Raadschelders
Bouwadvies b.v.

BEM1503743
gemeente Steenbergen

Oudlandsestraat 12 te Steenbergen

Uitbreiding woonhuis

Kenmerk: 1816a Versie: 20150701v1.0

Behoort bij beschikking	
d.d.	04-08-2015
nr.(s)	ZK15000747
Juridisch beleidsmedewerker Publiekszaken / vergunningen	

Colofon

Raadschelders Bouwadvies b.v.

Contact

Adres	Dokter W. Nijestraat 66
	2064XD Spaarndam
Telefoon	+31 88 000 5111
Fax	+31 88 000 5199
Mail	info@raadschelders-bouwadvies.nl
Web	www.raadschelders-bouwadvies.nl

Directie
Ir. V.L. Raadschelders c.i. RO
Ingeschreven als Register Ontwerper in constructeursregister.

Statutair
Raadschelders Bouwadvies B.V. gevestigd te Spaarndam
Ingeschreven in handelsregister onder nummer 34088004
BTW-nummer NL 8028 57 875

Documentkenmerken
Naam: 1816a-20150701v1.0.pdf
Auteur: ir. V.L. Raadschelders c.i. RO
Digitale versie gegenereerd op 02.07.15 om 01:02:16
Afdrukken zijn altijd een afgeleide van de digitale versie.

Constructieve veiligheid
De medewerkers en directie van Raadschelders Bouwadvies BV onderschrijven de inhoud van de governance code *Veiligheid in de bouw* en het compendium *Aanpak constructieve veiligheid*

Maatschappij
In aansluiting op onze betrokkenheid bij een duurzame samenleving wordt dit document in portable document format (pdf © Adobe) gegenereerd en verspreid. Door ons geproduceerde afdrukken worden afgedrukt op papier met FSC keurmerk. Bedenk vooraf of u een afdruk nodig heeft.

Bronbestand: P:\1816_Steenbergen Oudlandsestraat 12\VC-Master\Stat.berek.hed

Oudlandsestraat 12 te Steenbergen

Uitbreiding woonhuis

Kenmerk: 1816a Versie: 20150701v1.0

NOTA
TECHNISCH ONTWERP CONSTRUCTIES

Opdrachtgever

Principaal

Architect

Kraak Bouwtechnisch Managementburo B.V.
Stoofweg 3
4681 RK Nieuw Vossemeer

Inhoudsopgave

Versiebeheer

20150701v1.0 Eerste externe uitgave

Door omstandigheden is de inhoud van dit document mogelijk aan wijzigingen en of aanvullingen onderhevig. Door het verschijnen van een nieuwe versie vervallen alle voorgaande versies. De laatste versie is te downloaden van onze server middels nevenstaande QR-code of onderstaande url met link. Controleer altijd of u beschikt over de laatste versie.

http://mirror.raadschelders-bouwwadvies.nl/FsjbT9dbrL3X3PWHucy93FT9-1816a.pdf

Inleiding

Voor het project Oudlandsestraat 12 te Steenbergen is doo aan Raadschelders Bouwadvies B.V. opdracht verstrekt voor de berekening van de draagconstructie van uitbreiding en de controle van de relevante constructieve aspecten ter gevolge van de gewijzigde krachtsafdracht.

De in dit document gepresenteerde kennis mag uitsluitend gebruikt worden voor het omschreven object.

1 Uitgangspunten

Bouwkundig ontwerp

Voor het bouwkundig ontwerp is uitgegaan van de tekeningen van Kraak Bouwtechnisch Managementbureau B.V. d.d. 17-06-2015, waarvan enkele (deel)kopieën zijn opgenomen in dit document.

Oorspronkelijke berekening/constructie tekening

Er zijn een aantal tekeningen van de constructie van de bestaande bouw aangeleverd door de opdrachtgever. Naar verluid zijn dit de enige beschikbare stukken uit het gemeente archief, er is verder geen archiefonderzoek bij derden gedaan teneinde meer informatie beschikbaar te krijgen.

Visie op constructief ontwerp.

In overleg met de opdrachtgever en de architekt is het constructief ontwerp als volgt beschouwd:

Door de verschillende vloer/dakniveaus welke gewenst zijn, alsmede de bijbehorende beperking van de diktes en hetvoorkomen van extra belastingen op de bestaande constructie, is er voor gekozen een ruimtelijke benadering van de dakopbouw te maken. De wanden en vloeren werken hierbij samen als 1 geheel. Door te kiezen voor kruislaaghout elementen (bijvoorbeeld Leno van Metsäwood of X-lam van Derix) kunnen de benodigde specificaties behaald worden. Voor de beschouwing van de krachtswerking dienen de kruislaaghout elementen als orthotrope platen geschematiseerd te worden in een programma dat werkt volgens de Eindige Elementen Methode.

De schematisering is dusdanig gekozen dat de verticale belastingen uitsluitend afgedragen worden op de bouwmuren. Essentieel onderdeel hiervan is de schijfwerking van de gevels en de binnenmuur. Deze vormen een wandligger welke de af te dragen belastingen middels een geschroefde verbinding naar de houten bouwmuren van de opbouw afdraagt.

Kruislagenhout is een product dat voor de europese markt voornamelijk in Duitsland en Oostenrijk gefabriceerd wordt. De duitse naam voor het product is Brettsperrholz (of Kreuzlagenholz), in het engels wordt het aangeduid als Cross Laminated Timber (CLT). Ter informatie is in bijlage 1 een deelafdruk van de informatiebrochure "Building with cross laminated timber" van de Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. opgenomen (engelstalig). In bijlage 2 is het voorblad van de ETA van Derix opgenomen waaruit blijkt dat het product een europese technische toelating heeft.

Normen

De volgende normen zijn van toepassing:

NEN-EN 1990	Eurocode 0 - Grondslagen
NEN-EN 1991	Eurocode 1 - Belastingen op constructies
NEN-EN 1992	Eurocode 2 - Ontwerp en berekening van betonconstructies
NEN-EN 1993	Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies
NEN-EN 1994	Eurocode 4 - Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies
NEN-EN 1995	Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies
NEN-EN 1996	Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk
NEN-EN 1997	Eurocode 7 - Geotechnisch ontwerp
NEN-8700	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwerk bij verbouw en afkeuren

Ontwerplevensduur en gevolgklasse

De constructie van dit gebouw moet worden berekend volgens NEN-EN 1990. Het bouwwerk is ingedeeld in ontwerplevensduurklasse 3, de bijbehorende levensduur is 50 jaar.

Het object is een woonhuis (met minder dan drie bouwlagen), welke in gevolgklasse CC1 wordt geclassificeerd. De bijbehorende vermenigvuldigingsfactor K_{FI} (tabel B3) mag worden toegepast op de partiële factoren van de combinatie voor de uiterste grenstoestand STR/GEO (groep B).

⇒ vermenigvuldigingsfactor K_{FI} = 0,9

Brand

De brandwerendheidseis is, volgens de principaal/architect conform het bouwbesluit:

$f_{fi,requ}$ = 30 min

Materialen

De volgende materialen zijn toegepast:

Staal	=	S235
Hout =	=	C24
Ankerkwaliteit	=	4.6
Boutkwaliteit	=	8.8

Uiterste grenstoestanden

De volgende uiterste grenstoestanden worden getoetst:

- EQU: Verlies van statisch evenwicht;
- STR: Intern bezwijken of buitensporige vervorming;

Partiële veiligheidsfactoren

Voor de beoordeling van deelconstructies geldt dat de volgende veiligheidsfactoren worden aangehouden:

Voor permanente belastingen ongunstig $\gamma_{G,sup}$ =	1,35
Voor permanente belastingen gunstig $\gamma_{G,inf}$ =	0,90
Voor veranderlijke belastingen ongunstig $\gamma_{Q,i}$ =	1,50
Verminderingsfactor ξ =	0,89

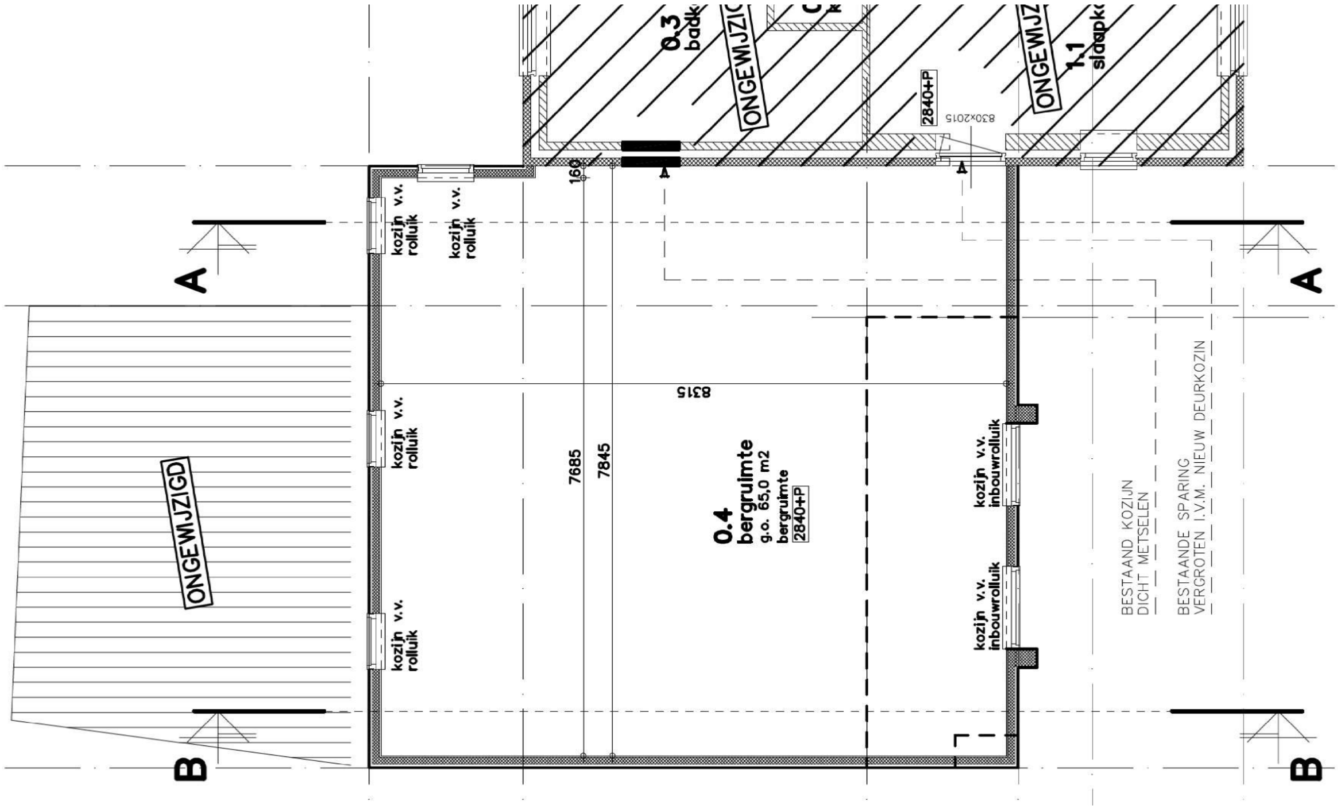
Belastingcombinaties globaal

De volgende belastingcombinaties worden, waar nodig, getoetst:

