

BOUWSYSTEEM HOLZ 100

Toepasbaarheid voor
de Nederlandse
seriematige woningbouw

Afstudeerscriptie:
Erik Ragas

HU HOGESCHOOL
UTRECHT

inbo



BOUWSYSTEEM HOLZ 100

Toepasbaarheid voor
de Nederlandse
seriematige woningbouw

Datum:

31 augustus 2010

Auteur:

Erik Ragas
Rembrandtlaan 7
3904 ZH Veenendaal
T: 06 - 515 48 312
E: erik_ragas@hotmail.com
Stdnr. 1539480

Afstudeerbedrijf:

Inbo Bouwkunde Amersfoort
Modemweg 26
3821 BS Amersfoort
T: 033 - 451 74 02
I: www.inbo.com

Onderwijsinstelling:

Hogeschool Utrecht
Faciliteit Natuur & Techniek
Nijenoord 1
3552 AS Utrecht
T: 030 - 230 81 08
I: www.hu.nl

Vakcode:

TIGO-AFO-10

**Verbonden aan
het afstudeeratelier:**

Duurzaam en Flexibel

Inhoud

Inhoud	3
Samenvatting.....	4
Voorwoord	5
Inleiding.....	6
Probleemstelling.....	6
Onderzoeksvragen.....	6
Doelstellingen.....	6
Hoofdstuk 1 Milieuproblematiek.....	7
1.1 Huidige consumptiemaatschappij.....	7
1.2 Het concept Cradle to Cradle	8
1.3 Bouwsysteem Holz 100	11
Hoofdstuk 2 Uitvoerbaarheid van het Holz 100 systeem	12
2.1 De referentiewoning	12
2.2 Bouwkundige uitgangspunten.....	12
2.3 Bouwkundig uitwerking.....	13
2.4 Bouwregelgeving.....	14
Hoofdstuk 3 De vergelijking	22
3.1 De verschillende bouwmethodes.....	22
3.2 Bouwproces.....	23
3.3 Gezondheid en veiligheid	27
3.4 Materiaal en milieu	31
3.5 Beoordelingstabel	32
Hoofdstuk 4 Bouwkosten.....	33
4.1 Calculaties.....	33
4.2 Kostenbesparende elementen	34
Algemene onderzoeksconclusie	35
Dankbetuiging	36
Bronnenlijst	37
Bijlage 1 Uitvoeringstekeningen	
Bijlage 2 Calculaties	

Samenvatting

De bouwnijverheid is een sector die continu moet inspelen op wensen vanuit de markt. Nieuwe ontwikkelingen volgen elkaar dan ook in hoog tempo op. Om opdrachtgevers een onafhankelijk advies te kunnen geven wordt er door Inbo, mijn werkgever, veel onderzoek gedaan naar nieuwe ontwikkelingen.

Momenteel is duurzaamheid een kernbegrip in de bouwnijverheid. Het Holz 100 bouwsysteem sluit hier goed bij aan. Deze nieuwe ontwikkeling behaalt zijn duurzame karakter door volledig gebruik te maken van natuurlijke producten. Dit strookt met het Cradle to Cradle concept. Inbo vindt het een interessante ontwikkeling en heeft mij gevraagd hier nader onderzoek naar te doen.

Ten eerste is onderzocht waarom een opdrachtgever duurzamer zou moeten ontwikkelen. Wat zijn eigenlijk de schadelijke gevolgen van onze huidige werkmethode, op het milieu en haar grondstoffen? Na hierin meer inzicht te hebben gegeven is het Cradle to Cradle concept toegelicht.

In dit concept geven William McDonough en Michael Braungart hun visie op de huidige milieuproblematiek. Hoe deze is ontstaan en hoe het in de toekomst beter kan. Het sluiten van de materiaalkringlopen in de biologische en technologische sfeer staan hierin centraal.

Vervolgens zal aan de hand van een referentiewoning de uitvoerbaarheid van het systeem worden bepaald. Door het maken van uitvoeringstekeningen zijn de bouwkundige knooppunten inzichtelijk gemaakt. Deze zijn op detail niveau verder uitgewerkt. Om het systeem in Nederland te kunnen toepassen moet het voldoen aan het Bouwbesluit 2003. In hoofdstuk 2.3 is hier nader onderzoek naar gedaan.

Na de uitvoerbaarheid te hebben aangetoond is een vergelijking opgesteld. Hierin wordt het Holz 100 systeem vergeleken met twee andere bouwmethodes, te weten de traditionele methode en de houtskeletbouw (HSB) methode. Door deze systemen op verschillende onderwerpen met elkaar te vergelijken zijn de voor- en nadelen inzichtelijk gemaakt.

Om de bouwkosten van het Holz 100 systeem inzichtelijk te maken is er een calculatie opgesteld. Deze is vergeleken met de traditionele bouwmethode. Aangezien het Holz 100 hoge bouwkosten heeft zijn er enkele bezuinigingsvoorstellen gegeven. Met deze bezuinigingsvoorstellen kan de concurrentie positie ten opzichten van de standaard bouwmethodes worden verbeterd.

Aan de hand van het onderzoek is er een eindconclusie opgesteld. Hierin zijn de onderzoeksresultaten behandeld en is er een advies uitgebracht over het Holz 100 systeem.

Voorwoord

Voorgeschiedenis

Duurzaamheid is al enige tijd een kernbegrip binnen de bouwnijverheid. Wekelijks staan de bouwbladen vol met duurzame projecten. Zo willen bedrijven graag een duurzaam karakter uitstralen, moeten nieuwbouwwoningen op een duurzame wijze geproduceerd worden en moeten we op een duurzame manier omgaan met onze fossiele brandstoffen. Maar wat houdt het begrip duurzaamheid nu eigenlijk in? Toen ik deze vraag aan 5 mensen stelde kreeg ik 5 verschillende antwoorden. Mede hierdoor was mijn interesse gewekt. Ik ben me toen gaan verdiepen in het begrip “duurzaamheid”.

