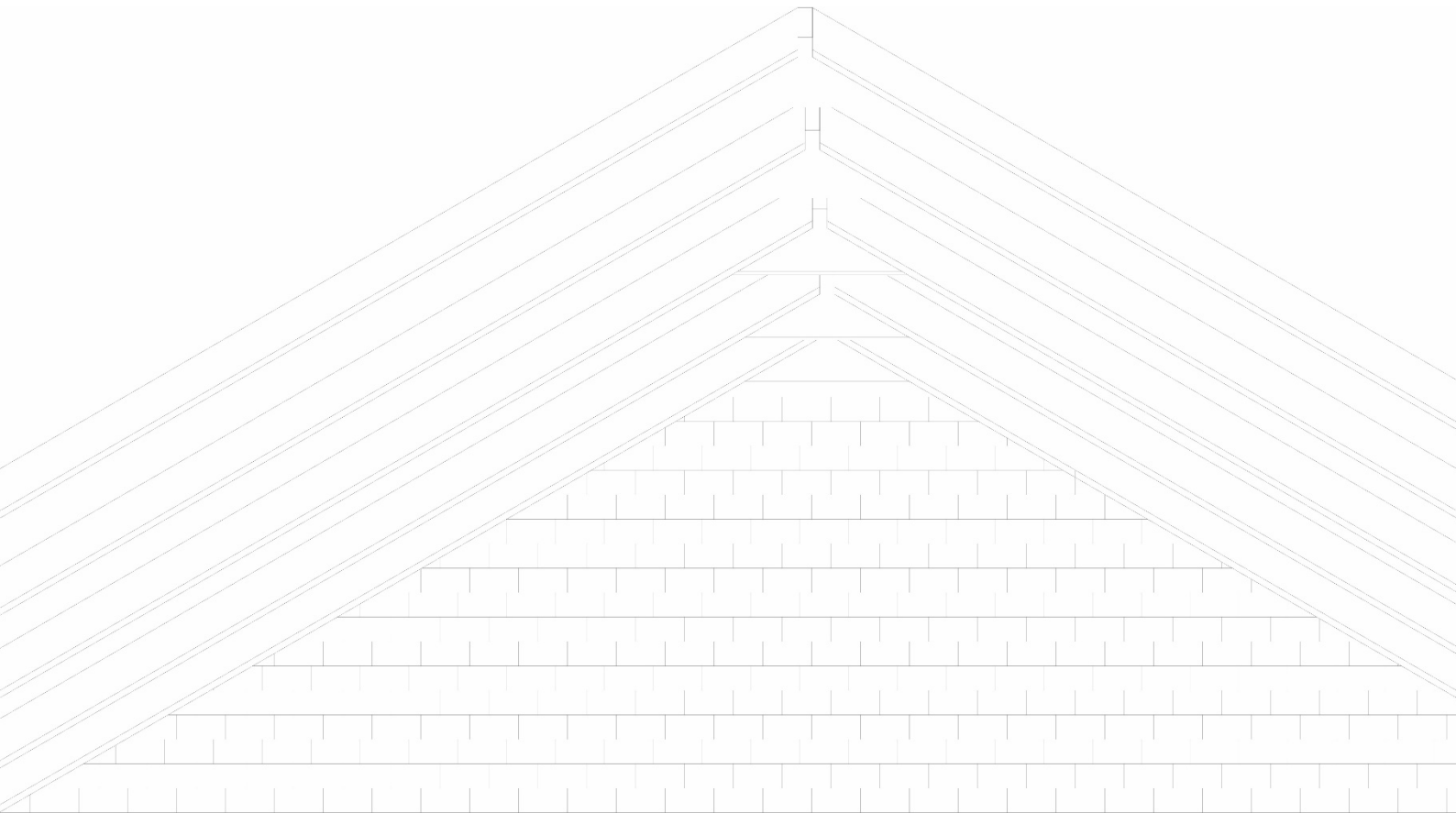


Dimensioneringstool voor spantendaken



Margot Vantieghem

Interne promotor: Dhr. Tetaert
Externe promotor: Dhr. De Jaegher

howest
De Hogeschool West-Vlaanderen
Lid van de Associatie Universiteit Gent

2016-2017
Toegepaste Architectuur

Voorwoord

“Het maken van een dimensioneringsstool voor spantendaken”, een niet evident, maar interessant onderwerp!

Het heeft me veel tijd en energie gekost om alles te ontdekken en te verwerken. Dat ik hierin geslaagd ben, maakt me fier.

Hierbij wil ik mijn dank betuigen aan mijn interne promotor Dhr. Tetaert en externe promotor Dhr. De Jaegher voor het opvolgen van mijn bachelorproef, voor hun aanwijzingen en constructieve commentaar.

Mijn grootste dank aan mijn ouders en vrienden. Zij boden me de nodige steun en bezorgden me af en toe een welgekomen ontspanning. Niet alleen tijdens het schrijven van dit eindwerk, maar gaandeweg tijdens mijn studies. Zij maakten de voorbije jaren compleet.

Een bijzondere dank aan mijn papa die mij meermaals op het juiste spoor zette in mijn zoektocht naar de juiste informatie en mijn manier van werken.

Inleiding

Tijdens de voorstelling van mijn ontwerp van een meergezinswoning, kreeg ik de opmerking dat de houtconstructie van mijn lessenaarsdak niet voldoende gedimensioneerd was. Om het tegendeel te bewijzen ben info gaan opzoeken op het internet. Ik kwam tot de vaststelling dat hierover heel weinig tot niks te vinden is. Ik was dan ook blij dat ik het onderwerp "Dimensioneringstool voor spantendaken" toegewezen kreeg.

Een eenvoudige en praktische dimensioneringstool ontwerpen voor studenten, architecten, aannemers,... werd de uitdaging!

Spantendaken bestaan uit verschillende dakvormen. Ik behandel hierbij de meest voorkomende namelijk het lessenaarsdak en het zadeldak. Bij normale overspanningen wordt gebruik gemaakt van massief naaldhout, voor grotere overspanningen is er de mogelijkheid te kiezen voor LVL-liggers.

Er dient rekening gehouden te worden met de huidige Normen.

De belastingen die in rekening gebracht worden zijn terug te vinden in Eurocode 1.
In Eurocode 0 is aangegeven hoe deze krachten gecombineerd moeten worden.
De staticaberekening geeft de inwendige krachten en de oplegreacties.
Eurocode 5 bepaalt de ontwerp- en rekenregels voor houtconstructies.

Bovenstaande legt dan ook meteen mijn volgorde van werken vast!
In de volgende hoofdstukken wordt alles in detail besproken.

Er is gekozen om een Excel-bestand te maken.
Door uit gedefinieerde parameters te kiezen wordt de constructie gecontroleerd op sterkte en doorbuiging.

De resultaten van berekeningen in het Excelbestand zijn nagezien met SCIA-engineer rekensoftware.

Inhoud

Voorwoord	
Inleiding	
1 Criteria bij het dimensioneren	5
2 Belastingen	5
2.1 Blijvende belasting	5
2.2 Windbelasting op daken	6
2.2.1 Windsnelheid	6
2.2.1.1 Ruwheidscoëfficiënt $c_r(z)$	7
2.2.1.2 Orografiefactor $c_o(z)$	7
2.2.1.3 Referentie windsnelheid v_b	7
2.2.2 Extreme stuwdruk $q_p(z)$	8
2.2.2.1 Blootstellingscoëfficiënt $c_e(z)$	10
2.2.2.2 Referentie winddruk q_b	10
2.2.3 Winddruk op oppervlakten	11
2.2.3.1 Uitwendige drukcoëfficiënt c_{pe}	11
2.2.3.2 Inwendige drukcoëfficiënt c_{pi}	13
2.3 Sneeuwbelasting	13
2.3.1 Vormcoëfficiënt μ_i	14
2.3.2 Sneeuwlast op de grond s_k	14
2.4 Gebruiksbelasting	14
2.5 Belasting per spant	14
2.6 Belasting op nokbalk	15
3 Statica van de berekeningen	16
3.1 Lessenaarsdak met q-last en schuine rol	16
3.2 Lessenaarsdak met q-last en horizontale rol	18
3.3 Zadeldak met q-last	20
3.4 Zadeldak met q-last en knieschot	22
3.5 Nokbalk	24
4 Eigenschappen van hout	24
4.1 Karakteristieke eigenschappen	24
4.2 Invloed belastingsduur en vochtigheidsgraad	25
5 Belastingscombinaties	27
5.1 Combinaties in de gebruiksgrenstoestand GGT	29
5.2 Combinaties in de uiterste grenstoestand UGT	29
6 Controle van de grenstoestanen	30
6.1 Controle van de gebruiksgrenstoestand GGT	30
6.2 Controle van de uiterste grenstoestand UGT	31
7 Resultaten	31
8 Conclusie	34
Bronnenlijst	35
Bijlagen	40

1 Criteria bij het dimensioneren

Over het algemeen, moeten houten elementen die de stabiliteit van een bouwwerk verzekeren, voldoende sterk en stijf zijn om hun functie op een duurzame wijze uit te oefenen. Men dient bij gevolg dus na te gaan of hun sterkte niet overschreden wordt in de uiterste grenstoestand en/of hun relatieve vervormingen het vooropgestelde criterium niet overschrijden in de gebruiksgrenstoestand.

In uiterste grenstoestand (UGT) worden de aangrijpende krachten verhoogd met veiligheidsfactoren terwijl in gebruiksgrenstoestand (GGT) geen veiligheidsfactoren toegepast worden, omdat men hier de werkelijke doorbuiging wenst te bepalen.

2 Belastingen

De houten dakconstructie dient in zijn geheel weerstand te bieden aan volgende soorten belastingen.

- ◆ Blijvende belastingen (G):
 - ◇ Eigen gewicht
 - ◇ Vaste uitrusting,...
- ◆ Veranderlijke belastingen (Q):
 - ◇ Windbelasting
 - ◇ Sneeuwbelasting
- ◆ Opgelegde belastingen (Q):
 - ◇ Gebruiksbelasting bij onderhoud
- ◆ Toevallige belastingen (A):
 - ◇ Brand
 - ◇ Trillingen en schokken
 - ◇ Ontploffingen,...

In deze studie worden de toevallige belastingen buiten beschouwing gelaten. De kans dat een toevallig belasting zich voor doet is heel klein. Deze tool dient gebruikt te worden voor woningen en residentiële gebouwen en is niet bedoeld voor risicovolle industriële projecten.

2.1 Blijvende belasting

De blijvende belasting bestaat uit het eigen gewicht van de houten dakconstructie (tabel 1) en het eigen gewicht van de dakafwerking (tabel 2).

Het eigengewicht van de houten dakstructuur wordt vastgelegd op 25 kg/m².

Voor het eigengewicht van de dakafwerking is er een beperkte keuze uit:

- ◆ Dakpan uit gebakken klei
- ◆ Dakpan uit beton
- ◆ Vlakke dakpan
- ◆ Kunstlei
- ◆ Natuurlei

De som van beiden resulteert in de aangenomen blijvende belasting ($G_{k,i}$).

Tabel 1: Eigengewicht van verschillende dakconstructies (Eurocode 1.1)

Eigengewicht van verschillende dakconstructies	
Type dakconstructie	Eigengewicht (N/m ²)
<u>Ontoegankelijke platte dakconstructie</u> Balklaag, afdichtingssysteem, warmte-isolatie, dampscherm, spaanplaten 22mm, gipsplaten 15mm	450
<u>Toegankelijke platte dakconstructie</u> Balklaag, houten bedekking, afdichtingssysteem, warmte-isolatie, dampscherm, spaanplaten 22mm, gipsplaten 15mm	750
<u>Toegankelijke platte dakconstructie</u> Balklaag, tegels, dekvloer 5cm, afdichtingssysteem, warmte-isolatie, dampscherm, spaanplaten 22mm, gipsplaten 15mm	1550
<u>Hellende dakconstructie (zonder bedekking)</u> Balklaag, kepers, latten, tengellatten, onderdak, isolatie, dampscherm, plafonduafwerking	250 (per m ² dakschild)

Tabel 2: Eigengewicht van enkele materialen (Eurocode 1.1)

Eigengewicht van enkele materialen	
Materiaal	Eigengewicht (N/m ²)
Dakpan van gebakken aarde	400 - 600
Betonpan	510 - 550
Vlakke pan van beton en gebakken aarde	600 - 770
Kunstlei	150 - 300
Natuurlei	200
Asfaltlei type APP	150
Golfplaat uit vezelcement	150 - 180
Golfplaat uit kunststof	20 - 50
Dakdichtingssysteem APP en SBS (7mm)	70 - 90
Dakdichtingssysteem uit kunststof	25 - 40
Metalen golfplaat	80 - 175
Binnenafwerking	75 - 150
Cementvloer op steunbalkjes	600
Spaanplaat (22mm)	150
Gipsplaat (15mm)	150

2.2 Windbelasting op daken

De windbelasting zijn de krachten die aangrijpen op het dakvlak veroorzaakt door de wind. Hierbij zijn er verschillende factoren die de veroorzaakte krachten beïnvloeden. Deze zijn onder meer de ligging, de terreineigenschappen, de hoogte en vorm van het gebouw,... Dit wordt hieronder uitvoerig besproken.

2.2.1 Windsnelheid

De gemiddelde windsnelheid $v_m(z)$ [m/s] op een hoogte z [m] boven het grondniveau wordt gegeven door:

$$v_m(z) = C_r(z) \cdot C_o(z) \cdot v_b$$

waarbij $C_r(z)$ ruwheidscoëfficiënt
 $C_o(z)$ orografiefactor
 v_b referentie windsnelheid [m/s]

2.2.1.1 Ruwheidscoëfficiënt $c_r(z)$

Er worden vijf terreinruwheidsklassen onderscheiden waaruit een keuze moet gemaakt worden (Tabel 3). Hieruit volgen de waarden van z_0 en z_{min} waaruit de ruwheidscoëfficiënt $c_r(z)$ kan berekend worden.

De ruwheidscoëfficiënt houdt rekening met de variatie van de gemiddelde windsnelheid te wijten aan:

- ◆ De hoogte boven het grondniveau
- ◆ De ruwheid van het terrein afhankelijk van de windrichting

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \quad \text{voor } z_{min} \leq z \leq 100 \text{ m}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{voor } z \leq z_{min}$$

waarbij z_0 ruwheidslengte [m]
 k_r terreinfactor ($k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07}$)
 z_{min} minimum hoogte in functie van de terreincategorie [m]

Tabel 3: Terreincategorie (Eurocode 1.4)

Terreincategorie			z_0 (m)	z_{min} (m)
Kustgebied	0	Zee of kustgebied	0,003	1
Open vlakke	I	Vijvers en meren, vlak open terrein zonder hindernissen	0,010	1
Landelijk gebied	II	Weideland met afbakening, huizen en bomen	0,050	2
Dorpen en bossen	III	Randstad of industrieel gebied en bossen	0,300	5
Stedelijk gebied	IV	Stedelijk gebied waar minstens 15% van de oppervlakte bebouwd is met structuren waarvan de gemiddelde hoogte groter is dan 15m	1,000	10

2.2.1.2 Orografiefactor $c_o(z)$

De orografiefactor $c_o(z)$ brengt de toename in windsnelheid in rekening die veroorzaakt wordt door heuvels en kliffen en staat in relatie met de windsnelheid aan de voet van de heuvel.

$$c_o = 1 \quad \text{voor } \Phi < 0,05$$

$$c_o = 1 + 2 \cdot s \cdot \Phi \quad \text{voor } 0,05 < \Phi < 0,3$$

$$c_o = 1 + 0,6 \cdot s \quad \text{voor } \Phi > 0,3$$

waarbij Φ helling in de richting van de wind in %
 s vormfactor van het terrein

Er wordt uitgegaan van een vlak terrein, $c_o = 1$.

2.2.1.3 Referentie windsnelheid v_b

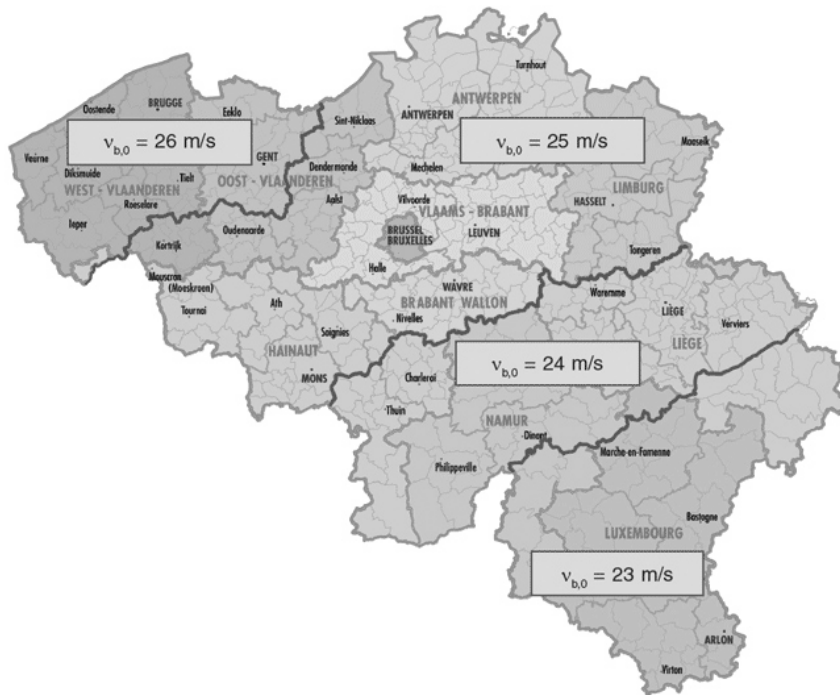
De referentie windsnelheid is seizoensgebonden en hangt tegelijk af van de windrichting.

