

Datum: 04-01-2024
 Referentie: LKE/230343NOT01
 Onderwerp: Controle bestaande dakconstructie met bio-based isolatie

Inleiding

Door "Takkenkamp Groep" wordt een nieuw bio-based isolatiemateriaal ontwikkeld. Een onderdeel in het onderzoek naar de haalbaarheid van deze productontwikkeling is de invloed hieruit op een (bestaande) dakconstructie. VeriCon is gevraagd om te beoordelen wat het effect is op constructieve onderdelen. Dit document betreft de constructieve beoordeling van een bestaande dakconstructie in een referentiewoning, bij toepassing van het bio-based (binnen)isolatiemateriaal.

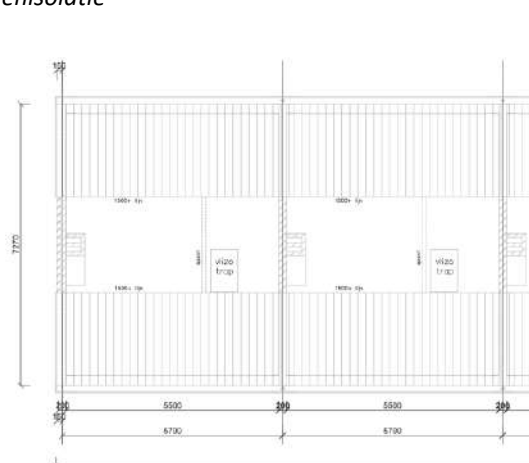
Er wordt voor de constructieve check aangenomen dat het dak van een referentiewoning aan de binnenzijde extra geïsoleerd wordt. Voor de isolatie wordt een bio-based materiaal toegepast. De constructie wordt beoordeeld op het aanvullende gewicht uit het systeem van de bio-based dakisolatie. Voor de uitgangspunten van de dakconstructie wordt een door Takkenkamp Groep aangeleverde referentiewoning aangehouden, welke een veelvoorkomende woning representeert. Mogelijk worden in een volgende fase aanvullend alternatieve dakconstructies beoordeeld. Zie in onderstaande afbeeldingen resp. het concept van de bio-based binnenisolatie, een doorsnede van het dak van de referentiewoning en de plattegrond van de zolderverdieping.



Concept bio-based binnenisolatie



Doorsnede referentiewoning t.p.v. dak



Plattegrond referentiewoning zolderverdieping

Resultaten

Voor de referentiewoning zijn twee verschillende situaties beoordeeld. De eerste situatie met een dragend element, door middel van een spant of binnenmuur, op twee meter uit het stramien cf. aangeleverde tekeningen referentiewoning. De tweede situatie met een dragend element in het midden van de woning. Dit geeft de gordingen een maximale overspanning van resp. 3,70 of 2,85 meter. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de gordingen overspannen tussen de spant en de bouwmuur en dus niet doorgaand zijn. Indien de gordingen doorgaand zijn uitgevoerd over het spant, zal dit een gunstig effect hebben op de gepresenteerde resultaten

De doorbuiging van de gordingen is maatgevend gebleken in de constructieve controle. De windbelasting is de maatgevende belasting in de berekeningen voor de doorbuiging. Het maatgevende windgebied (windgebied I) is aangehouden voor de referentiewoning, waarbij een woning binnen een afstand van 80m uit de kust wordt uitgesloten. Indien een woning in een lager windgebied (windgebied II of III) staat en/of in een bebouwde omgeving, zal dit een gunstig effect hebben op de gepresenteerde resultaten.

Voor het halen van de maximale Rd-waarde van 6,5 m²K/W is bij gordingen met een maximale overspanning van 3,7m een profiel van minimaal 69x219mm nodig. De gordingen voldoen tevens vanaf minimaal 220mm isolatiedikte wanneer deze constructief opgedikt worden. Voor gordingen met een maximale overspanning van 2,85m is minimaal een profiel van 59x171mm nodig. De gordingen voldoen tevens wanneer deze constructief opgedikt worden tot de betreffende isolatiedikte.

Zie voor een volledig overzicht van de berekende resultaten de tabellen in hfst. 3. Indien het profiel niet voldoet kan een herberekening uitgevoerd worden o.b.v. de projectspecifieke uitgangspunten en zijn mogelijk aanvullende maatregelen nodig om de constructie te versterken.

Bij het constructief opdikken van de gordingen dient de verbinding schuifvast te zijn om de gording als samengestelde balk te kunnen beschouwen. In de maatgevende situatie dient de verbinding volledig gelijmd uitgevoerd te worden i.c.m. schroeven/houtdraadbouten M12 (4.6) h.o.h. 200mm.

Inhoud

1	Algemeen.....	4
1.1	Voorschriften	4
1.2	Uitgangspunten.....	4
1.3	Referentiewoning	5
2	Belastingen	6
2.1	Permanente belasting.....	6
2.2	Opgelegde belasting	6
2.3	Windbelasting	7
2.4	Sneeuwbelasting.....	7
3	Berekening.....	8
3.1	Constructieve beoordeling fundering	8
3.2	Constructieve beoordeling gordingen	10
3.2.1	Gordingen $l_{eff} = 3,7m$	10
3.2.2	Gordingen $l_{eff} = 2,85m$	11
3.2.3	Verbindingsmiddelen samengestelde balk.....	12
3.2.4	Resultaten	13
	Bijlagen	14
	Bijlage 1 - Voorbeeldberekening gording $L_{eff} = 3,7m$	15
	Bijlage 2 - Voorbeeldberekening gording $L_{eff} = 2,85m$	16