Na het zien van de VPRO documentaire “Afval is voedsel” kreeg het begrip voor mij al meer betekenis. In deze documentaire werd de visie van William McDonough en Michael Braungart besproken. Hun Cradle to Cradle concept geeft, met tal van voorbeelden, inzicht in de misstanden van de huidige economie. Zij geven aan er door het ontwikkelen met een eenzijdige visie op winst, veel “onintelligente” producten worden gemaakt. Door met een bredere visie te ontwerpen kunnen er producten gemaakt worden die geen schadelijke invloed hebben op de mens en het milieu. Deze filosofie sprak mij aan.

Het overgrote deel van de nieuwbouw woningen wordt nog steeds uitgevoerd volgens de traditionele bouwmethode. Deze methode wordt al decennia lang toegepast en heeft in de loop der tijd de nodige ontwikkelingen door gemaakt. Maar is deze bouwmethode, met de kennis van nu, nog wel een “intelligent” systeem? Of moeten we het bouwsysteem opnieuw ontwikkelen met als uitgangspunt dat het geen schadelijke gevolgen mag hebben voor mens en milieu?

Op mijn werk ben ik gaan kijken op welke manier Inbo, mijn werkgever, invulling gaf aan het begrip duurzaamheid. Inbo is een grote organisatie die het belangrijk vindt om nieuwe ontwikkelingen op de voet te volgen. Daarnaast biedt het de medewerkers de mogelijkheden om zichzelf te blijven ontwikkelen. Tevens heeft Inbo zijn eigen kenniskring waar specialisten van de verschillende vakgebieden samenkomen. Een van hen is Dhr. R. van Katwijk, de duurzaamheid specialist. Met hem heb ik vele gesprekken gevoerd om een beeld te krijgen hoe duurzaamheid binnen het bedrijf een plek heeft.

Dhr. van Katwijk heeft mij in contact gebracht met een importeur van het Holz 100 systeem. Dit systeem hanteert de Cradle to Cradle denkwijze. Tijdens die gesprekken is de vraag ontstaan of het mogelijk was om het Holz 100 systeem te gaan toepassen in Nederland.

Hieruit is de volgende onderzoeksvraag naar voren gekomen:

“Is het duurzame Holz 100 bouwsysteem, van oorsprong Oostenrijks, ook toepasbaar voor de nieuwbouw van Nederlandse eengezinswoningen en kan het concurreren met bestaande bouwsystemen?”

Inleiding

Voor u ligt een verslag waarin onderzoek is gedaan naar het Holz 100 bouwsysteem. Aan de hand van een probleemstelling is er op diverse onderdelen onderzoek gedaan naar het bouwsystemen. De resultaten hiervan zijn verwerkt in vier hoofdstukken te weten:

Hoofdstuk 1: Hierin wordt de huidige consumptiemaatschappij, het Cradle to Cradle concept en het Holz 100 systeem omschreven.

Hoofdstuk 2: Hierin wordt de haalbaarheid van het systeem getoetst aan de hand van een referentie woning.

Hoofdstuk 3: Hierin wordt er een vergelijking gemaakt tussen het Holz 100 systeem en twee standaard bouwmethodes.

Hoofdstuk 4: Hierin worden, aan de hand van de referentiewoning, de bouwkosten van het systeem bepaalt.

Het geheel zal wordt afgesloten met een conclusie waarin ik een advies uitbreng over de toepasbaarheid van het systeem.

Probleemstelling

In het onderzoek zal de volgende probleemstelling worden onderzocht :

“ Is het duurzame Holz 100 bouwsysteem, van oorsprong Oostenrijks, ook toepasbaar voor de nieuwbouw van Nederlandse eengezinswoningen en kan het concurreren met bestaande bouwsystemen?”

Onderzoeksvragen

- Wat is Cradle to Cradle?
- Kan een referentiewoning worden uitgewerkt volgens het Holz 100 systeem?
- Kan met het systeem worden voldaan aan de Nederlandse bouwregelgeving?
- Wat maakt het bouwsysteem anders dan de gebruikelijke bouwsystemen?
- Hoe scoort het systeem op diverse bouwkundige- en milieuaspecten ten opzichte van de gebruikelijke systemen?
- Wat zijn de bouwkosten van het systeem?

Doelstellingen

Dit onderzoek heeft als doel om Inbo te informeren over het Holz 100 systeem. Aan de hand van een referentiewoning zal de toepasbaarheid van het systeem worden beoordeeld. Hierbij zal zowel gekeken worden naar de theoretische en praktische uitvoering. Door het systeem te vergelijken met de standaard bouwmethodes zullen de voor- en nadelen worden bepaalt. Met het opstellen van een calculatie zal inzicht worden verschaft in de bouwkosten. Hierop zullen enkele bezuinigingsmaatregelen worden voorgesteld.

Hoofdstuk 1 Milieuproblematiek

1.1 Huidige consumptiemaatschappij

De oorsprong van de huidige consumptiemaatschappij gaat terug naar het begin van de industriële revolutie. Door nieuwe inzichten waren we toen in staat om op grote schaal te gaan produceren. Productiekosten en verkoopprijzen daalden waardoor luxe niet langer alleen was weggelegd voor de rijkere van de samenleving. Door een grotere afzetmarkt nam de vraag naar producten toe, waardoor er een sterke economische groei ontstond.

Begin van deze eeuw werken we nog steeds volgens deze cyclus. De economie draait op het consumptie gedrag van mensen. Door middel van reclames, mode en nieuwe ontwikkelingen wordt men gestimuleerd om het product te vervangen. Hierdoor wordt de totale levensduur veelal niet benut. 99% van de producten verliest binnen 6 maanden zijn oorspronkelijke functie en is afval geworden¹.

