NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

Efectis

PEUTZ



Rapport testprogramma Building Balance Fv1.0

Building Balance

23 januari 2026

Partner in 't hart van de bouw!

Rapport Testprogramma Building Balance Fv1.0

Stichting Building Balance
C. Missetstraat 47
7005 AA Doetinchem

Vertegenwoordigd door: Sander Rutten

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V. (NRI)

Vestiging Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
info@nieman.nl
www.nieman.nl

Rapporteurs:	NRI: L.A.M. van Dijk, W. Groenevelt, S. Hegeman
Meegelezen door:	Efectis Nederland B.V. – T.G. van der Waart van Gulik Peutz B.V. – J. van der Vleuten, J. Nienhuis
Met medewerking van:	Stichting Building Balance – Sander Rutten

Wij gaan vertrouwelijk met uw gegevens om, geheel volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). Lees onze privacyverklaring.

Referentie:	20240078 / 37318
Status:	Final version Fv1.0
Datum:	23 januari 2026

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft de resultaten van een test- en onderzoeksprogramma naar het brandgedrag van biobased isolatiematerialen in houtskeletbouw, uitgevoerd in opdracht van Stichting Building Balance. Doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een technisch onderbouwde en opschaalbare benadering voor de beoordeling en toepassing van biobased isolatiematerialen, passend binnen de huidige en toekomstige kaders van regelgeving en normering.

Principes en onderzoeksopzet

Uitgangspunt van het onderzoek is dat de brandwerendheid van houtskeletbouwconstructies primair wordt bepaald door het **samenspel van beschermende lagen en draagstructuur**, en niet door individuele producteigenschappen op zichzelf. In **hoofdstuk 1** is dit uitgewerkt via het concept van initiële bescherming en beschermlijnen, dat als analytisch kader voor het gehele onderzoek fungeert.

Vanuit dit kader is in **hoofdstuk 2** vastgesteld dat het bestaande test- en beoordelingsstelsel onvoldoende is toegerust op de opschaling van biobased isolatiematerialen. De nadruk op product-specifieke testen leidt tot een hoge testdruk en beperkte uitwisselbaarheid. Aansluiting bij de ontwikkeling van **Eurocode 5 (prEN 1995-1-2:2023, Annex D)** en de daarin gehanteerde PL-classificatie biedt perspectief om materiaalgedrag op een meer generieke en berekenbare wijze te benaderen.

Teststrategie en analyse

In **hoofdstuk 3** is een gefaseerde teststrategie uitgewerkt, waarin kleinschalige materiaaltesten (SF, SBI en CRPT) systematisch zijn gekoppeld aan experimentele PL-testen en grootschalige wandbeproevingen. Deze opzet maakt het mogelijk om materiaalgedrag onder representatieve thermische belasting te volgen en de voorspellende waarde van verschillende testmethoden te beoordelen.

De analyses in **hoofdstuk 4** laten zien dat biobased isolatiematerialen, ondanks onderlinge verschillen in samenstelling en dichtheid, binnen herkenbare gedragspatronen vallen. De verplaatsing van de 300 °C-isotherm, de mate van thermische doorgang en het optreden van faalmechanismen blijken consistent te relateren aan fysische materiaaleigenschappen en inbouwcondities. Vergelijking met glaswol als referentiemateriaal maakt het mogelijk deze gedragingen te duiden binnen een bestaande PL-klasse.

In **hoofdstuk 5** wordt geconcludeerd dat de PL-benadering geschikt is om biobased isolatiematerialen te groeperen op basis van gedrag in de toepassing. De resultaten bevestigen dat kleinschalige testen, mits correct geïnterpreteerd en gecombineerd, een bruikbare indicatie geven voor het gedrag in grootschalige wandconstructies. Tegelijkertijd wordt benadrukt dat randvoorwaarden aan constructieopbouw, bevestiging en beschermende plaatlagen bepalend zijn voor de uiteindelijke brandprestatie.

Conclusies en toepasbaarheid

De conclusies in **hoofdstuk 6** laten zien dat biobased isolatiematerialen onder voorwaarden **gelijkwaardig en voorspelbaar** kunnen worden toegepast in houtskeletbouwconstructies. Op basis van de testresultaten is een constructieoverzicht opgesteld met beproefde wanden en onderbouwde varianten, waarin materialen binnen dezelfde gedragsklasse uitwisselbaar zijn, mits voldaan wordt aan vastgelegde randvoorwaarden.

Het onderzoek toont aan dat:

- het gedrag van biobased isolatiematerialen technisch goed karakteriseerbaar is;
- een gedragsgerichte teststrategie de noodzaak tot individuele producttesten kan beperken;
- en aansluiting bij prEC5 een rekenkundig en normatief perspectief biedt voor verdere verankering.

Daarnaast worden aanbevelingen gedaan voor verdere doorontwikkeling van testmethoden, uitbreiding van het constructieoverzicht en vastlegging in toekomstige richtlijnen en NTA's.

Betekenis van het onderzoek

Dit rapport levert een concreet en toepasbaar fundament voor gelijkwaardigheidsbeoordelingen, ontwerpbeslissingen en beleidsontwikkeling rond biobased isolatiematerialen. Door de combinatie van testdata, analyse en constructieve vertaling draagt het onderzoek bij aan het vergroten van vertrouwen, het reduceren van testdruk en het versnellen van de opschaling van biobased bouwen binnen randvoorwaarden van brandveiligheid.

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

Inhoudsopgave

SAMENVATTING		3
INTRODUCTIE		3
LEESWIJZER		3
Hoofdstuk 1	**Introductie van de fundamentele principes**	**5**
1.1	Bescherming via plaatlagen (first/1st defence line – P1/2 of meer)	5
1.2	Bescherming via isolatielagen (second/2nd defense line - I_{fr})	8
1.3	De draagstructuur (structural frame)	10
1.4	Bescherming via plaatlagen aan koude-/spouwzijde (cavity defense line – P1/2/of meer)	11
Hoofdstuk 2	**Testprogramma**	**12**
2.1	Aanleiding voor het onderzoek	12
2.2	Samenwerkingspartners	15
2.3	Relatie naar de onderzoekslijn bij TU München	16
2.4	Relatie met de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) en Circulaire Economie	17
2.5	Relatie met het Besluit bouwwerken leefomgeving 2024 + NEN 6069	19
2.6	Relatie met de NTA 6125 (Brandveiligheid Houtbouw)	20
2.7	Relatie met de prEC5 en PL-testen	21
2.8	Analyseplatform	22
Hoofdstuk 3	**Teststrategie**	**26**
3.1	Uitgangspunten teststrategie met thermische belasting & observatieloops	26
3.2	Testmethodiek	28
3.2.1	*Materiaalgedrag: beoordeling door kleinschalige testen*	*28*
3.2.2	*Materiaalgedrag: beoordeling door grootschalige testen*	*42*
3.3	Context & implicaties testmethoden in onderzoek	44
3.3.1	*Context nieuwe testmethoden CRPT^{850}, PL(h) & PL(v) voor de bepaling van materiaalgedrag*	44
3.3.2	*Implicaties van de testmethoden op zowel technisch als beleidsmatig vlak:*	45
3.3.3	*Implicaties isolatiemateriaal in onderzoek*	46
Hoofdstuk 4	**Analyse**	**47**

4.1	Testrapporten en meetresultaten	47
4.2	Materiaaleigenschappen SBI & CRPT[850]	50
4.3	Thermisch gedrag en gevolgschade op basis van meetgrafieken en schadebeeld	51
4.4	PL-testen	53
4.4.1	*Testrapporten en meetresultaten*	*53*
4.4.2	*Testobservatie materiaalgedrag PL(h)*	*55*
4.4.3	*Materiaalgedrag PL(v):*	*58*
4.5	Brandwerendheid	62
4.5.1	*Testrapporten en meetresultaten*	*62*
4.5.2	*Materiaalgedrag isolatie EN 1364-1 - Niet-dragende wanden*	*64*
4.5.3	*Materiaalgedrag isolatie EN 1365-1 - Dragende wanden*	*66*
4.5.4	*Materiaalgedrag 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB*	*70*
Hoofdstuk 5	**Testreflectie PL(v)- en wandtesten**	**71**
Hoofdstuk 6	**Conclusie, constructieoverzicht & verdere aanbevelingen**	**72**
6.1	Conclusies	72
6.1.1	*Testmethodes*	*72*
6.1.2	*Materiaalgedrag op het aspect '**gedrag in de toepassing**':*	*72*
6.2	Constructieoverzicht	75
6.3	Verdere aanbevelingen	77
6.3.1	*Aanbevelingen testmethoden*	*77*
6.3.2	*Verder onderzoek van de brandwerende bijdrage van stro, miscanthus en hennepscheven in wanden*	*77*
6.3.3	*Nieuwe typen biobased isolatie*	*78*
6.3.4	*Nieuwe typen platen*	*78*
6.3.5	*Nieuwe typen wanden:*	*79*
6.3.6	*Vastlegging van doorbrandsnelheden voor berekening in de nationale bijlage prEC5*	*80*
6.3.7	*Vastleggen testmethodiek in NTA Brandveilig bouwen met biobased isolatie*	*81*
6.3.8	*Gevelengineering via doelgerichte kennisontwikkeling brandklasse end-use*	*81*
Bijlage 1 -	**Materiaal-eigenschappen-SF-SBI-CRPT**	**82**
Bijlage 2 -	**Testanalyse-PL2v&h-met-CRPT**	**82**
Bijlage 3 -	**CRPT-Meetgemiddelden-2024-Efectis-R001159 Stichting Building Balance gza**	**82**
Bijlage 4 -	**Testanalyse-Matrix**	**82**
Bijlage 5 -	**Constructieoverzicht**	**82**

DANKWOORD

INTRODUCTIE

Binnen het huidige stelsel van Europese product- en systeemtesten worden materialen primair individueel beoordeeld. Deze benadering biedt onvoldoende houvast om biobased isolatiematerialen onderling te vergelijken, te groeperen of uitwisselbaar toe te passen binnen houtskeletbouwconstructies. Dit leidt tot een grote testdruk, beperkte voorspelbaarheid van prestaties en terughoudendheid bij ontwerpers, bouwers en bevoegd gezag.

Stichting Building Balance heeft daarom het initiatief genomen tot dit test- en onderzoeksprogramma, met als doel het ontwikkelen en valideren van een alternatieve teststrategie voor biobased isolatiematerialen. Het programma richt zich op het karakteriseren van materiaalgedrag onder representatieve thermische belasting en het plaatsen van dat gedrag in de context van constructieve brandveiligheid. Daarbij is expliciet aansluiting gezocht bij de ontwikkeling van **Eurocode 5 (prEN 1995-1-2:2023, Annex D)** en de daarin gehanteerde PL-classificatie voor isolatiematerialen.

Het onderzoek verschuift de focus van het individuele product naar het **gedrag van materialen in de toepassing**, binnen houtskeletbouwconstructies. Door gebruik te maken van een gefaseerde teststrategie – van kleinschalige materiaaltesten tot grootschalige wandbeproevingen – wordt inzicht verkregen in:

- het thermisch en fysisch gedrag van biobased isolatiematerialen;
- de bijdrage van deze materialen aan de brandwerendheid van wanden; en
- de mate waarin materialen binnen eenzelfde gedragsklasse gelijkwaardig kunnen worden toegepast.

De resultaten vormen de basis voor een constructieoverzicht met toepasbare wandopbouwen en leveren input voor gelijkwaardigheidsbeoordelingen, verdere normontwikkeling en beleidsmatige verankering. Daarmee beoogt dit rapport bij te dragen aan een beter onderbouwde, efficiëntere en opschaalbare toepassing van biobased isolatiematerialen in de Nederlandse bouwpraktijk.

LEESWIJZER

Dit rapport is opgebouwd langs de logica van **principe → teststrategie → analyse → toepassing**:

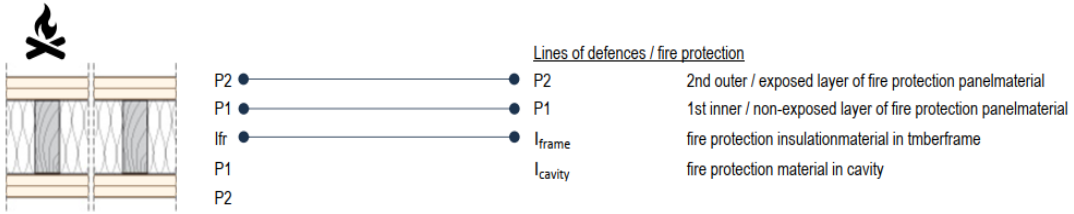
- **Hoofdstuk 1** beschrijft de fundamentele principes van initiële bescherming in houtskeletbouw en introduceert het concept van beschermlijnen (defense lines) dat als uitgangspunt dient voor het gehele onderzoek.
- **Hoofdstuk 2** behandelt de aanleiding en positionering van het testprogramma, inclusief de relatie met regelgeving (Bbl), normontwikkeling (prEC5) en lopende internationale onderzoekslijnen.

- Hoofdstuk 3 licht de gehanteerde teststrategie en methodiek toe, waaronder de gefaseerde opbouw van kleinschalige materiaaltesten (SF, SBI, CRPT) naar PL-testen en grootschalige wandbeproevingen.
- Hoofdstuk 4 presenteert de analyse van de testresultaten en het waargenomen materiaal- en systeemgedrag onder brandbelasting.
- Hoofdstuk 5 reflecteert op de resultaten van de PL- en wandtesten in relatie tot toepassingsmogelijkheden.
- Hoofdstuk 6 bevat de conclusies, het constructieoverzicht en aanbevelingen voor verdere toepassing, onderzoek en normering.

Voor lezers die primair geïnteresseerd zijn in **toepassing en toetsing** volstaan hoofdstuk 1, 2 en 6.
Voor lezers die betrokken zijn bij **ontwerp, beoordeling** of **normontwikkeling** is kennisname van hoofdstuk 3 tot en met 5 essentieel.

Hoofdstuk 1 Introductie van de fundamentele principes

Om de brandwerendheid van houten elementen (ook wel hout- of hsb-constructies of hsb-elementen) te garanderen moeten beschermingssystemen worden toegepast, naast de functionele doelstelling dat de betreffende constructie ook tegen een stootje moet kunnen (tegen huishoudelijke impactbelasting) en esthetisch afgewerkt moet kunnen worden. De brandwerendheid van houtskeletbouwelementen wordt hoofdzakelijk op 3 niveaus of beter gezegd beschermlijnen (defense lines) gerealiseerd, namelijk:



Figuur 1: De initiële bescherming (defense lines) van houtskeletbouwelementen door beschermend plaatmateriaal.

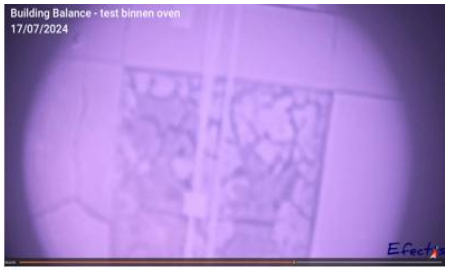
1.1 Bescherming via plaatlagen (first/1st defence line – P1/2 of meer)

Houtconstructies worden voorzien van een of meerdere lagen brandwerend materiaal. Dit betreft voornamelijk plaatmateriaal in de vorm van gipsvezelplaten, (vezelversterkt) gipskarton en houtplaten (OSB, spaanplaat, multiplex) of een mix daarvan. De effectiviteit van deze beschermlaag wordt onder andere bepaald door de dikte, weerbaarheid tegen brand en productstabiliteit (het heel en samenhangend blijven van een plaatlaag) van de materialen. Bovendien speelt de hechting/verbinding of beter gezegd ‘de positiestabiliteit’ tussen de verschillende lagen onderling en/of met de onderconstructie een essentiële rol in de effectiviteit van het systeem.

De plaatlaag vormt nagenoeg altijd de eerste en tevens belangrijkste beschermlijn van de houtconstructie, die tevens voorziet in de bescherming van de daarachter gelegen beschermlagen.



Koelend tussen 17-20min
Positiestabiliteit tussen 20-30min



Koelend tussen 20-30 min
Positiestabiliteit tussen 26-35min

Figuur 2: Brandwerendheid van dragende wanden wordt primair geregeld (85-90%) via het brandbeschermend vermogen van plaatlagen (in dit geval 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB).

De wijze van de functionele bescherming van plaatlagen bij brand wordt bepaald door verschillende factoren:

- Thermische bescherming – enerzijds door het koelend vermogen van een plaat dat ontstaat door de omzetting van het vrije vocht in waterdamp, ook wel evaporatie genaamd, met een piek in de soortelijke warmte van het materiaal tot gevolg. Anderzijds doordat er sprake is van slechte, thermische geleiding (lage warmtegeleidingscoëfficiënt).
- Productstabiliteit – het heel en samenhangend blijven van een plaat. Hierdoor werkt een plaatlaag tot en met het moment van het instabiel worden van de plaat (bijvoorbeeld massaverlies door inbranden van houten platen, waardoor deze steeds dunner worden en/of het gaan scheuren van gipsplaten door het verliezen van het kristal gebonden vocht, waardoor de gipsmoleculen uit elkaar vallen (calcineren)).
- Positiestabiliteit – het op positie blijven zitten van een plaatlaag op de onderconstructie door de reeks van bevestigingsmiddelen (schroeven, nieten of nagels). Deze mogelijkheid wordt tijdens de brandduur negatief beïnvloed door krimp van de beplating in combinatie met het ontstaan van productinstabiliteit. Krimp van de plaat kan ervoor zorgen dat de kant van de plaat uitbreekt ter plaatse van de bevestigingsmiddelen, waardoor de plaat los gaat zitten en uiteindelijk weg kan vallen. Bij productinstabiliteit valt de plaat uit elkaar waardoor grove plaatstukken aan de brandzijde wegvallen of bij het doorbranden van houten platen ontstaan fysieke gaten (het materiaal is lokaal, volledig verbrand).

Binnen de Europese classificatienorm EN 13501-2 wordt het beschermend vermogen (Fire Protection Ability) van wandbekleding (zoals plaatproducten) bij brand, uitgedrukt in een bepaalde “K” classificatie. In de context van het beschermen van houten elementen wordt hiervoor door de bijbehorende Eurocode gebruik gemaakt van de term t_{ch}, en voor de productstabiliteit de term $t_{f,pr}$. De waarden t_{ch} en $t_{f,pr}$ zijn voor enkele plaatproducten uitgewerkt in tabel 6.1 en 6.2 van prEN 1995-1-2:2023 (of prEC5); zie onderstaand figuur 3.

- K - Fire Protection Ability (K_2 10, K_2 30 en K_2 60) van de wandbekleding, bepaald volgens EN 14135 en geclassificeerd volgens EN 13501-2
- t_{ch} - Start time of charring on the fire exposed side (behind the fire protection system)
- $t_{f,pr}$ - Failure time of the fire protection system

Table 6.1 — Start time of charring t_{ch} and failure time of the fire protection systems $t_{f,pr}$ on linear timber members, vertical plane timber members or vertical timber frame assemblies

Panels	Thickness of the fire protection system [mm] [a]		Fire protection system backed by insulation [b]		Fire protection system backed by panel [b,c]	
	layer 1 h_1	layer 2 h_2	t_{ch} [min]	$t_{f,pr}$ [min]	t_{ch} [min]	$t_{f,pr}$ [min]
GPB Type A	12,5	-	15	20	21	22
	15	-	21	25	28	28
	18	-	28	32	35	35
	12,5	12,5	28	41	38	45
	15	15	37	50	49	55
	18	18	47	61	61	67
GPB Type F	12,5	-	15	32	21	35
	15	-	21	44	28	48
	18	-	28	58	36	63
	12,5	12,5	39	60	49	66
	15	15	50	82	61	90
	18	18	64	108	76	119
GPB Type F + Type A (Type F is layer 1)	12,5	12,5	39	60	49	66
	15	12,5	45	71	56	78
GFB	12,5	-	15	26	21	29
	15	-	21	36	28	39
	18	-	28	47	36	52
	12,5	12,5	39	50	49	55
	15	15	50	69	61	76
	18	18	63	91	76	100
RPB	18	-	19	19	27	27
OSB	18	-	16	16	21	21
PW	18	-	12	12	16	16
GPB Type A + PW	12,5	18	29	29	30	30
GPB Type F + PW	15	18	49	49	49	49
SWP	18	-	17	17	26	26
LVL panel	27	-	29	29	41	41

[a] Layer 1 is at the fire exposed side.

[b] When the layers are backed by a void cavity with a thickness of 40 mm or more, the following values should be used:
— start time of charring for layers backed by insulation;
— failure time for layers backed by panel.

[c] When the layers are backed by a vertically or horizontally oriented linear member, the values for layers backed by a panel should be used.

Table 6.2 — Start time of charring t_{ch} and failure time of the fire protection systems $t_{f,pr}$ on horizontal plane timber members or horizontal timber frame assemblies exposed to fire from below

Panels	Thickness of the fire protection system [mm] [a]		Fire protection system backed by insulation [b]		Fire protection system backed by panel	
	layer 1 h_1	layer 2 h_2	t_{ch} [min]	$t_{f,pr}$ [min]	t_{ch} [min]	$t_{f,pr}$ [min]
GPB Type A	12,5	-	15	17	20	20
	15	-	21	22	27	27
	18	-	28	29	34	34
	12,5	12,5	28	29	35	35
	15	15	37	38	45	45
	18	18	47	48	58	58
GPB Type F	12,5	-	15	25	21	30
	15	-	21	28	28	34
	18	-	28	32	36	39
	12,5	12,5	39	52	49	63
	15	15	50	60	61	72
	18	18	64	69	76	83
GPB Type F + Type A (Type F is layer 1)	12,5	12,5	39	52	49	63
	15	12,5	45	56	56	67
GFB	12,5	-	15	23	21	28
	15	-	21	26	28	32
	18	-	28	30	36	36
	12,5	12,5	39	46	49	55
	15	15	50	53	61	63
	18	18	61	61	73	73
RPB	18	-	19	19	27	27
OSB	18	-	16	16	21	21
PW	18	-	12	12	16	16
GPB Type A + PW	12,5	18	28	28	28	28
GPB Type F + PW	15	18	40	40	42	42
SWP	18	-	17	17	26	26
LVL panel	27	-	29	29	41	41

[a] Layer 1 is at the fire exposed side.

[b] When the layers are backed by a void cavity with a thickness of 40 mm or more, the following values should be used:
— start time of charring for layers backed by insulation;
— failure time for layers backed by insulation increased by 10 %.

Figuur 3: Tabel 6.1 & 6.2 prEN 1995-1-2:2023

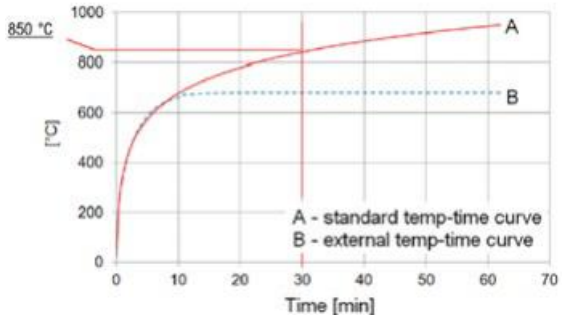
1.2 Bescherming via isolatielagen (second/2nd defense line - I_{fr})

Houtconstructies worden voor thermische en akoestische prestaties voorzien van een isolatiemateriaal. Voor de akoestische verbetering betreft dit bij voorkeur een zacht materiaal met een relatief open, vezelachtige structuur en een lage luchtstromingsweerstand, zoals minerale wol, cellulose, houtvezel, hennepwol of gelijksoortig. De isolatiematerialen hebben ook een beschermende werking voor de draagconstructie en de achterliggende plaatmaterialen.

De effectiviteit van deze beschermlaag wordt, net als bij de plaatlagen, onder andere bepaald door de dikte en de weerbaarheid tegen brand van de materialen. Bovendien speelt de productstabiliteit en de positiestabiliteit tussen de houtconstructie een essentiële rol in de effectiviteit van het systeem.

De isolatielaag vormt nagenoeg altijd de tweede beschermlijn van de wandconstructie, die tevens voorziet in de (zijdelingse) bescherming van de houtconstructie en de daarachter gelegen beschermlagen. Deze beschermlaag kent een zeer grote variatie in het beschermende vermogen; van brandbaar en niet of nauwelijks beschermend tot en met onbrandbaar en beschermend met een hoog smeltpunt boven 1000 °C (zoals steenwol) en alle varianten daartussenin.

Figuur 4: Ontwikkelde (oven)temperatuur van de standaard brandkromme op 30 min. van praktisch 850 °C



Doordat de isolatielaag in essentie altijd wordt beschermd door een plaatlaag, is de thermische belasting op het isolatiemateriaal en/of het stijl- en regelwerk na het wegvallen van de plaatlaag altijd hoger dan de startfase van een brand. Voor de testsimulatie wordt om die reden uitgegaan van een temperatuur van 850 °C, die praktisch overeenkomt met de ontwikkelde (oven)temperatuur van de standaard brandkromme op 30 min (zie figuur 4 links).

Deze hogere thermische belasting en/of vlamcontact van de isolatie vormt ook de directe reden waarom bepaalde isolatiesoorten wel of niet goed in staat zijn tot een aanvullende bescherming van de daarachter gelegen plaatlaag.

Binnen de eurocode prEN 1995-1-2:2023 wordt de mate van bescherming conform tabel 5.5 opgedeeld in drie (3) klassen (zie figuur 5 rechts). De verdeling is gebaseerd op de testmethodiek Annex D - PL-klassering, die daarvoor de onderstaande classificatiewijze hanteert:

- PL1 If $T_{mean,60} \leq 300$ °C
- PL2 If $T_{mean,45} < 300$ °C and $T_{mean,60} > 300$ °C
- PL3 If $T_{mean,45} \geq 300$ °C

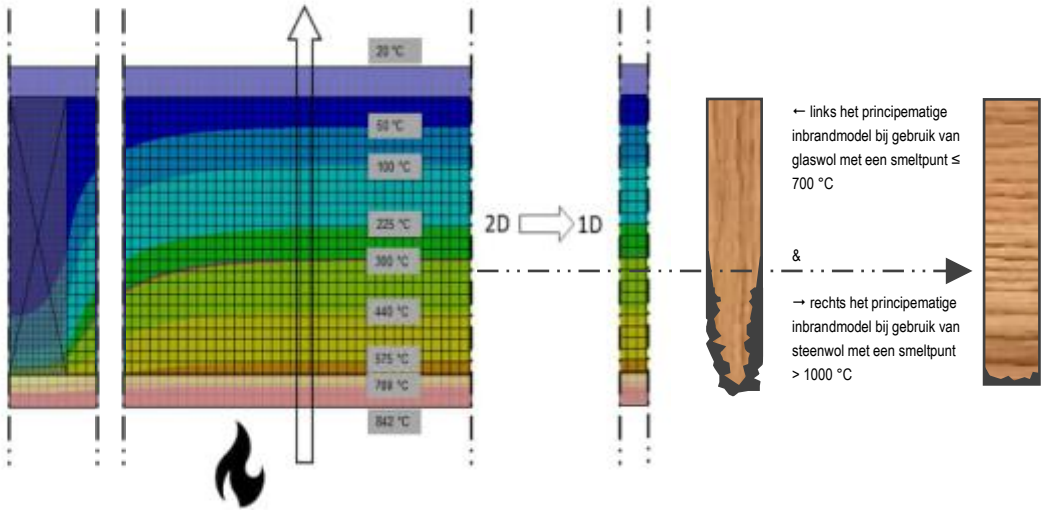
Table 5.5 — Protection level PL for cavity insulation materials

Protection level PL	Insulation material	Requirement
PL1	Stone wool	$\rho \geq 26$ kg/m³
PL2	Glass wool	$\rho \geq 14$ kg/m³
	Wood fibre	$\rho \geq 50$ kg/m³
	Loose-fill cellulose fibre	$\rho \geq 50$ kg/m³
	Loose-fill wood fibre	$\rho \geq 35$ kg/m³
PL3	Expanded polystyrene (EPS) Extruded polystyrene (XPS) foam Polyurethane (PUR) foam Polyisocyanurate (PIR) foam	-
	Not assessed insulation materials	-
where ρ is the density, in kg/m³.		

Figuur 5: Tabel 5.5 prEN 1995-1-2:2023

De classificatie bekijkt de verplaatsingssnelheid van de 300 °C isotherme temperatuur door het isolatiemateriaal heen. Verondersteld wordt dat met het passeren van deze thermische lijn op een bepaalde diepte, geen bescherming meer plaatsvindt van de naastgelegen houtstructuur op diezelfde diepte, met inbegrip van het eigen isolatiemateriaal.

Dissertation: „Beurteilung der raumabschließenden Funktion brandbeanspruchter Holzbauteile mittels einer Component Additive Method“
Ein analytisches und numerisches Modell für den Raumabschluss (TUM)
Das maximale Grenzkriterium für die Schutzzeit von Holz- und Holzwerkstoffen (t_{prot}) wird entsprechend dem Beginn des Abbrandes nach DIN EN 13381-7:2019-06 auf 300 °C festgelegt.



Figuur 6: Het linker figuur is gebaseerd op figuur 3-14 van het TUM rapport, aangevuld met het inbrandmodel van een houten stijl in de structuur: Voorbeeld van een temperatuurverloop van een component op tijdstip t = 30 min vanaf de vuurbelaste zijde naar de koude zijde van een wand met een gipsplaatbekleding type F (EN 520), en spouwisolatie van minerale wol en een houtskelet. (Het temperatuurverloop wordt getoond bij het erop blijven zitten van de plaat, 15 mm gipskartonplaat type F met t_{ch} en $t_{f,pr}$ van 21/44 en bijvoorbeeld een biobased isolatiemateriaal of glaswol en bij het gebruik van steenwol).

Bij een PL1 klasse gaat de verplaatsingssnelheid van de 300 °C isotherme temperatuur door het isolatiemateriaal het traagst, waardoor deze een goede bijdrage kan leveren aan de brandwerendheid van een constructie (zoals bijv. steenwol) en effectieve bescherming van het houtskelet biedt (door uitstellen van het zijdelings inbranden van het hout, waardoor praktisch alleen van inbranden op de stijlvoorzijde sprake is), bij PL2 betreft dit een beperkte bijdrage (zoals bijv. bij glaswol, waardoor de temperatuur dieper doordringt in de constructie, zoals weergegeven in figuur 6) en bij PL3 geeft het isolatiemateriaal geen bijdrage.

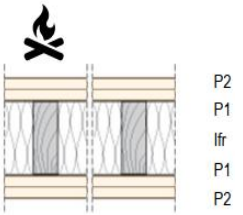
1.3 De draagstructuur (structural frame)

De draagstructuur (houtskelet/structural frame) van de houtconstructies wordt gevormd door het samenwerkende geheel van houten stijlen en regels. Het houtskelet dient als kapstok waarin en waarop de isolatie en de plaatlagen wordt aangebracht. De effectiviteit van houtskelet wordt voornamelijk bepaald door de toegepaste houtbreedte en -diepte (bijv. vuren bouwhout 38x89 mm SLS/CLS). Bij dunne (binnen)wanden is met name de houtbreedte voor de stabiliteit van de wand maatgevend. Bij dikke (buiten)wanden wordt de stabiliteit van de wand ook gunstig beïnvloed door de sectiediepte (bijv. vuren bouwhout 38x235 mm SLS/CLS).

Na falen van de beschermlagen (plaat- en isolatiemateriaal) aan de vuurzijde wordt het houtskelet blootgesteld aan de brandhaard en vindt inbranden van het houtskelet plaats. Zoals eerder aangegeven, is het inbrandscenario op de houtbreedte hierbij, nagenoeg altijd maatgevend voor het instabiel worden van de houtconstructie. Wanneer er op de achterzijde nog een (spouw)plaatlaag aanwezig is, dan helpt deze in het vertragen van het falen van de houtconstructie, mits deze plaat nog goed vastzit op het houtskelet.

1.4 Bescherming via plaatlagen aan koude-/spouwzijde (cavity defense line – P1/2/of meer)

Zie toelichting onder punt 1.



Figuur 7: Initiële beschermlagen in een HSB-wand

Gedrag bij brand van verschillende lagen – De prestatie van een brandwerende constructie wordt beïnvloed door de wijze waarop de lagen onderling samenwerken. Bijvoorbeeld, een buitenlaag (P2 aan brandzijde) kan sneller falen dan een binnenlaag (P1 aan brandzijde) door oververhitting (opwarming vanaf de brandzijde en warmtereflectie door de achterliggende plaatlaag of isolatielaag) of na het wegvallen van de plaatlagen valt de isolatie uit de houtstructuur. Factoren zoals aanwezigheid van natuurlijk gebonden vocht (dat zorgt voor afkoeling), mechanische belasting, krimp en thermische hittereflectie spelen hierbij een belangrijke rol.

Belasting en draagvermogen – Er wordt onderscheid gemaakt tussen **dragende wanden** en **niet-dragende wanden**. Voor dragende wanden gelden strengere eisen ten opzichte van niet-dragende wanden. Zij moeten in algemene zin in staat zijn het gewicht van de bovenliggende woningen te dragen (normaalsituatie), maar ook onder invloed van brand tot en met een vastgestelde brandwerendheid, zonder dat dit aanleiding geeft tot het bezwijken van het gebouw.

Bij brandtesten worden deze wanden daarom ook belast beproefd, in tegenstelling tot brandtesten van niet-dragende wanden waarvoor dit niet hoeft. Een niet-dragende wand heeft alleen zijn brandwerendheid als niet-dragende scheidingsconstructie te vervullen.

Als belasting is 30kN/m[1] aangehouden; die representatief is voor de gewichtsbelasting die voorkomt bij 5-laagse, gestapelde woningbouw.

Hoofdstuk 2 Testprogramma

2.1 Aanleiding voor het onderzoek

Om de brandveiligheid van bouwmaterialen te kunnen garanderen is via de bouwregelgeving een test- en beoordelingsstrategie ingericht. Door te conformeren aan Europese regelgeving worden alle producten en bouwdelen op dezelfde wijze beproefd, beoordeeld en geclassificeerd. Door deze werkwijze ontstaat er ook zekerheid over de wijze van meten en bepalen van de kwaliteit. Via classificatierapporten en daarop volgende product- en/of systeemcertificaten kunnen producten en bouwdelen ook onderling op prestaties worden vergeleken. Hoewel er geharmoniseerde productnormen bestaan per productfamilie is deze wijze van testen niet direct afgestemd op het opdoen van kennis over een productgroep. De doelstelling van het normenstelsel is niet opgebouwd vanuit het oogpunt van opschaalbaarheid van de toepassing en/of uitwisselbaarheid van de materialen. Vanwege wereldwijde klimaatafspraken stimuleert de Nederlandse overheid voor de komende jaren een snelle opschaling van het gebruik van biobased materialen. Het huidige systeem leidt echter tot een onaanvaardbare hoeveelheid testen, waardoor de overheidsdoelstellingen binnen de gewenste tijdsspanne niet gerealiseerd kunnen worden. Daarnaast is nog relatief weinig bekend over de het specifieke gedrag van de productgroep biobased isolatiematerialen in de toepassing.

Het doel van het testprogramma is het ontwikkelen van een andere teststrategie, dan de direct aangestuurde test-voor-testroute, om de productgroep biobased isolatiematerialen te kunnen karakteriseren en groeperen. Zodat per subgroep door middel van testen en analyses de kennisleemte wordt opgevuld en verbanden kunnen worden gelegd, om tijd te winnen. Beschikbare budgetten voor brandtesten worden op deze manier optimaal benut en kennis uit deze testen kan via Stichting Building Balance toegankelijk worden gemaakt voor een bredere doelgroep: producenten, bouwers, bevoegd gezag en adviseurs.

Het project voorziet dus in een teststrategie die moet voorkomen dat elk biobased materiaal afzonderlijk getest moet worden in elk element, waarin het toegepast zou kunnen worden. Het potentieel materiaal/element-combinaties is dan simpelweg (veel) te groot voor een effectieve en snelle opschaling van biobased isolatiematerialen in de bouw. Hieruit zijn verschillende subgroepen gedefinieerd die in het testprogramma voor brandveiligheid verder zijn onderzocht (zie hiervoor paragraaf 2.4 verderop in dit rapport).

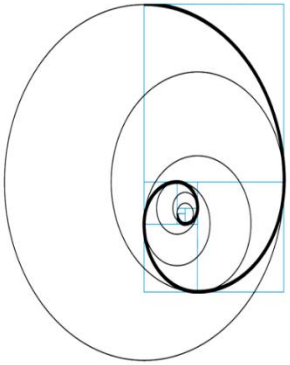
Daarnaast voorziet deze teststrategie in een methode om naast de classificatie van brandgedrag en brandwerendheid via EN 13501-1 en -2, via de relatie met de "Eurocode 5: Design of timber structures" (prEC5) de materialen zelf te karakteriseren, zodat daarmee gerekend kan worden. Dit is mogelijk voor biobased plaatmateriaal en losse vezels (voor inblaas- of stort-druktechnieken) en isolatiedekens. Het onderzoek heeft zich toegespitst op de vergelijking van het gedrag van nieuwe biobased isolatiematerialen bij brand in hsb-constructies.

Om het specifieke gedrag bij brand van biobased isolatiematerialen in de toepassing te definiëren is in de teststrategie getest van klein naar groot. De kleinste testopstelling wordt hierbij gevormd door de Cone-Radiant-Panel-Test met een samplegrootte van (bxhxd) 136x136x50 mm en de grootste test betrof een wandopstelling van (bxh) 4x3 m, bij een wanddikte van meer dan 30 cm. Door per test structureel op specifieke aspecten, zoals temperatuur op vooraf vastgestelde afstanden in de proefstukken te meten is er een testspiraal ontstaan. Zo kunnen de meetwaarden over en weer met elkaar worden vergeleken en kon de waarde van de meer experimentele testen worden geverifieerd met de Europees genormeerde testen. Waardoor de betrouwbaarheid van de karakteriseringstesten is vergroot en toegepast kan worden om ook nieuwe isolatiematerialen in te kunnen delen in een van de subgroepen of te definiëren als nieuwe groep. Hoe dit precies in elkaar grijpt zal in deze rapportage stap voor stap worden toegelicht, maar is ook te zien in de online presentatie, die gepubliceerd wordt op https://nkbb.org/doc/nieman-constructieoverzicht-brandveiligheid-biobased-isolatie-in-houtskeletbouw/.

Voor de test- en analysewijze is relatie gezocht met de test- en rekenmethodiek van de prEC5, die op haar beurt gebruik heeft gemaakt van de test- en analyseroutines die zijn uitgewerkt in het rapport van de Technische Universiteit München (TUM) “Dissertation: „Beurteilung der raumabschließenden Funktion brandbeanspruchter Holzbauteile mittels einer Component Additive Method“ Ein analytisches und numerisches Modell für den Raumabschluss; Die Dissertation wurde am 22.12.2021 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die TUM School of Engineering and Design am 02.06.2022 angenommen’.”.

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

Testspiraal brandonderzoek



Waarmee:

- **Dragende** en **niet-dragende** wanden (EN1365-1 & 1364-1)
- Cone Radiant Paneltest (ISO 5660-1:2015) - **CRPT**
- SBI hoekopstelling (EN 13823)
- Volumedikteonderzoek R&D wanden – **PL(v)**
- Volumedikteonderzoek vloerconstructies **PL(h)** volgens EC5
- Testloop met **glaswol** in iedere testserie

Thermische belasting & observatieloops



- Het specifieke **materiaalgedrag** onder invloed van een themische belasting ± **850 °C**
- Meevolgen **300 °C zelfbeschermingslijn** in het isolatiemateriaal
- Testen op materiaalgedrag in een **HSB-constructie** (met dun hout 38 mm breedte)!
- In vergelijking tot **glaswol**

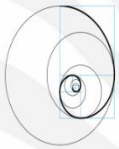


Table 7.6 Protection level PL for typical insulation materials

Protection level PL	Insulation material	Density
PL 1	Stone (rock) wool	≥26 kg/m³
PL 2	Glass wool	≥14 kg/m³
	Wood fibre	≥50 kg/m³
	Cellulose fibre	≥50 kg/m³
PL 3	XPS	–
	PUR	–
	EPS	–

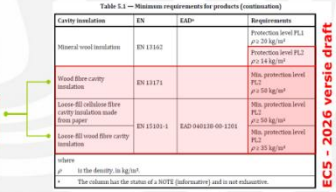


Table 5.1 — Minimum requirements for products (continuation)

Cavity insulation	EN	EAD[a]	Requirements
Mineral wool insulation	EN 13162		Protection level PL1 $\rho \geq 20$ kg/m³
			Protection level PL2 $\rho \geq 14$ kg/m³
Wood fibre cavity insulation	EN 13171		Min. protection level PL2 $\rho \geq 50$ kg/m³
Loose-fill cellulose fibre cavity insulation made from paper	EN 15101-1	EAD 040130-00-1201	Min. protection level PL2 $\rho \geq 50$ kg/m³
Loose-fill wood fibre cavity insulation			Min. protection level PL2 $\rho \geq 35$ kg/m³

where

ρ is the density, in kg/m³.

[a] The column has the status of a NOTE (informative) and is not exhaustive.

EC5 – 2026 versie draft

2.2 Samenwerkingspartners

Building Balance

Building Balance is opdrachtgever en financier voor het onderzoek. Building Balance verzorgt de beschikbaarheid van de te testen biobased materialen (incl. de materiaalkarakteristieken als dichtheid, vochtgehalte, lambda-waarde etc.) en raadpleegt haar achterban op het onderwerp marktwerking (aanbod boer, behoefte bouw).

Nieman Raadgevende Ingenieurs

Nieman Raadgevende Ingenieurs leidt het onderzoeksprogramma en ontwikkelt daarin de gefaseerde teststrategie. Daarnaast doet NRI de resultaatanalyse en bereidt ze het format voor de deskundigenbeoordeling bij BCRG voor.

Brandlaboratoria: Peutz en Efectis

De brandlaboratoria voeren de brandtesten uit en becommentariëren de gefaseerde teststrategie. De gewenste uitbreidingen op test- en meetopstellingen worden door de brandlaboratoria gevalideerd aan de Europese geharmoniseerde testnormen en ontwikkelingen rondom toepassingsinterpretatie van biobased isolatiematerialen in lijn met de prEC5 en daaruit volgende nieuwe test-principes.

NBVT

De Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (De NBVT) heeft Building Balance marktconforme hsb-wanden opgegeven voor beproeving, van zowel dragende als niet-dragende binnen- en buitenwanden. Dit op basis van beschikbare kennis en ervaring met houtskeletbouw (en -prefabricage). De NBVT functioneert als de vertegenwoordiger en belanghebbende vanuit de bouw en als praktisch aanspreekpunt. De NBVT is verantwoordelijk geweest voor het opgeven van de marktconforme opbouw van testwanden in houtskeletbouw.

2.3 Relatie naar de onderzoekslijn bij TU München

Het project is geboren vanuit de principes in de onderzoekslijn van TU München. Deze onderzoekslijn ziet toe op het (door)ontwikkelen van een methode om de brandwerendheid van gesloten wandsystemen (niet vermeerderd met bijzondere doorvoeren), met daarin een al dan niet brandbaar isolatiemateriaal, te berekenen.

De onderzoekslijn is een voorloper op een wijziging in prEC5 (norm + status prEN 1995-1-2:2023 Annex D), waarmee deze lijn in de toekomst, door aansturing van de Eurocode in de bouwregelgeving, juridisch verankerd kan raken. Naar verwachting duurt het nog enkele jaren voor de gewijzigde prEC5 inwerking treedt*[1]. Voor nu is deze nog niet officieel genormeerd en nog niet geharmoniseerd. Ze hebben op dit moment geen formele status in het Bbl, Waardoor bepalingen volgens deze methode feitelijk moeten worden gezien/ingediend als gelijkwaardigheidsbepalingen volgens artikel 4.7 van de Omgevingswet.

In de onderzoekslijn van TU München en prEC5 worden isolatiematerialen ingedeeld in een PL-klasse, waarmee de benodigde beschermingsgraad (Protection Level, PL) wordt aangeduid. Biobased isolatiematerialen die in het onderzoek van TU München zijn betrokken, vallen in klasse PL2. Het betreft houtvezel en cellulose (plaat of dekenvorm en losse vlokken) en glaswol, zoals te zien is in figuur 5: Tabel 5.5 prEC5.

De eurocode definieert naast de klasse aanduiding ook de inbrandsnelheid van deze materialen, zodat de specifieke bijdrage aan de brandwerendheid of het beschermend vermogen kan worden bepaald op basis van de zogenaamde recessiesnelheid, die uit wordt gedrukt in v_{rec}. Volgens 'Tabelle 5-32 (TUM): Experimentell ermittelte Versagenszeiten für das Modell zur Beurteilung des Versagens von Dämmstoffen'. Wanneer mechanisch gefixeerd, is dit voor: glaswol - 30 mm/min , houtvezel - 14 mm/min, cellulose (losse vulling): 14 mm/min.

Glaswol als referentiemateriaal

Via de onderzoekslijn worden binnen de PL-klasse toepassingen met glaswol uitwisselbaar*[2] gemaakt naar andere, biobased materialen in diezelfde PL2-groep. In de Nederlandse onderzoekslijn speelt glaswol een belangrijke rol als referentie- en schaduwproduct, omdat deze in dezelfde PL2-klasse groep valt (zie figuur 5) en omdat hiermee in de markt (historisch gezien), al veel mee is getest. Het levert in overeenstemming met de Eurocode een

beperkte, beschermende bijdrage in de totale brandwerendheid van een constructie. Van biobased isolatiematerialen wordt eveneens een beperkte bijdrage verwacht al dan niet een betere prestatie.

*1 *De commentaarperiode op de prEN is afgerond en op 24 april 2025 is de FprEN gepubliceerd. Op 17 september is de status gewijzigd naar definitief. Dan duurt het nog enkele jaren voor de Nationale Bijlagen zijn afgerond en de norm echt wordt opgenomen in de regelgeving.*

*2 Deze uitwisselbaarheid betreft toepassing binnen hetzelfde elementtype, niet generieke uitwisselbaarheid in het Bbl zonder aanvullende onderbouwing. 'Met uitwisselbaarheid bedoelen we hier: toepasbaarheid van verschillende materialen met eenzelfde PL klasse binnen een identiek getest element, onder voorwaarden van gelijkwaardig gedrag onder brandbelasting.

2.4 Relatie met de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) en Circulaire Economie

Bouwen met biologische grondstoffen voorziet op een duurzame manier in de behoefte aan bouwmaterialen. Vezelgewassen zoals vlas, vezelhennep, olifantsgras of stro groeien steeds weer aan. En ze dragen bij aan de biodiversiteit, de waterkwaliteit, minder uitstoot van CO_2 en stikstof en verbetering van het landschap.

De Rijksoverheid stimuleert daarom een gezonde markt voor biobased bouwmaterialen. Dat vraagt om een systeemverandering in zowel de bouw- als de landbouwsector. De Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB), streeft naar 30% biobased materiaal in nieuwbouwwoningen en renovatie-isolatie tegen 2030. In 2050 wil Nederland volledig circulair zijn. Een van de manieren om dit te bereiken, is het zo goed mogelijk gebruiken van materialen, producten en installaties. Hierbij zijn circulaire en biobased bouwmaterialen belangrijk voor het opschalen van de circulaire bouweconomie. Naast slimmer ontwerpen, hoogwaardiger hergebruik van materialen en producten in de bouw, is ook veel nieuw materiaal nodig voor de beoogde (woning)bouwproductie. Dit kan bij voorkeur worden ingevuld met hernieuwbare en biobased bouwmaterialen.

Het gebruik van biobased bouwmaterialen zal zich dus de komende jaren (sterk) verder ontwikkelen. Eén van de toepassingen die op grotere schaal wordt voorzien is de toepassing als isolatiemateriaal. Het grootste toepassingsgebied van biobased isolatiemateriaal wordt gevonden in hsb-elementen, waarbij de kern van het hsb-element hierbij wordt voorzien van isolatiemateriaal. Het gaat bijvoorbeeld over houtvezelproducten, vlas- en wolproducten en cellulose. Deze materialen zijn al beschikbaar, maar een verdere verkenning naar opschaalbare gewassenstromen leert, dat deze potentie ook goed

bij nieuwe(re) gewassenstromen zoals stro-achtigen (Miscanthus, Hennepscheven en Graan- of Tarwestro) gevonden kan worden. Door Building Balance is een gewassenonderzoek gedaan (van land tot pand), waarbij de volgende biobased isolatiematerialen in het verlengde van deze opschalingsambitie voor onderzoek door Building Balance zijn aangewezen (onderstaand betreffende densiteitsrange opgegeven door de desbetreffende fabrikant):

• Cellulose (2 merken)	50-60 kg/m^3	losse vezel
• Houtvezel (2 merken)	35-40 kg/m^3	losse vezel
• Vlaswol	20-28 kg/m^3	woldeken/-platen
• Hennepwol (zuiver, zonder additieven)	30-40 kg/m^3	woldeken/-platen
• Hennepwol (halffabricaat)	39-45 kg/m^3	woldeken/-platen
• Hennepscheven; snijmix 0.4-1 cm	150 kg/m^3	losse vezel
• Hennepscheven snijmix 0.15-1 cm	120 kg/m^3	losse vezel
• Tarwestro; snijlengte 1 cm	100 ± 10 kg/m^3	losse vezel
• Tarwestro; snijlengte 2 cm	80 ± 5 kg/m^3	losse vezel
• Miscanthus; snijlengte 0,5 cm	150 kg/m^3	losse vezel
• Miscanthus; snijlengte 2 cm	140 kg/m^3	losse vezel
• Glaswol (testreferentie)	18-20 kg/m^3	woldeken

De isolatiegroep bevatten zowel onbewerkte (virgin) materialen (stro, miscanthus, hennepscheven) en halffabricaten (cellulose, houtvezel, vlaswol, hennepwol en glaswol).

- Virgin: Vezelmateriaal dat direct van het land afkomstig is en zonder een industriële vezelbewerking, anders dan droging, versnippering en zeving tot het betreffende isolatiemateriaal wordt gevormd.
- Halffabricaat: Vezelmateriaal en productvorming dat door fabrieksprocessen tot het eindproduct is gemodificeerd. Hierbij vinden allerlei vormen van nabehandeling van het vezelmateriaal in de diverse tussenprocessen plaats, om tot het gewenste eindproduct te komen. Dit kunnen bijv. lijmtoevoegingen zijn die vezels beter met elkaar binden, maar ook vlamvertragende middelen.

2.5 Relatie met het Besluit bouwwerken leefomgeving 2024 + NEN 6069

Dit voorliggende rapport richt zich in basis op biobased isolatiemateriaal dat zal worden toegepast in hsb-elementen in de Nederlandse woningmarkt. Dit houdt in dat er wordt getoetst aan de in Nederland geldende wet- en regelgeving. De bouwdelen die worden bekeken zijn binnenspouwbladen (buitenwanden), binnenwanden en woningscheidende wanden.
Zoals eerder aangegeven, wordt het grootste toepassingsgebied van biobased isolatiemateriaal gevonden in hsb- elementen. De kern van het hsb-element wordt hierbij voorzien van isolatiemateriaal (zie figuur 1). Verdere opschaling van biobased isolatiemateriaal is mogelijk bij gevels, vloeren en daken, waarbij aanvullend aan de buitenzijde kan worden geïsoleerd.

Omdat in dit ontwikkelverband niet 1:1 is beproefd met alle isolatiematerialen in alle vormen van brandtesten, maar juist is gezocht naar de worst-case situaties, die de beter beschermende isolatieproducten moet dekken, is daarmee de gelijkwaardigheid bepaald voor alle, naar verwachting, beter presterende constructies, conform de gelijkwaardigheidsbepaling (in de omgevingswet gedefinieerd als ‘gelijkwaardigheid’; Artikel 4.7 Omgevingswet).

Wat is de gelijkwaardigheidsbepaling?
Alle bouwwerken en daarmee ook veel van de materialen die we daarin toepassen, moeten voldoen aan de voorschriften uit het Besluit bouwwerken leefomgeving (hierna: Bbl). Deze bestaan uit doelvoorschriften (functionele eisen) en middelvoorschriften (prestatie-eisen). Ze bevatten normen (bepalingsmethoden) en eisen op het gebied van milieu en energie, maar ook bijvoorbeeld constructieve- en brandveiligheid, gezondheid en bruikbaarheid.

De gelijkwaardigheidsbepaling vindt haar oorsprong in het Bouwbesluit 1992. In het voormalige Bouwbesluit 2012 is deze opgenomen in artikel 1.3, eerste lid en tegenwoordig, sinds 1-1-2024, in Omgevingswet artikel 4.7. Artikel 4.7 schrijft voor dat met de gelijkwaardige maatregel ten minste hetzelfde resultaat wordt bereikt als met de voorgeschreven maatregel is beoogd.

Iedere burger, onderneming of instantie kan een beroep doen op de gelijkwaardigheidsbepaling. De gelijkwaardige oplossing moet voldoen aan alle doelvoorschriften (functionele eisen) van het Bbl. Wel kan met de gelijkwaardige oplossing worden afgeweken van de middelvoorschriften (prestatie-eisen); de initiatiefnemer moet de gelijkwaardigheid aantonen. De wet regelt niet hoe de gelijkwaardigheid moet worden aangetoond en getoetst.

Initiatiefnemers kunnen naar eigen inzicht bepalen op welke wijze zij dit doen. Om de gelijkwaardigheid te beoordelen, moet een objectieve vergelijking plaatsvinden tussen de aangedragen oplossing en de voorgeschreven oplossing.
Om op een uniforme en transparante wijze de bijdrage van plaatmaterialen op de brandwerendheid van wanden te bepalen is tabel 6.1 van prEC5 gebruikt voor het inter- en extrapoleren (op- en afschalen) van de beproefde wanden. Naast deze tabel wordt in enkele gevallen ook de zogenaamde 'Fire protection ability' klasse $K_2$30, dan wel $K_2$60 afhankelijk van de beoogde presentatie, bepaald volgens EN 13501-2, toegepast.
Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft in samenwerking met Peutz en Efectis, de testresultaten geanalyseerd en een toepassingsgebied voor de biobased isolatiematerialen uitgeschreven. Dit toepassingsgebied rijkt verder dan een DIAP (Direct toepassingsgebied volgend uit een test, vastgelegd in een classificatierapport) en kan niet worden uitgebreid via Europese normen voor het uitgebreide toepassingsgebied.

Via de bepalingsmethoden en berekeningen als opgenomen in prEC5 zijn de brandbeschermingsvermogens (uitgedrukt in t_{ch} en $t_{f,pr}$) en de toegestane wijzigingen van het producttype via tabel 6.1 bepaald. De uitkomsten dienen als basis voor de op te stellen 'NTA 8230-2 Brandveiligheidsaspecten van biobased bouwwerken, bouwproducten' en zijn geen generieke gelijkwaardige oplossingen, om andere materialen dan de beproefde materialen tevens als gelijkwaardig uitwisselbaar te zien.

Directe toepassing van een wand met biobased isolatiemateriaal, zonder de gelijkwaardigheidsbeoordeling, zoals gedaan in dit onderzoek, en de wanduitbreidingen in het constructieoverzicht, is alleen mogelijk indien de daarvoor benodigde testen zijn uitgevoerd en de wand is geclassificeerd volgens EN 13501-2.

2.6 Relatie met de NTA 6125 (Brandveiligheid Houtbouw)

Wanneer in een gebouw veel hernieuwbare materialen worden gebruikt, kan dat van invloed zijn op het brandscenario dat in het gebouw kan ontstaan. Wanneer deze materialen tot ontsteking komen, ontstaat er veel (extra) thermische energie (in de vorm van warmtedruk).

De bouwregelgeving is vooral opgesteld voor traditionele, steenachtige gebouwen. Bij gebouwen die zelf kunnen bijdragen aan een brand, schieten deze voorschriften soms tekort. Bouwen met hernieuwbare materialen, zoals hout en andere biobased materialen, vraagt daarom om een ontwerpaanpak die deze specifieke brandscenario's herkent en meeneemt.

Het onderzoek voor Building Balance gaat expliciet niet in op de vraag of de huidige bouwregelgeving de risico's van bouwen met hernieuwbare materialen voldoende afdekt. Bij toepassing van de onderzoeksresultaten wordt geadviseerd óók kennis te nemen van de bijzondere risico's bij bouwen met hernieuwbare materialen. De NTA 6125 biedt hiervoor een praktisch handvat.

Hoofdlijn in deze NTA is het voorkomen van meebranden van het gebouw, ofwel door brandbare materialen af te schermen (toepassing van onbrandbare plaatlagen met een beschermend vermogen) ofwel door een beginnende brand automatisch te beheersen (toepassing van sprinkler- of watermist blussystemen). Daarbij wordt een relatie gelegd naar gebouwhoogte en gebouwgebruik: hoe hoger het gebouw en hoe kwetsbaarder de gebouwgebruikers, hoe zwaarder het voorzieningenpakket.

2.7 Relatie met de prEC5 en PL-testen

Deze onderzoekslijn ziet toe op het (door)ontwikkelen van een methode om de brandwerendheid van gesloten wandsystemen (niet vermeerderd met bijzondere doorvoeren anders dan wandcontactdozen), met daarin een al dan niet brandbaar isolatiemateriaal, te berekenen.
Hierbij zal onderscheid worden gemaakt in los aangebracht (niet ondersteund) isolatiemateriaal in een houtskeletbouw structuur en ondersteund isolatiemateriaal (waarbij de isolatie aanvullend en onafhankelijk van plaatlagen, ondersteund is door middel van bijv. volièregaas).

Algmene noot van toelichting: De wijziging van prEC5 is nog in ontwerpstatus (prEN 1995-1-2:2023) en wordt niet voor 2026 van kracht verwacht*.

** De commentaarperiode op de prEN is afgerond en op 24 april 2025 is de FprEN gepubliceerd. Op 17 september is de status gewijzigd naar definitief. Dan duurt het nog enkele jaren voor de Nationale Bijlagen zijn afgerond en de norm echt wordt opgenomen in de regelgeving.*

2.8 Analyseplatform

De testen waarop de analyses zijn gebaseerd, zijn in tabel 1 nader gespecificeerd.