1 Algemeen

1.1 Voorschriften

NEN-EN-1990+NB	Grondslagen van het constructief ontwerp (Eurocode 0)
NEN-EN-1991+NB	Belastingen op constructies (Eurocode 1)
NEN-EN-1992+NB	Betonconstructies (Eurocode 2)
NEN-EN-1993+NB	Staalconstructies (Eurocode 3)
NEN-EN-1994+NB	Staal-Betonconstructies (Eurocode 4)
NEN-EN-1995+NB	Houtconstructies (Eurocode 5)
NEN-EN-1996+NB	Constructies van metselwerk (Eurocode 6)
NEN-EN-1997+NB	Geotechnisch ontwerp (Eurocode 7)
NEN-EN-1999+NB	Aluminiumconstructies (Eurocode 9)
NEN 8700	Beoordeling van constructieve veiligheid bestaande bouw

1.2 Uitgangspunten

Gebouwcategorie	A (Standaard eengezinswoningen)
Gevolgklasse	CC1
Betrouwbaarheidsklasse	RC1
Ontwerplevensduur	50 jaar
Betonsterkteklasse i.h.w.g.	C20/25
Staalkwaliteit constructiestaal standaard	S235
Staalkwaliteit kokers	S275 (tenzij anders vermeld)
Houtkwaliteit	C18

De belastingfactoren voor de uiterste grenstoestand zijn cf. NEN-EN 1990:

Situatie STR GEO	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste	Andere
6.10a	$1,2 \times G_{k;j;sup}$	$0,9 \times G_{k;j;inf}$		$1,35 \times \psi_{0;1} \times Q_{k,1}$	$1,35 \times \psi_{0;i} \times Q_{k,i} (i>1)$
6.10b	$1,1 \times G_{k;j;sup}$	$0,9 \times G_{k;j;inf}$	$1,35 \times Q_{k,1}$		$1,35 \times \psi_{0;i} \times Q_{k,i} (i>1)$

De belastingfactoren voor de uiterste grenstoestand zijn cf. NEN 8700 (verbouw):

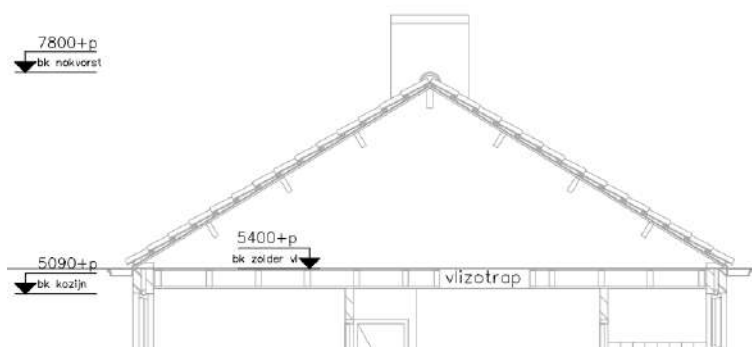
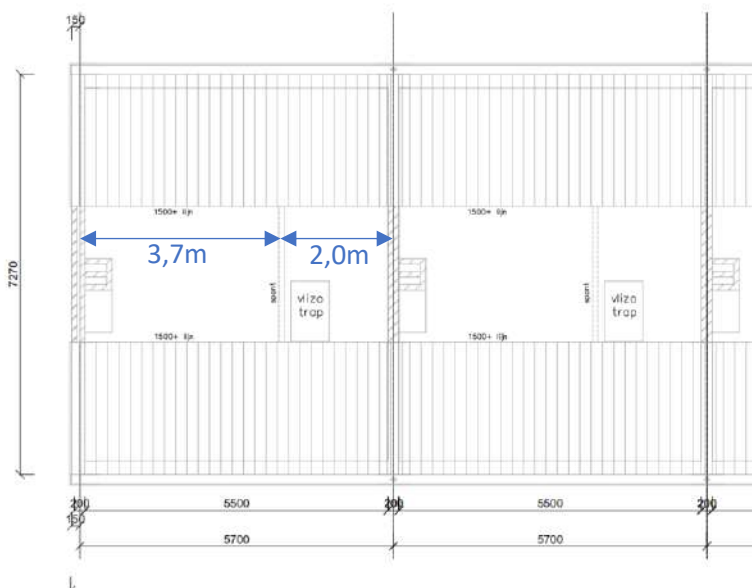
Situatie STR GEO	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting, anders dan wind	Overheersende veranderlijke belasting, wind	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende
	Ongunstig	Gunstig			
6.10a	$1,15 \times G_{k;j;sup}$	$0,9 \times G_{k;j;inf}$			$1,1 \times \psi_{0;i} \times Q_{k,i} (i>1)$
6.10b	$1,05 \times G_{k;j;sup}$	$0,9 \times G_{k;j;inf}$	$1,1 \times Q_{k,1}$	$1,2 \times Q_{k,1}$	$1,1 \times \psi_{0;i} \times Q_{k,i} (i>1)$

1.3 Referentiewoning

Voor de beoordeling van de bestaande dakconstructie wordt een referentiewoning aangehouden als uitgangspunt. De referentiewoning betreft een woning in de bouwperiode van 1945-1975. Zie onderstaande afbeeldingen voor resp. een deelplattegrond van de 2^e verdieping en de doorsnede ter plaatse van het dak.

Uitgangspunten ten aanzien van de referentiewoning:

- De woning heeft een beukmaat van 5,7m en is 7,27m diep.
- De dakconstructie betreft een gordingenkap.
- De gordingen hebben een hart-op-hart afstand van 1050mm.
- De dakhelling is 30°.
- Er kunnen PV/PVT panelen op het dak liggen met een gewicht van 20 kg/m² incl. installatie.
- Het dak is ter plaatse van de voor- en achtergevel met een muurplaat gekoppeld aan de vloer. Eventuele spatkrachten worden door de muurplaat overgebracht naar de vloer.
- De gordingen worden constructief opgedikt tot de betreffende isolatiedikte.
- Binnen de woning is een dragende spant of binnenwand aanwezig. Er wordt aangenomen dat de gordingen overspannen tussen de bouwmuur en het dragende element.
 - o In de referentiewoning is de spant op 2,0m uit het stramien geplaatst. De gordingen hebben in deze situatie een maximale overspanning van 3,7m.
 - o In andere veel voorkomende gevallen wordt een spant in het midden van de woning toegepast. De overspanning van de gordingen kan dan aangehouden worden op 2,85m.