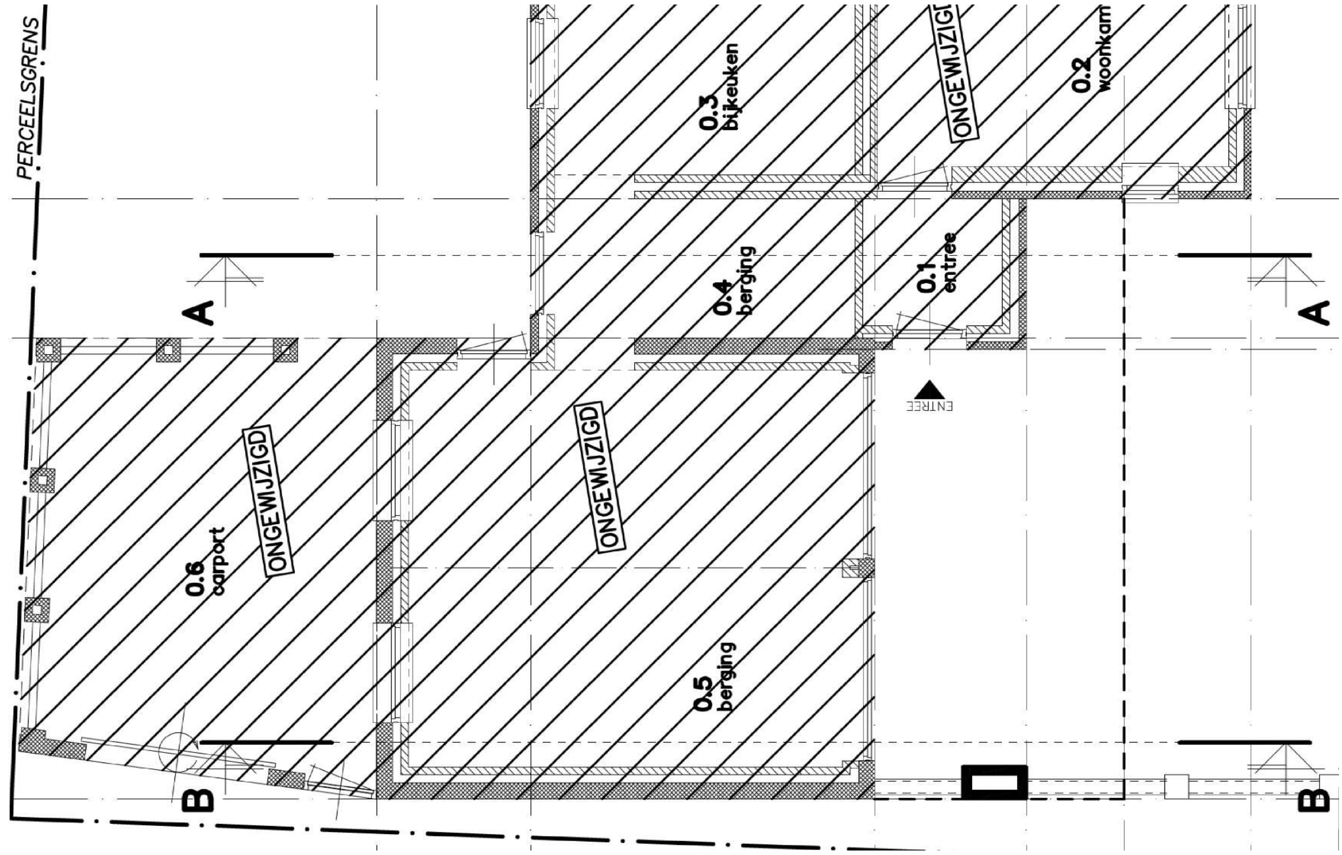
Uiterste grenstoestand

$\gamma_{G,sup} * G_{k,sup} + \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$	$(i \geq 1)$	(STR/GEO)
$\gamma_{G,sup} * \xi * G_{k,sup} + \gamma_{Q,i} * Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$	$(i > 1)$	(STR/GEO)
$\gamma_{G,inf} * G_{k,inf} + \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$	$(i \geq 1)$	(STR/GEO)
$\gamma_{G,inf} * G_{k,inf} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$	$(i > 1)$	(STR/GEO)

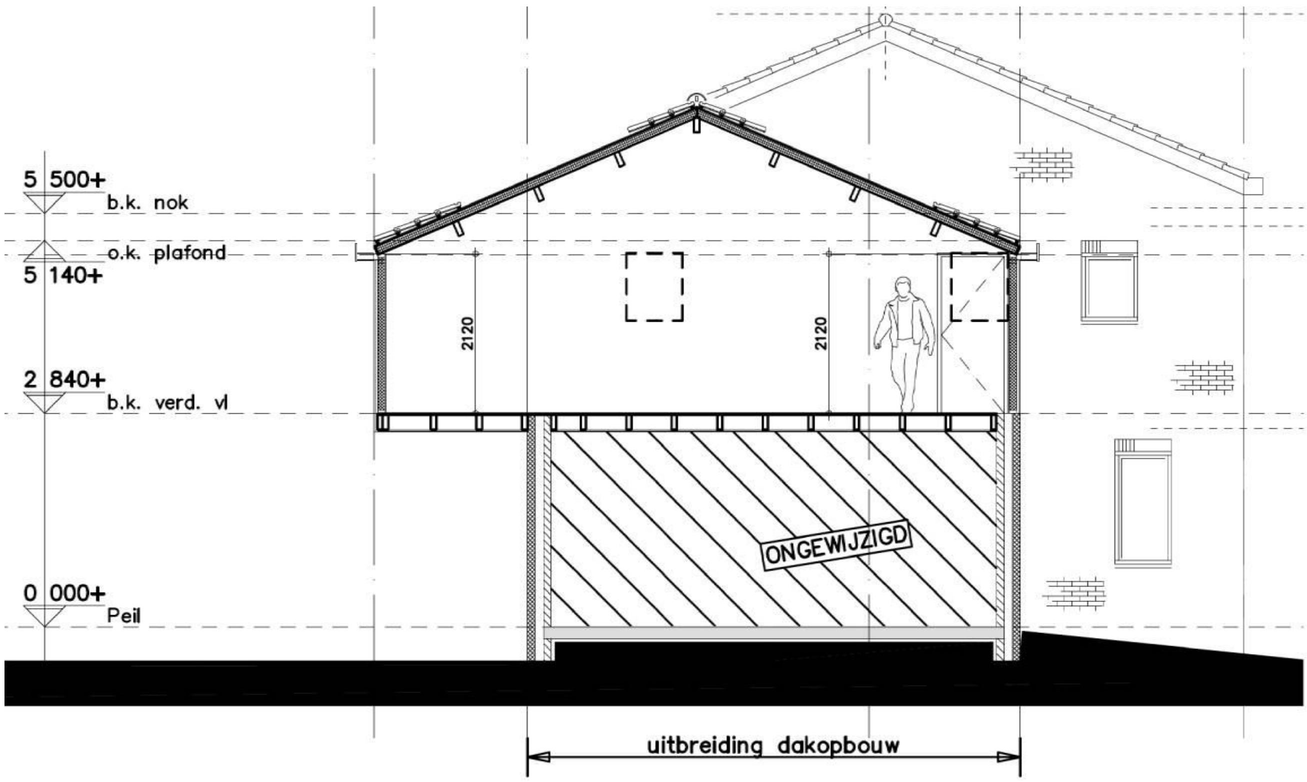
2 Bouwkundige tekeningen



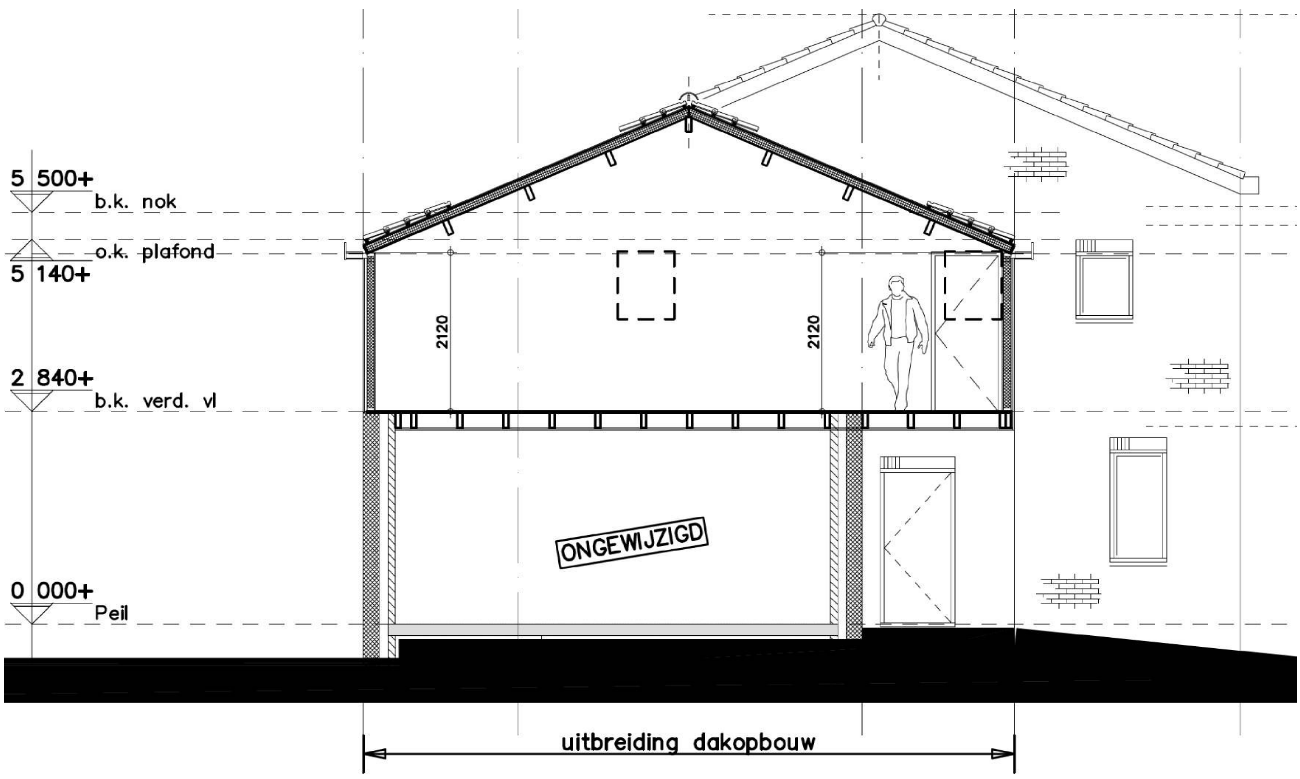
Plattegrond verdieping (1:100), bestaande platdak