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

Waarbij c_{dir} windrichtingsfactor
 c_{season} seizoen factor
 $v_{b,0}$ basis referentie windsnelheid [m/s]

De windrichtings- en seizoen factor c_{dir} en c_{season} worden op nationaal niveau vastgesteld. Voor België worden beide waarden gelijk gesteld aan 1.

De basisreferentiesnelheden zijn te vinden op onderstaande kaart. In het berekeningsmodel is gekozen voor een windsnelheid van 26 m/s. Daarmee wordt een bepaalde veiligheid ingebouwd en is de tool toepasbaar voor gans België.



Afbeelding 1: Windzones België (Eurocode 1.4)

2.2.2 Extreme stuwdruk $q_p(z)$

De extreme stuwdruk is de winddruk die als basis dient voor de berekening van de windbelasting op vlakken. De extreme winddruk $q_p(z)$ [N/m^2] op een hoogte z [m] boven het grondniveau wordt gegeven door:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

Waarbij $c_e(z)$ blootstellingscoëfficiënt
 q_b referentie winddruk [N/m^2]

Gemakshalve wordt geen gebruik gemaakt van de formule, maar hanteert men de tabellen waarbij veiligheidshalve de hoogte telkens afgerond wordt naar boven.

Tabel 4: Externe stuwdruk $q_{p(z)}$ bij $C_o = 1$ (Eurocode 1.4)

Hoogte z_e (m)	ANB: Extreme stuwdruk $q_{p(z)}$ bij $C_o = 1$															
	$v_{b,0} = 23,00$ m/s			$v_{b,0} = 24,00$ m/s			$v_{b,0} = 25,00$ m/s			$v_{b,0} = 26,00$ m/s						
	Terreincategorieën			Terreincategorieën			Terreincategorieën			Terreincategorieën						
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
200	1595	1514	1312	1082	1737	1649	1428	1178	1884	1789	1550	1278	2069	1935	1676	1383
175	1561	1477	1272	1042	1700	1608	1385	1135	1844	1745	1503	1231	2019	1887	1625	1332
150	1522	1434	1226	997	1658	1561	1335	1086	1799	1694	1449	1178	1983	1833	1567	1274
125	1477	1384	1173	945	1608	1507	1278	1029	1745	1636	1386	1116	1930	1769	1500	1207
100	1423	1325	1110	882	1549	1442	1209	961	1681	1565	1312	1043	1866	1693	1419	1128
95	1410	1311	1096	868	1535	1428	1193	964	1666	1549	1295	1026	1851	1675	1400	1110
90	1397	1297	1081	854	1521	1412	1177	930	1651	1532	1277	1009	183	1657	1381	1091
85	1383	1282	1065	838	1506	1396	1160	913	1634	1514	1258	990	1819	1638	1361	1071
80	1369	1266	1048	822	1491	1379	1142	895	1617	1496	1239	971	1802	1618	1340	1050
75	1354	1249	1031	805	1474	1360	1122	876	1599	1476	1218	951	1784	1597	1317	1028
70	337	1232	1012	787	1456	1341	1102	856	1580	1455	1196	929	175	1574	1293	1005
65	1320	1213	992	767	1437	1320	1080	835	1559	1433	1172	907	1744	1550	1268	980
60	1301	1192	971	747	1417	1298	1057	813	1537	1409	1147	882	1722	1524	1241	954
55	1281	1170	948	724	1395	1274	1032	789	1514	1383	1120	856	1698	1496	1212	926
50	1259	1147	923	700	1371	1249	1005	763	1488	1355	1091	828	1672	1465	1180	895
45	1235	1121	896	674	1345	1220	976	734	1459	1324	1059	797	1644	1432	1145	862
40	1209	1092	866	646	1316	1189	943	703	1428	1290	1023	763	1612	1395	1107	825
35	1179	1060	833	614	1283	1154	907	668	1393	1252	984	725	1576	1354	1064	784
30	1145	1023	795	577	1246	1114	866	629	1352	1208	939	682	1536	1307	1016	738
28	1130	1007	778	562	1230	1096	847	611	1335	1189	920	663	1518	1286	995	718
26	1114	989	761	545	1212	1077	828	593	1316	1169	899	643	1499	1264	972	696
24	1096	971	742	527	1194	1057	807	573	1295	1147	876	622	1478	1240	948	673
22	1078	951	721	507	1173	1035	785	552	1273	1123	852	599	1456	1377	921	648
20	1057	929	699	487	1151	1012	761	530	1249	1098	826	575	1431	1351	893	622
18	1035	905	675	464	1127	986	735	505	1223	1070	797	548	1405	1323	862	593
16	1011	879	648	439	1100	957	706	478	1194	1039	766	519	1376	1291	828	561
14	983	850	619	412	1070	925	673	448	1162	1004	731	486	1343	1256	790	526
12	952	816	585	381	1036	889	637	414	1125	965	691	450	1305	1216	748	486
10	915	778	546	345	997	847	595	376	1081	919	645	408	1261	1170	698	441
9	895	756	524	345	974	823	571	376	1057	893	620	408	1236	1143	670	441
8	872	731	500	345	949	796	545	376	1030	864	591	408	1208	1114	639	441
7	846	704	473	345	921	767	516	376	999	832	559	408	1177	1081	605	441
6	817	674	443	345	889	733	483	376	965	796	524	408	1142	1043	566	441
5	782	638	408	345	852	695	445	376	924	754	482	408	1100	1000	522	441
2	621	471	408	345	676	512	445	376	733	556	482	408	903	793	522	441
1	509	471	408	345	554	512	445	376	602	556	482	408	765	601	522	441

2.2.2.1 Blootstellingscoëfficiënt $c_e(z)$

De blootstellingscoëfficiënt $c_e(z)$ brengt parameters in rekening die een invloed hebben op de gemiddelde windsnelheid, zoals de terreinkarakteristieken, het al dan niet aanwezig zijn van obstakels, de topografie en de hoogte boven het maaiveld.

$$c_e(z) = c_r^2(z) \cdot c_o^2(z) \cdot (1 + ((7 \cdot k_i) / (c_o(z) \cdot \ln(z/z_0))))$$

waarbij $c_r(z)$ ruwheidcoëfficiënt (zie 2.2.1.1)
 $c_o(z)$ orografiefactor (zie 2.2.1.2)
 k_i turbulentiefactor, nationaal vastgelegd op waarde 1

2.2.2.2 Referentie winddruk q_b

De referentie winddruk q_b [N/m²] komt overeen met de gemiddelde winddruk, gemeten met een tijdsinterval van 10 minuten op een hoogte van 10 m ten opzichte van een terreinruwheidsklasse II, die gemiddeld een keer per 50 jaar voorkomt. Deze winddruk is seizoensgebonden en houdt rekening met de windrichting.

$$q_b = (\rho \cdot v_b^2) / 2$$

waarbij v_b referentiesnelheid (zie 2.2.1.3) [m/s]
 ρ luchtdensiteit, 1,25 kg/m³

2.2.3 Winddruk op oppervlakten

De druk op het buitenvlak van een structuur w_e [N/m²] wordt bekomen door:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$$

De druk op een binnenoppervlak w_i [N/m²] wordt bekomen door:

$$w_i = q_p(z_i) \cdot C_{pi}$$

De netto winddruk op een oppervlak is het verschil tussen de druk op het buitenoppervlak en op het binnenoppervlak. Een druk uitgeoefend op het oppervlak wordt positief gerekend, terwijl een druk van het oppervlak weg negatief gerekend wordt. Men spreekt in het laatste geval ook van windafzuiging.

$$w_e - w_i = (C_{pe} - C_{pi}) \cdot q_p(z)$$

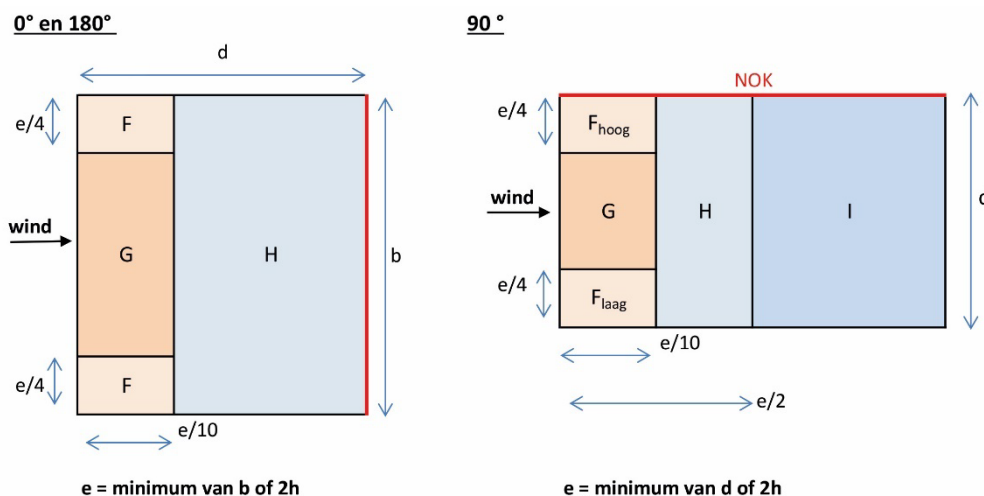
Waarbij $q_p(z)$ extreme stuwdruk op hoogte z [N/m²]
 C_{pe} uitwendige drukcoëfficiënt
 C_{pi} inwendige drukcoëfficiënt

2.2.3.1 Uitwendige drukcoëfficiënt C_{pe}

De coëfficiënt C_{pe} hangt af van de grootte van het oppervlak waarop de wind aangrijpt:

$C_{pe} = C_{pe,1}$	$A \leq 1 \text{ m}^2$
$C_{pe} = C_{pe,1} \cdot (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \times \log_{10} A$	$1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$
$C_{pe} = C_{pe,10}$	$A \geq 10 \text{ m}^2$

Voor het **lessenaarsdak** wordt gebruik gemaakt van de volgende tabel en bijhorende zonering van het dakvlak. De meest nadelige situatie wordt in rekening gebracht. In dit geval is dit waarbij de wind loodrecht aangrijpt op de gevel. Gemakshalve wordt het gemiddelde aangenomen van de zone F_{laag} , G en F_{hoog} .



Afbeelding 2: Zonering dakvlak van een lessenaarsdak (Eurocode 1.4)

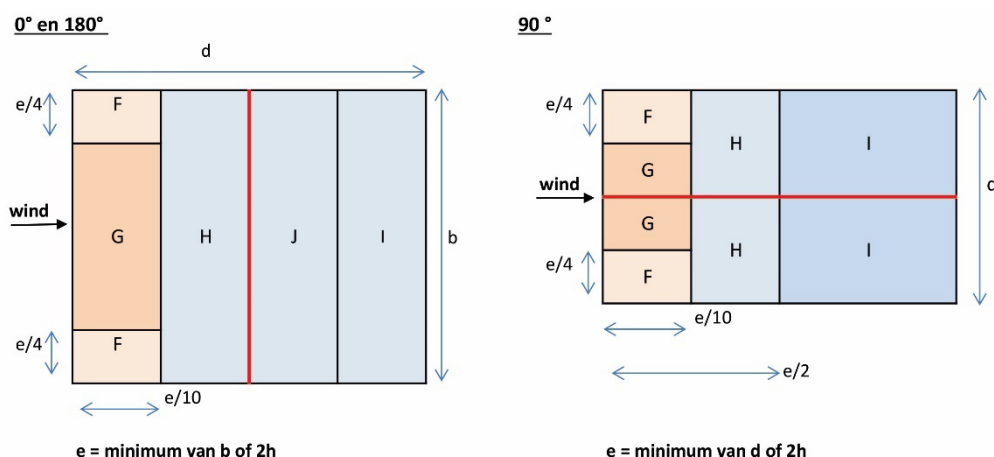
Tabel 5: Externe stuwdrukcoëfficiënten - Enkelvoudig dakvlak (Eurocode 1.4)

Externe stuwdruk coëfficiënten - enkelvoudig dakvlak						
Helling α	Zone voor windrichting $\theta = 0^\circ$					
	F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2
	0,0		0,0		0,0	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	
	0,2		0,2		0,2	
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2	
	0,7		0,7		0,4	
45°	0,0		0,0		0,0	
	0,7		0,7		0,6	
60°	0,7		0,7		0,7	
75°	0,8		0,8		0,8	

Helling α	Zone voor windrichting $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
30°	-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
45°	-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
60°	-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Helling α	Zone voor windrichting $\theta = 90^\circ$									
	F_{hoog}		F_{laag}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

Voor het **zadeldak** wordt gebruik gemaakt van de volgende tabel en bijhorende zonering van het dakvlak. De meest nadelige situatie wordt in rekening gebracht. In dit geval is dit waarbij de wind loodrecht aangrijpt op de gevel. Gemakshalve wordt het gemiddelde aangenomen van de zone F en G.



Afbeelding 3: Zonering dakvlak van een zadeldak (Eurocode 1.4)

Tabel 6: Externe stuwdrukcoëfficiënten - Dubbelvoudig dakvlak (Eurocode 1.4)

Externe stuwdruk coëfficiënten - dubbelvoudig dakvlak										
Helling α	Zone voor windrichting $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3		-2,5		-1,2		-2,0		-0,8	
									0,2	0,2
5°									-0,6	
									0,2	
15°	-1,7		-2,5		-1,2		-2,0		-0,6	
	0,0		0,0		0,0		0,0		-0,6	
30°	-0,9		-2,5		-0,8		-1,5		-0,3	
	0,2		0,2		0,2		0,2		-1,0	
45°	-0,5		-1,5		-0,5		-1,5		-0,2	
	0,7		0,7		0,4		0,4		-0,4	
60°	0,0		0,0		0,0		0,0		-0,2	
	0,7		0,7		0,6		0,6		0,0	
75°	0,7		0,7		0,7		0,7		-0,2	
75°	0,8		0,8		0,8		0,8		-0,2	

Helling α	Zone voor windrichting $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Voor hellingshoeken van -5° tot 45° wisselt de druk snel tussen negatieve (windafzuiging) en positieve (winddruk) waarden aan de windzijde, zodat beide coëfficiënten worden gegeven. Voor deze dakvlakken beschouwen we vier gevallen, waar de kleinste of grootste coëfficiënten op alle oppervlakken F, G en H worden gecombineerd met de kleinste en grootste coëfficiënten op oppervlakken I en J. Negatieve en positieve waarden op hetzelfde vlak worden niet gecombineerd.

Voor tussenliggende waarden voor de hellingshoek mag lineair geïnterpoleerd worden. Voor dakhellingen tussen -5° en 5° moet gebruik worden gemaakt van de tabellen voor platte daken.

In het rekenmodel werden enkel positieve hellingshoeken ($> 5^\circ$) in beschouwing genomen.

2.2.3.2 Inwendige drukcoëfficiënt c_{pi}

De inwendige drukcoëfficiënt c_{pi} is afhankelijk van de verdeling en grootte van openingen in een constructie. De norm maakt een onderscheid tussen twee gevallen.

- ◆ Gebouwen met een gevel die als dominant beschouwd kan worden.
- ◆ Gebouwen waarvan openingen als gelijkmatig verdeeld beschouwd kunnen worden.

De Eurocode (1.4) stelt dat men voor c_{pi} de meest ongunstige van volgende waarden moet kiezen: 0,2 en -0,3 indien het gebouw gesloten kan worden, de permanente openingen niet exact gekend zijn of het interieur veel scheidingsmuren bevat.

2.3 Sneeuwbelasting

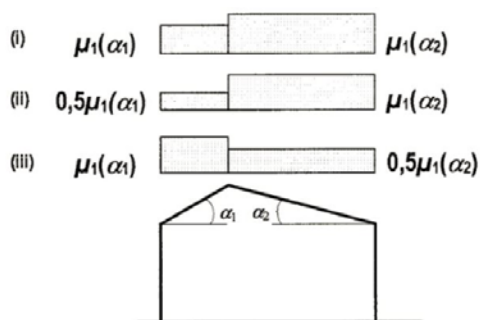
De sneeuwbelasting op het dak wordt bepaald aan de hand van onderstaande formule:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

- Waarbij s_k karakteristieke waarde voor de sneeuwbelasting op de grond (kN/m^2)
 μ_i vormcoëfficiënt die rekening houdt met de vorm en de helling van het dak
 C_e blootstellingscoëfficiënt die toelaat rekening te houden met erosie-effecten van de wind. In België is $C_e = 1$
 C_t thermische coëfficiënt die toelaat rekening te houden met het effect van warmteverlies door een dak. Bij normale thermische isolatie van het dak is deze $C_t = 1$

2.3.1 Vormcoëfficiënt μ_i

De waarde van de vormcoëfficiënt μ wordt hoofdzakelijk bepaald door de helling (Tabel 7) en de vorm van het dak (Afbeelding 4).



Afbeelding 4: Belastinggevallen voor een dak met twee dakschilden (Eurocode 1.3)

Tabel 7: Waarden voor de vormcoëfficiënt μ_i (Eurocode 1.3)

Dakhelling α	μ_1	μ_2
$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	0,8	$0,8 + 0,8 \alpha/30$
$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$0,8 - 0,8 (60-\alpha)/30$	1,6
$\alpha \geq 60^\circ$	0	-

De norm bevat ook toepassingsregels voor de beoordeling van plaatselijke effecten als gevolg van de sneeuw: sneeuwophoping omwille van uitstekende delen of obstakels bijkomende sneeuwbelasting aan de buitenste rand van het dak en belastingen ten gevolge van het afschuiven van de sneeuw. Deze plaatselijke effecten worden hier buiten beschouwing gelaten.