2 Belastingen

Zie onderstaand het overzicht van de belasting-uitgangspunten in dit rapport.

2.1 Permanente belasting

Zie onderstaande belasting-uitgangspunten voor de bestaande dakconstructie.

Hierbij wordt rekening gehouden met een mogelijke aanwezigheid van PV- / PVT-panelen.

Het eigen gewicht van de gordingen wordt meegenomen in het rekenprogramma.

<u>Bestaand dak</u>	:	dakbeschot	=	0,14	kN/m ²
		dakpannen	=	0,45	kN/m ²
		PV- / PVT-panelen	=	0,20	kN/m ²

Zie onderstaand de aangehouden belastinguitgangspunten voor het bio-based isolatiesysteem.

Voor de bio-based isolatie wordt een soortelijk gewicht van 105 kg/m³ aangehouden. De dikte van het isolatiemateriaal is afhankelijk van de te behalen Rd-waarde. Zie in onderstaande tabel de Rd-waarden (m²K/W) met de bijbehorende dikte en belastingen van het isolatiemateriaal.

Bio-based isolatie

Rd-waarde: 3,5 m ² K/W	, 190 mm dik	:	1,05 x 0,190	=	0,20	kN/m ²
Rd-waarde: 4,0 m ² K/W	, 220 mm dik	:	1,05 x 0,220	=	0,23	kN/m ²
Rd-waarde: 4,5 m ² K/W	, 255 mm dik	:	1,05 x 0,255	=	0,27	kN/m ²
Rd-waarde: 5,0 m ² K/W	, 275 mm dik	:	1,05 x 0,275	=	0,29	kN/m ²
Rd-waarde: 5,5 m ² K/W	, 300 mm dik	:	1,05 x 0,300	=	0,32	kN/m ²
Rd-waarde: 6,0 m ² K/W	, 330 mm dik	:	1,05 x 0,330	=	0,35	kN/m ²
Rd-waarde: 6,5 m ² K/W	, 355 mm dik	:	1,05 x 0,355	=	0,37	kN/m ²

<u>Afwerking plafond</u>	:	Houten frame	=	0,03	kN/m ²	
		Gipsplaat d=9,5mm	9 x 0,0095	=	0,09	kN/m ²
			+	0,12	kN/m ²	

2.2 Opgelegde belasting

Dak : Categorie H (niet-toegankelijke daken)

$$p_{Qk,dak} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\psi_0 = 0,0; \psi_1 = 0,0; \psi_2 = 0,0$$

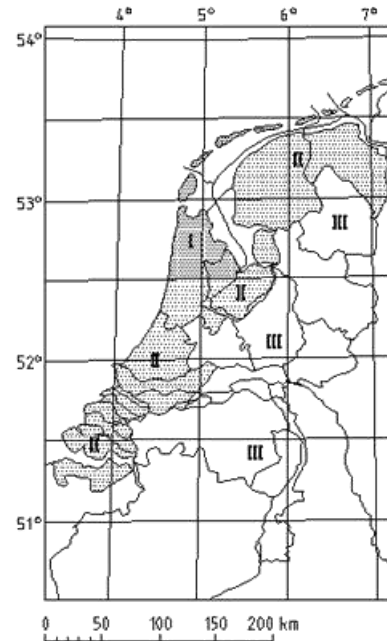
2.3 Windbelasting

De referentiewoning kan overal in Nederland staan. Voor de bepaling van het windgebied wordt het maatgevende windgebied (windgebied I) met de terreincategorie onbebouwd aangehouden. Een woning binnen een afstand van 80 meter van de kust valt buiten de uitgangspunten van dit rapport.

Zie onderstaand de berekening van de extreme stuwdruk per windgebied en een afbeelding van de windgebieden in Nederland.

Extreme stuwdruk $q_{p(z)}$ Cf. NEN-EN 1991-1-4:

Windgebied referentiehoogte q_p	Gebied I, onbebouwd 7,80 m 0,93 kN/m ² $\psi_0=0,0; \psi_1=0,2; \psi_2=0,0$
Windgebied referentiehoogte q_p	Gebied 2, onbebouwd 7,80 m 0,78 kN/m ² $\psi_0=0,0; \psi_1=0,2; \psi_2=0,0$
Windgebied referentiehoogte q_p	Gebied 3, onbebouwd 7,80 m 0,64 kN/m ² $\psi_0=0,0; \psi_1=0,2; \psi_2=0,0$



2.4 Sneeuwbelasting

$$\begin{aligned}
 S_k &= 0,70 \text{ kN/m}^2 \\
 \mu_{1(30^\circ)} &= 0,80 \\
 q_{k,sn} &= 0,8 \times 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2 \\
 &\psi_0=0,0; \psi_1=0,2; \psi_2=0,0
 \end{aligned}$$

3 Berekening

De referentiewoning betreft een woning in de bouwperiode van 1945-1975. Voor een woning ouder dan 15 jaar mag gerekend worden met de NEN 8700 - Beoordeling van constructieve veiligheid bestaande bouw. Deze norm is aangehouden voor de toegepaste belastingcombinaties.

3.1 Constructieve beoordeling fundering

De belasting op de fundering ter plaatse van de bouwmuur wordt gecontroleerd met behulp van QEC. Zie onderstaand de aangehouden belastinguitgangspunten en op de volgende pagina de berekening van de lijnlast op de fundering in zowel de oorspronkelijke als de nieuwe situatie.