Plattegrond BG (1:100)

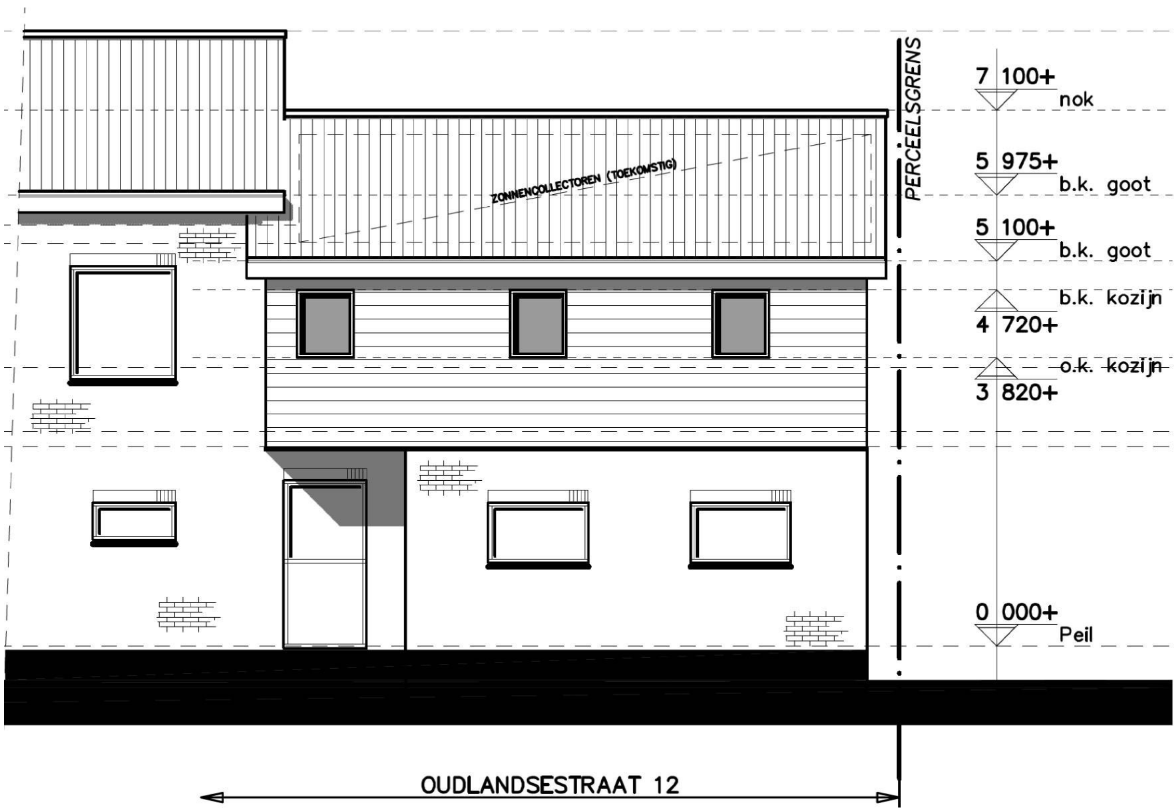


Langsdoorsnede A (1:100)

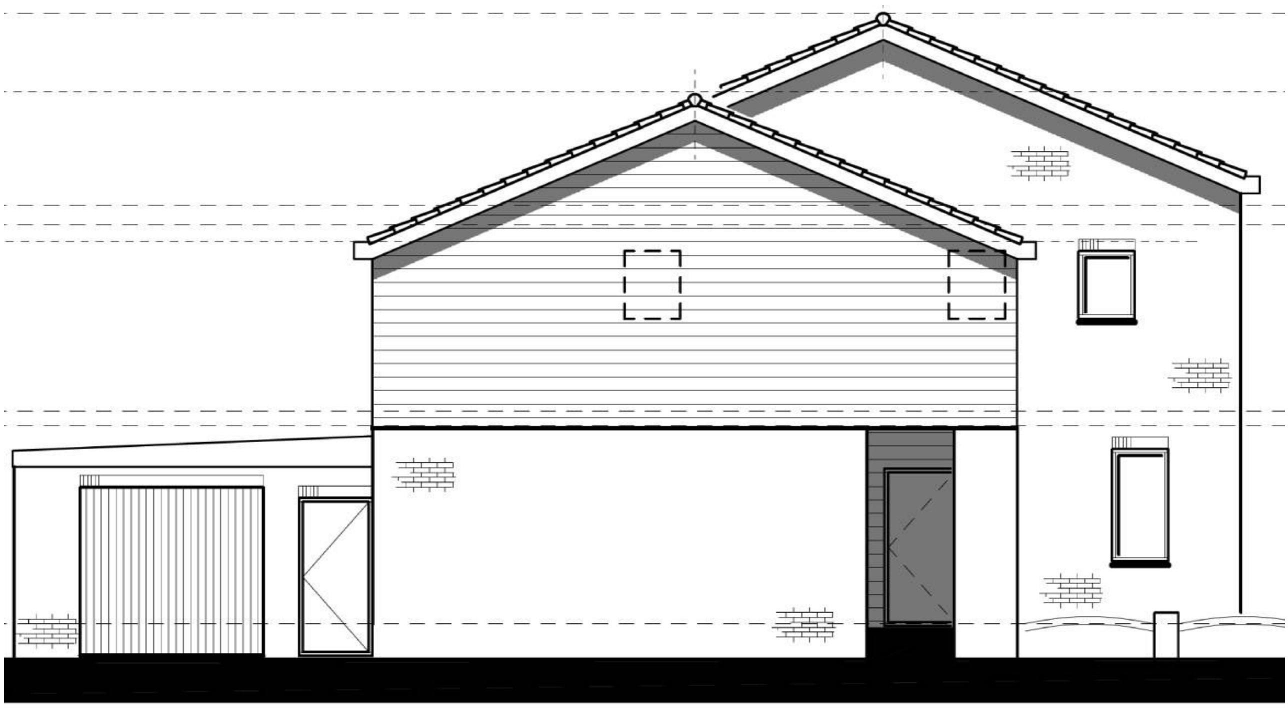


Langs doorsnede B (1:100)

Gevelaanzicht voorzijde (1:100)



Gevelaanzicht achterzijde (1:100)



Gevelaanzicht zijkant (1:100)

3 Gewichtsberekening

3.1 Representatieve belastingen (SLS)

De gehanteerde representatieve waarde van de belastingen zijn overlegd met de gebruiker/eigenaar/opdrachtgever welke heeft aangegeven dat deze voldoen aan het door hem/haar beoogde gebruik. Wanneer eventuele specifieke/afwijkende eisen niet zijn aangegeven, dan zijn de wettelijke ondergrenswaarden uit NEN-EN 1991 gebruikt.

Plat of licht hellend dak

Veranderlijk:

Bij opp >10m² $Q_{dak,rep}$ = 0,80 kN/m²
Combinatiefactor $\psi_{0,dak}$ = 0,40

Permanent:

Dakpannen: 0,50 kN/m²
Isolatie: 0,12 kN/m²
Houtconstructie in EEM model P.M.
Plafond en installaties: 0,08 kN/m²

Totaal $G_{dak,rep}$ = 0,70 kN/m²

Verdiepingsvloer

Veranderlijk:

$Q_{T,rep}$ = 2,50 kN/m²

Combinatiefactor $\psi_{0,T}$ = 0,40

Permanent (woning):

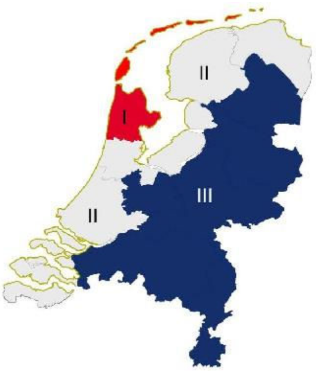
Houtconstructie in EEM model	P.M.
Afwerkvloer:	1,00 kN/m^2
Plafond en installaties:	<u>0,10 kN/m^2</u>
Totaal $G_{T,rep}$ =	1,10 kN/m^2

<u>Overige belastingen</u>

Geconcentreerde verticale belastingen op de vloeren F_{rep} = 3,00 kN
Geconcentreerde verticale belastingen op het dak $F_{dak,rep}$ = 3,00 kN

Gevels (leisteen) G_{gevel} = 0,60 kN/m^2

Wind



Gerekend wordt op onbebouwde omgeving in windgebied III met een maximale hoogte van 10 m boven het omringende terrein (tabel NB.4 NEN-EN-1991).

Extreme stuwdruk Q_p = 0,80 kN/m^2
Combinatiefactor $\psi_{0,wind}$ = 0,00
Globale (en locale) windvormfactoren worden bepaald waar nodig.

Horizontale belastingen

Voor de horizontale belastingen bij vloerafscheidingen wordt in NEN-EN-1991 verwezen naar NEN6702-8.2.6.2 en -6.3.
Verdeelde belasting op 1m+vloernivo $q_{h,rep}$ = 3,00 kN/m
Geconcentreerde belasting op 1m+vloernivo $F_{h,rep}$ = 1,0 kN

3.2 Rekenwaarde belastingen (ULS)

Voor de te berekenen sterkte van het totaal of van onderdelen is gebruik gemaakt van de vereenvoudigde methodiek, waarbij alleen ongunstige werking wordt verondersteld en geen reductie door momentaan factoren (ψ) wordt gehanteerd. Eventuele momentaanfactoren worden in rekening gebracht bij enkele specifieke onderdelen (bijv. fundering).