Tabel 1: Overzicht gebruikte testen en deelanalyses en bronnen

Brandtest	categorie	Rapportnr. - kortbeschrijving	Rapporthouder
EN-ISO11925-2	Single flamesource test (SF)	YE 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x 2 typen cellulose)	Building Balance
		YA 3205-1-RA-001 – 6x SF (1 type glaswol)	Building Balance
		YD 3205-1-RA-002 – 12x SF (6x 2 typen hennepscheven)	Building Balance
		YC 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x 2 typen hennepwol)	Building Balance
		YB 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x 2 typen houtvezel)	Building Balance
		YH 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x Miscanthus Ø 2 cm, 140 kg/m^3 & 6x Ø 0,5cm, 150kg/m^3)	Building Balance
		YG 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3 & 6x Ø 2 cm, 80 kg/m^3)	Building Balance
		YG 3205-2-RA-001 – 12x SF (6x Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3 & 6x Ø 2 cm, 80 kg/m^3)	Building Balance
		YF 3205-1-RA-001 – 6x SF (1 type vlaswol)	Building Balance
EN 13823 – SBI	Single Burning Item (SBI)	YE 3205-3-RA-001 – 2 typen cellulose	Building Balance
		YA 3205-2-RA-001 – 2x glaswol	Building Balance
		YD 3205-2-RA-001 –2 typen hennepscheven	Building Balance
		YC 3205-3-RA-001 –2 typen hennepwol	Building Balance
		YB 3205-2-RA-001 –2 typen houtvezel	Building Balance
		YH 3205-2-RA-001 –Miscanthus Ø 2 cm, 140 kg/m^3 & Ø 0,5cm, 150kg/m^3	Building Balance
		YG 3205-3-RA-001 – Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3 & Ø 2 cm, 80 kg/m^3	Building Balance
		YF 3205-2-RA-001 – 2x vlaswol	Building Balance
ISO 5660-1	Cone-Radiant-Panel-Test (CRPT ^{850})	2024-Efectis-R001159 Building Balance gza - 50 mm sampletesten	Building Balance
prEN 1995-1-2:2023 Annex D	PL(h)	Y 3369-3-NO – Vlaswol	Building Balance

		Y 3369-4-NO – Hennepwol (30-40 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3369-5-NO – Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3369-6-NO – Glaswol (18-20 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3369-7-NO – Geen isolatie	Building Balance
		Y 3369-8-NO – Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-9-NO – Stro Ø 2 cm, 80 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-10-NO – Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-11-NO – Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm 'BHG'	Building Balance
		Y 3369-12-NO – Miscanthus Ø 2 cm, 140 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-13-NO-002 – Hennepscheven Ø 0,15 - 1 cm 'BHG'	Building Balance
EN 1363-1 - R&D	PL(v)	Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Houtvezel	Building Balance
		Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm 'BHG'	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Vlaswol	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Cellulose	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 100 mm Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 300 mm Houtvezel	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 300 mm Glaswol (18-20 kg/m^3)	Building Balance
		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance
		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Cellulose	Building Balance
		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm 'BHG'	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Vlaswol	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance
EN 1364-1	Brandwerendheid niet dragende wanden	YA-3012-1-RA –Hennepwol_scheidingswand	Building Balance
		YB-3012-1-RA – Hennepwol_wos-wand	Building Balance
		YC-3012-1-RA – Vlaswol_facade-folie_i-o	Building Balance
		YD-3012-1-RA – Vlaswol_facade-folie_o-i	Building Balance

		YE-3012-1-RA – Graanstro_facade-folie_o-i	Building Balance
		Y 3043-2E-RA-001 – Ew-EI30-i2o_12,5mmDP-hout36x184mm-gw14-16-folie	Saint-Gobain Solutions
		Y 3290-2E-RA-001 – Ew-EI30-i2o_15mmRH-hout36x184mm-gw18-20-folie	Saint-Gobain Solutions
		Y 2676-2E-RA-002 – Brandtest A_12,5mmGF-38x184mmHSB-glaswol-4,5mmWSE_EI45-E60	Swisspearl
		Y 2718-2E-RA-002 – Brandtest B_12,5mmGF-38x184mmHSB-cellulose-4,5mmWSE_EI60	Swisspearl
EN 1365-1	Brandwerendheid dragende wanden	ENL-2024-Efectis-R000992 – Glaswol	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000993 – Stro	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000996 – Cellulose	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000997 – Hennepwol	Building Balance
		ENL-25-000426 – Hennepwol_wos-wand-folie	Building Balance
		ENL-25-000294 – Hennepwol_wos-wand-4,5VC-spouwplaat	Building Balance
		ENL-25-000125 – Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_i-o	Building Balance
		ENL-25-000397 – Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_o-i	Building Balance
		ENL-25-000407 – Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_i-o	Building Balance
		ENL-25-000424 – Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_o-i	Building Balance
		Z-19.34-2710 – F30-B fermacell Holzständerwände_ABG	Fermacell
		174181 F Report – 1 HT 12 - REI30 - opbouw__1x12,5fc-h38x89mm-iso-geen	Fermacell
		P-7236-5804 – 1HT11- REI30 - opbouw__1x12,5fc-h40x80mm-iso-60mmCV-HomathermMD	Fermacell
Constructieoverzicht	Toepassingssamenvatting	Verzameling van wanden zoals beproefd (as tested) en wandvarianten (op basis van expert judgement) https://nkbb.org/doc/nieman-constructieoverzicht-brandveiligheid-biobased-isolatie-in-houtskeletbouw/	Peutz-Efectis-NRI
Deelanalyses	Materiaal-eigenschappen-SF-SBI-CRPT	Gedefinieerde materiaaleigenschappen gedrag bij brand (RtF) uit SF-, SBI- en CRPT-test	NRI
	CRPT-Meetgemiddelden-grafieken	CRPT-Meetgemiddelden-grafieken T2 meting aan onderzijde testsamples + glaswol	NRI
	Testanalyse-PL2v&h-met-CRPT	• Groepering en analyse van verplaatsingstijd 300 °C isotherme temperatuur uit PL- en CRPT-test	NRI
	Testanalyse-Matrix	• Groepering en analyse van materiaal en systeemgedrag onder invloed van brand van SBI-, CRPT-, PL(v), PL(h)- en wandtesten (zie lijst hierboven):	NRI
		• Verplaatsingstijd 300 °C isotherme temperatuur uit SF-, SBI-, CRPT-, PL- en wandtesten	

		Gevolgschade analyse Analyse faalmechanisme plaatlagen
Bronnen	TUM-rapport	Dissertation: „Beurteilung der raumabschließenden Funktion brandbeanspruchter Holzbauteile mittels einer Component Additive Method“ Ein analytisches und numerisches Modell für den Raumabschluss Die Dissertation wurde am 22.12.2021 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die TUM School of Engineering and Design am 02.06.2022 angenommen.
	Eurocode 5: Design of timber structures	prEN 1995-1-2:2023; document date 2023-09-23

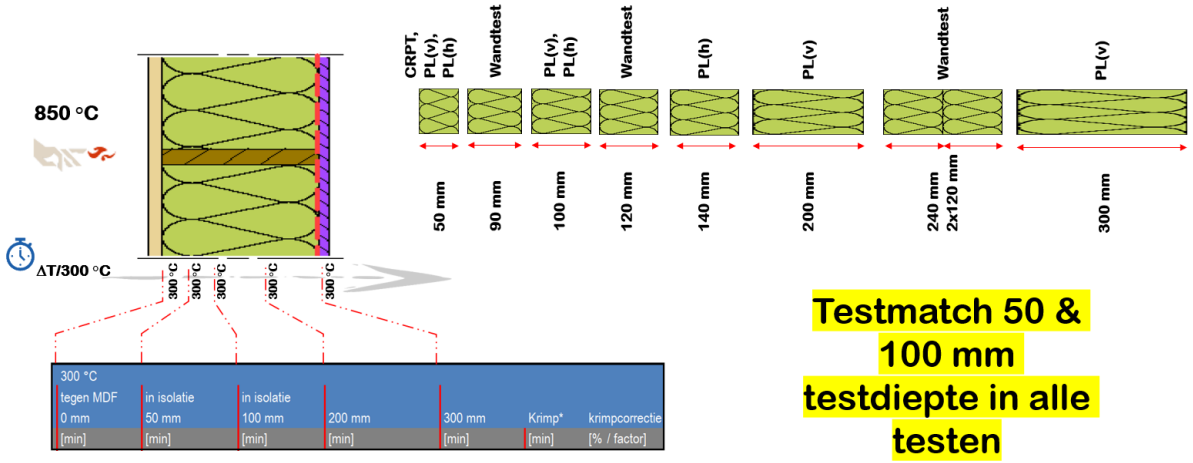
Hoofdstuk 3 Teststrategie

3.1 Uitgangspunten teststrategie met thermische belasting & observatieloops

In overeenstemming met ‘fundamentele principes van initiële bescherming’ onder hoofdstuk 1, zal:

- Het specifieke materiaalgedrag worden onderzocht onder invloed van een thermische belasting van ± 850 °C;
- Wordt de verplaatsingssnelheid van de 300 °C isotherme temperatuur in het isolatiemateriaal gevolgd op vastgestelde dieptes 50, 100, 200, en 300 mm (of zo dicht mogelijk bij de genoemde dieptes; waarbij voor de wand- en PL(h)-testen ook op meetdieptes van 90, 120, 140 en 240 mm is gemeten);
- Wordt het materiaalgedrag in de toepassing in een houtconstructie (met dun hout 38 mm breedte) bekeken door beproeving in scheidingswanden;
  - Dragende en niet-dragende scheidingswanden met enkele staanders en met dubbele staanders (ten behoeve van woningscheidende wandconstructies)
  - Dragende en niet-dragende buitenwanden
- En wordt het specifieke gedrag bij brand van de biobased isolatiematerialen telkens vergeleken met glaswol (als testreferentie).

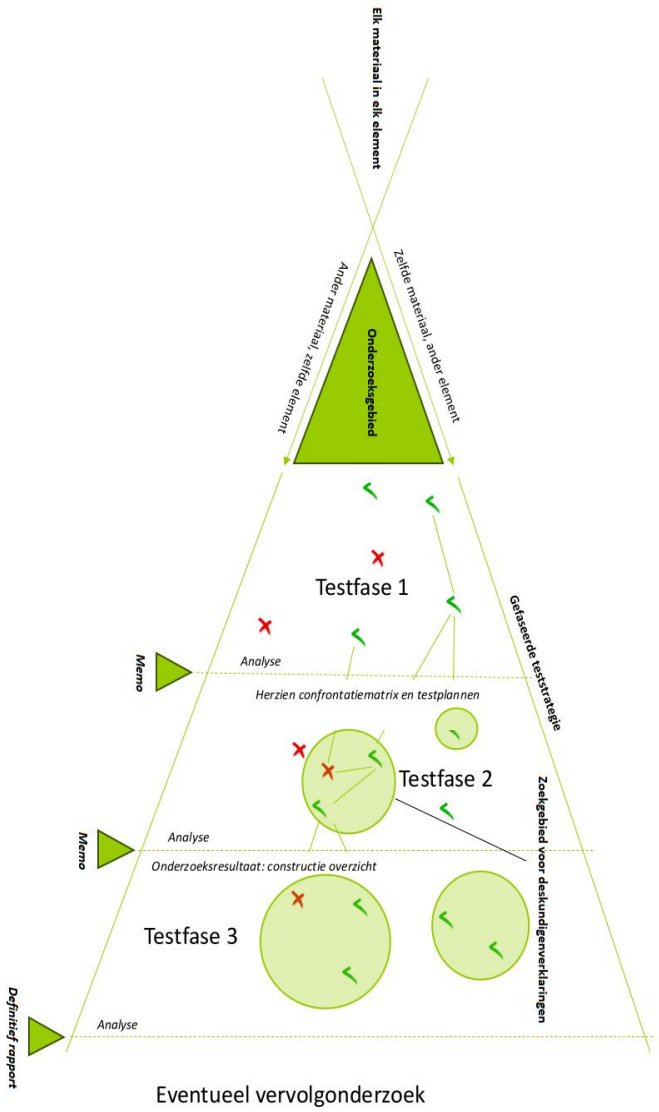
De toelichting CRPT, wandtest, PL(v), PL(h) volgt verderop in dit hoofdstuk onder paragraaf 3.2 ‘Testmethodiek’.



Figuur 8: Thermische belasting en testloops

Om snelle testdoorgang te maken in het totale testprogramma is er schuin, steekproefsgewijs getest. Om dit te kunnen doen is de onderzoekopbouw verdeeld over drie (3) testfasen. De opgedane kennis uit de 1e testfase vormde de testinput voor de vervolgfase(n). Naast genormaliseerde, of in analogie met genormaliseerde, testen zijn ook 2 volledig nieuwe testmethoden toegevoegd genaamd: **PL(v)** en **PL(h)**; zie verdere inhoudelijke toelichting hierover in de volgende paragraaf 3.2 'Testmethodiek':

- 1e testfase was bedoeld voor 1e verkenning en analyse. De nadruk lag op het opdoen van gedegen kennis van de materiaaleigenschappen van de biobased materialen. Daartoe is een testlijn opgezet die gebruik maakt van drie testmethoden op kleine schaal, te noemen: SBI (EN 13823:2020), Single flamesource test (SF, norm EN-ISO 11925- 2:2020) en ConeRadiantPanel-test (CRPT, norm ISO 5660-1:2015) en dragende wandtesten op grote schaal (EN 1365-1).
- 2e testfase was bedoeld voor gerichte doorontwikkeling met worst-case isolatiematerialen in wandsituaties en het verifiëren van testwaarnemingen uit de 1e testfase, met inbegrip van het inrichten van een constructieoverzicht.
  De nadruk lag op het uitvoeren van controletesten van de opgedane kennis uit testfase 1 (controleren van de voorspellingsbetrouwbaarheid van de *CRPT-test)* en het verder opdoen van kennis van de materiaaleigenschappen in dikke lagen tot 300 mm. Hiervoor is een nieuwe testmethodiek, genaamd PL(v) uitgevoerd. Verder zijn in het verlengde van de 1e testfase diverse wandtesten uitgevoerd op grote schaal, met de worst-case isolatiematerialen (dragend en niet-dragend cf. EN 1365-1 en EN 1364-1).
- 3e testfase was bedoeld voor controleren van waarnemingen uit 1e en 2e testfase en zijn de nieuwe PL(h)-testen uitgevoerd. De nadruk lag hier op het uitvoeren van controletesten van de opgedane kennis uit testfase 1 en 2 (zoals het vaststellen van de voorspellingsbetrouwbaarheid van de ConeRadiantPanel-test) en het opdoen van kennis met de Europese test- en classificatiewijze cf. prEN 1995-1-2:2023; Annex D (PL(h)-test) voor de bepaling en toekenning van de PL-klasse. Dit is onder meer gedaan om Europese overdraagbaarheid van testenresultaten en recessiesnelheden te realiseren, maar ook om testconnectie te maken met de zogenaamde PL(v)-testmethodiek.



Figuur 9: Onderzoeksopbouw

3.2 Testmethodiek

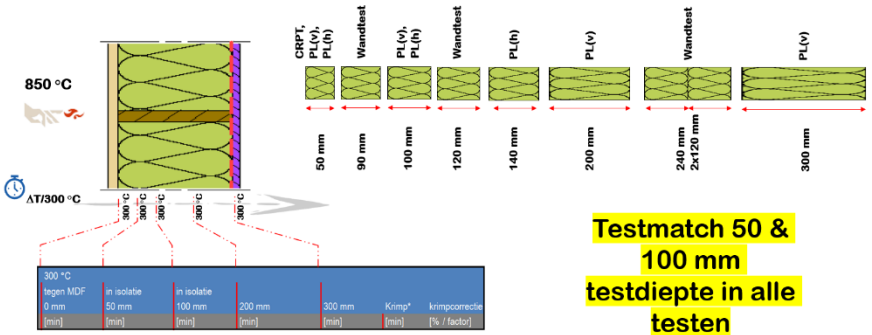
3.2.1 Materiaalgedrag: beoordeling door kleinschalige testen

De nadruk ligt hierbij op het opdoen van kennis van de materiaaleigenschappen van de biobased materialen. Daartoe is een testlijn opgezet die gebruik maakt van drie (genormaliseerde of in analogie met genormaliseerde) testen op kleine schaal. In de testen zijn extra metingen gedaan zodat de relevante prestaties van de onderzochte materialen, met oog op het doel van het onderzoek, beter bepaald konden worden. Alle materialen zijn voorafgaande aan beproeving, geconditioneerd bij een constant vochtgehalte onder conditionering bij 23 ºC en 50 % R.V.

- *ConeRadiantPanel-test (CRPT, norm ISO 5660-1:2015) & CRPT^{850}*

  CRPT-testmethodiek – Met de ConeRadiantPanel-test wordt een warmtestralend element boven een klein proefstuk gebracht. De test geeft inzicht in de mate waarin het materiaal verkoolt, krimpt, massa verliest, pyroliseert, rook produceert of ontsteekt onder invloed van warmtestraling. Deze test wordt uitgevoerd met een stralingsbelasting overeenkomend met grofweg de thermische belasting na 30 minuten standaardbrand.

  Afwijkingen van de testnorm (CRPT^{850}) – Voor de specifieke **CRPT^{850}-testmethodiek** is de afstand tussen het oppervlak van het isolatiemonster en het stralingselement aangepast naar 15 mm. Deze kortere afstand werd gebruikt om de dichtstbijzijnde temperatuur van 850 ºC te bereiken, wat de thermische belasting vertegenwoordigt waarmee een isolatiemateriaal wordt belast, na het wegvallen van een eerder plaatproduct van een hsb-wand. De dichtstbijzijnde bereikte temperatuur was 850°C ± 5 °C. De betreffende aanpassing is gedaan om een beter inzicht te krijgen van het materiaalgedrag onder invloed van een daadwerkelijke brand. Hierbij is naast de thermische doorgang ook de veroorzaakte gevolgschade door de thermische belasting vastgelegd; zie hiervoor figuur 12.



Figuur 10: Standaard brandkromme en de ontwikkelde temperatuur na 30 min.

Een monsterhouder van 135x135x50 mm PROMATECT®-100-frame* met een wanddikte van 18 mm is gebruikt om prefabricage mogelijk te maken. Dit frame werd aan de onderkant gesloten met een stalen plaat van 1 mm met dezelfde afmetingen.

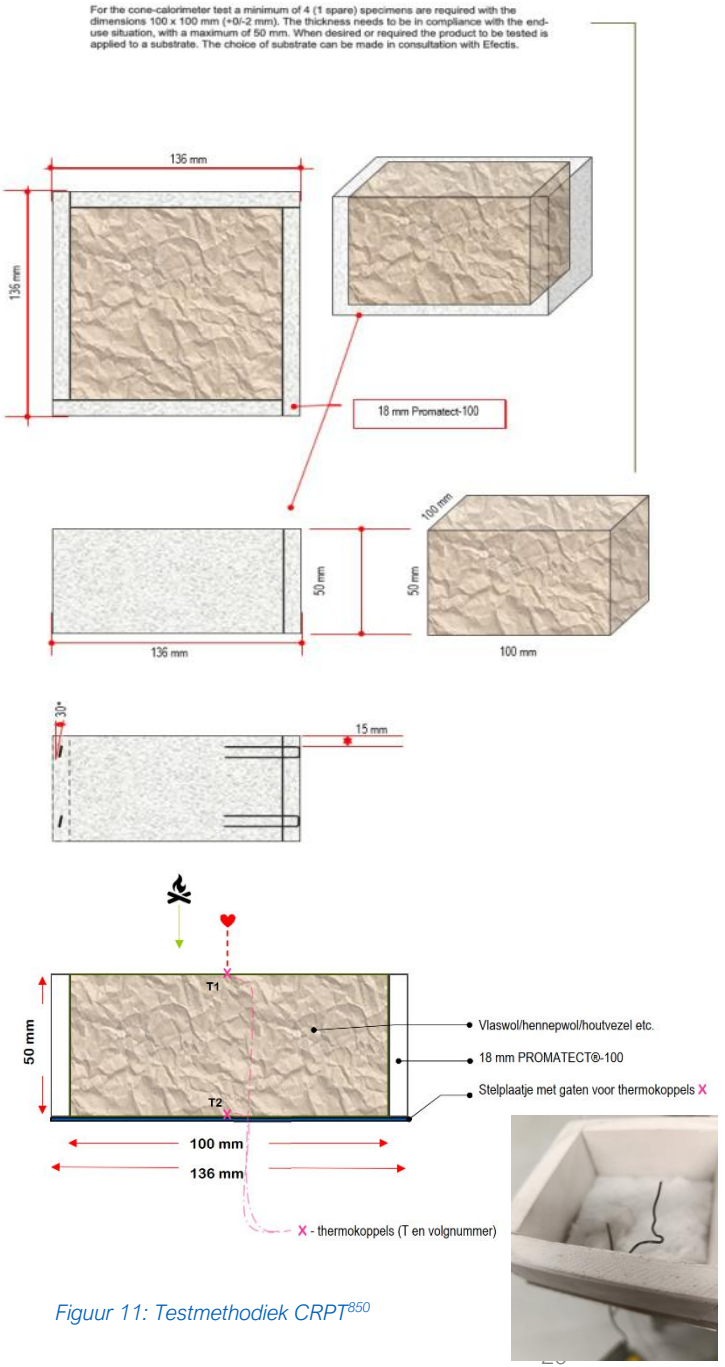
Testprincipe CRPT^{850} – Elke serie bestond uit de uitvoering van 3 kegeltesten op één productsoort, aangevuld met 1 kegeltest op de glaswol testreferentie (Knauf Naturoll 035).

De toegepaste constante warmtestraling betrof 100 kW/m² om de temperatuur 850°C ± 5 °C op de oppervlakte van de sample te bereiken.

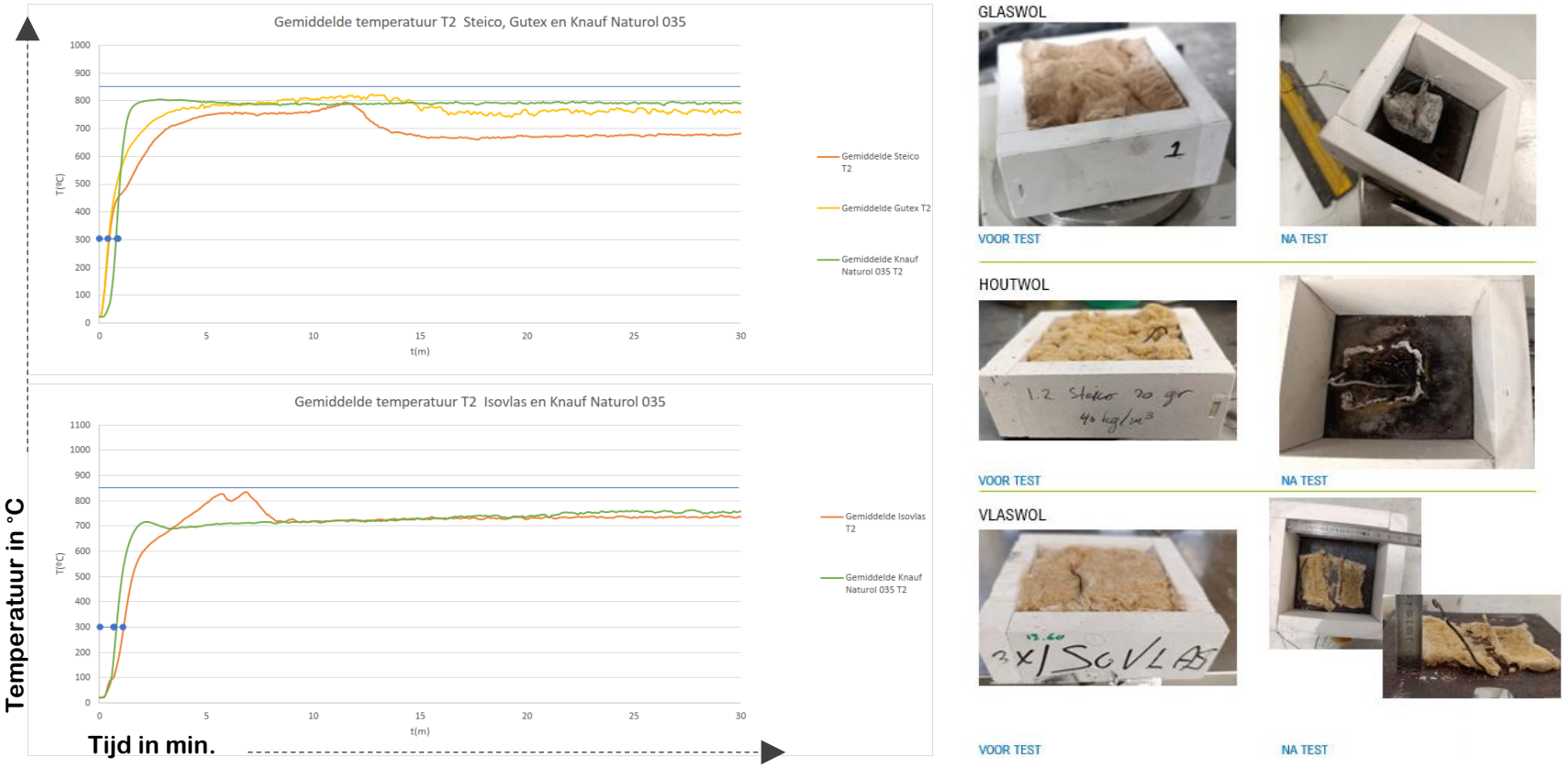
Ieder monster heeft twee (2) K-type thermokoppels. Thermokoppelnummer T1 legt de temperatuurbelasting op de oppervlakte aan de bovenzijde van de sample vast en nummer T2 meet de thermische doorgang aan de onderzijde van het te onderzoeken isolatiemateriaal; zie hiervoor figuur 12. De thermokoppels gaan door twee gaten met een diameter van 1,6 mm die in de stalen plaat zijn aangebracht. Zie hiervoor tevens het rechter figuur 11.

Testvolume – In totaal werden tweeënvijftig (52) kegelcalorimetertesten uitgevoerd, verdeeld over 13 series. Alle typesoorten (zie eerdere toelichting hierover bij par. 2.5) zijn hierbij beproefd.

** Om aan te tonen dat het PROMATECT®-100 frame de testresultaten niet beïnvloedt, is één conische calorimetertest uitgevoerd om de HRR van het frame te bepalen. Deze test toonde aan dat het PROMATECT®-100 frame geen relevante bijdrage leverde aan de gemeten HRR.*



Figuur 11: Testmethodiek CRPT^{850}



- *Figuur 12: Vastlegging thermische doorgang op de onderzijde van de isolatiesample en het schadebeeld dat is veroorzaakt door de thermische belasting van 850 °C. Het glaswol-referentieproduct in de meetgrafiek betreft telkens de groene meetlijn en de oranje en gele meetlijnen horen bij het betreffende biobased isolatiemateriaal.*

- *Single flamesource test (SF, norm EN- ISO 11925- 2:2020 met 30 s blootstelling aan een vlam)*

  In de SF-test wordt een vlam uit een gasbrander onder een hoek op een proefstuk gebracht. De test geeft inzicht in de mate waarin het materiaal pyroliseert, inbrandt, ontsteekt en in welke mate sprake is van horizontale en verticale branduitbreiding over het oppervlak van het proefstuk. Een blootstellingsduur van 30 seconden is toegepast in overeenstemming met de testnorm. Met de SF-test kan worden beoordeeld of het product voldoet aan de laagste brandklasse (E of F) en geeft een mogelijk doorgang van een product voor classificatie B, C, D conform EN 13501-1.

  Aanvullingen op de testnorm – Geen.

  Testvolume – In totaal werden zesennegentig (96) SF-testen uitgevoerd, verdeeld over 9 testseries. Alle typesoorten (zie eerdere toelichting hierover bij par. 2.5) zijn hierbij beproefd volgens de aangewezen herhalingsprocedures van 6 sampletesten van een typesoort.

- *SBI-test (SBI, in analogie met norm EN 13823:2020+A1:2022)*

  De SBI-hoekopstelling wordt normaliter gebruikt om het brandgedrag van een wand-, plafond- of gevelopbouw te bepalen voor classificatie B, C, D conform EN 13501-1. In dit project is de test ingezet om te beoordelen hoe de biobased materialen zich gedragen in een “onbeschermde” toepassing. Dit scenario is vergelijkbaar met de situatie die ontstaat wanneer plaatlagen van een wandelement beginnen weg te vallen: het achterliggende materiaal wordt dan zwaarder thermisch belast door blootstelling aan vlammen. Dit leidt tot krimp, pyrolyse, verlies van materiaal, rook, ontbranding en/of verkoling. De mate waarin dat gebeurt, is indicatief voor het gedrag van de biobased materialen en kan in analogie met de EN 13501-1 en in samenwerking met de SF-test worden vergeleken met de Europese brandklassen.

  Afwijkingen testnorm – Voor losse (isolatie)vezels (loose fill insulation) is nog geen genormaliseerde testopstelling gedefinieerd. Derhalve is gekozen voor een testopstelling in analogie met testwijze voor de bepaling van het brandgedrag van plantaardige vezels (conform beoordelingsdocument EAD 040138-01-1201 (mei 2018)) zoals gedefinieerd in de EN 15101-1:2013+A1:2019.

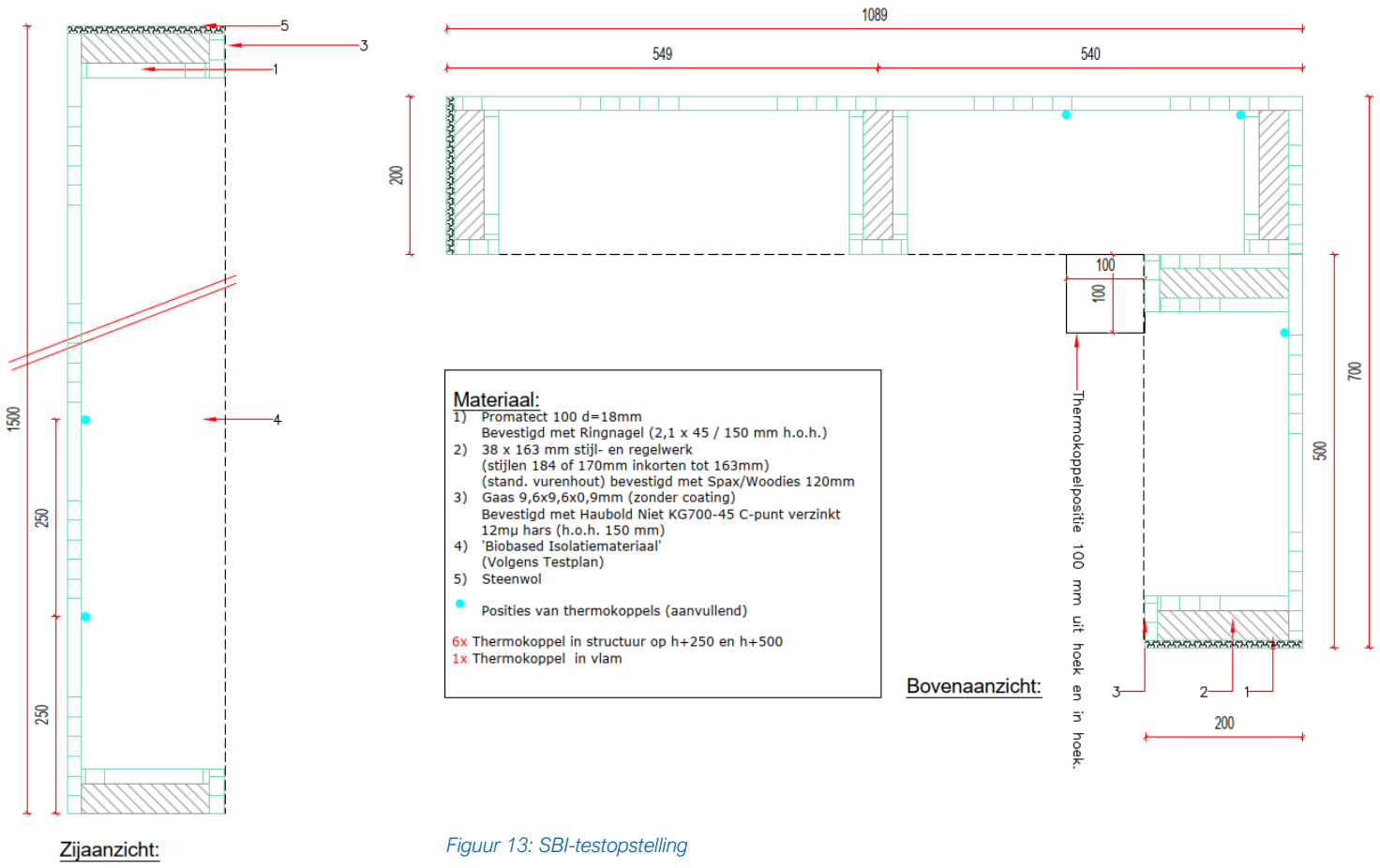
Om onderlinge vergelijking van de prestaties van verschillende isolatiematerialen mogelijk te maken, is afgeweken van de opzet conform EAD en EN 15101-1. In plaats daarvan is gekozen voor een testopzet en configuratie van het testframe die specifiek zijn afgestemd op het vergelijkende karakter van het onderzoek. Er is hierbij gebruik gemaakt van een houten frame. Het stijl- en regelwerk is aan de voor-, binnen-, en achterzijde afgesloten door plaatstroken PROMATECT®-100 met een dikte van 18 mm* en de voorzijde voorzien van gaas van verzinkt staal, met een maaswijdte van 9,6 x 9,6 mm en een dikte van 0,9 mm. Zie een weergave hiervan in onderstaand figuur 13.

** 18 mm PROMATECT®-100 beschikt over een 'Fire Protection Ability' K_2 30 in overeenstemming met EN 14135 in combinatie met EN 13501-2. Hierdoor is een bijdrage van het houten stijl- en regelwerk tijdens het testverloop uitgesloten en wordt hierdoor zuiver en alleen het specifieke gedrag van het isolatiemateriaal gemeten.*

Aanvullingen op de testnorm – In aanvulling op de norm zijn 6 thermokoppels gebruikt om de temperatuuropbouw op de achterzijde (koude testzijde) van het isolatiepakket te volgen. De test is daarnaast uitgevoerd met een vlambelasting van 30 minuten in plaats van de genormaliseerde bevlammingsduur van 20 min. (10 min. langere blootstelling aan de SBI-vlam).

Testprincipe – De toegepaste bronbelasting van 30 kW vertegenwoordigt een temperatuur van circa 850 °C op de oppervlakte van de sample in de vlamzone. Naast de thermische doorgang is de veroorzaakte gevolgschade door de SBI-vlam vastgelegd.

Testvolume – In totaal werden zestien (16) SBI-testen uitgevoerd. Alle typesoorten (zie eerdere toelichting hierover bij par. 2.5) zijn hierbij beproefd.



Figuur 13: SBI-testopstelling

- *Materiaaltesten via de horizontale testopstelling conform prEN 1995-1-2:2023 Annex D - PL-klassering; verder* ***PL(h)***

  De PL(h)-testen sluiten aan bij het onderzoek van de Technische Universiteit München (verder TUM) met als doel de brand eigenschappen van hsb-elementen met biobased isolatiematerialen te standaardiseren. Het onderzoek van TUM is gebaseerd op kenmerken en beproevingswijzen die ook zijn opgenomen in prEN 1995-1-2:2020 (inmiddels is versie prEN 1995-1-2:2023 gepubliceerd).

  Via PL(h)-testmethodiek wordt de verplaatsingstijd van de 300 °C isotherme temperatuur van ondersteunde biobased isolatiemateriaal in kaart gebracht*[2]. Deze verplaatsingstijd is een kenmerk voor de mate van bescherming van de achterliggende lagen of houten stijlen en regels uitgedrukt in een recessiesnelheid v_{rec} [mm/min]. Ook wordt via deze PL(h)-testmethode bepaald of de materialen in beschermingsklasse PL 1, 2 of 3 vallen.

  - Met de materiaaltesten in een horizontale testopstelling conform prEN 1995-1-2:2023 Annex D (PL(h)) wordt geverifieerd in welke PL-klassering de isolatiematerialen vallen.
  - Brede uitwisselbaarheid van isolatiematerialen onder verwijzing van de PL-factor op Europees niveau wordt daarmee mogelijk, waarbij de relatie naar de Eurocode ervoor zorgt dat op termijn (vanaf het moment van inwerkingtreding van de nieuwe Eurocode) geen deskundigenbeoordelingen meer benodigd zijn. Binnen de reikwijdte van (en conform de methode in) prEC5 kan dan de brandwerende bijdrage van het isolatiemateriaal in een hsb wand worden berekend op basis van de doorbrandsnelheid v_{rec} [mm/min], dat ook een resultaat van de PL(h)-testmethode is.
  - De test geeft daarnaast een aanvullend inzicht in de rekenkundige doorbrandtijd bij mechanisch, gefixeerde toepassing in horizontale structuren *[1] (vloer- of dakconstructie).

  Het uitvoeren van de prEN-testen is belangrijk om de resultaten uit dit Nederlandse onderzoek toekomstbestendig te maken. Tevens geven deze testen de brandlabs de gelegenheid eerste ervaringen op te doen met deze (nieuwe) testmethode.

  **[1] De resultaatbeschrijving van de PL(h)-test kan tevens als geschikt/bruikbaar worden gezien voor hellende dakconstructies. De bijdrage van los, ingeklemde (niet mechanisch gefixeerde) isolatie wordt als nihil gezien op basis van de verkregen inzichten in dit testprogramma.*

  **[2] Met de thermokoppels op 50 mm isolatiediepte van de ConeRadiantPanel-test (CRPT, norm ISO 5660-1:2015). Hiermee is de voorspellings-betrouwbaarheid van de $CRPT^{850}$-testmethodiek gecontroleerd.*

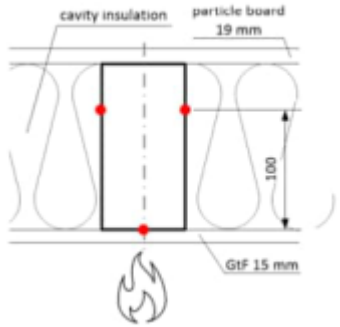
Afwijkingen testnorm – Om onderlinge vergelijking van de prestaties van verschillende isolatiematerialen onderling mogelijk te maken, is afgeweken van de testopzet voor isolatieplaten (en -dekens). Voor zowel isolatieplaten, -dekens en losse vezels is de onderzijde van het proefstuk voorzien van gaas van verzinkt staal, met een maaswijdte van 9,6 x 9,6 mm en een dikte van 0,9 mm.

In plaats van de voorgeschreven 15 mm vezelversterkte gipsplaten type F conform EN 520 is gebruik gemaakt van 15 mm PROMATECT®-100*.

In enkele gevallen is voor onderzoek langer doorgetest dan de genormaliseerde beproevingsduur van 60 minuten.

** Uit testanalyse van deze testmethodiek in het TUM-onderzoek is gebleken dat productstabiliteit van 45 min. door het type F gipsplaten niet altijd gerealiseerd werd. Om dit zeker te stellen is gebruik gemaakt van 15 mm PROMATECT®-100.*

Figuur 14: Figuur 5-71 (TUM): Bepaling van de PL voor isolatiematerialen volgens prEN 1995-1-2:2020-11



Aanvullingen op de testnorm – In aanvulling op de norm zijn naast de aangewezen thermokoppels op 100 mm testdiepte, vier (4) extra thermokoppels toegepast verdeeld over 50 mm (2 st.) en 140 mm (2 st.) materiaaldiepte. De thermokoppels zijn geplaatst op de houten ligger in het midden.

Louter via de thermokoppelpositie op 100 mm isolatiediepte wordt het tijdstip van het passeren van de 300 °C isotherme temperatuur in overeenstemming met de PL-classificatiewijze op de tijdstippen van 45 en 60 min. testtijd vastgelegd en gecontroleerd. De beproevingsduur betreft 60 minuten. (in enkele gevallen is voor onderzoek langer door getest).

De overige thermokoppels worden gebruikt voor het generen van aanvullende data (o.a. voor het controleren van de voorspellings-betrouwbaarheid van de $CRPT^{850}$-testmethodiek.

Testprincipe – De proefstukken worden in overeenstemming met prEN 1995-1-2 annex D horizontaal beproefd, zoals weergegeven in onderstaand figuur 15. De te beproeven materiaaldikte is 140 mm bij een beproevingsduur van ten minste 60 minuten (in enkele gevallen is voor onderzoek

langer door getest). Na 45 min. testtijd valt de 15 mm PROMATECT®-100 plaat weg en wordt het isolatiemateriaal volledig en direct blootgesteld aan de thermische belasting van de oven. Via de thermokoppels is het tijdstip van het passeren van de 300 °C isotherme temperatuur in het isolatiemateriaal op de dieptes 50, 100 en 140 mm tot en met 60 min. testtijd vastgelegd.

De gemiddelde, ontwikkelde oventemperatuur na 45 min. stooktijd betreft ca. 900 °C conform de StandaardBrandKromme en sluit daarmee grofweg aan op de testdoelstelling voor de thermische belasting van de isolatiematerialen met 850 °C.

De thermische waarneming op thermokoppelpositie op 100 mm isolatiediepte wordt gebruikt voor classificatiewijze in overeenstemming met prEN 1995-1-2:2023 Annex D:

- PL1 If $T_{mean,60} \leq 300$ °C
- PL2 If $T_{mean,45} < 300$ °C and $T_{mean,60} > 300$ °C
- PL3 If $T_{mean,45} \geq 300$ °C

Tevens kan met de recessiesnelheid c.q. doorbrandsnelheid ν_{rec} worden bepaald op basis van de formule $\nu_{rec} = 100 / (t_{mean,100} - t_{ppf})$

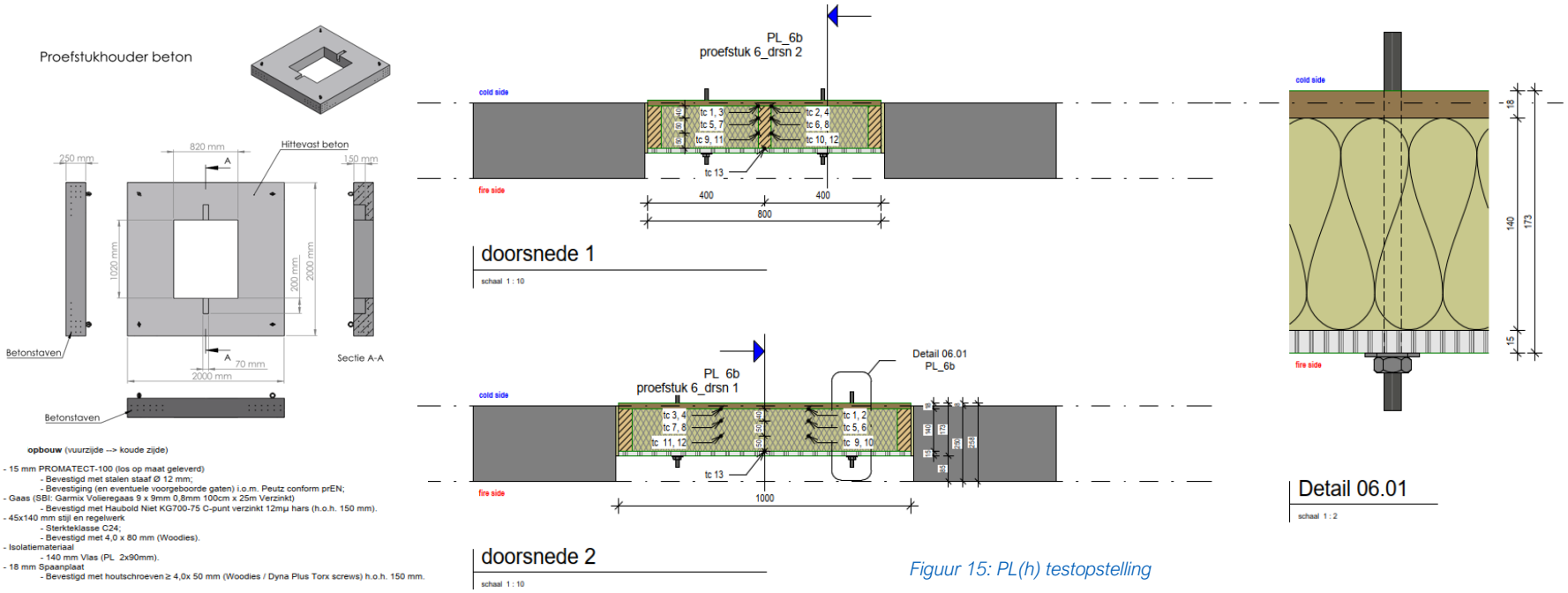
Waarin:

- ν_{rec} = recessiesnelheid van PL2 isolatiematerialen, in mm/min (naar boven afgerond).
- $t_{mean,100}$ = de gemiddelde tijd wanneer de inbrandingslijn 100 mm heeft bereikt op het oppervlak van de vurenhouten balk, in min.
- t_{ppf} = starttijdstip post protection fase: 45 min. (tijdstip van het wegvallen van 15 mm PROMATECT®-100 plaat)

De bepaalde recessiesnelheid kan uitsluitend worden gebruikt bij ondersteuning (via gaas o.g.) van het isolatiemateriaal in geval van horizontale toepassingen Zie paragraaf ‘10.3 Insulation’ van prEC5. Voor verticale toepassingen zoals in wanden geeft prEN 1995-1-2:2023 onder voorwaarden ook andere opties.

Testvolume – In totaal werden elf (11) PL(h)-testen uitgevoerd. Hierbij zijn niet alle isolatiesoorten getest, maar is er bij een dubbel materiaaltype een merkkeuze gemaakt (hennepwol), en één ongeïsoleerde cassette beproefd om de functionele werking van 15 mm PROMATECT®-100 na te gaan in functie van de testdoelstelling, afgezet tegenover de classificatiewijze*.

** 15 mm PROMATECT®-100 moet enerzijds heel zijn en blijven tot en met 45 min. testtijd en tegelijkertijd niet dermate goed (thermisch) koelen of beschermen dat er niet meer aan de beoogde testdoelstelling kan worden voldaan (in dit geval moet de thermische doorgang eerder dan 45 min. testtijd groter zijn dan 300 °C) en daarnaast overeenkomen met het thermische gedrag van 15 mm vezelversterkte gipsplaten type F conform EN 520.*



Figuur 15: PL(h) testopstelling

- *Materiaaltesten via de verticale testopstelling in analogie met prEN 1995-1-2:2023 Annex D; verder* ***PL(v)***

  In analogie met de PL(h)-testmethodiek wordt via de PL(v)-testmethodiek de verplaatsingssnelheid van de 300 °C isotherme temperatuur van los in-/aangebrachte (niet mechanisch gefixeerde) biobased isolatiemateriaal in kaart gebracht van verschillende diktes in wandstructuren. De mate van bescherming van de achterliggende lagen of houten stijl- en regelwerk in de wand wordt ook hier uitgedrukt in een recessiesnelheid/doorbrandsnelheid ν_{rec} [mm/min].

  - Met de materiaaltesten in een verticale testopstelling *in analogie met prEN 1995-1-2:2023 Annex D* bepalen we het beschermend vermogen van los in-/aangebrachte (niet mechanisch gefixeerde) biobased materialen in wandstructuren*[3].

  [3] De PL-factor via de testwijze prEN 1995-1-2:2023 annex D geeft onvoldoende informatie over het werkelijke gedrag van het isolatiemateriaal bij directe blootstelling aan brand in een verticale constructie.

  Testprincipe – De proefstukken worden verticaal beproefd in een hsb-element. Op de achterzijde is dit frame afgesloten met 18 mm PROMATECT®-100 en aan de ovenzijde is deze voorzien van 15 mm MDF (densiteit 500 kg/m^3), zoals weergegeven in onderstaand figuur 17.

  Met dikke isolatielagen wordt een (onevenredig) ander beschermingsniveau bereikt door de verschillen in warmtecapaciteit, positiestabiliteit, densiteit en natuurlijk gebonden (evenwichts-)vocht ten opzichte dunne lagen. Daarom worden 2 verschillende proefstukdiktes gehanteerd: 100 en 300 mm.

  Via de thermokoppels wordt het tijdstip van het passeren van de 300 °C isotherme temperatuur in het isolatiemateriaal op de dieptes 0, 50 *[4], 100, 200 en 300 mm vastgelegd (wanneer 100 mm laagdikte wordt beproefd is uiteraard alleen 0, 50 *[4], 100 mm testdiepte van toepassing).

  [4] Met de thermokoppels op 50 mm diepte wordt de voorspellingsbetrouwbaarheid van de ConeRadiantPanel-test (CRPT, norm ISO 5660-1:2015) gecontroleerd.

  Bijkomend wordt de degradatiewijze van verschillende isolatiematerialen gevolgd: wegvallen, afglijden, inklinken, wegbranden enz.

Na het falen van de MDF plaat (dat wil zeggen de 300 °C isotherme temperatuur op 0 mm isolatiediepte wordt bereikt) wordt het isolatiemateriaal volledig en direct thermische belast met de heersende oventemperatuur. Via de thermokoppels is het tijdstip van het passeren van de 300 °C isotherme temperatuur in het isolatiemateriaal op de dieptes 50, 100, 200 en 300 mm tot ≥ 45 min. testtijd vastgelegd. Afhankelijk van de isolatiesoort en testdikte is dit verschillend. Hierdoor is er ook een dynamisch eindtijd van toepassing, waarbij: .

De thermische waarneming op thermokoppelpositie op 0 mm isolatiediepte wordt gebruikt, om het tijdstip van het passeren van de 300 °C isotherme temperatuur op de achterzijde van het MDF vast te stellen, uitgedrukt in $t_{mean,0}$. De thermische waarneming op de thermokoppelposities op 100 mm of 200 mm isolatiediepte wordt gebruikt om het tijdstip van het passeren van de 300 °C isotherme temperatuur op deze testdieptes te bepalen, uitgedrukt in $t_{mean,100}$ of $t_{mean,200}$.

De thermische waarneming op thermokoppelpositie op 100 mm (voor 100 mm testdikte) of 200 mm (voor 300 mm testdikte) isolatiediepte, wordt gebruikt voor het vaststellen van de recessiesnelheid of doorbrandsnelheid die nodig was voor het opschuiven van de 300 °C isotherme temperatuur op dieptepositie 0 (achter MDF) tot 100 of 200 mm testdiepte uitgedrukt in $\Delta T_{d0\text{-}100}$/300 °C of $\Delta T_{d0\text{-}200}$/300 °C.

Via visuele waarneming is het moment van het inzakken en daarmee het ontstaan van een open ruimte aan de bovenzijde van het testobject vastgelegd en is deze kritische, degradatiewijze meegenomen in de berekening van de recessiesnelheid door middel van de zogenaamde ‘krimpcorrectiefactor’.

- Voorlopige aanbeveling -

Tevens kan de, in analogie met bijlage D, bepaalde recessiesnelheid ν_{rec} worden toegepast voor de berekening van de bijdrage aan de brandwerendheid van de isolatie in verschillende diktes:

- voor een dunne isolatielaag ≤ 200 mm dikte formule $\nu_{rec} = 100 / (t_{mean,100} - \Delta T_{d0\text{-}100/300\ °C} \bullet \text{krimpcorrectiefactor})$
- voor een dikke isolatielaag > 200 mm dikte formule $\nu_{rec} = 200 / (t_{mean,200} - \Delta T_{d0\text{-}200/300\ °C} \bullet \text{krimpcorrectiefactor})$

Waarin:

- v_{rec} = recessiesnelheid van PL2 isolatiematerialen, in mm/min (naar boven afgerond).
- $t_{mean,0}$ = de gemiddelde tijd van het bereiken 300 °C isotherme temperatuur op diepte 0 mm, direct op de achterzijde van het MDF, in min.
- $t_{mean,100}$ = de gemiddelde tijd van het bereiken 300 °C isotherme temperatuur op diepte 100 mm op het oppervlak van de vurenhouten balk, in min.
- $t_{mean,200}$ = de gemiddelde tijd van het bereiken 300 °C isotherme temperatuur op diepte 200 mm op het oppervlak van de vurenhouten balk, in min.
- $\Delta T_{d0\text{-}100}$/300 °C = benodigde tijd post protection fase diepte 0-100 mm van bereiken 300 °C op diepte 100 mm
- $\Delta T_{d0\text{-}200}$/300 °C = benodigde tijd post protection fase diepte 0-200 mm van bereiken 300 °C op diepte 200 mm
- Krimpcorrectiefactor = gecorrigeerde tijdsfactor die bepaald wordt door het tijdstip van het bereiken van 300 °C op de koude zijde van het isolatiemateriaal aan de bovenzijde van de wand (bepaald via interne thermokoppels die op de bovenligger-onderzijde, in het midden van de bovenligger aan de koude zijde geplaatst zijn).

De toepassing van de 15 mm MDF (densiteit 500 kg/m^3) is overgenomen van de testopstelling van TUM. Het betreft een zogenaamde opofferplaat die het isolatiemateriaal thermisch voorbereidt op het (sneller) bereiken van een temperatuurgemiddelde van 850 °C op het isolatiemateriaal overeenkomstig de onderstaand figuur 16. De gemiddelde temperatuurontwikkeling komt overeen met de ontwikkelde oventemperatuur na 30 min. stooktijd en sluit daarmee aan op de testdoelstelling voor de thermische belasting van de isolatiematerialen.

De gemiddelde doorbrandtijd van 15 mm MDF op basis van 15 PL(v)-testen betreft 20 min. bij een aangenomen faalkans van 0,9 overeenkomstig tabel F.1 prEN 1995-1-2:2023 kan een brandwerendheid van 18 min. worden aangehouden voor berekening of deelanalyse.

Tabel 2: Table F.1 — Determination of the failure time $t_{f,pr}$ from fire resistance tests

Number of evaluated tests n	Failure time of the fire protection system $t_{f,pr}$
≥5	$t_{f,pr} = 0{,}9\ t_{f,test}$

Figuur 16: →

Oventemperatuur bij gebruik van 15 mm MDF in verschillende testsituaties uit Beurteilung der raumabschließenden Funktion brandbeanspruchter Holzbauteile mittels einer „Component Additive Method"; Technische Universität München, TUM School of Engineering and Design.

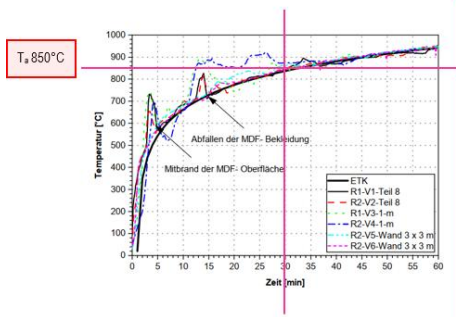


Abbildung 4-34: Ofentemperatur in den verschiedenen Ofenabmessungen

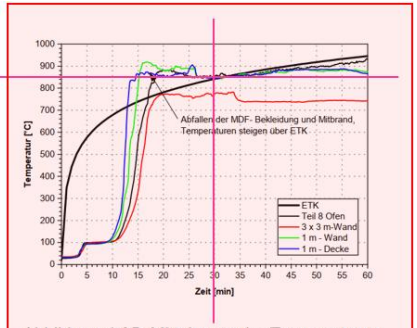


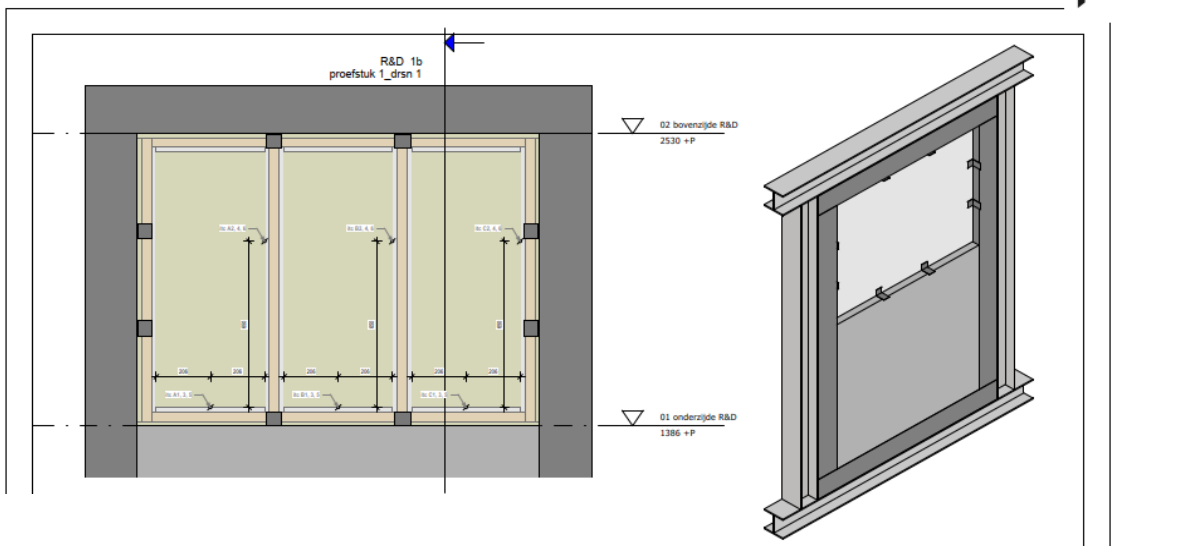
Abbildung 4-35: Mittelwerte der Temperaturen abhängig von den Probekörperabmessungen hinter der MDF- Platte

Figuur 17: Testopstelling PL(v). De hoogte van het testobject betreft 1 m bij een breedte van 1,5 m. In het testobject kunnen drie (3) isolatiesoorten tegelijk worden beproefd van eenzelfde dikte.

Het isolatiemateriaal wordt los (niet aanvullend mechanisch gefixeerd) ingebracht in het element.

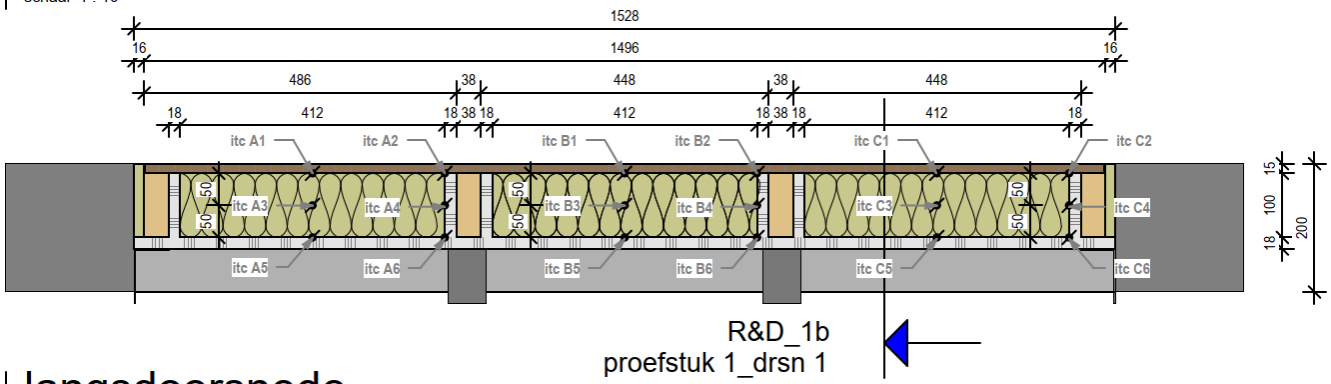
Bijlage 2 Tekeningen en formulier thermokoppels

PEUTZ



koude zijde

schaal 1 : 10



R&D_1b
proefstuk 1_drsn 1

Building Balance_R&D test	Mod/Chk: RoG / LvD
	Schaal: 1 : 10
	Formaat: A3
R&D testen Y 3331	proefstuk 1 koude zijde
	Fase: Schets
	Status: Definitief
NIEMAN DE RAADGEVENDE INGENIEURS	Werknr: 20240078
	Datum: 10-02-2025
	Teknr.: R&D_1a

Y 3331-3-NO-001 2.1

langsdoorsnede

schaal 1 : 10

Testvolume – In totaal werden achttien (18) PL(v)-testen uitgevoerd. Zeven (7) testen met een testdikte van 100 mm en elf (11) testen met een testdikte van 300 mm (hierbij is tevens de testreferentie glaswol opgenomen). Hierbij zijn niet alle isolatiesoorten getest, maar is er een keuze gemaakt, waarbij er van ieder type materiaal ten minste 1 variant is beproefd. De keuzes zijn gebaseerd op basis van de eerste deelanalyses 'Materiaal-eigenschappen-SF-SBI-CRPT' en 'CRPT-Meetgemiddelden-2024-Efectis-R001159 Stichting Building Balance gza' van de bijlage. Hierbij is tevens rekening gehouden met testvalidatie van het nevenmerk van dezelfde isolatiesoort in wandtesten, dan wel de PL(h)-testreeks. Hierdoor wordt er uiteindelijk van alle typesoorten de relevante informatie verkregen.

3.2.2 Materiaalgedrag: beoordeling door grootschalige testen

Voor een aantal element-materiaal-combinaties zijn testen op brandwerendheid uitgevoerd. Dit betreft zowel dragende als niet-dragende wandopbouwen:

- Dragende-wandopbouwen (scheidingswanden, woningscheidende wanden en binnenspouwbladen) die belast zijn met 30 kN/m. Daarin zijn de materialen zuiver hennepwol (densiteit 30-40 kg/m^3, het worst case isolatiemateriaal betreffende), glaswol (testreferentie betreffende), cellulose, houtvezel en stro beproefd;
- Niet-dragende-wandopbouwen (scheidingswanden, woningscheidende wanden en binnenspouwbladen). Daarin zijn de materialen hennepwol (densiteit 30-40 kg/m^3 en worst case isolatiemateriaal betreffende), vlaswol en stro beproefd.

De opbouw van de HSB elementen sluit aan bij de praktijk, er is onder andere beproefd met folies en spouwplaten.

De wanden zijn in droge fabrieksomstandigheden vervaardigd, evenals dat de benodigde plaat- en isolatiematerialen idem in droge fabrieksomstandigheden opgeslagen zijn geweest voor prefabricage. Voor transport zijn de wanden in fabriek volledig in folie ingepakt en in de ingepakte toestand tot in de inbouwlocatie in het testlaboratorium gebleven en in het laboratorium ontdaan van de folie.
De wanden zijn kant-en-klaar afgeleverd en ingebouwd bij de testlaboratoria in een droge toestand. De kortste levertijd betrof praktisch 2 voldagen (ten minste 48 uur) voorafgaande aan beproeving en de langste levertijd betrof 5 voldagen (ten minste 120 uur). Aangenomen wordt dat door deze

tijdspanne, fabricage- en transportwijze de materialen in de wand zijn geacclimatiseerd naar het evenwichtsvochtgehalte bij gecontroleerde binnentemperatuur- en vochtigheidsomstandigheden van de binnensituatie van de testlaboratoria. Het is niet aannemelijk dat er significante verschillen van productcondities van de testwanden ten opzichte van de vooraf geconditioneerde producten voor de testcycli voor materiaalgedrag ($CRPT^{850}$-, PL-, SBI- en SF-testen) hebben opgetreden.

In testbeginsel is via thermografische beeldvorming via infraroodcamera zichtbaar gemaakt welke delen van de wandconstructie thermische weerstand bieden tegen hitte. De meetdata hiervan gaf onvoldoende bruikbare informatie voor testanalyse. Om deze reden zijn de thermografische metingen niet voortgezet. De interne en externe temperatuurontwikkeling is via de reguliere thermokoppelmetingen vastgelegd.

Brandwerendheidstest van belaste wanden (norm EN 1365-1:2012/AC:2013)

De hsb-wanden zijn thermisch belast conform de standaard brandkromme (cf. EN 1363-1:2020) en beoordeeld op de criteria REIW conform EN 13501-2:2023. Dit betekent dat de wand gedurende de blootstellingsduur vlamdicht (E), thermisch isolerend (I), stralingsbeperkend (W) en dragend (R) moet blijven. De test geeft inzicht in de mate waarin de wand haar brandwerende functie in de tijd behoudt op elk van deze criteria. Ten opzichte van de norm zijn 12 extra thermokoppels gebruikt om de temperatuuropbouw ín de wand beter te kunnen volgen zodat ook duidelijker wordt op welke wijze de wand haar brandwerende functie in de tijd behoudt.

De wandtesten zijn uitgevoerd met holle wanddozen en volledig doorgezaagde zijstijlen (om te voldoen aan de aanbevelingen vanuit de EGOLF voor belaste wanden wordt er een moot van 50 mm hoogte uit de stijl weggenomen). Een belasting per dragende stijl van 14,48 kN toegepast. De test is uitgevoerd tot het moment van falen op een van de criteria R, E, I of W.

Criteria	Betekenis	Toelichting
R	Draagvermogen	De constructie blijft stabiel en bezwijkt niet onder belasting tijdens de brand.
E	Vlamdichtheid	De constructie voorkomt dat vlammen of hete gassen door kieren of openingen dringen.
I	Thermische Isolatie	De temperatuurstijging aan de niet-blootgestelde zijde blijft onder kritische grens (140 °C stijging gemiddeld, 180 °C stijging max).
W	Warmtestraling	Op een meter afstand van de constructie mag de stralingsflux niet hoger zijn dan 15 kW/m².