VeriCon

Veldhoven / Druten

Gebruikslicentie tot 1-4-2024 verleend door:



1_Algemeen_A GewBer EC_1

Versie: 2.12.20, 040123,

printdatum : 12

werk : **Constructieve check bio-based dakisolatie**
 werkinummer : **230343**
 onderdeel : **Fundering**

1. belastingen

1.1 belastingaannamen vloeren e.d. kN/m²

				G	Q	ψ_0
				[kN/m ²]	[kN/m ²]	
helling van vlak						
1	hellend dak - oorspronkelijk	dakhelling: 30 gr. [kN/m ² dakvlak]				
	pannedak met dakplaat en gordingen	0,65		0,75		
H4: Daken met sneeuwbelasting onbelemmerd afglijden categorie: H $\psi_1 = 1,00$ v.b. = 0,56						
				Totaal hellend dak - oorspronkelijk :	0,75	0,56
2	hellend dak - nieuwe situatie	dakhelling: 30 gr. [kN/m ² dakvlak]				
	pannedak met dakplaat en gordingen	0,65		0,75		
	zonnepanelen (pv)	0,20		0,23		
	bio-based dakisolatie 355mm	0,37	h/d = 355	0,43		
H4: Daken met sneeuwbelasting onbelemmerd afglijden categorie: H $\psi_1 = 1,00$ v.b. = 0,56						
				Totaal hellend dak - nieuwe situatie :	1,41	0,56
3	Vloeren					
	houten vloer met balken en plafond			0,55		
scheidingswanden (<=2,0kN/m) in v.b. 0,80						
	A1: Kamer in een woongebouw		categorie: A			
				$\psi_1 = 1,00$	v.b. = 1,75	
				Totaal Vloeren :	0,55	2,55
						0,40

1.2 eigen gewichten van materialen gevels en bouwmuren e.d. [kN/m²]

	Buitenblad				Binnenblad				e.g.	
	% kozijnen	bakst	ispo	betimm.	kzst	L.beton	beton	houten bi.bl.		afw.
	0,50	20,00	0,30	0,50	18,50	16,00	25,00	0,50	19,00	
	kN/m ²	kN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ³	kN/m ²	kN/m ³	kN/m ²	kN/m ³	
21		100								2,00 kN/m ²
22										kN/m ²

1.3 eigen gewichten van materialen kolommen / balken e.d. [kN/m¹]

	beton		hout		staal	kalkzandsteen	aluminium	e.g.		
	afm b [mm]	afm h [mm]	diamtr [mm]	afm b [mm]	afm h [mm]	opp [mm ²]	afm b [mm]		afm h [mm]	opp [mm ²]
	25,0	kN/m ³	4,5	kN/m ³	78,5	kN/m ³	18,5	kN/m ³	27,0	kN/m ³
35										3,75 kN/m ¹
36										kN/m ¹

3.2 Constructieve beoordeling gordingen

De gordingen zijn zowel gecontroleerd op sterkte als op vervorming. Uit de berekening blijkt dat de doorbuiging van de gordingen maatgevend is ten opzichte van de sterkte. De doorbuiging wordt berekend op basis van de bruikbaarheidsgrenstoestand. De belastingcombinaties in de bruikbaarheidsgrenstoestand zijn gelijk aan de norm voor nieuwbouw, de NEN-EN 1990.

Zie hieronder de rekenresultaten van de gordingen met resp. een overspanning van 3,7m en 2,85m. In tabelvorm is een overzicht weergegeven van de berekende unity-checks (UC) voor veel voorkomende profielen. Daarnaast is berekend wat de capaciteit is als de gording constructief wordt opgedikt tot de betreffende isolatiedikte (h_{min}). Bij een unity-check onder de 1,0 heeft het profiel voldoende capaciteit. Een overschrijding van 5%, dus tot een unity-check van 1,05 wordt acceptabel gevonden.

De gordingen zijn berekend op een belasting uit de bio-based dakisolatie voor de minimale, maximale en middelste R_d -waarde.

3.2.1 Gordingen $l_{eff} = 3,7m$

De gordingen worden berekend m.b.v. MatrixTools. Zie bijlage 1 voor de uitvoer van een voorbeeldberekening van een balk 69x219 met 190mm bio-based isolatie, behorende bij een R_d -waarde van 3,5 m²K/W.

Controle gordingen in uiterste grenstoestand op sterkte

Situatie:	Oorspronkelijke situatie	Incl. PV(T) panelen	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie
			met R_d : 3,5	met R_d : 5,0	met R_d : 6,5	met R_d : 4,0
			^[1] $h_{min}=190mm$	^[1] $h_{min}=275mm$	^[1] $h_{min}=355mm$	^[1] $h_{min}=220mm$
Profiel	UC _{drsn}	UC _{drsn}	UC _{drsn}	UC _{drsn}	UC _{drsn}	UC _{drsn}
HT-GS 59 x 171	0,85	0,94	1,08	1,12	1,16	
HT-GS 71 x 171	0,71	0,78	0,90	0,94	0,97	
HT-GS 69 x 194	0,57	0,63	0,72	0,75	0,77	
HT-GS 69 x 219	0,45	0,49	0,57	0,59	0,61	
HT-GS 59 x $h_{min}^{[1]}$			0,88	0,44	0,27	0,67
HT-GS 69 x $h_{min}^{[1]}$			0,75	0,38	0,23	0,57

Controle gordingen in bruikbaarheidsgrenstoestand op doorbuiging

Situatie:	Oorspronkelijke situatie	Incl. PV(T) panelen	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie
			met R_d : 3,5	met R_d : 5,0	met R_d : 6,5	met R_d : 4,0
			^[1] $h_{min}=190mm$	^[1] $h_{min}=275mm$	^[1] $h_{min}=355mm$	^[1] $h_{min}=220mm$
Profiel	UC _{doorb.}	UC _{doorb.}	UC _{doorb.}	UC _{doorb.}	UC _{doorb.}	UC _{doorb.}
HT-GS 59 x 171	1,41 ^[2]	1,62	1,97	2,07	2,16	
HT-GS 71 x 171	1,18 ^[2]	1,36	1,64	1,73	1,80	
HT-GS 69 x 194	0,83	0,96	1,16	1,22	1,27	
HT-GS 69 x 219	0,58	0,67	0,81	0,85	0,89	
HT-GS 59 x $h_{min}^{[1]}$			1,44	0,50	0,25	0,95
HT-GS 69 x $h_{min}^{[1]}$			1,24	0,43	0,21	0,81

^[2] Met de huidige uitgangspunten voldoen deze profielen niet in de oorspronkelijke situatie. Voor de volledigheid zijn ze in de tabel toegevoegd. Mogelijk hebben ze wel voldoende capaciteit als de betreffende woning in een ander windgebied staat en/of met doorgaande gordingen is uitgevoerd.