2.3.2 Sneeuwlast op de grond s_k

De sneeuwlast op de grond s_k is de karakteristieke waarde van de sneeuwbelasting op een horizontale oppervlakte op de grond. De formule voor s_k is bijzonder voor iedere regio en hangt af van de hoogte boven de zeespiegel en de sneeuwbelasting op zeespiegelniveau.

In België wordt de sneeuwlast op de grond berekend aan de hand van volgende formules:

Tabel 8: Karakteristieke waarden voor de sneeuwbelasting op de grond s_k (Eurocode 1.3)

Karakteristieke sneeuwbelasting s_k		
$A \leq 100m$	0,50	kN/m ²
$100m \leq A \leq 700m$	$0,50 + 0,007 (A - 100)/6$	kN/m ²

2.4 Gebruiksbelasting

Als gebruiksbelasting worden de waarden uit volgende tabel in rekening gebracht [kN/m²]. In functie van de dakhelling en de belastbare oppervlakte wordt via onderstaande formules de gebruiksbelasting berekend.

Tabel 9: Gebruiksklasse H - Daken enkel toegankelijk voor onderhoud en herstelling (Eurocode 1.1)

Daken enkel toegankelijk voor gewoon onderhoud en herstelling		
Verdeelde last		
A = belaste oppervlakte	$\alpha \leq 20^\circ$	$q_k = (0,8-A/100) \geq 0,2$
α = dakhelling	$20^\circ < \alpha < 60^\circ$	$q_k = (0,8-A/100) \times (60-\alpha)/40 > 0,2 \times (60-\alpha)/40$
q_k = belasting in kN/m ²	$\alpha \geq 60^\circ$	$q_k = 0$
Puntlast		
Q_k = belasting in kN	$Q_k = 1,50$	
A = oppervlakte aangrijppunt	A = vierkant 50 mm	

2.5 Belasting per spant

Om de belasting per spant te bekomen vermenigvuldigt men de gelijkmatige belastingen met de spantafstand c .

Eigengewicht	$q_{g,rep} = C \cdot G_{k,j}$
Winddruk	$Q_{w,rep} = C \cdot (W_e - W_i)$
Windafzuiging	$Q_{w,rep} = C \cdot (W_e - W_i)$
Sneeuwbelasting	$Q_{vert,rep} = C \cdot S_{n,k}$
Personenbelasting	$Q_{vert,rep} = C \cdot Q_k$
Puntlast	$F_{rep} = F$

2.6 Belasting op nokbalk

Om de belasting op de nokbalk te bekomen bij een symmetrisch zadeldak vermenigvuldigt men de gelijkmatige belastingen met de werkelijke lengte van het dakspant b_s of de breedte van het belastingsveld in het horizontaal vlak b_h . Op die manier wordt telkens de helft van beide dakvlakken in rekening gebracht.

Eigengewicht	$q_{g,rep} = b_s \cdot G_{k,j}$
Winddruk	$q_{w,rep} = b_s \cdot \cos \alpha \cdot (w_e - w_i)$
Windafzuiging	$q_{w,rep} = b_s \cdot \cos \alpha \cdot (w_e - w_i)$
Sneeuwbelasting	$q_{vert,rep} = b_h \cdot S_{n,k}$
Personenbelasting	$q_{vert,rep} = b_h \cdot q_k$
Puntlast	$F_{rep} = F$

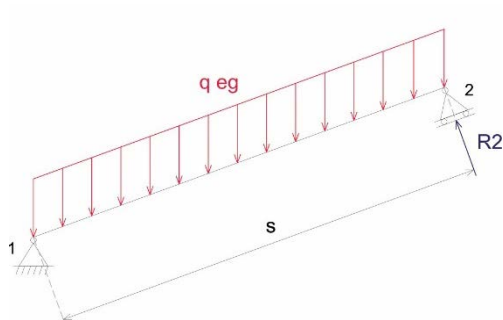
3 Statica van de berekeningen

Dit hoofdstuk is een overzicht van de gebruikte formules om de krachten te berekenen per type dak.

Waarbij	q	gelijkmatig verdeelde belasting [kN/m]
	α	hellingshoek van het dak [°]
	s	werkelijke lengte van het spant [m]
	M	moment [kNm]
	R	oplegreactie [kN]
	H	horizontale reactie [kN]
	V	verticale reactie [kN]
	N	normaalkracht [kN]
	W_{inst}	doorbuiging [mm]

Ter verduidelijking werden schematische tekeningen toegevoegd.

3.1 Lessenaarsdak met schuine rol



Figuur 1: Schematische voorstelling eigengewicht

Formules voor eigengewicht:

$$M_{1,2} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot s^2$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot s$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot s$$

$$H_2 = R_2 \cdot \sin \alpha$$

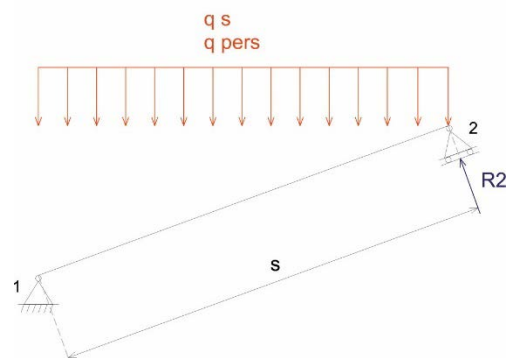
$$H_1 = H_2$$

$$V_2 = R_2 \cdot \cos \alpha$$

$$V_1 = q \cdot s - V_2$$

$$N_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot s \cdot \sin \alpha$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$



Figuur 2: Schematische voorstelling sneeuw en persoonsbelasting

Formules voor sneeuw en persoonsbelasting:

$$M_{1,2} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos \alpha^2) \cdot s^2$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \cdot (q \cdot \cos \alpha^2) \cdot s$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot (q \cdot \cos \alpha^2) \cdot s$$

$$H_2 = R_2 \cdot \sin \alpha$$

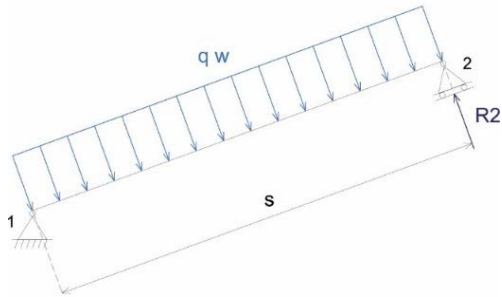
$$H_1 = H_2$$

$$V_2 = R_2 \cdot \cos \alpha$$

$$V_1 = q \cdot \cos \alpha \cdot s - V_2$$

$$N_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s \cdot \sin \alpha$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$



Figuur 3: Schematische voorstelling voor wind

Formules voor wind:

$$M_{1,2} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot s^2$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot s$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot s$$

$$H_2 = R_2 \cdot \sin \alpha$$

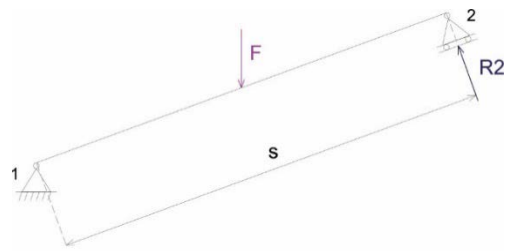
$$V_2 = R_2 \cdot \cos \alpha$$

$$H_1 = R_1 \cdot \sin \alpha$$

$$V_1 = \frac{q}{\cos \alpha} \cdot s - V_2$$

$$N_{1,2} = 0$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$



Figuur 4: Schematische voorstelling voor puntbelasting

Formules voor puntlast:

$$M_{1,2} = \frac{1}{4} \cdot F \cdot \cos \alpha \cdot s$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \cdot F \cdot \cos \alpha$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot F \cdot \cos \alpha$$

$$H_2 = R_2 \cdot \sin \alpha$$

$$V_2 = R_2 \cdot \cos \alpha$$

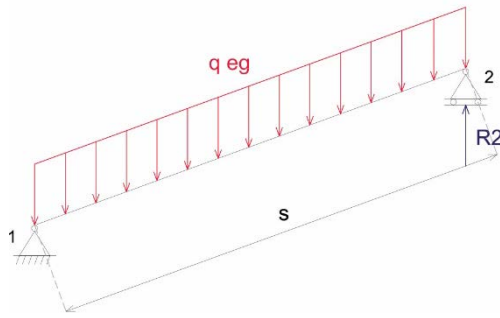
$$H_1 = R_1 \cdot \sin \alpha$$

$$V_1 = F - V_2$$

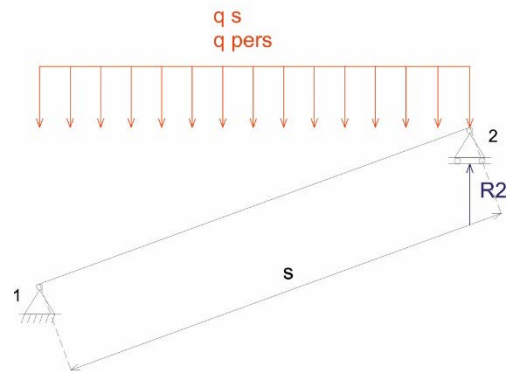
$$N_{1,2} = F \cdot \sin \alpha$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot s^3}{E \cdot I_y}$$

3.2 Lessenaarsdak met horizontale rol



Figuur 3: Schematische voorstelling voor eigengewicht



Figuur 4: Schematische voorstelling voor sneeuw en persoonsbelasting

Formules voor eigengewicht:

$$M_{1,2} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot s^2$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot s$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot s$$

$$H_2 = 0$$

$$V_2 = R_2$$

$$H_1 = 0$$

$$V_1 = q \cdot s - V_2$$

$$N_{1,2} = 0$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

Formules voor sneeuw en persoonsbelasting:

$$M_{1,2} = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos \alpha^2) \cdot s^2$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s$$

$$H_2 = 0$$

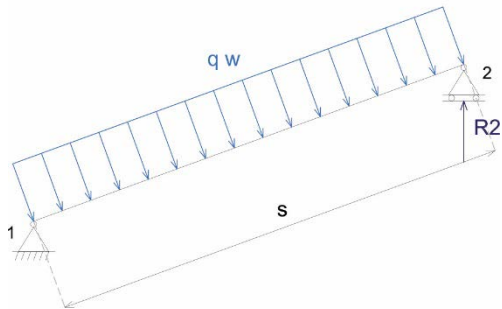
$$V_2 = R_2$$

$$H_1 = 0$$

$$V_1 = q \cdot \cos \alpha \cdot s - V_2$$

$$N_{1,2} = 0$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$



Figuur 7: Schematische voorstelling voor wind

Formules voor wind:

$$M_{1,2} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot s^2$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q}{\cos \alpha} \cdot s$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q}{\cos \alpha} \cdot s$$

$$H_2 = 0$$

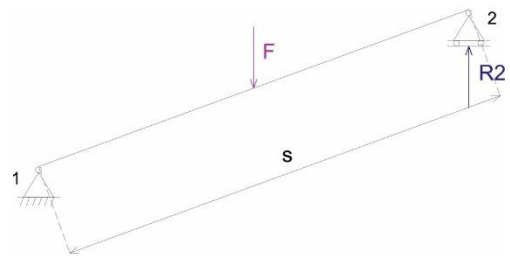
$$V_2 = R_2$$

$$H_1 = q \cdot s \cdot \sin \alpha$$

$$V_1 = q \cdot \cos \alpha \cdot s - V_2$$

$$N_{1,2} = V_2 \cdot \sin \alpha$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$



Figuur 8: Schematische voorstelling voor puntlast

Formules voor puntlast:

$$M_{1,2} = \frac{1}{4} \cdot F \cdot \cos \alpha \cdot s$$

$$R_2 = \frac{F}{2}$$

$$R_1 = \frac{F}{2}$$

$$H_2 = 0$$

$$V_2 = R_2$$

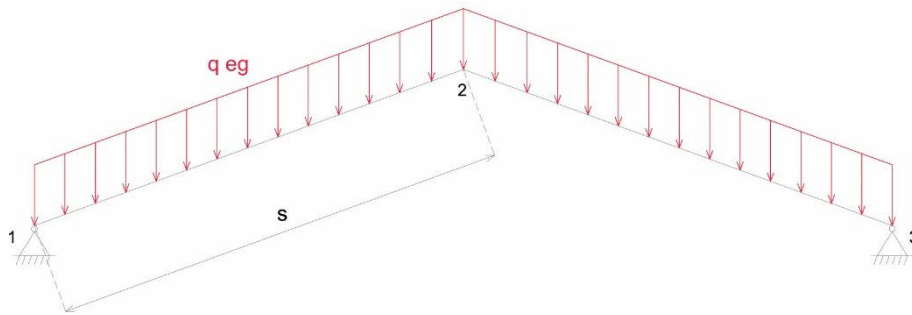
$$H_1 = 0$$

$$V_1 = R_1$$

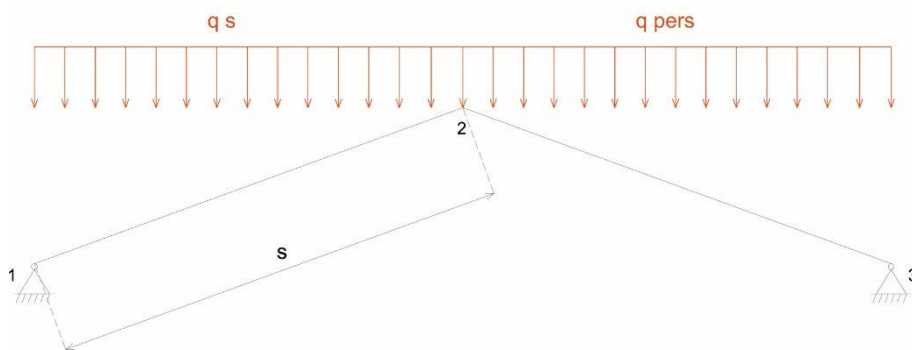
$$N_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot F \cdot \sin \alpha$$

$$W_{inst} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot s^3}{E \cdot I_y}$$

3.3 Zadeldak



Figuur 9: Schematische voorstelling voor eigengewicht



Figuur 10: Schematische voorstelling voor sneeuw en persoonsbelasting

Formules voor eigengewicht:

$$M_2 = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos \alpha) \cdot s^2$$

$$V_1 = q \cdot s$$

$$H_1 = q \cdot s \cdot \cos \alpha$$

$$N_2 = H_1 \cdot \cos \alpha$$

$$N_{1,2} = H_1 \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot q \cdot \sin \alpha$$

$$N_1 = H_1 \cdot \cos \alpha + V_1 \cdot \sin \alpha$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

Formules voor sneeuw en persoonsbelasting:

$$M_2 = \frac{1}{8} \cdot (q \cdot \cos^2 \alpha) \cdot s^2$$

$$V_1 = q \cdot \cos \alpha \cdot s$$

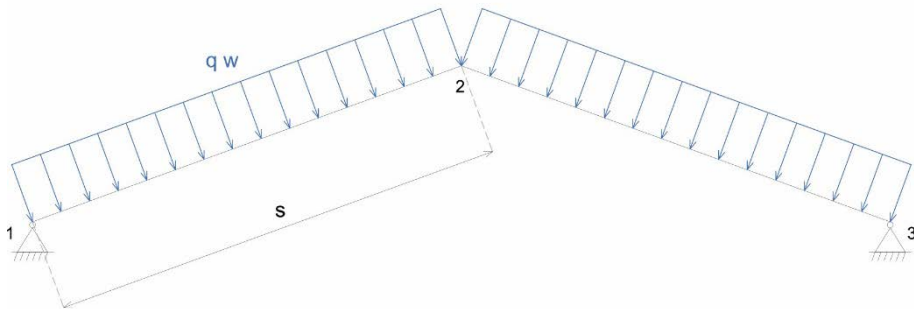
$$H_1 = q \cdot \cos \alpha \cdot s \cdot \cos \alpha = q \cdot \cos^2 \alpha$$

$$N_2 = H_1 \cdot \cos \alpha$$

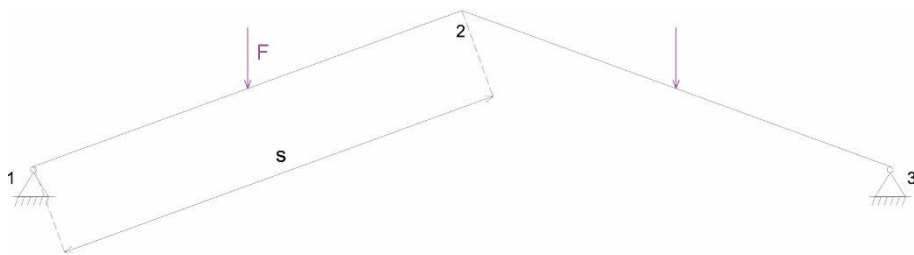
$$N_{1,2} = H_1 \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot q \cdot \sin \alpha$$

$$N_1 = H_1 \cdot \cos \alpha + V_1 \cdot \sin \alpha$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$



