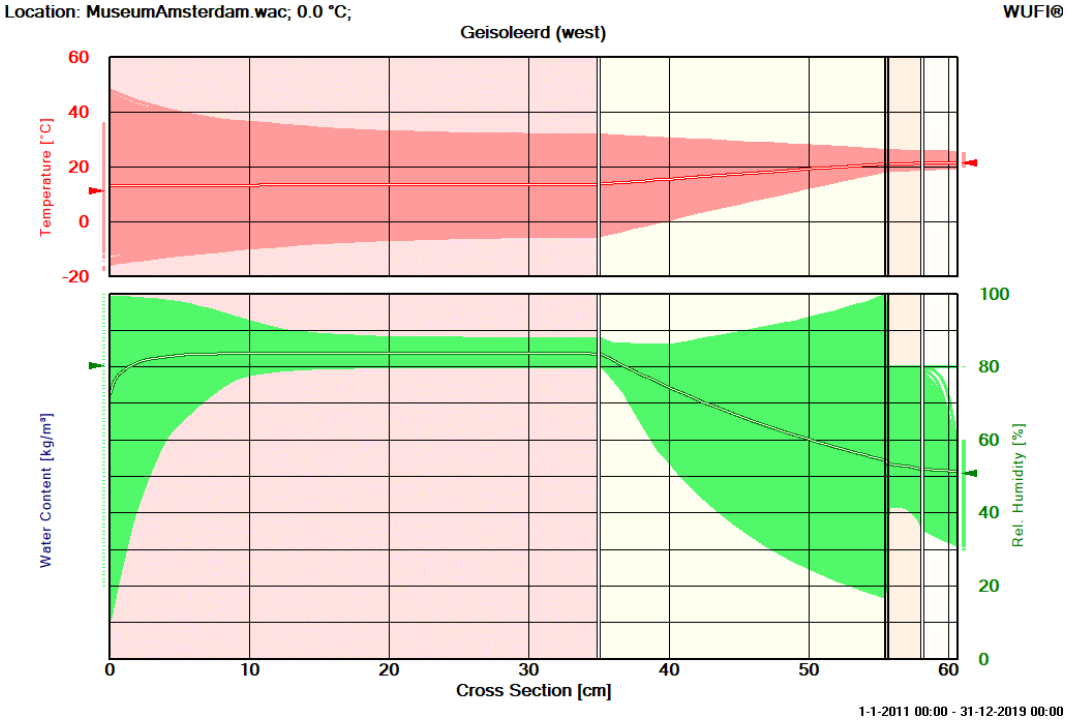


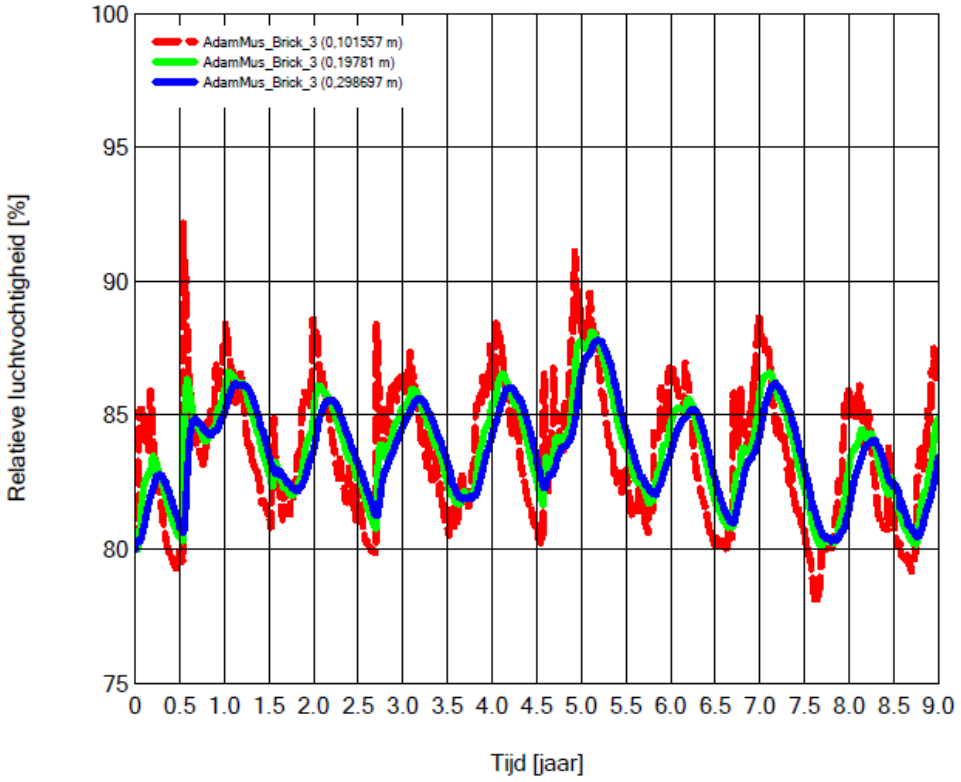
Geïsoleerd, steen 2; 35 cm metselwerk





Geïsoleerd, steen 3; 35 cm metselwerk





CompanyNameNL
LocationNameNL
AddressLine1NL
AddressLine2NL
AddressLine3NL
AddressLine4NL
AddressLine5NL
AddressLine6NL
EmailaddressNL
WebsiteNL