3.2.2 Gordingen $l_{\text{eff}} = 2,85\text{m}$

De gordingen worden berekend m.b.v. MatrixTools. Zie bijlage 2 voor de uitvoer van een voorbeeldberekening van een balk 59x171 met 190mm bio-based isolatie, behorende bij een Rd-waarde van 3,5 m²K/W.

Controle gordingen in uiterste grenstoestand op sterkte:

Situatie:	Oorspronkelijke situatie	Incl. PV(T) panelen	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie
			met Rd: 3,5	met Rd: 5,0	met Rd: 6,5
			^[1] $h_{\text{min}}=190\text{mm}$	^[1] $h_{\text{min}}=275\text{mm}$	^[1] $h_{\text{min}}=355\text{mm}$
Profiel	U_{drrsn}	U_{drrsn}	U_{drrsn}	U_{drrsn}	U_{drrsn}
HT-GS 59 x 146	0,69	0,78	0,91	0,95	0,98
HT-GS 59 x 156	0,61	0,69	0,80	0,84	0,86
HT-GS 59 x 171	0,51	0,57	0,67	0,70	0,72
HT-GS 71 x 146	0,58	0,65	0,76	0,79	0,82
HT-GS 59 x $h_{\text{min}}^{[1]}$			0,54	0,27	0,17

Controle gordingen in bruikbaarheidsgrenstoestand op doorbuiging:

Situatie:	Oorspronkelijke situatie	Incl. PV(T) panelen	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie	PV(T) + isolatie
			met Rd: 3,5	met Rd: 5,0	met Rd: 6,5
			^[1] $h_{\text{min}}=190\text{mm}$	^[1] $h_{\text{min}}=275\text{mm}$	^[1] $h_{\text{min}}=355\text{mm}$
Profiel	$U_{\text{doorb.}}$	$U_{\text{doorb.}}$	$U_{\text{doorb.}}$	$U_{\text{doorb.}}$	$U_{\text{doorb.}}$
HT-GS 59 x 146	1,03	1,19	1,44	1,51	1,58
HT-GS 59 x 156	0,84	0,98	1,18	1,24	1,30
HT-GS 59 x 171	0,64	0,74	0,90	0,95	0,98
HT-GS 71 x 146	0,86	0,99	1,20	1,26	1,32
HT-GS 59 x $h_{\text{min}}^{[1]}$			0,66	0,23	0,11

3.2.3 Verbindingsmiddelen samengestelde balk

De aanwezige balk wordt opgedikt tot de gewenste isolatiedikte. Als er een originele balkhoogte van 171mm aanwezig is en er wordt een isolatiedikte van 190mm toegepast, dan wordt de balk dus met $190-171=19\text{mm}$ hout opgedikt. Om de balk als samengestelde balk te mogen beschouwen moet de verbinding schuifvast zijn. Zie onderstaand de berekening van de benodigde verbindingsmiddelen.

De afschuifkracht tussen de samengestelde balk is afhankelijk van het extra gewicht uit de isolatie en de hoogte van de balk. De capaciteit van de houtverbinding is afhankelijk van de afschuifkracht en de hoogte van de balkoptopping.

In de maatgevende situatie, een balkhoogte van 190mm met een minimale optopping van 19mm, de verbinding volledig gelijkmd uitvoeren met schroeven/houtdraadbouten M12 (4.6) h.o.h. 200mm. Bij een optopping vanaf 49mm volstaat een volledig gelijkmd verbinding met schroeven/houtdraadbouten M12 (4.6) h.o.h. 250mm. Zie onderstaande berekeningen.

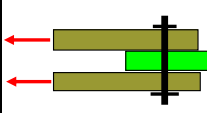
Bereken de afschuifkracht bij resp. 190mm en 355mm isolatie:

$Q_{Ed,max}$:	190mm isolatie		=	2,18 kN/m
$V_{Ed,max}$	=	$1/2 \times 2,18 \times 3,7$		=	4,03 kN
τ_{Ed}	=	$1,5 \times 4,03_{V;Ed} / 0,190_{h;min}$		=	31,80 kN/m
$F_{V,Ed}$	=	$31,8 \times 1,0/2$		=	15,90 kN/m

$Q_{Ed,max}$:	355mm isolatie		=	2,45 kN/m
$V_{Ed,max}$	=	$1/2 \times 2,45 \times 3,7$		=	4,53 kN
τ_{Ed}	=	$1,5 \times 4,53_{V;Ed} / 0,355_{h;max}$		=	19,10 kN/m
$F_{V,Ed}$	=	$19,1 \times 1,0/2$		=	9,60 kN/m

Capaciteit houtverbinding met houtdraadbout M12:

190-171 = 19mm	:	Capaciteit houtdraadbout M12 $F_{V,Rd}$		=	3,2 kN
n_{ben}	=	$15,9 / 3,2$		=	5,0 St/m
h.o.h.	=	$1000 / 5$		=	200 mm
220-171 = 49mm	:	Capaciteit houtdraadbout M12 $F_{V,Rd}$		=	4,4 kN
n_{ben}	=	$15,9 / 4,4$		=	3,6 St/m
h.o.h.	=	$1000 / 4$		=	250 mm