Figuur 5: Schematische voorstelling voor wind



Figuur 12: Schematische voorstelling voor puntlast

Formules voor wind:

$$M_{2,3} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot s$$

$$V_1 = q \cdot s \cdot \cos \alpha$$

$$H_1 = q \cdot s \cdot \cos \alpha$$

$$N_2 = N_{1,2}$$

$$N_{1,2} = H_1 \cdot \cos \alpha + V_1 \cdot \sin \alpha$$

$$N_1 = N_{1,2}$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

Formules voor puntlast:

$$M_{2,3} = \frac{1}{4} \cdot F \cdot \cos \alpha \cdot s$$

$$V_1 = F$$

$$H_1 = F \cdot \cos \alpha$$

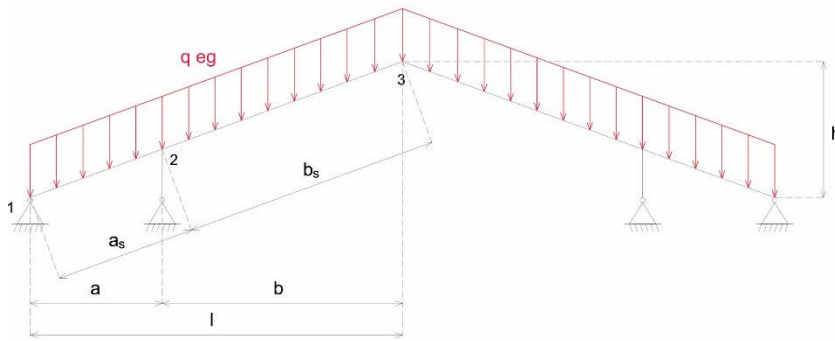
$$N_2 = H_1 \cdot \cos \alpha$$

$$N_{1,2} = H_1 \cdot \cos \alpha + V_1 \cdot \sin \alpha$$

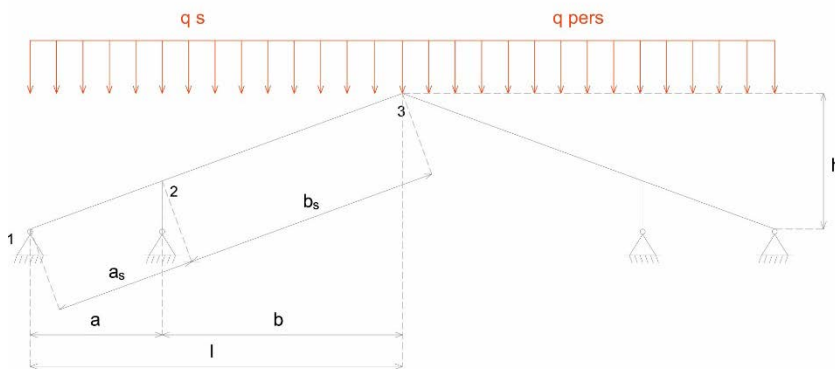
$$N_1 = N_{1,2}$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot s^3}{E \cdot I_y}$$

3.4 Zadeldak met knieschot



Figuur 7: Schematische voorstelling voor eigengewicht



Figuur 6: Schematische voorstelling voor sneeuw en persoonsbelasting

Formules voor eigengewicht:

$$M2 = \frac{1}{8} \cdot \frac{q}{\cos \alpha} \cdot \frac{a^3 + b^3}{l}$$

$$M_{2,3} = \frac{V_3^2}{2 \cdot q}$$

$$V1 = \frac{q}{\cos \alpha} \cdot l - V2$$

$$V2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q}{\cos \alpha} \cdot l + \frac{M2}{a} + \frac{M2}{b}$$

$$V3 = R3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q}{\cos \alpha} \cdot b - \frac{M2}{b}$$

$$H3 = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{q}{\cos \alpha} \cdot l^2 - V2 \cdot a}{h}$$

$$H1 = H3$$

$$N2 = H3 \cdot \cos \alpha + \frac{q}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha \cdot b$$

$$N_{2,3} = H3 \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot \frac{q}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha \cdot b$$

$$W_{isnt} = \frac{\frac{19 \cdot q \cdot (\frac{b_s}{5})^4 + 20 \cdot q \cdot (\frac{b_s}{5})^3 \cdot a_s - q \cdot a_s^3 \cdot \frac{b_s}{5}}{24 \cdot E \cdot I_y}}{2} + \frac{5 \cdot q \cdot (\frac{4 \cdot b_s}{5})^4}{384 \cdot E \cdot I_y} \cdot \cos \alpha$$

Formules voor sneeuw en persoonsbelasting:

$$M2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \frac{a^3 + b^3}{l}$$

$$M_{2,3} = \frac{V_3^2}{2 \cdot q}$$

$$V1 = q \cdot l - V2$$

$$V2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l + \frac{M2}{a} + \frac{M2}{b}$$

$$V3 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot b - \frac{M2}{b}$$

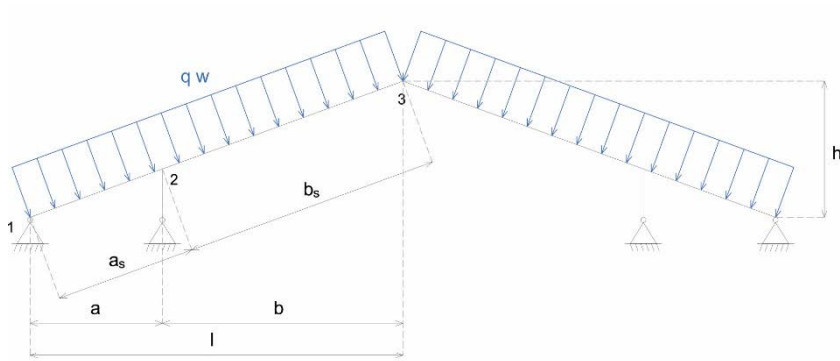
$$H3 = \frac{\frac{1}{2} \cdot q \cdot l^2 - V2 \cdot a}{h}$$

$$H1 = H3$$

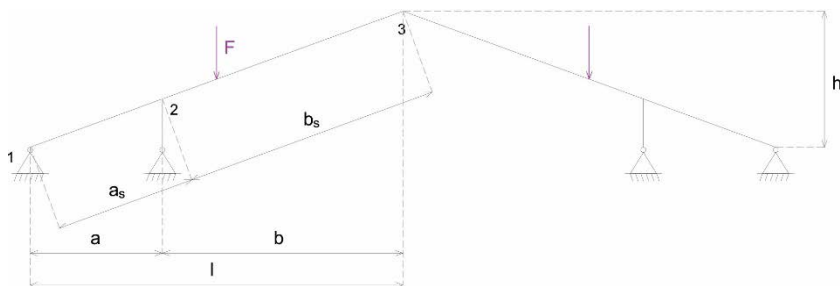
$$N2 = H3 \cdot \cos \alpha + q \cdot \sin \alpha \cdot b$$

$$N_{2,3} = H3 \cdot \cos \alpha + \frac{1}{2} \cdot q \cdot \sin \alpha \cdot b$$

$$W_{isnt} = \frac{\frac{19 \cdot q \cdot (\frac{b_s}{5})^4 + 20 \cdot q \cdot (\frac{b_s}{5})^3 \cdot a_s - q \cdot a_s^3 \cdot \frac{b_s}{5}}{24 \cdot E \cdot I_y}}{2} + \frac{5 \cdot q \cdot (\frac{4 \cdot b_s}{5})^4}{384 \cdot E \cdot I_y} \cdot \cos \alpha^2$$



Figuur 8: Schematische voorstelling voor wind



Figuur 9: Schematische voorstelling voor puntlast

Formules voor wind:

$$M2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \frac{a_s^3 + b_s^3}{s}$$

$$M2,3 = \frac{V3^2}{2 \cdot q}$$

$$V1 = q \cdot s \cdot \cos \alpha - V2$$

$$V2 = \frac{\frac{1}{2} \cdot q \cdot s + \frac{M2}{a_s} + \frac{M2}{b_s}}{\cos \alpha}$$

$$V3 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot b_s - \frac{M2}{b_s}$$

$$H3 = \frac{V3}{\sin \alpha}$$

$$H1 = H3 \cdot s \cdot \sin \alpha$$

$$N2 = H3 \cdot \cos \alpha$$

$$N2,3 = N2$$

$$W_{isnt} = \frac{\frac{19 \cdot q \cdot (\frac{b_s}{5})^4 + 20 \cdot q \cdot (\frac{b_s}{5})^3 \cdot a_s - q \cdot a_s^3 \cdot \frac{b_s}{5}}{24 \cdot E \cdot I_y}}{2} + \frac{5 \cdot q \cdot (\frac{4 \cdot b_s}{5})^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

Formules voor puntlast:

$$M2 = \frac{3}{16} \cdot F \cdot \frac{b^2}{a+b}$$

$$M2,3 = \frac{1}{4} \cdot F \cdot b - \frac{M2}{2}$$

$$V1 = F - V2$$

$$V2 = \frac{F}{2} + \frac{M2}{a} + \frac{M2}{b}$$

$$V3 = 0$$

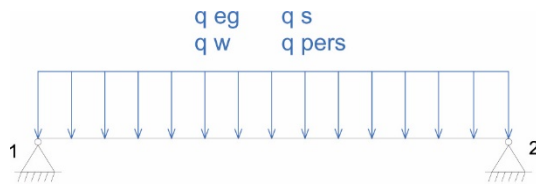
$$H3 = \frac{F \cdot (a + \frac{1}{2} \cdot b) - V2 \cdot a}{h}$$

$$H1 = H3$$

$$N2 = H3 \cdot \cos \alpha + F \cdot \sin \alpha$$

$$N2,3 = N2$$

3.5 Nokbalk



Figuur 10: Schematische voorstelling voor eigengewicht, wind, sneeuw en persoonsbelasting

Formules voor eigengewicht, wind, sneeuw en personenlast:

$$M_{1,2} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l_n^2$$

$$V_{Opleg\ wand} = q \cdot \frac{l_n}{2}$$

$$W_{inst\ 1,2} = \frac{5 \cdot q \cdot l_n^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

4 Eigenschappen van hout

4.1 Karakteristieke eigenschappen

Voor massief hout werd er gekozen om enkel naaldhout met sterkteklasse C24 in beschouwing te nemen. Het is een sterkteklasse die voor zowat alle toepassingen bruikbaar is.

Tabel 10: Karakteristieke eigenschappen en sterkteklassen van gezaagd naaldhout (Houtwijzer)

Karakteristieke eigenschappen en sterkteklassen van gezaagd NAALDHOUT												
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
$E_{0,mean,k}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
$\rho_{mean,k}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550
ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
$E_{0,05,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
$E_{90,mean,k}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,4	0,43	0,47	0,5	0,53
$G_{mean,k}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
$G_{0,05,k}$	0,29	0,34	0,38	0,40	0,42	0,46	0,48	0,50	0,54	0,59	0,63	0,67

Voor grotere lengtes kan er gekozen worden voor LVL.

LVL bestaan uit meerdere lagen verlijmd dun fineerhout. In vergelijking met traditioneel constructiehout is LVL rechter, brandveilig, lengteafhankelijk en heeft een homogener structuur met constante fysische- en mechanische eigenschappen. De balken zijn niet onderhevig aan temperatuur- en vochtafhankelijke vervormingen, scheuren niet en zijn bestand tegen krimpen, torsie en barsten. De hoge stijfheid per gewichtseenheid en lage gevoeligheid voor doorbuigingen en trillingen maken de balken geschikt voor toepassingen met grote overspanningen.

Tabel 11: Technische specificaties LVL-liggers (Unilin, LVL)

Karakteristieke ontwerpeigenschappen				LVL
Eigenschap	Oriëntatie			Prestatie
Rekenwaarde densiteit	5% fractiel	$\rho_{0,05}$	kg/m ³	480
Buigsterkte	In het vlak	$f_{m,o,d}$	N/mm ²	50,0
	Langs de rand	$f_{m,o,d}$	N/mm ²	48,0
	Tolerantie parameter			0,15
Treksterkte	Parallel met de vezel	$f_{t,o,d}$	N/mm ²	36,0
	Loodrecht op de vezel, langs de rand	$f_{t,90,d}$	N/mm ²	0,9
	Loodrecht op de vezel, in het vlak	$f_{t,90,d}$	N/mm ²	NPD
Druksterkte	Parallel met de vezel	$f_{c,o,d}$	N/mm ²	40,0
	Loodrecht op de vezel, langs de rand	$f_{c,90,d}$	N/mm ²	7,5
	Loodrecht op de vezel, in het vlak	$f_{c,90,d}$	N/mm ²	3,8
Afschuifsterkte	In het vlak	$f_{v,d}$	N/mm ²	3,2
	Langs de rand	$f_{v,d}$	N/mm ²	4,6
Elasticiteitsmodulus	Parallel met de vezel (gemiddelde)	$E_{o,mean}$	N/mm ²	14000
	Parallel met de vezel (5% fractiel)	$E_{o,0,05}$	N/mm ²	12000
	Loodrecht op de vezel, langs de rand (gemiddelde)	$E_{90,mean}$		NPD
	Loodrecht op de vezel, in het vlak (gemiddelde)	$E_{90,mean}$		NPD
Afschuifmodulus	Langs de rand (gemiddelde)	G_{mean}	N/mm ²	500
	In het vlak (gemiddelde)	G_{mean}	N/mm ²	500
Brandreactieklasse				D-s1, d0
Formaldehyde-emissieklasse				E1
Duurzaamheidsklasse				4

4.2 Invloed belastingsduur en vochtigheidsgraad

De belastingsduur en vochtigheidsgraad beïnvloeden de stijfheids- en weerstandseigenschappen van houtconstructies. Ze worden in rekening gebracht in de berekening van de gebruiksgeschiktheid en de mechanische weerstand door middel van aanpassingscoëfficiënten k_{def} (invloed op vervormingen) en k_{mod} (invloed op weerstanden).

Voor de gebruiksgrenstoestand (doorbuiging):

$$E_{mean,fin} = E_{mean} / (1 + k_{def})$$

Er bestaan drie gebruiksbelastingsklassen.

- CS1: Het evenwichtsvochtgehalte in de massa van het hout kleiner dan of gelijk aan 12 %. Dit is bijvoorbeeld het geval voor constructies die zich bevinden in verwarmde ruimtes.
- CS2: Het evenwichtsvochtgehalte in de massa van het hout ligt tussen 12 % en 20 %. Dit is bijvoorbeeld het geval voor constructies die zich bevinden in niet verwarmde ruimtes.
- CS3: Het evenwichtsvochtgehalte in de massa van het hout hoger dan 20 %. Het gaat bijvoorbeeld om constructies in vertrekken met hoge dampproductie.

Omdat er uitgegaan wordt van constructies in verwarmde ruimtes, staat de gebruiksbelastingsklasse vast op CS1.

Tabel 12: Aanpassingscoëfficiënt k_{def} (Eurocode 5)

Gebruiksbelastingsklasse	k_{def}
CS1	0,60
CS2	0,80
CS3	2,00

Voor de uiterste grenstoestand (sterkte):

$$R_d = k_{mod} \cdot (R_k / \gamma_M)$$

Waarbij E_{mean} gemiddelde waarde van de elasticiteitsmodulus [kN/mm²]
 R_d rekenwaarde van de weerstand [N/mm²]
 R_k karakteristieke waarde van de weerstand [N/mm²]
 γ_M partiële factor (vermeld in ANB)

Tabel 13: Aanpassingscoëfficiënt k_{mod} (Eurocode 5)

k_{mod} naargelang van de gebruiksbelastingsklasse			
Belastingsduurklasse	CS1	CS2	CS3
Blijvend	0,60	0,60	0,50
Lang	0,70	0,70	0,55
Middellang	0,80	0,80	0,65
Kort	0,90	0,90	0,70
Ogenblikkelijk	1,10	1,10	0,80

Tabel 14: Partiële materiaalfactor γ_M (Eurocode 5)

Materiaal	γ_M
Massief hout	1,30
Gelijm-gelamelleerd hout	1,25
LVL, Multiplexplaat, OSB	1,20

5 Belastingscombinaties

Eurocode 0 en ANB geven aan welke belastingscombinaties moeten beschouwd worden bij het dimensioneren van houtendraagconstructies.

Hier worden de combinaties gebruikt voor gevolgklasse CC2: gewone veiligheid (Tabel 16).

Voor de berekening van de sterkte worden voor de verschillende dakbelastingen (eigen gewicht, sneeuw, wind, gebruiksbelasting) veiligheidscoëfficiënten toegepast. Men spreekt van combinaties in de uiterste grenstoestand (UGT).

Bij de controle van de doorbuiging worden de karakteristieke waarden gebruikt. Er worden dus geen veiligheidscoëfficiënten toegepast wat logisch is omdat de werkelijke doorbuiging moet bepaald worden. Men spreekt van combinaties in gebruiksgrenstoestand (GGT).

In beide gevallen wordt ervan uitgegaan dat alle belastingen zich niet gelijktijdig maximaal zullen voordoen.