Brandwerendheidstest van onbelaste wanden (norm EN 1364-1:2015 – Brandwerendheid van niet-dragende wanden)

Met de “grote oven”-test, conform EN 1364-1:2015, is de HSB-wand thermisch belast conform de StandaardBrandKromme (cf. EN 1363-1:2020) en beoordeeld op de criteria EIW conform EN 13501-2:2023. De test geeft inzicht in de mate waarin de wand haar brandwerende functie in de tijd behoudt op elk van deze criteria. Ten opzichte van de norm zijn 12 extra thermokoppels gebruikt om de temperatuuropbouw ín de wand beter te kunnen volgen zodat ook duidelijker wordt op welke wijze de wand haar brandwerende functie in de tijd behoudt.

De wandtesten zijn uitgevoerd met holle wanddozen. De test is uitgevoerd tot het moment tot falen op een van de criteria E, I of W.

Criteria	Betekenis	Toelichting
E	Vlamdichtheid	De constructie voorkomt dat vlammen of hete gassen door kieren of openingen dringen.
I	Thermische Isolatie	De temperatuurstijging aan de niet-blootgestelde zijde blijft onder kritische grens (140 °C stijging gemiddeld, 180 °C stijging max).
W	Warmtestraling	Op een meter afstand van de constructie mag de stralingsflux niet hoger zijn dan 15 kW/m².

3.3 Context & implicaties testmethoden in onderzoek

3.3.1 Context nieuwe testmethoden CRPT^{850}, PL(h) & PL(v) voor de bepaling van het materiaalgedrag

- *CRPT^{850}-test* – De CRPT^{850}-test kan aannemelijk als indicatietest worden gezien op nationaal niveau om gelijkwaardige onderlinge uitwisselbaarheid vast te stellen ten opzichte van worst case isolatiemateriaal zonder het definiëren van een specifieke rekenkundige doorbrandtijd. Dit laatste aspect is niet direct noodzakelijk voor de basisbeoordeling van onderlinge gelijkwaardigheid op thermische capaciteit en materiaaldegradatie. Als rekenwaarde wordt dan de meest conservatieve doorbrandtijd aangehouden.

- *PL(h)-test* – De PL(h)-test is nodig om de beschermingsfactor van isolatiematerialen te kunnen classificeren en voor het vaststellen van de specifieke doorbrandsnelheid in horizontale toepassing (vloer en dak) bij aanvullende ondersteuning (door volière gaas o.g.).

- *PL(v)-test* – De PL(v)-test is aanvullend nodig voor vaststellen van de doorbrandtijd in verticale toepassing (wanden) en voor het beoordelen van het degradatiegedrag bij volle vuurbelasting, maar in principe minder geschikt voor vloerconstructies.

3.3.2 Implicaties van de testmethoden op zowel technisch als beleidsmatig vlak:

- De CRPT^{850}-test heeft EU-teststatus en kan indicatie van de reactie op brand geven en daarmee dienen voor materiaalonderscheid en vergelijk bij brand op nationaal niveau, het maar is geen vervanging voor PL testen (PL(h) en/of PL(v)). Verkenning van product- en positiestabiliteit in zijn toepassing, evenals de invloed van de isolatiedikte, kan onvoldoende hiermee worden verkend.
  - betreft een EU-geharmoniseerde test, echter teststatus met modificatie naar 850 °C thermische belasting kan worden gezien als experimenteel (aanvulling op teststandaard).

- De PL(h)-test geeft inzicht in de doorbrandsnelheid bij mechanisch, gefixeerde toepassing in horizontale structuren * (vloer- of dakconstructie). Door de testvorm ontstaat er een automatische splitsing tussen mechanisch gefixeerde en los ingebrachte integratie van het isolatiemateriaal. Aangezien het isolatiemateriaal volgens de testprocedure in bijlage D.5(7) altijd mechanisch gefixeerd moet zijn, geeft dat ook een beperking voor het toepassingsgebied in de praktijk. De PL-klasse is alleen geldig onder de voorwaarde dat de isolatie niet wegvalt na wegvallen van de beplating.
  - betreft nog een niet EU-geharmoniseerde test / teststatus is experimenteel
  - heeft een connectie met (en toepassing binnen de reikwijdte van) prEC5, die als rekenmodel binnen EU erkent wordt.

- De PL(v)-test biedt aanvullend inzicht in de doorbrandtijd bij realistische toepassing van los aangebracht isolatiemateriaal in verticale structuren. De PL(v)-test is specifiek voor de Nederlandse onderzoekslijn ontwikkeld. Met deze methode kan product- en positiestabiliteit, evenals het effect van de isolatiedikte, in los aangebrachte toepassing goed worden verkend.
  - betreft een niet EU-geharmoniseerde test / teststatus is experimenteel; de testmethode wordt verder ontwikkeld in samenwerking met Universiteit Talinn.

** De resultaatbeschrijving van de PL(h)-test kan tevens als geschikt/bruikbaar worden gezien voor hellende dakconstructies. De bijdrage van los, ingeklemde (niet mechanisch gefixeerde) isolatie wordt als nihil gezien op basis van de verkregen inzichten in dit testprogramma.*

3.3.3 *Implicaties isolatiemateriaal in onderzoek*

- Via testen zijn de isolatiematerialen gecontroleerd op hun samenstelling. Dit is zo goed als mogelijk, vastgelegd in bijlage Materiaal-eigenschappen-SF-SBI-CRPT
- De densiteit van de toepaste losse vezelisolatie in de testopstellingen, zijn gecontroleerd door nawegen van de testobjecten (voor en na isoleren van het testobject). Door inklinking en navulling (met uitzondering van SBI, waarbij deze actie niet is uitgevoerd) leverde dit voor de stro-varianten miscanthus, hennepscheven en stro over het algemeen een hoger gewicht van 5-10 kg/m^3 op dan het streefgewicht*. De reden hiervoor kan terug worden gevonden in de specifieke, handmatige inblaastechniek met een lans. Of dit van een specifieke invloed is op de testuitkomsten is niet inzichtelijk in de testen. De prEN 1995-1-2 lijkt op verschillende plekken wel impliciet te suggereren dat een hogere densiteit een positief effect heeft op de bijdrage van de isolatie aan de brandwerendheid van een wandconstructie als geheel. De betreffende afwijking kwamen over alle testlijnen praktisch overeen voor deze materiaalsoorten. De gewichten isolatiedekens, -platen van vlaswol, glaswol en hennepwol en de losse vezel isolatie cellulose en houtvezel in de testsituaties kwamen overeen met de afgegeven streefgewichten. Voor cellulose en houtvezelvlokken wordt anders dan inblazen met de lans, een volautomatische stort-drukprocedé gebruikt (er is hier veel meer ervaring mee), wat voorziet in de veel kleinere afwijking op het streefgewicht van deze twee isolatiesoorten. Voor de isolatiedekens en -platen worden de streefgewichten tijdens de fabrieksprocessen gecontroleerd waardoor een relatief strak streefgewicht wordt geproduceerd fabriek af.
- Bij de wandtesten, met inbegrip van PL(v) en SBI-testen, heeft inzakken of inklinken van het materiaal praktisch in alle testen plaatsgevonden. Het algemene nadeel hiervan is van een holle ruimte aan de bovenzijde van de wandconstructie en dat er op die plekken zodoende een veel snellere thermische doorgang en vlamontwikkeling plaatsvindt. Op deze specifieke positie zal het I-criterium dan ook veel eerder falen ten opzichte van nog door isolatie beschermde, lagere posities in de wand. Dit kritieke effect is meegenomen/-gewogen door de zogenaamde krimpcorrectiefactor, waardoor de recessiesnelheid een stuk lager uitvalt dan de gemiddelde recessiesnelheid, zoals bepaald is via de interne thermokoppels. Via visuele waarneming is het moment van het inzakken en daarmee het ontstaan van een open ruimte aan de bovenzijde van het testobject vastgelegd en is deze kritische, degradatiewijze meegenomen in de berekening van de recessiesnelheid door middel van de zogenaamde ‘krimpcorrectiefactor’.

** Het streefgewicht was gebaseerd op een densiteit die niet op een natuurlijke manier haalbaar bleek te zijn onder de voorwaarde dat de wanden in de eindtoepassing volledig afgevuld moeten zijn en blijven met het betreffende isolatiemateriaal.*

Algemene noot: In basis, ongeacht isolatiestructuur (vezel, dekens of platen), moet het isolatiemateriaal volledig ruimte vullend en klemmend in een houtskeletstructuur zijn aangebracht. Het ontstaan van sleufopeningen door inklink- en/of krimpeffecten hebben op meerdere bouwfysische en brandwerende aspecten een grote, negatieve impact, evenals op de bijdrage die de isolatie levert aan de brandwerendheid van de wandconstructie als geheel.

Voor inblaasprocessen kan afvullen van de wand praktisch niet zonder het gebruik van plaatlagen aan weerszijden van een houtskelet ter bevordering van volledige en strakke afvulling van de holle ruimte. Alternatief kan het uitrachelen van de folie zijn door latten met een onderlinge h.o.h. van ≤ 300 mm.

Hoofdstuk 4 Analyse

Alle testresultaten zijn verzameld en via deelanalyses (zie bijlage 1 - 4) zijn geanalyseerd door Nieman en besproken met Efectis en Peutz. Op basis hiervan is de gewenste teststrategie bepaald voor testfase 2 en 3.

Voor totaalanalyse van het materiaalgedrag zijn tenslotte alle testresultaten van de individuele testen inzichtelijk gemaakt in een testanalyse-matrix. Deze is dermate uitgebreid, mede door het grote testvolume, en is ondergebracht in de bijlage van dit rapport. Deze testanalyse-matrix is opgesteld om in het verlengde van de observatiedocumenten, waarnemingen over te dragen en in samenwerking met Efectis en Peutz te komen tot een onderzoek op basis van de testresultaten met beproefde isolatiematerialen naar de karakterisering van biobased isolatiematerialen en de toepassing in veel voorkomende wandtypen. De conclusies hiervan zijn uitgewerkt in het Constructieoverzicht.

4.1 Testrapporten en meetresultaten

In de onderstaande testrapporten zijn de specifieke testresultaten vastgelegd. Uitgebreide testinformatie en testresultaten van de uitgevoerde testen zijn specifiek terug te vinden in de betreffende classificatie en/of testrapporten, die worden gepubliceerd op https://nkbb.org/thema/brandveiligheid/:

Brandtest	categorie	Rapportnr. - kortbeschrijving	Rapporthouder
EN-ISO11925-2	Single flamesource test (SF)	YE 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x 2 typen cellulose)	Building Balance
		YA 3205-1-RA-001 – 6x SF (1 type glaswol)	Building Balance
		YD 3205-1-RA-002 – 12x SF (6x 2 typen hennepscheven)	Building Balance
		YC 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x 2 typen hennepwol)	Building Balance
		YB 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x 2 typen houtvezel)	Building Balance
		YH 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x Miscanthus Ø 2 cm, 140 kg/m^3 & 6x Ø 0,5cm / 150kg/m^3)	Building Balance
		YG 3205-1-RA-001 – 12x SF (6x Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3 & 6x Ø 2 cm, 80 kg/m^3)	Building Balance
		YG 3205-2-RA-001 – 12x SF (6x Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3 & 6x Ø 2 cm, 80 kg/m^3)	Building Balance
		YF 3205-1-RA-001 – 6x SF (1 type vlaswol)	Building Balance
EN 13823 – SBI	Single Burning Item (SBI)	YE 3205-3-RA-001 – 2 typen cellulose	Building Balance
		YA 3205-2-RA-001 – 2x glaswol	Building Balance

		YD 3205-2-RA-001 –2 typen hennepscheven	Building Balance
		YC 3205-3-RA-001 –2 typen hennepwol	Building Balance
		YB 3205-2-RA-001 –2 typen houtvezel	Building Balance
		YH 3205-2-RA-001 –Miscanthus Ø 2 cm, 140 kg/m^3 & Ø 0,5cm / 150kg/m^3	Building Balance
		YG 3205-3-RA-001 – Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3 Ø 2 cm, 80 kg/m^3	Building Balance
		YF 3205-2-RA-001 – 2x vlaswol	Building Balance
ISO 5660-1	Cone-Radiant-Panel-Test (CRPT ^{850})	2024-Efectis-R001159 Building Balance gza - 50 mm sampletesten	Building Balance
prEN 1995-1-2:2023 Annex D	PL(h)	Y 3369-3-NO – Vlaswol	Building Balance
		Y 3369-4-NO – Hennepwol (30-40 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3369-5-NO – Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3369-6-NO – Glaswol (18-20 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3369-7-NO – Geen isolatie	Building Balance
		Y 3369-8-NO – Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-9-NO – Stro Ø 2 cm, 80 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-10-NO – Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-11-NO – Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm ‘BHG’	Building Balance
		Y 3369-12-NO – Miscanthus Ø 2 cm, 140 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-13-NO-002 – Hennepscheven Ø 0,15 - 1 cm ‘BHG’	Building Balance
EN 1363-1 - R&D	PL(v)	Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Houtvezel	Building Balance
		Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm ‘BHG’	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Vlaswol	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Cellulose	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 100 mm Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 300 mm Houtvezel	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 300 mm Glaswol (18-20 kg/m^3)	Building Balance
		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance
		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Cellulose	Building Balance

		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm 'BHG'	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Vlaswol	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance
EN 1364-1	Brandwerendheid niet dragende wanden	YA-3012-1-RA –Hennepwol_scheidingswand	Building Balance
		YB-3012-1-RA – Hennepwol_wos-wand	Building Balance
		YC-3012-1-RA – Vlaswol_facade-folie_i-o	Building Balance
		YD-3012-1-RA – Vlaswol_facade-folie_o-i	Building Balance
		YE-3012-1-RA – Graanstro_facade-folie_o-i	Building Balance
		Y 3043-2E-RA-001 – Ew-EI30-i2o_12,5mmDP-hout36x184mm-gw14-16-folie	Saint-Gobain Solutions
		Y 3290-2E-RA-001 – Ew-EI30-i2o_15mmRH-hout36x184mm-gw18-20-folie	Saint-Gobain Solutions
		Y 2676-2E-RA-002 – Brandtest A_12,5mmGF-38x184mmHSB-glaswol-4,5mmWSE_EI45-E60	Swisspearl
		Y 2718-2E-RA-002 – Brandtest B_12,5mmGF-38x184mmHSB-cellulose-4,5mmWSE_EI60	Swisspearl
EN 1365-1	Brandwerendheid dragende wanden	ENL-2024-Efectis-R000992 – Glaswol	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000993 – Stro	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000996 – Cellulose	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000997 – Hennepwol	Building Balance
		ENL-25-000426 – Hennepwol_wos-wand-folie	Building Balance
		ENL-25-000294 – Hennepwol_wos-wand-4,5VC-spouwplaat	Building Balance
		ENL-25-000125 – Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_i-o	Building Balance
		ENL-25-000397 – Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_o-i	Building Balance
		ENL-25-000407 – Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_i-o	Building Balance
		ENL-25-000424 – Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_o-i	Building Balance
		Z-19.34-2710 – F30-B fermacell Holzständerwände_ABG	Fermacell
		174181 F Report – 1 HT 12 - REI30 - opbouw__1x12,5fc-h38x89mm-iso-geen	Fermacell
		P-7236-5804 – 1HT11- REI30 - opbouw__1x12,5fc-h40x80mm-iso-60mmCV-HomathermMD	Fermacell

4.2 Materiaaleigenschappen SBI & CRPT^{850}

In bijlage Materiaal-eigenschappen-SF-SBI-CRPT is een overzichtstabel opgenomen waarin de veertien beproefde isolatiematerialen zijn beschreven en zijn de gemeten waarden van de SBI- en CRPT^{850}-testen verzameld. De kolommen (van links naar rechts) beschrijven de verschillende materialen: materiaalsoort, groep, merk en type. De rijen (van boven naar beneden) bevatten de beoordelingscriteria waarop elk materiaal is getoetst. Bovenaan zijn de productgroepen weergegeven, met per materiaal de toegepaste diktes in de wandtest, de CRPT^{850}-test en de SBI-test. Daaronder volgen de materiaaleigenschappen, zoals dichtheid, warmtegeleidend vermogen, waterdampdoorlatendheid, organisch gehalte en eventuele brandvertragers. In de groen gearceerde rijen zijn de resultaten van de CRPT-testen opgenomen (onder andere massaverlies (MLR), krimp, dichtheid, hitteproductie (THR en HHR-piek) en dooftijd). In de paarse rijen daaronder zijn de SBI-resultaten weergegeven, zoals FIGRA, THR_{600}, rookontwikkeling en TSP_{600}.

Voor analyse is gecontroleerd op de meest essentiële, overeenkomende parameters uit zowel de CRPT^{850}-test als de SBI-test voor onderling productvergelijk. Dit betreft samenstelling (organisch en anorganisch), densiteit, THR, dooftijd. Hiervoor is een uiteenzetting gemaakt van het karakteristieke gedrag bij brand in de toepassing in de bijlagen: Testanalyse-matrix onder de onderdelen SBI en CRPT^{850}, die het specifieke beeldmateriaal ontleent aan de reeks van SBI en CRPT^{850} testen en de daarbij horende testrapporten.

- Glaswol is anorganisch (opgebouwd uit glasvezels) en beschikt over de laagste densiteit (18-20 kg/m^3), alle biobased isolatiematerialen zijn organisch (opgebouwd uit organische vezels) en beschikken over een hogere densiteit; van relatief licht met 20 kg/m^3 (laagst gemeten densiteit voor vlaswol) tot relatief zwaar met 150 kg/m^3 (voor Hennepscheven).
  Glaswol kan verder worden gedefinieerd als onbrandbaar. In het verlengde hiervan is de energieproductie ook laag (laagst gemeten waarden van alle isolatiematerialen). Wel heeft glaswol juist een relatief lange dooftijd (langst gemeten tijdspanne) en blijft daarmee van alle isolatiematerialen het langste heet (doorgloeien).
- De biobased isolatiematerialen zijn onder te verdelen in goed brandbaar (indicatie brandklasse D-s2, d0) tot en met zeer brandbaar (brandklasse E). Hierbij geeft het volumeaandeel van de brandvertragende bestanddelen in het materiaal de aanzet tot een hogere indicatieve brandklasse. Met andere woorden hoe meer brandvertragers in het product aanwezig zijn, hoe beter de brandklasse over algemeen is. Hoe schoner het product (vrij van brandvertragers), hoe lager de brandklasse. Wat daarnaast opvalt is dat bij het toenemen van de densiteit ook de energieproductie toeneemt (THR en HHR-waarden); de hoogste densiteit produceert ook de meeste energie. Dit laat zich enigszins logisch verklaren omdat deze ook het grootste (brandbare) vezelvolume per m^3 bevat; per vierkante

meter verhit oppervlak is er de meeste vuurlast beschikbaar (en blijkbaar ook bereikbaar voor verbranding). Evenredig aan het toenemen van de densiteit neemt ook de dooftijd toe. In grotere volumes kan in deze materialen smeulgedrag optreden waardoor het nog niet gedegradeerd materiaal over langere tijd opnieuw tot ontbranding kan overgaan

Op basis van deze bovenstaande gedragingen kan op basis van de meetwaarden worden geconcludeerd:

- De slechts presterende (worst-case) isolatieproducten: hennepscheven en miscanthus.
- De best presterende (best-case) isolatieproducten: glaswol.

4.3 Thermisch gedrag en gevolgschade op basis van meetgrafieken en schadebeeld

In bijlage Testanalyse-matrix is van de SBI- en CRPT^{850}-testen van de veertien beproefde isolatiematerialen ook het thermisch gedrag en gevolgschadebeeld vastgelegd en geanalyseerd. Tijdens de testen is ook de verplaatsingssnelheid vastgelegd van de 300 °C isotherme temperatuur van onderstaande isolatiematerialen. Omdat de CRPT^{850} een zeer constante thermische belasting geeft op de volledige oppervlakte en samplediepte, genereert deze testmethode het beste meetbeeld voor onderling productvergelijk voor vervolgonderzoek, ten opzichte van de SBI-test.

Doordat bij de SBI-test, de SBI-vlam slechts een beperkt (hoek)deel van de testopstelling belast, blijft ook een relatief groot isolatiedeel onbelast en zorgt de middenstijl in de lange testvleugel, voor het blokkeren van vlamuitbreidingsmogelijkheid over de isolatieoppervlakte, met inbegrip van het (eventuele) intern door kunnen gloeien in de isolatiemassa. Hetzelfde is min of meer van toepassing in de inwendige hoek van testopstelling, waardoor er sprake is van een fysiek linker en rechter testvlak. De vlamuitbreiding en het doorgloeien van de massa onafhankelijk van elkaar kunnen ontwikkelen binnen het eigen testvlak, maar door de met Promatect®-100 ingepakte midden- en eindstijlen, elkaar nauwelijks kunnen beïnvloeden. Ondanks dat massaverlies en krimp zich toonbaar aandienen, laat het totale meetbeeld een veel gunstiger gedrag zien van specifiek materiaalgedrag in de (wand)toepassing ten opzichte van de CRP^{850}-test. Dit levert een beperkte bruikbaarheid op van de SBI-testmethodiek voor dit (en verder) onderzoek.

Op basis van deze analyses geeft de CRP^{850}-test een realistischer, karakteristiek gedragsbeeld van de isolatiematerialen voor vergelijk ten opzichte van het thermisch gedrag en gevolgschadebeeld uit de SBI-test (incl. SF-test).

Onderstaand is de verplaatsingssnelheid van de 300°C isotherme temperatuur van de 50 mm dikke isolatiesamples uitgewerkt. De meetgrafieken en gevolgschadebeeld is te vinden in de bijlage Testanalyse-matrix is van de SBI- en CRPT^{850}-testen.
Vaststelling verplaatsingssnelheid via CRPT^{850} :

Isolatiemateriaal	**Densiteit**	**Verplaatsingstijd 300°C isotherme**
[horizontaal ondersteund]	**[kg/m^3]**	**$\Delta t_{0\text{-}50}$ [min]**
Glaswol (testreferentie) woldeken	ρ ≥ 18-20	1
Miscanthus; snijlengte 2 cm losse vezel	ρ ≥ 140	9
Miscanthus; snijlengte 0,5 cm losse vezel	ρ ≥ 150	12
Tarwestro; snijlengte 2 cm losse vezel	ρ ≥ (75-)80	7
Tarwestro; snijlengte 1 cm losse vezel	ρ ≥ (90-)100	5
Hennepscheven snijmix 0.15-1 cm	ρ ≥ 120	6
Hennepscheven; snijmix 0.4-1 cm losse vezel	ρ ≥ 150	4
Hennepwol woldeken/-platen	ρ ≥ 39-45	4
Hennepwol (zuiver) woldeken/-platen	ρ ≥ 30-45	0,5
Vlaswol woldeken/-platen	ρ ≥ 25 (20-30)	1
Houtvezel - losse vezel - 2x variant	ρ ≥ 35-40	0,3
Cellulose - losse vezel - 2x variant	ρ ≥ 50-60	1

Wordt naast de getalsmatige gedragingen van par. 4.2. gekeken naar het specifieke degradatiegedrag in de toepassing (in relatie tot aspect brandwerendheid) volgens de bijlage Testanalyse-matrix, dan ontstaat hierover het volgende beeld:

- Op het startmoment van de thermische oppervlaktebelasting met 850 °C van alle isolatiematerialen, is op de onderzijde van het isolatiemateriaal op testdiepte 50 mm, de temperatuur ≤ 300 °C. Hieruit blijkt dat er altijd sprake is van een bepaalde mate van vertraging van de thermische doorgang tot 50 mm testdiepte van de benoemde, biobased isolatiematerialen, met inbegrip van glaswol.
  Op basis van de beoordelingswijze in analogie met prEN 1995-1-2:2023; Annex D vallen de isolatiematerialen indicatief in de PL2 klasse (gelijk aan glaswol, houtvezel en cellulose).
- Op basis van het gevolgschade beeld na testbeëindiging blijkt dat alle isolatiesoorten sterk zijn gedegradeerd onder invloed van de thermische oppervlaktebelasting met 850 °C. Hierbij is tevens vastgesteld dat het schadebeeld afneemt naar mate de densiteit van het isolatiemateriaal toeneemt. De hitte dringt minder diep in het materiaal en er vormt zich een dikke koollaag aan de brandzijde (zoals bekend is bij hout). Met andere woorden; waar bij de lage dichtheden het isolatiemateriaal nagenoeg volledig verbrandt, vormt zich bij de hogere dichtheden een isolerende koollaag op het isolatiemateriaal.

Op basis van deze aspecten (toepassing / brandwerendheid) betreft
- De slechts presterende (worst-case) isolatieproducten: zuiver hennepwol (zuiver hennepwol met densiteit 30-40 kg/m^3)
- De best presterende (best-case) isolatieproducten: stro, hennepscheven en miscanthus.

4.4 PL-testen

4.4.1 Testrapporten en meetresultaten

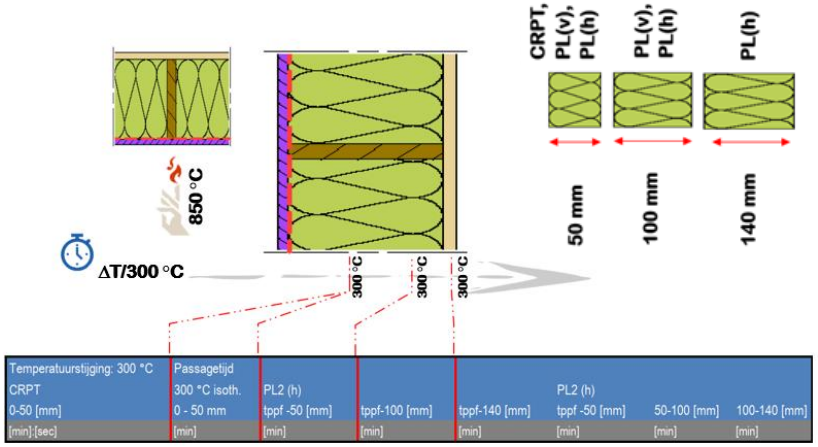
In de onderstaande testrapporten zijn de specifieke testresultaten vastgelegd. Uitgebreide testinformatie en testresultaten van de uitgevoerde testen zijn specifiek terug te vinden in de betreffende classificatie en/of testrapporten, die worden gepubliceerd op https://nkbb.org/thema/brandveiligheid/:

Brandtest	categorie	Rapportnr. - kortbeschrijving	Rapporthouder
prEN 1995-1-2:2023 Annex D	PL(h)	Y 3369-3-NO – Vlaswol	Building Balance
		Y 3369-4-NO – Hennepwol (30-40 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3369-5-NO – Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance

		Y 3369-6-NO – Glaswol (18-20 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3369-7-NO – Geen isolatie	Building Balance
		Y 3369-8-NO – Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-9-NO – Stro Ø 2 cm, 80 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-10-NO – Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-11-NO – Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm ‘BHG’	Building Balance
		Y 3369-12-NO – Miscanthus Ø 2 cm, 140 kg/m^3	Building Balance
		Y 3369-13-NO-002 – Hennepscheven Ø 0,15 - 1 cm ‘BHG’	Building Balance
EN 1363-1 - R&D	PL(v)	Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance
		Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Houtvezel	Building Balance
		Y 3331-3-NO-002 – 100 mm Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm ‘BHG’	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Vlaswol	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Cellulose	Building Balance
		YA 3331-1-NO-001 – 100 mm Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 100 mm Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 300 mm Houtvezel	Building Balance
		YB 3331-1-NO-001 – 300 mm Glaswol (18-20 kg/m^3)	Building Balance
		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Hennepwol (39-45 kg/m^3)	Building Balance
		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Cellulose	Building Balance
		YC 3331-1-NO-001 – 300 mm Hennepscheven Ø 0,4 - 1 cm ‘BHG’	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Vlaswol	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Stro Ø 1 cm, 100 kg/m^3	Building Balance
		YD 3331-1-NO-001 – 300 mm Miscanthus Ø 0,5 cm, 150 kg/m^3	Building Balance

4.4.2 Testobservatie materiaalgedrag PL(h)

In bijlage Testanalyse-PL2v&h-met-CRPT is een overzichtstabel opgenomen waarin de verplaatsingstijd van de bovenstaande beproefde isolatiematerialen zijn verzameld. De kolommen (van links naar rechts) beschrijven de verschillende verplaatsingstijd naar testdiepte en tussen de verschillende testdieptes onderling. De rijen (van boven naar beneden) bevat groeperingen van isolatiemateriaalsoorten naar testdikte 50 (volgend uit CRPT^{850}-testmethodiek), 100 en 300 (volgend uit PL(v)-testmethodiek) en 140 mm (volgend uit PL(h)-testmethodiek).



Figuur 18: Verzameling van verplaatsingstijd 300°C isotherme temperatuur van PL(h) testmethodiek naar testdiepte.

Verplaatsingssnelheid v_{rec} volgens 'Tabelle 5-32 (TUM): Experimentell ermittelte Versagenszeiten für das Modell zur Beurteilung des Versagens von Dämmstoffen', wanneer mechanisch gefixeerd, betreft: Glaswol - 30 mm/min, Houtvezel - 14 mm/min en Cellulose: 14 mm/min.

Houtvezel en cellulose zijn als zodanig niet beproefd, omdat deze al verkend zijn via het TUM voor de prEC5 en zijn 1:1 overgenomen. De testreferentie glaswol is wel in de testroutine extra beproefd, omdat dit de testreferentie in dit onderzoek betreft.

Vaststelling verplaatsingssnelheid v_{rec} volgend uit PL(h)-testmethodiek, wanneer de isolatie is achtervuld door een plaatlaag (backed-by-panel):

Protection level PL (h)	Isolatiemateriaal	Densiteit	v_{rec}	Verplaatsingstijd 300°C isotherme		
[horizontaal]	[horizontaal ondersteund]	[kg/m³]	[mm/min]	$\Delta t_{tppf-50}$ [min]	$\Delta t_{tppf-100}$ [min]	$\Delta t_{tppf-140}$ [min]
PL1	Glaswol (testreferentie) woldeken	ρ ≥ 18-20	8	1	12	15
	Miscanthus; snijlengte 2 cm losse vezel	ρ ≥ 140	7	12*	14*	15*
	Miscanthus; snijlengte 0,5 cm losse vezel	ρ ≥ 150	7	13	15	15
	Tarwestro; snijlengte 2 cm losse vezel	ρ ≥ (75-)80	7	12	15	15
	Hennepscheven snijmix 0.15-1 cm	ρ ≥ 120	7	-4	15	16
	Hennepscheven; snijmix 0.4-1 cm losse vezel	ρ ≥ 150	7	3	15	15
PL2	Hennepwol woldeken/-platen	ρ ≥ 39-45	18	4	5,3	6,3
	Hennepwol (zuiver) woldeken/-platen	ρ ≥ 30-40	49	1	2	3
	Glaswol (testreferentie) woldeken	ρ ≥ 18-20	30 prEC5	in prEC5		
	Vlaswol woldeken/-platen	ρ ≥ 20 (20-30)	25	-3	4	8
	Houtvezel` losse vezel*1	ρ ≥ 35-40	14 prEC5	in prEC5		
	Cellulose losse vezel*1	ρ ≥ 50-60	14 prEC5	in prEC5		
	Tarwestro; snijlengte 1 cm losse vezel	ρ ≥ (90-)100	9	5	11	13

PL-klasse zijn via beproevingen en classificatiewijze prEN 1995-1-2:2023 Annex D in de PL(h) testrapporten vastgelegd.
Berekende recessiesnelheden zijn naar hele getallen afgerond.

- *Controlediepte in relatie tot $CRPT^{850}$*
- *Maatgevende diepte voor beoordeling*
- *Bijzondere meetafwijking; - min. hier, betekent dat de 300 °C isotherme temperatuur eerder werd gemeten dan het wegvallen van Promatect®-100 plaat plaatsvond.*

* *Betreffende test tot met 93 min doorgetest*

Op basis van de classificatiewijze voor PL-klasse en de bepaling van de recessiesnelheid c.q. doorbrandsnelheid ν_{rec} conform prEN 1995-1-2:2023; Annex D (PL(h)) betreft:

- Vallen alle beproefde isolatiematerialen ten minste in PL2 (gelijk aan glaswol in de Eurocode, houtvezel en cellulose) en enkele in PL1 klasse (gelijk aan steenwol)
- Het slechts presterende (worst-case) isolatieproducten betreft: zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) met een recessiesnelheid van ν_{rec} = 49 mm/min
- De best presterende (best-case) isolatieproducten: stro, hennepscheven en miscanthus, welke cf. de classificatiewijze geklasseerd zijn met PL1 en in staat zijn tot het leveren van een goede bijdrage aan de brandwerendheid van de constructie door een lage recessiesnelheid van 7 mm/min. Opgevolgd door de testreferentie glaswol met een recessiesnelheid van 8 mm/min (en idem PL1).

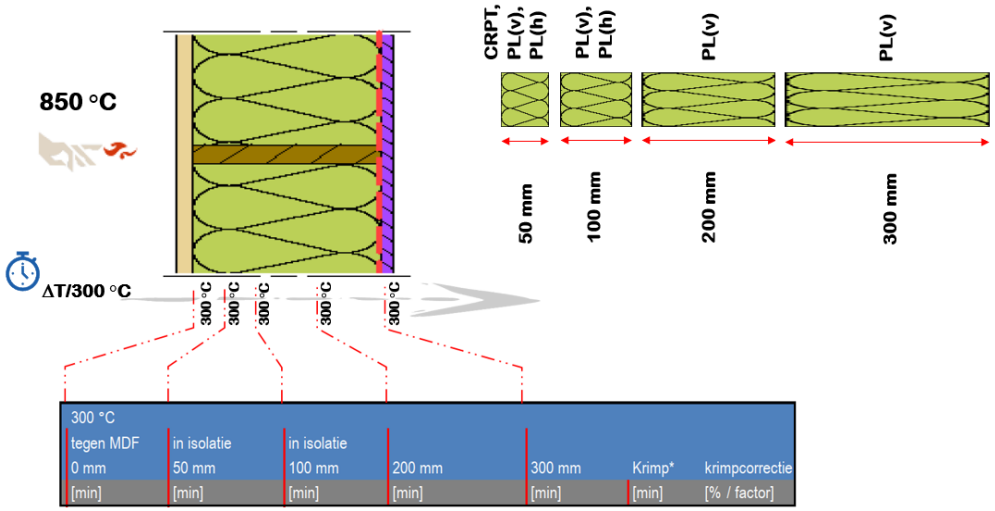
Aandachtpunt: De betreffende recessiesnelheden c.q. doorbrandsnelheid ν_{rec} zijn alleen van toepassing bij ondersteuning van het isolatiemateriaal in de constructie. prEN 1995-1-2:2023; Annex D (PL(h)) geeft handvatten voor verschillende ondersteuningsprincipes. In de testopstelling van Building Balance is primair gebruik gemaakt van volièregaas (zie hiervoor de toelichting onder PL(h)-testmethodiek).

<u>Aanvullende observatie/constatering</u>

- Via de controlemetingen op 50 mm testdieptes van de PL(h)-testmethodiek is de 'voorspellingsbetrouwbaarheid op materiaalniveau' gecontroleerd. Wanneer de PL(h)-meetwaarden van de verplaatsingstijd op testdiepte 0-50 mm worden vergeleken met de verplaatsingstijd van de CRPT^{850}-meting (beide velden roze gemarkeerd), dan komen deze sterk met elkaar overeen. Omdat de classificatiewijze van de PL(h) ook de begrenzing of beter gezegd de PL-klasseindeling bepaald voor de isolatiesoorten blijkt de CRPT^{850} een kwalitatieve, voorspellende test op microniveau te zijn, om in te kunnen schatten of een isolatiemateriaal een beschermende bijdrage heeft (hoe minimaal/beperkt ook) en daarmee ook kansrijk is om binnen de PL2 classificatie te vallen of zelfs beter.

4.4.3 Materiaalgedrag PL(v):

In bijlage Testanalyse-PL2v&h-met-CRPT is een overzichtstabel opgenomen waarin de verplaatsingstijd van de bovenstaande beproefde isolatiematerialen zijn verzameld. De kolommen (van links naar rechts) beschrijven de verschillende verplaatsingstijd naar testdiepte en tussen de verschillende testdieptes onderling. De rijen (van boven naar beneden) bevat groeperingen van isolatiemateriaalsoorten naar testdikte 50 (volgend uit CRPT^{850}-testmethodiek), 100 en 300 (volgend uit PL(v)-testmethodiek) en 140 mm (volgend uit PL(h)-testmethodiek). De meetwaarden gelden in het geval de isolatie achtervuld is met een plaat (backed-by-panel).



Figuur 19: Verzameling van verplaatsingssnelheden 300°C isotherme temperatuur van PL(v) testmethodiek naar testdiepte

Recessiesnelheid ν_{rec} Tabelle 5-32 (TUM): Experimentell ermittelte Versagenszeiten für das Modell zur Beurteilung des Versagens von Dämmstoffen: Houtvezel: 14 mm/min is aan de analyse toegevoegd. In overeenstemming met Tabelle 5-32 (TUM) kan deze los aangebracht worden.

Vaststelling verplaatsingssnelheid v_{rec} volgend uit PL(v)-testmethodiek, wanneer de isolatie is achtervuld door een plaatlaag (backed-by-panel):

Protection level PL (v)	Isolatiemateriaal ≤ 200 mm	Densiteit	v_{rec}	Verplaatsingstijd 300°C isotherme [min]				Krimpcorrectie
[verticaal]	[los aangebracht]		[mm/min]	$\Delta t_{0\text{-}50}$	$\Delta t_{0\text{-}90}$	$\Delta t_{0\text{-}100}$	$\Delta t_{0\text{-}120}$	[factor]
n.v.t.	Miscanthus; snijlengte 2 cm losse vezel	ρ ≥ 140	-	-	-	-	-	-
	Miscanthus; snijlengte 0,5 cm losse	ρ ≥ 150	182	1	-	1	-	0, 55
	Tarwestro; snijlengte 2 cm losse vezel	ρ ≥ (75-)80	200	-	3 ENL-24-R000993	0,5 YE-3012-1-RA	-	-
	Tarwestro; snijlengte 1 cm losse vezel	ρ ≥ (90-)100	167	1	-	1	-	0,6
	Hennepscheven snijmix 0.15-1 cm	ρ ≥ 120	-	-	-	-	-	
	Hennepscheven; snijmix 0.4-1 cm losse	ρ ≥ 150	16	10	-	11	-	0,6
	Hennepwol woldeken/-platen	ρ ≥ 39-45	200	1	-	1	-	0,5
	Hennepwol (zuiver) woldeken/-platen	ρ ≥ 30-45	70	-	7 ENL-24-R000997	-	3 ENL-25-000426	-
		→ *bij 9 mm*	9	-	-	-	23*1 ENL-25-000294	-
	Glaswol (testreferentie) woldeken	ρ ≥ 18-20	30	-	8 ENL-24-R000992	-	-	0,33
	Vlaswol woldeken/-platen	ρ ≥ 20 (20-30)	27	5	-	7	-	0,53
	Houtvezel (losse vezel) - G	ρ ≥ 35-40	9	4	-	20	-	0,6
	Houtvezel (losse vezel) - S	ρ ≥ 35-40	14 prEC5	-	-	-	-	-
	Cellulose (losse vezel) - lc	ρ ≥ 50-60	176	1	-	1	-	0,57
	Cellulose (losse vezel) - lf	ρ ≥ 50-60	14 prEC5	22	8 ENL-24-R000996	-	-	-

Controlediepte in relatie tot $CRPT^{850}$
Maatgevende diepte voor beoordeling
Temperatuurtraagheideffect door product- met positie stabiel op hsb blijven zitten van 4,5 mm vezelcementplaat (Windstopper Extreme) tot moment falen op R-criterium van de binnenste sectiedeel van de woningscheidende wand aan ovenzijde na 46 min. testtijd.

De betreffende recessiesnelheden c.q. doorbrandsnelheid v_{rec} zijn in analogie met prEN 1995-1-2:2023 Annex D (PL(h)) bepaald. Deze waarden hebben daardoor voorlopig nog een experimentele status, als voorstel, die in samenwerking met de rapporteurs van de prEC5 wordt beoordeeld.

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

Protection level PL (v)	Isolatiemateriaal > 200 mm	Densiteit	v_{rec}	Verplaatsingstijd 300°C isotherme [min]								Krimpcorrectie
[verticaal]	[los aangebracht]		[mm/min]	$\Delta t_{0\text{-}50}$	$\Delta t_{0\text{-}90}$	$\Delta t_{0\text{-}100}$	$\Delta t_{0\text{-}120}$	$\Delta t_{0\text{-}140}$	$\Delta t_{0\text{-}200}$	$\Delta t_{0\text{-}240}$	$\Delta t_{0\text{-}300}$	[factor]
n.v.t.	Miscanthus: sniilengte 2 cm losse vezel	ρ ≥ 140	↯	-	-	-	-	-	-	-	-	↯
	Miscanthus; sniilengte 0,5 cm losse	ρ ≥ 150	5	32	-	59	-	-	71	-	71	0, 55
	Tarwestro: sniilengte 2 cm losse vezel	ρ ≥ (75-)80		-	3 ENL-24-	0.5 YE-3012-1-	-	-	0.5 *2	0.5 YE-3012-1-	-	↯
	Tarwestro: sniilengte 1 cm losse vezel	ρ ≥ (90-)100	5	10	-	20	-	-	40	-	50	0.6
	Hennepscheven sniimix 0.15-1 cm	ρ ≥ 120	↯	-	-	-	-	-	-	-	-	↯
	Hennepscheven; sniimix 0.4-1 cm losse	ρ ≥ 150	5	30	-	51	-	-	67	-	67	0.6
	Hennepwol woldeken/-platen	ρ ≥ 39-45	27	4	-	5	-	-	15	-	20	0.5
	Hennepwol (zuiver) woldeken/-platen	ρ ≥ 30-45		-	7 ENL-24-R000997	6 ENL-25-000125	3 ENL-25-000426	-	6,7 * ⇆	8 ENL-25-000426	-	↯
		→ *met*	-	-	-	25*1 ENL-25-	-	-	-	-	-	↯
	Glaswol (testreferentie) woldeken	ρ ≥ 18-20	21	11	8 ENL-24-	11	-	-	15	-	47	0.33
	Vlaswol woldeken/-platen	ρ ≥ 20 (20-30)	16	6	-	8 5 YC-3012-1-RA 4 YD-3012-1-RA	-	-	12	7,5 YC-3012-1-RA	14	0,53
	Houtvezel (losse vezel) - G	ρ ≥ 35-40	4	3	-	9	-	-	43	-	51	0.6
	Houtvezel (losse vezel) - S	ρ ≥ 35-40	↯	-	-	6 ENL-25-000407 19 ENL-25-	-	-	-	-	-	↯
	Cellulose (losse vezel) - Ic	ρ ≥ 50-60	9	0	-	29	-	-	36	-	36	0.57
	Cellulose (losse vezel) - If	ρ ≥ 50-60	↯	-	8 ENL-24-	-	-	-		-	-	↯

* verkregen waarde door lineaire interpolatie

Controlediepte in relatie tot CRPT[850]

Maatgevende diepte voor beoordeling

*1 Temperatuurtraagheideffect door product- met positie stabiel op hsb blijven zitten van 9 mm vezelcementplaat (Windstopper Basic) met een t_{ch} / $t_{f,pr}$ = 10 / 45 min aan ovenzijde in niet-belaste testsituatie.

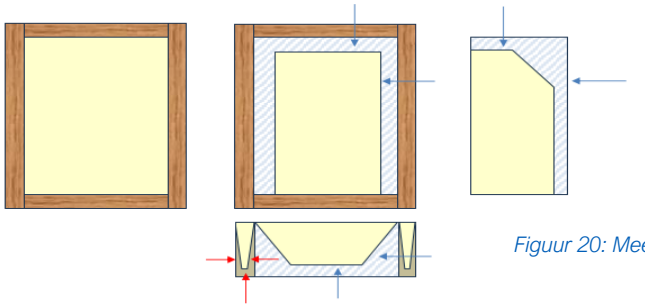
*2 Niet aannemelijke waarde, bepaald door slechte testuitkomst. Hier was sprake van een negatieve testopbouw, met sterk uitzakken van het stro

De betreffende recessiesnelheden c.q. doorbrandsnelheid v_{rec} zijn in analogie met prEN 1995-1-2:2023 Annex D (PL(h)) bepaald. Deze waarden hebben daardoor voorlopig nog een experimentele status, als voorstel, die in samenwerking met de rapporteurs van de prEC5 wordt beoordeeld.

- De betreffende recessiesnelheden c.q. doorbrandsnelheid v_{rec} zijn in analogie met prEN 1995-1-2:2023 Annex D (PL(h)) bepaald wanneer deze achtervuld zijn door een plaatlaag. De gedefinieerde waarden hebben daardoor voorlopig nog een experimentele status, als voorstel, die in samenwerking met de rapporteurs van de prEN 1995-1-2:2023 kan worden gewogen en beoordeeld.

Op basis van de recessiesnelheid c.q. doorbrandsnelheid v_{rec} in analogie met prEN 1995-1-2:2023 Annex D (PL(h)) blijkt dat:

- Voor alle testsimulaties blijkt dat bij het bereiken van 300 °C isotherme temperatuur op testdiepte nul (oppervlakte van het isolatiemateriaal en tevens startmoment van beoordeling in analogie met prEN 1995-1-2:2023; Annex D, zie eerdere toelichting hierover onder PL(v)-testmethodiek) de temperatuur op testdiepte 50 mm en 100 mm ≤ 300 °C is. Hieruit blijkt dat er altijd sprake is van een bepaalde mate van vertraging van de thermische doorgang tot 50 mm testdiepte van de benoemde biobased isolatiematerialen, met inbegrip van glaswol. Alle isolatiematerialen zijn in deze context in staat tot het geven van een bijdrage aan de brandwerendheid van zeer beperkt tot goed bijdragend in overeenstemming met de observaties van de CRPT[850] en beoordelingsmechanisme van PL2 en PL1 conform Annex D.
- Dunne isolatielagen ≤ 200 mm bieden weinig bescherming tegen inbranden van het hout en dragen relatief weinig bij aan de brandwerendheid door hoge recessiesnelheden.
- Dikke isolatielagen > 200 mm bieden een betere bescherming tegen inbranden van het hout en dragen beter bij aan de brandwerendheid door lage(re) recessiesnelheden.
- Het faalmechanisme van isolatiepakketten opgebouwd uit meerdere dunne lagen ≤ 200 mm, verloopt volgens recessiesnelheden van dunne isolatielagen ≤ 200 mm per laag. Dunne lagen zijn gevoelig voor het gesegmenteerd weg-/eruit vallen van laagdelen door krimp. De lagen vallen hierbij laag voor laag weg. Het faalmechanisme van dikke lagen > 200 mm is gunstiger ten opzichte van isolatiepakketten opgebouwd uit meerdere dunne lagen ≤ 200 mm.
- Losse isolatie vezels zijn gevoelig voor inklink- en/of krimpeffecten tijdens productie- en transportfases. Sleufopeningen ontstaan hierbij primair aan de bovenzijde van de wand.
- De virgin-groep is gevoelig voor afschuiven (van laagdelen of volledig) bij gebruik van folies, waaruit blijkt dat folies onvoldoende weerstand bieden tegen uitzakken in geval van de losse vezels (ook in stilstand).
- Meest voorkomende degradatiemodel van isolatie is als volgt:



Figuur 20: Meest voorkomend degradatiemodel in wand & PL(v) testen

- Gebleken is dat de thermokoppelposities aan de onderzijde van de testopstelling te gunstige meetwaarden opleveren (zeer lage recessiesnelheden), door het specifieke degradatiemodel van de isolatie (zie figuur 20). Voor analyse zijn alleen de meetkoppels op hoogtepositie 650 mm gebruikt, naast visuele vaststelling van initiële krimp aan de bovenzijde van de testopstelling.

4.5 Brandwerendheid

Voor teststuring is in testfase 1 beproefd met dunne, dragende scheidingswanden met 90 mm isolatiedikte: hennep – cellulose – stro – glaswol (referentie).

- Alle in het onderzoek betrokken dragende-wandelementen, gevuld met 90 mm glaswol, 90 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3), 90 mm cellulose en 90 mm graanstro voldoen aan een brandwerendheid van 30 minuten op de criteria REIW. Hierdoor kan via de wandtesten aanvullend de gelijkwaardige uitwisseling van glaswol door het biobased isolatiemateriaal worden ondersteund naast de observaties vanuit de CRPT^{850}, PL(h) en PL(v).

Op basis van de aanvullende inzichten uit SBI, CRPT^{850}, PL(h) en PL(v) is zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) gemarkeerd als worst-case isolatiemateriaal. Het testprogramma voor de brandwerendheidtesten op grote schaal in testfase 2, zijn om die reden grotendeels ingericht met de worst-case isolatie. De redenatie is dat de testwanden en de verkregen testprestaties daaruit een goede basis vormen voor de vrijgave van de overige isolatiesoorten (toepassingsuitbreiding van isolatiesoorten zonder negatieve effecten op de beoordeelde brandwerendheid van een wand) en wanduitbreidingen met opbouwvarianten.

Daarnaast zijn controletesten uitgevoerd met vlaswol, stro en houtvezelisolatie ter controle op de gedefinieerde doorbrandsnelheden uit de PL(h) en CRPT^{850} testen.

4.5.1 Testrapporten en meetresultaten

In de onderstaande testrapporten zijn de specifieke testresultaten vastgelegd. Uitgebreide testinformatie en testresultaten van de uitgevoerde testen zijn specifiek terug te vinden in de betreffende classificatie en/of testrapporten, die worden gepubliceerd op https://nkbb.org/thema/brandveiligheid/:

Brandtest	categorie	Rapportnr. - kortbeschrijving	Rapporthouder
EN 1364-1	Brandwerendheid niet dragende wanden	YA-3012-1-RA – Hennepwol_scheidingswand	Building Balance
		YB-3012-1-RA – Hennepwol_wos-wand	Building Balance
		YC-3012-1-RA – Vlaswol_facade-folie_i-o	Building Balance
		YD-3012-1-RA – Vlaswol_facade-folie_o-i	Building Balance
		YE-3012-1-RA – Graanstro_facade-folie_o-i	Building Balance
EN 1365-1	Brandwerendheid dragende wanden	ENL-2024-Efectis-R000992 – Glaswol	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000993 – Stro	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000996 – Cellulose	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000997 – Hennepwol	Building Balance
		ENL-25-000426 – Hennepwol_wos-wand-folie	Building Balance
		ENL-25-000294 – Hennepwol_wos-wand-4,5VC-spouwplaat	Building Balance
		ENL-25-000125 – Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_i-o	Building Balance
		ENL-25-000397 – Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_o-i	Building Balance
		ENL-25-000407 – Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_i-o	Building Balance
		ENL-25-000424 – Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_o-i	Building Balance

De testresultaten zijn vastgelegd in het Constructieoverzicht in de starttabellen 2.1 tot en met 2.4 onder vermelding van ‘DiAp; direct toepassingsgebied van wanden zoals beproefd / as tested’).

- 2.1 Wanden - Niet-dragende wanden met houten onderconstructie
- 2.2 Wanden - Dragende wanden met houten onderconstructie
- 2.3 Buitenwanden geventileerd - Niet-dragende binnenspouwbladen met houten onderconstructie
- 2.4 Buitenwanden geventileerd - Dragende binnenspouwbladen met houten onderconstructie

Het constructieoverzicht is te vinden onder: https://nkbb.org/doc/nieman-constructieoverzicht-brandveiligheid-biobased-isolatie-in-houtskeletbouw/

4.5.2 Materiaalgedrag isolatie EN 1364-1 - Niet-dragende wanden

Op basis van de onderstaande niet-dragende wandtesten zijn de verplaatsingstijd van de 300 °C isotherme temperatuur van onderstaande isolatiematerialen onderzocht:

Brandtest	categorie	Rapportnr. - kortbeschrijving	Rapporthouder
EN 1364-1	Brandwerendheid niet dragende wanden	YA-3012-1-RA –Hennepwol_scheidingswand	Building Balance
		YB-3012-1-RA – Hennepwol_wos-wand	Building Balance
		YC-3012-1-RA – Vlaswol_facade-folie_i-o	Building Balance
		YD-3012-1-RA – Vlaswol_facade-folie_o-i	Building Balance
		YE-3012-1-RA – Graanstro_facade-folie_o-i	Building Balance

Vastgestelde recessiesnelheden isolatiemateriaal in wandtesten (tc = thermokoppel)

- YA-3012-1-RA - 90 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 8 min. / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP = 26/29 min.
- YB-3012-1-RA - 120 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}120}$/300°C isotherme = ca. 4 min. / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 35/35 min.

  YB-3012-1-RA - 240 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - YB-3012-1-RA - $\Delta T_{0\text{-}240}$/300°C isotherme = ca. 12 min. / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 35/35 min.
  - ΔTa_{d0}/300 °C = 35 min.
  - 300°C isotherme op 120 mm testdiepte gemiddeld na 39 min. testtijd bereikt. (tc 5-8) / $\Delta Ta_{d0\text{-}120}$/300 °C = 4 min. ($\nu_{rec}$ = 120/4 = 30 mm/min)
  - 300°C isotherme op 240 mm testdiepte gemiddeld na 47 min. testtijd bereikt. (tc 9-12) / $\Delta Ta_{d0\text{-}240}$/300 °C = 12 min. ($\nu_{rec}$ = 240/12 = 20 mm/min)

- YC-3012-1-RA - 240 mm vlaswol - $\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 5 min. / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP = 21/26 min.

  YC-3012-1-RA - 240 mm vlaswol - $\Delta T_{0\text{-}240}$/300°C isotherme = ca. 7,5 min. / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP = 21/26 min.
  - ΔTa_{d0}/300 °C = 21 min.
  - 300°C isotherme op 100 mm testdiepte gemiddeld na 26 min. testtijd bereikt. (tc 5-8) / $\Delta Ta_{d0\text{-}100}$/300 °C = 5 min. ($\nu_{rec}$ = 100/5 = 20 mm/min)
  - 300°C isotherme op 240 mm testdiepte gemiddeld na 28,5 min. testtijd bereikt. (tc koude zijde) / $\Delta Ta_{d0\text{-}240}$/300 °C = 7,5 min. ($\nu_{rec}$ = 240/7,5 = 32 mm/min)

- YD-3012-1-RA - 240 mm vlaswol - $\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 4 min. (ν_{rec} = 100/4 = 24 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ folie = 0,5/0,5 min.

- YE-3012-1-RA - 240 mm graanstro - $\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 0,5 min. ($\mathbf{v}_{rec}$ = 100/0,5 = 200 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ folie = 0,5/0,5 min.

De bovenstaande verplaatsingstijden zijn toegevoegd aan de tabellen Protection level PL(v) zoals te vinden is in par. 4.4.3 Materiaalgedrag PL(v).

Verdere bijzondere observaties tijdens testen

- Alle isolatiematerialen zijn in staat tot het geven van een bijdrage aan de brandwerendheid van zeer beperkt tot goed bijdragend in overeenstemming met de observaties van de CRPT^{850} en beoordelingsmechanisme van PL2 en PL1 conform Annex D.
- Isolatieplaten en -woldekens kunnen relatief positiestabiel worden aangebracht. Maar opgebouwd uit 2 of meerdere dunnere lagen zijn gevoelig voor het gesegmenteerd weg-/eruit vallen van laagdelen door krimp.
- Directe blootstelling van het isolatiemateriaal aan brand zorgt voor relatief snelle positie-instabiliteit ten gevolge van de effecten van krimp en massa verlies (zowel isolatie als houten stijl- en regelwerk.
- Dunne isolatielagen ≤ 200 mm hebben een zeer beperkte bijdrage aan de brandwerendheid door een relatief hoge recessiesnelheid.
- Dikke isolatielagen > 200 mm hebben een grotere bijdrage aan de brandwerendheid door een relatief lage recessiesnelheid.
- Het faalmechanisme van isolatiepakketten opgebouwd uit meerdere dunne lagen ≤ 200 mm, verloopt volgens recessiesnelheden van dunne isolatielagen ≤ 200 mm per laag. De lagen vallen hierbij laag voor laag weg.
- Het faalmechanisme van dikke lagen > 200 mm is gunstiger ten opzichte van isolatiepakketten opgebouwd uit meerdere dunne lagen ≤ 200 mm.
- Losse isolatie vezels zijn gevoelig voor inklink- en/of krimpeffecten tijdens productie- en transportfases. Sleufopeningen ontstaan hierbij primair aan de bovenzijde van de wand*.
- Folies (brandklasse B of lager) verdwijnen onder invloed van hitte en of directe bevlamming zeer snel (binnen enkele seconden) en dragen niet bij aan de brandwerendheid van een wand.
- De virgin-groep is gevoelig voor afschuiven (van laagdelen of volledig) bij gebruik van folies, waaruit blijkt dat folies onvoldoende weerstand bieden tegen uitzakken in geval van de losse vezels (ook in stilstand).

Algemene noot: In basis, ongeacht isolatiestructuur (vezel, dekens of platen), moet het isolatiemateriaal volledig ruimte vullend en klemmend in een houtskeletstructuur zijn aangebracht. Het ontstaan van sleufopeningen door inklink- en/of krimpeffecten hebben op meerdere bouwfysische aspecten een grote, negatieve impact, evenals op de bijdrage die de isolatie levert aan de brandwerendheid van de wandconstructie als geheel.

Voor inblaasprocessen kan afvullen van de wand praktisch niet zonder het gebruik van plaatlagen aan weerszijden van een houtskelet ter bevordering van volledige en strakke afvulling van de holle ruimte. Alternatief kan zijn uitrachelen van de folie door latten met een onderlinge h.o.h. van ≤ 300 mm.

4.5.3 Materiaalgedrag isolatie EN 1365-1 - Dragende wanden

Op basis van de onderstaande dragende wandtesten zijn de verplaatsingstijd (recessiesnelheden) van de 300 °C isotherme temperatuur van onderstaande isolatiematerialen onderzocht:

Brandtest	categorie	Rapportnr. - kortbeschrijving	Rapporthouder
EN 1365-1	Brandwerendheid dragende wanden	ENL-2024-Efectis-R000992 – Glaswol	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000993 – Stro	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000996 – Cellulose	Building Balance
		ENL-2024-Efectis-R000997 – Hennepwol	Building Balance
		ENL-25-000426 – Hennepwol_wos-wand-folie	Building Balance
		ENL-25-000294 – Hennepwol_wos-wand-4,5VC-spouwplaat	Building Balance
		ENL-25-000125 – Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_i-o	Building Balance
		ENL-25-000397 – Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_o-i	Building Balance
		ENL-25-000407 – Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_i-o	Building Balance
		ENL-25-000424 – Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_o-i	Building Balance

Vastgestelde recessiesnelheden isolatiemateriaal in wandtesten

- ENL-24-R000992 - 90 mm glaswol - $\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 8 min. (ν_{rec} = 12 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 32/32 min.
- ENL-24-R000997 – 90 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 7 min. (ν_{rec} = 13 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 29/29 min.
- ENL-24-R000996 - 90 mm cellulose - $\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 8 min. (ν_{rec} = 12 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 29/29 min.
- ENL-24-R000993 - 90 mm stro - $\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 3 min. (ν_{rec} = 30 mm/min) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 35/35 min.
- ENL-25-000294 - 120 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}120}$/300°C isotherme = ca. 23 min. [incl. 4,5 VC spouwplaat] (ν_{rec} = 6 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 35/35 min.

  ENL-25-000294 - 2x 120 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}240}$/300°C isotherme = ca. 31 min. [incl. 2x 4,5 VC spouwplaat] (ν_{rec} = 8 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 35/35 min.
  - ΔTa_{d0}/300 °C = 35 min.
  - 300°C isotherme op 120 mm testdiepte gemiddeld na 40 min. testtijd bereikt. (observatie in oven) / $\Delta Ta_{d0\text{-}120}$/300 °C = 5 min.[excl. 4,5 VC]
  - 300°C isotherme op 120 mm testdiepte gemiddeld na 58 min. testtijd bereikt. (tc 5-8 & 35) / $\Delta Ta_{d0\text{-}120}$/300 °C = 23 min.[incl. 4,5 VC]
  - 300°C isotherme op 240 mm testdiepte gemiddeld na 66 min. testtijd bereikt. (tc 9-12 & 36) / $\Delta Ta_{d0\text{-}240}$/300 °C = 31 min. [incl. 2x 4,5 VC]

  Tijdstip van falen R-criterium van de binnenste sectiedeel van de woningscheidende wand aan ovenzijde na 46 min. testtijd.

- ENL-25-000426 - 120 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}120}$/300°C isotherme = 3 min. (ν_{rec} = 40 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 34/34 min.

  ENL-25-000426 - 2x120 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}240}$/300°C isotherme = 8 min. (ν_{rec} = 30 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 34/34 min.
  - ΔTa_{d0}/300 °C = 34 min.
  - 300°C isotherme op 120 mm testdiepte gemiddeld na 37 min. testtijd bereikt. (tc 5-8 & 35)
  - 300°C isotherme op 240 mm testdiepte gemiddeld na 42 min. testtijd bereikt. (tc 9-12 & 36)

- ENL-25-000407 - 184 mm houtvezel - $\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 19 min. (ν_{rec} = 6 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 15 GP + 9 OSB = 40/40 min.
- ENL-25-000424 - 184 mm houtvezel - $\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 6 min. (ν_{rec} = 17 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 35 mm houtvezelplaat = 30/30 min.
- ENL-25-000125 - 240 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 6 min. (ν_{rec} = 17 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 12,5 GP + 9 OSB = 32/32 min.
- ENL-25-000397 - 240 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 25 min. (ν_{rec} = 4 mm/min.) / $t_{ch}/t_{f,pr}$ 9 VC = 10/45 min.

De bovenstaande verplaatsingstijden zijn toegevoegd aan de tabellen Protection level PL(v) zoals te vinden is in par. 4.4.3 Materiaalgedrag PL(v).