Permanente belastingen $\gamma_G = K_{FI} * \gamma_{G,sup} = 0{,}9*1{,}35 = 1{,}22$

Veranderlijke belastingen $\gamma_Q = K_{FI} * \gamma_{Q,i} = 0{,}9*1{,}50 = 1{,}35$

Dak niveau

(6.10a) $E_{d,a} = \gamma_G * G_{dak,rep} + \gamma_Q * \psi_{0,dak} * Q_{dak,rep}$
$= 1{,}22*0{,}70 + 1{,}35*0{,}40*0{,}80 = 1{,}3$ kN/m²

(6.10b) $E_{d,b} = \gamma_G * \xi * G_{dak,rep} + \gamma_Q * Q_{dak,rep}$
$= 1{,}22*0{,}89*0{,}70 + 1{,}35*0{,}80 = 1{,}8$ kN/m²

$E_{dak,d} = MAX(E_{d,a};E_{d,b}) = 1{,}8$ kN/m²

Verdiepingsvloer

(6.10a) $E_{d,a} = \gamma_G * G_{T,rep} + \gamma_Q * \psi_{0,T} * Q_{T,rep}$
$= 1{,}22*1{,}10 + 1{,}35*0{,}40*2{,}50 = 2{,}7$ kN/m²

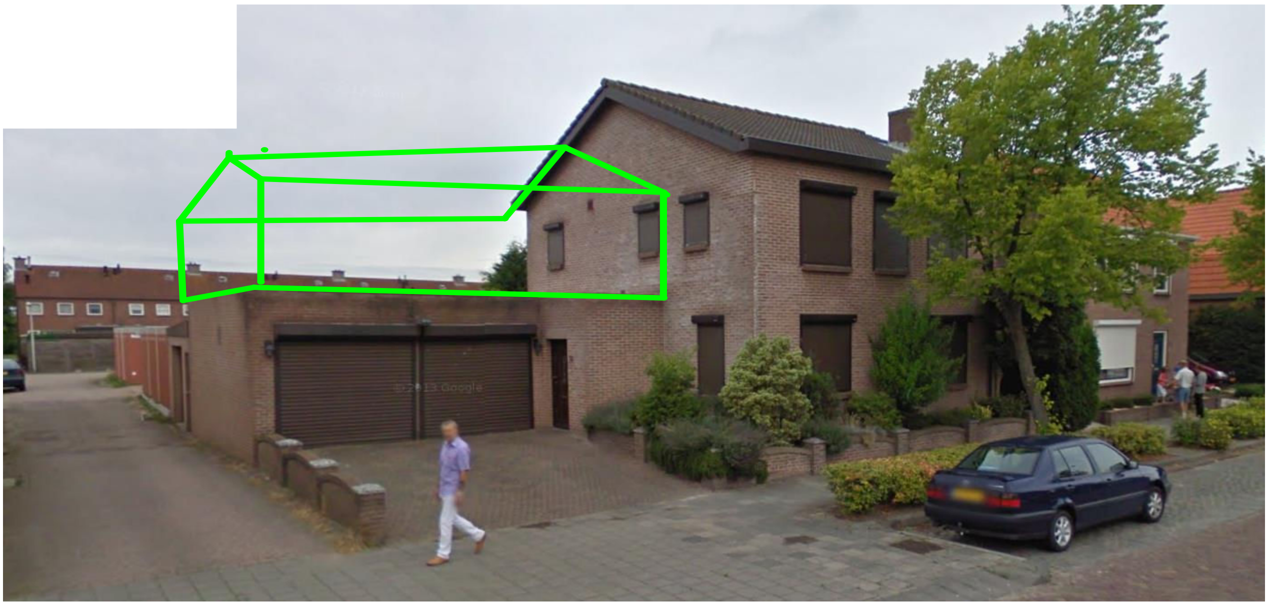
(6.10b) $E_{d,b} = \gamma_G * \xi * G_{T,rep} + \gamma_Q * Q_{T,rep}$
$= 1{,}22*0{,}89*1{,}10 + 1{,}35*2{,}50 = 4{,}6$ kN/m²

$E_{T,d} = MAX(E_{d,a};E_{d,b}) = 4{,}6$ kN/m²

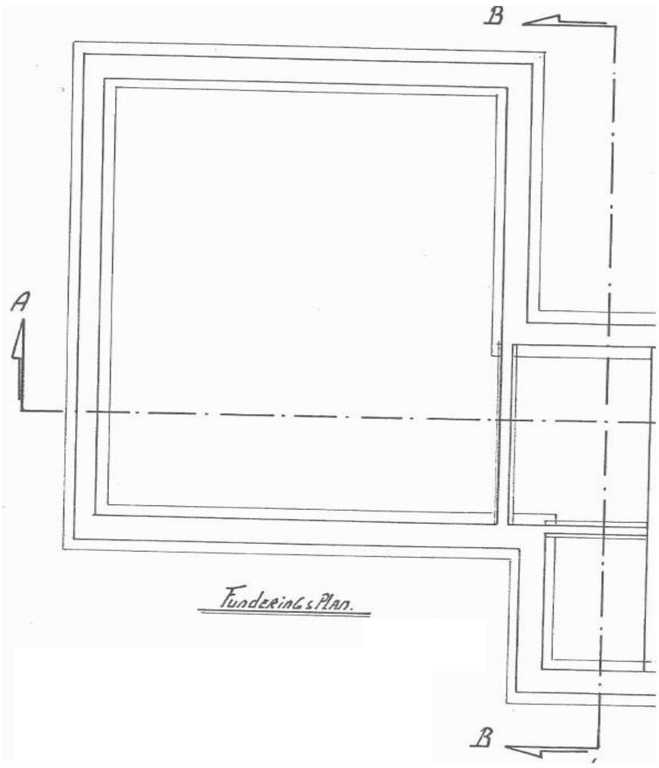
In het EEM model zal uitsluitend met de combinaties volgens 6.10b gerekend worden.

4 Constructieve opbouw

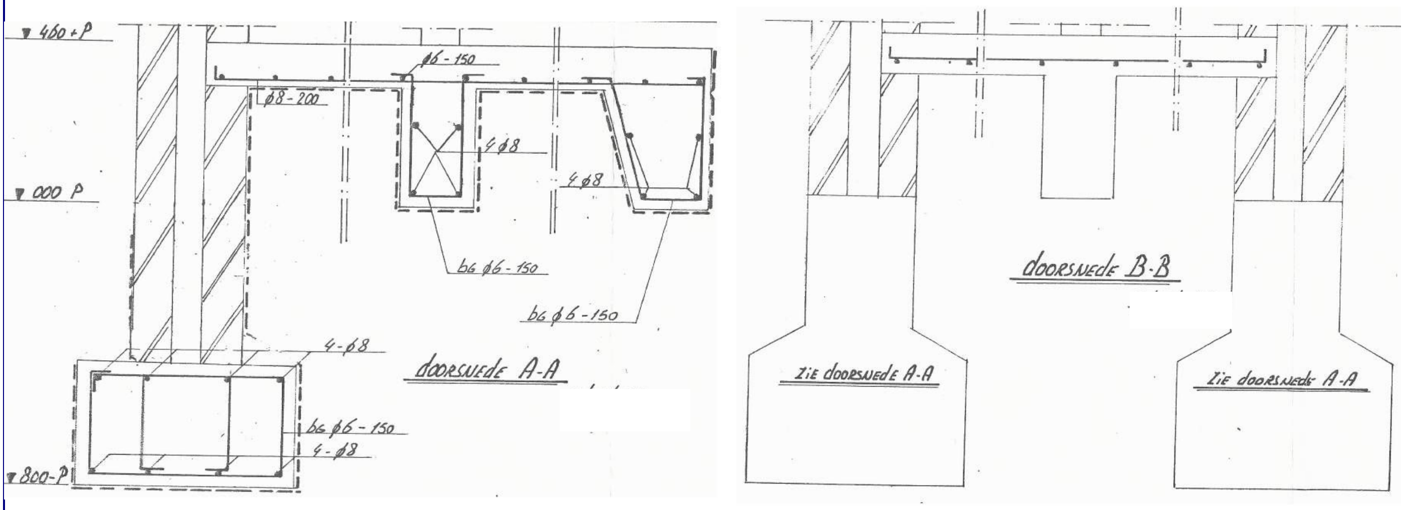
4.1 Bestaande constructie



De bestaande constructie is een aanbouw aan het woonhuis geweest, waarvan de tekening dateert van 3 sept 1989. Uit de tekening blijkt dat een diepe aanlegniveau van de fundering is gekozen. Er is een gewapende strook toegepast, dus herverdeling van belastingen is mogelijk.



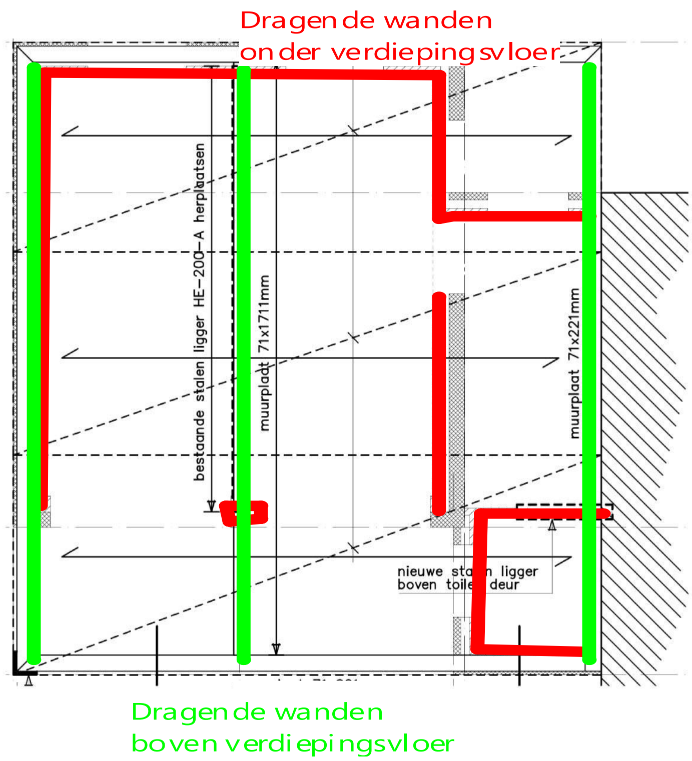
Bestaande fundering (1:100)



Doorsnede bestaande fundering (1:20)

4.2 Nieuwe constructie

In de nieuwe situatie wordt slechts beperkt belasting toegevoegd aan de bestaande gemetselde constructie. Door het dak van Unidek Aero elementen (sandwich panelen) te maken, wordt de gewichtstoename verder beperkt.