VeriCon		Versie : 8.24.13 ; NDP : NL		printdatum : 04-01-2024	
0		H verbindingen EC			
0	0			$d=$	12
0	0			$t1=$	19
0	0			$t2=$	146
0	0			$F_{V,Rd}$	3,20 kN per snede
0	0			$F_{ax,Rd}$	n.v.t. kN per snede
0	0			element 1	gezaagd hout naaldhout C18
0	0			element 2	gezaagd hout naaldhout C18
(8.6) hout op hout enkelsnedig, fig. a t/m f					
unity-checks	0,00	0,30	0,99	n.v.t.	0,99
opmerking					
$f_{u,k}$	karak. treksterkte	400	rekening houden met koordeffect?	ja	minimum afstanden bij afschuiving (mm)
n_s	(schuif) aantal sneden verbinding	5	α	hoek met vezel	0
n_t	(trek) aantal sneden verbinding	0	t_{st}	dikte evt staal	10,0
n	verbinding smid. in een rij	5	a1	h.o.h. afst. vezelrichting	60
a1	tussenafstand	200	a2	h.o.h. afst. Loodr. vezels	48
t	dikte staalplaat	10	a3t	belaste eindafstand	84
$F_{ax,Ed}$	trekkracht evenwijdig as	0	a3c	onbelaste eindafstand	48
			$F_{V,Rd}$	afschuifweerstand	16,0
			$F_{ax,Rd}$	trekweerstand	0,00
			a4t	belaste randafstand	36
			a4c	onbelaste randafstand	36
toetsingen: het verbindingsmiddel wordt voorgeboord					
splijten loodrecht vezels	$F_{V,Ed,1,2}$	/	$F_{90,Rd}$	=	0,0
min h.o.h.-afstand vezelr	$a1_{min}$	/	a1	=	60
op afschuiving belast	$F_{V,Ed}$	/	$F_{V,Rd}$	=	15,9
axiaal belast	$F_{ax,Ed}$	/	$F_{ax,Rd}$	=	0,00
					3,4
					0,00
					0,30
					0,99
					n.v.t.
					n.v.t.

3.2.4 Resultaten

Gordingen met een maximale overspanning van 3,7m

Indien het toegepaste profiel groter of gelijk is aan 69 x 219, kan de maximale Rd-waarde van 6,5 m²K/W gehaald worden. Binnen de aangenomen uitgangspunten heeft het profiel voldoende capaciteit om de extra belasting uit de bio-based dakisolatie op te nemen.

Indien de balken constructief worden opgedikt tot de betreffende isolatiedikte, dan heeft dit een gunstig effect. De balken voldoen in deze situatie bij een minimale isolatiedikte van 220mm.

Gordingen met een maximale overspanning van 2,85m

Indien het toegepaste profiel groter of gelijk is aan 59 x 171, kan de maximale Rd-waarde van 6,5 m²K/W gehaald worden. Binnen de aangenomen uitgangspunten heeft het profiel voldoende capaciteit om de extra belasting uit de bio-based dakisolatie op te nemen.

Indien de balken constructief worden opgedikt tot de betreffende isolatiedikte, dan heeft dit een gunstig effect. De balken voldoen in deze situatie bij een minimale isolatiedikte van 190mm.

Windgebied en terreincategorie

De windbelasting is in de berekeningen maatgevend voor de doorbuiging. Het maatgevende windgebied (windgebied I) is aangehouden voor de referentiewoning, waarbij een woning binnen 80m van de kust wordt uitgesloten. Indien een woning in een lager windgebied (windgebied II of III) staat zal dit gunstigere uitkomsten leveren. Op doorbuiging geeft dit tot 18% verschil, zie onderstaande vergelijking voor een woning in windgebied III in een bebouwde omgeving.

Verskil in rekenwaarde belasting t.b.v. doorbuiging in bruikbaarheidsgrenstoestand.

q_G	=	$(0,65_{dak} + 0,25_{PV} + 0,32_{iso Rd=3,5}) / \cos(30^\circ)$	=	1,41	kN/m ²
$q_{Q, I \text{ onbebouwd}}$	=		=	0,93	kN/m ²
$q_{Q, III \text{ bebouwd}}$	=		=	0,50	kN/m ²
$q_{Ed, I \text{ onbebouwd}}$	=	$1,0 \times 1,41 + 1,0 \times 0,93$	=	2,34	kN/m ²
$q_{Ed, III \text{ bebouwd}}$	=	$1,0 \times 1,41 + 1,0 \times 0,50$	=	1,91	kN/m ²
% verschil	=	$(1 - 1,91 / 2,34) \times 10^2$	=	18	%

Verbindingsmiddelen samengestelde balk

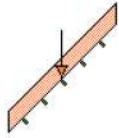
In de maatgevende situatie, een balkhoogte van 190mm met een minimale optopping van 19mm, de verbinding volledig gelijkmd uitvoeren met schroeven/houtdraadbouten M12 (4.6) h.o.h. 200mm. Bij een optopping vanaf 49mm volstaat een volledig gelijkmd verbinding met schroeven/houtdraadbouten M12 (4.6) h.o.h. 250mm.