Verdere bijzondere observaties tijdens testen

- Zie toelichting onder *Verdere bijzondere observaties tijdens testen van par. 4.5.2*
- Alle in het onderzoek betrokken dragende-wandelementen, gevuld met 90 mm glaswol, 90 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3), 90 mm cellulose en 90 mm graanstro vervullen een brandwerendheid van 30 minuten op de criteria REIW. Hierdoor kan via de wandtesten aanvullend de gelijkwaardige uitwisseling van glaswol door de biobased isolatiemateriaal worden ondersteund naast de observaties vanuit de CRPT^{850}, PL(h) en PL(v).
- Over alle testlijnen heen, met inbegrip van de wand-testen betreft de worst-case isolatie zuiver hennepwol (densiteit 30-40 kg/m^3)
- Gebruik van spouwplaten leiden in alle testgevallen (met inbegrip van de scheidingswanden) tot een significante verbetering van de brandwerendheidsprestatie en zorgen voor verhoging van de positiestabiliteit van isolatieproducten in een wand. Afkoolprocessen, bij verhitting vanaf de spouwzijde, lijken beter te worden voorbereidt ten gunste van de positiestabiliteit in brandsituatie.

    - De dunne vezelcementplaten 4,5 en 9 mm in de test beschikken over een relatief hoge productstabiliteit ($t_{f,pr}$) met positiestabiliteit bij een lage thermische weerbaarheid (t_{ch}). Door het eerstgenoemde fenomeen blijft de vezelcementplaat lang als effectief vlamscherm tussen de ovenbrand en de onderconstructie (houtskelet en isolatie) optreden, ondanks dat de thermische doorgang groot is. Hierdoor ontstaat er als het ware een vertraagd inbrandscenario van het houtskelet en de isolatie (inbrandtraagheidseffect). Koollagen op het hout en isolatie worden relatief rustig opgebouwd, zonder vorm van thermische schok (zoals bij de folietesten goed te zien is), dat ten gunste is van de brandwerendheidsprestatie.
        - Dragende woningscheidingswand, met zuiver hennepwol (densiteit 30-40 kg/m^3), met folie aan spouwzijde behaalde: REI 44 min. (R 44:10)
        - Dragende woningscheidingswand, met zuiver hennepwol (densiteit 30-40 kg/m^3), met 4,5 mm vezelcementplaat aan spouwzijde behaalde: REI 68:50 (R 72 min.)

      Dezelfde grove testverschillen worden gevonden in de buitenwanden dragend en niet-dragend met en zonder spouwplaten met een onderling verschil van praktisch 30 min. ten gunste van de testsituaties met spouwplaten. Zie hiervoor de testverschillen in het constructieoverzicht in de starttabellen ‘as tested’.

      Op basis van deze testverschillen is er vastgesteld dat er een rekenkundig verschil bestaat tussen de recessiesnelheden van isolatiemateriaal wanneer deze achtervuld is door een plaatlaag (backed-by-panel) die in lijn is met de vastgestelde recessiesnelheden van de tabellen in paragraaf 4.4.3 Materiaalgedrag PL(v). De vermelde ν_{rec}-waarden zijn gecorrigeerd met de vastgestelde krimpcorrectiefactor.

        - Wanneer op de achterzijde sprake is van de toepassing van een (spouw)plaat (backed-by-panel) dan kunnen de berekende recessiesnelheden gevolgd worden van de tabellen in paragraaf 4.4.3 Materiaalgedrag PL(v). De vermelde ν_{rec}-waarden zijn gecorrigeerd met de vastgestelde krimpcorrectiefactor.

- Wanneer op de achterzijde sprake is van de toepassing van een folie (backed-by-foil) dan dienen de vermelden waarden gecorrigeerd te worden. Voor indicatie van de te nemen correctiewaarde hiervoor wordt het grootste verschil verrekend.

  Uit de onderstaande analyse van de buitenwanden blijkt een negatieve impact isolatie achtervuld met een folie (backed-by-foil):
  - YC-3012-1-RA - 240 mm vlaswol - $\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 5 min. t.o.v. 7 min. uit PL(v)-test met 100 mm testdikte = correctiefactor van 0,7

  - YC-3012-1-RA - 240 mm vlaswol - $\Delta T_{0\text{-}240}$/300°C isotherme = ca. 7,5 min. t.o.v. 12 min uit PL(v)-test met 300 mm testdikte; voor testdikte 200 mm kan een verplaatsingssnelheid van 6 min. worden aangenomen via lineaire interpolatie tussen 5 en 7,5 min, wat in dat geval dan tot de meeste negatieve correctiefactor van 0,5 zou leiden en dan als meest negatieve factor kan worden gezien.
    De gecorrigeerde v_{rec} bij achtervulling met folie zou dan leiden tot een doorbrandsnelheid van 100 / (12 x 0,5 x 0,5) = 33,3 mm/min. 240 mm isolatiedikte van vlaswol kan dan maximaal 7 min. brandwerende bijdrage leveren aan de brandwerendheid van de wandconstructie, wat goed overeenkomt met de testsituatie.

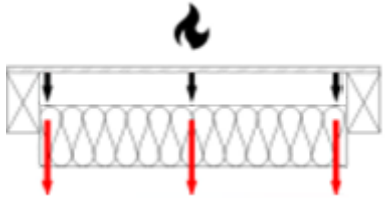
  Bij analyse van de woningscheidende wanden is dit als volgt:
  - B-3012-1-RA - 120 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}120}$/300°C isotherme = ca. 4 min. = 3,3 min. voor 100 mm via lineaire interpolatie
  - ENL-25-000426 - 120 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}120}$/300°C isotherme = 3 min. = 2,5 min. voor 100 mm via lineaire interpolatie

  De bovenstaande waarden gelden tot 120 mm bij achtervulling met folie in de woningscheidende wanden. In deze controle wordt 240 mm isolatiedikte niet gewogen, omdat in de andere, gespiegelde wandkant de isolatie juist achtervuld is door plaatlagen (backed-by-panel-principe).

  De verplaatsingssnelheid door hennepwol in de scheidingswand (backed-by-panel) betrof:
  - ENL-24-R000997 – 90 mm zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) - $\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 7 min. = 7,8 voor 100 mm via lineaire extrapolatie

  Vergelijken we vervolgens de backed-by-foil-situatie met een verplaatsingssnelheid van 2,5 min. met de backed-by-panel-situatie met een verplaatsingssnelheid van 7,8 min. dan volgt uit de ongunstigste situatie een correctiefactor van 0,3.

  De gecorrigeerde v_{rec} bij achtervulling met folie zou dan leiden tot een doorbrandsnelheid van 100 / (7,8 x 0,3) = 42,8 mm/min. 240 mm isolatiedikte van zuivere hennepwol kan dan maximaal 5 min. brandwerende bijdrage leveren aan de brandwerendheid van de wandconstructie.



Figuur 21: Falen door het uitblazen van de isolatie door warmtedruk wanneer de isolatie is ondersteund door folies

Op basis van de bovenstaande analyse lijkt het toepassen van een correctiefactor van 0,3 voor backed-by-foil-situaties, die boven op de doorbrandtijden van de PL(v)-testen moet worden toegepast voorlopig de meest veilige aanname te zijn. De betreffende correctie omvat het effect van het eruit blazen van het isolatiemateriaal aan de niet-brandzijde door warmtedruk (de overdruk die ontstaat in een brandcompartiment tijdens een brand of vanwege de opgelegde overdruk in de oven), zoals weergegeven wordt in figuur 21. Door de combinatie van het krimpeffect (zie figuur 22) en de ovendruk + aanvullende (warmte)druk, wordt het isolatiemateriaal naar buiten geduwd (het valt aan de koude zijde eruit).

4.5.4 Materiaalgedrag 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB

De gemiddelde doorbrandtijd (wegvallen) van 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB op basis van 8-testensituaties betreft 32,625 min. Bij een aangenomen faalkans van 0,9 overeenkomstig tabel F.1 prEN 1995-1-2:2023 is de gecorrigeerde brandwerendheid van 29,36 min. Omdat de testsimulaties meer dan de minimaal benodigde 5 simulaties is, wordt in dit geval naar boven afgerond en kan de gecorrigeerde brandwerendheid van 30 min worden aangehouden voor berekening of deelanalyse (bij een aangehouden faalkans van 0,92 op basis van lineaire interpolatie testsimulaties en faaltijd bij 8 testen).

De gemiddelde brandwerendheid uitgedrukt in t_{ch} / $t_{f,pr}$ van 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB = 30/30 min.

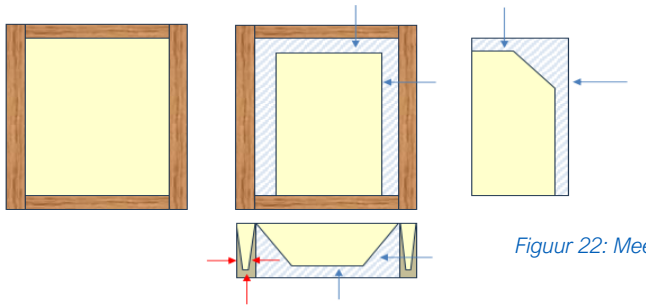
Tabel 3: Table F.1 — Determination of the failure time $t_{f,pr}$ from fire resistance tests

Number of evaluated tests n	Failure time of the fire protection system $t_{f,pr}$
≥5	$t_{f,pr} = 0,9\ t_{f,test}$

Hoofdstuk 5 Testreflectie PL(v)- en wandtesten

Op basis van de vastgestelde recessiesnelheden van zowel de PL(v) als de wandanalyses kan worden geconcludeerd:

- Op basis van de testen betreft over alle testlijnen heen de worst-case isolatie zuiver hennepwol (densiteit 30-40 kg/m3).
- De beschermende bijdrage van isolatiematerialen die achtervuld zijn door folies (backed-by-foil) veel lager dan het geval is bij achtervulling door plaatlagen (backed-by-panel). Op de gewogen doorbrandsnelheden van de PL(v) testen die vanuit dat testperspectief rekenwaarden generen voor backed-by-panel-situaties, lijkt het toepassen van een correctiefactor van 0,3 voor backed-by-foil-situaties, die boven op de doorbrandsnelheden van de PL(v)-testen moet worden toegepast voorlopig het meest veilige aanname te zijn.
- Dunne isolatielagen ≤ 200 mm weinig bescherming bieden tegen inbranden van het hout en dragen relatief weinig bij aan de brandwerendheid door hoge recessiesnelheden.
- Dikke isolatielagen > 200 mm een betere bescherming bieden tegen inbranden van het hout en dragen beter bij aan de brandwerendheid door lage(re) recessiesnelheden.
- Het faalmechanisme van isolatiepakketten opgebouwd uit meerdere dunne lagen ≤ 200 mm, verloopt volgens recessiesnelheden van dunne isolatielagen ≤ 200 mm per laag. Dunne lagen zijn gevoelig voor het gesegmenteerd weg-/eruit vallen van laagdelen door krimp. De lagen vallen hierbij laag voor laag weg. Het faalmechanisme van dikke lagen > 200 mm is gunstiger ten opzichte van isolatiepakketten opgebouwd uit meerdere dunne lagen ≤ 200 mm.
- Losse isolatie vezels zijn gevoelig voor inklink- en/of krimpeffecten tijdens productie- en transportfases. Sleufopeningen ontstaan hierbij primair aan de bovenzijde van de wand.
- De virgin-groep is gevoelig voor afschuiven (van laagdelen of volledig) bij gebruik van folies, waaruit blijkt dat folies onvoldoende weerstand bieden tegen uitzakken in geval van de losse vezels (ook in stilstand).
- Meest voorkomende degradatiemodel van isolatie als volgt is:



Figuur 22: Meest voorkomend degradatiemodel in wand & PL(v) testen

Hoofdstuk 6 Conclusie, constructieoverzicht & verdere aanbevelingen

6.1 Conclusies

6.1.1 Testmethodes

- Op basis van de verzameling van testresultaten CRPT^{850}, SBI, PL(v), PL(h) en de wandtesten in de Testanalyse-Matrix en Testanalyse-PL2v&h-met-CRPT:
  - Via de controlemetingen op 50 mm testdieptes van de PL- en de wandtesten, de CRPT^{850}-testmethodiek is de 'voorspellingsbetrouwbaarheid op materiaalniveau' gecontroleerd. Hieruit blijkt dat de CRPT^{850} als een kwalitatieve, voorspellende test kan worden gezien om in te schatten of een isolatiemateriaal een beschermende bijdrage kan bieden en daarmee kansrijk is om binnen de PL2 beoordelingsgroep te vallen of beter.

*6.1.2 Materiaalgedrag op het aspect '**gedrag in de toepassing**':*

- Op basis van de verzameling van testresultaten CRPT^{850}, SBI, PL(v), PL(h) en de wandtesten in de Testanalyse-Matrix en Testanalyse-PL2v&h-met-CRPT blijkt dat:
  - Ver-/afkolen voor ontbranden een karakteristiek gedrag is bij brand, maar de materialen niet per definitie vrij zijn van ontsteken!
  - Zuiver hennepwol 30-40 kg/m^3 als worst-case materiaal in de toepassing, kan worden aangewezen, maar in de toepassing, op basis van de grote reeks van testwanden niet significant slechter is dan de testreferentie glaswol met een densiteit van 18-20 kg/m^3 *[1]).
  - Miscanthus en hennepscheven als best-case materialen in de toepassing, kunnen worden aangewezen. Dit lijkt ook op stro van toepassing te zijn, echter valt deze op basis van het tegenvallende resultaat van de buitenwand-test op dit moment niet als zodanig te kwantificeren.
  - Zijn alle beproefde isolatiematerialen ten minste te beoordelen als PL2 of beter (PL1) op basis van de klasseringsregels cf. of in analogie met prEN 1995-1-2:2023 Annex D.
  - Beschikken alle beproefde isolatiematerialen over een (minimale) bijdrage aan de brandwerendheid van wandconstructies en bieden daarmee ook een bepaald, beschermend vermogen van het houtskelet op basis van de observaties uit de PL(h) en de PL(v)-testen. Dit vermogen is zeer beperkt voor dunne isolatiediktes ≤ 200 mm maar kan significant zijn voor isolatiediktes > 200 mm; mits de krimp beperkt blijft en de isolatie op positie blijft zitten tijdens de brand.
  - Ondersteuning van de isolatie (door volière gaas o.g.) in overeenstemming met de PL(h)-testmethodiek in algemene zin leidt tot lage(re) doorbrandsnelheden*[2]. Dit is ook het geval bij het toenemen van dikte en densiteit.

- Krimp en/of inzakken praktisch altijd aanwezig is. Bij de horizontale oriëntatie in de PL(h) opstelling blijft het materiaal vormstabiel op positie liggen, maar wordt het materiaal dunner door massaverlies aan de verhitte onderzijde. Bij verticale oriëntatie in de PL(v) opstelling vindt de meest negatieve krimpvorm altijd aan de bovenzijde plaats door het specifieke krimpmodel van het isolatiemateriaal (zie analyse PL(v)-testmethodiek onder par. 4.1.6 Materiaalgedrag PL(v)) die leidt tot de specifieke krimpcorrectiefactor die over de verplaatsingstijd dient te worden toegepast.
- Op basis van de bovenstaande analyse lijkt het toepassen van een correctiefactor van 0,3 voor backed-by-foil-situaties, een (veiligheidshalve) aanvullende, aan te bevelen correctiefactor te zijn die boven op de doorbrandsnelheden van de PL(v)-testen dient te worden toegepast in het geval het isolatiemateriaal achtervuld is door folies. Deze correctie omvat het effect van het eruit (naar achter) blazen van het isolatiemateriaal aan de niet-brandzijde door warmtedruk in combinatie met het krimpen of verliezen van massa van het isolatiemateriaal in een los aangebrachte toestand, die niet door een plaat is achtervuld.
- Warmte lang in isolatiemateriaal aanwezig blijft na brand, maar in basis minder is dan de benodigde dooftijd van glaswol (50% verschil tussen de langst benodigde dooftijd hennepscheven en miscanthus met de hoogste densiteit met praktisch 900 s. en glaswol met densiteit van ca. 20 kg/m^3 met 1800 s.).
- De isolatiematerialen een beheerste/gedoseerde vlamontwikkeling (niet escalerend) vertonen.

**1 Dit betekent ook dat testcases die beproefd zijn met lage densiteit glaswol ≥ 14 kg/m^3, in die wandopbouwen de glaswol uitgewisseld kan worden met de biobased isolatiematerialen uit dit onderzoek.*

**2 Door zwaartekracht wordt het dunner wordende isolatiemateriaal op een natuurlijke manier, relatief positiestabiel onder het eigen gewicht naar beneden gedrukt.*

Algemene noot: In basis, ongeacht isolatiestructuur (vezel, dekens of platen), moet het isolatiemateriaal volledig ruimte vullend en klemmend in een houtskeletstructuur zijn aangebracht. Het ontstaan van sleufopeningen door inklink- en/of krimpeffecten hebben op meerdere bouwfysische en brandwerende aspecten een grote, negatieve impact, evenals op de bijdrage die de isolatie levert aan de brandwerendheid van de wandconstructie als geheel.

Voor inblaasprocessen kan afvullen van de wand praktisch niet zonder het gebruik van plaatlagen aan weerszijden van een houtskelet ter bevordering van volledige en strakke afvulling van de holle ruimte. Alternatief kan het uitrachelen van de folie zijn door latten met een onderlinge h.o.h. van ≤ 300 mm.

Vastgesteld is dat de wandtesten die uitgevoerd zijn in de testseries van Building Balance, zorgen voor een basis van geclassificeerde wandsystemen (as tested) volgens EN 13501-2 op basis waarvan het toepassingsgebied kan worden geëxtrapoleerd. Met andere woorden:

> "Uit het onderzoek blijkt dat de minst aan de brandwerendheid bijdragende isolatiematerialen '**zuivere hennepwol (30-40 kg/m^3)** of **glaswol (14-20 kg/m^3)**' in een specifieke constructie geen of weinig bijdrage heeft aan de brandwerendheid van de wand.
>
> Hierdoor verwachten **Peutz, Efectis & Nieman Raadgevende Ingenieurs** dat ook het toepassen van de overige onderzochte biobased isolatiematerialen van dit onderzoek geen negatief effect heeft op de brandwerendheid van die constructie.".

Op basis van deze inzichten ligt een meervoudige beoordelings- & toetsingsmethodiek open voor toelating van nieuwe isolatie- en/of plaatproducten. In het constructieoverzicht van Building Balance. Hierbij is het verkrijgen van inzicht in het specifieke gedrag bij brand van nieuwe materialen essentieel om aan te tonen dat de alternatieve materialen geen negatieve invloed hebben op de brandwerendheid ten opzichte van de beproefde constructies:

- Nieuwe biobased materialen worden via de CRPT^{850} kleinschalig getest om te beoordelen of ze qua thermische capaciteit en materiaaldegradatie binnen de PL(2)-klassering kunnen vallen.
- Voor bepaling van het PL-klassering en doorbrandsnelheden wordt de CRPT-test aangevuld met de PL(h)-test (cf. prEN 1995-1-2:2023; bijlage D) voor mechanisch bevestigde isolatie en gebruik binnen de reikwijdte van prEN 1995-1-2:2023 en de PL(v)-test voor toepassing in verticale oriëntatie zoals wanden.
- Nieuwe elementen (andere plaatlagen, andere diktes voor stijlen etc.) worden grootschalig op brandwerendheid getest met de worst case isolatie 'zuiver hennepwol; densiteit 30-40 kg/m^3' als testreferentie. De test kan dan als representatief worden gezien voor het gelijkwaardig kunnen uitwisselen met de biobased materialen van dit onderzoek, met inbegrip van glaswol op basis van deskundigen beoordeling (expert judgement).

Dit betekent dat uitwisseling met de overige isolatiematerialen in dit onderzoek, anders dan zuiver hennepwol (30-40 kg/m^3) en glaswol (densiteit 18-20 kg/m^3), ten minste dezelfde brandwerendheid biedt of beter zal zijn dan de testreferenties die hiermee zijn beproefd. Voor nieuwe isolatiematerialen

geldt hetzelfde, mits deze op basis van geleverde testprestaties, volgend uit de daarvoor aangewezen testprotocollen (zie eerder), ten minste een gelijkwaardig of beter testresultaat geven dan de worst-case testreferenties.

6.2 Constructieoverzicht

Het constructieoverzicht dat als onderbouwing dient voor de NTA biobased bouwen is te vinden onder: https://nkbb.org/doc/nieman-constructieoverzicht-brandveiligheid-biobased-isolatie-in-houtskeletbouw/

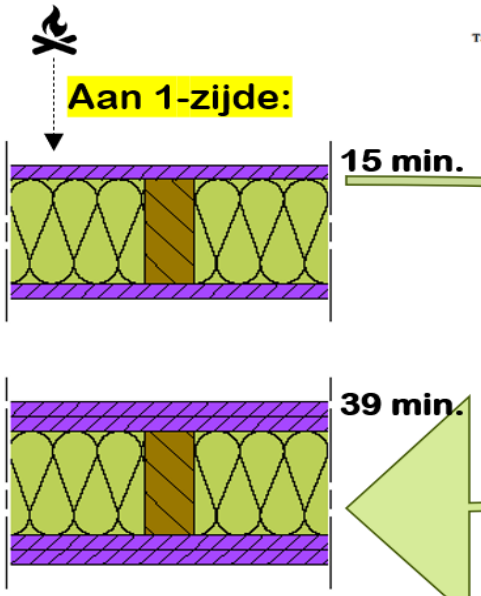
De resultaten uit projectfase 1-3 worden integraal gecombineerd in een constructieoverzicht. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de wanden zoals beproefd (as tested) en de wanduitbreidingen (expert judgement).

Voor het geëxtrapoleerde toepassingsgebied is hierbij voor het opschalen (van een lagere prestatie naar een hogere prestatie) en afschalen (van een hogere prestatie naar een lagere prestatie) drie methoden gebruikt:

- Interpolatie tussen testresultaten;
- Vermeerdering of vermindering van de plaatdiktes en de daarbij gedefinieerde brandbeschermingsvermogen (uitgedrukt in t_{ch} en $t_{f,pr}$) en/of wijziging van producttype via tabel 6.1 van de PrEN 1995-1-2:2023 (E). Doordat er getest is met de conservatieve brandwerende gipsvezelplaten, al dan niet in combinatie met OSB, is het in overeenstemming met tabel 6.1 toelaatbaar deze door een beter product te vervangen. Zodoende kan gipsvezelplaat vervangen worden door gipsplaat type F, doordat de faaltijd ($t_{f,pr}$) van dit product (wegvallen van het plaatproduct (positie instabiliteit)) in overeenstemming met tabel 6.1 altijd hoger ligt dan die van de gipsvezelplaten (en t_{ch} waarde hetzelfde zijn). Hetzelfde is van toepassing voor de toepassing van spaanplaat ten opzichte van OSB. Bij afschaling wordt gekeken naar de ruimte die de test biedt (bekeken vanuit de daadwerkelijk behaalde testprestatie) ten opzichte van de minimaal benodigde brandwerendheid. Wanneer er een passende test is, staat de testopbouw van de wand ‘as tested’ beschreven. In het proces van op- en afschalen vormen de wanden ‘as tested’ de basis voor interpolatie en het op- en afschalen.
- Aansturing van de classificatie voor ‘Fire protection ability’ conform EN 13501-2; K_2 30 of K_2 60.

t_{ch} - Start time of charring on the fire exposed side (passeren van de 300 °C isotherme temperatuur)

$t_{f,pr}$ - Failure time of the fire protection system



FprEN 1995-1-2:2023 (E)

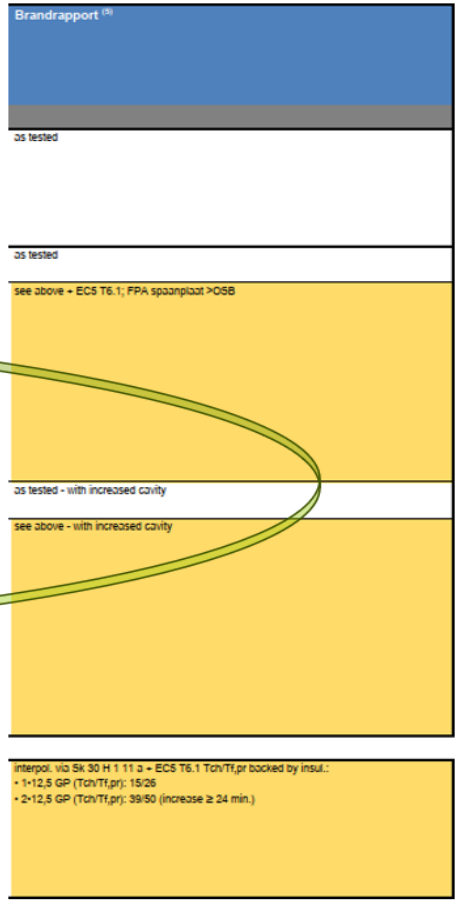
Table 6.1 — Start time of charring t_{ch} and failure time of the fire protection systems $t_{f,pr}$ on linear timber members, vertical plane timber members or vertical timber frame assemblies

Panels	Thickness of the fire protection system [mm] [a]		Fire protection system backed by insulation [b]		Fire protection system backed by panel [b,c]	
	layer 1 h_1	layer 2 h_2	t_{ch} [min]	$t_{f,pr}$ [min]	t_{ch} [min]	$t_{f,pr}$ [min]
GPB Type A	12,5	-	15	20	21	22
	15	-	21	25	28	28
	18	-	28	32	35	35
	12,5	12,5	28	41	38	45
	15	15	37	50	49	55
	18	18	47	61	61	67
GPB Type F	12,5	-	15	32	21	35
	15	-	21	44	28	48
	18	-	28	58	36	63
	12,5	12,5	39	60	49	66
	15	15	50	82	61	90
	18	18	64	108	76	119
GPB Type F + Type A (Type F is layer 1)	12,5	12,5	39	60	49	66
	15	12,5	45	71	56	78
GFB	12,5	-	15	26	21	29
	15	-	21	36	28	39
	18	-	28	47	36	52
	12,5	12,5	39	50	49	55
	15	15	50	69	61	76
	18	18	63	91	76	100
RPB	18	-	19	19	27	27
OSB	18	-	16	16	21	21
PW	18	-	12	12	16	16
GPB Type A + PW	12,5	18	29	29	30	30
GPB Type F + PW	15	18	49	49	49	49
SWP	18	-	17	17	26	26
LVL panel	27	-	29	29	41	41

[a] Layer 1 is at the fire exposed side.

[b] When the layers are backed by a void cavity with a thickness of 40 mm or more, the following values should be used:
— start time of charring for layers backed by insulation:
— failure time for layers backed by panel.

[c] When the layers are backed by a vertically or horizontally oriented linear member, the values for layers backed by a panel should be used.



6.3 Verdere aanbevelingen

6.3.1 Aanbevelingen testmethoden

- Testen voor het materiaalgedrag op kleine schaal: Laten vervallen SF- & SBI-testen voor gedragsonderzoek in de toepassing. Deze leveren voor het gelijkwaardigheidsonderzoek onvoldoende bruikbare informatie om gelijkwaardige uitwisselbaarheid aan te kunnen tonen m.b.t. brandwerende wandtoepassingen. Zij blijven uiteraard wel de aangewezen testen voor het vaststellen van de brandklasse van een product!

- PL(v):
  - Laten vervallen van thermokoppels aan de onderzijde van de isolatie (op bovenzijde-onderligger). Deze leveren voor het gelijkwaardigheidsonderzoek onvoldoende bruikbare informatie in verband met het specifieke, maatgevende krimpmodel van de isolatie in deze testopstelling (de isolatie blijft erop liggen).
  - Behouden van thermokoppels op hoogtepositie 650 mm. Deze geven, relevante bruikbare meetresultaten voor analyse van de verplaatsingstijd van de 300 °C isotherme temperatuur.
  - Opnemen van een gelijke hoeveelheid als diepte verdeling van thermokoppels op de bovenzijde van de isolatie. De thermokoppels worden aan de onderzijde en in met midden van bovenligger gemonteerd. Hiermee wordt de visuele beoordeling ondervangen door het meten van de thermische doorgang door het volgen van de verplaatsingssnelheid van de 300 °C isotherme temperatuur op deze positie. Aangenomen wordt dat hierdoor een kwalitatieve uitspraak kan worden gedaan over de te nemen krimpfactor van het isolatiemateriaal in een los aangebrachte toestand met een verticale oriëntatie.

- Wandtesten: Laten vervallen thermografische beeldvorming via infraroodcamera tijdens de brandwerendheidstesten. Deze leveren voor het gelijkwaardigheidsonderzoek onvoldoende bruikbare informatie.

6.3.2 Verder onderzoek van de brandwerende bijdrage van stro, miscanthus en hennepscheven in wanden

In het liggende onderzoek is onvoldoende het gewichtseffect van stro, miscanthus en hennepscheven (met een hoge densiteit) in de grote wandtesten onderzocht. Het is daardoor niet te zeggen of de zijdelingse drukkracht, als gevolg van afschuiven van het isolatiemateriaal (schuifspanning van droge, gladde vezels) effect heeft op de prestatie van beplating en daarmee de brandwerendheid van de wand.

6.3.3 Nieuwe typen biobased isolatie

Voor begripsvorming en opname van nieuwe isolatiematerialen in de lijsten van Building Balance moet, in lijn met dit onderzoek, eerst kleinschalig getest via:

- De CRPT^{850}-testmethodiek om (kwalitatief) in te schatten of ze binnen de PL2-klassering kunnen vallen en geschikt zijn voor testdoorgang naar de zwaardere PL(h)- & PL(v)-testmethodiek;
.
- De bepaling van PL-klassering en doorbrandsnelheden voor mechanisch bevestigde isolatie volgt uit de PL(h)-test (cf. prEN 1995-1-2:2023; bijlage); &
.
- De bepaling van doorbrandsnelheden backed-by-panel, voor toepassing in verticale oriëntatie, voor mechanisch gefixeerde dan wel los aangebrachte isolatie, volgt uit de PL(v)-test.
    - Correctie voor backed-by-foil situaties.

6.3.4 Nieuwe typen platen

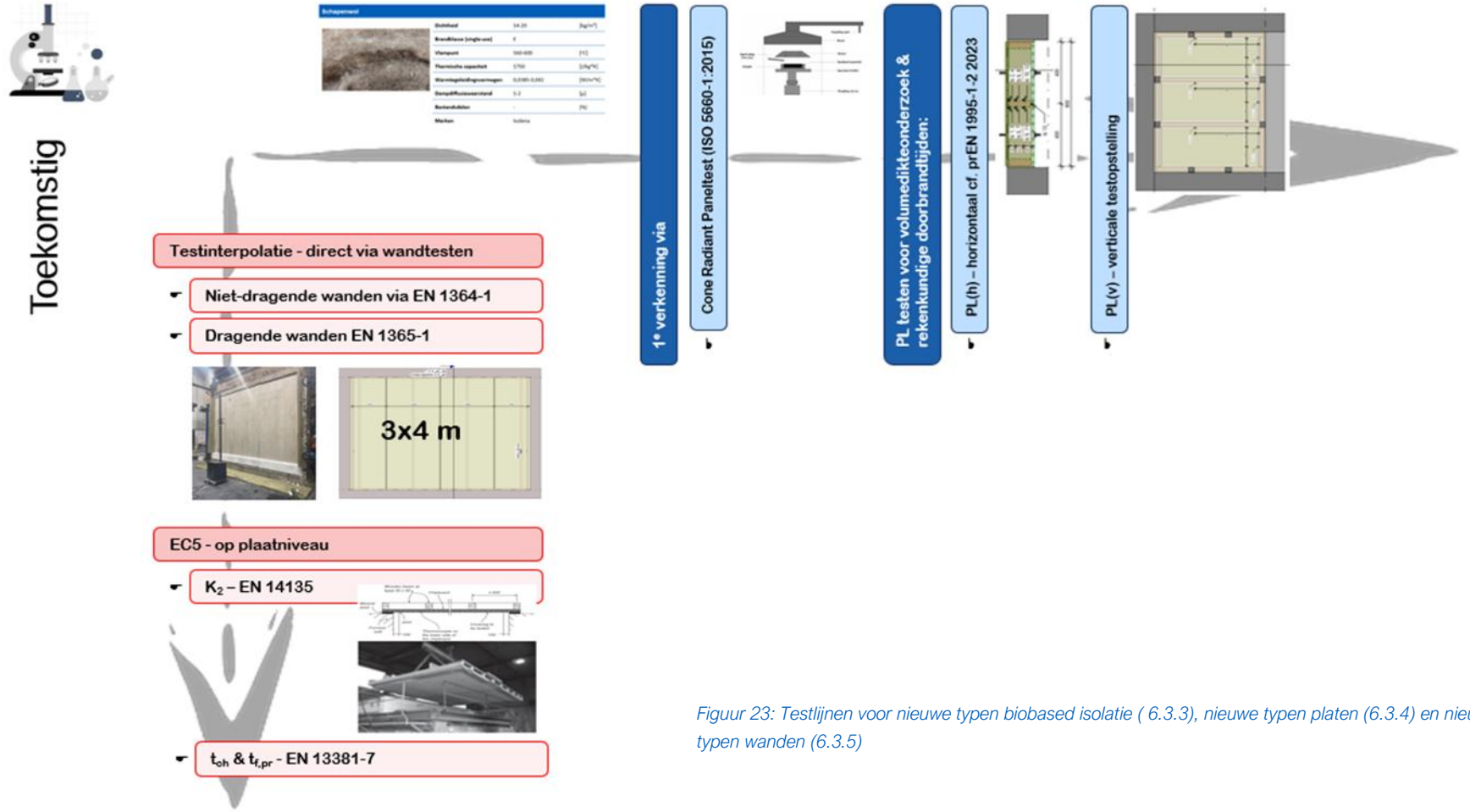
Begripsvorming en opname van nieuwe plaatsoorten in de lijsten van Building Balance vindt plaats op zowel elementniveau als op productniveau.

- Nieuwe elementen worden grootschalig op brandwerendheid getest met de worst-case ‘zuiver hennepwol; densiteit 30-40 kg/m^3’ als testreferentie:
.
- Niet-dragende wanden via EN 1364-1 en dragende wanden via 1365-1.
.
- Op productniveau:
    - Characterisation parameters of the fire protection system consisting of cladding/planking cf. EN13501-2 in conjunction with full-scale furnace testing via testmethodology EN 13381-7 for the determination start time of charring t_{ch} & the failure time $t_{f,pr}$; en/of
    - Characterisation of the fire protection ability of coverings cf. EN13501-2 in conjunction with full-scale furnace testing via testmethodology EN 14135 for the determination the K_2 classes.

6.3.5 Nieuwe typen wanden:

Directe toepassing van wanden met alternatieve plaatmaterialen, isolatiematerialen of opbouw kan alleen worden gerealiseerd door volledige wandtesten volgens EN 1365-1 (dragende wanden) en EN 1364-1 (niet-dragende wanden) te classificeren volgens EN 13501-2.

Deze testinformatie kan worden opgenomen in de lijsten van Building Balance.



Figuur 23: Testlijnen voor nieuwe typen biobased isolatie (6.3.3), nieuwe typen platen (6.3.4) en nieuwe typen wanden (6.3.5)

6.3.6 Vastlegging van doorbrandsnelheden voor berekening in de nationale bijlage prEC5

- *Materiaaltesten via PL(h)-testmethodiek*
  Met de materiaaltesten in een horizontale testopstelling conform prEN 1995-1-2:2023; bijlage D wordt bepaald in welke PL-klassering de isolatiematerialen vallen. Brede uitwisselbaarheid onder verwijzing naar de PL-factor (en recessiesnelheid) op Europees niveau wordt daarmee mogelijk binnen de reikwijdte van de bepalingsmethoden in de Eurocode. De relatie met de Eurocode zorgt ervoor dat op termijn (vanaf het moment van inwerkingtreding van de nieuwe Eurocode) minder deskundigenbeoordelingen benodigd zijn.

  De test geeft daarnaast een aanvullend inzicht in de rekenkundige doorbrandtijd c.q. recessiesnelheden $\mathbf{v}_{rec}$ voor ondersteunde toepassing (door volière gaas of beter) in horizontale structuren* (vloer- of dakconstructie).

  ** De resultaatbeschrijving van de PL(h)-test kan tevens als geschikt/bruikbaar worden gezien voor hellende dakconstructies. De bijdrage van los, ingeklemde (niet mechanisch gefixeerde) isolatie wordt als nihil gezien op basis van de verkregen inzichten in dit testprogramma.*

- *Materiaaltesten via PL(v) – **voorlopige aanbeveling** –*
  Met de materiaaltesten in een verticale testopstelling conform de PL(v)-testmethodiek wordt, in analogie met prEN 1995-1-2:2023; bijlage D, het beschermend vermogen van los aangebrachte isolatiematerialen in wandstructuren onderzocht*[3].

  De betreffende recessiesnelheden c.q. doorbrandsnelheid $\mathbf{v}_{rec}$, bepaald in analogie met prEN 1995-1-2:2023 Annex D (PL(h)), gelden wanneer het isolatiemateriaal, achtervuld is door een plaatlaag (backed-by-panel). Voor het krimpeffect wordt een, tijdens de test gemeten correctiefactor toegepast op basis van de verplaatsingssnelheid van de 300 °C isotherme temperatuur aan de bovenzijde van de isolatie (zie eerdere aanbeveling). Met name de vaststelling krimpcorrectiefactor dient nader te worden onderzocht.

  Wanneer de isolatie aan de achterzijde achtervuld is door folie (backed-by-foil) dan dienen de vermelde rekenwaarden aanvullend gecorrigeerd te worden. Op basis van de bovenstaande analyse lijkt het toepassen van een correctiefactor van 0,3 voor backed-by-foil-situaties, voorlopig de (veiligheidshalve) aan te bevelen correctiefactor te zijn. Deze correctie omvat het effect van het er (naar achter) uit blazen van het isolatiemateriaal aan de niet-brandzijde door warmtedruk in combinatie met het krimpen of verliezen van massa van het isolatiemateriaal in een los aangebrachte toestand, die niet door een plaat is achtervuld.

  **[3] De PL-factor via de testwijze prEN 1995-1-2:2023 annex D geeft onvoldoende informatie over het werkelijke gedrag van het isolatiemateriaal bij directe blootstelling aan brand in een verticale constructie.*

6.3.7 Vastleggen testmethodiek in NTA Brandveilig bouwen met biobased isolatie

Zie voor de aanbevolen testprotocollen de eerdere toelichting onder par. 5.3.1 - 5.3.2 voor respectievelijk nieuwe isolatie- en plaatsoorten.

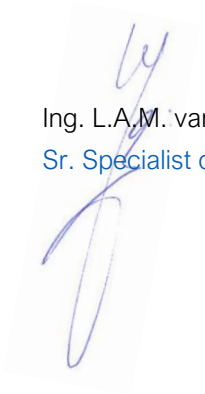
Het constructieoverzicht met mogelijke toepassingen kan onderdeel uitmaken van de NTA 8230-2 Brandveiligheidsaspecten van biobased bouwwerken, bouwproducten.

6.3.8 Gevelengineering via doelgerichte kennisontwikkeling brandklasse end-use

Gevel en brandklasse van plaatmaterialen en end-use toepassingen valt buiten de scope van dit onderzoek.

23 januari 2026

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.



Ing. L.A.M. van Dijk
Sr. Specialist doelgerichte brandveiligheid & conceptontwikkeling

Bijlage 1 - Materiaal-eigenschappen-SF-SBI-CRPT

Bijlage 2 - Testanalyse-PL2v&h-met-CRPT

Bijlage 3 - CRPT-Meetgemiddelden-2024-Efectis-R001159 Stichting Building Balance gza

Bijlage 4 - Testanalyse-Matrix

Bijlage 5 - Constructieoverzicht

Het constructieoverzicht dat als onderbouwing dient voor de NTA 8230-2 Brandveiligheidsaspecten van biobased bouwwerken, bouwproducten is te vinden onder: https://nkbb.org/doc/nieman-constructieoverzicht-brandveiligheid-biobased-isolatie-in-houtskeletbouw/

Er zal geen fysieke bijlage hiervan zijn opgenomen in dit document, maar uitsluitend de bovenstaande verwijzing naar de digitale en meest actuele versie.

Bijlage 1 - Materiaal-eigenschappen-SF-SBI-CRPT

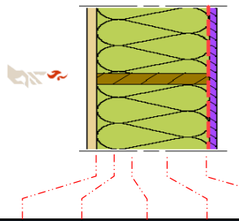
	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13	14
PRODUCTGROEPEN	Materiaal	Glaswol	Houtwol	Houtwol	Hennepwol	Hennepwol	Hennepscheven	Hennepscheven	Cellulose	Cellulose	Vlas		Graanstro	Graanstro	Miscanthusstro	Miscanthusstro
	Groep	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5		6.1	6.2	7	7
	Merk	Knauf	Steico	Gutex	Hempflax	Dunagro	Dunagro	Dunagro	Isocell	Isofloc	Isovlas 1	2	Verhoeven	Agristro	Verhoeven	Verhoeven
	Type	Naturol 035	STEICOzell	Thermofibre	Hemkor tm jute blend	hennepisolatie FL	Ø 0,4 - 1cm 'BHG'	Ø 0,15-1cm + vezel	Cellulose-isolatie	isofloc LM	PL		Ø2cm / 80kg/m3	Ø1cm / 100kg/m3	Ø0,5cm / 150kg/m3	Ø2cm / 140kg/m3
	Toepassingsdikte in wandtest [mm]	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	Toepassingsdikte in CRPT [mm]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Toepassingsdikte in SBI [mm]	2x90	180	180	100+80	100+80	180	180	180	180	2x90	2x90	180	180	180	180
MATERIAAL EIGENSCHAPPEN	Densiteit kg/m3	19,0	49,4	41,4	35 (39-45)	33 (30-40)	146,5	121,0	58,9	58,9	20 (20-30)	20 (20-30)	79,6	106,7	136,9	119,4
	Warmtegeleidend vermogen [w/m·k]	0,035	0,038	0,038	0,043	0,039	0,057	0,056	-	0,038	0,038	0,038	0,041	0,044	0,054	0,054
	Waterdampdoorlatendheid	1	2	2	1,5	2	-	-	-	1 - 2	5,7	5,7	-	-	-	-
	Luchtdoorlatendheid kPa.s/m2	5	5	5	-	-	-	-	-	5	?	?	-	-	-	-
	Vochtopname%	-	15	-	-	-	-	-	-	-			-	-	-	-
	Energie Input (MJ/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	1,6	-	-	-	-
	Warmteopslagcapaciteit (J/kg.K)	-	2100	2100	2300	1600	-	-	-	-	1600	1600	-	-	-	-
	Dimensionale stabiliteit kpa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,7	14,7	-	-	-	-
	Diktetolerantie EN 13162	T2	T3	-	-	T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Organisch gehalte	-	91% Onbehandeld dennen- of vurenhout	95% Onbehandeld dennen- of vurenhout	Bio-based inhoud (NCS 16785:2016-11) ≥ 80%	hennepvezel 85% cf. EPD hennep isolatie FL (NL) (ID 24856)	100% zuiver organisch	100% zuiver organisch	Papier (waste paper) 90%;	Papier (waste paper) 93%;	-	-	100% zuiver organisch	100% zuiver organisch	100% zuiver organisch	100% zuiver organisch
	Brandvertragers	-	8% ammoniumzout	5% ammoniumzout	polymeer ondersteunende vezels op basis van PET en soda	Soda / minerale zouten	Geen	Geen	< 10% minerale zouten	Boorzuur (boric acid) 3,5%; Magnesiumsulfaat (MgSO4) 3,5%	-	-	Geen	Geen	Geen	Geen
	Overige additieven	-	1% parrafine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Samenstelling	-			Hennepvezels: 64-70% Gerecycleerde jutevezels: 20-26%	Hennepvezels: 85% Bindende vezels (PES BiCo) gerecycled	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PES BiCo					15%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CRPT^{650}	MLR (g/m2)	26,86	53,3	496,7	34,1	31,2	79,5	63,6	53,6	39,9	44,3		88,6	59,15	77,6	118,6
	MLR (g/s x m2)	12,0	4,8	8,8	4,5	3,3	9,3	8,8	5,5	5,2	4,2		8,3	5,9	5,5	8,9
	krimp evenwijdig aan oppervlakte	72%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	32%	26%	69%		67%	33%	37%	51%
	krimp van volumedikte	32%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	63%	63%	90%		83%	43%	47%	70%
	volumekrimp	80%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	82%	73%	97%		94%	75%	67%	89%
	Dichtheid (kg/m3)		40	40	58,0	27,0	150	120,0	56	51	26		75	90	136	145,0
	THR (MJ/m2)	7,8	38,6	39,4	47,0	23,2	110,2	88,2	35,7	28,7	23,5		59,5	53,9	78,9	88,3
	HHR piek (kW/m2)		239,7	260,7	229,3	223,0	400,33	380,67	199,7	182,3	212,0		276,0	324,3	414,7	379,3
	Onstekingstijd (s)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
	Dooftijd (s)	1800	190,3	157,7	414,3	139,0	880	663,7	189,3	146,7	134,0		509,7	360,0	841,3	709
SBI	Figra 02 (W/s)	0,00	386,7	625,0	478,5	635,9	933,09	636,6	357,5	424,8	301,1	337,6	552,5	504,8	698,84	638,11
	tijd (s)	0	336	333	339	339	345	351	339	336	336	333	342	348	351	354
	Figra 04 (W/s)	0,00	356,0	602,1	465,6	634,9	933,09	636,6	311,5	392,2	190,8	220,6	551,5	504,8	698,84	838,11
	tijd (s)	0	348	339	345	342	345	351	351	348	354	351	345	348	351	354
	THR600 (MJ)	0,8	7,2	8,49	6,92	8,24	15,13	13,61	5,99	6,29	4,80	5,12	9,43	9,48	12,71	12,14
	Smogra (m2/s2)	0,0	8,5	9,09	0,00	4,24	13,80	14,23	4,58	8,91	16,00	14,06	7,62	2,05	3,32	3,37
	tijd (s)	0	420	462	0	543	432	426	537	423	1362	1029	432	789	603	600
	TSP600 (m2)	3,0	93,1	87,9	32,2	58,3	78,2	89,8	55,5	53,4	129,2	144,0	63,0	45,1	56,5	49,9
SMALL FLAME	ontbranden proefstuk	Ja	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja	Ja
	gem. max. vlamhoogte [mm]	27,5	-	40,0	45,0	50,0	74,2	63,3	44,2	31,7	50,0		78,3	70,8	63,3	62,5
	t150 [s]	Nee	-	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee		Nee	Nee	Nee	Nee
	nabrandtijd [s]	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
	ontbranden filterpapier	Nee	-	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee		Nee	Nee	Nee	Nee
	classificatieparameter [t150/60s]	Ja	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja	Ja
	ssificatieparameter ontbranden van het filterpapier	Nee	-	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee		Nee	Nee	Nee	Nee

Bijlage 2 - Testanalyse-PL2v&h-met-CRPT

TABEL PL2(v) GECORRIGEERD + CRPT 0-50 mm
Rapportnr.

- **Y 3331-3-NO-002**
- **YA 3331-1-NO-001**
- **YB 3331-1-NO-001**
- **YC 3331-1-NO-001**
- **YD 3331-1-NO-001**

Correcties **Hennepwol - verschil tussen 50 en 100 mm gelijkgesteld op 21 min.**
Cellulose - testdikte 300 meetwaarde 50 en 100 mm testdiepte overgenomen van 100 mm dikte (conservatief)
Cellulose - verschil tussen 200 en 300 mm gelijkgesteld op 53 min.



Voor het PL(v) isolatiemateriaal ≤ 200 mm is de recessiesnelheid: vrec = 100 / ($\Delta T_{40\text{-}100}$/300 °C • krimpcorrectiefactor)
Voor het PL(v) isolatiemateriaal > 200 mm is de recessiesnelheid: vrec = 100 / ($\Delta T_{40\text{-}200}$/300 °C • krimpcorrectiefactor)

Waarin:
vrec recessiesnelheid van PL2 isolatiematerialen, in mm/min (naar boven afgerond).

ΔT_{40}/300 °C starttijdstip post protection fase diepte 0 (achter MDF) van bereiken 300 °C
$\Delta T_{40\text{-}100}$/300 °C benodigde tijd post protection fase diepte 0-100 mm van bereiken 300 °C op diepte 100 mm
$\Delta T_{40\text{-}200}$/300 °C benodigde tijd post protection fase diepte 0-200 mm van bereiken 300 °C op diepte 200 mm

					Temperatuurstijging h = 650 mm dieptepos. thermokoppel	300 °C tegen MDF 0 mm	in isolatie 50 mm	in isolatie 100 mm	200 mm	300 mm	Krimp*	krimpcorrectiefac	Testbeëindiging:	Temperatuurstijging: 300 °C CRPT 0-50 [mm]	PL2 (v) 0 -50 [mm]	0-100 [mm]	0-200 [mm]	0-300 [mm]	PL2 (v) 0 -50 [mm]	50-100 [mm]	100-200 [mm]	200-300 [mm]	in analoge met prEN 1995-1-2:2020-11 PL-level	V_{rec}	TUM/EC5 prEN 1995-1-2:2020-11 PL-level	V_{rec}
PL2(v):						[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[% / factor]	[min]	[min:sec]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	[min]	1/2/3	[mm/min]	1/2/3	[mm/min]
Y 3331-3-NO-002	Isolatiemateriaal vak A (links)	100 mm	Houtwol	Gutex Thermofibre		20	24	40			24	40 0,6	40	00:25	4	20			4	16				9 *1		
	PL2(h)	140 mm	Houtwol	prEN 1995-1-2:2020-11 / 45,5 kg/m3																				-->	PL2	14 *1
Y 3331-3-NO-002	Isolatiemateriaal vak B (midden)	100 mm	Hennepwol	Hempflax Hemkor		21	21	21			20	50 0,5	40	03:56	0	0			0	0				200 *2,3		
	PL2(h)	140 mm	Hennepwol	Hempflax Hemkor																						
	PL2(h)	140 mm	Hennepwol	DunAgro FL																						
Y 3331-3-NO-002	Isolatiemateriaal vak C (rechts)	100 mm	Hennepscheven	Dun Agro 0,4 – 1 BHG		20	30	31			24	40 0,6	40	03:54	10	11			10	1				16 *1		
	PL2(h)	140 mm	Hennepscheven	DunAgro Ø 0,4 - 1 cm 'BHG'																						
	PL2(h)	140 mm	Hennepscheven	Dun Agro 0,15 – 1 BHG																						
YA 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak D (links)	100 mm	Cellulose	Isocell		17	17	17			17	43 0,57	30	00:55	0	0			0	0				176 *2,3		
	PL2(h)	140 mm	Cellulose	prEN 1995-1-2:2020-11 / 58 kg/m3																				-->	PL2	14 *1
YA 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak E (midden)	100 mm	Vlas	Isovlas		15	20	22			16	47 0,53	30	01:08	5	7			5	2				27 *1		
	PL2(h)	140 mm	Vlas	Isovlas																						
YA 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak F (rechts)	100 mm	Tarwestro	Agristro 1 cm		19	20	20			18	40 0,6	30	05:15	1	1			1	0				167 *1		
	PL2(h)	140 mm	Graanstro	Agristro Ø 1 cm, 100 kg/m3																						
	PL2(h)	140 mm	Graanstro	Agristro Ø 2 cm, 80 kg/m3										07:01												
YB 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak G (links)	100 mm	Miscanthus	Verhoeven Ø 0,5 cm, 150 kg/m3		22	22	22			22	45 0,55	70 (gecalc. 40min.)	08:57	0	0			0	0				182 *2,3		
	PL2(h)	140 mm	Miscanthus	Verhoeven Ø 0,5 cm, 150 kg/m3																						
	PL2(h)	140 mm	Miscanthus	Verhoeven Ø 2 cm										11:40										-->		
	PL2(h)	140 mm	Glaswol	prEN 1995-1-2:2020-11 / ≥ 20 kg/m3																					PL2	30 *1
YB 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak Ref (midden)	300 mm	Glaswol	Knauf naturol 035		23	34	34	38	70	25	67 0,33	70	01:05	11	11	15	47	11	0	4	32		21 *1		
YB 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak A (rechts)	300 mm	Houtwol	Gutex Thermofibre		19	22	28	62	70	45	70		00:25	3	9	43	51	3	6	34	8		4 *1		
YC 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak B (links)	300 mm	Hennepwol	Hempflax Hemkor		18	22	23	33	38	20	75 0,25	90	03:56	4	5	15	20	4	1	10	5		27 *1		
YC 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak C (midden)	300 mm	Hennepscheven	DunAgro Ø 0,4 - 1 cm 'BHG'		23	53	74	90	90	30	67 0,33	90	03:54	30	51	67	67	30	21	16	0		5 *1		
YC 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak D (rechts)	300 mm	Cellulose	Isocell		17	17	46	53	53	30	67 0,33	90	00:55	0	29	36	36	0	29	7	0		9 *1		
YD 3331-1-NO	Isolatiemateriaal vak E (links)	300 mm	Vlas	Isovlas		17	23	25	29	31	18	80 0,2	90	01:08	6	8	12	14	6	2	4	2		16 *1		
YD 3331-1-NO	Isolatiemateriaal vak F (midden)	300 mm	Tarwestro	Agristro 1 cm		21	31	41	61	71	18	50 0,5	90	05:15	10	20	40	50	10	10	20	10		5 *1		
YD 3331-1-NO	Isolatiemateriaal vak G (rechts)	300 mm	Miscanthus	Verhoeven 0,5		19	51	78	90	90	30	67 0,33	90	08:57	32	59	71	71	32	27	12	0		5 *1		
	CRPT	50 mm	Vlas	Isovlas		0	01:08																			
YA 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak E (midden)	100 mm	Vlas	Isovlas		15	20	22			16	47 0,53	30	01:08	5	7			5	2				27 *1		
	PL2(h)	140 mm	Vlas	Isovlas																						
YD 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak E (links)	300 mm	Vlas	Isovlas		17	23	25	29	31	18	80 0,2	90	01:08	6	8	12	14	6	2	4	2		16 *1		
	CRPT	50 mm	Hennepwol	Dun Agro		0	00:45																			
	CRPT	50 mm	Hennepwol	Hempflax Hemkor		0	03:56																			
Y 3331-3-NO-002	Isolatiemateriaal vak B (midden)	100 mm	Hennepwol	Hempflax Hemkor		21	21	21			20	50 0,5	40	03:56	0	0			0	0				200 *2,3		
	PL2(h)	140 mm	Hennepwol	Hempflax Hemkor																						
	PL2(h)	140 mm	Hennepwol	DunAgro FL																						
YC 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak B (links)	300 mm	Hennepwol	Hempflax Hemkor		18	22	23	33	38	20	75 0,25	90	03:56	4	5	15	20	4	1	10	5		27 *1		
	CRPT	50 mm	Cellulose	Isofloc		0	01:02																			
	CRPT	50 mm	Cellulose	Isocell		0	00:55																			
YA 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak D (links)	100 mm	Cellulose	Isocell		17	17	17			17	43 0,57	30	00:55	0	0			0	0				176 *2,3		
	PL2(h)	140 mm	Cellulose	prEN 1995-1-2:2020-11 / 58 kg/m3																				-->	PL2	14 *1
YC 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak D (rechts)	300 mm	Cellulose	Isocell		17	17	46	53	53	30	67 0,33	90	00:55	0	29	36	36	0	29	7	0		9 *1		
	CRPT	50 mm	Houtwol	Steico		0	00:27																			
	CRPT	50 mm	Houtwol	Gutex Thermofibre		0	00:25																			
Y 3331-3-NO-002	Isolatiemateriaal vak A (links)	100 mm	Houtwol	Gutex Thermofibre		20	24	40			24	40 0,6	40	00:25	4	20			4	16				9 *1		
	PL2(h)	140 mm	Houtwol	prEN 1995-1-2:2020-11 / 45,5 kg/m3																				-->	PL2	14 *1
YB 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak A (rechts)	300 mm	Houtwol	Gutex Thermofibre		19	22	28	62	70	45	36 0,64	70	00:25	3	9	43	51	3	6	34	8		4 *1		
	CRPT	50 mm	Tarwestro	75 kg/m3		0	07:01																			
	CRPT	50 mm	Tarwestro	90 kg/m3		0	05:15																			
YA 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak F (rechts)	100 mm	Tarwestro	Agristro 1 cm		19	20	20			18	40 0,6	30	05:15	1	1			1	0				167 *1		
	PL2(h)	140 mm	Graanstro	Agristro Ø 1 cm, 100 kg/m3																						
	PL2(h)	140 mm	Graanstro	Agristro Ø 2 cm, 80 kg/m3										07:01												
YD 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak F (midden)	300 mm	Tarwestro	Agristro 1 cm		21	31	41	61	71	18	50 0,5	90	05:15	10	20	40	50	10	10	20	10		5 *1		
	CRPT	50 mm	Hennepscheven	140 kg/m3		0	06:20																			
	CRPT	50 mm	Hennepscheven	150 kg/m3		0	03:54																			
Y 3331-3-NO-002	Isolatiemateriaal vak C (rechts)	100 mm	Hennepscheven	Dun Agro 0,4 – 1 BHG		20	30	31			24	40 0,6	40	03:54	10	11			10	1				16 *1		
	PL2(h)	140 mm	Hennepscheven	DunAgro Ø 0,4 - 1 cm 'BHG'																						
	PL2(h)	140 mm	Hennepscheven	Dun Agro 0,15 – 1 BHG																						
YC 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak C (midden)	300 mm	Hennepscheven	Dun Agro 0,4 – 1 BHG		23	53	74	90	90	30	67 0,33	90	03:54	30	51	67	67	30	21	16	0		5 *1		
	CRPT	50 mm	Miscanthus	120 kg/m3		0	11:40																			
	CRPT	50 mm	Miscanthus	150 kg/m3		0	08:57																			
YB 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak G (links)	100 mm	Miscanthus	Verhoeven 0,5		22	22	22			22	45 0,55	70 (gecalc. 40min.)	08:57	0	0			0	0				182 *2,3		
	PL2(h)	140 mm	Miscanthus	Verhoeven Ø 0,5 cm, 150 kg/m3																						
	PL2(h)	140 mm	Miscanthus	Verhoeven Ø 2 cm										11:40												
YD 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak G (rechts)	300 mm	Miscanthus	Verhoeven 0,5		19	51	78	90	90	30	67 0,33	90	08:57	32	59	71	71	32	27	12	0		5 *1		
	CRPT	50 mm	Glaswol	Knauf naturol 035		0	01:05																			
	PL2(h)	140 mm	Glaswol	prEN 1995-1-2:2020-11 / ≥ 20 kg/m3																				-->	PL2	30 *1
YB 3331-1-NO-001	Isolatiemateriaal vak Ref (midden)	300 mm	Glaswol	Knauf naturol 035		23	34	34	38	70	25	67 0,33	70	01:05	11	11	15	47	11	0	4	32		21 *1		
	Geen isolatie / luchtspouw	140 mm																								

** loskomen isolatie met bovenzijde door krimp*

**1 TUM/EC5: Los ingeklemd*
**2 TUM/EC5: Mechanisch gefixeerd*
**3 Bij waarde '0' is de minimale waarde '1' gehanteerd*

TABEL PL2(h) + CRPT 0-50 mm

Rapportnr.



- **Y 3369-3-NO**
- **Y 3369-4-NO**
- **Y 3369-5-NO**
- **Y 3369-6-NO**
- **Y 3369-7-NO**
- **Y 3369-8-NO**
- **Y 3369-9-NO**
- **Y 3369-11-NO**
- **Y 3369-12-NO**
- **Y 3369-13-NO**

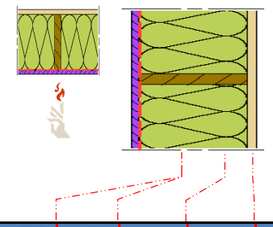
[2] Voor het PL2(h) isolatiemateriaal is de recessiesnelheid: vrec = 100 / (tmean,100 - tppf)

Waarin:

vrec recessiesnelheid van PL2 isolatiematerialen, in mm/min (naar boven afgerond).

tmean,100 de gemiddelde tijd wanneer de inbrandingslijn 100 mm heeft bereikt op het oppervlak van de vurenhouten balk, in min.

tppf starttijdstip post protection fase: 45 min.