Het hoge consumptiegebruik en eenzijdige visie op het maken van winst heeft grote gevolgen voor het milieu. In de laatste 30 jaar hebben we één derde deel van al onze natuurlijke bronnen verbruikt². De schadelijke chemicaliën komen bij verbranding vrij in de atmosfeer. De hoge CO₂ uitstoot draagt bij aan de opwarming van de aarde. Middels verschillende documentaires waaronder "An Inconvenient Truth"³ en "Afval is voedsel"⁴ is men gaan inzien wat onze huidige levenswijze voor invloed heeft op het milieu. Duurzaamheid is sindsdien een kernbegrip geworden in de hedendaagse samenleving. Zo zijn er nu diverse bedrijven die hun productieprocessen zijn gaan verduurzamen.

Ook voor de bouw heeft dit grote gevolgen, aangezien deze een belangrijk aandeel heeft in de huidige milieuproblematiek.

Zo genereert de bouw:

- 25% van het wegtransport
- 35% van de nationale afvalberg
- 40% van de energieconsumptie en CO₂-emissie

(bron: www.slimbouwen.nl)

De overheid heeft een grote invloed op het verminderen van de schadelijke invloed. Zo worden er verscherpte eisen gesteld aan het energieverbruik van nieuwbouw woningen. Middels subsidies kunnen duurzame grondstoffen en schone energiebronnen worden gestimuleerd. Tevens zijn er klimaatdoelstellingen uitgesproken. Zo moet de uitstoot van broeikasgassen in 2020 met 30 procent gedaald zijn⁵.

Om op een verantwoorde manier met het milieu en haar grondstoffen om te gaan zal de milieubelasting van een product steeds belangrijker worden. Nieuwe producten dienen niet langer alleen voor hun hoofdfunctie ontworpen te worden, maar er dient ook nagedacht te worden over de mogelijkheden van het product na het verliezen van zijn functie. Hierdoor zal het product minder schadelijke gevolgen hebben voor het milieu. Deze gedachten strookt met het Cradle to Cradle (C2C) concept "Afval is voedsel" van William McDonough en Michael Braungart.

¹ Paul Hawken, Natural Capitalism, (1999) p. 81.

² Paul Hawken, Natural Capitalism, (1999) p. 4.

³ Oscar winnende documentaire over de opwarming van de aarde van Al Gore, 2006

⁴ Documentaire in Tegenlicht (2006) waarin het Cradle to Cradle concept "Afval is voedsel" wordt toegelicht

⁵ Beleidsprogramma 'Schoon en Zuinig: Nieuwe energie voor het klimaat'

1.2 Het concept Cradle to Cradle

William McDonough en Michael Braungart hebben in boekvorm de milieuproblematiek verwoord in het Cradle to Cradle (C2C) concept “Afval is voedsel”. Braungart is chemicus en verbonden geweest met Greenpeace. McDonough is architect en samen hebben ze de McDonough Braungart Design Chemistry opgericht.

In het concept omschrijven ze hun visie op de milieuproblematiek. Hoe deze is ontstaan en hoe het in de toekomst beter kan. Hierin is de hoofdzaak het sluiten van de materiaalkringlopen in de biosfeer en de technosfeer. Daarnaast is het van belang om bio- en sociologische diversiteit van de natuur te behouden. Gebruikte materialen mogen niet langer schadelijke gevolgen hebben voor mens en milieu.

De hedendaagse ontwerpmethodieken zijn volgens Braungart en McDonough “onintelligent” en resulteren in “onbedoeld onethische producten”. De eco-efficiënte benadering tracht vanuit schuldgevoelens de materialen en producten minder slecht te maken. Dit zal volgens Braungart en McDonough echter nooit tot een duurzame samenleving leiden om een aantal redenen:

- Het werkt binnen het systeem dat het probleem veroorzaakt en zal het dus nooit kunnen oplossen, het houdt het juist in stand.
- Het is gebaseerd op morele spelregels en sancties, het is dus niet aantrekkelijk of plezierig, waardoor de implementatie erg moeizaam, zo niet onmogelijk is.
- Het verergert de situatie. Door de subtiele en kleinschalige vervuiling, kan het vervuilen langer doorgaan en zich in de loop van de tijd opstapelen, doordat de gevolgen niet duidelijk merkbaar zijn. Dit kan zelfs doorgaan tot het punt waarop er geen herstel meer mogelijk is. Als een ecologisch systeem in één keer instort, is er meer kans op herstel.

Ontwerpen met de juiste dingen

Braungart en McDonough stellen voor om te gaan ontwerpen met de juiste dingen (systemen, materialen, producten, etc.) in plaats van de verkeerde dingen minder slecht te maken. Het standpunt van de mens moet worden verplaatst van “de natuur als fenomeen die beheerst moet worden” naar “een houding van betrokkenheid”. We moeten dus weer onderdeel gaan uitmaken van de natuur.

Hierbij hoort ook een nieuwe ontwerpopdracht:

- Meer energie produceren dan nodig
- Eigen afvalwater zuiveren
- Te lozen afvalwater is van drinkwater kwaliteit
- Producten moeten in biologische of technologische cycli terug te brengen zijn (oneindig)
- Materialen inzamelen voor menselijke en natuurlijke doeleinden
- Vervoer dat de kwaliteit van leven verbetert en goederen en diensten levert
- Overvloed in plaats van grenzen, vervuiling en afval