Uit sonderingen uit de omgeving (bijlage 4) blijkt zich op ca. 3 tot 6m diepte een veenachtige laag in de bodem voor doet. Hierboven en hieronder lijkt zich een matig vast gepakte zandplaat te bevinden. Door de aanleg op zand zullen zettinen vooral afhankelijk zijn van de eronder gelegen samendrukbare laag. Hiervan mag verondersteld worden de bestaande bovenbelasting dusdanig groot is, dat de geringe gewichtsvermeerdering door de nieuwe opbouw slechts van beperkte invloed is.

Ter plaatse van de penant tusen de 2 garagedeuren zal de sterkte gecontroleerd moeten worden.

6 Werkvolgorde

De werkvolgorde dient door de aannemer bepaald te worden.

7 Samenvatting

In overleg met opdrachtgever en architect is voor het object Oudlandsestraat 12 te Steenbergen een dakopbouw in kruislagenhout ontworpen. Wanneer de uitvoerende partij geselecteerd is, kan de EEM berekening van de bovenbouw gemaakt worden.

8 Aansluiting met overige betrokkenen

De architect dient te controleren of de berekende geometrie correspondeert met het bouwkundige ontwerp. Tevens moet getoetst worden of de gekozen afmetingen/diktes niet tot conflicten leidt. Daarnaast is het van belang dat mogelijk sparingen (voor lucht- of rookgasafvoerkanalen opgegeven worden, zodat beoordeeld kan worden of deze leiden tot onoverkomelijke spanningspieken in de orthotrope houtconstructie.

Door de uitvoerende partij zal een uitvoeringsplan opgesteld moeten worden (wijze van montage, volgorde, etc). Tevens zullen de productietekeningen van de elementen en de gekozen verbindingsmiddelen aan ons ter controle aangeboden moeten worden. Gezien de mate van prefabricage van het product, is het noodzakelijk dat er een goede (tot op de millimeter nauwkeurige) maatvoering gemaakt wordt. Dit betekent ook dat de bestaande situatie met deze nauwkeurigheid ingemeten zal moeten worden.

Bijlagen

Bij dit document behoren bijlagen, een overzicht hiervan alsmede de bijlagen zelf zijn te vinden na het hoofdstuk Termen en condities.

Termen en condities

Opdrachtgever
De natuurlijke of rechtspersoon die ons opdracht heeft verleend dit advies samen te stellen.

Principaal
De natuurlijke of rechtspersoon die naar onze eer en geweten de eigenaar is of wordt van het object waarvoor dit advies is opgesteld.

Voorwaarden
Raadschelders Bouwadvies BV hanteert de Rechtsverhouding opdrachtgever-architect, ingenieur en adviseur, DNR-2011, opgesteld door NLingenieurs en de Bond van Nederlandse Architecten (BNA). Gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011. Deze regeling is van toepassing op alle aanbiedingen en overeenkomsten tussen Raadschelders Bouwadvies BV en de opdrachtgever, zulks met uitsluiting van eventuele inkoop- of algemene voorwaarden van de opdrachtgever. De laatste versie van DNR-2011 is in te zien via onze website.

Disclaimer
Dit advies is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Desalniettemin zijn bijvoorbeeld onjuiste of onvolledige verstrekte informatie of afwijkingen ten opzichte van de bestaande situatie niet ondenkbaar. Indien door betrokkenen dergelijke feiten geconstateerd worden, dient het advies terzijde gelegd en Raadschelders Bouwadvies BV onverwijld hierover geïnformeerd te worden. Indien noodzakelijk zal het advies aangepast of aangevuld moeten worden.

Privacybeleid
Raadschelders Bouwadvies BV hanteert een strikt privacybeleid. Wij nemen uw privacy uiterst serieus en gaan zorgvuldig met uw persoonlijke informatie om. Alle (persoonlijke) gegevens die verzameld worden via telefoon, email en andere manieren worden vrijwillig verkregen. De verzamelde gegevens zullen gebruikt worden om ons advies samen te stellen. Onze adviezen kunnen ingezet worden voor (interne) opleidingsdoeleinden. De verzamelde gegevens worden opgeslagen in een eigen relatiebeheersysteem. Dit systeem is streng beveiligd. De gegevens zullen op geen enkele manier beschikbaar worden gesteld aan derden. Ze zullen niet worden uitgeleend, verhuurd of verkocht, noch op een andere manier openbaar worden gemaakt. U hebt te allen tijde het recht op inzicht in uw gegevens. Op verzoek zal Raadschelders Bouwadvies BV u uit zijn bestand halen. Dit kunt u doen door contact met ons op te nemen. Heeft u vragen of opmerkingen over dit privacybeleid? Neem dan contact met ons op via Raadschelders Bouwadvies BV houdt zich het recht voor dit privacybeleid aan te passen.

Beperking opdracht
De opdracht waarbinnen dit advies wordt uitgebracht beperkt zich tot de omschrijving in hoofdstuk 1. Onze verantwoordelijkheid beperkt zich tot de omvang van het advies.

Interpretaties
Raadschelders Bouwadvies BV is in geen enkel opzicht aansprakelijk voor interpretaties van dit advies door derden.

Auteursrecht
Dit advies mag gebruikt worden voor dit project met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van intellectuele eigendom, nadat de opdrachtgever aan zijn financiële verplichtingen jegens Raadschelders Bouwadvies BV heeft voldaan. Het is opdrachtgever toegestaan afdrukken te maken te verspreiden onder voor dit project relevante bouwpartners.

Verzekering
Wij hebben een aansprakelijkheidsverzekering conform DNR-2011 voor onze werkzaamheden. Indien gewenst, kunnen polis en betalingsbewijs overlegd worden.

Betaling
De opdrachtgever is verantwoordelijk voor een ordentelijke betaling van onze factuur zonder aftrek, korting of schuldverrekening binnen de betalingstermijn.

Maatschappelijke veranwoordelijkheid
Door het verzorgen van gastcolleges bij divers hogescholen en universiteiten, alsmede het lidmaatschap van en bijdrage aan diverse verenigingen en stichtingen (al dan niet vakgerelateerd) nemen de medewerkers van Raadschelders Bouwadvies BV verantwoordelijkheid voor een maatschappij waarin wij met elkaar op een veilige en gezonde manier samen kunnen leven.

Constructeursregister
Raadschelders Bouwadvies BV onderschrijft de toegevoegde waarde van het constructeursregister. Hierin worden uitsluitend natuurlijke personen toegelaten, nadat een onafhankelijke toetsingscommissie zijn of haar competenties heeft beoordeeld. Het beoordeelde deskundigheidsniveau wordt regelmatig beoordeeld.

Bijlagen

Inhoudsopgave

Versiebeheer

201504701v1.0 Eerste externe uitgave

Bijlage 1

Algemene informatie kruislaaghout

Building with
cross laminated timber

Load-bearing solid wood components
for walls, ceilings and roofs

Contents

Publisher:
Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.
Elfriede-Stremmel-Straße 69
D-42369 Wuppertal
+49 (0)202 · 97 83 581 fon
+49 (0)202 · 97 83 579 fax
info@brettsperrholz.org
www.brettsperrholz.org

The technical information of this text corresponds, at the time of printing, to the recognised regulations of technology. Liabilities for the contents, in spite of the most careful editing and proofreading, cannot be assumed.

Information regarding changes, amendments and errata under: www.brettsperrholz.org

Project management:
Dr.-Ing. Tobias Wiegand, Wuppertal

Introduction, construction documentation, editorial department:
Dipl.-Ing. Arnim Seidel,
Fachagentur Holz, Düsseldorf

Section 1:
Dipl.-Ing. Peter Mestek, München
Dipl.-Ing. Norman Werther, München
Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, München

Published: 04/2010
2nd edition: 01/2011

Introduction

Figure 0.1
9 storey residential construction as a timber structure in London (Waugh Thistleton Architects, London (GB))

Boards from bars

The constant expansion of wood construction in architecture coincides with the development of new building materials and new building systems. As particularly successful is demonstrated by the establishing of cross laminated timber that, since more than ten years, has experienced considerable popularity with architects and civil engineers. The principle of its manufacture has already long since been commonly used for blockboard or plywood – novel perspectives, however, have opened up the unusual dimensions of the material.

Building with cross laminated timber has an impact in as much as it allows for a fundamentally new approach to solid wood as construction material. Besides the present day customary tectonics of the frame and skeleton construction methods from bar shaped components, an almost non-attached, non-modular application of large surface construction components is provided. By crosswise glueing of individual board layers from the straightened raw wood material is formed a material with board or panel properties that allows for applications as wall, ceiling or roof construction components and also for base plates in bridge constructions.

Thus the planner, in regard to wood construction, can also think in terms of surfaces. Thanks to CNC controlled beam machines the form of cross laminated timber construction components are basically not subjected to any limitations. Window and door openings are simply cut out of the huge wall components without consideration to an overlaying grid. The laminar bearing structure allows for the implementation of intended monolithic architectural concepts which appeared, up to now, to be reserved for solid construction (something with homogeneous concrete) – however, always under the legalities of wood construction.

Application technology allows for cross laminated timber, besides construction of single and multiple family housing or commercial buildings, to also be used for construction of higher buildings. After the construction of the first seven storey block of flats in Berlin a nine storey town hall is, for the first time, developed in London. Based on the slim wall construction, high load bearing strength and very good fire and sound properties the solid wood construction has a good chance, with these construction tasks, to catch up with mineral construction methods.

The present publication shall be an interim result of the circulation of a construction product, in principle, of new significance for wood construction. Austria and Germany are the most significant producers of cross laminated wood. In view of climate protection, earthquake protection, prefabrication and production runs a growing demand is observed which is also revealed with exports within Europe and overseas. Above all, however: Planners such as constructors should, with this publication, envisage a wide application spectrum as well as the technical foundation for planning and utilisation of cross laminated timber.

1 _ Planning and building with cross laminated timber

1.1.1 _ What is cross laminated timber?

Cross laminated timber (BSP or X-Lam) is a laminated, solid wood product for load bearing applications. It consists of a minimum of three glued board layers of coniferous wood glued to each other at right angles (Figure 1.1). Details of the cross-sectional layup are specified in section 2.5.

Besides the multisupplier German product designation, Brettsperrholz (BSP) and the English designation, Cross Laminated Timber (BSP or also X-Lam), manufacturer designations, such as thick wood or cross laminated timber are also commonly used.

Cross laminated timber constructions are among the solid wood construction methods.

Cross laminated timber can be produced in very large dimensions and is therefore suitable for the manufacture of load bearing, and at the same time, room dividing construction components such as wall, roof and ceiling boards.

The first experiences with large-scale elements from cross glued board lamination were collected in the 1990's within the parameters of acceptance in individual cases. Since 1998 cross laminated timber is regulated via various national and, increasingly also European technical approvals of German, Austrian and Swiss manufacturers. The continually growing number of production facilities and technical approvals account for the distinct acceptance and attractiveness of this ecological wood construction method.