Temperatuurstijging	300 °C tegen P100 0 mm [min]	T mean,45 100 mm [°C]	T mean,60 100 mm [°C]	300 °C t mean,50 50 mm [min/300 °C]	300 °C t mean,100 100 mm [min/300 °C]	300 °C t mean,140 140 mm [min/300 °C]	tppf (min.)	Via beproeving cf. prEN 1995-1-2:2020-11 PL-level [1/2/3]	V_{rec} [mm/min]	Reeds gedefinieerd in TUM/EC5 PL-level [1/2/3]	V_{rec} [mm/min]	Testbeëindiging: [min]
								PL2 -->		PL2	14 *2	
Y 3369-5-NO	27	92	706	49,5	51	52	45,7	PL2	18 *2			60
Y 3369-4-NO	26	95	733	46	47	48	45	PL2	49 *2			60
Y 3369-11-NO	27	94	95	62	74	74	45	PL1 ...	*1			74
Y 3369-13-NO	25	95	96	53	72	73	44,05	PL1 ...	*1			73
								PL2 -->		PL2	14 *2	
Y 3369-3-NO	25	154	601	42	49	53	45	PL2	25 *2			60
Y 3369-8-NO	27	93	382	49,5	56	58	45	PL2	9 *2			60
Y 3369-9-NO	24	94	148	57	60	60	45	PL1 ...	*1			60
Y 3369-10-NO	25	94	93	58	60	60	45	PL1 ...	*1			60
Y 3369-12-NO	30	94	91	87	89	90	45	PL1 ...	*1			90
Y 3369-6-NO	26	121	232	46	57	60	45	PL1 -->		PL2	30 *2	
Y 3369-11-NO	27	94	95	62	74	74	45	PL1 ...	*1			74
Y 3369-3-NO	25	154	601	42	49	53	45	PL2	25 *2			60
Y 3369-5-NO	27	92	706	49,5	51	52	45,7	PL2	18 *2			60
Y 3369-4-NO	26	95	733	46	47	48	45	PL2	49 *2			60
								PL2 -->		PL2	14 *2	
								PL2 -->		PL2	14 *2	
Y 3369-8-NO	27	93	382	49,5	56	58	45	PL2	9 *2			60
Y 3369-9-NO	24	94	148	57	60	60	45	PL1 ...	*1			60
Y 3369-11-NO	27	94	95	62	74	74	45	PL1 ...	*1			74
Y 3369-13-NO	25	95	96	53	72	73	44,05	PL1 ...	*1			73
Y 3369-10-NO	25	94	93	58	60	60	45	PL1 ...	*1			60
Y 3369-12-NO	30	94	91	87	89	90	45	PL1 ...	*1			90
Y 3369-6-NO	26	121	232	46	57	60	45	PL1	8 *1	PL2	30 *2	60
Y 3369-7-NO	35	316	n.a.	41,5	43	45	45	PL3				60

Temperatuurstijging: 300 °C CRPT 0-50 [mm] [min]	[sec]	Passagetijd 300 °C isoth. 0 - 50 mm [min]	PL2 (h) tppf -50 [mm] [min]	tppf-100 [mm] [min]	tppf-140 [mm] [min]	PL2 (h) tppf -50 [mm] [min]	50-100 [mm] [min]	100-140 [mm] [min]	
00:25									
03:56		22,5	3,8	5,3	6,3	3,8	1,5	1	
		20	1	2	3	1	1	1	
03:54		35	3	15	15	3	12	0	--> t-14
03:54		28	-4	15	16	-4,05	19	1	--> t-13
00:55									
01:08		17	-3	4	8	-3	7	4	
05:15		22,5	4,5	11	13	4,5	6,5	2	
07:01		33	12	15	15	12	3	0	
08:57		33	13	15	15	13	2	0	
11:40		57	12	14	15	12	2	1	--> t-30
01:05		20	1	12	15	1	11	3	
03:56		35	3	15	15	3	12	0	--> t-14
01:08		17	-3	4	8	-3	7	4	
03:56		22,5	3,8	5,3	6,3	3,8	1,5	1	
		20	1	2	3	1	1	1	
00:55									
00:25									
05:15		22,5	4,5	11	13	4,5	6,5	2	
07:01		33	12	15	15	12	3	0	
03:54		35	3	15	15	3	12	0	--> t-14
03:54		28	-4	14,95	15,95	-4,05	19	1	--> t-13
08:57		33	13	15	15	13	2	0	
11:40		57	12	14	15	12	2	1	--> t-30
01:05		20	1	12	15	1	11	3	
		6,5	-3,5	-2	0	-3,5	1,5	2	

*1 *TUM: Los ingeklemd*

*2 *TUM: Mechanisch gefixeerd*

Testmatch ΔT_{0-50}/300°C CRPT^{650} & PL(h)

Negatieve afwijking in meting

Annex D (normative)
Assessment of Protection Level (PL) of the cavity insulation

D.8 Test procedure
(1) The general behaviour of the test specimen shall be monitored throughout the test as described in EN 1363-1.
(2) The furnace temperatures shall be controlled in accordance with EN 1363-1 for a duration of 60 minutes.
(3) The clips holding the gypsum plasterboard shall be released after 45 minutes of fire exposure so that the gypsum plasterboard falls clear of the test specimen.
NOTE The procedure aims at the simulation of the loss of the gypsum plasterboard.
(4) Thermocouple temperatures should be recorded with time steps no longer that 10 seconds.
D.9 Test results
(1) The test results shall be the temperature measurements recorded during the fire test.
(2) The position of the char-line in timber members should be assumed as the position of the 300 °C isotherm.
(3) The average temperatures Tmean,45 and Tmean,60 after 45 and 60 minutes of fire exposure respectively, should be determined considering all thermocouples placed at the depth of 100 mm on the surface of the timber member.
D.10 Assessment
(1) The assessment of the protection level of the cavity insulation shall be performed using the determined average temperature Tmean,45 and Tmean,60 in accordance with Table D1.
Table D.1 — Assessment of the protection level of the cavity insulation
PL1 If Tmean,60 ≤ 300 °C
PL2 If Tmean,45 < 300 °C and Tmean,60 > 300 °C
PL3 If Tmean,45 ≥ 300 °C

PL2v

			observatiediepte:		
optie 1; PL2	ΔT_{d0}/300 °C	observatietstart	$\Delta T_{iso\text{-}100mm}$	≤ 300 °C	vaststelling tijdstip van de 300 °C isothermelijn op diepte 0 mm (uitgedrukt in ΔTiso/d0) betreft beoordelingsmoment van temperatuurwaarneming op diepte 100 mm; waarbij de temperatuur gelijk of kleiner moet zijn dan 300 °C
	ΔT_{d0}/300 °C	+15 min	$\Delta T_{iso\text{-}100mm}$	> 300 °C	vaststelling tijdstip van de 300 °C isothermelijn op diepte 0 mm (uitgedrukt in ΔTiso/d0) + 15 min. betreft beoordelingsmoment van temperatuurwaarneming op diepte 100 mm; waarbij de temperatuur hoger is dan 300 °C • krimpcorrectiefactor

Voor het PL2(v) isolatiemateriaal ≤ 200 mm is de recessiesnelheid: vrec = 100 / ($\Delta T_{d0\text{-}100}$/300 °C • krimpcorrectiefactor)
Voor het PL2(v) isolatiemateriaal > 200 mm is de recessiesnelheid: vrec = 100 / ($\Delta T_{d0\text{-}200}$/300 °C • krimpcorrectiefactor)

Waarin:
vrec recessiesnelheid van PL2 isolatiematerialen, in mm/min (naar boven afgerond).

ΔT_{d0}/300 °C starttijdstip post protection fase diepte 0 (achter MDF) van bereiken 300 °C
$\Delta T_{d0\text{-}100}$/300 °C benodigde tijd post protection fase diepte 0-100 mm van bereiken 300 °C op diepte 100 mm
$\Delta T_{d0\text{-}200}$/300 °C benodigde tijd post protection fase diepte 0-200 mm van bereiken 300 °C op diepte 200 mm

[2] Voor het PL2(h) isolatiemateriaal is de recessiesnelheid: vrec = 100 / (tmean,100-tppf)
Waarin:
vrec recessiesnelheid van PL2 isolatiematerialen, in mm/min (naar boven afgerond).
tmean,100 de gemiddelde tijd wanneer de inbrandingslijn 100 mm heeft bereikt op het oppervlak van de vurenhouten balk, in min.

tppf starttijdstip post protection fase: 45 min.

(3) The assessment of the protection level of the cavity insulation may be used for the same product with higher density.

5.8.2 Grundlagen zum Versagen von Dämmstoffen

Zur Beurteilung des Versagens von Dämmstoffen wurden Kategorien zur Beurteilung von Dämmstoffen entsprechend Tabelle 5-31 gebildet:

Tabelle 5-31: Versagensmechanismen von Dämmstoffen

Versagens-mechnismen	*A-1: Durchwärmen* *A-2: Schmelzen* *A-3: kontinuierliches Abbrennen*	*B: Herausfallen*	*C: seitliches Einbrennen*
Kennwert:	t_{prot}	t_f	v_{rec}
Systematische Abbildung			
Materialbeispiele, zugeordnet zur typischen Versagensart	Durchwärmen *(Steinwolle)* Schmelzen *(Glaswolle)* kontinuierliches Abbrennen *(biogene Dämmstoffe mit Fixierung)*	Nicht fixierte Einblasdämmstoffe *(Zelluloseeinblas-dämmung / Holzfasereinblas-dämmung)* Nicht fixierte Dämmstoffe ohne Klemmwirkung bzw. mit Schrumpfungsverhalten im Brandfall	Dämmstoffe mit Schrumpfungsverhalten *(Holzfasermatten, Glaswolle)*

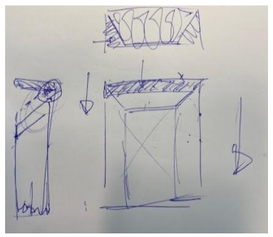
Die Zuordnung erfolgte auf Basis der Versuchsserie entsprechend Abs. 4.4. sowie den Untersuchungen der biogenen Dämmstoffe in Winter et al. (2019). Ein starkes Schrumpfungsverhalten (Kategorie C) kann zu einem Herausfallen (Kategorie B) führen, falls keine entsprechenden Fixierungsmaßnahmen getroffen wurden.

Tabelle 5-32: Experimentell ermittelte Versagenszeiten für das Modell zur Beurteilung des Versagens von Dämmstoffen

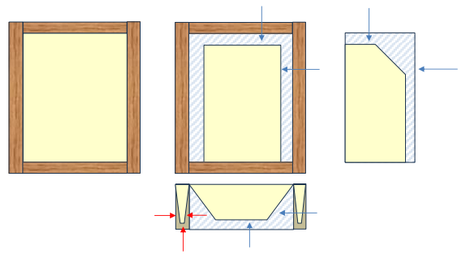
Material	Versagenstyp	Versagenszeit Versuch	Versagenszeit (Berechnung mit Begrenzung nach prEN 1995-1-2:2020-11)
Steinwolle $h_i = 120\ mm$ $\rho = 38\ kg/m^3$ WAND	Durchwärmen der Steinwolle (Erreichen von 270 °C auf der Rückseite)	Wand 3 m x 3 m 90 min Wand 1-m 60.9 min	$t_{prot,Daemm} = 60.4\ min$ $t_{fDaemm} = 56.6\ min$ *nach GL 5-41*
Steinwolle $h_i = 120\ mm$ $\rho = 38\ kg/m^3$ DECKE	Herausfallen der Steinwolle	Decke 1-m 63 min	$t_{prot,Daemm} = 60.4\ min$ $t_{fDaemm} = 56.6\ min$ *nach GL 5-41* *Nur mit mechanischer Fixierungsmaßnahme*
Zelluloosefasereinblasdämmung $h_i = 120\ mm$ $\rho = 58\ kg/m^3$ WAND	schollenartiges Versagen (Herausfallen) der Zelluloosedämmung	$\frac{h_i}{v_{vers}} = 10\ min$ mit $v_{vers} = 12\ mm/min$	$\frac{h_i}{v_{rec}} = 8.6\ Min$ mit $v_{rec} = 14\ mm/min$ *Nur mit mechanischer Fixierungsmaßnahme*
Zelluloosefasereinblasdämmung $h_i = 120\ mm$ $\rho = 58\ kg/m^3$ DECKE	schlagartiges Versagen (Herausfallen) der Zelluloosedämmung zusammen mit der feuerzugewandten Holzwerkstoffplatte	$\frac{h_i}{v_{rec}} = 0\ min$ → $t_{CF} = t_{Beloeisung}$	$\frac{h_i}{v_{rec}} = 8.6\ min$ mit $v_{rec} = 14\ mm/min$ Nur mit mechanischer Fixierungsmaßnahme
Glaswolle $h_i = 120\ mm$ $\rho = 21.5\ kg/m^3$ WAND	Schmelzen der Glaswolle	$\frac{h_i}{v_{vers}} = 8\ min$ $v_{vers} = 24\ mm/min$	$\frac{h_i}{v_{rec}} = 4\ min$ mit $v_{rec} = 30\ mm/min$

Material	Versagenstyp	Versagenszeit Versuch	Versagenszeit (Berechnung mit Begrenzung nach prEN 1995-1-2:2020-11)
Glaswolle $h_i = 120\ mm$ $\rho = 21.5\ kg/m^3$ DECKE	Schmelzen der Glaswolle anschließendes Herausfallen	$\frac{h_i}{v_{vers}} = 8$ Min mit $v_{vers} = 15$ mm/min	$\frac{h_i}{v_{rec}} = 4$ Min mit $v_{rec} = 30$ mm/min *Nur mit mechanischer Fixierungsmaßnahme*
Holzfaserdämmmatte $h_i = 120$ mm $\rho = 45.5\ kg/m^3$ WAND	Schrumpfen und Herausfallen	$\frac{h_i}{v_{vers}} = 9$ Min $v_{vers} = 13.3$ mm/min $v_{rec} = 13.6$ mm/min	$\frac{h_i}{v_{rec}} = 8.6$ Min mit $v_{rec} = 14$ mm/min
Holzfaserdämmmatte $h_i = 120$ mm $\rho = 45.5\ kg/m^3$ DECKE	Herausfallen direkt nach dem Versagen der Bekleidung	$\frac{h_i}{v_{rec}} = 0$ Min → $t_{CF} = t_{Beloeisung}$	$\frac{h_i}{v_{rec}} = 8.6$ Min mit $v_{rec} = 14$ mm/min *Nur mit mechanischer Fixierungsmaßnahme*

mit: h_i *[mm] Dicke der Dämmung*
t_{prot} *[min] Schutzzeit*
t_f *[min] Versagenszeit / Abfallzeit*
v_{rec} *[m/min] Rückzugsgeschwindigkeit*
v_{vers} *[m/min] Versagensgeschwindigkeit (Vergleichswerte zur Rückzugsgeschwindigkeit zur Beschreibung des Versagens des Dämmstoffes abhängig von der Dicke)*

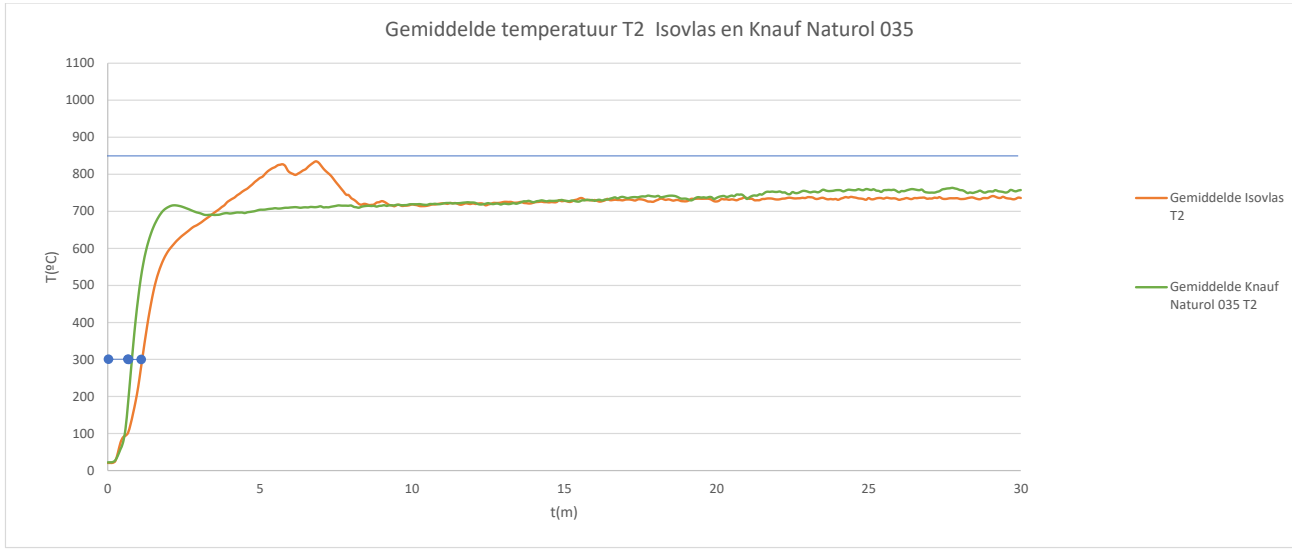


<-- meest voorkomend degradatiegedrag

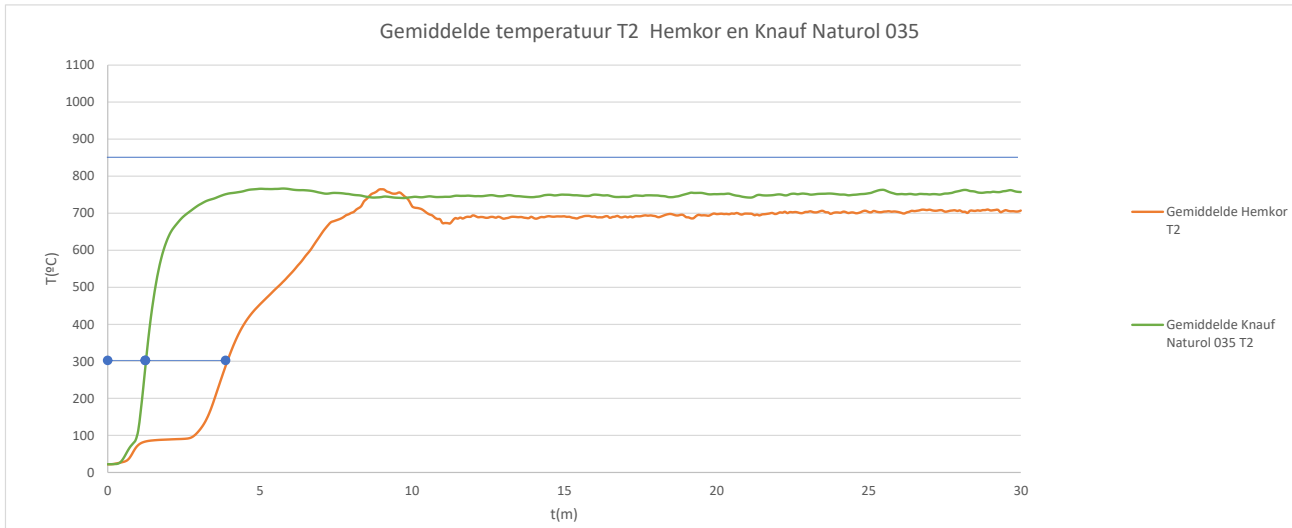


Bijlage 3 - CRPT-Meetgemiddelden-2024-Efectis-R001159 Stichting Building Balance gza

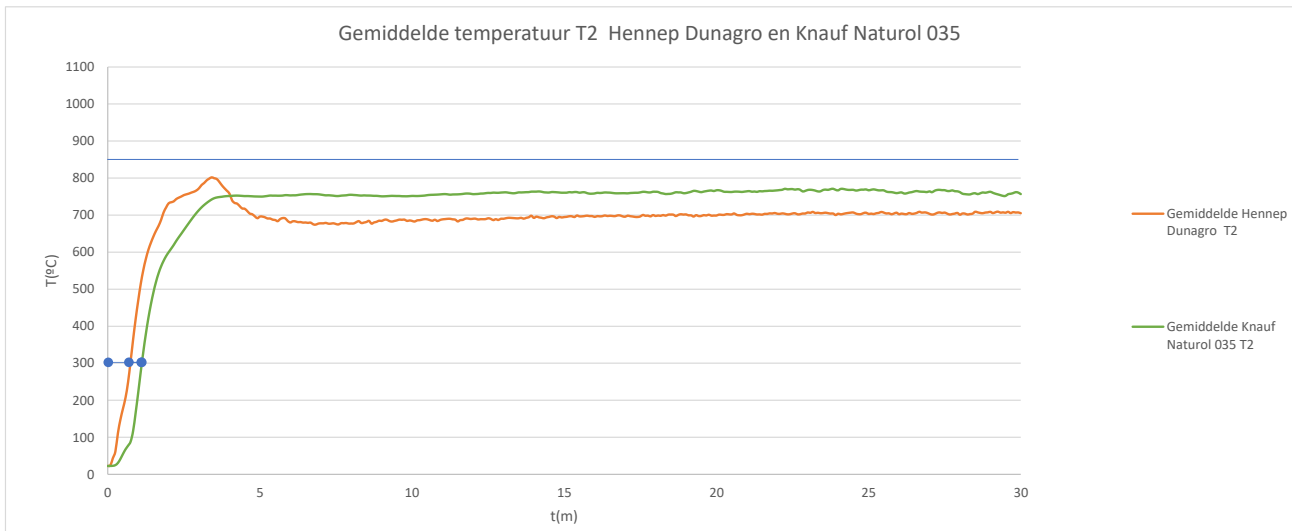
Resultaten	meetblad	Vlaswol - Isovlas		vlaswol		Knauf 035	
Gemiddelde	T2	[min]		°C		[min]	°C
Tijd		1,083360		273		0,750150	259,5
		1,166910		320,8		0,833670	336,3
			1,13	300		0,79418719	300
	ΔT/300°c	0,33640981					



Resultaten	meetblad	hennepwol - Hemkor		hennepwol		Knauf 035	
Gemiddelde	T2	[min]		°C		[min]	°C
Tijd		3,92		297,6		1,25	296,9
		4,00		316,2		1,33	361,3
			3,9277	300		1,2543	300
	ΔT/300°c	2,6734					

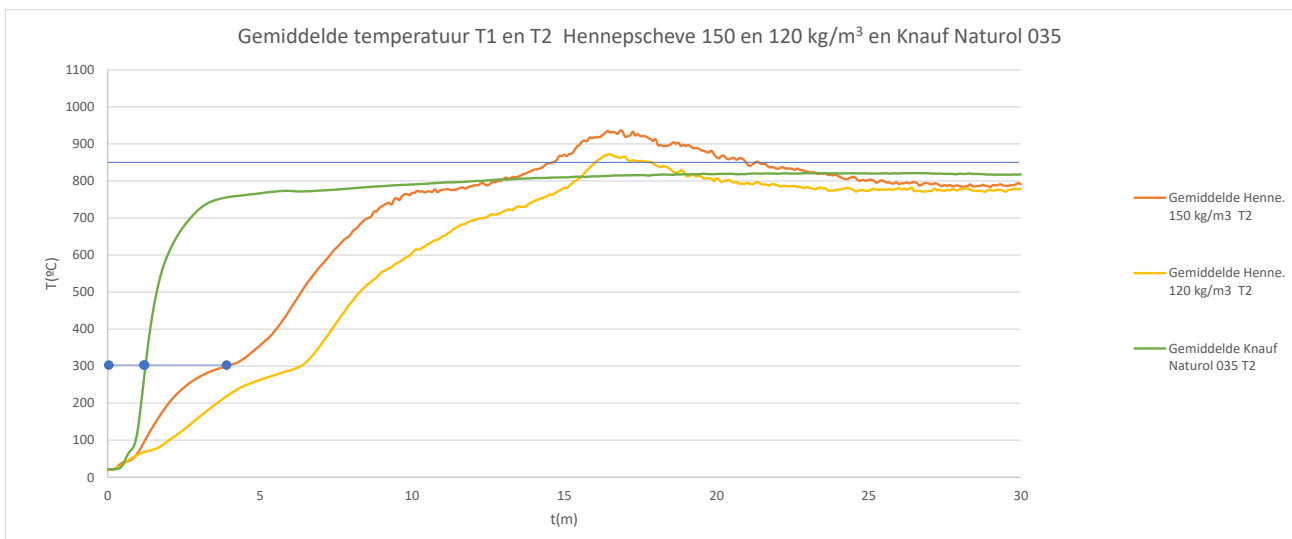


Resultaten	meetblad	hennepwol - Dunagro			Knauf 035	
Gemiddelde	T2	[min]	°C		[min]	°C
Tijd		0,666750	248,7		1,083360	276,6
		0,750150	304,9		1,166910	330,1
			0,7429	300	1,1199	300
	ΔT/300°c	-0,377				



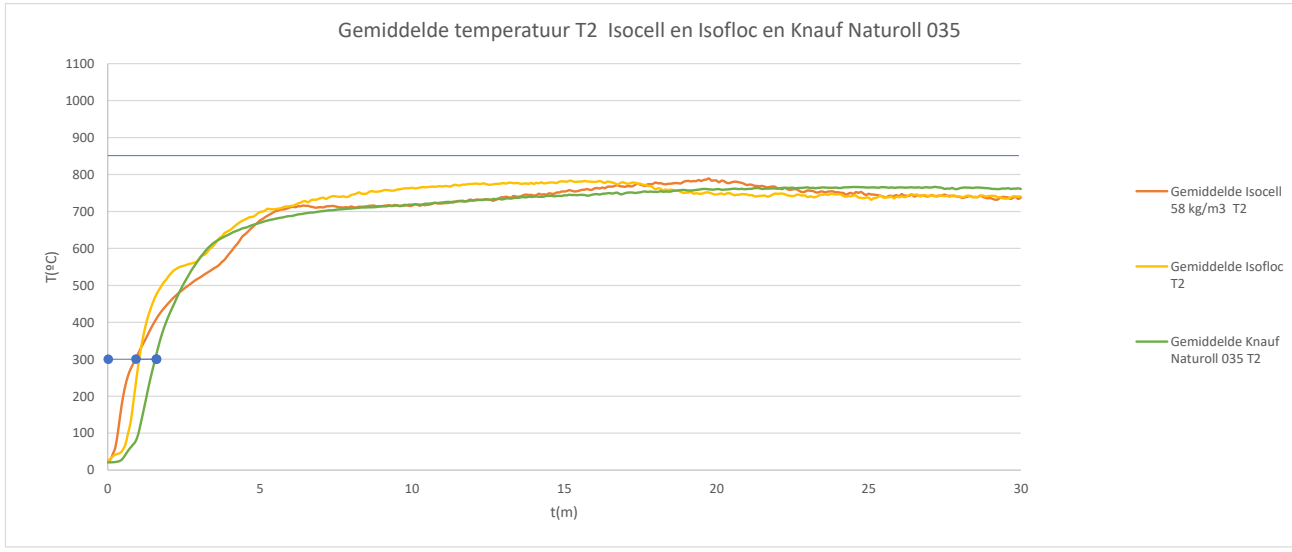
Resultaten	meetblad	Hennepscheven 120 kg/m3			Knauf 035	
Gemiddelde	T2	[min]	°C		[min]	°C
Tijd		6,333360	299,7		1,166910	249,6
		6,416730	303,7		1,250250	308,5
			6,3396	300	1,2382	300
	ΔT/300°c	5,1014				

Gemiddelde	T2	Hennepscheven 150 kg/m3			Knauf 035	
Tijd		[min]	°C		[min]	°C
		3,833510	298,3		1,166910	249,6
		3,916910	300,4		1,250250	308,5
			3,901	300	1,2382	300
	ΔT/300°c	2,6628				



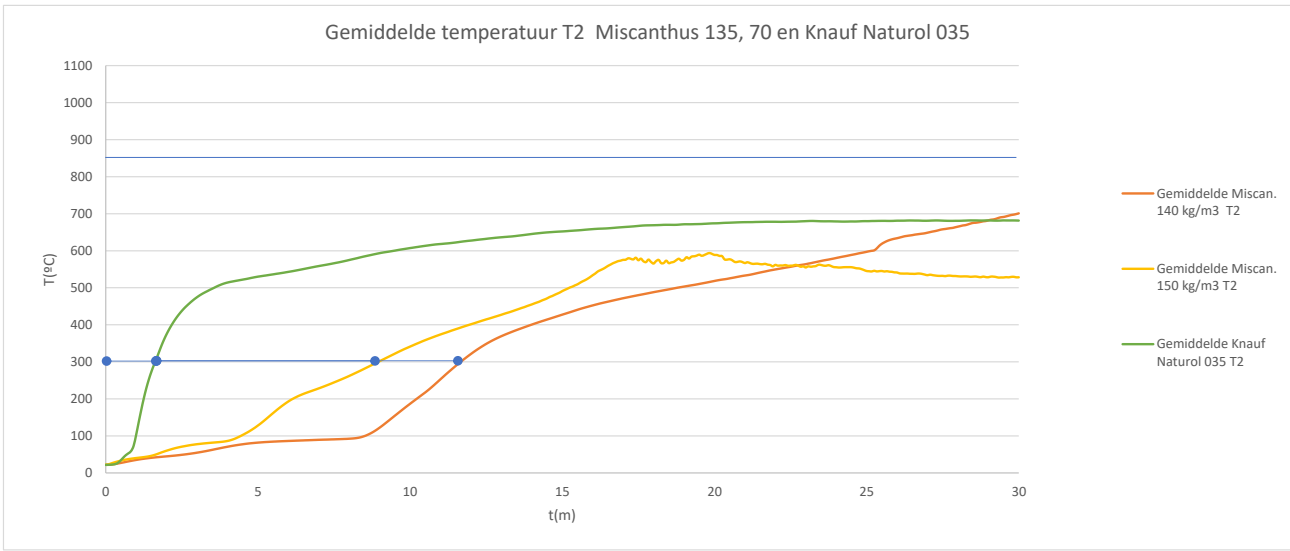
Resultaten	meetblad	Cellulose - Isocell			Knauf 035	
Gemiddelde	T2	[min]	°C		[min]	°C
Tijd		0,833670	287,4		1,500160	281,1
		0,916740	301,4		1,583430	308,7
			0,9084	300	1,5572	300
	ΔT/300°c	-0,6488				

Gemiddelde	T2	Cellulose -Isofloc			Knauf 035	
Tijd		[min]	°C		[min]	°C
		1,000420	282,5		1,500160	281,1
		1,083360	326,1		1,583430	308,7
			1,0337	300	1,5572	300
	ΔT/300°c	-0,5235				



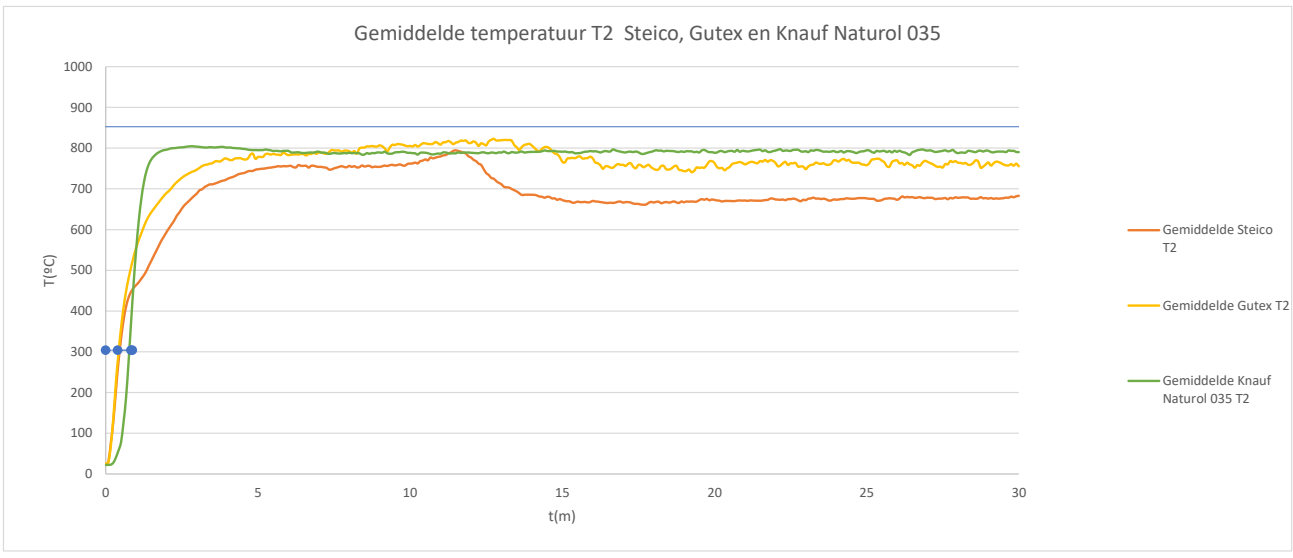
Resultaten	meetblad	Miscanthus - 140 kg/m3			Knauf 035	
Gemiddelde	T2	[min]	°C		[min]	°C
Tijd		11,583620	294,7		1,583430	291,7
		11,666950	300,3		1,666740	308,6
		11,6625	300		1,6243	300
	ΔT/300°C	10,0382				

Gemiddelde	T2	Miscanthus - 150 kg/m3			Knauf 035	
Tijd		[min]	°C		[min]	°C
		8,916830	298,5		1,583430	291,7
		9,000240	301,8		1,666740	308,6
		8,9547	300		1,6243	300
	ΔT/300°C	7,3304				



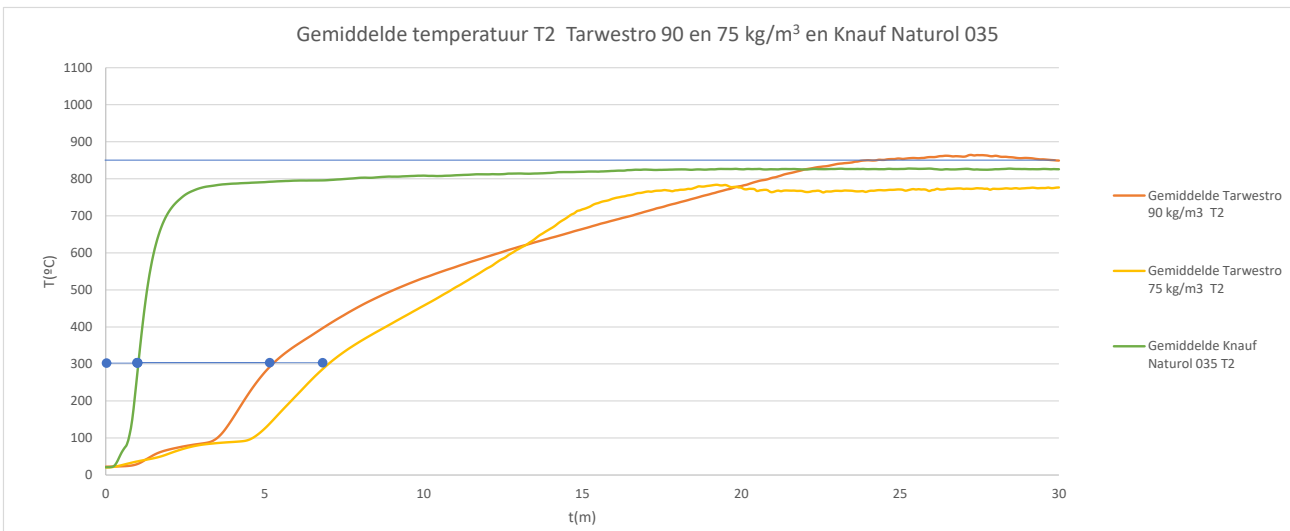
Resultaten	meetblad	Houtvezel - Steico			Knauf 035	
Gemiddelde	T2	[min]	°C		[min]	°C
Tijd		0,41677	274,4		0,75015	276,1
		0,50008	331,1		0,83367	374,3
		0,4544	300		0,7705	300
	ΔT/300°C	-0,3161				

Gemiddelde	T2	Houtvezel - Gutex				
Tijd		[min]	°C		[min]	°C
		0,41677	296,4		0,75015	276,1
		0,50008	357,1		0,83367	374,3
		0,4217	300		0,7705	300
	ΔT/300°C	-0,3488				

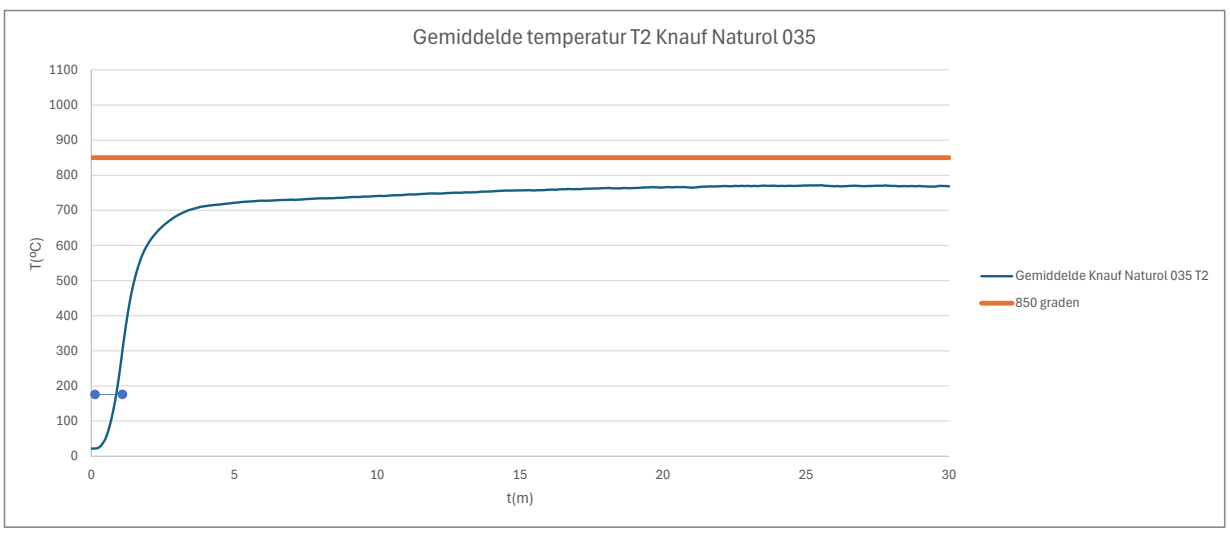


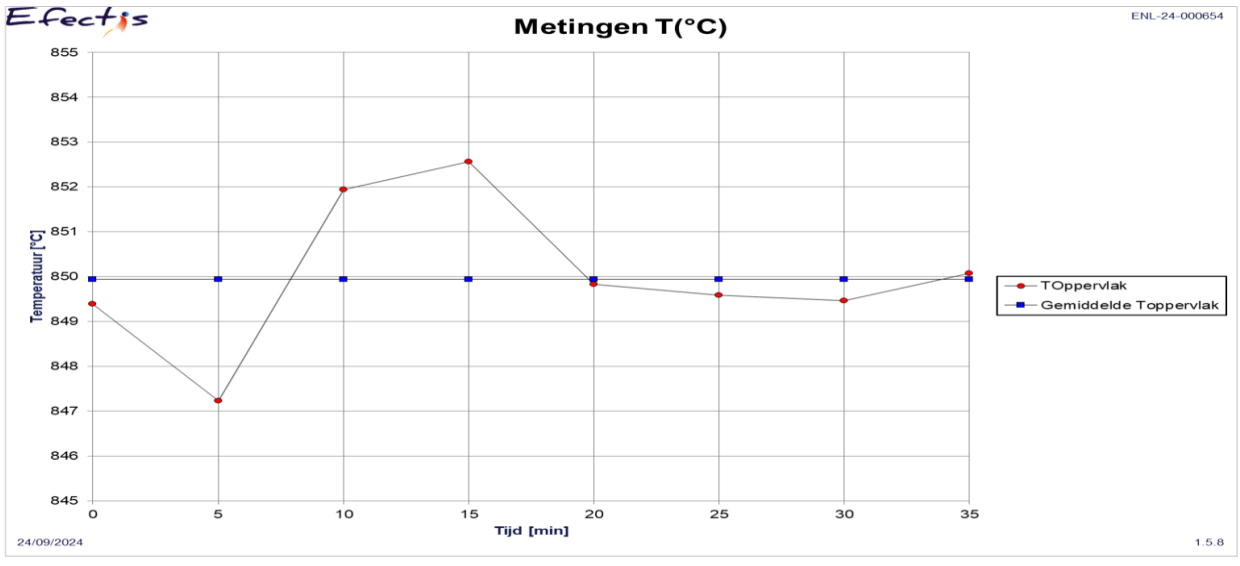
Resultaten	meetblad	Tarwestro 75 kg/m3			Knauf 035	
Gemiddelde	T2	[min]	°C		[min]	°C
		7,000040	299,3		1,000420	280,4
		7,083580	305,3		1,083360	348
		7,0098	300		1,0245	300
	ΔT/300°C	5,9853				

Gemiddelde	T2	Tarwestro 90 kg/m3	°C		Knauf 035	°C
		[min]	°C		[min]	°C
		5,250390	299,9		1,000420	280,4
		5,333590	306,7		1,083360	348
		5,2516	300		1,0245	300
	ΔT/300°C	4,2271				



Resultaten	meetblad	Knauf 035		
Gemiddelde	T2	[min]	°C	
		1,083360	297,879375	
		1,166910	347,817938	
		1,0869	300	




Efectis
Metingen T(°C)
ENL-24-000654
Temperatuur [°C]
855
854
853
852
851
850
849
848
847
846
845
0
5
10
15
20
25
30
35
Tijd [min]
TOppervlak
Gemiddelde Toppervlak
24/09/2024
1.5.8

Bijlage 4 - Testanalyse-Matrix

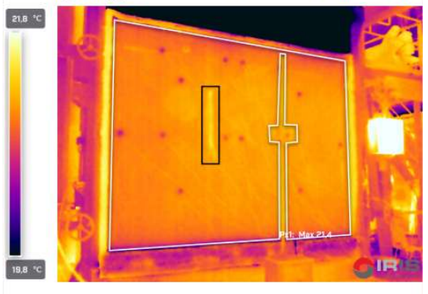
LOAD BEARING WALL

ENL-2024-Efectis-R000992 - EN1365-1 - Glaswol	ENL-2024-Efectis-R000996 - EN1365-1 - Cellulose	ENL-2024-Efectis-R000996 - EN1365-1 - Cellulose	ENL-2024-Efectis-R000993 - EN1365-1 - Stro
GLASSWOOL	CELLULOSE	CELLULOSE	STRO
Knauf	Isofloc AG	Isofloc AG	Fouragehandel Verhoeven
Naturoll 035	Isofloc® LM (loose flakes)	Isofloc® LM (loose flakes)	Snijlengte 20 mm
17 - 22 kg/m^3	58 kg/m^3	58 kg/m^3	80 kg/m^3
Wandtype: Scheidingswand Stijl/regelwerk: 38x89 mm Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan beide zijden Spouwzijde: n.v.t.	Wandtype: Scheidingswand Stijl/regelwerk: 38x89 mm Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan beide zijden Spouwzijde: n.v.t.		Wandtype: Scheidingswand Stijl/regelwerk: 38x89 mm Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan beide zijden Spouwzijde: n.v.t.

t = 0

Item: Loaded wall: Timber frame & Glasswool insulation
Project: 24-000587
Test date: 8-7-2024

IR_24195.jpg t = 0 8-7-2024 14:34:40

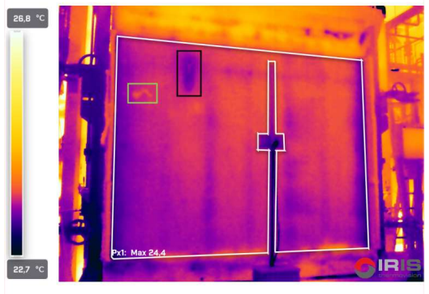


Measurements polygoon area	
Px1	
Max	21,4 °C
Avg	21,0 °C
Min	20,2 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	21,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	48,0%

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24677.jpg t = 0 17-7-2024 16:54:35

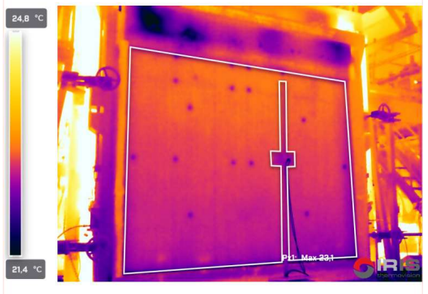


Measurements polygoon area	
Px1	
Max	24,4 °C
Avg	23,7 °C
Min	22,9 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

Item: Loaded wall: Timber frame & Straw insulation
Project: 24-000601
Test date: 11-7-2024

IR_24356.jpg t = 0 11-7-2024 17:22:02



Measurements polygoon area	
Px1	
Max	23,1 °C
Avg	22,8 °C
Min	21,4 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	23,0 °C
Atmospheric temp.	21,0 °C
Relative humidity	54,0%

t = 5 not available

t = 10

Item: Loaded wall: Timber frame & Glasswool insulation
Project: 24-000587
Test date: 8-7-2024

IR_24235.jpg t = 10 8-7-2024 14:44:41

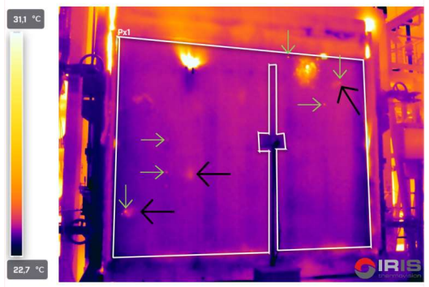


Measurements polygoon area	
Px1	
Max	93,8 °C
Avg	21,2 °C
Min	20,1 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	21,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	48,0%

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24717.jpg t = 10 17-7-2024 17:04:37

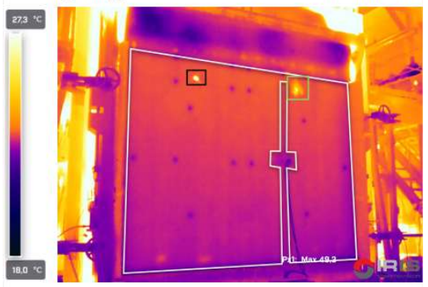


Measurements polygoon area	
Px1	
Max	91,8 °C
Avg	23,9 °C
Min	22,8 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

Item: Loaded wall: Timber frame & Straw insulation
Project: 24-000601
Test date: 11-7-2024

IR_24396.jpg t = 10 11-7-2024 17:32:04



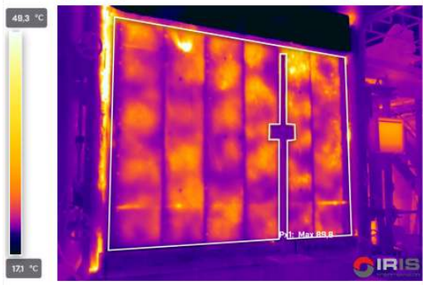
Measurements polygoon area	
Px1	
Max	49,3 °C
Avg	22,9 °C
Min	21,4 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	23,0 °C
Atmospheric temp.	21,0 °C
Relative humidity	54,0%

t = 15

Item: Loaded wall: Timber frame & Glasswool insulation
Project: 24-000587
Test date: 8-7-2024

IR_24255.jpg t = 15 8-7-2024 14:49:41



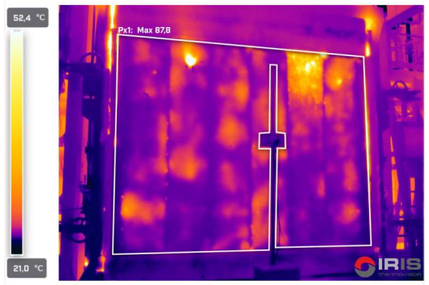
Measurements polygoon area	
Px1	
Max	89,8 °C
Avg	24,3 °C
Min	20,4 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	21,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	48,0%

R-H richting einde vocht in plaat (calcineren v/d plaat) ca. 17. min.

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24737.jpg t = 15 17-7-2024 17:09:37



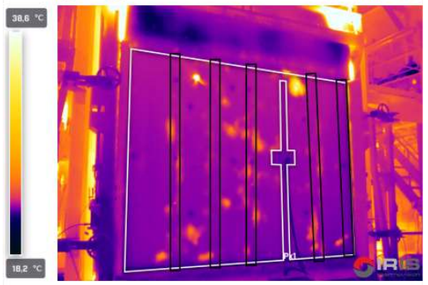
Measurements polygoon area	
Px1	
Max	87,8 °C
Avg	25,2 °C
Min	23,1 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

R-H richting einde vocht in plaat (calcineren v/d plaat) ca. 17. min.

Item: Loaded wall: Timber frame & Straw insulation
Project: 24-000601
Test date: 11-7-2024

IR_24416.jpg t = 15 11-7-2024 17:37:04



Measurements polygoon area	
Px1	
Max	63,2 °C
Avg	23,0 °C
Min	21,5 °C

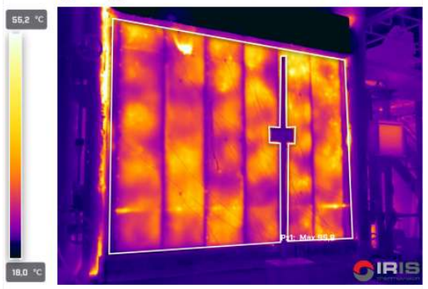
Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	23,0 °C
Atmospheric temp.	21,0 °C
Relative humidity	54,0%

R-H richting einde vocht in plaat (calcineren v/d plaat) ca. 17. min.

t = 20

Item: Loaded wall: Timber frame & Glasswool insulation
Project: 24-000587
Test date: 8-7-2024

IR_24275.jpg t = 20 8-7-2024 14:54:41



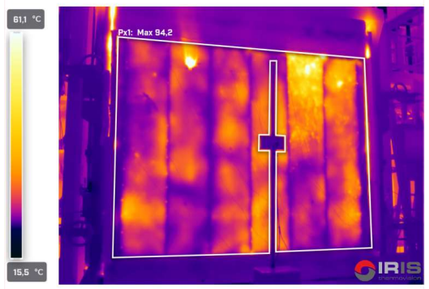
Measurements polygoon area	
Px1	
Max	95,8 °C
Avg	30,6 °C
Min	20,7 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	21,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	48,0%

R-H geeft geen koeling (plaat is gecalcineerd) en OSB warmt snel sterk op

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24757.jpg t = 20 17-7-2024 17:14:37



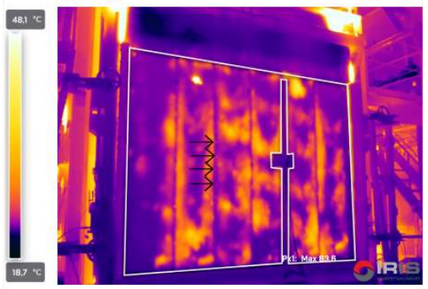
Measurements polygoon area	
Px1	
Max	94,2 °C
Avg	29,1 °C
Min	23,0 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

R-H geeft geen koeling (plaat is gecalcineerd) en OSB warmt snel sterk op

Item: Loaded wall: Timber frame & Straw insulation
Project: 24-000601
Test date: 11-7-2024

IR_24436.jpg t = 20 11-7-2024 17:42:04



Measurements polygoon area	
Px1	
Max	83,6 °C
Avg	24,9 °C
Min	21,7 °C

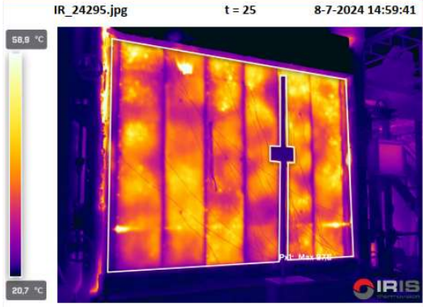
Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	23,0 °C
Atmospheric temp.	21,0 °C
Relative humidity	54,0%

R-H geeft geen koeling (plaat is gecalcineerd) en OSB warmt snel sterk op

t = 25

Item: Loaded wall: Timber frame & Glasswool insulation
Project: 24-000587
Test date: 8-7-2024

IR_24295.jpg t = 25 8-7-2024 14:59:41



Measurements polygoon area	
Px1	
Max	97,6 °C
Avg	37,1 °C
Min	21,5 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	21,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	48,0%

R-H geeft geen koeling (plaat is gecalcineerd) en OSB warmt snel sterk op

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24777.jpg t = 25 17-7-2024 17:19:37



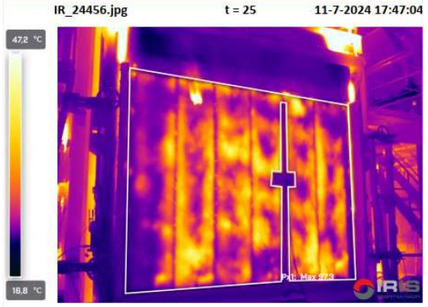
Measurements polygoon area	
Px1	
Max	96,0 °C
Avg	34,4 °C
Min	23,2 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

R-H geeft geen koeling (plaat is gecalcineerd) en OSB warmt snel sterk op

Item: Loaded wall: Timber frame & Straw insulation
Project: 24-000601
Test date: 11-7-2024

IR_24456.jpg t = 25 11-7-2024 17:47:04



Measurements polygoon area	
Px1	
Max	97,3 °C
Avg	28,7 °C
Min	21,7 °C

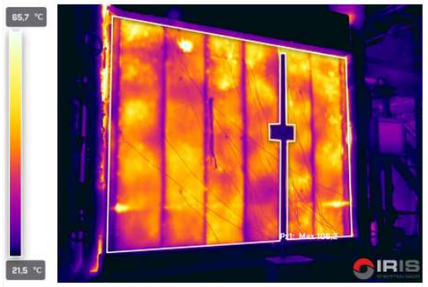
Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	23,0 °C
Atmospheric temp.	21,0 °C
Relative humidity	54,0%

R-H geeft geen koeling (plaat is gecalcineerd) en OSB warmt snel sterk op

t = 30

Item: Loaded wall: Timber frame & Glasswool insulation
Project: 24-000587
Test date: 8-7-2024

IR_24315.jpg t = 30 8-7-2024 15:04:41

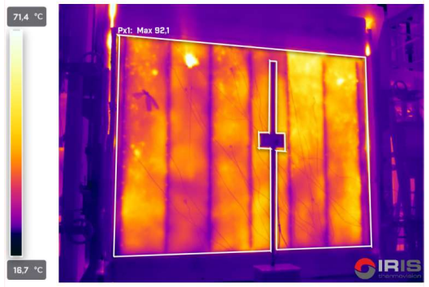


Measurements polygoon area	
Px1	
Max	106,2 °C
Avg	43,1 °C
Min	22,3 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	21,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	48,0%

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24797.jpg t = 30 17-7-2024 17:24:37

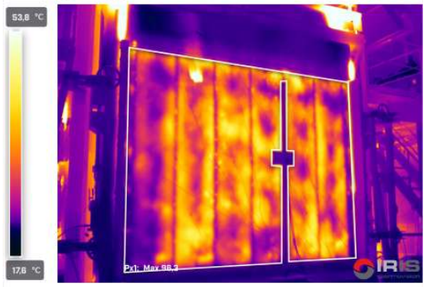


Measurements polygoon area	
Px1	
Max	92,1 °C
Avg	40,1 °C
Min	23,7 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

Item: Loaded wall: Timber frame & Straw insulation
Project: 24-000601
Test date: 11-7-2024

IR_24476.jpg t = 30 11-7-2024 17:52:04



Measurements polygoon area	
Px1	
Max	96,3 °C
Avg	33,4 °C
Min	22,1 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	23,0 °C
Atmospheric temp.	21,0 °C
Relative humidity	54,0%

t = 35

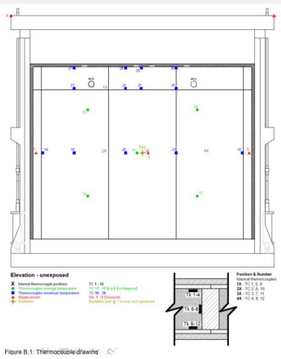


Figure B.1: Thermocouple drawing

5.1 OBSERVATIONS DURING HEATING

Table 5.1: Observations during the fire test

Time [min]	Observations
-15	Application of load
0	Start of heating
15	No remarks
18	Smoke and moisture appearing around the power socket backbox on the unexposed side
26	Middle fibreboard panel starting to burn at the joints on the exposed side
29	Smoke and moisture around power socket increasing on the unexposed side
30	Fibreboard panels on the exposed side is starting to disintegrate
34	Intense burning of the specimen on the exposed side, specimen no longer visible through internal furnace camera
36	OSB panel disintegrated on the exposed side
39:19	Wall collapsed
39:20	Load removed from the wall
40	End of heating

EN1365-1

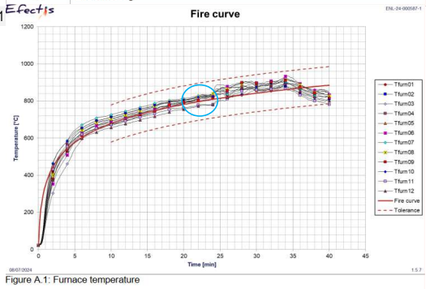


Figure A.1: Furnace temperature

Na 22 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk

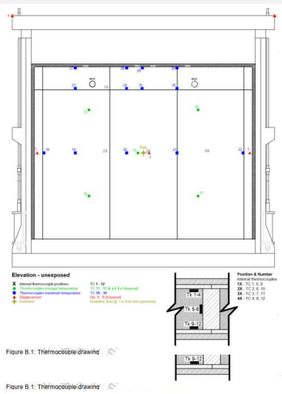


Figure B.1: Thermocouple drawing

Table 5.1: Observations during the fire test

Time [min]	Observations
-15	Application of load
0	Start of heating
22	A fibreboard has fallen off on the exposed side
24	Test specimen burning on the exposed side
26	Thermocouple 26 connected incorrectly - repaired
32	Test specimen bulging away from the furnace at the centre
33	The horizontal joint in the middle of the right-hand fibreboards on the unexposed side is starting to split open
35	Left vertical joint of the middle fibreboard panel on the unexposed side is starting to split open
36	Test specimen has collapsed on the left of the unexposed side – load and measuring equipment has been removed
37	Flames coming through the free edge on the left of the unexposed side
38	Collapse resulted in an opening on the left of the unexposed side

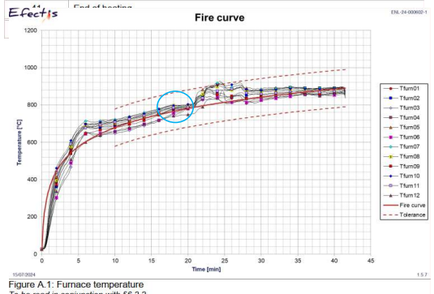


Figure A.1: Furnace temperature
To be read in conjunction with §6.2.2

Na 20 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk

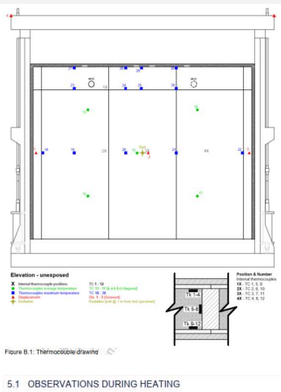


Figure B.1: Thermocouple drawing

5.1 OBSERVATIONS DURING HEATING

Table 5.1: Observations during the fire test

Time [min]	Observations
-15	Application of load
0	Start of heating
21	Moisture and smoke around power socket back box
27	Horizontal tear in the fibreboard on the left of the exposed side at mid height
31	Smoke production increased
32	Test specimen is burning on the exposed side
37:16	Sustained flaming at power socket back box on the unexposed side > 10 seconds
38	Left panel on unexposed side is splitting at the vertical joints, shortly before coming loose from the fixings and bending away from the furnace.
39	Fire and smoke visible through bent panel on the left of the unexposed side
39	Wall collapsed
39:20	Load removed from the wall
39:30	End of heating

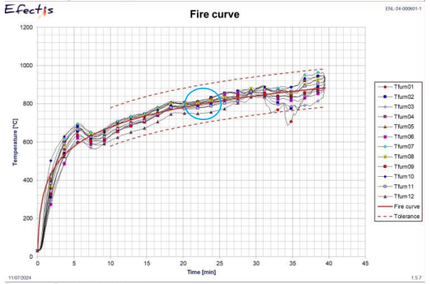


Figure A.1: Furnace temperature
To be read in conjunction with §6.2.2

Na 20 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk

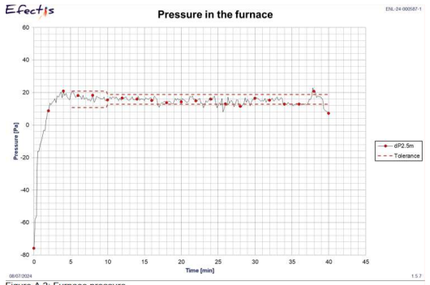


Figure A.3: Furnace pressure
To be read in conjunction with §6.2.2

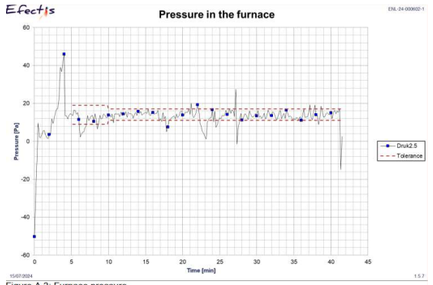


Figure A.3: Furnace pressure
To be read in conjunction with §6.2.2

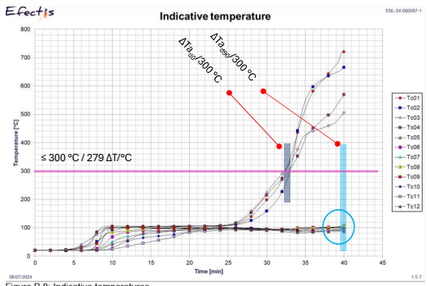


Figure B.8: Indicative temperatures

Bescherming RH+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 32 min. (tc 1-4)
300 °C isotherme op 90 mm testdiepte gemiddeld na 40 min. testtijd bereikt. (tc 9-12)
$\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 8 min.

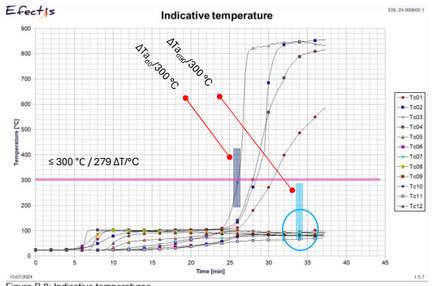


Figure B.8: Indicative temperatures

Bescherming RH+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 29 min. (tc 1-4)
300 °C isotherme op 90 mm testdiepte gemiddeld na 37 min. testtijd bereikt. (tc 9-12)
$\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 8 min.