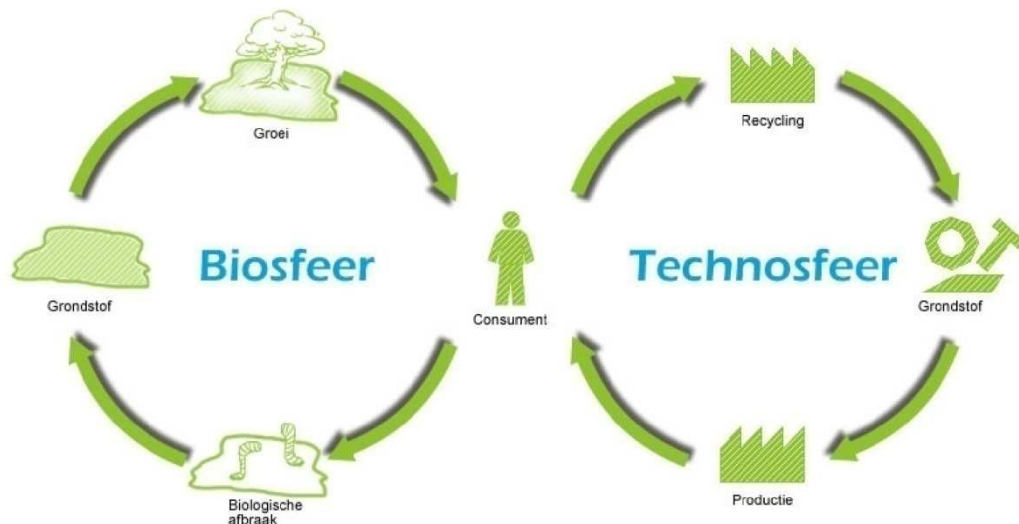
In plaats van een ecologische voetafdruk die schadelijk is, moeten we naar een ecologische voetafdruk gaan die voedend is.

Afval = voedsel

Binnen het Cradle to Cradle concept wordt een onderscheid gemaakt tussen de biosfeer, de verzameling van biologische kringlopen, en de technosfeer, de verzameling van technologische kringlopen (zie Figuur 1).

Producten dienen na verlies van hun functie teruggebracht te worden in de biologische of de technologische kringlopen. Hiermee zullen we het product niet langer als afval zien, maar als voedselbron voor de biosfeer of wel de technosfeer.

Het is dan ook belangrijk om producten zodanig te ontwerpen dat ze na gebruik of geheel in één van de kringloop terug gebracht kunnen worden, of over beiden verdeeld kunnen worden. Hierbij is het bij de technosfeer van belang dat de verschillende elementen goed te scheiden zijn, zodat hergebruik mogelijk blijft.



Figuur 1: Materiaalkringlopen in de biosfeer en technosfeer volgens het Cradle to Cradle concept

Producten worden diensten

De vorm van de producten zal, als ze met het sluiten van de kringlopen in het vooruitzicht worden ontworpen, niet alleen de te vervullen functie volgen, maar ook de eigenschappen van de materialen waaruit het is opgebouwd.

Om er voor te zorgen dat de materialen weer terugkomen bij de producent, en de meest geschikte personen voor recycling, zullen producenten het begrip dienstproduct moeten implementeren. Hierbij koopt de consument niet het product, maar de dienst die het levert. Bijvoorbeeld 10.000 uur TV kijken.

Het voordeel hiervan is dat het product, nadat de consument het niet meer gebruiken wil, naar de producent terug gaat. Die kan vervolgens de waardevolle materialen terugwinnen en daar nieuwe producten van maken. De producent blijft dus eigenaar van zijn grondstoffen.

Respect

Naast de focus op materialen besteden Braungart en McDonough ook aandacht aan respect voor diversiteit als onderdeel van de Cradle to Cradle gedachte. De vitaliteit van een ecosysteem hangt af van de mate van diversiteit. Hoe hoger de diversiteit, hoe veerkrachtiger het ecosysteem. Om diversiteit in onze samenleving te bevorderen moet er zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van lokale grondstoffen, energie en culturele gebruiken. Er moet rekening gehouden worden met lokale omstandigheden.

Naast respect voor diversiteit moeten ook economische (zoals werkgelegenheid), sociologische (zoals de betrokkenheid van de bevolking) en ecologische aspecten worden gerespecteerd.

Er is volop zonne-energie beschikbaar

In het boek⁶ wordt zonne-energie gezien als vervanger voor de huidige energiebronnen. Door in de Sahara grote gebieden van zonnecellen te voorzien, kan er voldoende energie worden opgewerkt om de wereld van energie te voorzien (zie figuur 4). Braungart en McDonough zien het energieprobleem dan ook niet als ecologische probleem, maar als politiek probleem. Met behulp van systemen kan het zonlicht worden omgezet in energie. Hiermee moeten gebouwen meer energie gaan opbrengen dan ze nodig hebben.

Bron: www.danieltulp.nl



Figuur 2: Desertec – duurzame energie netwerk

Certificering

Producten die aan de ontwerpeisen van het Cradle to Cradle concept voldoen, kunnen in aanmerking komen voor een certificaat. Afhankelijk van de mate waarin het voldoet kan een gouden, zilveren of bronzen certificaat worden toegewezen. Bij het certificeren wordt zowel naar het product, als naar het productieproces gekeken. Certificering wordt momenteel alleen nog uitgevoerd door EPEA⁷. Naar verluidt wil men in de toekomst ook andere bedrijven de mogelijkheid geven om producten te kunnen certificeren. Daarmee kan de lijst van gecertificeerde producten sneller worden uitgebreid.

Cradle to Cradle en Holz 100

Holz 100 is het eerste en enige bouwsysteem wat een gouden Cradle to Cradle certificaat heeft behaald. Het product is dan ook geheel vrij van schadelijke chemicaliën en kan na verlies van zijn functie zowel worden teruggebracht in de biosfeer als in de technosfeer. Door het gebruik van natuurlijke materialen is het product volledig biologische afbreekbaar. Tevens is het product ook na gebruik her te gebruiken in het eigen productieproces. Hierdoor vindt er geen downcycling van het product plaats, maar blijft het gelijkwaardig. De productiefabriek heeft zijn eigen energievoorziening in de vorm van zonne-panelen. Hiermee wordt meer energie opgewekt dan het bedrijf zelf nodig heeft. De te lozen vloeistoffen worden gezuiverd, zodat ze geen schadelijk effect hebben op het milieu.