Figure 1.1 (left)
Cross laminated timber (BSP, X-Lam)

Figure 1.2 (right)
Wall diaphragms of a single family house

1.1.2 _ Advantages of cross laminated timber construction

Cross laminated timber elements exhibit many positive characteristics:

– The weather impartial production of large-scale, already joined in the factory, wall, roof and ceiling members allows for a very high grade of prefabrication. Thus building shells can be erected in the shortest possible time.

– The construction components are dry and therefore do not bring any moisture into the structure.

– The layered construction allows for the assembly of decorative or also sound and fire protection technically adapted protective layers.

– Through the crosswise arrangement of the board layers and the blocking effect connected with this, humidity changes in the panel layers only lead to minor swelling and skrinkage. The cross laminated timber construction members therefore remain, also with the usual humidity changes, very accurately fitted and dimensionally stable.

– There is basically no specified grid. Limitations of the construction component dimensions are merely the result of the manufacturer specific maximum and conveyance dimensions.

– As a result of the lateral load transfer construction components with a lower component height and low net weight can be provided.

– Cross laminated timber , in comparison to other construction materials, has a very low thermal conductivity.

– The common softwoods have a high specific humidity and heat storage capacity. Solid cross laminated timber elements therefore regulate the climate of living spaces and through a distinctive phase displacement and amplitude insulation of the surface temperatures, produce a high protection against summerly heating.

– The planar construction with closed surface layers achieves considerable benefits for heat, moisture, fire and sound protection since air movements within the structure are prevented.

– Solid cross laminated timber construction components are not subject to any limitations regarding the fastening of loads (for example, heavy kitchen cabinets).

– Cross laminated timber is manufactured using softwood from sustainably managed forests. Compared to other solid construction methods the manufacture and processing of cross laminated timber components requires very little energy. It contributes to sustainable carbon storage and thus to the minimization of the greenhouse effect through the fusion of CO_2.

– At the end of its use cross laminated timber can be, materially or thermically, recycled. In the event of thermical recycling of reinstated cross laminated timber elements, only the CO_2 which was stored during the growth period of the timber is discharged into the atmosphere.

Figure 1.3
Large-scale wall diaphragms from cross laminated timber

1.2 _ Cross laminated timber building products

1.2.1 _ Technical basic principles

Technical rules for the usage of cross laminated timber are given as national technical approvals by the Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) or European technical approvals (ETA). The approvals contain the minimum requirements of production, the requirements of the product as well as quality control and rules for marking and labelling. In addition they contain regulations for design and building physics. For design, regulations exist for both the design according to national standard (DIN 1052) and also according to the European standard (Eurocode 5).

1.2.2 _ Manufacturing

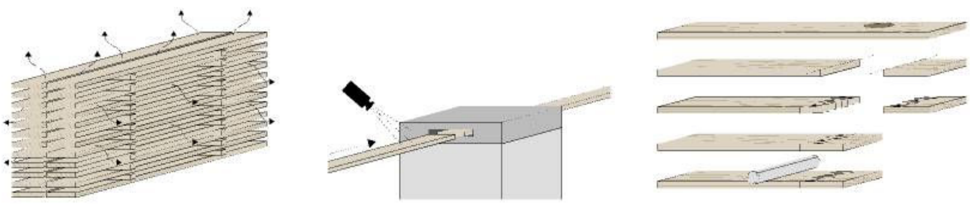
The manufacturing of cross laminated timber includes several work stages. The manufacturing process is depicted in figure 1.4.

1.2.3 _ Material and surface quality

Cross laminated timber predominantly uses spruce laminations as a raw material. The use of fir, pine, larch and Douglas fir is also common. According to the approval for use in load bearing board layers, other softwoods are acceptable. Wood types that are not mentioned in the approvals can be used as decorative non-load bearing top layers.

The surfaces are sanded or planed. The manufacturer frequently offers special surface qualities. Thus particular acoustic profilings are also available.

Figure 1.4
Manufacturing of cross laminated timber



The boards intended for the manufacturing of cross laminated timber are first kiln dried in drying chambers to a humidity of 12% ± 2% or less.

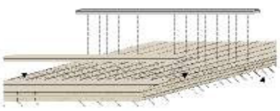
After the drying follows the visual or machine strength grading of the boards. The top layers can be assessed additionally after aesthetical grading criteria.

Board sections having a lower strength or a poor appearance are, if necessary, lopped out and the boards and/or board section is shaped via finger joints to laminations of the desired length. Then follows the planing or sanding of the laminations to the desired thickness.

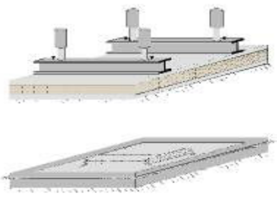
Occasionally, because of optical reasons or also for increasing the strength, wood board panels are arranged as top or middle layers.

Fire protection technology required top layers, for example plaster construction boards, are also applicable, factory provided.

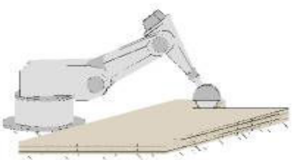
Figure 1.5
Decorative ceiling underside



After the lengthwise inlaying of the laminations in a pressure rack, glue is applied. Adjacent layers are, as a rule, arranged at 90° to each other. Details for possible cross-section constructional systems are located in section 2.5.



The necessary bonding pressure for the adhesion is produced hydraulically or in a vacuum process.



Factory assembly of the members is carried out mostly in the manufacturing plant.

1.2.4 _ Bonding

The bonding of the commercially available cross laminated timber elements takes place, at present, via two glue types (PUR, MUF). These glue systems facilitate fast curing times and transparent glue lines.

1.2.5 _ Layup and dimensions

Mostly the layup consists of at least three crosswise arranged board layers and is symmetrical (Figure 1.6a).

With particularly high strength requirements in the main load bearing direction many manufacturers offer layup with which several parallel layers are arranged, in the main load bearing direction, over each other (Figure 1.6b).

Depending on approval the boards can be laid in individual layers with systematic spacing from each other (Figure 1.6c).

The cross laminated timber consists of boards which correspond to at least the grading class S7/C18, however, as a rule, to S10/C24. The boards can be finger-jointed in the longitudinal direction. Depending on the manufacturer, they have board thicknesses of between 17 mm and 45 mm.

Individual layers are formed from wood based panels such as, for example, OSB or LVL.

The total thickness of the element may amount to 500 mm depending on the approval of the manufacturer, in general the thicknesses are of up to 300 mm. The board dimensions vary depending on the manufacturing procedure. In general element widths are up to 2.95 m (upon request and depending on the manufacturer up to 4.80 m are possible) and element lengths up to 16.00 m (upon request and depending on the manufacturer up to 20.00 m are possible).

Individual system providers supply elements with grid widths of 625 mm up to 700 mm.

Since the manufacturer produces different standard thicknesses and widths the precise dimensions are to be derived, in the planning phase, from the manufacturer's product information.

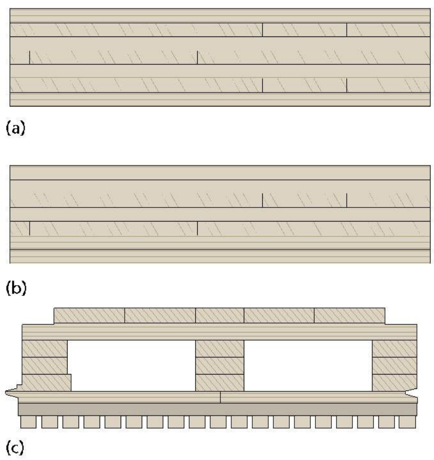


Figure 1.6
Selection of possible layups

(a) crosswise layers
(b) parallel gluing of adjacent layers
(c) systematic spacing of individual laminations in layers

1.2.6 _ Marking – Quality control

With manufacturing according to a German technical approval (abZ) the manufacturing company must have a general certificate of competence for gluing work, the so called gluing approval (proof of suitability for the gluing of load bearing wood construction components according to DIN 1052, appendix A). The cross laminated timber is additionally subject to a factory production control and also biannual external quality control by independent authorities.

The fulfilling of the national approval requirements is documented via the compliance mark (Ü-Zeichen). The Ü-Zeichen is displayed on the member and also on the packing slips.

Figure 1.7
Ü-Zeichen according to German technical approval and CE mark according to European technical approval

The European approval ETA leads to a CE mark. The CE mark shows that the cross laminated timber was manufactured according to a ETA and therefore is freely marketable in Europe. As proof of legal construction usability the CE labelling is only applicable in conjunction with the German list of Building Rules of the DIBt.

1.3 _ Application potentials

1.3.1 _ General

Cross laminated timber is used for load bearing walls, ceilings and roof constructions for the construction of single and two family housing, in multi storey residential buildings, for school and other residence related utilisation as well as for hall constructions. However, you can also find applications in religious buildings, in commercial buildings or in special constructions such as bridges.

As a rule according to DIN 1052 the utilisation class 1 or 2 as well as a predominantly statical loading are available. However, experience has also already been gathered in bridge construction for variable loads.

Generally cross laminated timber construction components are suitable for application in the following described support functions:

1.3.2 _ Panels

Loads perpendicular to the element plane produce bending stresses which can mainly be distributed through board layers running parallel to the span direction in the case of ceiling systems. Cross laminated timber beams are thereby considered as single-axis spanned panel strips. A considerable advantage of cross laminated timber systems is, however, in the dual-axis load distribution which enables ceiling systems supported on all sides, cantilevers in corner areas or point supports.

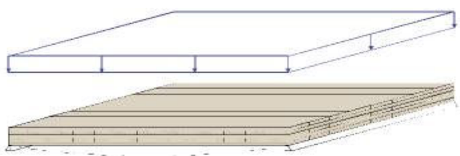


Figure 1.8
Application as panel

1.3.3 _ Plate – Wall plate

Vertical loads on wall elements create normal stresses in the layers parallel to the applied load. Bending stresses, which result from possible eccentric ceiling connections or occurring deformations, are also applied. Because of the crosswise arrangement of individual board layers, the wall plates also accept higher horizontal loads and can therefore be simultaneously used for building bracing. The higher stiffnesses and load-bearing capacity of glued cross laminated timber elements enables economic use in multi-storey residential and industrial structures.

1.3.4 _ Plate– Bending girder or ceiling plate

By crosswise arranging of the board layers cross laminated timber can also be applied as panel elements which transfers the parallel to the element layer effective loads through bending. This is typically the case for window lintels or stiffened roof and ceiling plates. This supporting action is used primarily in construction of additional storeys on existing buildings in as much as the loads of the additional storeys can be directed across considerable span widths to the load distributing external walls on the existing building.