Tabel 15: ψ -coëfficiënten (Eurocode 0 - NBN EN 1990 en ANB)

Belasting	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Opgelegde belastingen voor gebouwen (zie EN 1991-1-1)			
Categorie A : Woon-, verblijfsruimtes	0,70	0,50	0,30
Categorie B : Kantoorruimtes	0,70	0,50	0,30
Categorie C : Bijeenkomst ruimtes	0,70	0,70	0,60
Categorie D : Winkelruimtes	0,70	0,70	0,60
Categorie E : Opslagruimtes	1,00	0,90	0,80
Categorie F : Verkeersruimte, voertuiggewicht $\leq 30\text{kN}$	0,70	0,70	0,60
Categorie G : Verkeersruimte, voertuiggewicht $> 30\text{kN}$ et $\leq 160\text{kN}$	0,70	0,50	0,30
Categorie H : Daken	0,00	0,00	0,00
Sneeuwbelasting op gebouwen (zie EN 1991-1-3) > 1 maand	0,50 (5)	0,00	0,00
Windbelasting op gebouwen (zie EN 1991-1-4)	0,60 (5 en 6)	0,20 (6)	0,00
Temperatuur (geen brand) in gebouwen (zie EN 1991-1-5)	0,60 (5)	0,50	0,00
Grondzettingen van de bodem (zie EN 1997)	1,00	1,00	1,00
Speciale belastingen tijdens de uitvoering (zie EN 1991-1-6) (7)	1,00	-	0,20

(5) $\psi_0 = 0,3$ voor een veranderlijke belasting van korte duur (< 1 maand) die een overheersende of belangrijkste belasting van korte duur vergezelt

(6) Voor gebruikgrenstoestanden kunnen de waarden van ψ_0 et ψ_1 afhankelijk zijn van het gebruikscriterium

(7) ψ -factoren voor belastingen tijdens de uitvoering behoren te worden bepaald naar omstandigheid

Tabel 16: Partiele veiligheids- en verminderingcoëfficiënt voor de belastingscombinaties in grenstoestanden (Eurocode 0)

UGT Uiterste grenstoestanden		Blijvende belastingen		Overheersend veranderlijke, buitengewone of seismische belasting (3)	Gelijktijdig veranderlijke belastingen (3)		
		Ongunstige	Gunstige		Overheersende (desgevallend)	Andere	
Blijvende/tijdelijke (1)	Ontwerpsituatie	Vergelijking	$\gamma_{Gj,sup} \cdot G_{kj,sup}$	$(\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1})$	$\gamma_{Q,1} \cdot \psi_{x,1} \cdot Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,1} \cdot \psi_{x,1} \cdot Q_{k,1}$	
	Set A	Vgl. 6.10	1,10 · G _{kj,sup}	1,50 · Q _{k,1}		1,50 · $\psi_{0,j}$ · Q _{k,j}	
	Set B STR/GEO	Vgl. 6.10	1,35 · G _{kj,sup}	G _{kj,inf}	1,50 · Q _{k,1}		1,50 · $\psi_{0,j}$ · Q _{k,j}
		Vgl. 6.10.a Vgl. 6.10.b	1,35 · G _{kj,sup} 1,15 · G _{kj,sup} (2)	G _{kj,inf} G _{kj,inf}	1,50 · Q _{k,1}	$1,50 \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1}$	1,50 · $\psi_{0,j}$ · Q _{k,j} 1,50 · $\psi_{0,j}$ · Q _{k,j}
Set C	Vgl. 6.10	G _{kj,sup}	G _{kj,inf}	1,10 · Q _{k,1}		1,10 · $\psi_{0,j}$ · Q _{k,j}	
Buitengewone		Vgl. 6.11a/b	G _{kj,sup}	Ad	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$ of $\psi_{2,1} \cdot Q_{k,1}$ (4)	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	
Seismische		Vgl. 6.12a/b	G _{kj,sup}	$\gamma_l \cdot A_{Ek}$ of Aed		$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	
GGT Bruikbaarheidsgrenstoestand		Blijvende belastingen		Veranderlijke belastingen (3)			
		Ongunstige	Gunstige	Overheersende	Andere		
Combinatie	Ontwerpsituatie	Vergelijking	G _{kj,sup}	G _{kj,inf}	$\psi_{x,1} \cdot Q_{k,1}$	$\psi_{x,i} \cdot Q_{k,i}$	
	Karakteristieke	Vgl. 6.14a/b	G _{kj,sup}	G _{kj,inf}	Q _{k,1}	$\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	
	Frequente	Vgl. 6.15a/b	G _{kj,sup}	G _{kj,inf}	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	
	Quasi-blijvende	Vgl. 6.16a/b	G _{kj,sup}	G _{kj,inf}	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	

(1) De verenigd verificatie van het evenwicht en het weerstand voorgestelde in EN 1990 is niet toegelaten

(2) Vgl 6.10b : Een reductiefactor $\xi = 0,85$ is toegepast ($\xi \cdot \gamma_{G,sup} = 1,15$). Geldig alleen als de variatiecoëfficiënt op de karakteristieke waarde van het eigen gewicht is < 10% anders $\xi = 1$ (EN $\xi \cdot \gamma_{G,sup} = 1,35$).

(3) De gunstige veranderlijke belastingen moeten gelijkgesteld worden aan 0.

(4) Voor buitengewonesituaties met brand wordt $\psi_{2,1}$ toegepast op de overheersende belasting, behalve voor de wind: $\psi_{1,1}$ (ANB "EC1 Brand").

Voor de andere buitengewonesituaties altijd $\psi_{1,1}$ te gebruiken.

5.1 Combinaties in gebruiksgrenstoestand GGT

De combinaties worden hieronder samengevat. Ze zijn te gebruiken wanneer onder invloed van de wind de veroorzaakte overdruk groter is dan de onderdruk.

Men beschouwd de karakteristieke combinatie en de quasi-permanente situatie.

De karakteristieke combinatie, ook zeldzame combinatie genoemd, wordt doorgaans gebruikt voor de onomkeerbare gebruiksgrenstoestand.

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,l} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Waarbij $G_{k,j}$ karakteristieke waarde van de blijvende belasting j
 $Q_{k,l}$ karakteristieke waarde van de voornaamste veranderlijke belasting l
 $Q_{k,j}$ karakteristieke waarde van de veranderlijke belasting j
 $\psi_{0,i}$ factor voor de waarde van de combinatie van de veranderlijke belasting i

De quasi-permanente combinatie wordt doorgaans gebruikt voor omkeerbare grenstoestanden die een belangrijke invloed hebben op het uitzicht en de duurzaamheid van de constructie op lange termijn.

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Waarbij $G_{k,j}$ karakteristieke waarde van de blijvende belasting j
 $Q_{k,j}$ karakteristieke waarde van de veranderlijke belasting j
 $\psi_{2,i}$ factor voor de waarde van de combinatie van de veranderlijke belasting i

Voor de karakteristieke combinatie vergelijking 6.14a/b (Tabel 16) bestaat uit de volledige blijvende belasting, de overheersende veranderlijke belasting en de andere veranderlijke belastingen vermenigvuldigd met de ψ_0 -waarde van 0.3 (Tabel 15: uitzondering opmerking 5).

Karakteristieke combinatie

$$G_k + W + 0,3 \cdot S_k$$

$$G_k + S_k + 0,3 \cdot W$$

Voor hellende daken worden de $\psi_{2,1}$ -waarde voor de opgelegde belastingen, de sneeuw- en windbelastingen gelijk gesteld aan nul. Voor deze quasi-permanente belastingscombinatie moeten dus enkel de permanente belastingen beschouwd worden.

Quasi-permanente combinatie

$$G_k$$

5.2 Combinaties in uiterste grenstoestand UGT

De combinaties worden hieronder samengevat. Ze zijn te gebruiken wanneer onder invloed van de wind de veroorzaakte overdruk groter is dan de onderdruk.

Hier wordt alleen de blijvende/tijdelijke situatie set B - STR/GEO beschouwd (Tabel 16).

Er is de keuze om de grenstoestanden te controleren met de formule 6.10 of gebruik te maken van de ongunstigste van de formules 6.10a en 6.10b.

$$\text{Vgl 6.10} \quad \sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\text{Vgl 6.10a} \quad \sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\text{Vgl 6.10b} \quad \sum \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Er wordt hier gebruik gemaakt van de tweede keuze.

Als we de waarden invullen uit tabel 14 en 15 bekomen we:

$$1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot S_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot W_k$$

$$1,15 \cdot G_k + 1,50 \cdot W_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot S_k$$

$$1,15 \cdot G_k + 1,50 \cdot S_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot W_k$$

Waarbij	$\gamma_{G,j}$	veiligheidscoëfficiënt op de blijvende belasting j
	$\gamma_{Q,1}$	veiligheidscoëfficiënt op de voornaamste veranderlijke belasting
	$\gamma_{Q,i}$	veiligheidscoëfficiënt op de veranderlijke belasting i
	$G_{k,j}$	karakteristieke waarde van de blijvende belasting j
	$Q_{k,1}$	karakteristieke waarde van de voornaamste veranderlijke belasting
	$Q_{k,i}$	karakteristieke waarde van de veranderlijke belasting i
	$\psi_{0,1}$	factor voor de waarde van de combinatie van de voornaamste veranderlijke belasting
	$\psi_{0,i}$	factor voor de waarde van de combinatie van de veranderlijke belasting i
	ξ_j	verminderingfactor op de blijvende belasting j (volgens ANB: 1,15)
	S_k	karakteristieke waarde van de sneeuwbelasting
	W_k	karakteristieke waarde van de windbelasting

6 Controles van de grenstoestanden

6.1 Controle van de gebruiksgrenstoestand GGT

De gebruiksgeschiktheid van een houtconstructie wordt mede bepaald door de controle van de maximale doorbuiging. Het doorbuigingscriterium is vaak bepalend voor de dimensionering van de constructie.

$$W_{fin} = W_{fin,G} + W_{fin,Q1} + W_{fin,Qi}$$

$$W_{fin,G} = W_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad \text{voor de permanente belastingen G}$$

$$W_{fin,Q1} = W_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \quad \text{voor de dominante variabele belasting } Q_1$$

$$W_{fin,Qi} = W_{inst,Qi} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def}) \quad \text{voor de begeleidende variabele belasting } Q_i \ (i > 1)$$

Tabel 17: Aanpassingscoëfficiënt k_{def} (Eurocode 5)

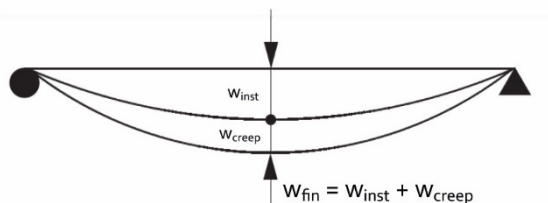
Gebrijksbelastingsklasse	k_{def}
CS1	0,60
CS2	0,80
CS3	2,00

of $W_{fin} = W_{inst} + W_{creep}$

Waarbij W_{inst} ogenblikkelijke doorbuigingen, berekend op basis van de karakteristieke belastingscombinatie

W_{fin} uiteindelijke doorbuigingen, berekend op basis van de quasi - permanente belastingscombinatie

W_{creep} uitgesteld deel van de doorbuiging als gevolg van de kruip van de houtconstructie



Afbeelding 5: Schematische voorstelling ogenblikkelijke doorbuiging en uitgestelde doorbuiging

6.2 Controle van de uiterste grenstoestand UGT

De constructie moet worden gecontroleerd in de uiterste grenstoestanden in functie van het spanningstype waaraan deze is blootgesteld. Men beschouwd hier de belangrijkste uit te voeren controles voor elementen met rechthoekige doorsnede en contante hoogte.

Gecombineerde buig- en axiale drukspanningen

$$\begin{aligned} \text{volgens de y-as} & \quad (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 1 \\ \text{volgens de z-as} & \quad (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 1 \end{aligned}$$

waarbij $\sigma_{c,0,d}$ rekenwaarde van de axiale drukspanning [N/mm²]
 $f_{c,0,d}$ rekenwaarde van de axiale druksterkte [N/mm²]
 $\sigma_{m,y,d}$ rekenwaarde van de buigspanning volgens de y-as [N/mm²]
 (in de richting van de vezels)
 $f_{m,y,d}$ rekenwaarde van de buigweerstand volgens de y-as [N/mm²]
 $\sigma_{m,z,d}$ rekenwaarde van de buigspanning volgens de z-as [N/mm²]
 (loodrecht op de vezels)
 $f_{m,z,d}$ rekenwaarde van de buigweerstand volgens de z-as [N/mm²]
 k_m factor die rekening houdt met de herverdeling van de spanningen en de heterogeniteit van het materiaal in een dwarsdoorsnede

Tabel 18: k_m factor (Eurocode 5)

Materiaal	k_m	
	rechthoekige doorsnede	Andere doorsnede
Massief hout, gelijmgelamelleerd hout	0,7	1
LVL, Multiplexplaat, OSB	1	1

7 Resultaten

Hierbij de visuele voorstelling van de ingavebladen met de berekeningen van de voornaamste krachten. Ter controle van de gebruikte formules is alles nagezien met Scia Engineering software.

Enkel bij de resultaten van de doorbuiging werden afwijkingen van maximaal 5% vastgesteld. Dit vermoedelijk ten gevolge van vervormingen veroorzaakt door afschuifkrachten dewelke in dit rekenmodel niet in rekening werden gebracht. De rekenresultaten zijn te terug te vinden in bijlage 1-5.

Bij het vergelijken van de resultaten van de oplegreacties wordt er een andere notatie gehanteerd.

Rekenmodel = Scia Engineering Rapport

H = R_x

V = R_y

R = V_z

Bij het rekenblad werd een handleiding toegevoegd.

Lessenaarsdak met schuine rol

LESSENAARSDAK SCHUINE ROL	
	Soort omgeving: Landelijk gebied Keuze dakbedekking: Dakpan uit gebakken klei
	Gebouwhoogte tot goot: 6,00 m Gebouwdiepte: 5,00 m Gebouwbreedte: 10,00 m Dakhelling: 30,00 °
	Materiaalkeuze spant: Naaldhout
	Spantafstand: 400 mm
	Breedte spant: 100 mm Hoogte spant: 250 mm
	Doorbuigingseis consument: 1/ 500
Resultaten norm: Doorbuiging 68%, Sterkte 25%	Resultaat consument: Doorbuiging 88%

Afbeelding 6: Ingaveblad lessenaarsdak met schuine rol

Tabel 19: Karakteristieke waarden lessenaarsdak met schuine rol

Belastingsgeval	eigengewicht	winddruk	windafzuiging	sneeuw	personenlast	puntlast
Belasting	0,425 kN/m	0,367 kN/m	-0,522 kN/m	0,200 kN/m	0,289 kN/m	1,50 kN
M _{1,2}	1,534 kNm	1,530 kNm	-2,174 kNm	0,625 kNm	0,904 kNm	1,875 kNm
R ₂	1,063 kN	1,060 kN	-1,506 kN	0,433 kN	0,626 kN	0,650 kN
R ₁	1,063 kN	1,060 kN	-1,506 kN	0,433 kN	0,626 kN	0,650 kN
H ₂	0,531 kN	0,530 kN	-0,753 kN	0,217 kN	0,313 kN	0,325 kN
V ₂	0,920 kN	0,918 kN	-1,304 kN	0,375 kN	0,542 kN	0,563 kN
H ₁	0,531 kN	0,530 kN	-0,753 kN	0,217 kN	0,313 kN	0,325 kN
V ₁	1,534 kN	0,918 kN	-1,304 kN	0,625 kN	0,904 kN	0,938 kN
N _{1,2}	0,613 kN	0,000 kN	0,000 kN	0,250 kN	0,361 kN	0,750 kN
W _{inst}	3,72 mm	3,71 mm	-5,27 mm	1,52 mm	2,19 mm	3,64 mm

Lessenaarsdak met horizontale rol

LESSENAARSDAK HORIZONTALE ROL	
	Soort omgeving: Landelijk gebied Keuze dakbedekking: Dakpan uit gebakken klei
	Gebouwhoogte tot goot: 6,00 m Gebouwdiepte: 5,00 m Gebouwbreedte: 10,00 m Dakhelling: 30,00 °
	Materiaalkeuze spant: Naaldhout
	Spantafstand: 400 mm
	Breedte spant: 100 mm Hoogte spant: 250 mm
	Doorbuigingseis consument: 1/ 500
Resultaten norm: Doorbuiging 68%, Sterkte 25%	Resultaat consument: Doorbuiging 88%

Afbeelding 7: Ingaveblad lessenaarsdak met horizontale rol

Tabel 20: Karakteristieke waarden lessenaarsdak met horizontale rol

Belastingsgeval	eigengewicht	winddruk	windafzuiging	sneeuw	personenlast	puntlast
Belasting	0,425 kN/m	0,367 kN/m	-0,522 kN/m	0,200 kN/m	0,289 kN/m	1,50 kN
M _{1,2}	1,534 kNm	1,530 kNm	-2,174 kNm	0,625 kNm	0,904 kNm	1,875 kNm
R ₂	1,227 kN	1,224 kN	-1,739 kN	0,500 kN	0,723 kN	0,750 kN
R ₁	1,227 kN	1,224 kN	-1,739 kN	0,500 kN	0,723 kN	0,750 kN
H ₂	0,000 kN	0,000 kN	0,000 kN	0,000 kN	0,000 kN	0,000 kN
V ₂	1,227 kN	1,224 kN	-1,739 kN	0,500 kN	0,723 kN	0,750 kN
H ₁	0,000 kN	1,060 kN	-1,506 kN	0,000 kN	0,000 kN	0,000 kN
V ₁	1,227 kN	0,612 kN	-0,869 kN	0,500 kN	0,723 kN	0,750 kN
N _{1,2}	0,000 kN	0,612 kN	-0,869 kN	0,000 kN	0,000 kN	0,375 kN
W _{inst}	3,72 mm	3,71 mm	-5,27 mm	1,52 mm	2,19 mm	3,64 mm