⁶ Cradle to Cradle, van de Auteurs William McDonough en Michael Braungart

⁷ EPEA - Environmental Protection and Encouragement Agency

1.3 Bouwsysteem Holz 100

Het behalen van een gouden Cradle to Cradle certificaat was niet een uitgangspunt tijdens de ontwikkeling van het product, aangezien dit concept toen nog niet bekend was bij de ontwikkelaar. Toch heeft het product een gouden certificaat gekregen. Dit heeft grotendeels te maken met het hoge ambitieniveau van de ontwikkelaar. De Oostenrijker Erwin Thoma vond het namelijk belangrijk dat men in een gebouw kon leven waarin een gezond binnenklimaat heerste. Bij de bestaande bouwmethodes wordt veelal gewerkt met bouwkundige elementen die chemische bijproducten bevatten. Deze verdampen na verloop van tijd uit de constructie en beïnvloeden het binnenklimaat. Dit wilde hij tegengaan door een systeem te ontwikkelen dat volledig bestaat uit natuurlijke materialen, die geheel vrij zijn van schadelijke stoffen.

Het systeem is een combinatie van samengestelde panelen die bestaan uit een houten kern met een boven- en ondergording van 60 of 80 mm. Op deze kern worden aan beide zijden houtlagen van 24 tot 50 mm dikte aangebracht. Welke kruislinks (horizontaal, verticaal en diagonaal) op elkaar zijn aangebracht. Buitenwanden worden voorzien van een laag windpapier, dat tussen twee houtlagen wordt aangebracht. Om het geheel te koppelen wordt gebruik gemaakt van gedroogde beukenhouten pluggen met een diameter van 21 mm. Deze pluggen worden hydraulische ingeperst en daarbij bevochtigd. Tevens nemen ze extra omgevingsvocht op en zwellen dan onlosmakelijk op in het omringende hout. De diameter van het voorgeboorde gat is circa 0,5 mm kleiner dan de diameter van de plug.

Door af te zien van kunstharsverlijming of verspijkering wordt geen gebruik gemaakt van giftige chemicaliën en krijg je een volledig natuurlijk bouwkundig element.

Door de opbouw van de elementen behaalt het systeem de hoogste Rc-waarde van alle al bestaande constructieve systemen. Dit wordt versterkt door de verschillende houten lagen te voorzien van sleuven. In de sleuven zit stilstaande lucht, die de warmte weerstand van het element verder verhoogd.

Om de Rc-waarde van de woning te verhogen is er isolatie aangebracht op de uitwendige elementen. Hiervoor zullen houtvezelplaten worden gebruikt. De platen bestaan uit houtsnippers die worden samengeperst tot een plaat. De natuurlijke hars die bij het persen vrij komt, vormt het bindmiddel. Hierdoor krijg je een volledig natuurlijk product wat een goede combinatie vormt met het Holz 100 systeem.

Alle gangbare gevel afwerkingen zijn mogelijk. Afhankelijk van de wens van de opdrachtgever kan hierin het duurzame karakter van de woning worden doorgevoerd. Wil men volledig voldoen aan het Cradle to Cradle concept dan dient er een afwerking te worden gekozen die bij sloop nog te scheiden is. In dit geval zou een houten gevelbekleding een geschikte gevelafwerking zijn.

De Holz 100 elementen bestaan volledig uit hout. De bomen nemen tijdens hun groei CO₂ op uit hun omgeving waarmee het een positieve bijdrage levert aan het milieu.

De elementen kunnen nadat de woning zijn functie heeft verloren worden teruggenomen door de leverancier. Deze kan de elementen als grondstof gebruiken voor nieuwe elementen. Hierdoor behouden de elementen een restwaarde en zullen de kosten voor de sloop beperkt zijn, of wellicht geld opleveren. Tevens zijn de elementen onder te brengen in de biosfeer kringloop waardoor het geen schadelijke effecten heeft op het milieu.

Hoofdstuk 2 Uitvoerbaarheid van het Holz 100 systeem

2.1 De referentiewoning

Om de toepasbaarheid van het systeem te toetsen is een referentie woning (figuur 3) opgesteld. Hiervoor is geen gebruik gemaakt van de standaard Senternovem woning. Dit omdat deze woning een beukmaat heeft van 5,1 meter. Vanuit Woonkeur wordt met het oogpunt op duurzaamheid en toekomstgericht bouwen geadviseerd om een minimale beukmaat van 6 meter te hanteren. Er is dan ook gekozen om de referentiewoningen met een beukmaat van 6,3 meter uit te voeren.



Figuur 3: Art impression referentiewoning

In de referentiewoning zijn de (binnen)wanden, verdiepingsvloeren en het dak uitgevoerd in Holz 100 elementen. Voor deze onderdelen is er geen combinatie gezocht met andere producten om zodoende de uitvoerbaarheid van alle Holz 100 elementen te kunnen beoordelen. In hoofdstuk 4 bij de bezuinigingsopties is er wel een combinatie gezocht met andere bouwproducten.

2.2 Bouwkundige uitgangspunten

Aangezien de Holz 100 elementen alleen toepasbaar zijn boven het maaiveld, zijn de funderingspalen en balken uitgevoerd in beton. De begane grondvloer is uitgevoerd als een ribcassette vloer.

De gevelconstructie zal bestaan uit Holz 100 elementen. Welke aan de buitenzijde worden voorzien van twee houtvezelplaten. De buitenste plaat zal worden uitgevoerd met een waterafstotende laag waardoor een dampopen constructie mogelijk is. Op deze plaat wordt ventilatielatten voor de houten gevelafwerking aangebracht. De binnenzijde van het Holz 100 element zal in het zicht blijven. Voor het verwerken van installaties zullen installatiesleuven worden meegenomen in het element.