Figure 1.9
Wall plate

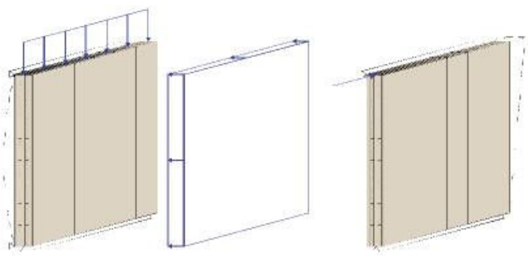
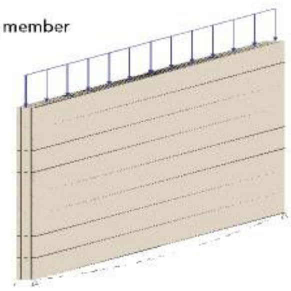


Figure 1.10
Plate as bending member



In addition through spatial arranging of cross laminated timber panels, folded plates can be formed simply.

1.3.5 _ Shell elements

Depending on the manufacturing procedure bended and curved elements can also be manufactured. Such shell elements, which are predominantly subject to normal forces or bending, are mainly used for special structures for special roof supporting systems.

1.4 _Design

Cross laminated timber stands out due to its high load bearing capacity and its dual-axis load-bearing performance when required. Design is the allowing for the specifications of the approval according to the national design standard DIN 1052 or the European design standard Eurocode 5-1-1. In Germany Eurocode 5-1-1 is currently only applicable as the prestandard DIN V ENV 1995-1-1.

The mechanical resistance can only be determined taking into consideration the flexibility of the cross layers, the statical system and the load configuration. The design can be done by means of, for example, shear force analogy as support grid. All manufacturers offer preliminary design assistance for customary load situations and support systems.

1.5 _ Building physics

1.5.1 _ General

For precise planning the relevant building physics data is to be derived from the respective manufacturer's product documentation because of the manufacturer specific constructional systems.

1.5.2 _ Thermal and moisture protection

Cross laminated timber has, depending on the moisture content and the gluing method, a water vapour diffusion resistance value between μ = 30-80. The elements are diffusion inhibiting with the usual element thickness. Depending on the diffusion resistance of the exterior layers a vapour barrier inside the room can be dispensed with.

At the same time the large, surface active and moisture retaining, interior surfaces in relation to the hygric tolerance of the entire structural element offers considerable advantages as compared to other materials.

Depending on the design, flow dense surfaces and the corresponding necessary airtightness for the construction component have already been achieved for laminar cross laminated timber elements. In addition the manufacturer specific arranging of board materials or side glued board layers in the top layer, takes place. Alternatively airtight sheeting can be applied. In the area of the mostly butt joined element seams, simple mountable and at the same time flexible, ductile compression bands and gasket hose from closed cellular material ensures a continuous airtightness between the construction components. Thus flow dense building shells are formed that display the minimum convective thermal heat loss.

For thermal insulation technical aspects a thermal conductivity of $\lambda = 0.13$ W/(m·K) can be assumed for the uninsulated element. Cross laminated timber elements can be combined on the exterior, free of a thermal bridge, with the most variable insulation materials (wood, mineral fibre insulation materials, thermal insulation bonded systems or rear ventilated facades). Additional interior, insulated installation planes lead to further improvements of the insulation standard. Elements constructed to the passive house standard are not uncommon.

As a result of the specific thermal capacity of wood, c = 2100 J/(kg·K), the cross laminated timber construction method in space limited areas offers a clear advantage in comparison to the light building constructions. With comparable U-values a, close to, three-fold thermal mass is achieved which leads to a greater phase displacement and amplitude suppression and therefore simultaneously increasing the comfort especially in the summer months.

1.5.3 _ Fire protection

Cross laminated timber construction components are classified according to their technical approvals to material class B2 according to DIN 4102-1 and/or the Reaction to fire class D-s2,d0 according to EN 13501-1. These classifications correspond to those of solid wood and glued laminated timber. Through the corresponding surface coating or top layers, flame-resistant member surfaces can be achieved.

With requirements to the fire resistance of coated or uncoated cross laminated timber elements, a design shall be made on the basis of the technical approval. The basis for this is experimental fire testing or design on the basis of DIN 4102-22 and/or DIN EN 1995-1-2 by means of the charring rates of the construction component cross section. The manufacturer has available a number of tested specific constructional systems for a fire duration of up to 90 minutes.

1.5.4 _ Sound insulation

Through the crossways bonded layer construction evolves, from an acoustical point of view, light and at the same time bending resistant elements. In order to also achieve good airborne sound insulation values for thin cross laminated timber wall constructions predominately two or multi layered structures are used. In connection with this, primarily, flexible layers which at the same time can serve as installation area come into use.

In ceiling construction components to achieve the required footfall sound insulation according to DIN 4109, through constructive measures, the direct structure borne sound transmission via the massive construction components through isolation of the sound input on the ceiling's upper surface from the radiating surface on the underside is minimised.

Through combinations of upper floor screeds and footfall sound insulation mats with a lower dynamic rigidity as well as weight suppression integrated into the elements or underside, and then possibly also flexible, ceiling coverings, a very good footfall insulation is achieved that also exceeds the increased requirements of the standard.

1.5.5 _ Durability

Cross laminated timber elements may only be applied in the service classes (SC) 1 or 2.
With the wood moisture u < 20% to be expected in the SC 1 and 2 an infestation from wood destroying fungi can be excluded.

Recent findings concerning basic insect insensitivity of kiln dried glue laminated timber in the SC 1 and 2 are, because of the similar manufacturing processes, also applicable to cross laminated timber. It is therefore to be assumed that in the future prepared, revised DIN 68800-1 "Wood preservation" for cross laminated timber, an insect threat in the SC 1 and 2 will be excluded.

1.6 _ Joints and connections

Because of the large scale element dimensions very few connections appear. Nevertheless their professional implementation is important for the static and building physics functionality of the building. Whilst, from the design point of view, a force-fit connection is required for the forwarding of stresses between the individual construction components, at the same time it is necessary to ensure that the impermeability of the connections for sound insulation, fire protection and airtightness of the building shell is guaranteed.

The design requirements are usually achieved through conventional pin shaped fasteners. Referred to here are, primarily, self drilling full or partial threaded screws which, because of their easy handling, guarantee a simple installation and thereby create efficient connections. Since the load bearing behaviour of the mentioned fasteners in combination with cross laminated timber differs in comparison to solid wood construction components because of joints and the variable orientation of the adjacent board layers, the necessary input parameters for dimensioning such as the embedding strength or the resistance to withdrawal force are given in the general building authority approval. Thus, in combination with the corresponding dimensioning standard, the load bearing capacity can be proven.

To achieve the required impermeability of the connections usually different types of sealing bands are used. With surfaces that are not visible the construction component joints and connection joints can be bonded conventionally with adhesive tape. Further notes concerning the implementation of connection details are to be found in the manufacturer's documentation.

Table 1

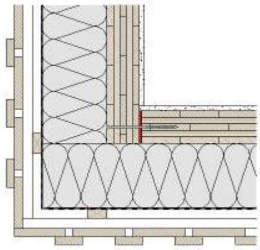
Example of connections

(no scale diagrams)

Constructive formation of connections

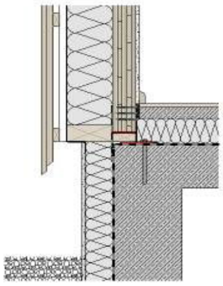
Corner joining, exterior wall

— Sealing tape



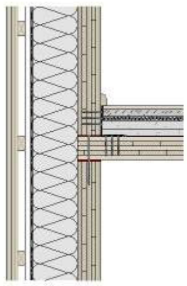
Foundation formation with anchoring

— Sealing tape



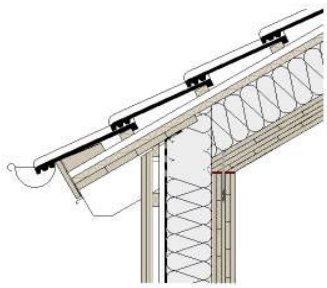
Ceiling connection, platform framing

— Sealing tape



Roof connection / eave detail

— Sealing tape



1.7 _ Ecology and healthy living

Cross laminated timber consists exclusively of softwood originating from European, sustainably managed forests. A major proportion of renewable energy is used for drying the timber. The amount of energy required for processing is very low due to the good workability. Therefore cross laminated timber has an excellent ecobalance.

Natural and healthy structural materials are an important requirement for modern projects. Cross laminated timber is dried to very low timber moisture values and has the capacity to absorb and buffer moisture from the surrounding room air. It therefore plays its part in a healthy room climate.

1.8 _ Tendering

Since the mechanical characteristics of cross laminated timber is also dependent on the manufacturing procedure and construction the regulated dimension values in the manufacturer's approvals vary. In the tendering is always therefore reference to the approval, taken as a basis, in the assessment. The manufacturers offer specific sample tendering text.

2 _ Construction documentation

2.1 _ Residential buildings

The industrial production of cross laminated timber facilitates a particularly high prefabrication grade that can reach up to factory assembly with routed in window and door openings, preinstalled wiring and finished visible surfaces. It allows for the implementation of, not only large-sized outer and inner walls or roof and ceiling elements but also flights of stairs and balcony boards or load relieving construction components such as lintels, girders and supports.
Supplemented with additional insulating layers, energy efficient and, at the same time, slim constructions are formed with cross laminated timber. Add to this an excellent sound insulation as well as an optimal room climate by means of moisture regulating walls. Cross laminated timber is particularly well suited in multi-storey residential and administration constructions because it is extremely load bearing capable and also has good physical construction and fire technological values.

Single family house in Eichgraben (A)

Building owners:
Johanna und Christian Hasenauer, Eichgraben (A)
Architects:
Superreal, Dold und Hasenauer, Wien (A)

Figure 2.1 – 2.5
The interior rooms of the austere cubical dwelling are formed by the visible surfaces of the cross laminated timber.