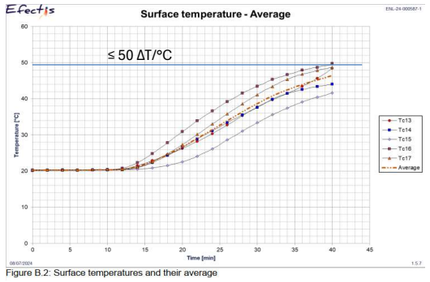


Figure B.2: Surface temperatures and their average

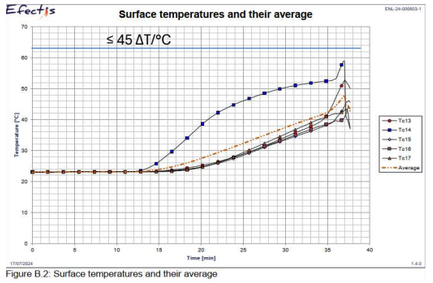


Figure B.2: Surface temperatures and their average

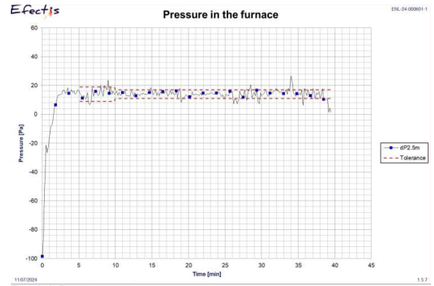


Figure A.3: Furnace pressure
To be read in conjunction with §6.2.2

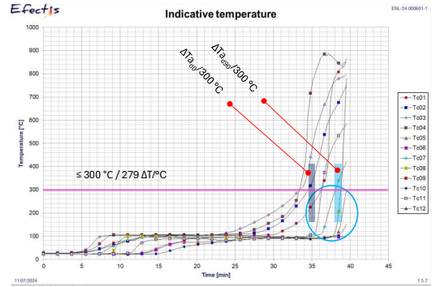


Figure B.8: Indicative temperatures

Bescherming RH+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 35 min. (tc 1-4)
300 °C isotherme op 90 mm testdiepte gemiddeld na 38 min. testtijd bereikt. (tc 9-12)
$\Delta T_{0\text{-}90}$/300°C isotherme = ca. 3 min.

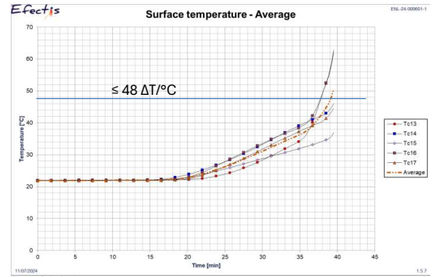


Figure B.2: Surface temperatures and their average

YE-3012-1-RA - EN1364-1 -Graanstro_facade-folie_o-i

GRAANSTRO

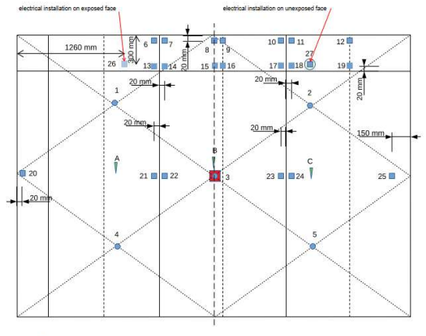
Agristro

Agristro, 2 cm inblaas

80 kg/m³

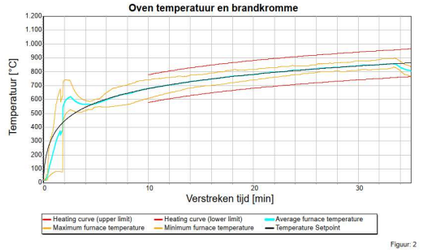
Wandtype: buitenwand/ binnenspouwblad
Stijl/regelwerk: 38x235
Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan één zijde
Spouwzijde: Folie

YA 3012 Thermokoppels, doorbuiging en straling

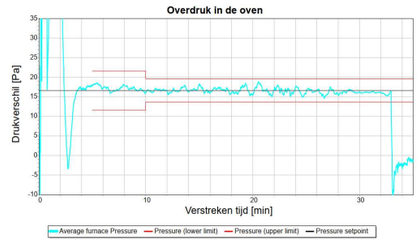


t 3.1 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving

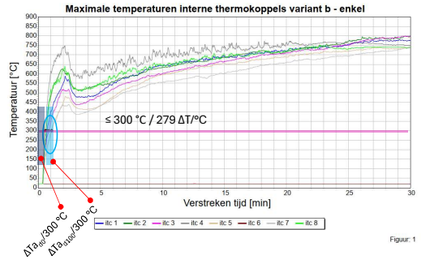
Tijd [min]	Waarneming
0:00	Aanvang beproeving
0:20	(VZ) folie vrijwel direct weggebrand
0:30	(VZ) Isolatie valt vrijwel volledig weg
14 - 15	(VZ) OSB platen vallen deels in de oven
24	Gloeinaad zichtbaar in de horizontale naad (vak 5 vanaf links)
30	Gloeinaad zichtbaar in de verticale naad (tussen vak 3 en 4 vanaf links)
31	Gipsvezelplaten beginnen te scheuren
32	Kaliber toegepast, naad > 6mm en > 150 mm. **Prestatie E bereikt**
33	Einde beproeving in overleg met de opdrachtgever



Figuur: 2



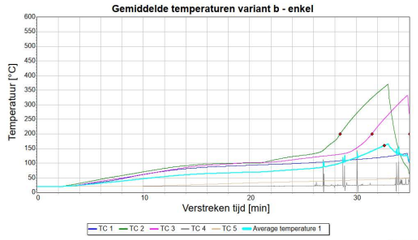
Figuur: 4



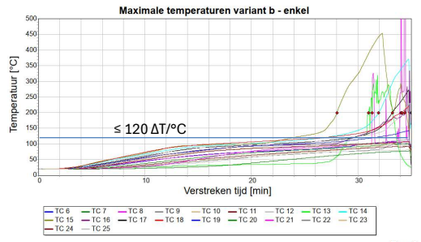
Figuur: 1

Bescherming folie valt praktisch weg na gemiddeld 0,5 min. testtijd (tc 1-4)
300°C isotherme op 100 mm testdiepte gemiddeld na 1 min. testtijd bereikt. (tc 5-8)

$\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = 0,5 min.



Figuur: 7


Maximale temperaturen variant b - enkel
Temperatuur [°C]
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
≤ 120 ΔT/°C
0
10
20
30
Verstreken tijd [min]
TC 6
TC 7
TC 8
TC 9
TC 10
TC 11
TC 12
TC 13
TC 14
TC 15
TC 16
TC 17
TC 18
TC 19
TC 20
TC 21
TC 22
TC 23
TC 24
TC 25

Figuur: 8



Waarneming tijdens test:
Tijdens de beproeving brandde na 20 seconden de folie aan de vuurzijde weg. Na 30 seconden viel het isolatiemateriaal vrijwel volledig in de oven. Na 24 minuten werd een gloeinaad zichtbaar in vak 5 (vanaf links). Op 32 minuten ontstond in vak 4 (vanaf links) een horizontale naad > 6 mm en > 150 mm lang, waarmee de prestatie E werd bereikt.

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YB 3331-1-NO-001

GLASWOL

Glaswol Knauf naturol 035

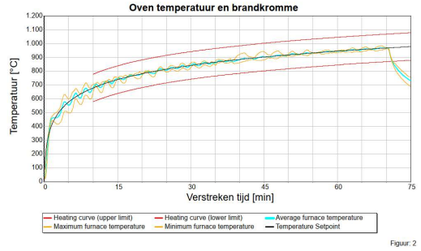
300 mm

Vak Ref. (midden)

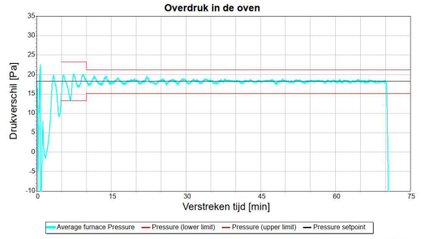
15 kg/m³

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	G, Ref, A	Aanvang beproeving
19	G, A	Stukken MDF weggevallen aan bovenzijde, vulling begint te krimpen
	G	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #2 Bovenzijde 57 mm
	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #2 Bovenzijde 56 mm; Linkerzijde 52 mm
21	G	Vulling vrijwel volledig weggevallen
25	Ref	Glaswol begint te krimpen
30	Ref	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 72 mm; Rechterzijde 34 mm
	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 103 mm; Linkerzijde 49 mm; Rechterzijde 28 mm
33	Ref	Glaswol gedeeltelijk weggevallen
38	ref	Glaswol vrijwel volledig weggevallen
45	A	Houtwol krimpt aanzienlijk
60	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #5 Bovenzijde 232 mm; Linkerzijde 47 mm; Rechterzijde 40 mm
70		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YA 3331-1-NO-001

CELLULOSE

Cellulose Isocell

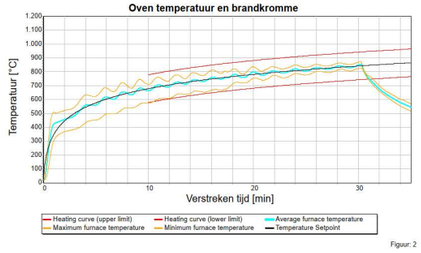
100 mm

Vak D (links)

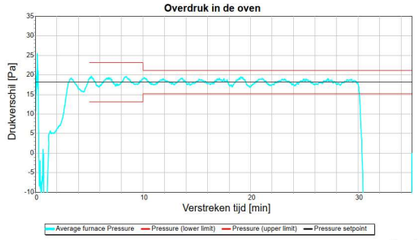
51 kg/m³

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	D, E, F	Aanvang beproeving
16	D, E, F	MDF is vrijwel volledig weggevallen
16	E	Vlasdeken krimpt aanzienlijk (geen foto beschikbaar)
17	D	MDF volledig weggevallen, vulling in de oven gevallen
18	F	MDF volledig weggevallen, vulling grotendeels in de oven gevallen
30	E	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 152 mm; Linkerzijde 34 mm; Rechterzijde 85 mm
30		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YC 3331-1-NO-001

CELLULOSE

Cellulose Isocell

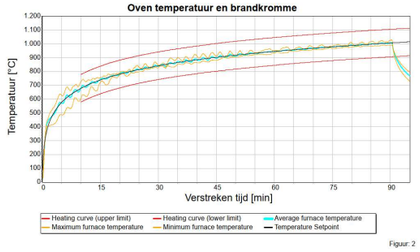
300 mm

Vak D (rechts)

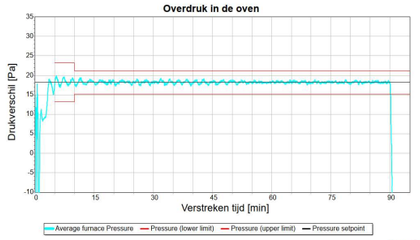
51 kg/m³

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	B, C, en D	Aanvang beproeving
20	B, C, en D	MDF vrijwel volledig weggevallen
20	B	Vulling begint te krimpen Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 44 mm; Linkerzijde 21 mm; Rechterzijde 28 mm
23	B	1° Laag van de vulling grotendeels weggevallen
30	B	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 133 mm; Linkerzijde 29 mm; Rechterzijde 48 mm
	C	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 31 mm; Linkerzijde 20 mm
	D	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 201 mm; Linkerzijde 22 mm; Rechterzijde 12 mm
42	B	Vulling vrijwel geheel weggevallen
60	C	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #6 Bovenzijde 31 mm; Linkerzijde 35 mm
	D	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #6 Bovenzijde 527 mm
72	D	Vulling grotendeels weg
90		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YA 3331-1-NO-001

STRO

Tarwestro Agristro 1 cm

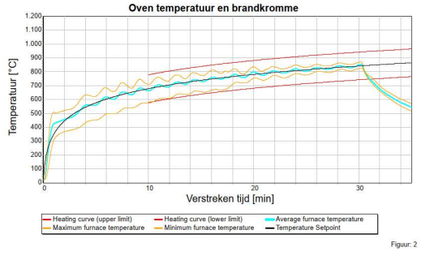
100 mm

Vak F (rechts)

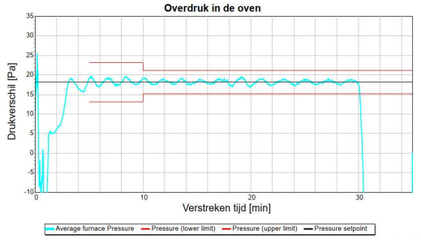
ingeblazen

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	D, E, F	Aanvang beproeving
16	D, E, F	MDF is vrijwel volledig weggevallen
16	E	Vlasdeken krimpt aanzienlijk (geen foto beschikbaar)
17	D	MDF volledig weggevallen, vulling in de oven gevallen
18	F	MDF volledig weggevallen, vulling grotendeels in de oven gevallen
30	E	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 152 mm; Linkerzijde 34 mm; Rechterzijde 85 mm
30		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever

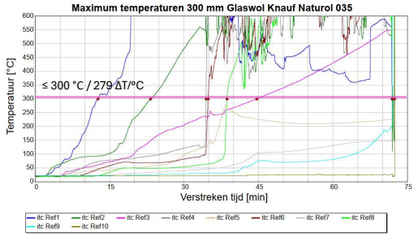


Figuur: 2



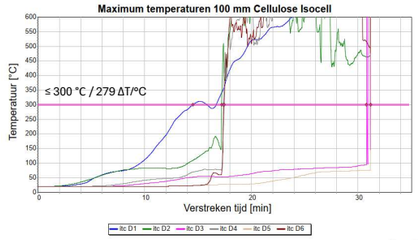
Figuur: 4

Maximum temperaturen 300 mm Glaswol Knauf Naturol 035



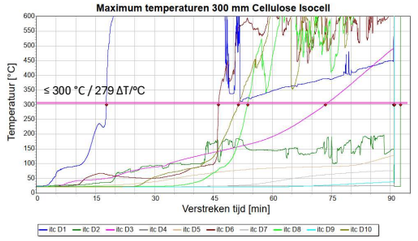
Figuur: 7

Maximum temperaturen 100 mm Cellulose Isocell



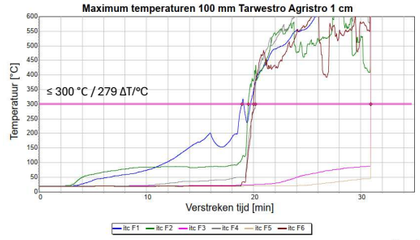
Figuur: 6

Maximum temperaturen 300 mm Cellulose Isocell



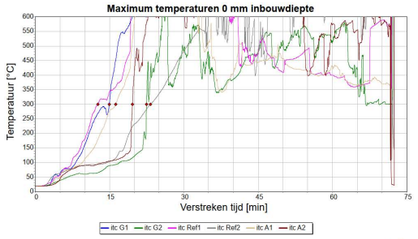
Figuur: 8

Maximum temperaturen 100 mm Tarwestro Agristro 1 cm



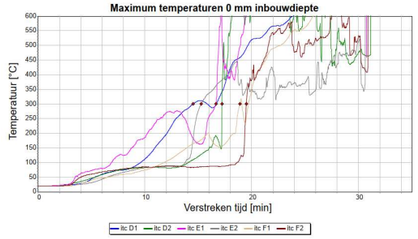
Figuur: 8

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



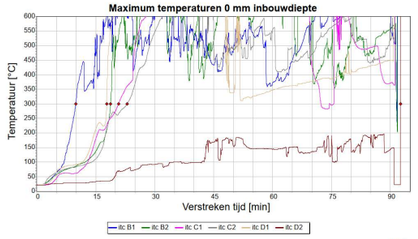
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



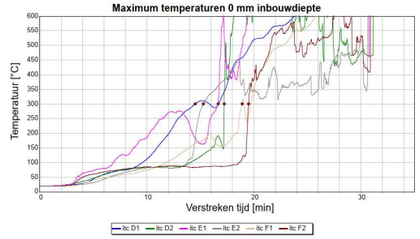
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



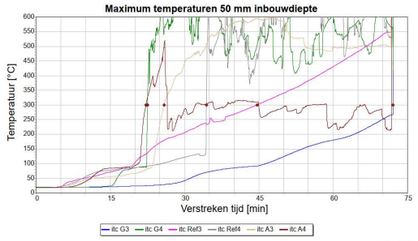
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



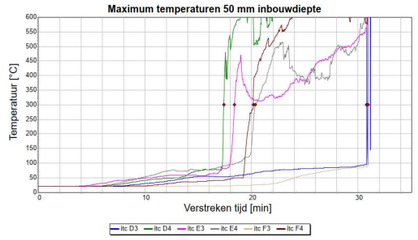
Figuur: 9

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



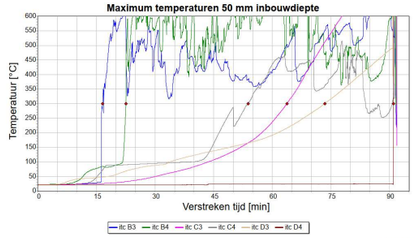
Figuur: 10

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



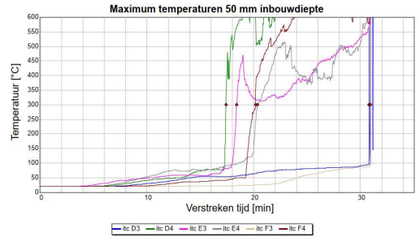
Figuur: 10

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte

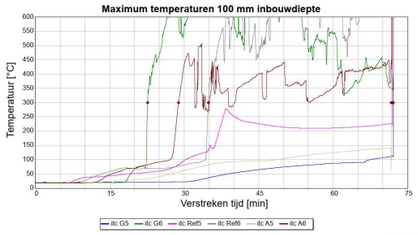


Figuur: 10

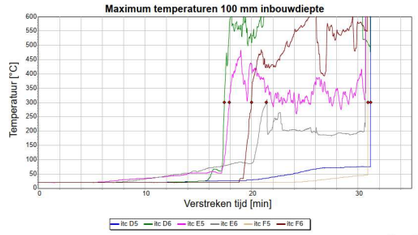
Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



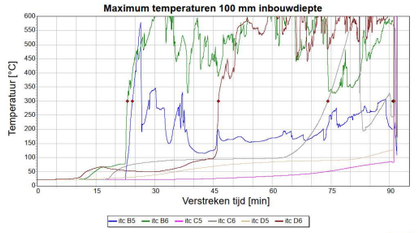
Figuur: 10



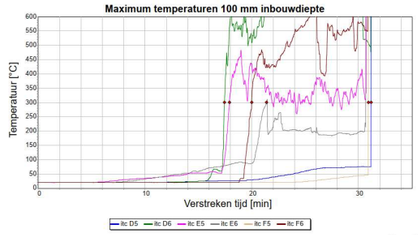
Figuur: 11



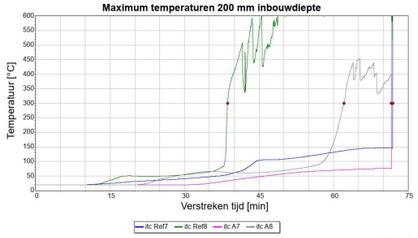
Figuur: 11



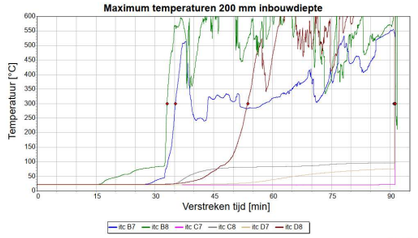
Figuur: 11



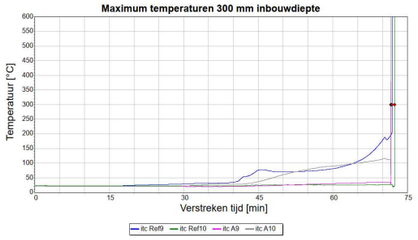
Figuur: 11



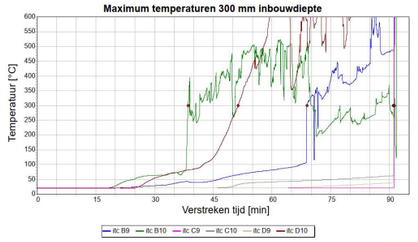
Figuur: 12



Figuur: 12



Figuur: 13



Figuur: 13



foto 1

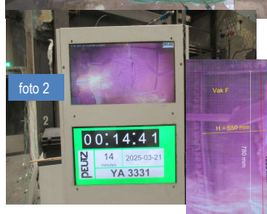


foto 2

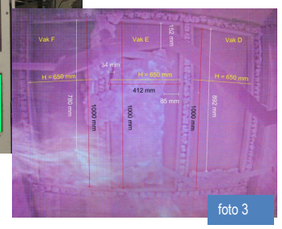


foto 3

Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de vuurzijde)
Foto 2: Constructie, aanzicht MDF na 14 minuten beproeving
Foto 3: Krimp na 30 minuten

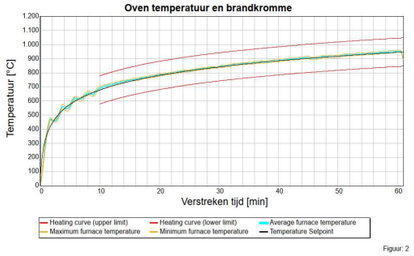
PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-6-NO

GLASWOL

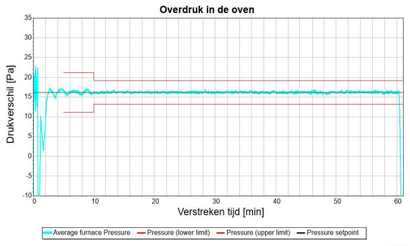
Glaswol, Knauf Naturol 035

140 mm (1x 140 mm)

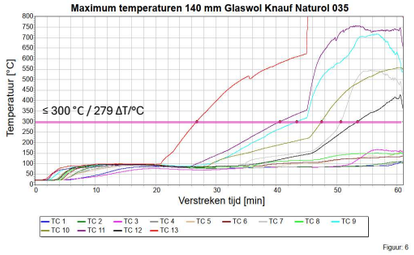
15 kg/m³



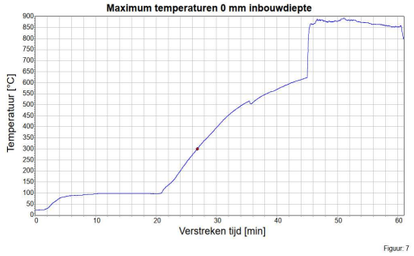
Figuur: 2



Figuur: 4



Figuur: 6



Figuur: 7

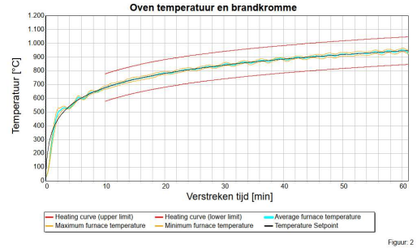
PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-8-NO

GRAANSTRO

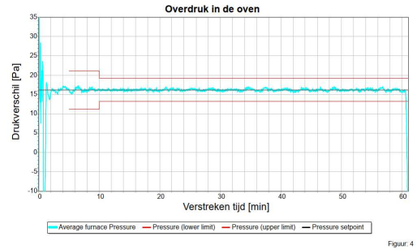
Graanstro, Agristro Ø 1 cm, 100 kg/m3

140 mm

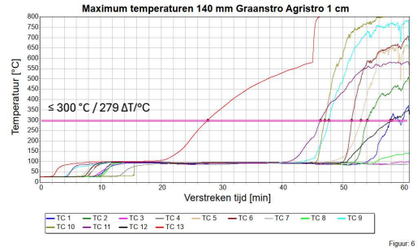
n.t.b.



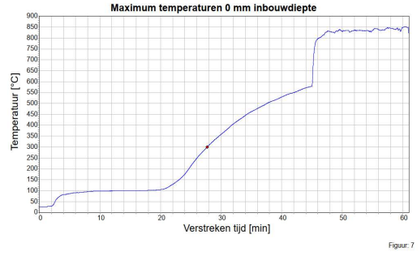
Figuur: 2



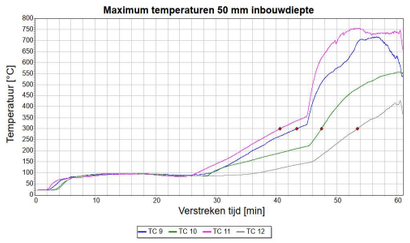
Figuur: 4



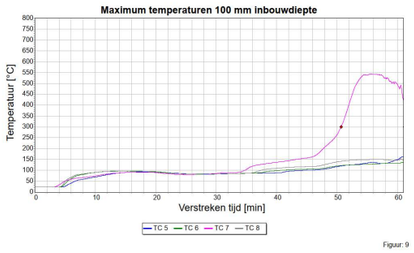
Figuur: 6



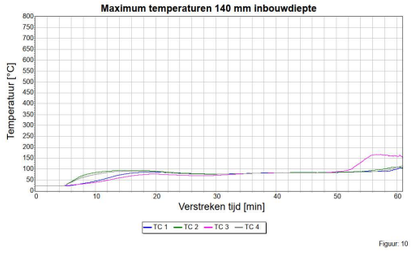
Figuur: 7



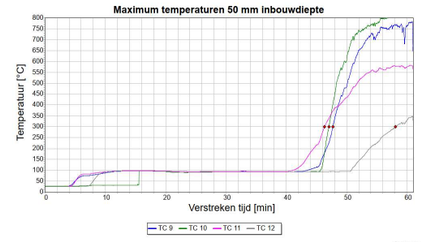
Figuur: 8



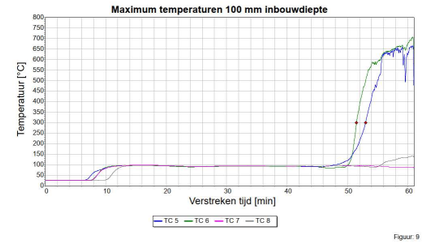
Figuur: 9



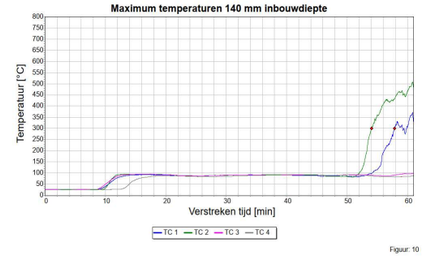
Figuur: 10



Figuur: 8



Figuur: 9



Figuur: 10

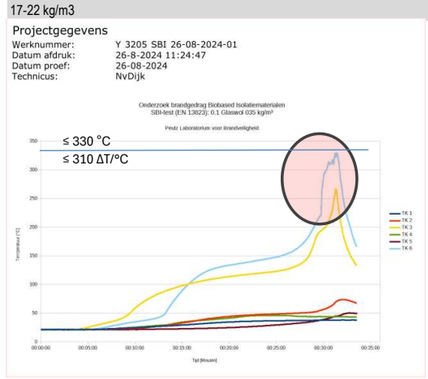


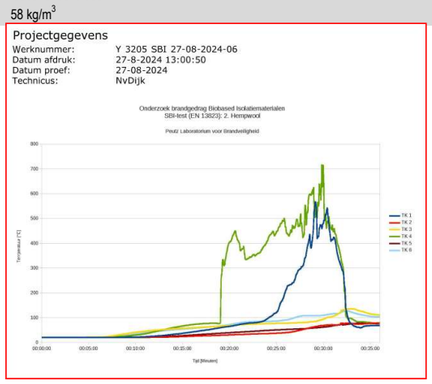
Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de vuurzijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten

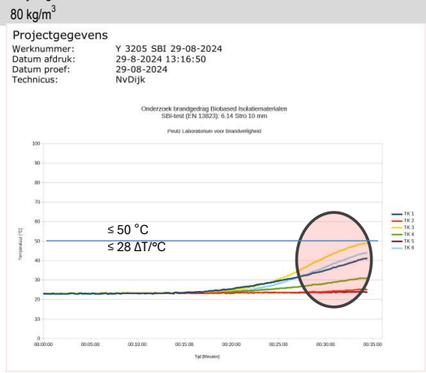


Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de niet-verhitte zijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten

	GLASSWOOL	CELLULOSE	CELLULOSE	STRO
SBI	- 0.1 Glasswol 035 kg/m3	- 4.9 Isocell 58 kg/m3	- 4.9 Isocell 58 kg/m3	- 6.14 Stro Ø 1 cm, 100 kg/m3
	Knauf	Isocell	Isocell	Fouragehandel Verhoeven
	Naturoll 035	Isocell® Cellulose	Isocell® Cellulose	Snijlengte 20 mm
	17-22 kg/m3	58 kg/m^3	58 kg/m^3	80 kg/m^3







Tc2&5 in hoek valt buiten meetscoop/-inzicht (hoek teveel af/beschermd)
Tc1/3/4/6 relevante meetscoop betreffende
Gatvorming --> zie schadebeeld na teststituatie

<---------- <----------

<---------- <----------

SBI	- 0.1 Glaswol	- 4.9 Isocell 58 kg/m3	- 6.14 Stro Ø 1 cm, 100 kg/m3

Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 100%

Waarneming na testbeïndiging:
Gatvorm (b•h•d): 300•600•160 mm
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 89%

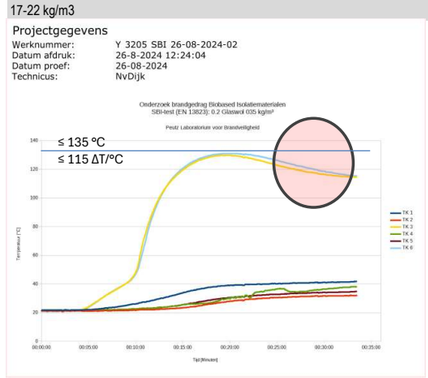
Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 98%; inklinking door transport gemiddeld 2%

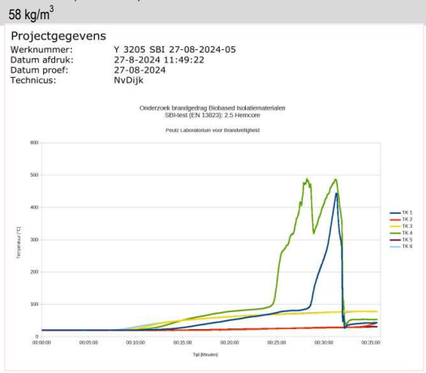
Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: 4-7%
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 25- 39%; materiaal is aan de linker aangegeven zijde is verder afgekoold

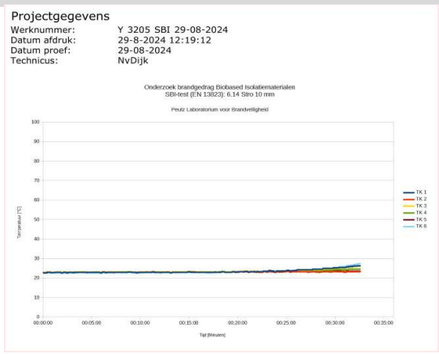
Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 99/98%; inklinking door transport gemiddeld 1/2%

Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: ca. 1%
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 30-47%; materiaal is aan de linker aangegeven zijde is verder afgekoold met ca. 50%

SBI	- 0.2 Knauf Naturoll 035 (gemid. dens. 20 kg/m3)	- 4.10 Isofloc 58 kg/m3	- 6.13 Stro Ø 2 cm, 80 kg/m3
	Knauf Naturoll 035 17-22 kg/m3	Isofloc AG Isofloc® LM (loose flakes) 58 kg/m^3	Fouragehandel Verhoeven Snijlengte 20 mm 80 kg/m^3



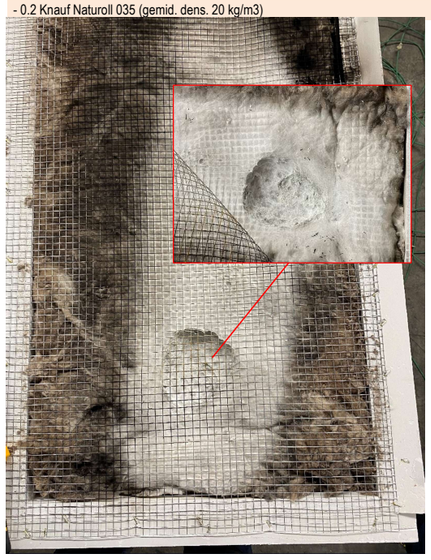






Tc2&5 in hoek valt buiten meetscoop/-inzicht (hoek teveel af/beschermd)
Tc1/3/4/6 relevante meetscoop betreffende
Gatvorming --> zie schadebeeld na testsituatie

	- 0.2 Knauf Naturoll 035 (gemid. dens. 20 kg/m3)	- 4.10 Isofloc 58 kg/m3	- 6.13 Stro Ø 2 cm, 80 kg/m3







Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 100%

Waarneming na testbeïndiging:
Gatvorm (b •h•d): 130•100•145 mm
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 8%

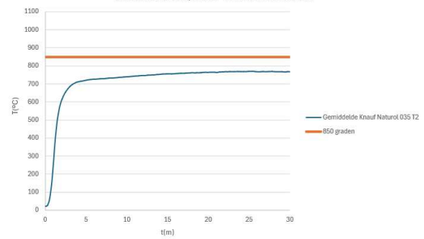
Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 98%; inklinking door transport gemiddeld 2%

Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: 3,6% in korte vleugel / 6,1% in lange vleugel.
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 22- 33%.

Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 98%; inklinking door transport gemiddeld 2%

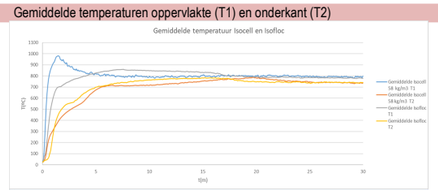
Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: 3,4% in korte vleugel / 5% in lange vleugel.
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 33-39%.

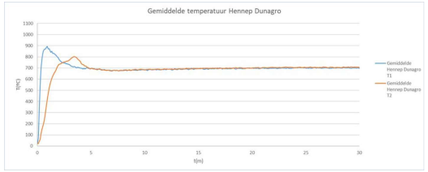
CRPT Gemiddelde temperaturen oppervlakte (T1) en onderkant (T2)



Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

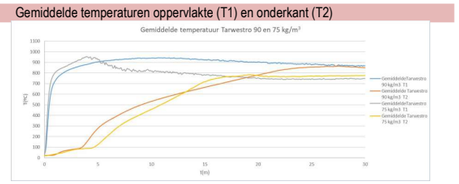
Gemiddelde temperaturen oppervlakte (T1) en onderkant (T2)





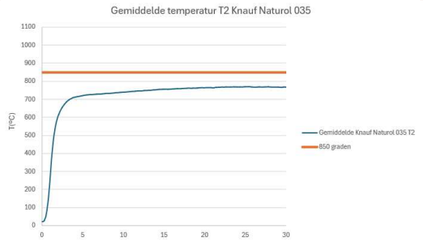
Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

Gemiddelde temperaturen oppervlakte (T1) en onderkant (T2)



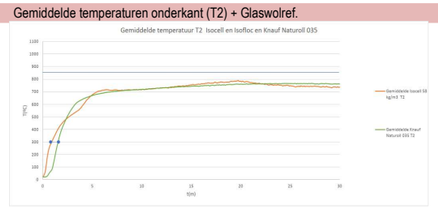
Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

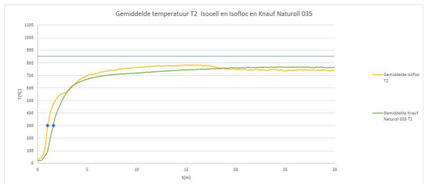
CRPT Gemiddelde temperaturen onderkant (T2) + Glaswolref.



Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

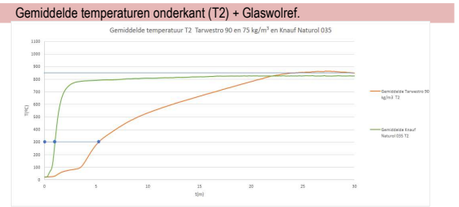
Gemiddelde temperaturen onderkant (T2) + Glaswolref.

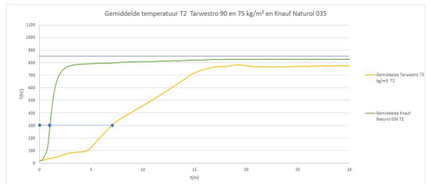




Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

Gemiddelde temperaturen onderkant (T2) + Glaswolref.





Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

CRPT	Degradatie	Degradatie	Degradatie
	Foto's 27 en 28: Knauf Naturol 035 - voor/na test	Foto's 9 en 10: Cellulose Isocell, 58 kg/m3 na test	Foto's 11 en 12: Tarwestro Ø 1 cm, 100 kg/m3 na het testen









De foto vóór de test is niet genomen, maar ik zag er vergelijkbaar uit met Foto 1



Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m^2): 26,86
MLR (g/s x m^2): 12,0
krimp evenwijdig aan oppervlakte: 72%
krimp van volumedikte: 32%
volumekrimp: 80%

Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 53,6
MLR (g/s x m2) 5,5
krimp evenwijdig aan oppervlakte 32%
krimp van volumedikte 63%
volumekrimp 82%

Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 59,15
MLR (g/s x m2) 5,9
krimp evenwijdig aan oppervlakte 33%
krimp van volumedikte 43%
volumekrimp 75%

Foto's 25 en 26: Cellulose Isofloc, 58 kg/m3 - voor/na test

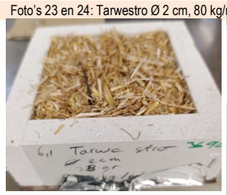




Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 39,9
MLR (g/s x m2) 5,2
krimp evenwijdig aan oppervlakte 26%
krimp van volumedikte 63%
volumekrimp 73%

Foto's 23 en 24: Tarwestro Ø 2 cm, 80 kg/m3 - voor/na test

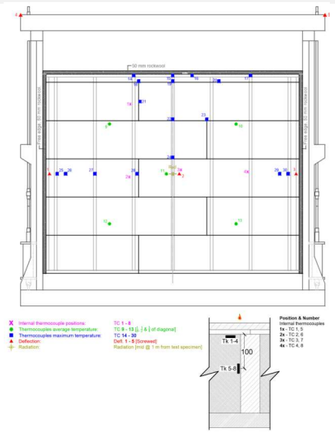


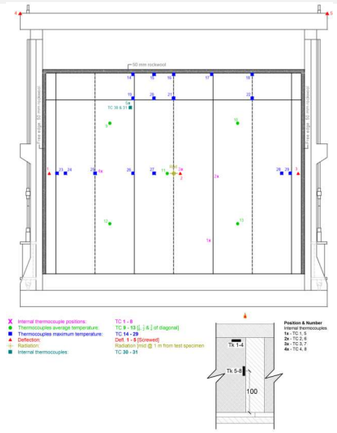


Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 88,6
MLR (g/s x m2) 8,3
krimp evenwijdig aan oppervlakte 67%
krimp van volumedikte 83%
volumekrimp 94%

	ENL-25-000407 - EN1365-1 - Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_i-o	ENL-25-000424 - EN1365-1 - Houtvezel_facade-35HV-spouwplaat_o-i
	HOUTVEZEL	HOUTVEZEL
	Steico SE	Steico SE
	Steico Zell - Blown-in	Steico Zell - Blown-in
	41.4 kg/m³	41.4 kg/m³
	Wandtype: buitenwand/ binnenspouwblad Stijl/regelwerk: 38x184 mm Beplating: 15 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan één zijde Spouwzijde: 35 mm Houtvezel Steico Universal Dry	Wandtype: buitenwand/ binnenspouwblad Stijl/regelwerk: 38x184 mm Beplating: 15 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan één zijde Spouwzijde: 35 mm Houtvezel Steico Universal Dry



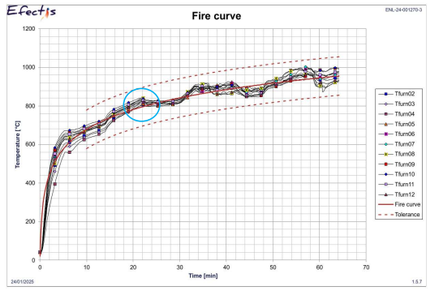


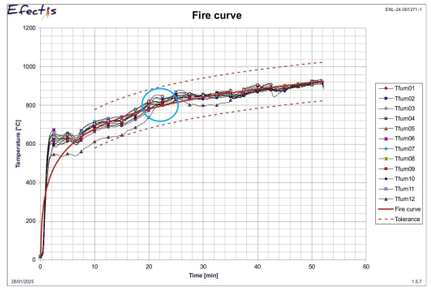
9.2. During the fire test

Time [min]	Observations *As seen from the unexposed side*
0	Start of the heating *Furnace thermocouple 01 not in working order*
10	No remarks
15	No remarks
24	Burning of the test specimen at the joints - *on the exposed side*
27	Cracks occurring on the panel - *on the exposed side*
30	No remarks
31	Smoke - *mid width at top*
38	Smoke and discolouration from all joints
40	Panelling cracked throughout - *on the exposed side*
44	Cracking sound from within the furnace
52	Panelling falling off the test specimen - *centre of the exposed side*
56	Insulation exposed - *centre of the exposed side*
60	Smoke and discolouration of horizontal joint - *¾ height at mid width*
61	Red glow at joints - *¾ height at mid width*
63:16	Flame > 10 seconds
64	End of the heating

9.2. During the fire test

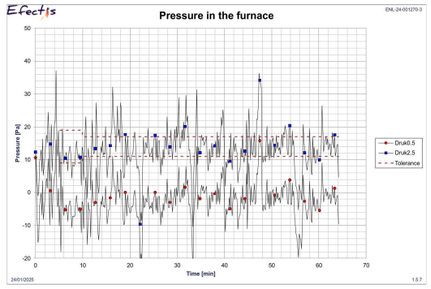
Time [min]	Observations *As seen from the unexposed side*
0	Cracks occurring in boards - *on the exposed side*
10	Joints widening - *on the exposed side*
15	No remarks
19	Cracks in the boards widening - *on the exposed side*
26	Boards crumbling - *on the exposed side*
29	Smoke – *at the mid right joint at ¾ height*
36	Discolouration of lining - *at the mid right joint at ¾ height*
40	Cracking sound - *inside furnace*
42	Discolouration at horizontal joint - *on the right side at ¾ height*
47	Sparks and further discolouration at horizontal joint - *on the right side at ¾ height*
50:20	Radiation meter removed
51:36	Flame > 10 seconds - *on the right side at ¾ height*
52	End test

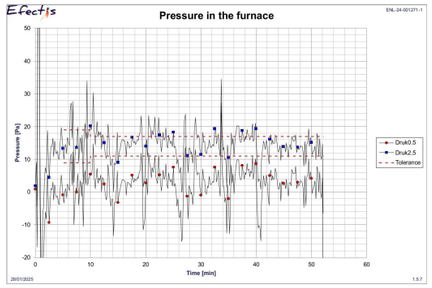


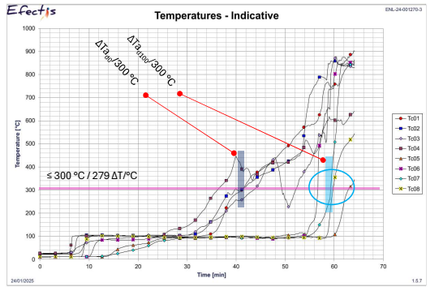


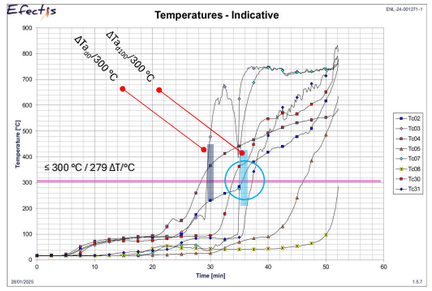
Na 22 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk

Na 22 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk







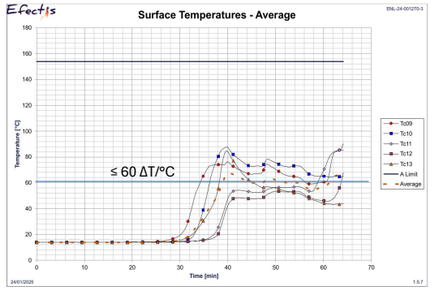


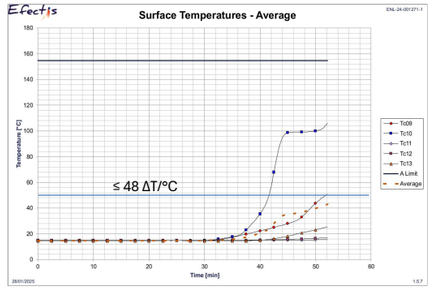
Bescherming gipsvezelpl.+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 40 min. testtijd (tc 1-4)
300°C isotherme op 100 mm testdiepte gemiddeld na 59 min. testtijd bereikt. (tc 5-8)

$\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 19 min.

Bescherming 35 mm houtvezelpl. valt praktisch weg na gemiddeld 30 min. testtijd (tc 1-4)
300°C isotherme op 100 mm testdiepte gemiddeld na 36 min. testtijd bereikt. (tc 30-31)

$\Delta T_{0\text{-}100}$/300°C isotherme = ca. 6 min.


Efectis
Surface Temperatures - Average
ENL-24-001270-3
≤ 60 ΔT/°C
Temperature [°C]
Time [min]
Tc09
Tc10
Tc11
Tc12
Tc13
A Limit
Average
24/01/2025
1.5.7


Efectis
Surface Temperatures - Average
ENL-24-001271-1
≤ 48 ΔT/°C
Temperature [°C]
Time [min]
Tc09
Tc10
Tc11
Tc12
Tc13
A Limit
Average
28/01/2025
1.5.7

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YC 3331-1-NO-001

STRO

Tarwestro Agristro 1 cm

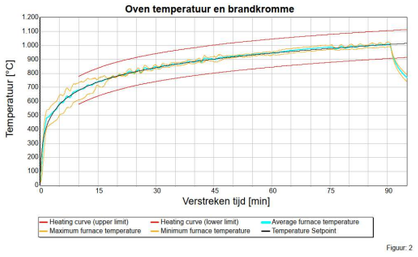
300 mm

Vak F (midden)

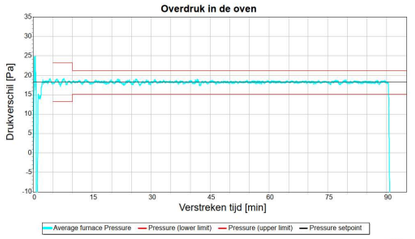
ingeblazen

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	E, F en G	Aanvang beproeving
12	F	MDF begint te scheuren
16	F	Vulling valt deels weg aan bovenzijde
18	E, F en G	Gedeeltelijk wegvallen MDF en vulling begint te krimpen
18	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 2): Rechterzijde 81 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 2): Bovenzijde 101 mm
20	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 3): Linkerzijde 37 mm, Bovenzijde 165 mm
30	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 290 mm; Linkerzijde 61 mm; Rechterzijde 87 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 168 mm; Linkerzijde 104 en 38 mm
	G	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 31 mm
41	F	Bovenzijde vuling nagenoeg weg
45	G	Vulling begint te brokkelen en deels te vallen
60	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 406 mm; Rechterzijde 132 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 236 mm
	G	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 28 mm; Linkerzijde 28 mm
77	G	Stukken vulling vallen weg
90		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - Y 331-3-NO-002

HOUTWOL

Gutex Thermofibre

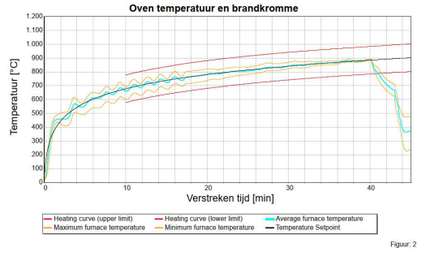
100 mm

Vak A (links)

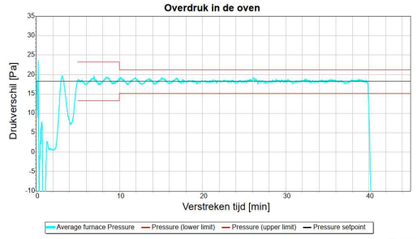
ingeblazen

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	A, B en C	Aanvang beproeving
17:20	A	Eerste stukken MDF plaat vallen in de oven
18:30	C	MDF plaat begint te scheuren
19:30	B, C	Groot stuk MDF valt in de oven, bovenzijde vulling vak B en C worden vuurbelast
20	B	Vulling begint zichtbaar te krimpen
20	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 3 Bovenzijde 33 mm; Linkerzijde 48 mm; Rechterzijde 30 mm
21 - 23	C	Grote stukken MDF vallen in de oven, vulling vak C vrijwel volledig vuurbelast
24	A en C	Vulling begint zichtbaar te krimpen / weg te vallen
24	A	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 102 mm; Linkerzijde 37 mm; Rechterzijde 37 mm
	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 93 mm; Linkerzijde 38 mm; Rechterzijde 29 mm
	C	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 285 mm; Linkerzijde 172 mm
24	A	Grote stukken MDF vallen in de oven, vulling vak A vrijwel volledig vuurbelast
26	C	Vulling vak C valt gedeeltelijk in de oven
30	A	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 159 mm; Linkerzijde 30 mm; Rechterzijde 35 mm
	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 176 mm; Linkerzijde 36 mm; Rechterzijde 42 mm
	C	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 263 mm; Midden 200 mm
31	C	Vulling vak C vrijwel volledig in de oven gevallen
32:35	A	Vulling vak A volledig in de oven gevallen
40	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 6 Bovenzijde 497 mm; Linkerzijde 71 mm; Rechterzijde 63 mm
40		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever

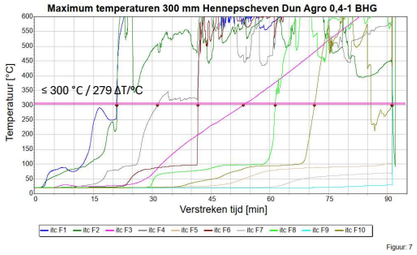


Figuur: 2



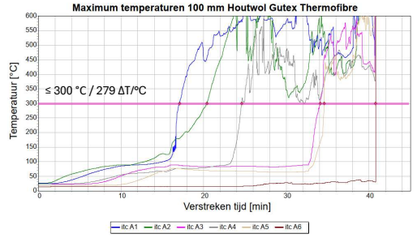
Figuur: 4

Maximum temperaturen 300 mm Hennepscheven Dun Agro 0,4-1 BHG



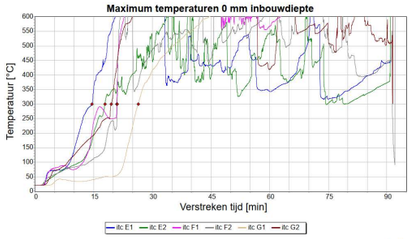
Figuur: 7

Maximum temperaturen 100 mm Houtwol Gutex Thermofibre



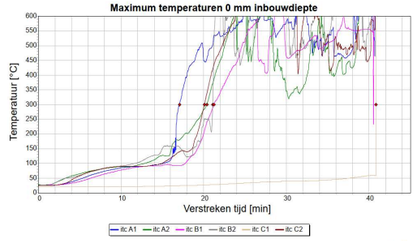
Figuur: 6

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



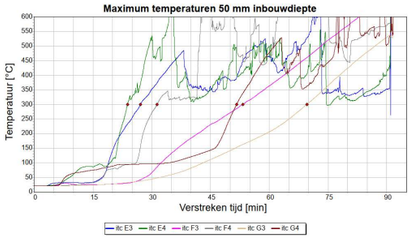
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



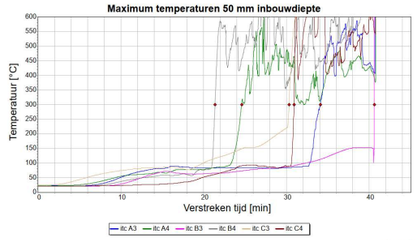
Figuur: 9

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte

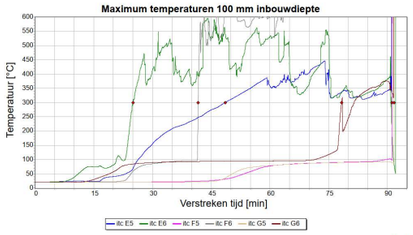


Figuur: 10

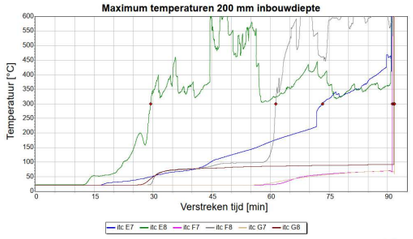
Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



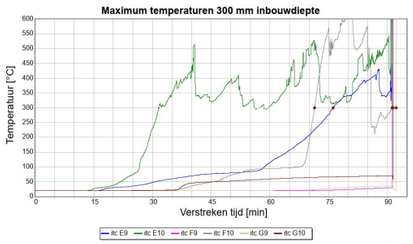
Figuur: 10



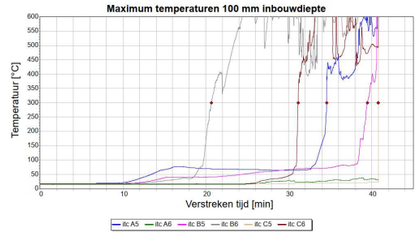
Figuur: 11



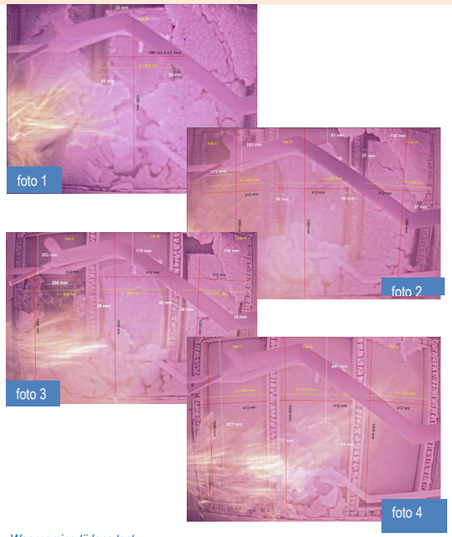
Figuur: 12



Figuur: 13



Figuur: 11



Waarneming tijdens test:
Foto 1: Krimp van de isolatie na 20 minuten
Foto 2: Krimp van de isolatie na 24 minuten
Foto 3: Krimp van de isolatie na 30 minuten
Foto 4: Krimp van de isolatie na 40 minuten

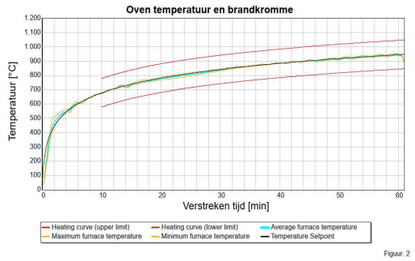
PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-9-NO

GRAANSTRO

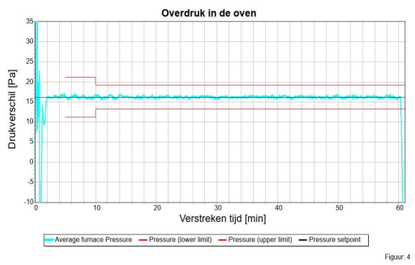
Graanstro, Verhoeven Ø 2,5 cm, 80 kg/m3

140 mm

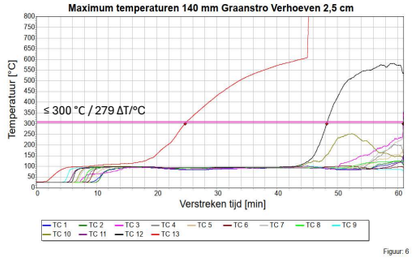
n.t.b.



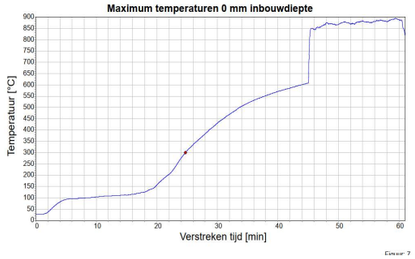
Figuur: 2



Figuur: 4

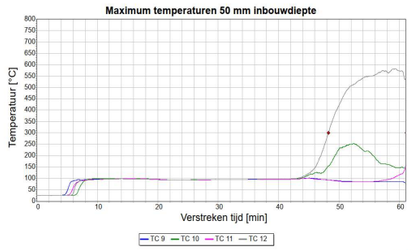


Figuur: 6

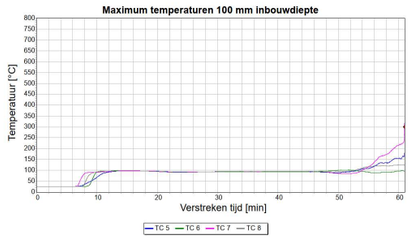


Figuur: 7

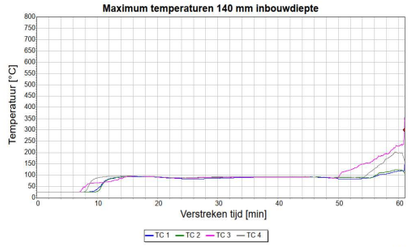
Figuur: 7



Figuur: 8



Figuur: 9



Figuur: 10

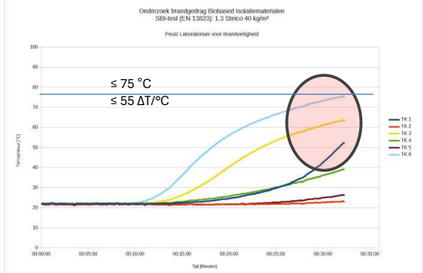


Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de niet-verhitte zijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten

STRO	HOUTVEZEL	HOUTVEZEL	HOUTWOL
- 6.14 Stro Ø 1 cm, 100 kg/m3	- 1.3 Steico 40 kg/m3	- 1.3 Steico 40 kg/m3	Gutex
Fouragehandel Verhoeven			Thermofibre - Blown-in
Snijlengte 20 mm			
80 kg/m^3	40 kg/m3	40 kg/m3	35-60 kg/m³

Projectgegevens

Werknummer: Y 3205 SBI 26-08-2024-03
Datum afdruk: 26-8-2024 13:21:14
Datum proef: 26-08-2024
Technicus: NvDijk



<----------

<----------

- 1.3 Steico 40 kg/m3



Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 94-99%; inklinking door transport in lange vleugel 6% / in korte vleugel 1%.

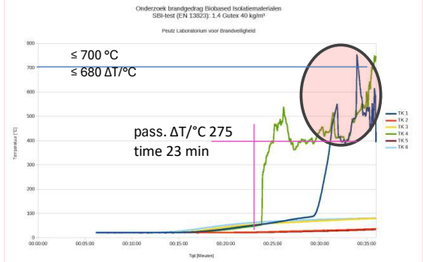
Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: 3%
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 39-61% en 80% in onderhoek
Scheurpatroon: De scheuren hebben een breedte van 2-4 cm.

- 1.4 Gutex 40 kg/m3

40 kg/m3

Projectgegevens

Werknummer:	Y 3205 SBI 26-08-2024-04
Datum afdruk:	26-8-2024 14:21:37
Datum proef:	26-08-2024
Technicus:	NvDijk



<----------

<----------

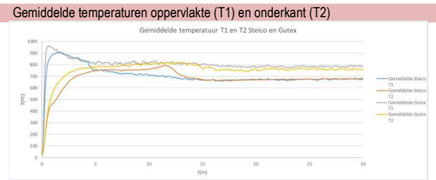
- 1.4 Gutex 40 kg/m3



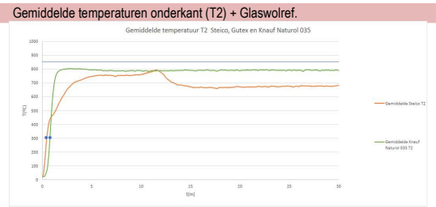
Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 92-97%; inklinking door transport in lange vleugel 3% / in korte vleugel 8%.

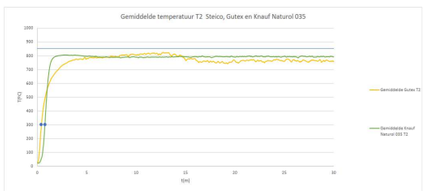
Het materiaal is 38-44% verwijderd in de diepte aan de bovenzijde. Aan de linkerzijde in de korte vleugel is een naad ontstaan van 4 cm breedt. Het materiaal was bijna overal zwart verbrand.

Gemiddelde temperaturen oppervlakte (T1) en onderkant (T2)



Gemiddelde temperaturen onderkant (T2) + Glaswolref.

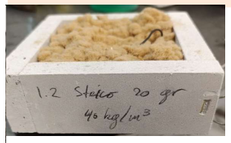




Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

Degradatie

Foto's 1 en 2: Steico, 40 kg/m3 - voor/na test





Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 53,3
MLR (g/s x m2) 4,8
krimp evenwijdig aan oppervlakte >95%
krimp van volumedikte >95%
volumekrimp >95%

Foto's 3 en 4: Gutex, 40 kg/m3 na test

De foto vóór de test is niet genomen, maar ik zag er vergelijkbaar uit met Foto 1



Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 496,7
MLR (g/s x m2) 8,8
krimp evenwijdig aan oppervlakte >95%
krimp van volumedikte >95%
volumekrimp >95%

YC-3012-1-RA - EN1364-1 -Vlaswol_facade-folie_i-o

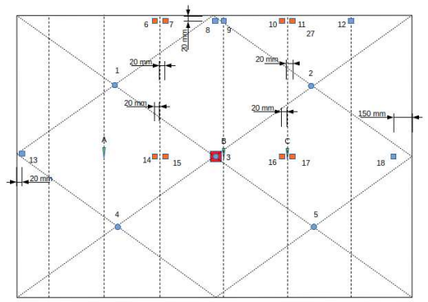
VLASWOL

Vlaswol Isovlas PL
Isovlas PS, 2x 120 mm
20-30 kg/m³

Wandtype: buitenwand/ binnenspouwblad
Stijl/regelwerk: 38x235
Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat aan één zijde
Spouwzijde: Folie

YC 3012 Thermokoppels, doorbuiging en straling

Deze afstanden van 20 mm zijn vanaf het hart van de stijl



Gemiddelde temperatuur

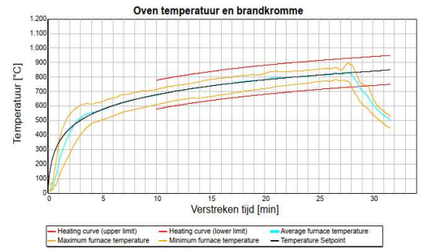
Maximum temperatuur Indicatief

Doorbuiging

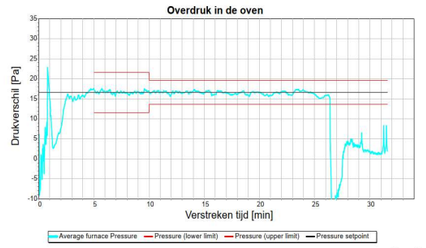
Straling

t 3.1 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving

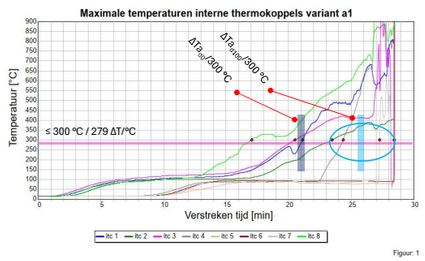
Tijd [min]	Waarneming
0:00	Aanvang beproeving
21	(VZ) gipsvezelplaten beginnen te scheuren
22	Gat in folie aan niet-verhitte zijde
26	Vlammen > 10 sec. ter plaatse van de gaten in de folie (bovenzijde constructie). **Prestatie E bereikt.**
26	Einde beproeving



Figuur: 2

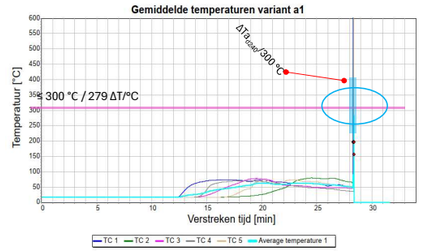


Figuur: 4

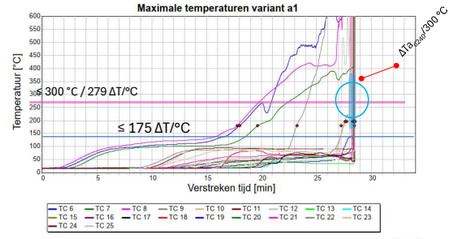


Figuur: 1

Bescherming gipsvezelpl. valt praktisch weg na gemiddeld 21 min. testtijd (tc 1-4)
300°C isotherme op 100 mm testdiepte gemiddeld na 26 min. testtijd bereikt. (tc 5-8)
300°C isotherme op 240 mm testdiepte gemiddeld na 28,5 min. testtijd bereikt. (tc koude zijde)
$\Delta T_{0\text{-}100}$ /300°C isotherme = ca. 5 min.
$\Delta T_{0\text{-}240}$ /300°C isotherme = ca. 7,5 min.