De gevelopeningen worden voorzien van houten gevelkozijnen. Hiervoor zal gebruik worden gemaakt van Accoya hout. Accoya hout is een benaming voor zachte houtsoorten die door middel van een azijnproces op moleculair niveau zijn aangepast. Hierdoor behaalt het de kwaliteiten van hard hout. Accoya hout heeft vanwege zijn eigenschappen een gouden Cradle to Cradle certificaat behaald.

De bouwkundige vloeren zullen bestaan uit 212mm vloerelementen. Op de vloer zal een geïsoleerde zwevende dekvloer worden aangebracht. Dit ten behoeve van de geluidsisolatie en het verwerken van installatieleidingen.

De dakconstructie zal bestaan uit 190mm dakelementen, die worden ondersteund door middel van een dragend knieschot en vurenhouten gordingen. De bovenzijde zal worden voorzien van een dubbele houtvezelplaat. Zo kan er een Rc-waarde van $7,5\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ worden behaald. Het geheel zal aan de buitenzijde worden afgewerkt met betonpannen.

Binnenwanden waaraan geen constructie- of verhoogde geluidseisen worden gesteld, zullen worden uitgevoerd in 120 mm elementen. Binnenwanden die de scheiding vormen tussen twee verblijfsruimtes zullen worden uitgevoerd in 140 mm elementen. Beide zijden zullen onafgewerkt blijven.

2.3 Bouwkundig uitwerking

Om de uitvoerbaarheid van het bouwsysteem te toetsen zijn er uitvoeringstekeningen gemaakt van de referentiewoning. Deze zijn te vinden onder Bijlage 1 “Uitvoeringstekening”. De bouwkundige knooppunten zijn op detailniveau uitgewerkt. Hieruit kwamen de volgende ontwerprichtlijnen naar voren.

Algemeen

- De binnenzijde van het Holz 100 element kan in het zicht gelaten worden.
- De elementen hebben van zichzelf een hoge warmte weerstand waardoor de kans op koude bruggen wordt beperkt.
- Het Holz 100 is een dampopen constructie. Zowel de binnen- als buitenafwerking mogen dit niet belemmeren.

Vloerelementen

- Het is niet mogelijk om leidingwerk te verwerken in het bouwkundige vloerelement. Er dient een extra dekvloer te worden aangebracht. Dit heeft een positieve invloed op de geluidsisolatie van de vloer.
- Met behulp van folie kan er zowel een droge als natte dekvloer worden toegepast.
- Het is mogelijk om de vloer te voorzien van vloerverwarming

Buitenwanden

- De buitenisolatie kan door het gebruik van massieve houten elementen op elke locatie worden vastgezet.
- Met het systeem zijn hoge Rc-waardes te behalen. Zo heeft de referentiewoningen een Rc-waarde van $7 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.
- De montage tijd van kozijnen is beperkt aangezien deze gelijk kunnen worden vast gezet op het element.

Binnenwanden

Voor lichte scheidingsconstructies, waar geen geluidseisen aan worden gesteld, kan een element van 120mm worden toegepast. Beide zijdes kunnen worden uitgevoerd als zichtwerk.

Dak

Het gekozen dakelement dient te worden ondersteund met enkele gordingen. Door het gebruik van een massief element kan de isolatie niet in de dakconstructie worden verwerkt. Het kan wel aan de onder- en bovenzijde worden bevestigd. Hierin heeft de bovenzijde de voorkeur om de kans op condensvorming te beperken.

Installaties

In de zwevende dekvloer kunnen vierkanten ventilatie kanalen worden aangebracht. Hierdoor is het mogelijk om de ventilatie op de vloer te verslepen. Aan- en afvoerleidingen kunnen ook in de dekvloer worden aangebracht. De dekvloer kan naargelang het aantal leidingwerk worden verhoogd. Hierdoor is het mogelijk om alle gangbare installaties aan te brengen in een Holz 100 woning. Voor de referentiewoning zijn we uitgegaan van een dekvloer van 100mm hoog.

2.4 Bouwregelgeving

Om te bepalen of het systeem toepasbaar is voor de Nederlandse woningbouw dient het te voldoen aan de bouwregelgeving. De bouwkundige regelgeving is verwoord in het Bouwbesluit 2003. Aan de hand van een checklist is het Bouwbesluit doorlopen. Hiervoor is de referentiewoning als uitgangspunt genomen. De opgestelde berekeningen en opvallende zaken zijn hieronder verder toegelicht. De hoofdstukken en afdelingen komen overeen met die van Bouwbesluit 2003.

Hoofdstuk 2 afdelingen 2.2 t/m 2.4

In deze afdeling staan eisen die betrekking hebben op de constructie van het systeem. Bij het Holz 100 systeem verzorgt de leverancier de constructieberekeningen. Ook voor dit plan is advies gevraagd aan de leverancier. In overleg met hun is besloten om de vloerelementen uit te voeren in 212mm elementen. Het dakelement zullen worden uitgevoerd in een 190mm element. Het dakelement zal door middel van een dragend knieschot en een gording worden ondersteund. Tevens heeft de leverancier aangegeven dat voor dit ontwerp geen stabiliteit wand benodigd is.

Hoofdstuk 2 afdeling 2.11 “Beperking van het ontstaan van een brandgevaarlijke situatie”

In deze afdeling worden onder andere eisen gesteld aan de materialen, ter plaatste van een stookplaats. Om hieraan te voldoen worden tegels aangebracht tegen de achterwand van de keuken, om zo weerstand te kunnen bieden tegen de hoge warmtestraling.