Bijlage 2

ETA Derix X-lam

Deutsches Institut für Bautechnik
Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten
Bautechnisches Prüfamt
Eine vom Bund und den Ländern gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

Kolonnenstraße 30 B
D-10829 Berlin
Tel.: +49 30 78730-0
Fax: +49 30 78730-320
E-Mail: dibt@dibt.de
www.dibt.de

Ermächtigt und notifiziert gemäß Artikel 10 der Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG)

Deutsches Institut für Bautechnik DIBt

Mitglied der EOTA
Member of EOTA

Europäische Technische Zulassung ETA-11/0189

Handelsbezeichnung *Trade name*	Derix X-LAM
Zulassungsinhaber *Holder of approval*	W. u. J. Derix GmbH & Co. Dam 63 41372 Niederkrüchten DEUTSCHLAND
Zulassungsgegenstand und Verwendungszweck *Generic type and use of construction product*	Massives plattenförmiges Holzbauelement zur Verwendung als tragendes Bauteil in Bauwerken *Solid wood slab element to be used as a structural element in buildings*
Geltungsdauer: *Validity:* vom *from*	3. Januar 2013
bis *to*	10. Juni 2016
Herstellwerke *Manufacturing plants*	W. u. J. Derix GmbH & Co. Dam 63 41372 Niederkrüchten DEUTSCHLAND Poppensieker & Derix GmbH & Co. KG Industriestraße 24 49492 Westerkappeln DEUTSCHLAND

Diese Zulassung umfasst *This Approval contains*	24 Seiten einschließlich 6 Anhänge *24 pages including 6 Annexes*
Diese Zulassung ersetzt *This Approval replaces*	ETA-11/0189 mit Geltungsdauer vom 10.06.2011 bis 10.06.2016 *ETA-11/0189 with validity from 10/06/2011 to 10/06/2016*

EOTA
Europäische Organisation für Technische Zulassungen
European Organisation for Technical Approvals

Z51965.12 8.03.04-42/12

Bijlage 3

De hele opbouw wordt constructief uitgevoerd met kruislaaghout. Zoals in de inleiding gezegd, worden de exacte diktes van de elementen nader bepaald, afhankelijk van de gekozen leverancier. Een indicatieve berekening van de effective stijfheid en de weerstandseigenschappen wordt hieronder gemaakt

Houteigenschappen

In het algemeen zijn de eigenschappen van massiefhout elementen vergelijkbaar met gelamineerd-hout GL24h

Materiaal = Gelamineerd-hout
Sterkteklasse = GL24h (EN 14080)

$f_{m,rep}$ = 24,0 N/mm²
$f_{t,0,rep}$ = 16,5 N/mm²
$f_{c,0,rep}$ = 24,0 N/mm²
$f_{v,0,rep}$ = 2,7 N/mm²
$f_{r,rep}$ = 1,50 N/mm²
$E_{0,05}$ = 9400 N/mm²
$E_{0,ser,rep}$ = 11600 N/mm²

De volgende eigenschappen en factoren zijn voor dit type van massiefhout van toepassing:
ρ_{rep} = 350 kg/m³
ρ_{mean} = 450 kg/m³
$G_{R,rep}$ = 50 N/mm²
γ_M = 1,30

Klimaatklasse = 1
Belastingsduurklaase BK = Kort

k_{mod} = 0,90

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,rep}}{\gamma_M} = 0,90 * \frac{24,0}{1,30} = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,rep}}{\gamma_M} = 0,90 * \frac{16,5}{1,30} = 11,4 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,0,rep}}{\gamma_M} = 0,90 * \frac{2,7}{1,30} = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

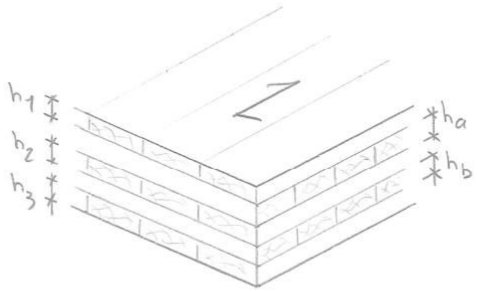
$$f_{r,d} = k_{mod} * \frac{f_{r,rep}}{\gamma_M} = 0,90 * \frac{1,50}{1,30} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

Capaciteit X-lam L-120/5s

Voor deze indicatieve berekening nemen we aan een 5 laagse plaat met een bruto dikte d=180mm. De opbouw van lagen is daarvan: **30**-20-**20**-20-**30** (**sterkte richting** - zwakke richting) Het effectieve traagheidsmoment I_{eff} is afhankelijk van de dikte van de lagen, de overspanningslengte, de rollschuif- en elasticiteitsmodulus.

Sterke richting:

Overspanning l = 5000 mm
Breedte b = 1000 mm



h_1 = 30 mm
h_2 = 20 mm
h_3 = 30 mm

h_a = 20 mm
h_b = 20 mm

Brutto hoogte vd. plaat $h_{br} = \sum_{i=1}^{3} h_i + h_a + h_b$ = 120 mm

$a_1 = 0{,}5*(h_{br} - h_1) = 0{,}5*(120-30)$ = 45,0 mm
$a_2 = 0{,}00$ = 0,0 mm
$a_3 = a_1 = 45{,}0$ = 45,0 mm

$$\gamma_1 = \left(1 + \frac{\pi^2 * E_{0,ser,rep} * h_1}{l^2} * \frac{h_a}{G_{R,rep}}\right)^{-1} = \left(1 + \frac{3{,}14159^2 * 11600 * 30}{5000^2} * \frac{20}{50}\right)^{-1} = 0{,}948$$

γ_2 = 1,000
$\gamma_3 = \gamma_1$ = 0,948

$$I_{y,eff} = b * \sum_{i=1}^{3} \frac{h_i^3}{12} + \gamma_i * h_i * a_i^2 = 12035*10^4 \text{ mm}^4$$

Effectieve hoogte in sterkte richting $h_y = \sqrt[3]{\frac{12*I_{y,eff}}{b}} = \sqrt[3]{\frac{12*120350000}{1000}}$ = 113 mm

Buigweerstand in beoordeling van buigspanning:

$$M_{y,Rd} = \frac{f_{m,d} * I_{y,eff} * 10^{-6}}{\gamma_1 * a_1 + 0{,}5 * h_1} = \frac{16{,}6 * 120350000 * 10^{-6}}{0{,}948 * 45{,}0 + 0{,}5 * 30} = 34{,}6 \text{ kN.m}$$

Buigweerstand in beoordeling van trekspanning in de onderste lamella's:

$$M_{t,y,Rd} = \frac{f_{t,d} * I_{y,eff} * 10^{-6}}{\gamma_3 * a_3} = \frac{11{,}4 * 120350000 * 10^{-6}}{0{,}948 * 45{,}0} = 32{,}2 \text{ kN.m}$$

Schuifweerstand in beoordeling van schuifspanning:

$$V_{y,v,Rd} = \frac{f_{v,d} * I_{y,eff} * 10^{-3}}{h_1 * a_1 + 0{,}125 * h_2^2} = \frac{1{,}87 * 120350000 * 10^{-3}}{30 * 45{,}0 + 0{,}125 * 20^2} = 161 \text{ kN}$$

Schuifweerstand in beoordeling van rollschuifspanning:

$$V_{y,r,Rd} = \frac{f_{r,d} * I_{y,eff} * 10^{-3}}{h_1 * a_1} = \frac{1{,}04 * 120350000 * 10^{-3}}{30 * 45{,}0} = 92{,}7 \text{ kN}$$

⇒ Maatgevende buigweerstand (per meter breedte) $M_{y,Rd}$ = MIN($M_{y,Rd}$;$M_{t,y,Rd}$) = 32,2 kN.m
⇒ Maatgevende schuifweerstand (per meter breedte) $V_{y,Rd}$ = MIN($V_{y,v,Rd}$;$V_{y,r,Rd}$) = 92,7 kN

Zwakke richting:

Overspanning l = 1500 mm
Breedte b = 1000 mm

h_1 = 20 mm
h_2 = 20 mm

h_a = 20 mm

Brutto hoogte $h_{br} = \sum_{i=1}^{2} h_i + h_a = 60$ mm

$a_1 = 0{,}5*(h_{br} - h_1) = 0{,}5*(60-20) = 20{,}0$ mm
$a_2 = a_1 = 20{,}0 = 20{,}0$ mm

$$\gamma_1 = \left(1 + \frac{\pi^2 * E_{0,ser,rep} * h_1}{l^2} * \frac{h_a}{G_{R,rep}}\right)^{-1} = \left(1 + \frac{3{,}14159^2 * 11600 * 20}{1500^2} * \frac{20}{50}\right)^{-1} = 0{,}711$$

$\gamma_2 = \gamma_1 = 0{,}711$

$$I_{z,eff} = b * \sum_{i=1}^{2} \frac{h_i^3}{12} + \gamma_i * h_i * a_i^2 = 1271*10^4 \text{ mm}^4$$

Effectieve hoogte in zwakke richting $h_z = \sqrt[3]{\frac{12*I_{z,eff}}{b}} = \sqrt[3]{\frac{12*12710000}{1000}} = 53$ mm

Buigweerstand in beoordeling van buigspanning:

$$M_{z,Rd} = \frac{f_{m,d} * I_{z,eff} * 10^{-6}}{\gamma_1 * a_1 + 0{,}5 * h_1} = \frac{16{,}6 * 12710000 * 10^{-6}}{0{,}711 * 20{,}0 + 0{,}5 * 20} = 8{,}71 \text{ kN.m}$$

Buigweerstand in beoordeling van trekspanning in de onderste lamella's:

$$M_{t,z,Rd} = \frac{f_{t,d} * I_{z,eff} * 10^{-6}}{\gamma_2 * a_2} = \frac{11{,}4 * 12710000 * 10^{-6}}{0{,}711 * 20{,}0} = 10{,}19 \text{ kN.m}$$

Schuifweerstand in beoordeling van schuifspanning:

$$V_{z,v,Rd} = \frac{f_{v,d} * I_{z,eff} * 10^{-3}}{h_1 * a_1} = \frac{1{,}87 * 12710000 * 10^{-3}}{20 * 20{,}0} = 59{,}4 \text{ kN}$$

Schuifweerstand in beoordeling van rollschuifspanning:

$$V_{z,r,Rd} = \frac{f_{r,d} * I_{z,eff} * 10^{-3}}{h_1 * a_1} = \frac{1{,}04 * 12710000 * 10^{-3}}{20 * 20{,}0} = 33{,}0 \text{ kN}$$

$\Rightarrow$ Maatgevende buigweerstand (per meter breedte) $M_{z,Rd}$ = MIN($M_{z,Rd}$;$M_{t,z,Rd}$) = 8,71 kN.m

$\Rightarrow$ Maatgevende schuifweerstand (per meter breedte) $V_{z,Rd}$ = MIN($V_{z,v,Rd}$;$V_{z,r,Rd}$) = 33,0 kN

Bijlage 4

Sonderingen uit de omgeving Oudlandsestraat 12 te Steenbergen