Bijlagen

Bijlage 1 - Voorbeeldberekening gording $L_{eff} = 3,7m$

Project name	constructieve check Bio-based dakisolatie	Project number	230343
Part description	Gording	Structural engineer	L. Keeris
Client	Takkenkamp Groep	Units	m, mm, kN, kNm
File	P:\230343-Controle-dakconstructie-met-bio-based-dakisolatie\02_reken\02_rapporten VeriCon\230343NOT01-controle bio-based binnendak\reken bestanden\Controleberekening bestaande gordingen.mxf		

1. HELLEND DAK (NEN-EN1995:2011/NB:2013)



SECTION DATA: HT-GS 69 X 219

Strength class		C18		
Member length	L_{sys}	3.700 m	Wainscoting material	C18
Beams spacing	L_t	1.050 m	Wainscoting thick.	0 mm

LOADS

Permanent	Self weight 0.05 kN/m ² ; Insulation 0.20 kN/m ² ; Wainscoting 0.14 kN/m ² ; Ceiling 0.12 kN/m ² ; Other 0.65 kN/m ² ; Total 1.16 kN/m ²			
Imposed	q_k 0.00 kN/m ² ; ψ_0 0.00; ψ_1 0.00; ψ_2 0.00; Q_k 1.50 kN			
Wind	Wind pressure 0.93 kN/m ² ; Wind suction -0.94 kN/m ²			
Snow	p_{snow} 0.56 kN/m ²			
Accidental	$F_{accidental}$ 0.00 kN; $p_{accidental}$ 0.00 kN/m ²			

LOAD COMBINATIONS FOR ULTIMATE LIMIT STATE (6.10a + 6.10b)

Fu.C.1	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{wind_over}$	$1.05 \cdot 1.16 \cdot 0.87 + 1.20 \cdot 0.93$	2.18 kN/m ²
Fu.C.2	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{wind_under}$	$0.90 \cdot 1.16 \cdot 0.87 + 1.20 \cdot (-0.94)$	-0.22 kN/m ²
Fu.C.3	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{snow} \cdot \cos^2(\alpha)$	$1.05 \cdot 1.16 \cdot 0.87 + 1.10 \cdot 0.56 \cdot 0.75$	1.52 kN/m ²
Fu.C.4	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$ $F = \gamma Q \cdot F_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	$1.05 \cdot 1.16 \cdot 0.87$ $1.10 \cdot 1.50 \cdot 0.87$	1.06 kN/m ² 1.43 kN
Fu.C.5	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	$1.15 \cdot 1.16 \cdot 0.87$	1.16 kN/m ²
Fu.C.6	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	$0.90 \cdot 1.16 \cdot 0.87$	0.91 kN/m ²
Bi.C.1	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	$1.00 \cdot 1.16 \cdot 0.87$	1.01 kN/m ²

MAX UC FORCE CUT

Comb.	$N_{c,Ed} N_{t,Ed}$	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
Fu.C.1	0.00	0.00	0.00	3.91	0.00
Fu.C.2	0.00	0.00	0.00	-0.40	0.00
Fu.C.3	0.00	0.00	0.00	2.73	0.00
Fu.C.4	0.00	0.00	0.71	3.22	0.00
Fu.C.5	0.00	0.00	0.00	2.08	0.00
Fu.C.6	0.00	0.00	0.00	1.63	0.00
Bi.C.1	0.00	0.00	0.00	1.81	0.00
	kN	kN	kN	kNm	kNm

CROSS UC PER LOAD COMBINATION

Fu.C.1	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	7.086 / 12.462+0.7·0 / 14.555	0.57	Ok
Fu.C.2	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	0.717 / 12.462+0.7·0 / 14.555	0.06	Ok
Fu.C.3	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	4.955 / 12.462+0.7·0 / 14.555	0.40	Ok
Fu.C.4	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	5.847 / 11.077+0.7·0 / 12.938	0.53	Ok
	NEN-EN1995-1-1#6.1.7 (6.13) (V_z)	0.071 / 2.092	0.03	Ok
Fu.C.5	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	3.779 / 8.308+0.7·0 / 9.704	0.45	Ok
Fu.C.6	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	2.957 / 8.308+0.7·0 / 9.704	0.36	Ok
Bi.C.1	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	3.286 / 8.308+0.7·0 / 9.704	0.40	Ok

LOAD COMBINATIONS FOR SERVICEABILITY LIMIT STATES

Qu.C.1	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	1.00·1.16·0.87	1.01 kN/m ²
Ka.C.(w ₁)	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	1.00·1.16·0.87	1.01 kN/m ²
Ka.C.1	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	1.00·1.16·0.87	1.01 kN/m ²
Ka.C.2	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{wind_over}$	1.00·1.16·0.87+1.00·0.93	1.94 kN/m ²
Ka.C.3	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{wind_under}$	1.00·1.16·0.87+1.00·(-0.94)	0.07 kN/m ²
Ka.C.4	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{snow} \cdot \cos^2(\alpha)$	1.00·1.16·0.87+1.00·0.56·0.75	1.43 kN/m ²

DEFLECTIONS UC PER LOAD COMBINATION

L/250	Limit w _{max}	14.8 mm	L/333	Limit w ₂ +w ₃	11.1 mm
-------	------------------------	---------	-------	--------------------------------------	---------

Comb.	w ₃	w _{tot}	w _{max}	w ₂ +w ₃	UC (w _{max})	UC (w ₂ +w ₃)
Ka.C.1	0.0	7.6	7.6	2.9	0.51	0.26
Ka.C.2	4.4	12.0	12.0	7.2	0.81	0.65
Ka.C.3	-4.4	3.2	3.2	-1.6	0.21	0.14
Ka.C.4	2.0	9.6	9.6	4.8	0.65	0.43
	mm	mm	mm	mm		

PERFORMED CHECKS

Cross	NEN-EN1995-1-1#6.1.7 (6.13) (V ₂)	0.419 / 2.354	0.18 Ok
Cross	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	7.086 / 12.462+0.7·0 / 14.555	0.57 Ok
Deflections	NEN-EN1995#7.2 NEN-EN1990#A1.4.3 (4)	12.0 / 14.8	0.81 Ok

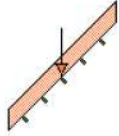
Beam checked for strength and stiffness

Beam Ok

Bijlage 2 - Voorbeeldberekening gording $L_{eff} = 2,85m$

Project name	constructieve check Bio-based dakisolatie	Project number	230343
Part description	Gording	Structural engineer	L. Keeris
Client	Takkenkamp Groep	Units	m, mm, kN, kNm
File	P:\230343-Controle-dakconstructie-met-bio-based-dakisolatie\02_reken\02_rapporten VeriCon\230343NOT01-controle bio-based binnendak\reken bestanden\Controleberekening bestaande gordingen.mxf		