Zadeldak

ZADELDAK

Soort omgeving	Landelijk gebied
Keuze dakbedekking	Dakpan uit gebakken klei
Gebouwhoogte tot goot	6,00 m
Gebouwdiepte	10,00 m
Gebouwbreedte	10,00 m
Dakhelling	30,00 °
Materiaalkeuze spant: Naalddhout	
Tussenafstand spanten	400 mm
Breedte spant	100 mm
Hoogte spant	250 mm
Doorbuigingscoëfficiënt	1/ 500
Resultaten norm	Doorbuiging 67% Sterkte 25%
Resultaat consument	Doorbuiging 86%

Afbeelding 8: Ingeveblad zadeldak

Tabel 21: Karakteristieke waarden zadeldak

Belastingsgeval	eigengewicht	winddruk	windafzuiging	sneeuw	personenlast	puntlast
Belasting	0,425 kN/m	0,353 kN/m	-0,432 kN/m	0,200 kN/m	0,280 kN/m	1,50 kN
M _{1,2}	1,534 kNm	1,469 kNm	-1,801 kNm	0,625 kNm	0,877 kNm	1,875 kNm
V ₁	2,454 kN	1,763 kN	-2,161 kN	1,000 kN	1,402 kN	1,500 kN
H ₁	2,125 kN	1,018 kN	-1,248 kN	0,866 kN	1,215 kN	1,299 kN
N ₂	1,840 kN	1,763 kN	-2,161 kN	0,750 kN	1,052 kN	1,125 kN
N _{1,2}	2,454 kN	1,763 kN	-2,161 kN	1,000 kN	1,402 kN	1,875 kN
N ₁	3,067 kN	1,763 kN	-2,161 kN	1,250 kN	1,753 kN	1,875 kN
W _{inst}	3,72 mm	3,56 mm	-4,37 mm	1,52 mm	2,12 mm	3,64 mm

Zadeldak met knieschot

ZADELDAK MET KNIESCROT

Soort omgeving	Landelijk gebied
Keuze dakbedekking	Dakpan uit gebakken klei
Afstand tussen dakrand en knieschot	1,00 m
Gebouwhoogte tot goot	6,00 m
Gebouwdiepte	10,00 m
Gebouwbreedte	10,00 m
Dakhelling	30,00 °
Materiaalkeuze spant: Naalddhout	
Tussenafstand spanten	450 mm
Breedte spant	50 mm
Hoogte spant	200 mm
Doorbuigingscoëfficiënt	1/ 500
Resultaten norm	Doorbuiging 55% Sterkte 40%
Resultaat consument	Doorbuiging 71%

Afbeelding 9: Ingeveblad zadeldak met knieschot

Tabel 22: Karakteristieke waarden zadeldak met knieschot

Belastingsgeval	eigengewicht	winddruk	windafzuiging	sneeuw	personenlast	puntlast
Belasting	0,425 kN/m	0,353 kN/m	-0,432 kN/m	0,200 kN/m	0,280 kN/m	1,50 kN
M ₂	0,797 kNm	0,764 kNm	-0,937 kNm	0,325 kNm	0,456 kNm	0,900 kNm
M _{2,3}	0,623 kNm	0,597 kNm	0,000 kNm	0,254 kNm	0,356 kNm	1,050 kNm
V ₁	0,230 kN	-0,367 kN	0,450 kN	0,094 kN	0,131 kN	-0,375 kN
V ₂	2,224 kN	2,130 kN	-2,612 kN	0,906 kN	1,271 kN	1,875 kN
V ₃	0,782 kN	0,649 kN	-0,796 kN	0,319 kN	0,447 kN	0,000 kN
H ₃	1,355 kN	1,298 kN	-1,591 kN	0,552 kN	0,774 kN	0,909 kN
H ₁	1,355 kN	0,280 kN	-0,343 kN	0,552 kN	0,774 kN	0,909 kN
N ₂	2,155 kN	1,124 kN	-1,378 kN	0,878 kN	1,232 kN	1,538 kN
N _{2,3}	1,664 kN	1,124 kN	-1,378 kN	0,678 kN	0,951 kN	1,538 kN
W _{inst}	3,08 mm	2,95 mm	-3,61 mm	1,25 mm	1,76 mm	

Nokbalk

NOKBALK

Soort omgeving	Landelijk gebied									
Keuze dakbedekking	Dakpan uit gebakken klei									
Gebouwhoogte tot goot	6,00 m									
Gebouwdiepte	10,00 m									
Gebouwbreedte	15,00 m									
Dakhelling	30,00 °									
Materiaalkeuze spant LVL										
Lengte nokbalk	4,00 m									
Breedte nokbalk	75 mm									
Hoogte nokbalk	350 mm									
Doorbuigingsels consument	1/ 500									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: x-small;">Resultaten norm</td> <td style="font-size: x-small;">Doorbuiging</td> <td style="border: 1px solid green; padding: 2px; text-align: center;">70%</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: x-small;">Sterkte</td> <td style="border: 1px solid green; padding: 2px; text-align: center;">42%</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Resultaat consument</td> <td style="font-size: x-small;">Doorbuiging</td> <td style="border: 1px solid green; padding: 2px; text-align: center;">93%</td> </tr> </table>		Resultaten norm	Doorbuiging	70%		Sterkte	42%	Resultaat consument	Doorbuiging	93%
Resultaten norm	Doorbuiging	70%								
	Sterkte	42%								
Resultaat consument	Doorbuiging	93%								

Afbeelding 10: Ingaveblad nokbalk

Tabel 2312: Karakteristieke waarden nokbalk

Belastingsgeval	eigengewicht	winddruk	windafzuiging	sneeuw	personenlast
Belasting	4,907 kN/m	3,598 kN/m	-4,009 kN/m	2,000 kN/m	1,048 kN/m
$M_{1,2}$	9,815 kNm	7,197 kNm	-8,018 kNm	4,000 kNm	2,097 kNm
$V_{Opleg\ wand}$	9,815 kN	7,197 kN	-8,018 kN	4,000 kN	2,097 kN
W_{inst}	4,36 mm	3,20 mm	-3,56 mm	1,78 mm	0,93 mm

8 Conclusie

Ik hoop erin geslaagd te zijn een praktische en eenvoudige dimensioneringstool te hebben ontwikkeld. De tool werkt correct waarbij de resultaten daadwerkelijk kloppen.

Laat dit werkstuk dan ook een duidelijke leidraad zijn van hoe men te werk moet gaan om het gevraagde te bekommen, namelijk: is mijn houtconstructie sterk genoeg en is de doorbuiging acceptabel.

Evenzeer hoop ik dat de lezer hiermee een beter inzicht krijgt in de methodologie en verschillende normen van de Eurocode.

Uiteraard is er een mogelijkheid tot uitbreiding. De aangenomen parameters kan men los zetten. Er kunnen ook nog nieuwe daktypes toegevoegd worden.

Bronnenlijst

Websites

- ◆ wtcb, 2014, Fiche Eurocode EN 199+A1, Eurocode 0: Basis of structural design, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1990_nl.pdf&lang=nl, 15/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Fiche Eurocode EN 1991-1-1, Opgelegde belastingen voor gebouwen, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1991-1-1_nl.pdf&lang=nl, 15/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Fiche Eurocode EN 1991-1-3, Eurocode 1: Actions on structures, Part 1-3: General actions - Snow loads, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1991-1-3_nl.pdf&lang=nl, 15/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Fiche Eurocode EN 1991-1-4, Eurocode 1: Belastingen op constructies, Deel 1-4: Algemene belastingen - Windbelasting, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1991-1-4_nl.pdf&lang=nl, 15/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Fiche Eurocode EN 1995-1-1, Eurocode 5: Design of timber structures, Part 1-1: General - Common rules en rules for buildings, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1995-1-1_nl.pdf&lang=nl, 15/02/2017, Online
- ◆ Confederatiebouw, Dimensioneren van houtconstructies, Deel 2: Houten dakconstructies, http://www.confederatiebouw.be/portals/38/CDSchrijnwerk/data_tech_doc_schrijnwerk/docs/Houtconstructies/Dimensionering%20van%20houtconstructies.%20Deel%202.pdf, 15/02/2017, Online
- ◆ Centrum-hout, 2014, Sterktegegevens van hout, Karakteristieke waarden, http://www.centrum-hout.nl/sites/default/files/u27/houtwijzer_sterktegegevens_feb2014.pdf, 15/02/2017, Online
- ◆ Referentiehandleiding 1-2-Build, Deel 2: Wind- en sneeuwlastgeneratoren, 2.1.5.3.1 Ruwheidscoëfficiënt, <http://downloads.buildsoft.eu/pdf/nl/Referentiehandleiding%2012Build%20-%20Deel%202.pdf>, 22/02/2017, Online
- ◆ BK Wiki, TU Delft, Dictaat draagconstructies deel 1, Bijlage 2: Vergeet-mij-nietjes, p 176, http://wiki.bk.tudelft.nl/mw_bk-wiki/images/8/80/Draagconstructies_I.pdf, 22/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Belgische norm NBN EN 1991-1-4 ANB, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting – Nationale bijlage, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbn&doc=NBN_EN_1991-1-4_2010\(N\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbn&doc=NBN_EN_1991-1-4_2010(N).pdf&lang=nl), 23/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Nieuwe Eurocode voor windbelasting, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=wtcb_artonline_2010_4_nr3.pdf&lang=nl, 23/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Een nieuwe norm ter bepaling van de sneeuwbelasting: NBN EN 1991-1-3, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=wtcb_artonline_2005_2_nr6.pdf&lang=nl, 23/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Geregistreerde Belgische norm NBN EN 1991-1-3, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbn&doc=NBN_EN_1991-1-3_2003\(N\).PDF&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbn&doc=NBN_EN_1991-1-3_2003(N).PDF&lang=nl), 23/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Belgische norm NBN EN 1991-1-3 ANB, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting – Nationale bijlage, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbn&doc=NBN_EN_1991-1-3_ANB_2007\(N\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbn&doc=NBN_EN_1991-1-3_ANB_2007(N).pdf&lang=nl), 23/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Dimensionering van houten daktimmerwerk, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=wtcb_artonline_2011_4_nr6.pdf&lang=nl, 23/02/2017, Online
- ◆ wtcb, Ontwerp en dimensionering van constructies volgens Eurocode 0 (EN 1990), http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=WTCB_Tijdschrift_2003_4_p33.pdf&lang=nl, 23/02/2017, Online

- ♦ wtcb, Geregistreerde Belgische norm NEN EN 1991-1-4, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting (+ AC:2010), [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-4_2005\(E\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-4_2005(E).pdf&lang=nl), 25/02/2017, Online
- ♦ Van Steenberge, 2017, LVL, Technische specificaties, <http://vansteenberge.be/wp-content/uploads/2017/02/LVL.pdf>, 27/05/2017, Online

Persoonlijke communicatie

- ♦ De Jaegher, Rudy, (2017), mondeling, 17/02/2017
- ♦ Vantieghem, Filip, (2017), mondeling, 14/04/2017
- ♦ Vantieghem, Filip, (2017), mondeling, 28/04/2017
- ♦ De Jaegher, Rudy, (2017), mondeling, 24/04/2017
- ♦ Vantieghem, Filip, (2017), sms, 11/05/2017
- ♦ De Vos, Brecht, (2017), mondeling via contactpersoon, 11/05/2017
- ♦ De Vos, Brecht, (2017), e-mail, 19/05/2017
- ♦ Vantieghem, Filip, (2017), sms, 19/05/2017
- ♦ Vantieghem, Filip, (2017), mondeling, 05/06/2017

Tabellen

- ♦ Tabel 1
Confederatiebouw, Dimensioneren van houtconstructies, Deel 2: Houten dakconstructies, 2.1 Blijvende belasting, p 2, http://www.confederatiebouw.be/portals/38/CDSchrijnwerk/data_tech_doc_schrijnwerk/docs/Houtconstructies/Dimensionering%20van%20houtconstructies.%20Deel%202.pdf, 15/02/2017, Online
- ♦ Tabel 2
Confederatiebouw, Dimensioneren van houtconstructies, Deel 2: Houten dakconstructies, 2.1 Blijvende belasting, p 2, http://www.confederatiebouw.be/portals/38/CDSchrijnwerk/data_tech_doc_schrijnwerk/docs/Houtconstructies/Dimensionering%20van%20houtconstructies.%20Deel%202.pdf, 15/02/2017, Online
- ♦ Tabel 3
Referentiehandleiding 1-2-Build, Deel 2: Wind- en sneeuwlastgeneratoren, 2.1.5.3.1 Ruwheidscoëfficiënt, p 7, <http://downloads.buildsoft.eu/pdf/nl/Referentiehandleiding%2012Build%20-%20Deel%202.pdf>, 22/02/2017, Online
- ♦ Tabel 4
wtcb, Belgische norm NBN EN 1991-1-4 ANB, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting – Nationale bijlage, 4.5 Extreme stuwdruk, p 15-18, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-4_2010\(N\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-4_2010(N).pdf&lang=nl), 23/02/2017, Online
- ♦ Tabel 5
wtcb, Geregistreerde Belgische norm NEN EN 1991-1-4, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting (+ AC:2010), 7.2.4 Monopitch roofs, p 46, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-4_2005\(E\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-4_2005(E).pdf&lang=nl), 25/02/2017, Online
- ♦ Tabel 6
wtcb, Geregistreerde Belgische norm NEN EN 1991-1-4, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting (+ AC:2010), 7.2.5 Dupitch roofs, p 49-50, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-4_2005\(E\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-4_2005(E).pdf&lang=nl), 25/02/2017, Online
- ♦ Tabel 7
wtcb, Geregistreerde Belgische norm NBN EN 1991-1-3, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting, p 22, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-3_2003\(N\).PDF&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-3_2003(N).PDF&lang=nl), 23/02/2017, Online
- ♦ Tabel 8
wtcb, Belgische norm NBN EN 1991-1-3 ANB, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting – Nationale bijlage, 4.1 Karakteristieke waarden, p 6, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-3_ANB_2007\(N\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBN_EN_1991-1-3_ANB_2007(N).pdf&lang=nl), Online

- ◆ Tabel 9
wtcb, Fiche Eurocode EN 1991-1-1, Opgelegde belastingen voor gebouwen, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1991-1-1_nl.pdf&lang=nl, 15/02/2017, Online
- ◆ Tabel 10
Centrum-hout, 2014, Sterktegegevens van hout, Karakteristieke waarden, http://www.centrum-hout.nl/sites/default/files/u27/houtwijzer_sterktegegevens_feb2014.pdf, 15/02/2017, Online
- ◆ Tabel 11
Van Steenberge, 2017, LVL, Technische specificaties, <http://vansteenberge.be/wp-content/uploads/2017/02/LVL.pdf>, 27/05/2017, Online
- ◆ Tabel 12
wtcb, Fiche Eurocode EN 1995-1-1, Eurocode 5: Design of timber structures, Part 1-1: General - Common rules en rules for buildings, Invloed van de belastingsduur en vochtigheidsgraad, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1995-1-1_nl.pdf&lang=nl, 03/03/2017, Online
- ◆ Tabel 13
wtcb, Fiche Eurocode EN 1995-1-1, Eurocode 5: Design of timber structures, Part 1-1: General - Common rules en rules for buildings, Invloed van de belastingsduur en vochtigheidsgraad, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1995-1-1_nl.pdf&lang=nl, 03/03/2017, Online
- ◆ Tabel 14
wtcb, Fiche Eurocode EN 1995-1-1, Eurocode 5: Design of timber structures, Part 1-1: General - Common rules en rules for buildings, Invloed van de belastingsduur en vochtigheidsgraad, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1995-1-1_nl.pdf&lang=nl, 13/03/2017, Online
- ◆ Tabel 15
wtcb, 2014, Fiche Eurocode EN 199+A1, Eurocode 0: Basis of structural design, Belastingcombinatie en partiële factoren: gebouwen, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1990_nl.pdf&lang=nl, 15/02/2017, Online
- ◆ Tabel 16
wtcb, 2014, Fiche Eurocode EN 199+A1, Eurocode 0: Basis of structural design, Belastingcombinatie en partiële factoren: gebouwen, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1990_nl.pdf&lang=nl, 15/02/2017, Online
- ◆ Tabel 17
wtcb, Fiche Eurocode EN 1995-1-1, Eurocode 5: Design of timber structures, Part 1-1: General - Common rules en rules for buildings, Invloed van de belastingsduur en vochtigheidsgraad, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1995-1-1_nl.pdf&lang=nl, 03/03/2017, Online
- ◆ Tabel 18
wtcb, Fiche Eurocode EN 1995-1-1, Eurocode 5: Design of timber structures, Part 1-1: General - Common rules en rules for buildings, Controles van de uiterste grenstoestanden (UGT), b. Buigweerstand, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1995-1-1_nl.pdf&lang=nl, 03/03/2017, Online
- ◆ Tabel 19
Vantieghem, Margot, (2017), Karakteristieke waarden lessenaarsdak met schuine rol, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017
- ◆ Tabel 20
Vantieghem, Margot, (2017), Karakteristieke waarden lessenaarsdak met horizontale rol, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017
- ◆ Tabel 21
Vantieghem, Margot, (2017), Karakteristieke waarden zadeldak, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017
- ◆ Tabel 22
Vantieghem, Margot, (2017), Karakteristieke waarden zadeldak met knieschot, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017

- ◆ Tabel 23
Vantieghem, Margot, (2017), Karakteristieke waarden nokbalk, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017