Figuur: 7



Figuur: 8



Waarneming tijdens test:
Tijdens de test ontstond na 22 minuten een gat in de folie. Na 26 minuten traden vlammen > 10 seconden op, waarmee de prestatie E werd bereikt. Na afloop was vanaf de vuurzijde het houten frame zichtbaar.

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YB 3331-1-NO-001

HOUTWOL

Houtwol Gutex Thermofibre

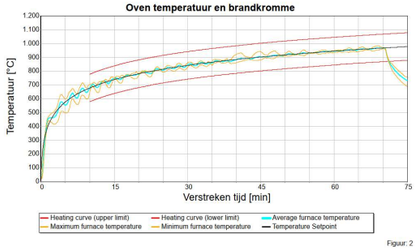
300 mm

Vak A (rechts)

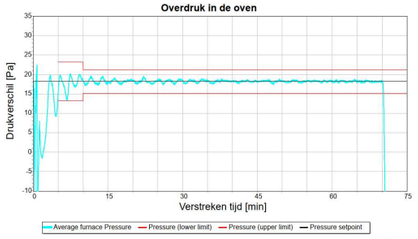
ingeblazen

t 5 *Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)*

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	G, Ref, A	Aanvang beproeving
19	G, A	Stukken MDF weggevallen aan bovenzijde, vulling begint te krimpen
	G	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #2 Bovenzijde 57 mm
	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #2 Bovenzijde 56 mm; Linkerzijde 52 mm
21	G	Vulling vrijwel volledig weggevallen
25	Ref	Glaswol begint te krimpen
30	Ref	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 72 mm; Rechterzijde 34 mm
	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 103 mm; Linkerzijde 49 mm; Rechterzijde 28 mm
33	Ref	Glaswol gedeeltelijk weggevallen
38	ref	Glaswol vrijwel volledig weggevallen
45	A	Houtwol krimpt aanzienlijk
60	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #5 Bovenzijde 232 mm; Linkerzijde 47 mm; Rechterzijde 40 mm
70		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - Y 331-3-NO-002

HENNEPSCHEVEN

Dun Agro 0,4 - 1 BHG

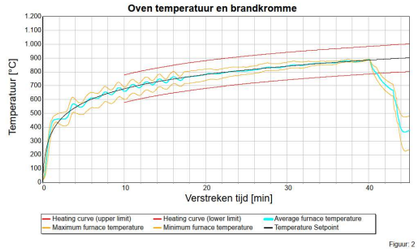
100 mm

Vak C (rechts)

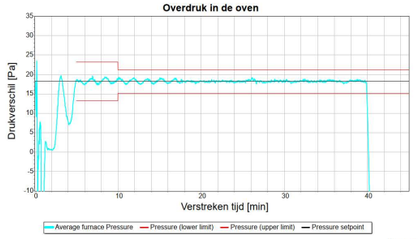
116 kg/m³

t 5 *Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)*

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	A, B en C	Aanvang beproeving
17:20	A	Eerste stukken MDF plaat vallen in de oven
18:30	C	MDF plaat begint te scheuren
19:30	B, C	Groot stuk MDF valt in de oven, bovenzijde vulling vak B en C worden vuurbelast
20	B	Vulling begint zichtbaar te krimpen
20	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 3 Bovenzijde 33 mm; Linkerzijde 48 mm; Rechterzijde 30 mm
21 - 23	C	Grote stukken MDF vallen in de oven, vulling vak C vrijwel volledig vuurbelast
24	A en C	Vulling begint zichtbaar te krimpen / weg te vallen
24	A	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 102 mm; Linkerzijde 37 mm; Rechterzijde 37 mm
	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 93 mm; Linkerzijde 38 mm; Rechterzijde 29 mm
	C	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 285 mm; Linkerzijde 172 mm
24	A	Grote stukken MDF vallen in de oven, vulling vak A vrijwel volledig vuurbelast
26	C	Vulling vak C valt gedeeltelijk in de oven
30	A	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 159 mm; Linkerzijde 30 mm; Rechterzijde 35 mm
	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 176 mm; Linkerzijde 36 mm; Rechterzijde 42 mm
	C	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 263 mm; Midden 200 mm
31	C	Vulling vak C vrijwel volledig in de oven gevallen
32:35	A	Vulling vak A volledig in de oven gevallen
40	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 6 Bovenzijde 497 mm; Linkerzijde 71 mm; Rechterzijde 63 mm
40		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YC 3331-1-NO-001

HENNEPSCHEVEN

Dun Agro 0,4 – 1 BHG

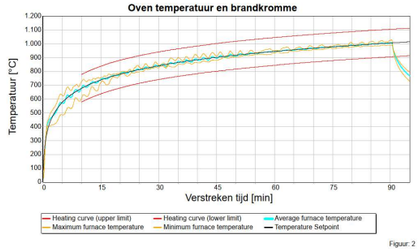
300 mm

Vak C (midden)

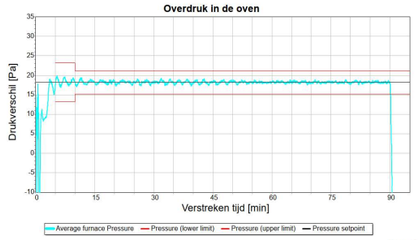
116 kg/m³

t 5 *Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)*

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	B, C, en D	Aanvang beproeving
20	B, C, en D	MDF vrijwel volledig weggevallen
20	B	Vulling begint te krimpen Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 44 mm; Linkerzijde 21 mm; Rechterzijde 28 mm
23	B	1" Laag van de vulling grotendeels weggevallen
30	B	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 133 mm; Linkerzijde 29 mm; Rechterzijde 48 mm
	C	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 31 mm; Linkerzijde 20 mm
	D	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 201 mm; Linkerzijde 22 mm; Rechterzijde 12 mm
42	B	Vulling vrijwel geheel weggevallen
60	C	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #6 Bovenzijde 31 mm; Linkerzijde 35 mm
	D	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #6 Bovenzijde 527 mm
72	D	Vulling grotendeels weg
90		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YA 3331-1-NO-001

VLASWOL

Vlas Isovlas

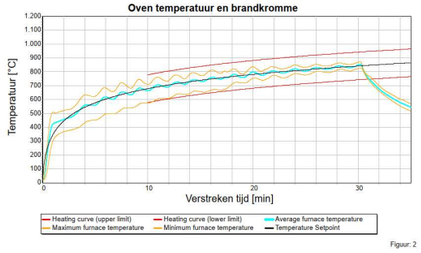
100 mm

Vak E (midden)

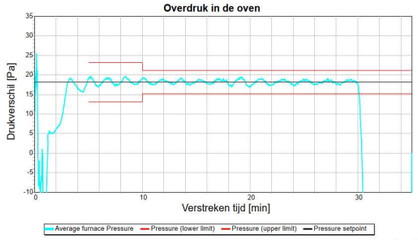
19 kg/m³

t 5 *Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)*

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	D, E, F	Aanvang beproeving
16	D, E, F	MDF is vrijwel volledig weggevallen
16	E	Vlasdeken krimpt aanzienlijk (geen foto beschikbaar)
17	D	MDF volledig weggevallen, vulling in de oven gevallen
18	F	MDF volledig weggevallen, vulling grotendeels in de oven gevallen
30	E	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 152 mm; Linkerzijde 34 mm; Rechterzijde 85 mm
30		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever

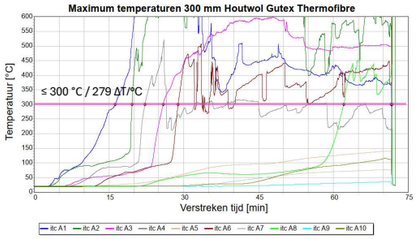


Figuur: 2



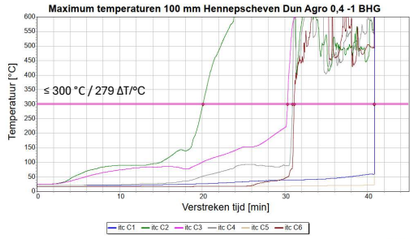
Figuur: 4

Maximum temperaturen 300 mm Houtwol Gutex Thermofibre



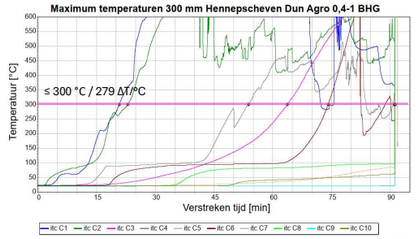
Figuur: 8

Maximum temperaturen 100 mm Hennepscheven Dun Agro 0,4 -1 BHG



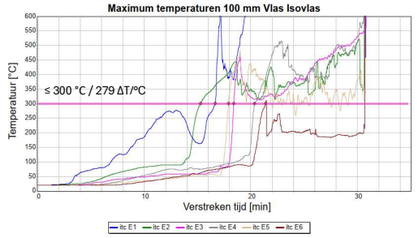
Figuur: 8

Maximum temperaturen 300 mm Hennepscheven Dun Agro 0,4-1 BHG



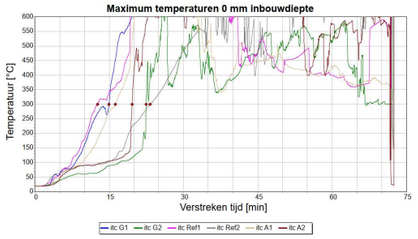
Figuur: 7

Maximum temperaturen 100 mm Vlas Isovlas



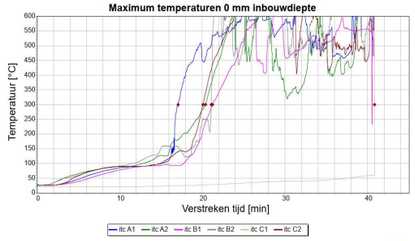
Figuur: 7

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



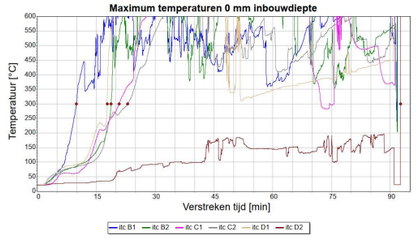
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



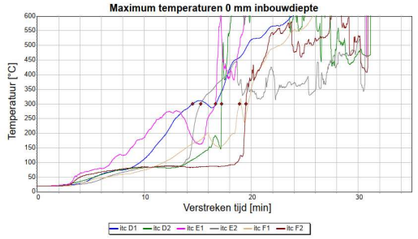
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



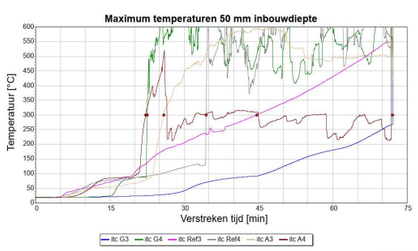
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



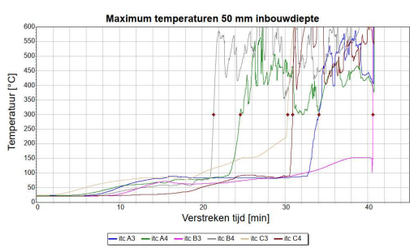
Figuur: 9

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



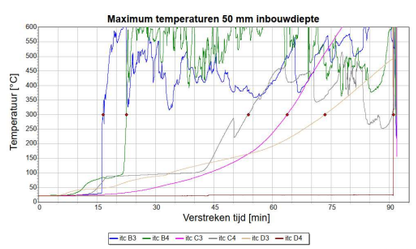
Figuur: 10

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



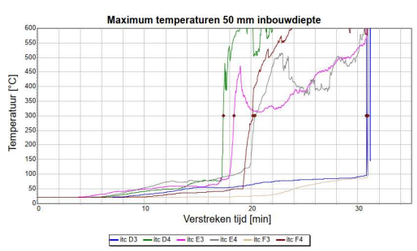
Figuur: 10

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte

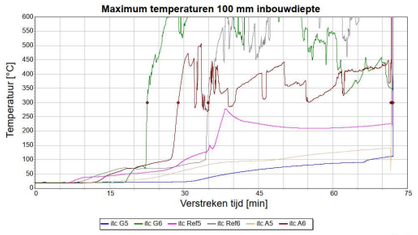


Figuur: 10

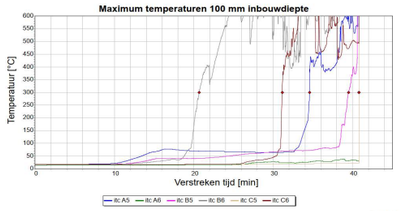
Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



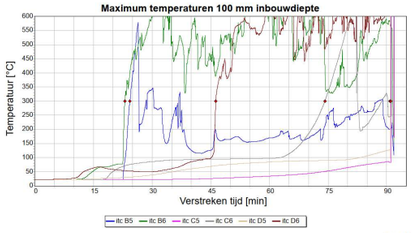
Figuur: 10



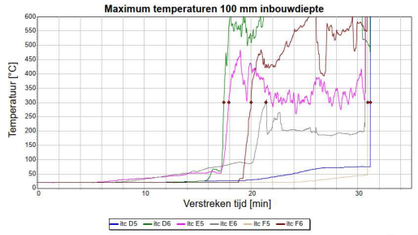
Figuur: 11



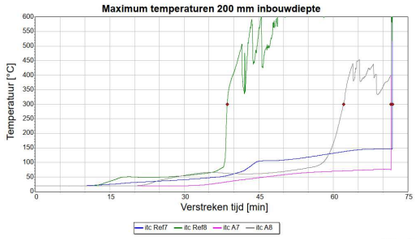
Figuur: 11



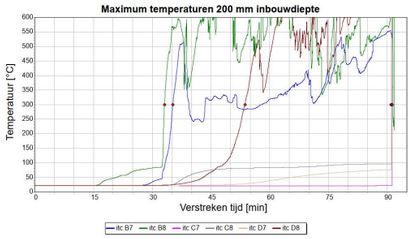
Figuur: 11



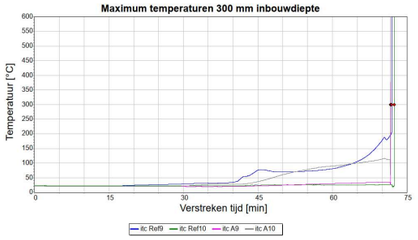
Figuur: 11



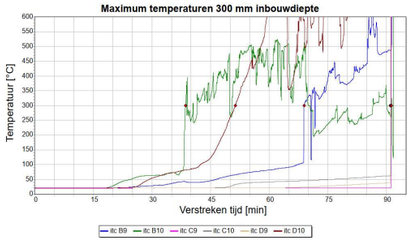
Figuur: 12



Figuur: 12

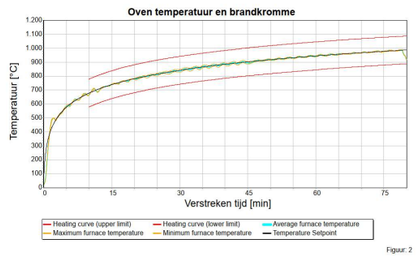


Figuur: 13

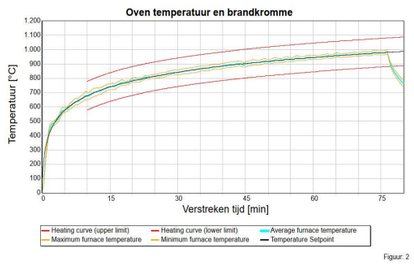


Figuur: 13

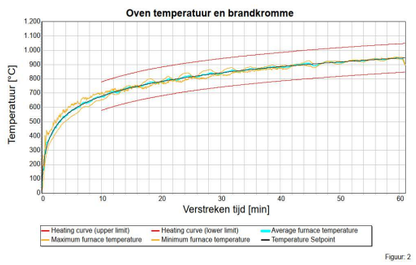
PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-11-NO	PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-13-NO	PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-3-NO
HENNEPSCHEVEN	HENNEPSCHEVEN	VLAS
Hennepscheven, DunAgro Ø 0,4 - 1 cm 'BHG'	Hennepscheven, DunAgro Ø 0,15 - 1 cm + vezel	Vlas, Isovlas PL
140 mm	140 mm	140 mm (2x 70 mm)
151 kg/m³	141 kg/m³	22 kg/m³



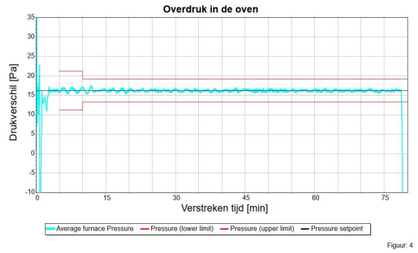
Figuur: 2



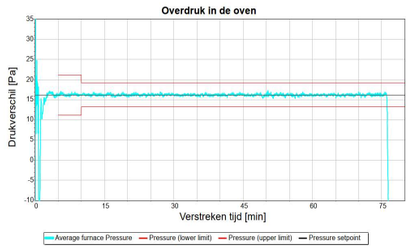
Figuur: 2



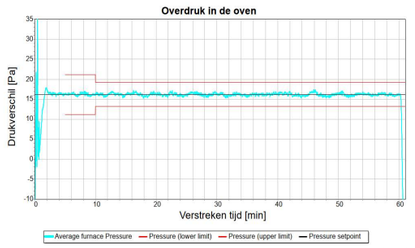
Figuur: 2



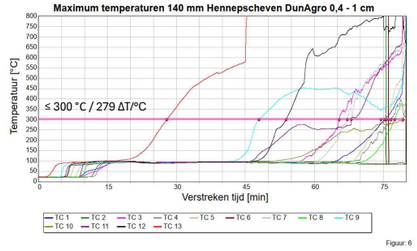
Figuur: 4



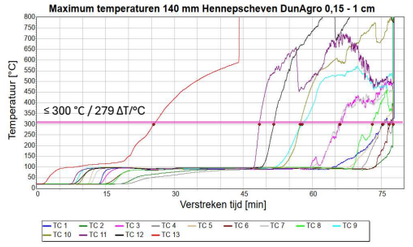
Figuur: 4



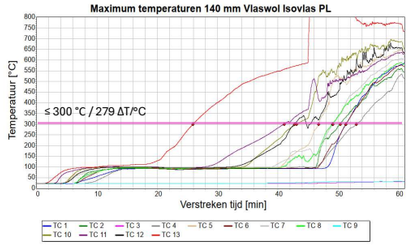
Figuur: 4



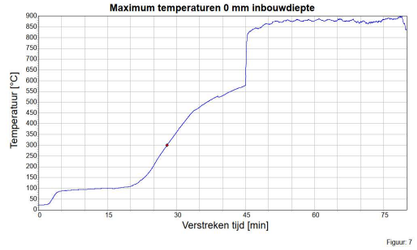
Figuur: 6



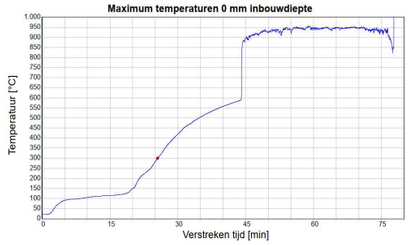
Figuur: 6



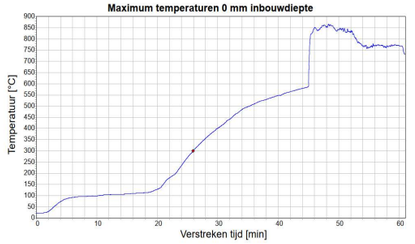
Figuur: 6



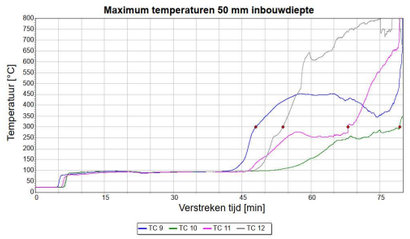
Figuur: 7



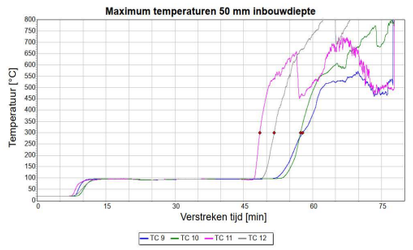
Figuur: 7



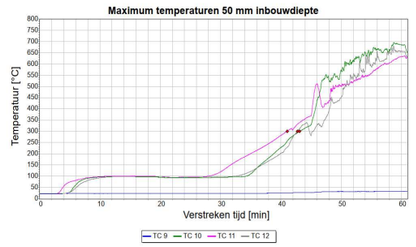
Figuur: 7



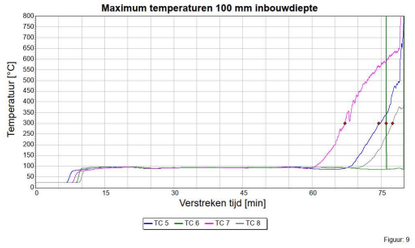
Figuur: 8



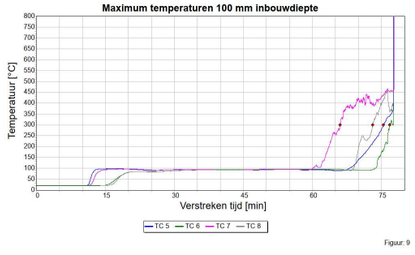
Figuur: 8



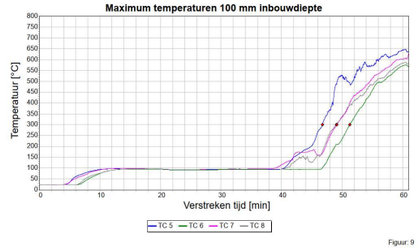
Figuur: 8



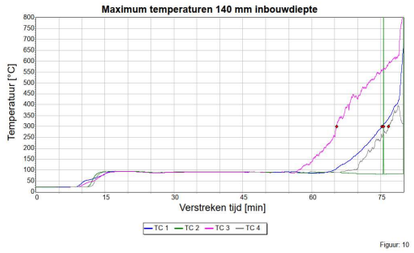
Figuur: 9



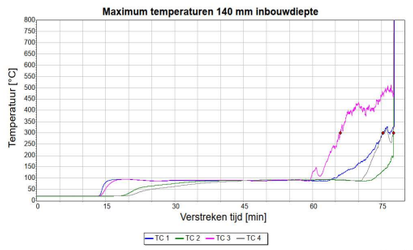
Figuur: 9



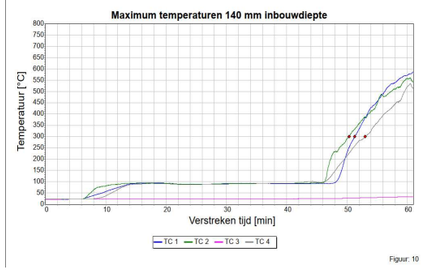
Figuur: 9



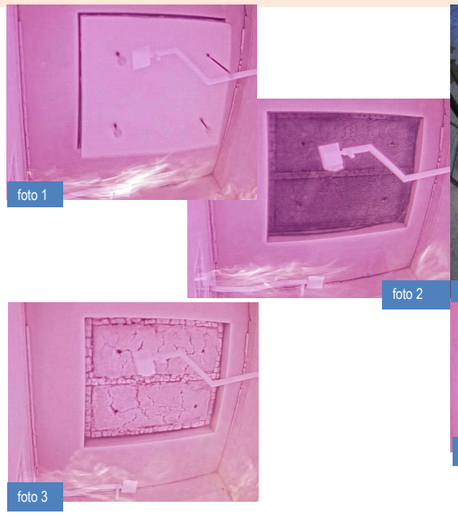
Figuur: 10



Figuur: 10



Figuur: 10



Waarneming tijdens test:
Foto 1: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 2: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) na 60 minuten

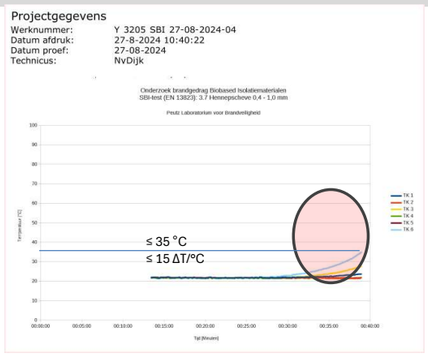


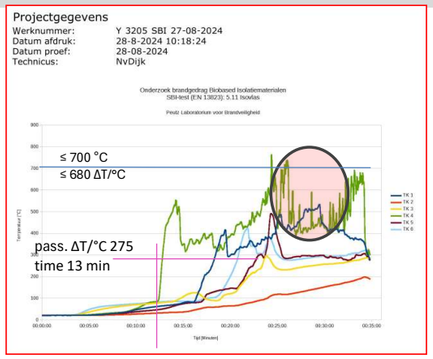
Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de niet-verhitte zijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten



Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de vuurzijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten

HOUTWOL	HENNEPSCHEVE	HENNEPSCHEVE	ISOVLAS
Gutex	- 3.7 Hennepscheve Ø 0.4-1 cm, 150 kg/m3	- 3.7 Hennepscheve Ø 0.4-1 cm, 150 kg/m^3	- 5.11 Isovlas
Thermofibre - Blown-in 35-60 kg/m³			





<----------

<----------

<----------

<----------

- 3.7 Hennepscheve Ø 0.4-1 cm, 150 kg/m3	- 5.11 Isovlas





Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 93%; inklinking door transport gemiddeld 7,2% (ca. 100 mm).

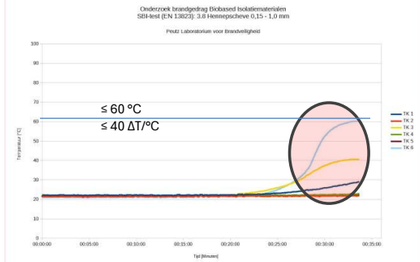
Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: 11-17%
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): gemiddeld 11% -100% afgekoold in onderhoek

Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 93%; inklinking door transport gemiddeld 7,2% (ca. 100 mm).

Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: ca. 50%
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 44-100%

- 3.8 Hennepscheve Ø 0.15-1 cm, 120 kg/m3

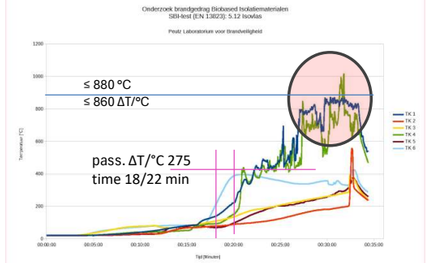
Projectgegevens
Werknummer: Y 3205 SBI 27-08-2024-08
Datum afdruk: 27-8-2024 14:03:51
Datum proef: 27-08-2024
Technicus: NvDijk



<----------
<----------

- 5.12 Isovlas

Projectgegevens
Werknummer: Y 3205 SBI 28-08-2024
Datum afdruk: 28-8-2024 11:22:23
Datum proef: 28-08-2024
Technicus: NvDijk



<----------
<----------

- 3.8 Hennepscheve Ø 0.15-1 cm, 120 kg/m3



Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 93%; inklinking door transport gemiddeld 7,2% (ca. 100 mm).

Waarneming na testbeïndiging:
Het brandgedrag is vergelijkbaar met het gedrag van meting '3.7 Hennepscheve 0,4 - 1,0 mm'
Hoogteverlies: 11-17%
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): gemiddeld 11% -100% afgekoold in onderhoek

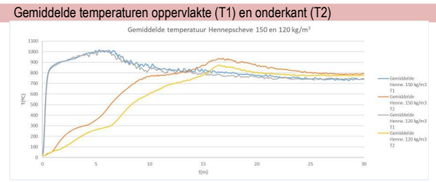
- 5.12 Isovlas



Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 100%

Waarneming na testbeïndiging:
Het brandgedrag is vergelijkbaar met het gedrag van meting '5.11 Isovlas'
Hoogteverlies: 50%
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 44-100%

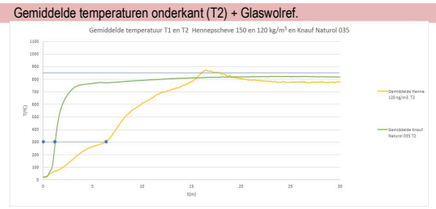
Gemiddelde temperaturen oppervlakte (T1) en onderkant (T2)

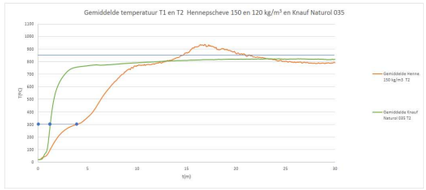


Gemiddelde temperaturen oppervlakte (T1) en onderkant (T2)



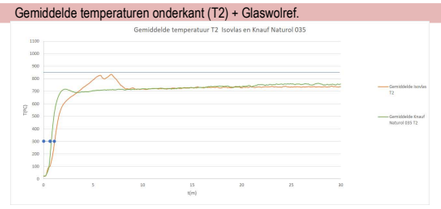
Gemiddelde temperaturen onderkant (T2) + Glaswolref.



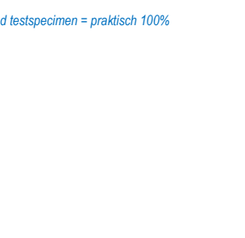


Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

Gemiddelde temperaturen onderkant (T2) + Glaswolref.



Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

	Degradatie	Degradatie
	Foto's 5 en 6: Hennepscheve Ø 0.4-1 cm, 150 kg/m3 na test	Foto's 19 en 20: Isovlas, 35 kg/m3 - voor/na test
	De foto vóór de test is niet genomen, maar ik zag er vergelijkbaar uit met Foto 1 	 
	Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%	*Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%*
	Waarneming na testbeïndiging: *MLR (g/m2) 79,5* *MLR (g/s x m2) 9,3* *krimp evenwijdig aan oppervlakte >95%* *krimp van volumedikte >95%* *volumekrimp >95%*	*Waarneming na testbeïndiging (gemiddelde):* *MLR (g/m2) 44,3* *MLR (g/s x m2) 4,2* *krimp evenwijdig aan oppervlakte 69%* *krimp van volumedikte 90%* *volumekrimp 97%*
	Foto's 7 en 8: Hennepscheve Ø 0.15-1 cm, 120 kg/m3 na test	*Zie hierboven, geen sigignificant verschil waar te nemen*
	De foto vóór de test is niet genomen, maar ik zag er vergelijkbaar uit met Foto 1 	
	Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%	*Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%*
	Waarneming na testbeïndiging: *MLR (g/m2) 63,6* *MLR (g/s x m2) 8,8* *krimp evenwijdig aan oppervlakte >95%* *krimp van volumedikte >95%* *volumekrimp >95%*	*Waarneming na testbeïndiging (gemiddelde):* *MLR (g/m2) 44,3* *MLR (g/s x m2) 4,2* *krimp evenwijdig aan oppervlakte 69%* *krimp van volumedikte 90%* *volumekrimp 97%*

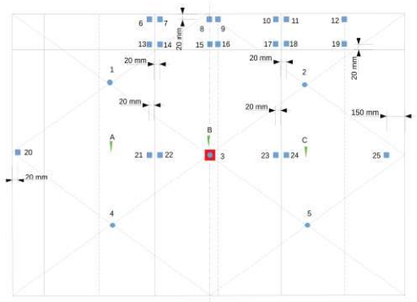
YD-3012-1-RA - EN1364-1 -Vlaswol_facade-folie_o-i

VLASWOL

Vlaswol Isovlas PL
Isovlas PS, 2x 120 mm
20-30 kg/m³

Wandtype: buitenwand/ binnenspouwblad
Stijl/regelwerk: 38x235
Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat aan één zijde
Spouwzijde: Folie

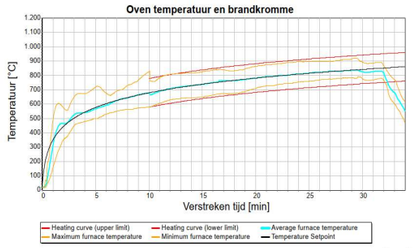
YD 3012 Thermokoppels, doorbuiging en straling



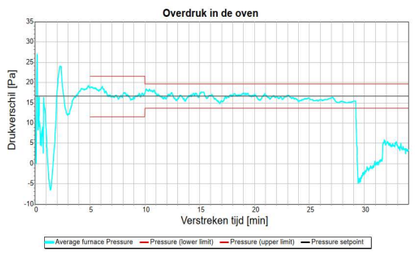
- Gemiddelde temperatuur
- Maximum temperatuur
- Doorbuiging
- Straling

t.3.1 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving

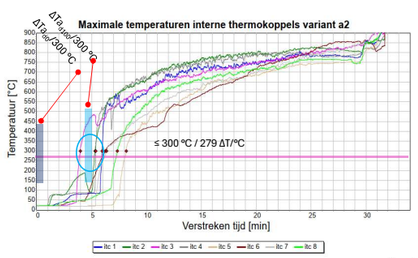
Tijd [min]	Waarneming
0:00	Aanvang beproeving
1	(VZ) folie vrijwel direct weggebrand
2	(VZ) Isolatiedeken 5° vak (vanaf rechterzijde vuurzijde) valt weg
5	(VZ) Isolatie van vakken 4 en 5 (vanaf rechterzijde vuurzijde) zijn in de oven gevallen
6	(VZ) Isolatie van vakken 2 t/m 6 (vanaf rechterzijde vuurzijde) vrijwel geheel weggevallen.
18	Gloeinaad zichtbaar in de horizontale naad (vakken 2 t/m 5 vanaf linkerzijde)
19	Wattenkussen toegepast t.p.v. de gloeinaad, geen gloeien, geen verkleuring
22	Gipsvezelplaten beginnen te scheuren
24	Naadwijdte vak 5 (vanaf linkerzijde) > 6mm en > 150 mm. **Prestatie E bereikt**
27	TK 28 is weggevallen
28:30	Vlammen > 10 seconden uit de horizontale naad vak 2 (vanaf linkerzijde)
29	Einde beproeving in overleg met de opdrachtgever



Figuur: 2



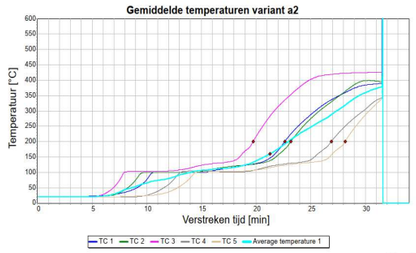
Figuur: 4



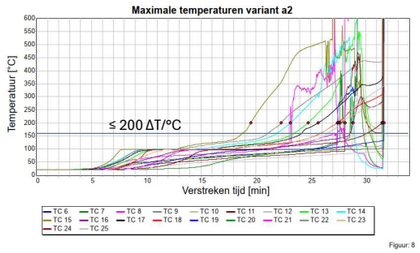
Figuur: 1

Bescherming folie valt praktisch weg na gemiddeld 0,5 min. testtijd (tc 1-4)
300°C isotherme op 100 mm testdiepte gemiddeld na 4,5 min. testtijd bereikt. (tc 5-8)

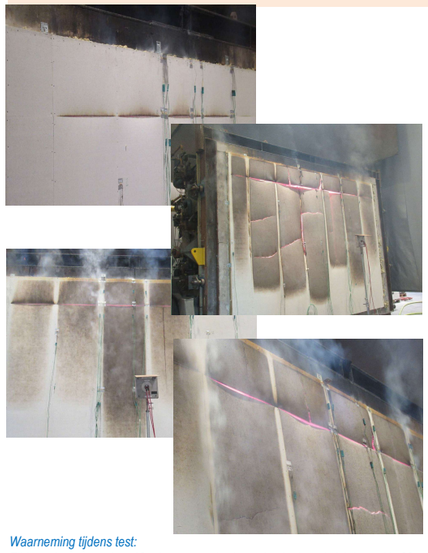
$\Delta T_{0\text{-}100}$ /300°C isotherme = 4 min.



Figuur: 7



Figuur: 8



Waarneming tijdens test:
Tijdens de test werd na 18 minuten een horizontale gloeinaad zichtbaar. Na 22 minuten begonnen de gipsvezelplaten te scheuren. Op 24 minuten ontstond in vak 5 (vanaf de linkerzijde) een verticale naad > 6 mm en > 150 mm lang, waarmee de prestatie E werd bereikt. Na 28 minuten volgden vlammen > 10 seconden bij de horizontale naad in vak 2 (vanaf de linkerzijde).

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YC 3331-1-NO-001

VLASWOL

Vlas Isovlas

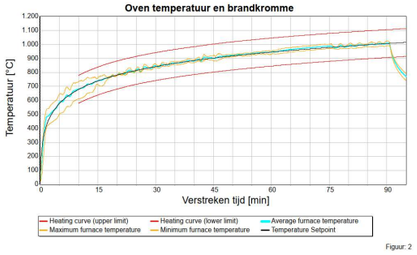
300 mm

Vak E (links)

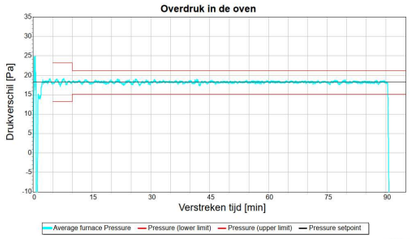
19 kg/m³

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	E, F en G	Aanvang beproeving
12	F	MDF begint te scheuren
16	F	Vulling valt deels weg aan bovenzijde
18	E, F en G	Gedeeltelijk wegvallen MDF en vulling begint te krimpen
18	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 2): Rechterzijde 81 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 2): Bovenzijde 101 mm
20	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 3): Linkerzijde 37 mm, Bovenzijde 165 mm
30	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 290 mm; Linkerzijde 61 mm; Rechterzijde 87 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 168 mm; Linkerzijde 104 en 38 mm
	G	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 31 mm
41	F	Bovenzijde vuling nagenoeg weg
45	G	Vulling begint te brokkelen en deels te vallen
60	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 406 mm; Rechterzijde 132 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 236 mm
	G	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 28 mm; Linkerzijde 28 mm
77	G	Stukken vulling vallen weg
90		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YB 3331-1-NO-001

MISCANTHUS

Miscanthus verhoeven 0,5

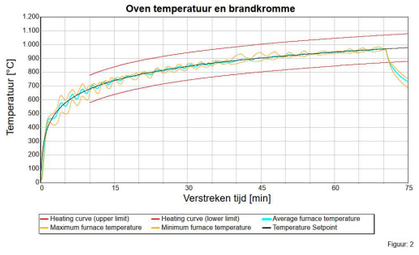
100 mm

Vak G (links)

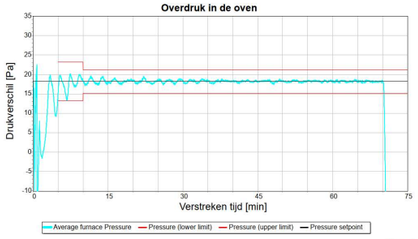
ingeblazen

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	G, Ref, A	Aanvang beproeving
19	G, A	Stukken MDF weggevallen aan bovenzijde, vulling begint te krimpen
	G	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #2 Bovenzijde 57 mm
	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #2 Bovenzijde 56 mm; Linkerzijde 52 mm
21	G	Vulling vrijwel volledig weggevallen
25	Ref	Glaswol begint te krimpen
30	Ref	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 72 mm; Rechterzijde 34 mm
	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 103 mm; Linkerzijde 49 mm; Rechterzijde 28 mm
33	Ref	Glaswol gedeeltelijk weggevallen
38	ref	Glaswol vrijwel volledig weggevallen
45	A	Houtwol krimpt aanzienlijk
60	A	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #5 Bovenzijde 232 mm; Linkerzijde 47 mm; Rechterzijde 40 mm
70		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YC 3331-1-NO-001

MISCANTHUS

Miscanthus Verhoeven 0,5

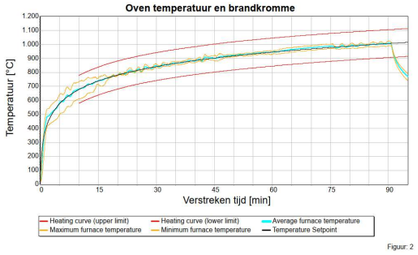
300 mm

Vak G (rechts)

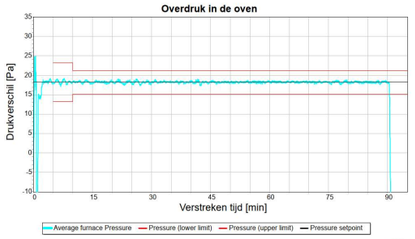
ingeblazen

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	E, F en G	Aanvang beproeving
12	F	MDF begint te scheuren
16	F	Vulling valt deels weg aan bovenzijde
18	E, F en G	Gedeeltelijk wegvallen MDF en vulling begint te krimpen
18	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 2): Rechterzijde 81 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 2): Bovenzijde 101 mm
20	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 3): Linkerzijde 37 mm, Bovenzijde 165 mm
30	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 290 mm; Linkerzijde 61 mm; Rechterzijde 87 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 168 mm; Linkerzijde 104 en 38 mm
	G	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 4): Bovenzijde 31 mm
41	F	Bovenzijde vuling nagenoeg weg
45	G	Vulling begint te brokkelen en deels te vallen
60	E	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 406 mm; Rechterzijde 132 mm
	F	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 236 mm
	G	Visuele beoordeling krimp vanaf de vuurzijde (zie bijlage 2, foto 5): Bovenzijde 28 mm; Linkerzijde 28 mm
77	G	Stukken vulling vallen weg
90		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



Figuur: 2



Figuur: 4

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - Y 331-3-NO-002

HENNEPWOL

Hempflax Hemkor

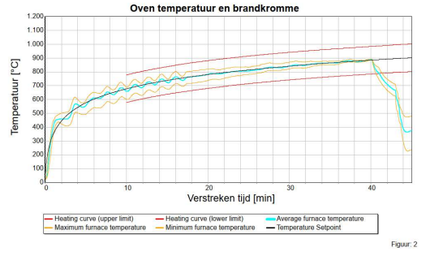
100 mm

Vak B (midden)

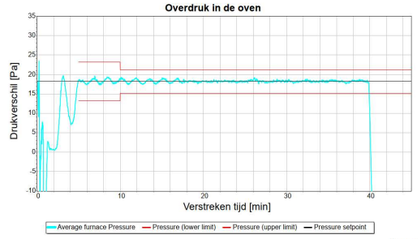
33 kg/m³

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	A, B en C	Aanvang beproeving
17:20	A	Eerste stukken MDF plaat vallen in de oven
18:30	C	MDF plaat begint te scheuren
19:30	B, C	Groot stuk MDF valt in de oven, bovenzijde vulling vak B en C worden vuurbelast
20	B	Vulling begint zichtbaar te krimpen
20	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 3 Bovenzijde 33 mm; Linkerzijde 48 mm; Rechterzijde 30 mm
21 - 23	C	Grote stukken MDF vallen in de oven, vulling vak C vrijwel volledig vuurbelast
24	A en C	Vulling begint zichtbaar te krimpen / weg te vallen
24	A	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 102 mm; Linkerzijde 37 mm; Rechterzijde 37 mm
	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 93 mm; Linkerzijde 38 mm; Rechterzijde 29 mm
	C	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 4 Bovenzijde 285 mm; Linkerzijde 172 mm
24	A	Grote stukken MDF vallen in de oven, vulling vak A vrijwel volledig vuurbelast
26	C	Vulling vak C valt gedeeltelijk in de oven
30	A	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 159 mm; Linkerzijde 30 mm; Rechterzijde 35 mm
	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 176 mm; Linkerzijde 36 mm; Rechterzijde 42 mm
	C	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 5 Bovenzijde 263 mm; Midden 200 mm
31	C	Vulling vak C vrijwel volledig in de oven gevallen
32:35	A	Vulling vak A volledig in de oven gevallen
40	B	Krimp visueel beoordeeld vanaf de vuurzijde, Zie bijlage 1, foto 6 Bovenzijde 497 mm; Linkerzijde 71 mm; Rechterzijde 63 mm
40		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever

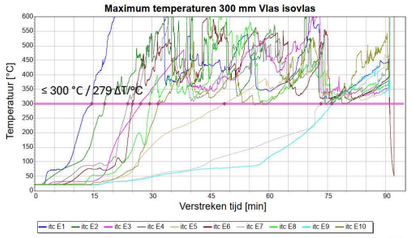


Figuur: 2



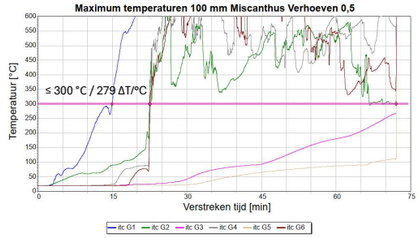
Figuur: 4

Maximum temperaturen 300 mm Vlas isovlas



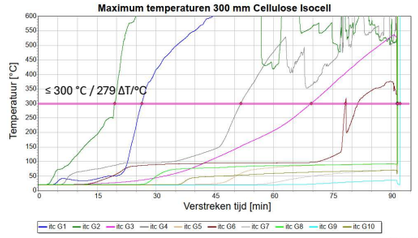
Figuur: 6

Maximum temperaturen 100 mm Miscanthus Verhoeven 0,5



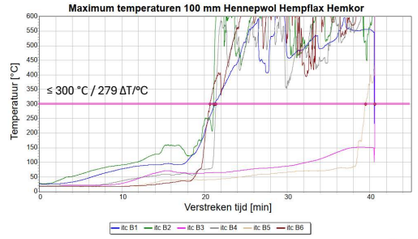
Figuur: 6

Maximum temperaturen 300 mm Cellulose Isocell



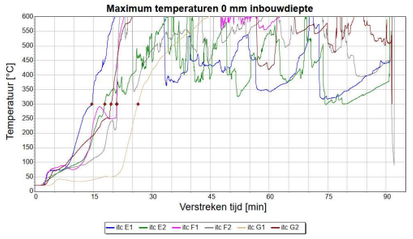
Figuur: 8

Maximum temperaturen 100 mm Hennepwol Hempflax Hemkor



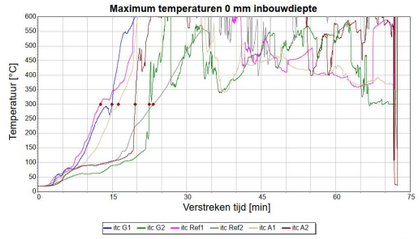
Figuur: 7

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



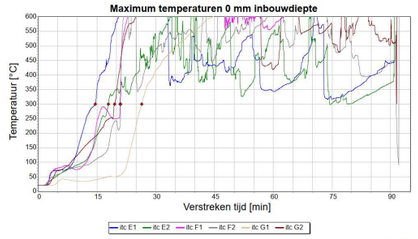
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



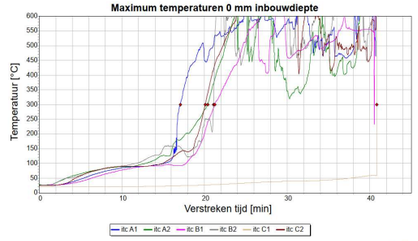
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



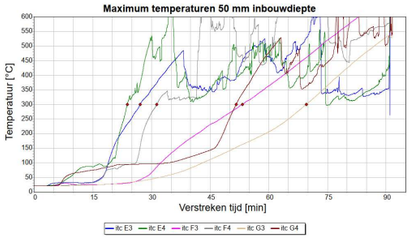
Figuur: 9

Maximum temperaturen 0 mm inbouwdiepte



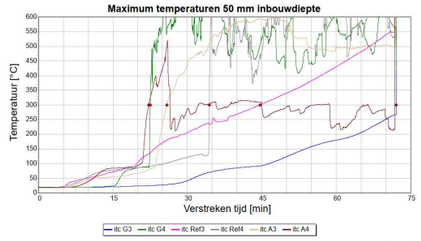
Figuur: 9

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



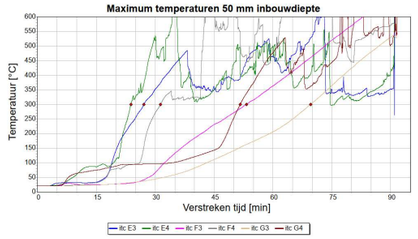
Figuur: 10

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



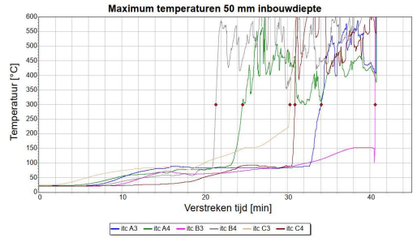
Figuur: 10

Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte

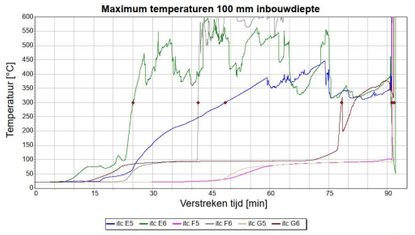


Figuur: 10

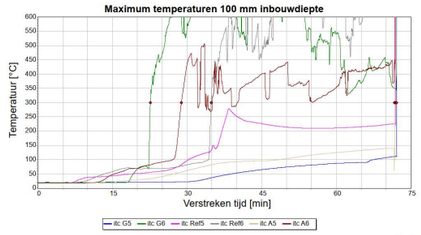
Maximum temperaturen 50 mm inbouwdiepte



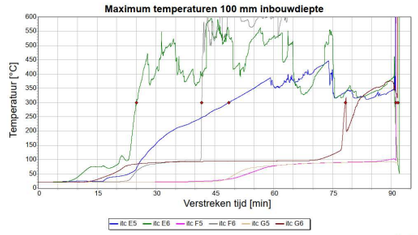
Figuur: 10



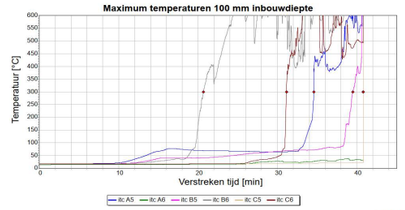
Figuur: 11



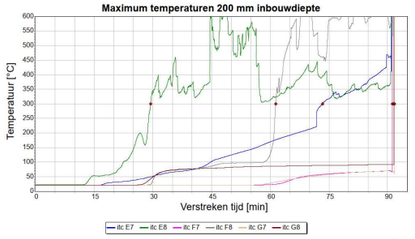
Figuur: 11



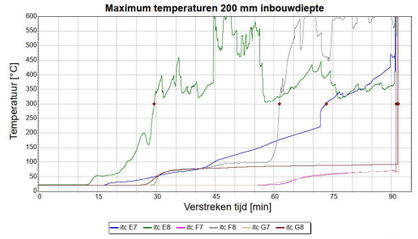
Figuur: 11



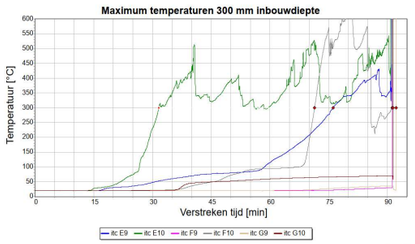
Figuur: 11



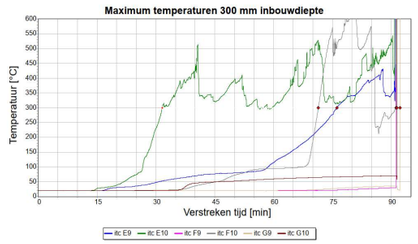
Figuur: 12



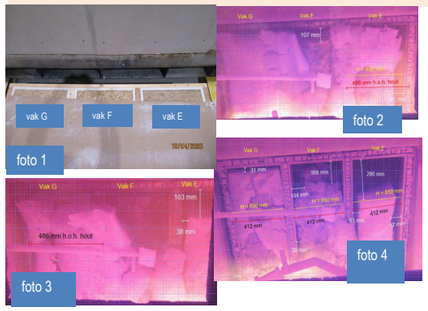
Figuur: 12

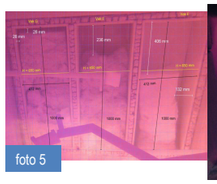


Figuur: 13



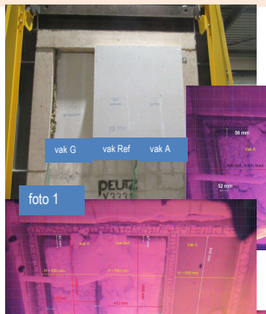
Figuur: 13

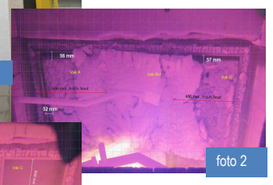




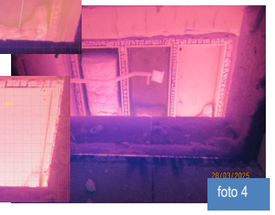


Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie vakvullingen (vanaf de vuurzijde)
Foto 2: Constructie, wegvallen MDF na 18 minuten beproeving
Foto 3: Constructie, wegvallen MDF na 20 minuten beproeving
Foto 4: Constructie na 30 minuten beproeving
Foto 5: Constructie na circa 60 minuten beproeving
Foto 6: Constructie na 90 minuten beproeving





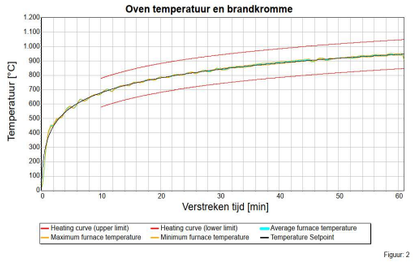




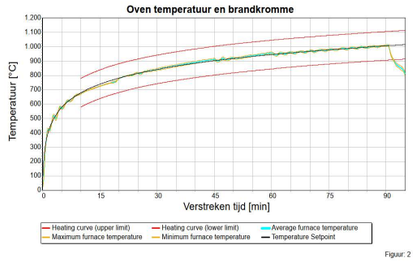


Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, aanzicht niet-verhitte zijde
Foto 2: Constructie, wegvallen MDF na 19 minuten beproeving
Foto 3: Krimp, na 30 minuten beproeving
Foto 4: Constructie, na 45 minuten beproeving
Foto 5: Krimp na 60 minuten beproeving

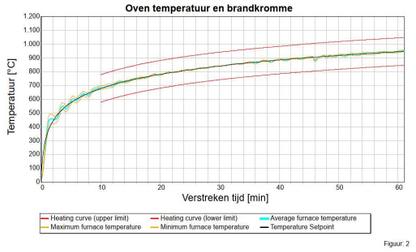
PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-10-NO	PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-12-NO	PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-5-NO
MISCANTHUSSTRO	MISCANTHUSSTRO	HENNEPWOL
Miscanthusstro, Verhoeven Ø 0,5 cm, 150 kg/m3	Miscanthusstro, Verhoeven Ø 2 cm	Hennepwol, Hempflax Hemkor
140 mm	140 mm	140 mm (1x 60 mm, 1x 80 mm)
n.t.b.	185 kg/m³	46 kg/m³



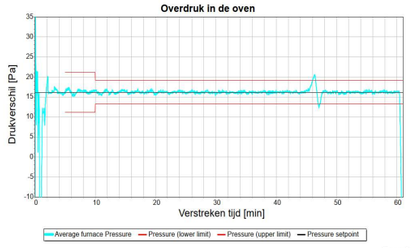
Figuur: 2



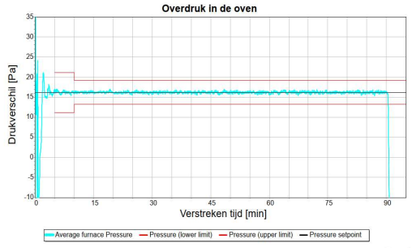
Figuur: 2



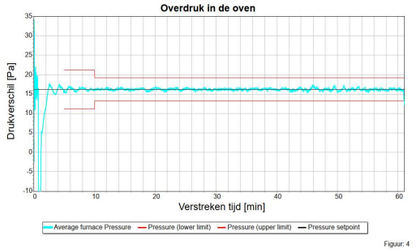
Figuur: 2



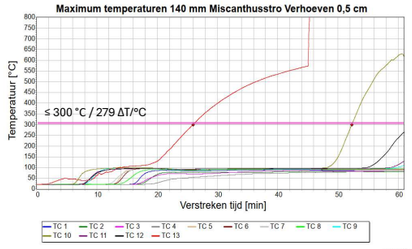
Figuur: 4



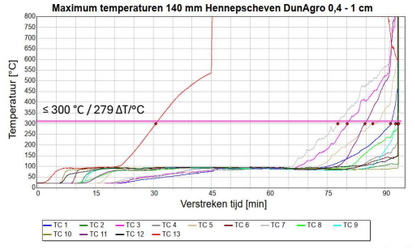
Figuur: 4



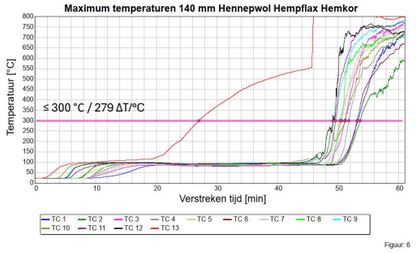
Figuur: 4



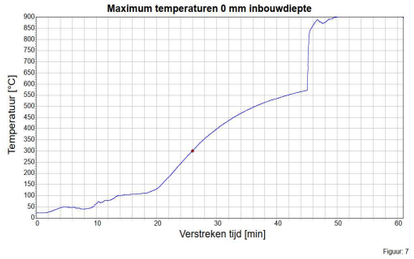
Figuur: 6



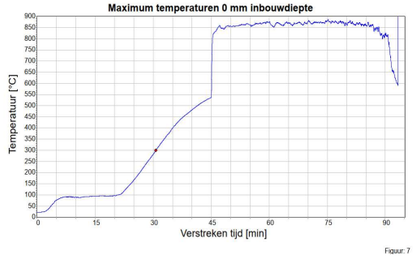
Figuur: 6



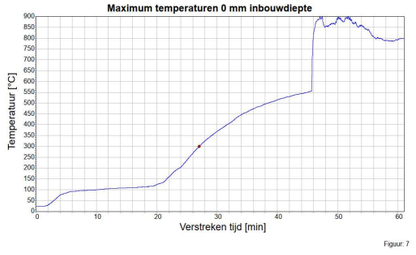
Figuur: 6



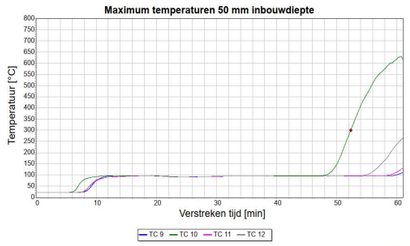
Figuur: 7



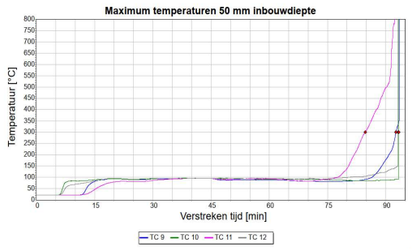
Figuur: 7



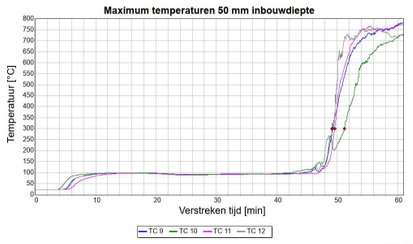
Figuur: 7



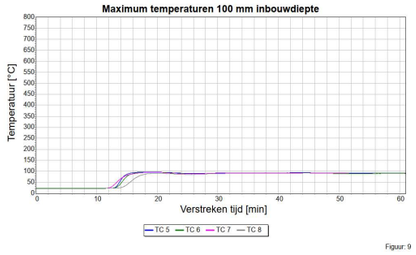
Figuur: 8



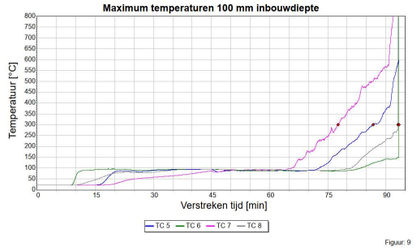
Figuur: 8



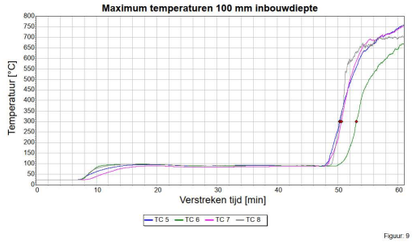
Figuur: 8



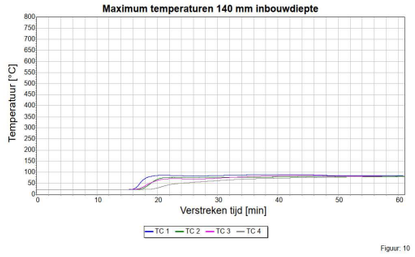
Figuur: 9



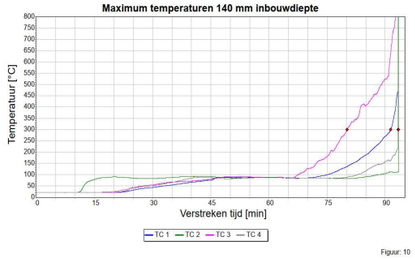
Figuur: 9



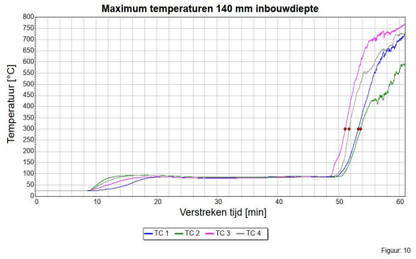
Figuur: 9



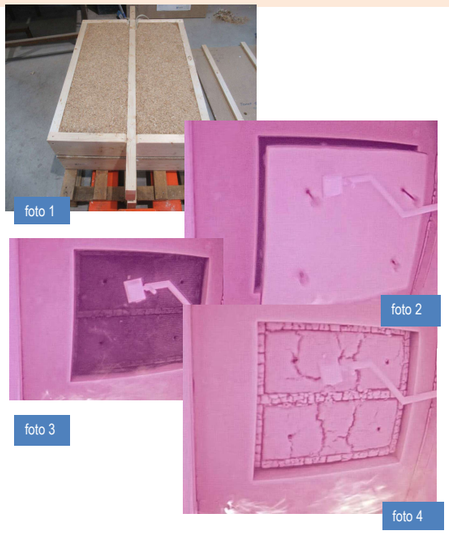
Figuur: 10



Figuur: 10



Figuur: 10



Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de niet-verhitte zijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten



Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de niet-verhitte zijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten

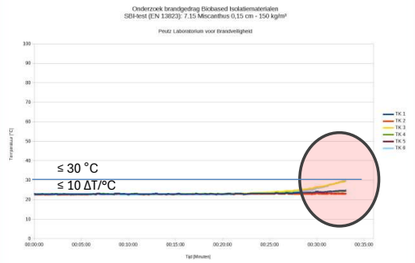


Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de vuurzijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten

ISOVLAS	MISCANTHUS	MISCANTHUS	HENNEPWOL
- 5.11 Isovlas	- 7.15 Miscanthus 0,5 cm - 150 km/m^3	- 7.15 Miscanthus 0,5 cm - 150 km/m^3	Hennepwol, Hempflax Hemkor
			39 - 45 kg/m^3

Projectgegevens

Werknummer: Y 3205 SBI 28-08-2024
Datum afdruk: 28-8-2024 13:27:28
Datum proef: 28-08-2024
Technicus: NvDijk

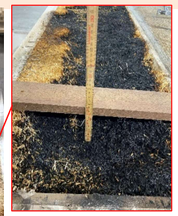


<----------

<----------

- 7.15 Miscanthus 0,5 cm - 150 km/m3









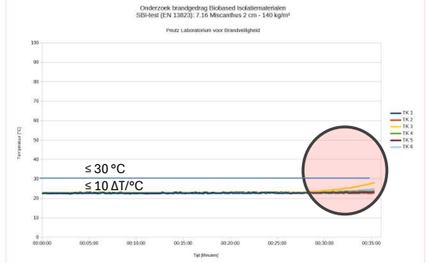
Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 95%; inklinking door transport gemiddeld 5% (ca. 100 mm).

Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: ca. 12% (170mm)
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 22-52%; in mid-midsectie meer verbrand dan aan onderzijde.

- 7.16 Miscanthus 2 cm - 140 km/m3

Projectgegevens

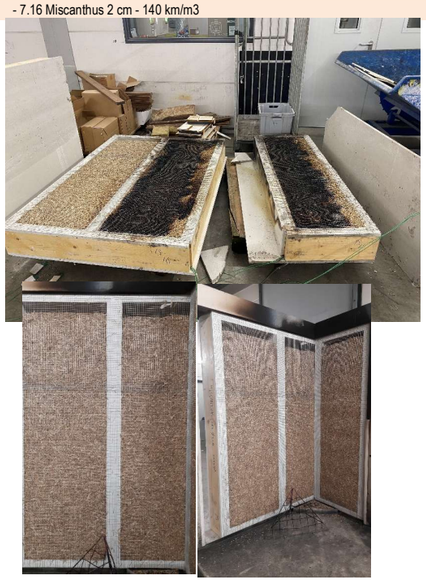
Werknummer:	Y 3205 SBI 28-08-2024
Datum afdruk:	28-8-2024 12:31:07
Datum proef:	28-08-2024
Technicus:	NvDijk



<----------

<----------

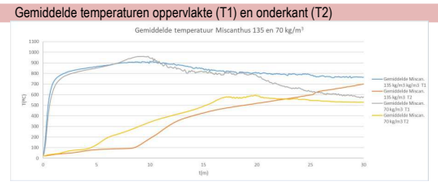
- 7.16 Miscanthus 2 cm - 140 km/m3



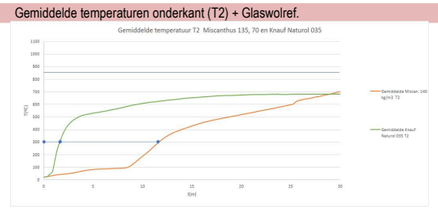
Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 95%; inklinking door transport in lange vleugel 5%

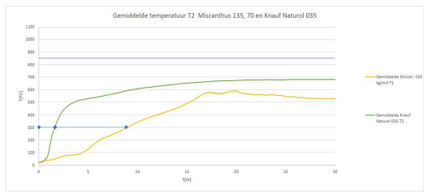
Waarneming na testbeïndiging:
Het brandgedrag is vergelijkbaar met '7.15 Miscanthus 0,15 cm - 150 km/m3'
Hoogteverlies: ca. 12% (170mm)
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 22-52%; in mid-midsectie meer verbrand dan aan onderzijde.

Gemiddelde temperaturen oppervlakte (T1) en onderkant (T2)



Gemiddelde temperaturen onderkant (T2) + Glaswolref.

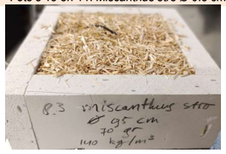




Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <15 min. testtijd

Degradatie

Foto's 13 en 14: Miscanthus stro Ø 0.5 cm, 150 kg/m3 - voor/na test





Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 77,6
MLR (g/s x m2) 5,5
krimp evenwijdig aan oppervlakte 37%
krimp van volumedikte 47%
volumekrimp 67%

Foto's 21 en 22: Miscanthus stro Ø 2 cm, 140 kg/m3 - voor/na test





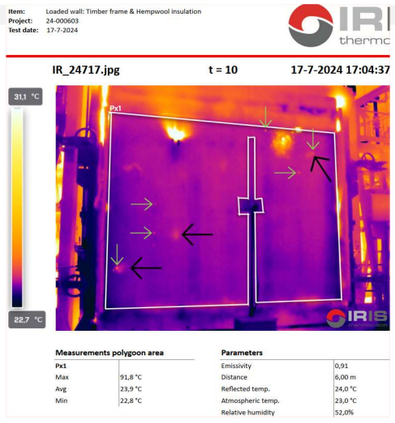
Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 118,6
MLR (g/s x m2) 8,9
krimp evenwijdig aan oppervlakte 51%
krimp van volumedikte 70%
volumekrimp 89%

	ENL-2024-Efectis-R000997 - EN1365-1 - Hennepwol	ENL-2024-Efectis-R000997 - EN1365-1 - Hennepwol
HENNEPWOL	HENNEPWOL	HENNEPWOL
Hennepwol	Dun Agro Hemp Group	Dun Agro Hemp Group
Hempflax Hemkor	Hennep isolatie FL	Hennep isolatie FL
39 - 45 kg/m3	35 kg/m3	35 kg/m3

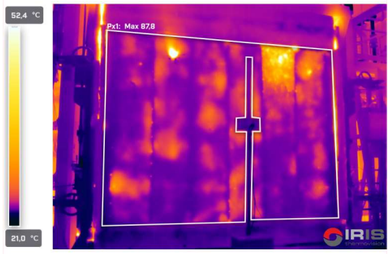
Wandtype: Scheidingswand
Stijl/regelwerk: 38x89 mm
Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan beide zijden
Spouwzijde: n.v.t.





Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24737.jpg t = 15 17-7-2024 17:09:37



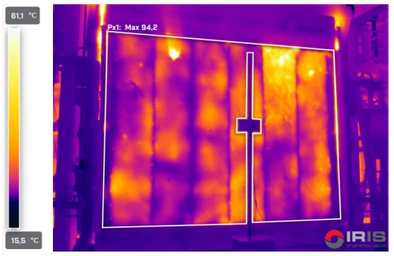
Measurements polygoon area	
Px1	
Max	87,8 °C
Avg	25,2 °C
Min	23,1 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

R-H richting einde vocht in plaat (calcineren v/d plaat) ca. 17. min.

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24757.jpg t = 20 17-7-2024 17:14:37



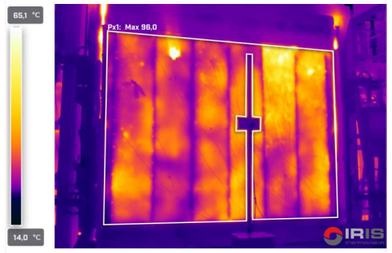
Measurements polygoon area	
Px1	
Max	94,2 °C
Avg	29,1 °C
Min	23,0 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

R-H geeft geen koeling (plaat is gecalcineerd) en OSB warmt snel sterk op

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24777.jpg t = 25 17-7-2024 17:19:37

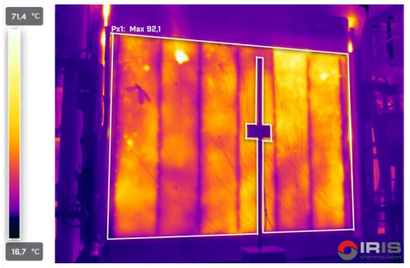


Measurements polygoon area	
Px1	
Max	96,0 °C
Avg	34,4 °C
Min	23,2 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

Item: Loaded wall: Timber frame & Hempwool insulation
Project: 24-000603
Test date: 17-7-2024

IR_24797.jpg t = 30 17-7-2024 17:24:37



Measurements polygoon area	
Px1	
Max	92,1 °C
Avg	40,1 °C
Min	23,7 °C

Parameters	
Emissivity	0,91
Distance	6,00 m
Reflected temp.	24,0 °C
Atmospheric temp.	23,0 °C
Relative humidity	52,0%

not available

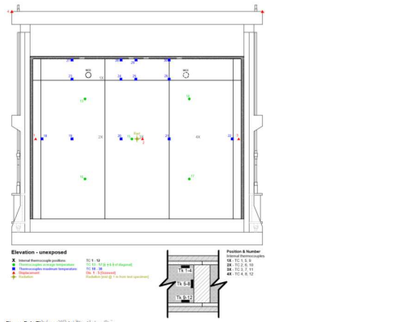


Figure B.1: Thermocouple drawing

5.1 OBSERVATIONS DURING HEATING

Table 5.1: Observations during the fire test

Time [min]	Observations
-15	Application of load
0	Start of heating
14	Discolouration occurring around power socket back box on the unexposed side
18	Test specimen burning on the exposed side causing fluctuations in pressure
19	Fibreboard starting to deteriorate on the exposed side
24:30	Middle OSB panel deteriorating on the exposed side
25	Upper middle fibreboard fell off on the exposed side
27	A lot of smoke coming from the test specimen all around
27	No visibility on internal camera due to smoke production of test specimen
33	Amount of smoke rapidly reduced
35	Centre joints on the unexposed side starting to open
36	Test specimen collapsed in excess of given criteria
36	End of heating

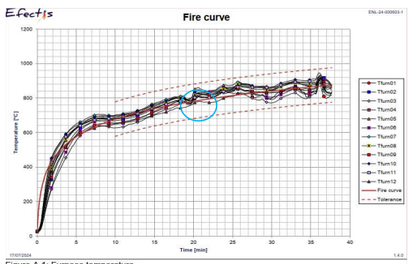


Figure A.1: Furnace temperature

Na 19 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk

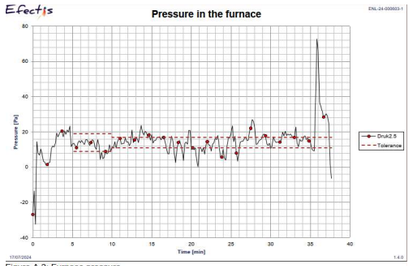


Figure A.3: Furnace pressure
To be read in conjunction with §6.2.2

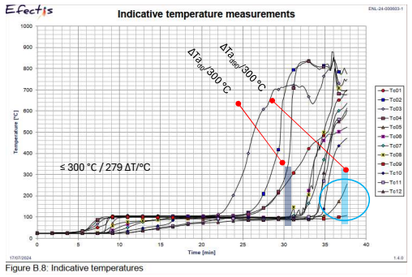


Figure B.8: Indicative temperatures

Bescherming RH+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 29 min. (tc 1-4)
300 °C isotherme op 90 mm testdiepte gemiddeld na 36 min. testtijd bereikt. (tc 9-12)
$\Delta T_{0,90}$/300°C isotherme = ca. 7 min.

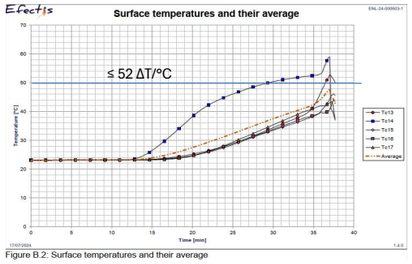
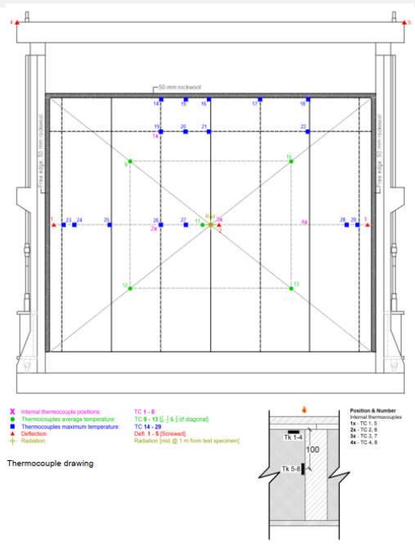
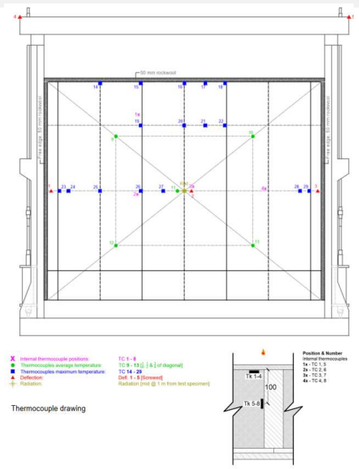
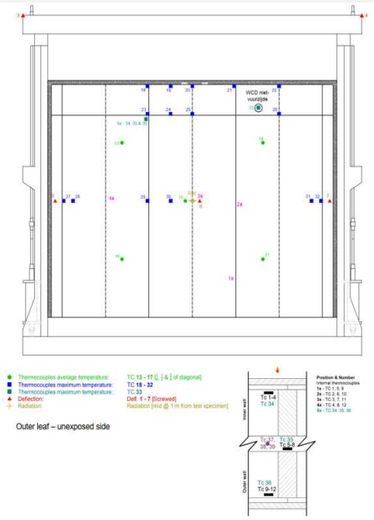


Figure B.2: Surface temperatures and their average

ENL-25-000125 - EN1365-1 - Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_i-o	ENL-25-000397 - EN1365-1 - Hennepwol_facade-9VC-spouwplaat_o-i	ENL-25-000294 - EN1365-1 - Hennepwol_wos-wand-4,5VC-spouwplaat
HENNEPWOL	HENNEPWOL	HENNEPWOL
Dun Agro Hemp Group Hennep isolatie FL 30-40 kg/m3	Dun Agro Hemp Group Hennep isolatie FL 30-40 kg/m3	Dun Agro Hemp Group Hennep isolatie FL 30-40 kg/m3
Wandtype: buitenwand/ binnenspouwblad Stijl/regelwerk: 38x235 mm Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan één zijde Spouwzijde: 9 mm windstopper basic	Wandtype: buitenwand/ binnenspouwblad Stijl/regelwerk: 38x235 mm Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan één zijde Spouwzijde: 9 mm vezelcement (Windstopper Basic)	Wandtype: Woningscheidend Stijl/regelwerk: 2 maal 38x120 mm Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan beide zijden Spouwzijde: 4,5 mm Windstopper Extreme





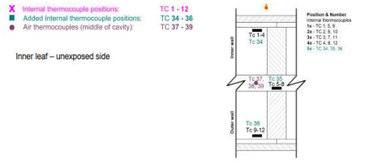


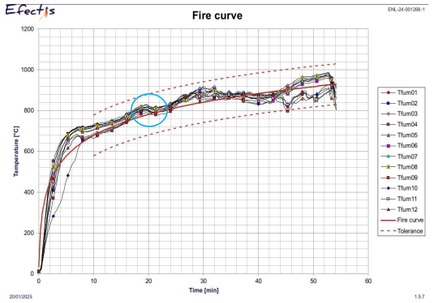
9.2. During the fire test

Time [min]	Observations *As seen from the unexposed side*
0	Start of the heating *Furnace thermocouple 10 not in working order, removed from calculation* *Indicative thermocouple 7 not in working order*
10 - 20	No remarks
23	Vertical joint opening, smoke – *at mid width top quarter*
24	Vertical joint opening, smoke – *right joint at top*
26	Intense burning of the test specimen - *on the exposed side*
28	Vertical joint opening, smoke and discolouration – *left joint above mid height*
30	Smoke and discolouration of all joints
33	Panel discolouration – *left joint above mid height*
45	No remarks
48	Cracking sounds from within the furnace
49	Panel discolouration and visible horizontal crack – *to the right of the middle joint at top quarter*
51	Opening > 25 mm, no cotton pad was applied due to safety risk *to the right of the middle joint at top quarter*
53	Vertical displacement in excess of 32 mm
53	End of heating

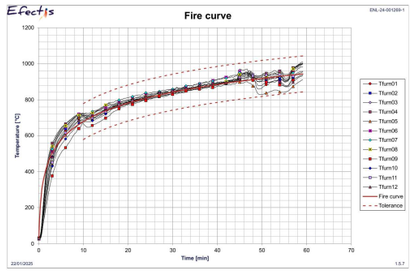
9.2. During the fire test

Time [min]	Observations *As seen from the unexposed side*
0	Start of the heating *TC 18 not in working order*
10	No remarks
11	Burning of the test specimen affecting pressure
15 - 30	No remarks
34	Pressure fluctuation due to opening of door in the laboratory
44	Internal panel fell off on the exposed side
47	Pressure and temperature fluctuations due to burning of the test specimen
52	Vertical joint opening, smoke – *at middle left joint at mid height* Specimen bending away from furnace – *at centre*
54	Opening > Ø 6 mm over 15 cm, no gauges used due to safety risk - *to the middle-left joint at the top quarter* Vertical joints opening throughout the test specimen Radiation meter removed
57	Cracks and discolouration – *middle joints at the top quarter*
59	End of the heating





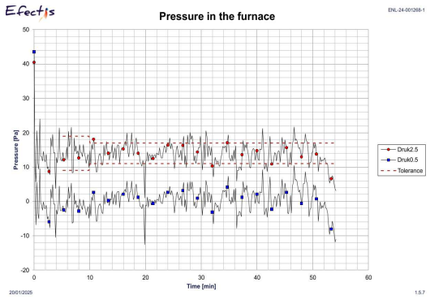
Na 22 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk

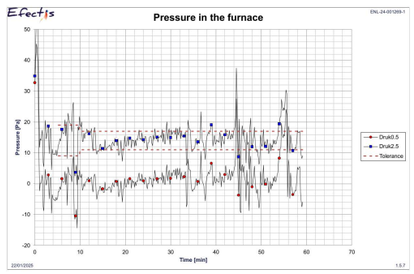


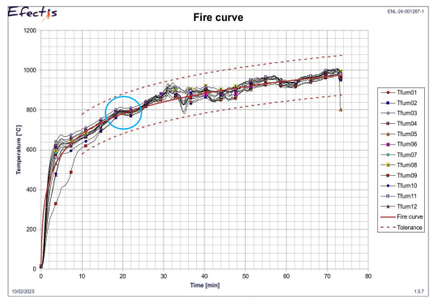
Geen bijzonder waarneming in oven.

9.2. During the fire test

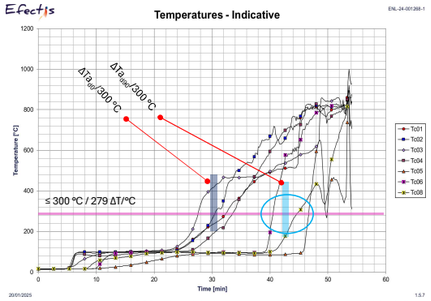
Time [min]	Observations *As seen from the unexposed side*
0	Start of the heating *Thermocouple 07 not in working order*
10 – 30	No remarks
34	Smoke from back of furnace
38	Inner leaf timber frame visible through lining layers - *exposed side*
40	Inner leaf insulation falling out of the timber structure - *exposed side*
45	Smoke occurring from backbox - *top mid-right* *Furnace clock no longer working*
46	Inner leaf vertical displacement in excess of 32 mm – hydraulic pressure removed from the inner leaf
47	Smoke occurring from backbox - *bottom left*
54	Moisture and smoke occurring backbox - *top mid-right* *Furnace clock restored*
57	Discolouration and liquid visible at backbox - *top mid-right*
70:30	Flame > 10 seconds from backbox – *top mid-right*
73	End of the heating





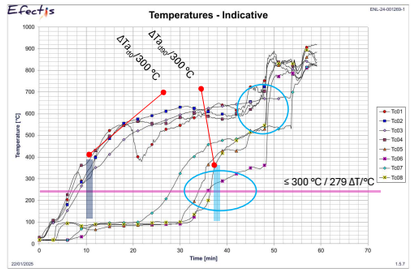


Na 20 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk



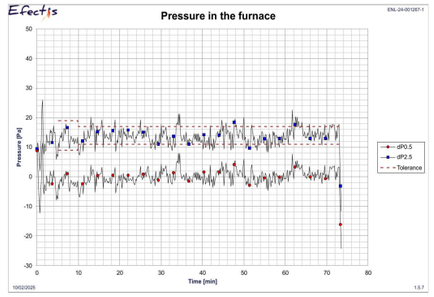
Bescherming gipsvezelpl.+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 32 min. testtijd (tc 1-4)
300°C isotherme op 100 mm testdiepte gemiddeld na 43 min. testtijd bereikt. (tc 5-8)

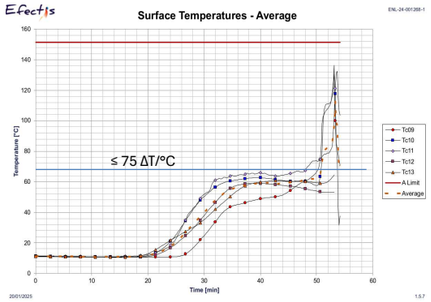
$\Delta T_{0\text{-}100}$ /300 °C isotherme = ca. 6 min.

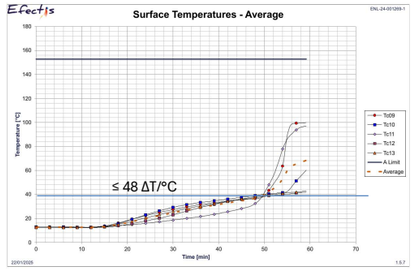


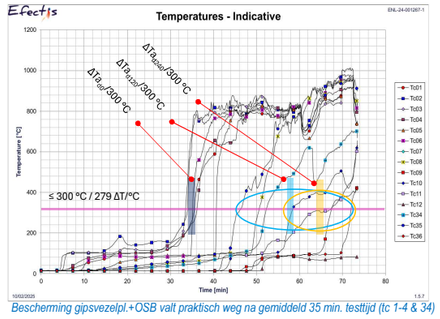
Bescherming 9 mm vezelcementpl. valt praktisch weg na gemiddeld 45 min. testtijd (tc 1-4)
300 °C isotherme op 100 mm testdiepte gemiddeld na 35 min. testtijd bereikt. (tc 5-8)

$\Delta T_{0\text{-}100}$ /300°C isotherme = ca. 25 min.









Bescherming gipsvezelpl.+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 35 min. testtijd (tc 1-4 & 34)

300°C isotherme op 120 mm testdiepte gemiddeld na 58 min. testtijd bereikt. (tc 5-8 & 35)

300°C isotherme op 240 mm testdiepte gemiddeld na 66 min. testtijd bereikt. (tc 9-12 & 36)

$\Delta T_{\delta\text{-}120}$/300°C isotherme = ca. 5 min. *excl. 4,5 vezelcementpl. via observatie in oven* *& 23 min.* *incl. 4,5 mm vezelcementpl.*

$\Delta T_{\delta\text{-}240}$/300°C isotherme = ca. 31 min. *incl. 2x 4,5 mm vezelcementplaat*

PL2v_EN1363-1_R&D-wand - YC 3331-1-NO-001

HENNEPWOL

Hennepwol Hempflax Hemkor

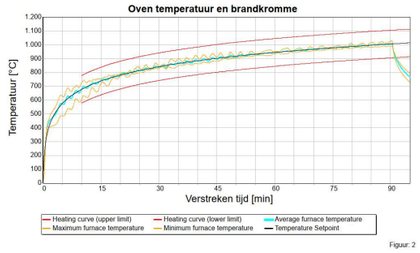
300 mm

Vak B (links)

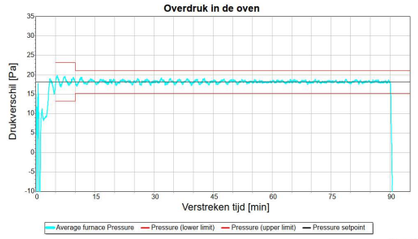
33 kg/m³

t 5 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving (waarneming vanaf de vuurzijde)

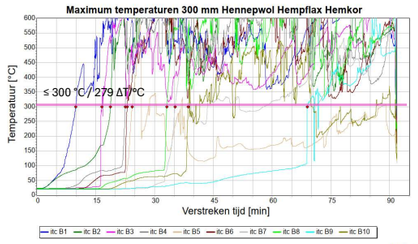
Tijd [min]	Vak	Waarneming
0	B, C, en D	Aanvang beproeving
20	B, C, en D	MDF vrijwel volledig weggevallen
20	B	Vulling begint te krimpen Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #3 Bovenzijde 44 mm; Linkerzijde 21 mm; Rechterzijde 28 mm
23	B	1e Laag van de vulling grotendeels weggevallen
30	B	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 133 mm; Linkerzijde 29 mm; Rechterzijde 48 mm
	C	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 31 mm; Linkerzijde 20 mm
	D	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #4 Bovenzijde 201 mm; Linkerzijde 22 mm; Rechterzijde 12 mm
42	B	Vulling vrijwel geheel weggevallen
60	C	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #6 Bovenzijde 31 mm; Linkerzijde 35 mm
	D	Krimp (vanaf de vuurzijde visueel beoordeeld), Zie bijlage 1: foto #6 Bovenzijde 527 mm
72	D	Vulling grotendeels weg
90		Beproeving beëindigd in overleg met opdrachtgever



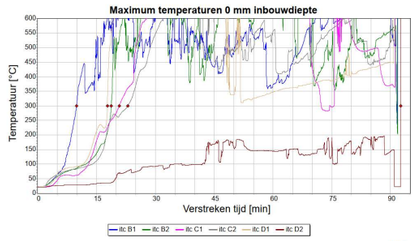
Figuur: 2



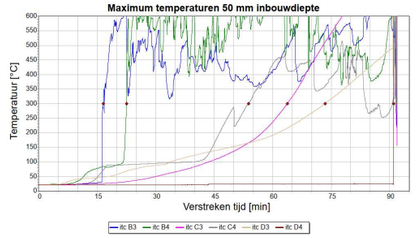
Figuur: 4



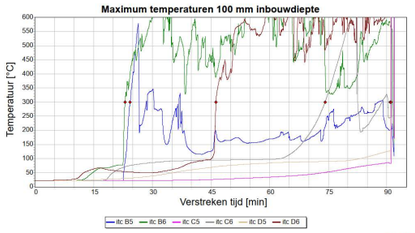
Figuur: 6



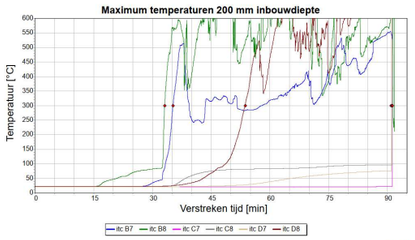
Figuur: 9



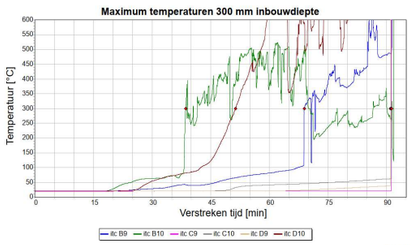
Figuur: 10



Figuur: 11



Figuur: 12



Figuur: 13

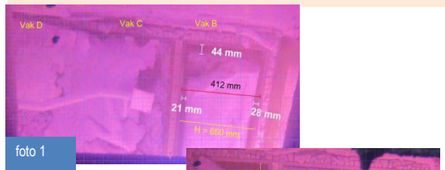


foto 1

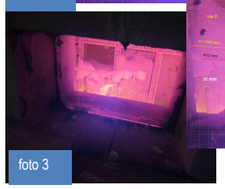
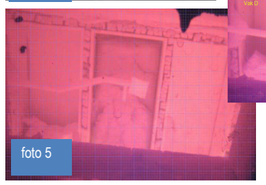
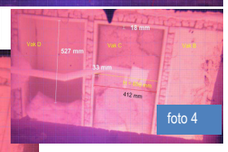

foto 3


foto 2


foto 5



Waarneming tijdens test:
Foto 1: Krimp, na 20 minuten beproeving
Foto 2: Krimp, na 30 minuten beproeving
Foto 3: Constructie, na 42 minuten beproeving
Foto 4: Krimp, na 60 minuten beproeving
Foto 5: Constructie, na 90 minuten beproeving

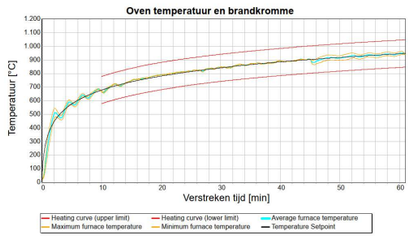
PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-4-NO

HENNEPWOL

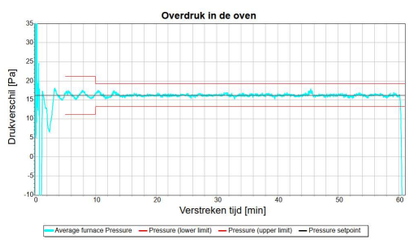
Hennepwol, DunAgro FL

140 mm (1x 140 mm)

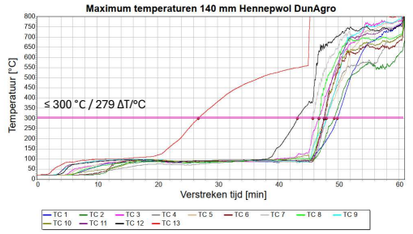
33 kg/m³



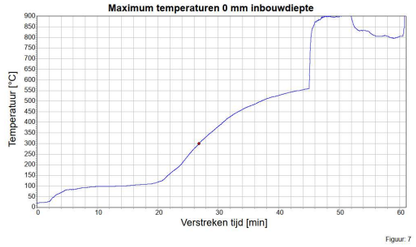
Figuur: 2



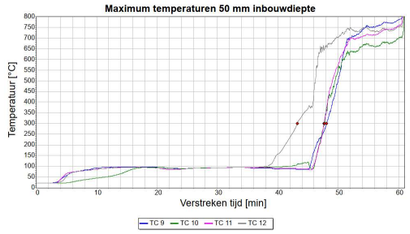
Figuur: 4



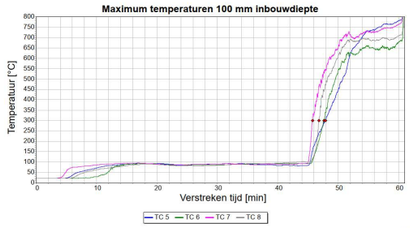
Figuur: 6



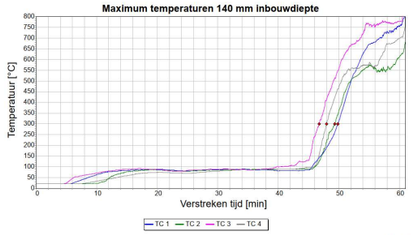
Figuur: 7



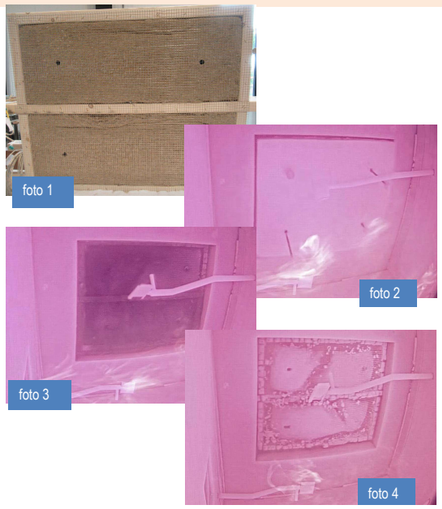
Figuur: 8



Figuur: 9

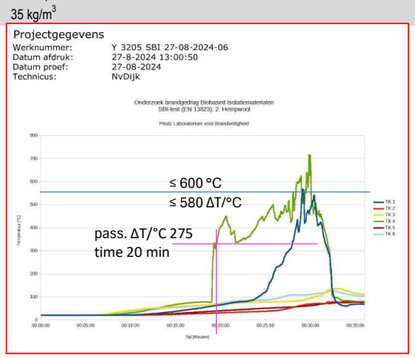


Figuur: 10



Waarneming tijdens test:
Foto 1: Constructie, vakvullingen (vanaf de vuurzijde)
Foto 2: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 3: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 4: Beproeving, (VZ) na 60 minuten

HENNEPWOL	HENNEPWOL
Hennepwol, Hempflax Hemkor	Dun Agro - 2.6 Hempwool 35 - 40 kg/m3
	Dun Agro Hemp Group Hennep isolatie FL
39 - 45 kg/m^3	35 kg/m^3





Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 100%

Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: 15% (foto links) tot 25% (foto rechts),
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): ca. 41-100%, afhankelijk van de positie.

- 2.5 Hemkor

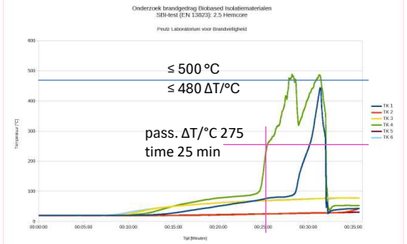
Kingspan

Hemkor

39 - 45 kg/m3

Projectgegevens

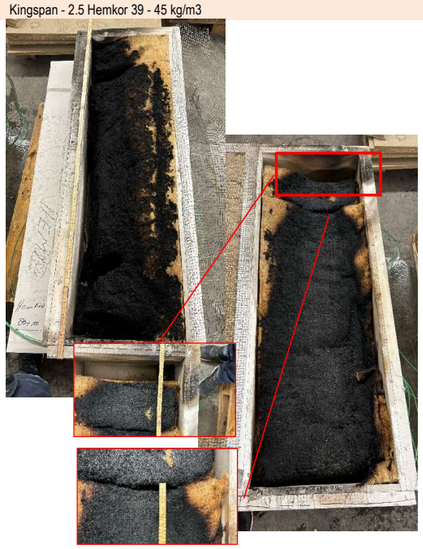
Werknummer:	Y 3205 SBI 27-08-2024-05
Datum afdruk:	27-8-2024 11:49:22
Datum proef:	27-08-2024
Technicus:	NvDijk



<

<

Kingspan - 2.5 Hemkor 39 - 45 kg/m3

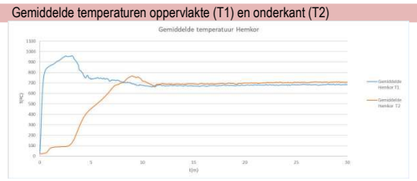


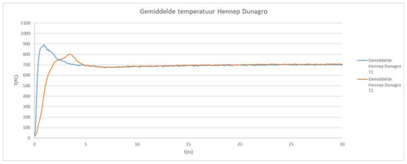


Waarneming voorafgaande test:
Vulgraad van testspecimen = 100%

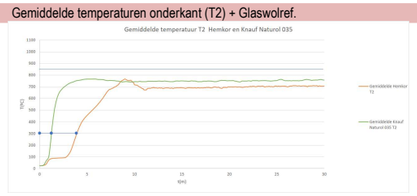
Waarneming na testbeïndiging:
Hoogteverlies: 7,2% (rechter foto).
Dikteverlies (tot onaangetaste laag): 20-72%, afhankelijk van de positie. 20% aan de onderzijde van de lange vleugel. 72% en meer aan de linkerrand van de korte vleugel. Aangegeven scheur op de linker foto is +/- 2 cm breedt.

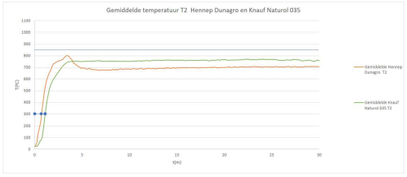
Gemiddelde temperaturen oppervlakte (T1) en onderkant (T2)





Gemiddelde temperaturen onderkant (T2) + Glaswolref.





Temp. belasting oppervlakte sample 850 °C
Relevante meetzone <10 min. testtijd

Degradatie
Foto's 15 en 16: HemKor 39 - 45 kg/m3. - voor/na test




Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 34,1
MLR (g/s x m2) 4,5
krimp evenwijdig aan oppervlakte >95%
krimp van volumedikte >95%
volumekrimp >95%

Foto's 17 en 18: Hennep Dunagro 35 - 40 kg/m3 - voor/na test




Waarneming voorafgaande test: Vulgraad testspecimen = praktisch 100%

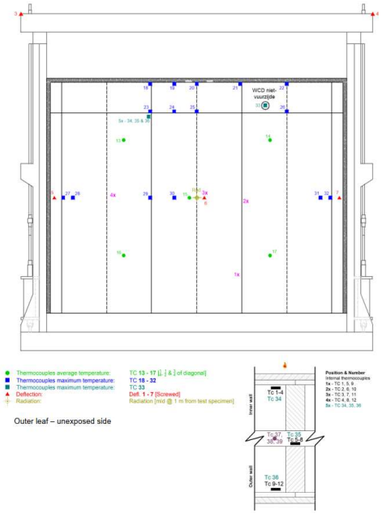
Waarneming na testbeïndiging:
MLR (g/m2) 31,2
MLR (g/s x m2) 3,3
krimp evenwijdig aan oppervlakte >95%
krimp van volumedikte >95%
volumekrimp >95%

ENL-25-000426 - EN1365-1 - Hennepwol_wos-wand-folie	YA-3012-1-RA - EN1364-1 -Hennepwol_scheidingswand	YB-3012-1-RA - EN1364-1 -Hennepwol_wos-wand
HENNEPWOL	HENNEPWOL	HENNEPWOL
Dun Agro Hemp Group	DunAgro	DunAgro
Hennep isolatie FL	DunAgro Hennep Isolatie FL, 90 mm	DunAgro Hennep Isolatie FL, 120 mm
30-40 kg/m3	30-40 kg/m³	30-40 kg/m³

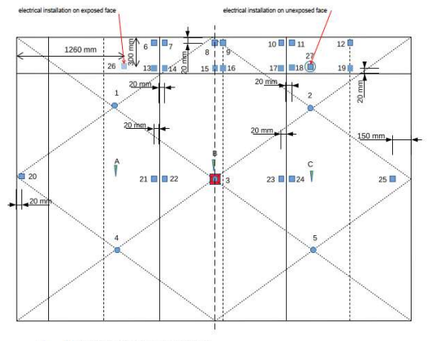
Wandtype: Woningscheidend
Stijl/regelwerk: 2 maal 38x120 mm
Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan beide zijden
Spouwzijde: Folie

Wandtype: Scheidingswand
Stijl/regelwerk: 38x89 mm
Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat aan beide zijden
Spouwzijde: n.v.t.

Wandtype: Woningscheidend
Stijl/regelwerk: 2 maal 38x120 mm
Beplating: 12,5 mm gipsvezelplaat + 9 mm OSB aan beide zijden
Spouwzijde: Folie

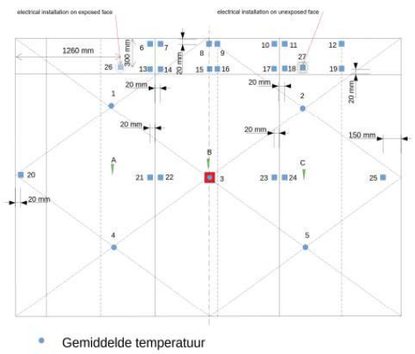


YA 3012 Thermokoppels, doorbuiging en straling

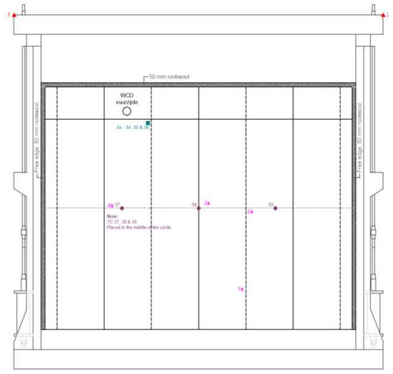


Gemiddelde temperatuur
Maximum temperatuur
Doorbuiging
Straling

YB 3012 Thermokoppels, doorbuiging en straling

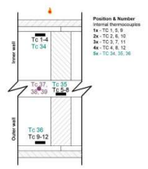


Gemiddelde temperatuur
Maximum temperatuur
Doorbuiging
Straling



Internal thermocouple positions: TC 1 - 12
Added Internal thermocouple positions: TC 34 - 36
Air thermocouples (middle of cavity): TC 37 - 39

Inner leaf – unexposed side



t 3.1 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving

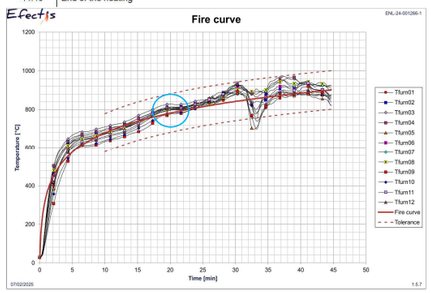
Tijd [min]	Waarneming
0:00	Aanvang beproeving
7	TK 27 valt weg (t.p.v. de wandcontactdoos)
19	(VZ) gipsvezelplaten beginnen te scheuren
29	(VZ) Stukken gipsvezelplaat beginnen in de oven te vallen
31-36	(VZ) Stukken isolatiemateriaal vallen in de oven
37	Wandcontactdoos valt van het vuur af.
	Opening groter dan rond 25 mm ontstaan. **Prestatie E bereikt.**
41	Gloeinaad zichtbaar in de horizontale aansluiting van de gipsvezelplaten (vakken 2 t/m 4 vanaf de linkerzijde)
43	Wattenkussen op horizontale aansluiting van de gipsvezelplaten toegepast, geen gloeien noch ontvlammen waargenomen
45	Gipsvezelplaten platen beginnen te scheuren
47	Tussen gipsvezelplaten verticale en horizontale naden > 6 mm en > 150 mm lang
49	Tussen verticale naden gipsvezelplaten (tussen vak 3 en 4 vanaf linkerzijde), vlammen > 10 sec.
49	Einde beproeving

t 3.1 Waarnemingen en handelingen tijdens de beproeving

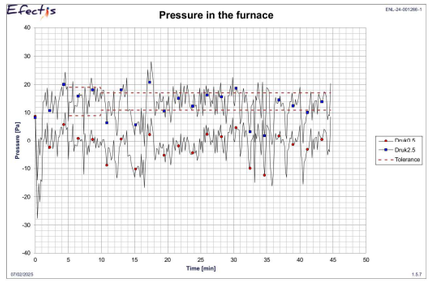
Tijd [min]	Waarneming
0:00	Aanvang beproeving
18	(VZ) gipsvezelplaten beginnen te scheuren
20	(VZ) gipsvezelplaten komen los van de OSB
30	(VZ) Stukken gipsvezelplaat beginnen in de oven te vallen
32-36	(VZ) Stukken isolatiemateriaal vallen in de oven
54	Gloeinaad zichtbaar in de horizontale aansluiting van de gipsvezelplaten (vak 4 vanaf de linkerzijde)
57	Wattenkussen op horizontale aansluiting van de gipsvezelplaten toegepast, geen gloeien noch ontvlammen waargenomen
58	Vlammen > 10 seconden uit de opening van de wandcontactdoos.
	Opening groter dan rond 25 mm ontstaan. **Prestatie E bereikt.**
61	TK 27 valt weg
61	Kaliber 6 mm past niet in de opening ter plaatse van de gloeinaad (vak 4 vanaf de linkerzijde)
	Horizontale naad (vak 4 vanaf de linkerzijde), vlammen > 10 seconden
63	naad > 6mm en > 150 mm lang
64	Einde beproeving in overleg met de opdrachtgever

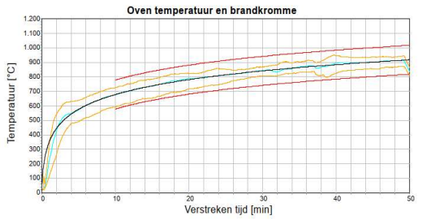
9.2. During the fire test

Time [min]	Observations *As seen from the unexposed side*
0	Start of the heating
10 – 30	No remarks
32	Inner leaf vertical displacement in excess of 32 mm – hydraulic pressure removed from the inner leaf
35	Smoke occurring from backbox - *top right*
40	Discolouration at horizontal joint - *top mid-left*
43	Smoke occurring from backbox - *bottom left*
44	Sound of steel on steel omitted from the inner frame
44:10	Outer leaf vertical displacement in excess of 32 mm
44:40	End of the heating

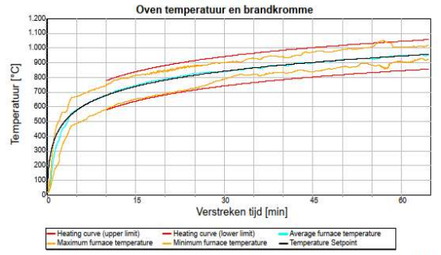


Na 22 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk



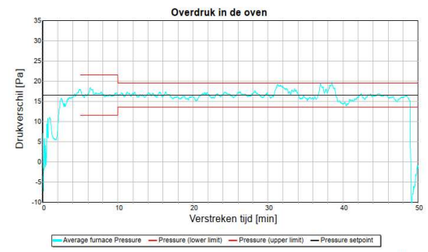


Figuur: 2

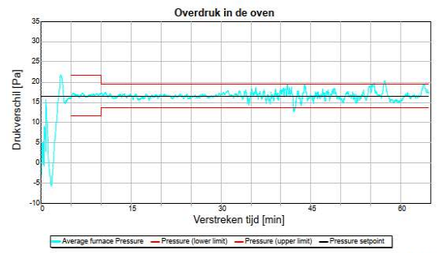


Figuur: 2

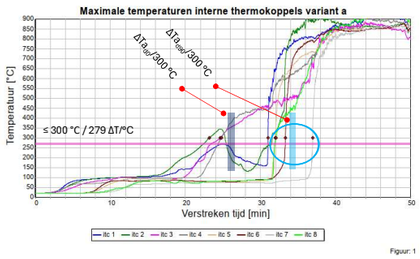
Na 22 min. testtijd meebranden OSB zichtbaar in flux ovendruk



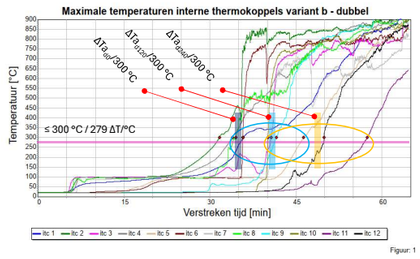
Figuur: 4



Figuur: 4



Figuur: 1

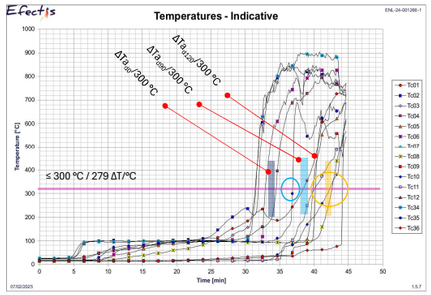


Figuur: 1

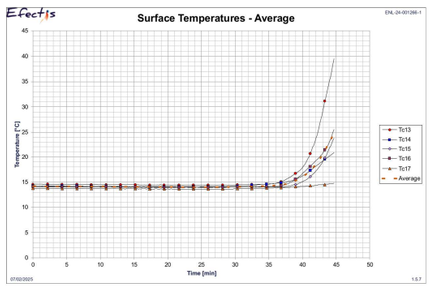
Bescherming gipsvezelpl. valt praktisch weg na gemiddeld 26 min. testtijd (tc 1-4)
300°C isotherme op 90 mm testdiepte gemiddeld na 34 min. testtijd bereikt. (tc 5-8)

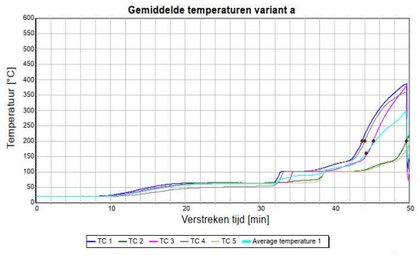
$\Delta T_{0\text{-}90}$ /300°C isotherme = ca. 8 min.

Bescherming gipsvezelpl.+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 35 min. testtijd (tc 1-4)
300°C isotherme op 120 mm testdiepte gemiddeld na 39 min. testtijd bereikt. (tc 5-8)
300°C isotherme op 240 mm testdiepte gemiddeld na 47 min. testtijd bereikt. (tc 9-12)
$\Delta T_{0\text{-}120}$ /300°C isotherme = ca. 4 min.
$\Delta T_{0\text{-}240}$ /300°C isotherme = ca. 12 min.

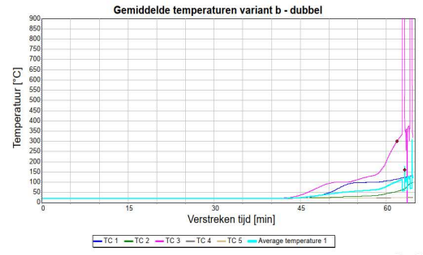


Bescherming gipsvezelpl.+OSB valt praktisch weg na gemiddeld 34 min. testtijd (tc 1-4 & 34)
300°C isotherme op 120 mm testdiepte gemiddeld na 37 min. testtijd bereikt. (tc 5-8 & 35)
300°C isotherme op 240 mm testdiepte gemiddeld na 42 min. testtijd bereikt. (tc 9-12 & 36)
$\Delta T_{0\text{-}120}$/300°C isotherme = ca. 3 min.
$\Delta T_{0\text{-}240}$/300°C isotherme = ca. 8 min.

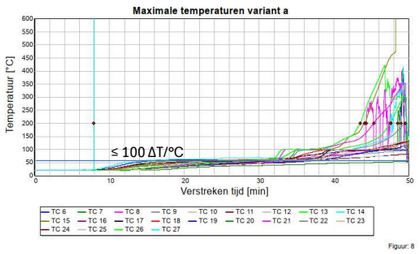




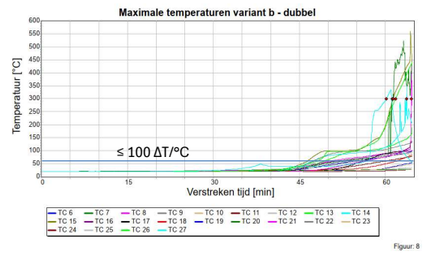
Figuur: 7



Figuur: 7



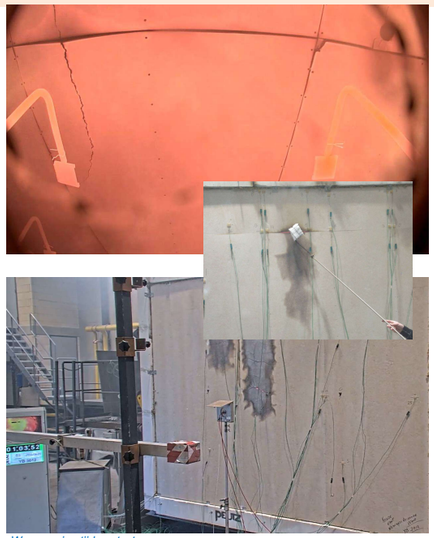
Figuur: 8



Figuur: 8



Waarneming tijdens test:
Tijdens de test ontstond na 19 minuten scheurvorming in de gipsvezelplaten. Na 34 minuten vielen stukken isolatiemateriaal in de oven. Na 37 minuten viel een WCD uit de wand, waarbij een opening van circa 25 mm ontstond en de prestatie E werd bereikt. Op 43 minuten werd een wattenkussen op de horizontale naad geplaatst zonder verkleuring of gloeien. Na 47 minuten werden grote openingen zichtbaar tussen de gipsvezelplaten (≥ 6 mm over 150 mm). Ten slotte traden na 49 minuten vlammen langer dan 10 seconden op.



Waarneming tijdens test:
Tijdens de test ontstond na 20 minuten scheurvorming in de gipsvezelplaten. Na 54 minuten werd een gloeinaad zichtbaar en na 57 minuten is er een wattenkussen toegepast. Na 58 minuten volgden vlammen > 10 seconden uit de WCD en een opening > 25 mm, waarmee de prestatie E werd bereikt. Na 63 minuten ontstond een grote opening tussen de gipsvezelplaten (> 6 mm, > 150 mm) met opnieuw vlammen > 10 seconden.

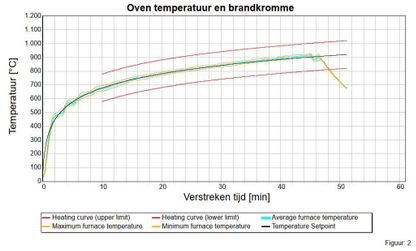
PL2h_prEN1995-1-2-2023 - Y 3369-7-NO

CONTROLETEST

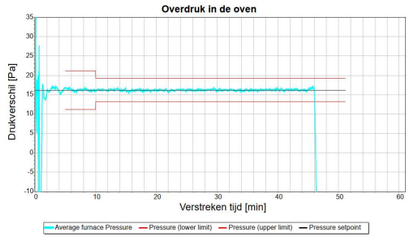
Zonder isolatiemateriaal

functionele werking 15 mm promatect 100 in functie van t_{ppf}

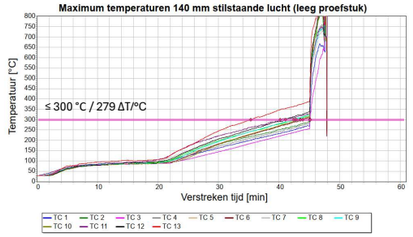
t_{ppf}



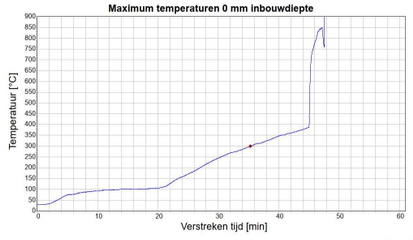
Figuur: 2



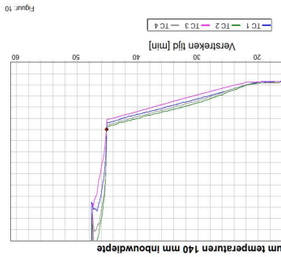
Figuur: 4



Figuur: 6



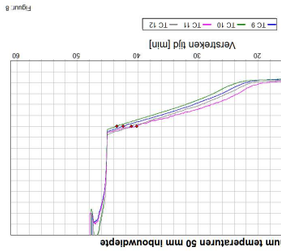
Figuur: 7



Figuur 10



Figuur 9



Figuur 8

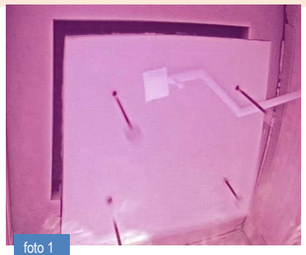


foto 1

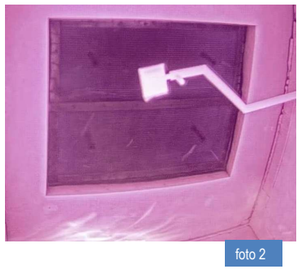


foto 2

Waarneming tijdens test:
Foto 1: Beproeving, (VZ) tijdens wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten
Foto 2: Beproeving, (VZ) direct na het wegvallen beschermingsplaat na 45 minuten

Bijlage 5 - Constructieoverzicht

Het constructieoverzicht dat als onderbouwing dient voor de NTA 8230-2 Brandveiligheidsaspecten van biobased bouwwerken, bouwproducten is te vinden onder:

https://nkbb.org/doc/nieman-constructieoverzicht-brandveiligheid-biobased-isolatie-in-houtskeletbouw/

DANKWOORD

Soms zie je over de oneindige leegte van de zee al het verre land van nieuwe mogelijkheden, verpakt achter rotsen en bomen. Jij bent er al, recht zo die gaat, maar de kolkende zee van de realiteit is weerbarstig, met getijdestromen, schuimende golven en wind, die dwingen tot vakmanschap, geduld en koerscorrecties.

Soms moet je laveren om vooruit te komen, je tactiek aanpassen zonder het einddoel uit het oog te verliezen.

Met dank aan:

- Efectis Nederland B.V.
  - T.G. (Tim) van der Waart van Gulik; Project Leader Fire Engineering / Expertise & Regulations
  - A. (Alberto) González Santamaría; Project leader Reaction to fire
  - K. (Kimon) Maré; Project Leader Fire Resistance
  - P.W.M. (Paul) Kortekaas; Project Leader Fire Resistance
  - G.M. (Michiel) Klijn; Business Development Manager
  - R.D. (Robert) Scheepe; Manager Testing Fire Resistance

- Peutz B.V.
  - J. (Joris) van der Vleuten; Senior Projectleider
  - J. (Johan) Nienhuis; Senior Projectleider
  - D. (David) den Boer; Senior Adviseur | Directie

- Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V. (NRI)
  - W. (Wilco) Groenevelt; Specialist doelgerichte brandveiligheid
  - S. (Saskia) Hegeman; Senior adviseur / Business Developer NG

- Stichting Building Balance
  - Sander Rutten; Manager testen, certificeren en standaardiseren

- Voorbereiding & prefabricage testobjecten
  - Bert Thunnissen

Ing. L.A.M. van Dijk
Senior Specialist doelgerichte brandveiligheid & conceptontwikkeling

NIEMAN®
DE RAADGEVENDE INGENIEURS

OVER NIEMAN DE RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman Raadgevende Ingenieurs is al sinds 1988 dé partner voor complexe vraagstukken in de gebouwde omgeving.

Wij geven bouwfysisch en installatietechnisch advies in elke fase van het bouwproces: van initiatief tot ontwerp en ontwikkeling, realisatie en exploitatie. Dit doen wij voor nieuwbouwprojecten in de grootschalige woning- en utiliteitsbouw, verbouw, transformatie en renovatie van bestaande gebouwen. Ook voeren we op het gebied van verduurzaming en brandveiligheid beleidsadvies, -onderzoek en normontwikkeling uit. Onze relaties omvatten de volledige bouwkolom: (ontwikkelende) bouwbedrijven, woningcorporaties, projectontwikkelaars, gebouweigenaren, architecten, leveranciers/conceptontwikkelaars en overheden.

Wij hechten veel waarde aan het daadwerkelijk realiseren van veilige, gezonde, duurzame en comfortabele woon-, werk-, en recreatieomgeving. Voor een optimale samenwerking is écht partnerschap van belang: dit vergt een investering van beide partijen. Daarom bouwen wij aan langdurige relaties met onze klanten. Wij zien uw klanten (vaak de eindgebruiker) als onze klanten en dragen graag bij aan het gewenste en optimale resultaat van uw projecten.

Met diepgaande kennis van regelgeving en fysica in combinatie met praktische bouwplaatskennis dragen onze ingenieurs bij aan een optimaal, maakbaar ontwerp: robuuste kwaliteit, kostenefficiënt en goede bouwtechnische details.

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

info@nieman.nl
www.nieman.nl

Vestiging Utrecht
Atoomweg 400
3542 AB Utrecht
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
030 241 34 27

Vestiging Zwolle
Dr. van Lookeren Campagneweg 16
8025 BX Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
038 467 00 30

Algemene gegevens
KVK 30086383
BTW NL 0089 69 541 B01
IBAN NL94 INGB 0004 2577 92

ISO 9001 gecertificeerd door SKK certificatie

Lid Koninklijke NLingenieurs

www.NIEMAN.nl

WIJ MAKEN GEBOUWEN EN HUN OMGEVING BETER: VEILIG, DUURZAAM EN COMFORTABEL