Hoofdstuk 2 afdelingen 2.13 “Beperking van uitbreiding van brand”

In deze afdeling worden eisen gesteld aan de brandweerstand van de elementen. Zo moet een scheidingsconstructie minimaal 60 minuten brandwerend zijn. Dit is door middel van een proefopstelling onderzocht door onderzoeksbureau IBS. De resultaten zijn verwerkt in een onderzoeksrapportage. Volgens de rapportage met kenmerk 14020-2 d.d. 21-10-2002 hoofdstuk “summary and results” was na 60 minuten nog 120mm van de wand intact. Waarmee ook de constructieve laag intact is gebleven. De scheidingsconstructie voldoet hiermee aan de gestelde eisen.

Hoofdstuk 2 afdelingen 2.15 “Beperking van ontstaan van rook”

Er is door de leverancier nog geen onderzoek verricht naar de rookontwikkeling van de elementen tijdens een brand. Hierdoor kan niet worden vastgesteld of de elementen een rookdichtheid hebben die lager is dan de maximaal toelaatbare 10^{-1} . Voor aanvang van het eerste project zal de rookdichtheid bepaald moeten worden om zodoende goedkeuring te krijgen op deze afdeling.

Hoofdstuk 2 afdeling 2.17 “Vluchten binnen een rook- en een subbrandcompartiment”

Hierin worden eisen gesteld aan het vluchten binnen rookcompartiment en subcompartiment. Omdat er in de referentie woning geen verblijfsruimte op de zolder is gecreëerd, is de vluchtroute van de verste verblijfsruimte tot de toegang van de woning niet langer dan 15 meter. Indien dit wel het geval was geweest, was er een mogelijkheid om gelijkwaardigheid aan te vragen. Dit kan verkregen worden door elke verblijfsruimte te voorzien van een rookmelder. De vluchtroute mag in dat geval maximaal 25 meter zijn.

Hoofdstuk 3 afdelingen 3.1 t/m 3.5

In de afdelingen 3.1 t/m 3.5 van het Bouwbesluit worden de eisen met betrekking tot geluid omschreven. In opdracht van de leverancier zijn, door de TUG (Technische Universität Graz, Oostenrijk), voor diverse wandelementen geluidsrapporten opgesteld. Hierbij is een geluidsisolatiewaarde (R) bepaald, echter voor de berekeningen zijn Oostenrijkse normwaarden gehanteerd. Hierdoor kan de aangegeven R waarde niet worden gebruikt voor de Nederlandse bouwregelgeving. De metingen zijn wel uitgevoerd volgens de internationale ISO-717 publicaties. Met deze metingen is, aan de hand van de NEN 5077, de voor Nederland geldende geluidsisolatiewaarde berekend.

De geluidsisolatiewaarde wordt met behulp van de volgende formule bepaald.

$$R = L_z - L_o + 10 \log S/A$$

Hierin is:

R	Geluidsisolatie van de constructie in dB
L_z	Het geluidsdruk niveau in het zendvertrek in dB
L_o	Het geluidsdruk niveau in het ontvangstvertrek in dB
S	Oppervlakte van de wand
A	Absorptie in het ontvangst in m^2 open raam

De term “ $10 \log S/A$ ” is aan de formule toegevoegd om de meetwaarde ruimte onafhankelijk te maken. In de opgestelde geluidsrapporten wordt in hoofdstuk 3.2. “Absorption” omschreven dat er een correctiefactor is toegepast op de gemeten waarde. Dit ter compensatie van de absorptiebronnen in de ruimte. Hierdoor is voor de berekeningen aangehouden dat de meetwaardes reeds ruimte onafhankelijk zijn waardoor de term “ $10 \log S/A$ ” kan komen te vervallen.

De nieuwe formule wordt dan:

$$R = L_z - L_o$$

Voor het berekenen van de genormeerde luchtgeluidisolatie is de volgende formule gehanteerd:

$$D_{nT} = L_z - L_o + 10 \log T/T_0$$

Hierin is:

D_{nT}	De genormeerde luchtgeluidisolatie in dB
L_z	Het geluidsdruk niveau in het zendvertrek in dB
L_o	Het geluidsdruk niveau in het ontvangstvertrek in dB
T	Gemiddelde nagalmtijd in de ontvangstvertrek in s
T_0	Referentie-nagalmtijd (0,5 s voor woningen)

Tevens wordt in hoofdstuk 3.2. “Absorption” aangegeven dat de nagalmtijd is berekend volgens de formule van Sabine ($T = 1/6 * V/A$). Echter heeft men de nagalmtijd van de ontvangstruimte niet opgegeven in de rapportage. Voor de berekeningen is uitgegaan van een gemiddelde nagalmtijd in de ontvangstvertrek van 0,5 seconden. Hiermee krijg je de volgende formule:

$$D_{nT} = L_z - L_o$$

Hierdoor kan worden bepaald dat de $R = D_{nT}$

Afdeling 3.1 “Bescherming tegen geluid van buiten”

De eis voor een uitwendige scheidingsconstructie tussen een verblijfsruimte en de buitenlucht, die gevoelig is voor industrie-, weg- of spoorlawaai wordt bepaald met de NEN 5077. Hierin staat de berekeningsmethode omschreven. Met de Wet geluidshinder kan de hoogste toelaatbare geluidsbelasting op een gevel worden bepaald. Het Bouwbesluit geeft aan dat de geluidsbelasting in de verblijfsruimte maximaal 35 dB(A) mag zijn. Er wordt voldaan indien het verschil tussen de geluidsbelasting op de gevel en de hoogst toelaatbare geluidsbelasting in de verblijfsruimte wordt geabsorbeerd door de uitwendige scheidingsconstructie. De constructie dient in ieder geval een minimum van 20 dB(A) aan geluid te absorberen.