Afbeeldingen

- ◆ Afbeelding 1
wtcb, Nieuwe Eurocode voor windbelasting, 3 Berekening van de windbelasting, p 2, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=wtcb_aronline_2010_4_nr3.pdf&lang=nl, 23/02/2017, Online
- ◆ Afbeelding 2
wtcb, Geregistreerde Belgische norm NEN EN 1991-1-4, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting (+ AC:2010), 7.2.4 Monopitch roofs, p 45, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBEN_EN_1991-1-4_2005\(E\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBEN_EN_1991-1-4_2005(E).pdf&lang=nl), 25/02/2017, Online
- ◆ Afbeelding 3
wtcb, Geregistreerde Belgische norm NEN EN 1991-1-4, Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting (+ AC:2010), 7.2.5 Duopitch roofs, p 48, [http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBEN_EN_1991-1-4_2005\(E\).pdf&lang=nl](http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=nbm&doc=NBEN_EN_1991-1-4_2005(E).pdf&lang=nl), 25/02/2017, Online
- ◆ Afbeelding 4
Referentiehandleiding 1-2-Build, Deel 2: Wind- en sneeuwlastgeneratoren, 3.1.3 Vormcoëfficiënten van de sneeuwbelasting, p 40, <http://downloads.buildsoft.eu/pdf/nl/Referentiehandleiding%2012Build%20-%20Deel%20.pdf>, 22/02/2017, Online
- ◆ Afbeelding 5
wtcb, Fiche Eurocode EN 1995-1-1, Eurocode 5: Design of timber structures, Part 1-1: General - Common rules en rules for buildings, Controles van de bruikbaarheidsgrenstoestanden, p 4, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=na_eurocodes&doc=Fiche_EN1995-1-1_nl.pdf&lang=nl, 07/06/2017, Online
- ◆ Afbeelding 6
Vantieghem, Margot, (2017), Ingaveblad lessenaarsdak met schuine rol, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017
- ◆ Afbeelding 7
Vantieghem, Margot, (2017), Ingaveblad lessenaarsdak met horizontale rol, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017
- ◆ Afbeelding 8
Vantieghem, Margot, (2017), Ingaveblad zadeldak, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017
- ◆ Afbeelding 9
Vantieghem, Margot, (2017), Ingaveblad zadeldak met knieschot, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017
- ◆ Afbeelding 10
Vantieghem, Margot, (2017), Ingaveblad nokbalk, Excel-bestand Dimensioneringstool voor spantendaken, 11/06/2017

Figuren

- ◆ Figuur 1
Vantieghem, Margot, (2017), Lessenaarsdak met schuine rol, Schematische voorstelling voor eigengewicht, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 2
Vantieghem, Margot, (2017), Lessenaarsdak met schuine rol, Schematische voorstelling voor sneeuw en persoonslast, getekend in AutoCAD, 25/05/2017

- ◆ Figuur 3
Vantieghem, Margot, (2017), Lessenaarsdak met schuine rol, Schematische voorstelling voor wind, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 4
Vantieghem, Margot, (2017), Lessenaarsdak met schuine rol, Schematische voorstelling voor puntlast, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 5
Vantieghem, Margot, (2017), Lessenaarsdak met horizontale rol, Schematische voorstelling voor eigengewicht, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 6
Vantieghem, Margot, (2017), Lessenaarsdak met horizontale rol, Schematische voorstelling voor sneeuw en persoonslast, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 7
Vantieghem, Margot, (2017), Lessenaarsdak met horizontale rol, Schematische voorstelling voor wind, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 8
Vantieghem, Margot, (2017), Lessenaarsdak met horizontale rol, Schematische voorstelling voor puntlast, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 9
Vantieghem, Margot, (2017), Zadeldak, Schematische voorstelling voor eigengewicht, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 10
Vantieghem, Margot, (2017), Zadeldak, Schematische voorstelling voor sneeuw en persoonslast, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 11
Vantieghem, Margot, (2017), Zadeldak, Schematische voorstelling voor wind, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 12
Vantieghem, Margot, (2017), Zadeldak, Schematische voorstelling voor puntlast, getekend in AutoCAD, 25/05/2017
- ◆ Figuur 13
Vantieghem, Margot, (2017), Zadeldak met knieschot, Schematische voorstelling voor eigengewicht, getekend in AutoCAD, 10/06/2017
- ◆ Figuur 14
Vantieghem, Margot, (2017), Zadeldak met knieschot, Schematische voorstelling voor sneeuw en persoonslast, getekend in AutoCAD, 10/06/2017
- ◆ Figuur 15
Vantieghem, Margot, (2017), Zadeldak met knieschot, Schematische voorstelling voor wind, getekend in AutoCAD, 10/06/2017
- ◆ Figuur 16
Vantieghem, Margot, (2017), Zadeldak met knieschot, Schematische voorstelling voor puntlast, getekend in AutoCAD, 10/06/2017
- ◆ Figuur 17
Vantieghem, Margot, (2017), Nokbalk, Schematische voorstelling voor puntlast, getekend in AutoCAD, 10/06/2017

Bijlagen

- Bijlage 1: Scia Engineering rapport - Lessenaarsdak met schuine rol
- Bijlage 2: Scia Engineering rapport - Lessenaarsdak met horizontale rol
- Bijlage 3: Scia Engineering rapport - Zadeldak
- Bijlage 4: Scia Engineering rapport - Zadeldak met knieschot
- Bijlage 5: Scia Engineering rapport - Nokbalk


Bijlage 6: Excel-bestand - Dimensioneringstool voor spantendaken (Mevr. Vantieghem Margot)

1. Project

Licentiernaam	Howest
Project	Eindwerk
Onderdeel	Lessenaarsdak schuine rol
Omschrijving	dakspant
Auteur	MV
Datum	05. 05. 2017
Constructie	Raamwerk XZ
Aantal knopen :	2
Aantal staven :	1
Aantal platen :	0
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	2
Aantal belastingsgevallen :	6
Aantal gebruikte materialen :	1
Gravatieversnelling [m/s ²]	9,810
Nationale norm	EC - EN

2. Materialen

Hout ECS

Naam	Houtsoort	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Kleur
	ρ [kg/m ³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C24 (EN 338)	Vast 420,0	0 0,00	1,1000e+04 5,5000e+03	24,0	14,5	0,4	21,0	2,5	4,0	

3. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000
K2	5,000	2,887

4. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	CS2 - RECT (100; 250)	C24 (EN 338)	5,774	K1	K2	Balk (80)

5. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry	Hoek [deg]
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij	
Sn2	K2	GCS	Standaard	Vrij	Vast	Vrij	Ry-30.00

6. Puntlast op staaf

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)	
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig	
F1	S1 BG6 - Puntlast	GCS Z	Kracht	-1,50	0.500	Rela Vanaf begin	1

7. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Loc		Exc ez [m]
Lijnlast1	S1 BG1 - Eigen gewicht	Kracht GCS	Z Gelijkmatig	-0,42	0.000	Rela Lengte	Vanaf begin	0,000
Sneeuw	S1 BG2 - Sneeuw	Kracht GCS	Z Gelijkmatig	-0,17	0.000	Rela Lengte	Vanaf begin	0,000
Winddrk	S1 BG3 - Winddruk	Kracht LCS	Z Gelijkmatig	-0,37	0.000	Rela Lengte	Vanaf begin	0,000
Windafzuiging	S1 BG4 - Windafzuiging	Kracht LCS	Z Gelijkmatig	0,52	0.000	Rela Lengte	Vanaf begin	0,000
Gebruikslast	S1 BG5 - Gebruikslast	Kracht GCS	Z Gelijkmatig	-0,25	0.000	Rela Lengte	Vanaf begin	0,000

8. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop
Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG1	0,53	1,53	0,00
Sn2/K2	BG1	-0,53	0,92	0,00

9. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG2	0,22	0,62	0,00
Sn2/K2	BG2	-0,22	0,37	0,00

10. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG3

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG3	-0,53	0,92	0,00
Sn2/K2	BG3	-0,53	0,92	0,00

11. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG4

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG4	0,75	-1,30	0,00
Sn2/K2	BG4	0,75	-1,30	0,00

12. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG5

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG5	0,31	0,90	0,00
Sn2/K2	BG5	-0,31	0,54	0,00

13. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG6

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG6	0,32	0,94	0,00
Sn2/K2	BG6	-0,32	0,56	0,00

14. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG1	-1,23	1,06	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG1	0,00	-1,06	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG1	-0,61	0,00	1,53

15. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG2	-0,50	0,43	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG2	0,00	-0,43	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG2	-0,25	0,00	0,62

16. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG3

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG3	0,00	1,06	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG3	0,00	-1,06	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG3	0,00	0,00	1,53

17. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG4

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG4	0,00	-1,51	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG4	0,00	1,51	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG4	0,00	0,00	-2,18

18. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG5

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG5	-0,72	0,63	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG5	0,00	-0,63	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG5	-0,36	0,00	0,90

19. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG6

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG6	-0,75	0,65	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG6	0,00	-0,65	1,88
S1	CS2 - RECT	2,887	BG6	-0,75	0,65	1,88

20. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG1	S1	5,774	0,0	0,0	-2,1	0,0
BG1	S1	0,000	0,0	0,0	2,1	0,0
BG1	S1	2,887	0,0	-3,7	0,0	3,7

21. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG2	S1	5,774	0,0	0,0	-0,8	0,0
BG2	S1	0,000	0,0	0,0	0,8	0,0
BG2	S1	2,887	0,0	-1,5	0,0	1,5

22. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG3

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG3	S1	0,000	0,0	0,0	2,1	0,0
BG3	S1	2,887	0,0	-3,7	0,0	3,7
BG3	S1	5,774	0,0	0,0	-2,1	0,0

23. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG4

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG4	S1	0,000	0,0	0,0	-2,9	0,0
BG4	S1	2,887	0,0	5,3	0,0	5,3
BG4	S1	5,774	0,0	0,0	2,9	0,0

24. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG5	S1	5,774	0,0	0,0	-1,2	0,0
BG5	S1	0,000	0,0	0,0	1,2	0,0
BG5	S1	2,887	0,0	-2,2	0,0	2,2

25. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG6	S1	2,887	0,0	-3,7	0,0	3,7
BG6	S1	0,000	0,0	0,0	1,9	0,0
BG6	S1	5,774	0,0	0,0	-1,9	0,0

Studentenversie

1. Project

Licentiernaam	Howest
Project	Eindwerk
Onderdeel	Lessenaarsdak met horizontale rol
Omschrijving	dakspant
Auteur	MV
Datum	05. 05. 2017
Constructie	Raamwerk XZ
Aantal knopen :	2
Aantal staven :	1
Aantal platen :	0
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	2
Aantal belastingsgevallen :	6
Aantal gebruikte materialen :	1
Gravitatieversnelling [m/s ²]	9,810
Nationale norm	EC - EN

2. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000
K2	5,000	2,887

3. Materialen

Hout EC5

Naam	Houtsoort	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Kleur
	ρ [kg/m ³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C24 (EN 338)	Vast 420,0	0 0,00	1,1000e+04 6,9000e+02	24,0	14,5	0,4	21,0	2,5	4,0	■

4. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	CS2 - RECT (100; 250)	C24 (EN 338)	5,774	K1	K2	Balk (80)

5. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn2	K2	GCS	Standaard	Vrij	Vast	Vrij

6. Puntlast op staaf

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
F1	S1	GCS	-1,50	0.500	Rela	1
	BG6 - Gebruikslast	Z	Kracht		Vanaf begin	

7. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Loc		Exc ez [m]
Lijnlast1	S1	Kracht	Z	-0,42	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG1 - Eigen gewicht	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
Sneeuw	S1	Kracht	Z	-0,17	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG2 - Sneeuw	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
Winddrk	S1	Kracht	Z	-0,37	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG3 - Winddruk	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
Windafzuiging	S1	Kracht	Z	0,52	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG4 - Windafzuiging	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
Windafzuiging1	S1	Kracht	Z	-0,25	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG5 - Gebruikslast	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

8. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop
Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG1	0,00	1,23	0,00
Sn2/K2	BG1	0,00	1,23	0,00

9. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG2	0,00	0,50	0,00
Sn2/K2	BG2	0,00	0,50	0,00

10. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG3

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG3	-1,06	0,61	0,00
Sn2/K2	BG3	0,00	1,22	0,00

11. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG4

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG4	1,51	-0,87	0,00
Sn2/K2	BG4	0,00	-1,74	0,00

12. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG5

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG5	0,00	0,72	0,00
Sn2/K2	BG5	0,00	0,72	0,00

13. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG6

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG6	0,00	0,75	0,00
Sn2/K2	BG6	0,00	0,75	0,00

14. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS1 - Rechthoek	0,000	BG1	-0,61	1,06	0,00
S1	CS1 - Rechthoek	5,774	BG1	0,61	-1,06	0,00
S1	CS1 - Rechthoek	2,887	BG1	0,00	0,00	1,53

15. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG2	-0,25	0,43	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG2	0,25	-0,43	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG2	0,00	0,00	0,62

16. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG3

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG3	0,61	1,06	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG3	0,61	-1,06	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG3	0,61	0,00	1,53

17. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG4

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG4	-0,87	-1,51	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG4	-0,87	1,51	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG4	-0,87	0,00	-2,18

18. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG5

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG5	-0,36	0,63	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG5	0,36	-0,63	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG5	0,00	0,00	0,90

19. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG6

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG6	-0,38	0,65	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG6	0,38	-0,65	1,88
S1	CS2 - RECT	2,887	BG6	-0,38	0,65	1,88

20. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG1

BG	Staaft	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG1	S1	2,887	0,0	-3,8	0,0	3,8
BG1	S1	0,000	0,0	0,0	2,1	0,0
BG1	S1	5,774	0,0	0,0	-2,1	0,0

21. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG2

BG	Staaft	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG2	S1	2,887	0,0	-1,6	0,0	1,6
BG2	S1	0,000	0,0	0,0	0,8	0,0
BG2	S1	5,774	0,0	0,0	-0,8	0,0

22. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG3

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG3	S1	0,000	0,0	0,0	2,1	0,0
BG3	S1	5,774	0,0	0,0	-2,1	0,0
BG3	S1	2,887	0,0	-3,8	0,0	3,8

23. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG4

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG4	S1	5,774	0,0	0,0	2,9	0,0
BG4	S1	0,000	0,0	0,0	-2,9	0,0
BG4	S1	2,887	0,0	5,4	0,0	5,4

24. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG5

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG5	S1	2,887	0,0	-2,3	0,0	2,3
BG5	S1	0,000	0,0	0,0	1,2	0,0
BG5	S1	5,774	0,0	0,0	-1,2	0,0

25. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG6

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG6	S1	2,887	0,0	-3,8	0,0	3,8
BG6	S1	0,000	0,0	0,0	1,9	0,0
BG6	S1	5,774	0,0	0,0	-1,9	0,0

Studentenversie

1. Project

Licentiernaam	Howest
Project	HOWEST
Onderdeel	Dakspanten
Omschrijving	Zadeldak
Auteur	MV
Datum	05. 05. 2017
Constructie	Raamwerk XZ
Aantal knopen :	3
Aantal staven :	2
Aantal platen :	0
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	2
Aantal belastingsgevallen :	6
Aantal gebruikte materialen :	1
Gravitatieversnelling [m/s ²]	9,810
Nationale norm	EC - EN

2. Materialen

Hout EC5

Naam	Houtsoort	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Kleur
	ρ [kg/m ³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C24 (EN 338)	Vast	0	1,1000e+04	24,0	14,5	0,4	21,0	2,5	4,0	
	420,0	0,00	6,9000e+02							

3. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000
K2	5,000	2,887
K5	10,000	0,000

4. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	CS2 - RECT (100; 250)	C24 (EN 338)	5,774	K1	K2	Balk (80)
S3	CS2 - RECT (100; 250)	C24 (EN 338)	5,774	K5	K2	Balk (80)

5. Scharnieren

Naam	StAAF	Positie	ux	uy	uz	phix	phiy	phiz
H1	S1	Eind	Vast		Vast		Vrij	

6. Knoopondersteuning

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn2	K5	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij

7. Puntlast op staaf

Naam	StAAF	Systeem	Waarde - F [kN]		Pos x	Coör		Herh (n)
			Type			Oors	Regelmatig	
F1	S1 BG6 - Gebruikslast	GCS	Z	Kracht	-1,50	0.500	Rela	1
							Vanaf begin	
F2	S3 BG6 - Gebruikslast	GCS	Z	Kracht	-1,50	0.500	Rela	1
							Vanaf begin	

8. Lijnlast

Naam	StAAF	Type	Richt	Waarde - P [kN/m]		Coör	Oors	Exc ey [m]
				Pos x ₁	Pos x ₂			
Lijnlast1	S1 BG1 - Eigen gewicht	GCS	Z	Gelijkmatig	-0,42	0.000	Rela	Vanaf begin
							Lengte	0,000
Sneeuw	S1 BG2 - Sneeuw	GCS	Z	Gelijkmatig	-0,17	0.000	Rela	Vanaf begin
							Lengte	0,000
Winddrk	S1 BG3 - Winddruk	LCS	Z	Gelijkmatig	-0,35	0.000	Rela	Vanaf begin
							Lengte	0,000