1. HELLEND DAK (NEN-EN1995:2011/NB:2013)



SECTION DATA: HT-GS 59 X 171

Strength class		C18		
Member length	L_{sys}	2.850 m	Wainscoting material	C18
Beams spacing	L_t	1.050 m	Wainscoting thick.	0 mm

LOADS

Permanent	Self weight 0.04 kN/m ² ; Insulation 0.20 kN/m ² ; Wainscoting 0.14 kN/m ² ; Ceiling 0.12 kN/m ² ; Other 0.65 kN/m ² ; Total 1.15 kN/m ²			
Imposed	q_k 0.00 kN/m ² ; ψ_0 0.00; ψ_1 0.00; ψ_2 0.00; Q_k 1.50 kN			
Wind	Wind pressure 0.93 kN/m ² ; Wind suction -0.94 kN/m ²			
Snow	p_{snow} 0.56 kN/m ²			
Accidental	$F_{accidental}$ 0.00 kN; $p_{accidental}$ 0.00 kN/m ²			

LOAD COMBINATIONS FOR ULTIMATE LIMIT STATE (6.10a + 6.10b)

Fu.C.1	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{wind_over}$	$1.05 \cdot 1.15 \cdot 0.87 + 1.20 \cdot 0.93$	2.16 kN/m ²
Fu.C.2	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{wind_under}$	$0.90 \cdot 1.15 \cdot 0.87 + 1.20 \cdot (-0.94)$	-0.23 kN/m ²
Fu.C.3	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{snow} \cdot \cos^2(\alpha)$	$1.05 \cdot 1.15 \cdot 0.87 + 1.10 \cdot 0.56 \cdot 0.75$	1.50 kN/m ²
Fu.C.4	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$ $F = \gamma Q \cdot F_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	$1.05 \cdot 1.15 \cdot 0.87$ $1.10 \cdot 1.50 \cdot 0.87$	1.04 kN/m ² 1.43 kN
Fu.C.5	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	$1.15 \cdot 1.15 \cdot 0.87$	1.14 kN/m ²
Fu.C.6	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	$0.90 \cdot 1.15 \cdot 0.87$	0.89 kN/m ²
Bi.C.1	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	$1.00 \cdot 1.15 \cdot 0.87$	0.99 kN/m ²

MAX UC FORCE CUT

Comb.	$N_{c,Ed} N_{t,Ed}$	$V_{y,Ed}$	$V_{z,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$
Fu.C.1	0.00	0.00	-0.00	2.30	0.00
Fu.C.2	0.00	0.00	0.00	-0.25	0.00
Fu.C.3	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00
Fu.C.4	0.00	0.00	0.71	2.13	0.00
Fu.C.5	0.00	0.00	0.00	1.22	0.00
Fu.C.6	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00
Bi.C.1	0.00	0.00	0.00	1.06	0.00
	kN	kN	kN	kNm	kNm

CROSS UC PER LOAD COMBINATION

Fu.C.1	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	8.003 / 12.462+0.7·0 / 15.018	0.64 Ok
Fu.C.2	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	0.869 / 12.462+0.7·0 / 15.018	0.07 Ok
Fu.C.3	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	5.578 / 12.462+0.7·0 / 15.018	0.45 Ok
Fu.C.4	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	7.406 / 11.077+0.7·0 / 13.35	0.67 Ok
	NEN-EN1995-1-1#6.1.7 (6.13) (V_z)	0.106 / 2.092	0.05 Ok
Fu.C.5	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	4.234 / 8.308+0.7·0 / 10.012	0.51 Ok
Fu.C.6	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	3.313 / 8.308+0.7·0 / 10.012	0.40 Ok
Bi.C.1	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	3.681 / 8.308+0.7·0 / 10.012	0.44 Ok

LOAD COMBINATIONS FOR SERVICEABILITY LIMIT STATES

Qu.C.1	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	1.00·1.15·0.87	0.99 kN/m ²
Ka.C.(w ₁)	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	1.00·1.15·0.87	0.99 kN/m ²
Ka.C.1	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha)$	1.00·1.15·0.87	0.99 kN/m ²
Ka.C.2	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{wind_over}$	1.00·1.15·0.87+1.00·0.93	1.92 kN/m ²
Ka.C.3	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{wind_under}$	1.00·1.15·0.87+1.00·(-0.94)	0.05 kN/m ²
Ka.C.4	$p = \gamma G \cdot G_{rep} \cdot \cos(\alpha) + \gamma Q \cdot Q_{snow} \cdot \cos^2(\alpha)$	1.00·1.15·0.87+1.00·0.56·0.75	1.41 kN/m ²

DEFLECTIONS UC PER LOAD COMBINATION

L/250	Limit w _{max}	11.4 mm	L/333	Limit w ₂ +w ₃	8.6 mm
-------	------------------------	---------	-------	--------------------------------------	--------

Comb.	w ₃	w _{tot}	w _{max}	w ₂ +w ₃	UC (w _{max})	UC (w ₂ +w ₃)
Ka.C.1	0.0	6.5	6.5	2.4	0.57	0.28
Ka.C.2	3.8	10.3	10.3	6.2	0.90	0.73
Ka.C.3	-3.8	2.6	2.6	-1.4	0.23	0.16
Ka.C.4	1.7	8.2	8.2	4.1	0.72	0.48
	mm	mm	mm	mm		

PERFORMED CHECKS

Cross	NEN-EN1995-1-1#6.1.7 (6.13) (V ₂)	0.444 / 2.092	0.21 Ok
Cross	NEN-EN1995-1-1#6.1.6 (6.11)	7.406 / 11.077+0.7·0 / 13.35	0.67 Ok
Deflections	NEN-EN1995#7.2 NEN-EN1990#A1.4.3 (4)	10.3 / 11.4	0.90 Ok

Beam checked for strength and stiffness

Beam Ok