Naam	Staaft		Type	Rich	Waarde - P ₁	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey
	Belastingsgeval	Systeem			Verdeling	Waarde - P ₂			Pos x ₂
				[kN/m]			[kN/m]		[m]
Windafzuiging	S1	BG4 - Windafzuiging	Kracht	Z	0,43	0.000	Rela	Vanaf begin	
	LCS		Gelijkmatig		1.000	Lengte	0,000		
Windafzuiging1	S1	BG5 - Gebruikslast	Kracht	Z	-0,24	0.000	Rela	Vanaf begin	
	GCS		Gelijkmatig		1.000	Lengte	0,000		
Lijnlast3	S3	BG1 - Eigen gewicht	Kracht	Z	-0,42	0.000	Rela	Vanaf begin	
	GCS		Gelijkmatig		1.000	Lengte	0,000		
Sneeuw2	S3	BG2 - Sneeuw	Kracht	Z	-0,17	0.000	Rela	Vanaf begin	
	GCS		Gelijkmatig		1.000	Lengte	0,000		
Winddrk2	S3	BG3 - Winddruk	Kracht	Z	-0,35	0.000	Rela	Vanaf begin	
	LCS		Gelijkmatig		1.000	Lengte	0,000		
Windafzuiging4	S3	BG4 - Windafzuiging	Kracht	Z	0,43	0.000	Rela	Vanaf begin	
	LCS		Gelijkmatig		1.000	Lengte	0,000		
Windafzuiging5	S3	BG5 - Gebruikslast	Kracht	Z	-0,24	0.000	Rela	Vanaf begin	
	GCS		Gelijkmatig		1.000	Lengte	0,000		

9. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG1	2,13	2,45	0,00
Sn2/K5	BG1	-2,13	2,45	0,00

10. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG2	0,87	1,00	0,00
Sn2/K5	BG2	-0,87	1,00	0,00

11. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG3

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG3	1,02	1,76	0,00
Sn2/K5	BG3	-1,02	1,76	0,00

12. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG5

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG5	1,21	1,40	0,00
Sn2/K5	BG5	-1,21	1,40	0,00

13. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG6

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG6	1,30	1,50	0,00
Sn2/K5	BG6	-1,30	1,50	0,00

14. Interne krachten in staaft

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

Staaaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG1	-3,07	1,06	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG1	-1,84	-1,06	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG1	-2,45	0,00	1,53

15. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG2

Staaaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG2	-1,25	0,43	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG2	-0,75	-0,43	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG2	-1,00	0,00	0,62

16. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG3

Staaaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG3	-1,76	1,02	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG3	-1,76	-1,02	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG3	-1,76	0,00	1,47

17. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG4

Staaaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG4	2,16	-1,25	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG4	2,16	1,25	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG4	2,16	0,00	-1,80

18. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG5

Staaaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG5	-1,75	0,61	0,00
S1	CS2 - RECT	5,774	BG5	-1,05	-0,61	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG5	-1,40	0,00	0,88

19. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG6

Staaaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS2 - RECT	0,000	BG6	-1,88	0,65	0,00
S1	CS2 - RECT	2,887	BG6	-1,13	-0,65	1,88
S1	CS2 - RECT	2,887	BG6	-1,88	0,65	1,88

20. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG1

BG	Staaaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG1	S1	5,774	-0,1	-0,1	-2,0	0,1
BG1	S1	0,000	0,0	0,0	2,1	0,0
BG1	S1	2,887	0,0	-3,9	0,0	3,9

21. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG2

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG2	S1	5,774	0,0	0,0	-0,8	0,0
BG2	S1	0,000	0,0	0,0	0,8	0,0
BG2	S1	2,887	0,0	-1,6	0,0	1,6

22. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG3

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG3	S1	5,774	0,0	-0,1	-2,0	0,1
BG3	S1	0,000	0,0	0,0	2,0	0,0
BG3	S1	2,887	0,0	-3,7	0,0	3,7

23. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG4

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG4	S1	0,000	0,0	0,0	-2,4	0,0
BG4	S1	5,774	0,0	0,1	2,4	0,1
BG4	S1	2,887	0,0	4,5	0,0	4,5

24. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG5	S1	5,774	0,0	-0,1	-1,2	0,1
BG5	S1	0,000	0,0	0,0	1,2	0,0
BG5	S1	2,887	0,0	-2,2	0,0	2,2

25. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG6

BG	Staaf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG6	S1	5,774	0,0	-0,1	-1,9	0,1
BG6	S1	0,000	0,0	0,0	1,9	0,0
BG6	S1	2,887	0,0	-3,8	0,0	3,8

Bijlage 4: Scia Engineering rapport - Zadeldak met knieschot

1. Project

Licentiernaam	Howest
Project	HOWEST-Bachelor
Onderdeel	Spantendaken
Omschrijving	Zadeldak met knieschot
Auteur	MV
Datum	05. 05. 2017
Constructie	Raamwerk XZ
Aantal knopen :	7
Aantal staven :	4
Aantal platen :	0
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	2
Aantal belastingsgevallen :	6
Aantal gebruikte materialen :	1
Gravitatieversnelling [m/s ²]	9,810
Nationale norm	EC - EN

2. Materialen

Hout EC5

Naam	Houtsoort	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Kleur
	ρ [kg/m ³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C24 (EN 338)	Vast 0,0	0 0,00	1,1000e+04 6,9000e+02	24,0	14,5	0,4	21,0	2,5	4,0	

3. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000
K2	5,000	2,887
K5	10,000	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K6	1,000	0,000
K7	1,000	0,577
K8	9,000	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K9	9,000	0,577

4. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	CS3 - RECT (50; 200)	C24 (EN 338)	5,774	K1	K2	Balk (80)
S3	CS3 - RECT (50; 200)	C24 (EN 338)	5,774	K5	K2	Balk (80)
S4	CS3 - RECT (50; 200)	C24 (EN 338)	0,577	K6	K7	Kolom (100)
S5	CS3 - RECT (50; 200)	C24 (EN 338)	0,577	K8	K9	Kolom (100)

5. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn2	K5	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn3	K6	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn4	K8	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij

6. Puntlast op staaf

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
F4	S1 BG6 - Gebruikslast	GCS Z	-1,50 Kracht	0.600	Rela Vanaf begin	1
F5	S3 BG6 - Gebruikslast	GCS Z	-1,50 Kracht	0.600	Rela Vanaf begin	1

7. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Loc		Exc ez [m]
Lijnlast1	S1 BG1 - Eigen gewicht	Kracht GCS	Z Gelijkmatig	-0,42	0.000 1.000	Rela Lengte	Vanaf begin	0,000
Sneeuw	S1 BG2 - Sneeuw	Kracht GCS	Z Gelijkmatig	-0,17	0.000 1.000	Rela Lengte	Vanaf begin	0,000
Winddrk	S1 BG3 - Winddruk	Kracht LCS	Z Gelijkmatig	-0,35	0.000 1.000	Rela Lengte	Vanaf begin	0,000
Windafzuiging	S1	Kracht	Z	0,43	0.000	Rela	Vanaf begin	

Naam	Staaft	Type	Rich	Waarde - P ₁	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval			Systeem	Verdeling			
Windafzuiging1	BG4 - Windafzuiging	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
	S1	Kracht	Z	-0,24	0.000	Rela	Vanaf begin	
Lijnlast3	BG5 - Gebruikslast	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
	S3	Kracht	Z	-0,42	0.000	Rela	Vanaf begin	
Sneeuw2	BG1 - Eigen gewicht	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
	S3	Kracht	Z	-0,17	0.000	Rela	Vanaf begin	
Winddrk2	BG2 - Sneeuw	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
	S3	Kracht	Z	-0,35	0.000	Rela	Vanaf begin	
Windafzuiging4	BG3 - Winddruk	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
	S3	Kracht	Z	0,43	0.000	Rela	Vanaf begin	
Windafzuiging5	BG4 - Windafzuiging	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
	S3	Kracht	Z	-0,24	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG5 - Gebruikslast	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

8. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG1	1,36	0,26	0,00
Sn2/K5	BG1	-1,36	0,26	0,00
Sn3/K6	BG1	0,00	2,19	0,00
Sn4/K8	BG1	0,00	2,19	0,00

9. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG2	0,56	0,11	0,00
Sn2/K5	BG2	-0,56	0,11	0,00
Sn3/K6	BG2	0,00	0,89	0,00
Sn4/K8	BG2	0,00	0,89	0,00

10. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG3

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG3	0,29	-0,34	0,00
Sn2/K5	BG3	-0,29	-0,34	0,00
Sn3/K6	BG3	0,00	2,10	0,00
Sn4/K8	BG3	0,00	2,10	0,00

11. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG4

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG4	-0,36	0,41	0,00
Sn2/K5	BG4	0,36	0,41	0,00
Sn3/K6	BG4	0,00	-2,57	0,00
Sn4/K8	BG4	0,00	-2,57	0,00

12. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG5

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG5	0,78	0,15	0,00
Sn2/K5	BG5	-0,78	0,15	0,00
Sn3/K6	BG5	0,00	1,25	0,00
Sn4/K8	BG5	0,00	1,25	0,00

13. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG6

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG6	0,92	-0,34	0,00
Sn2/K5	BG6	-0,92	-0,34	0,00
Sn3/K6	BG6	0,00	1,84	0,00
Sn4/K8	BG6	0,00	1,84	0,00

14. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG1

Staf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S4	CS3 - RECT	0,000	BG1	-2,19	0,00	0,00
S1	CS3 - RECT	1,155	BG1	-1,07	-0,88	-0,77
S1	CS3 - RECT	1,155	BG1	-2,16	1,02	-0,77
S1	CS3 - RECT	4,041	BG1	-1,55	-0,04	0,63

15. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG2

Staf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S4	CS3 - RECT	0,000	BG2	-0,89	0,00	0,00
S1	CS3 - RECT	1,155	BG2	-0,43	-0,36	-0,32
S1	CS3 - RECT	1,155	BG2	-0,88	0,41	-0,32
S1	CS3 - RECT	4,041	BG2	-0,63	-0,02	0,26

16. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG3

Staf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S4	CS3 - RECT	0,000	BG3	-2,10	0,00	0,00
S1	CS3 - RECT	0,000	BG3	-0,08	-0,44	0,00
S1	CS3 - RECT	1,155	BG3	-0,08	-0,84	-0,74
S1	CS3 - RECT	1,155	BG3	-1,13	0,98	-0,74
S1	CS3 - RECT	4,041	BG3	-1,13	-0,04	0,61

17. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG4

Staf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS3 - RECT	0,000	BG4	0,10	0,53	0,00
S4	CS3 - RECT	0,000	BG4	2,57	0,00	0,00
S1	CS3 - RECT	1,155	BG4	1,39	-1,19	0,90
S1	CS3 - RECT	1,155	BG4	0,10	1,03	0,90
S1	CS3 - RECT	4,041	BG4	1,39	0,05	-0,74

18. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
 Selectie : Alle
 Belastingsgevallen : BG5

Staal	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S4	CS3 - RECT	0,000	BG5	-1,25	0,00	0,00
S1	CS3 - RECT	1,155	BG5	-0,61	-0,50	-0,44
S1	CS3 - RECT	1,155	BG5	-1,24	0,58	-0,44
S1	CS3 - RECT	4,041	BG5	-0,89	-0,03	0,36

19. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG6

Staal	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S4	CS3 - RECT	0,000	BG6	-1,84	0,00	0,00
S1	CS3 - RECT	0,000	BG6	-0,63	-0,75	0,00
S1	CS3 - RECT	1,155	BG6	-1,55	0,84	-0,87
S1	CS3 - RECT	1,155	BG6	-0,63	-0,75	-0,87
S1	CS3 - RECT	3,464	BG6	-1,55	0,84	1,06

20. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

BG	Staal	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG1	S1	5,774	-0,1	-0,1	-2,5	0,2
BG1	S1	0,000	0,0	0,0	-0,2	0,0
BG1	S1	3,753	-0,1	-3,4	-0,1	3,4
BG1	S1	0,577	0,0	0,1	0,0	0,1
BG1	S1	2,021	0,0	-1,4	1,8	1,4

21. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG2

BG	Staal	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG2	S1	5,774	0,0	-0,1	-1,0	0,1
BG2	S1	0,000	0,0	0,0	-0,1	0,0
BG2	S1	3,753	0,0	-1,4	0,0	1,4
BG2	S1	0,577	0,0	0,1	0,0	0,1
BG2	S1	2,021	0,0	-0,6	0,7	0,6

22. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG3

BG	Staal	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG3	S1	5,774	0,0	-0,1	-2,4	0,1
BG3	S1	0,000	0,0	0,0	-0,2	0,0
BG3	S1	3,753	0,0	-3,3	-0,1	3,3
BG3	S1	0,577	0,0	0,1	0,0	0,1
BG3	S1	2,021	0,0	-1,4	1,7	1,4

23. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG4

BG	Staal	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG4	S1	0,000	0,0	0,0	0,3	0,0
BG4	S1	5,774	0,1	0,1	3,0	0,1
BG4	S1	0,577	0,0	-0,2	0,0	0,2
BG4	S1	3,753	0,0	4,0	0,1	4,0
BG4	S1	2,021	0,0	1,7	-2,1	1,7

24. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG5

BG	Staf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG5	S1	5,774	0,0	-0,1	-1,4	0,1
BG5	S1	0,000	0,0	0,0	-0,1	0,0
BG5	S1	3,753	0,0	-2,0	0,0	2,0
BG5	S1	0,577	0,0	0,1	0,0	0,1
BG5	S1	2,021	0,0	-0,8	1,0	0,8

25. Vervormde constructie

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG6

BG	Staf	dx [m]	Ux/ux [mm]	Uz/uz [mm]	Fiy/fiy [mrad]	Resultant [mm]
BG6	S1	5,774	-0,1	-0,1	-2,9	0,1
BG6	S1	0,000	0,0	0,0	-0,3	0,0
BG6	S1	3,464	0,0	-4,4	0,4	4,4
BG6	S1	0,577	0,0	0,2	0,0	0,2
BG6	S1	2,309	0,0	-2,4	2,3	2,4

Studentenversie

Studentenversie

Bijlage 5: Scia Engineering rapport - Nokbalk

1. Project

Licentienaam	Howest
Project	HOWEST
Onderdeel	Spantendaken
Omschrijving	Nokbalk
Auteur	MV
Datum	13. 06. 2017
Constructie	Raamwerk XZ
Aantal knopen :	2
Aantal staven :	1
Aantal platen :	0
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	1
Aantal belastinggevallen :	5
Aantal gebruikte materialen :	1
Gravitatieversnelling [m/s ²]	9,810
Nationale norm	EC - EN

2. Materialen

Hout ECS

Naam	Houtsoort	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Kleur
	ρ [kg/m ³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C24 (EN 338)	Vast 420,0	0 0,00	1,1000e+04 6,9000e+02	24,0	14,5	0,4	21,0	2,5	4,0	■

3. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K1	-0,311	2,831
K2	3,689	2,831

4. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	CS1 - RECT (100; 300)	C24 (EN 338)	4,000	K1	K2	Balk (80)

5. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn2	K2	GCS	Standaard	Vrij	Vast	Vrij

6. Lijnlast

Naam	Staf	Type	Rich	Waarde - P ₁	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval			Systeem	Verdeling			
Lijnlast1	S1	Kracht	Z	-4,91	0,000	Rela	Vanaf begin	
	BG1 - Eigen gewicht	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte		0,000
Lijnlast2	S1	Kracht	Z	-2,00	0,000	Rela	Vanaf begin	
	BG2 - Sneeuw	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte		0,000
Lijnlast3	S1	Kracht	Z	-3,60	0,000	Rela	Vanaf begin	
	BG3 - Winddruk	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte		0,000
Lijnlast4	S1	Kracht	Z	4,01	0,000	Rela	Vanaf begin	
	BG4 - Windafzuiging	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte		0,000
Lijnlast5	S1	Kracht	Z	-1,05	0,000	Rela	Vanaf begin	
	BG5 - Gebruikslast	LCS	Gelijkmatig		1,000	Lengte		0,000

7. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop

Selectie : Alle

Belastingsgevallen : BG1

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG1	0,00	9,81	0,00
Sn2/K2	BG1	0,00	9,81	0,00

8. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG2

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG2	0,00	4,00	0,00
Sn2/K2	BG2	0,00	4,00	0,00

9. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG3

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG3	0,00	7,20	0,00
Sn2/K2	BG3	0,00	7,20	0,00

10. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG4

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG4	0,00	-8,02	0,00
Sn2/K2	BG4	0,00	-8,02	0,00

11. Reacties

Lineaire berekening, Extreem : Knoop
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

Steunpunt	BG	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/K1	BG5	0,00	2,10	0,00
Sn2/K2	BG5	0,00	2,10	0,00

12. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG1

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS1 - RECT	0,000	BG1	0,00	9,81	0,00
S1	CS1 - RECT	4,000	BG1	0,00	-9,81	0,00
S1	CS1 - RECT	2,000	BG1	0,00	0,00	9,81

13. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG2

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS1 - RECT	0,000	BG2	0,00	4,00	0,00
S1	CS1 - RECT	4,000	BG2	0,00	-4,00	0,00
S1	CS1 - RECT	2,000	BG2	0,00	0,00	4,00

14. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG3

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS1 - RECT	0,000	BG3	0,00	7,20	0,00
S1	CS1 - RECT	4,000	BG3	0,00	-7,20	0,00
S1	CS1 - RECT	2,000	BG3	0,00	0,00	7,20

15. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG4

Staal	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS1 - RECT	0,000	BG4	0,00	-8,02	0,00
S1	CS1 - RECT	4,000	BG4	0,00	8,02	0,00
S1	CS1 - RECT	2,000	BG4	0,00	0,00	-8,02

16. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : LCS
Selectie : Alle
Belastingsgevallen : BG5

Staal	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
S1	CS1 - RECT	0,000	BG5	0,00	2,10	0,00
S1	CS1 - RECT	4,000	BG5	0,00	-2,10	0,00
S1	CS1 - RECT	2,000	BG5	0,00	0,00	2,10

Studentenversie

Studentenversie