Uitgangspunten voor de berekeningen:

- Geluidsrapport opgesteld door TUG met kenmerk B04.858.006.310 d.d. 11-02-2004
- Vlakke gevel van een nieuwbouwwoning
- De berekening zijn gebaseerd op de hoofdslaapkamer (ruimtenummer 2.4) van de referentiewoning. Deze ruimte heeft een volume van 63 m³
- De totale oppervlakte gevelconstructie van ruimte 2.4 is 17,4 m² en bestaat voor 6,1 m² uit dubbel glas en 11,3 m² uit een 190mm Holz 100 element.
- Er is gerekend met een dubbele kierdichting en een goede naaddichting.
- Aangezien de ventilatieroosters project afhankelijk zijn, worden ze niet meegenomen in de berekening. Indien de woning op een locatie komt met een geluidsbelasting die nabij het maximum ligt, dienen de roosters alsnog te worden opgenomen in de berekening. Op deze manier kan worden aangetoond dat de maximale geluidsbelasting niet wordt overschreden.
- Voor de referentiewoning is uitgegaan van een geluidsbelasting op de gevel van 55 dB(A).

Bepalen van de karakteristieke geluidswering van de uitwendige scheidingsconstructie.

octaafband met middelfrequentie (Hz)	125	250	500	1000	2000	R _A (dB(A))
Holz 100 wandelement	36,6	57,3	71,9	78	74,8	50,8
Dubbelglas (4-6-4)	22	23	24	32	34	26,9
A-gewogen std. Spectrum weg- verkeerslawaai	-14	-10	-6	-5	-7	
Spectrum geluidisolatie	51	67	78	83	82	

Aan de hand van de meetwaarden zal de geluidsabsorptie van de gevelconstructie worden bepaald.

$$R_{A,WAND} = -10 \log (10^{-5,1} + 10^{-6,7} + 10^{-7,8} + 10^{-8,3} + 10^{-8,2}) = 50,8 \text{ dB(A)}$$

$$R_{A,GLAS} = -10 \log (10^{-2,2} + 10^{-2,3} + 10^{-2,4} + 10^{-3,2} + 10^{-3,4}) = 26,9 \text{ dB(A)}$$

$$\text{Kierterm: } K = 10^{-4}$$

$$R_A = -10 \log ((\sum S_j / S * 10^{-R_{A,j}/10}) + K) \quad [\text{dB(A)}]$$

$$R_A = -10 \log ((6,1/17,4) * 10^{-2,69} + (11,3/17,4) * 10^{-5,09} + 10^{-4})$$

$$R_A = 30,8 \text{ dB(A)}$$

$$G_A = R_A + 10 \log (V/6 * T_o * S) - 3 + C_g$$

$$G_A = 30,8 + 10 \log (63/6 * 0,5 * 17,4) - 3 + 0$$

$$G_A = 28,6 \text{ dB(A)}$$

$$G_{A,k} = G_A - 10 \log (V/6 * T_o * S)$$

$$G_{A,k} = 28,6 - 10 \log (63/6 * 0,5 * 17,4)$$

$$G_{A,k} = 27,8 \text{ dB(A)}$$

De karakteristieke geluidswering van de uitwendige scheidingsconstructie is 27,8 dB(A). Wat betekent dat de constructie 27,8 dB(A) aan geluid absorbeert.

27,8 dB(A) $\geq$ 20dB(A) dus voldoet de uitwendige scheidingsconstructie aan de gestelde eisen.

Conclusie

De geluidsbelasting op de gevel, bepaald volgens de Wet geluidshinder, mag met deze constructie maximaal 62,8 dB(A) zijn. Voor de referentiewoning is uitgegaan van een geluidsbelasting op de gevel van 55 dB(A). Het 190mm wandelement voldoet dus aan de gestelde eisen.

In de berekeningen is gerekend met een 190mm wandelement. Om een hogere Rc-waarde te kunnen behalen is er gekozen om het 190mm wandelement te vervangen voor een 170mm element met 2x een Pavatherm 100 mm houtvezelplaat. Door de toevoeging van het isolatiemateriaal is aannemelijk dat deze opbouw ook voldoet aan de gestelde geluidswering.

Afdeling 3.2 “Bescherming tegen geluid van installaties”

In de woning zullen installaties die een hoog geluidsniveau produceren in een afgesloten ruimte worden aangebracht. Met als uitgangspunt dat de geluidshinder in een aangrenzende verblijfsruimte niet boven de 30 dB zal uitkomen. Om het comfort van de bewoners te verhogen is het aan te raden om de installaties altijd in een afgesloten ruimte te plaatsen. In de referentiewoning zullen de installaties dan ook in een afgesloten installatieruimte worden geplaatst.

Afdeling 3.3 “Geluidwering tussen verblijfsruimten van dezelfde gebruiksfunctie”

Vanuit het bouwbesluit wordt de eis gesteld dat de scheidingsconstructie tussen twee aangrenzende verblijfsruimten een minimale luchtgeluidswering heeft van -20 dB.

In het geluidsrapport opgesteld door TUG met kenmerk B03.858.001.310 d.d. 12-01-2004 is onderzoek gedaan naar een 140 mm wandelement. Met behulp van dit rapport zullen de voor Nederland geldende geluidsisolatiewaarden ($L_{lu;k}$) worden berekend.

Bepalen van de karakteristieke luchtgeluidsisolatie index ($L_{lu;k}$)

octaafband met middelfrequentie (Hz)	125	250	500	1000	2000
D_{nT} (gemeten) (dB)	24	33,4	31,1	39,8	49
D_{nT} (norm) (dB)	34	43	50	53	54
Isolatieverschil	-10	-9,6	-18,9	-13,2	-5

Aangezien in de gemeten waarden een correctiefactor is verwerkt, ter compensatie van de absorptie van de ontvangstruimte, kan uit de gemeten D_{nT} waarde direct een ruimte onafhankelijke isolatie index worden bepaald.

L_{lu} zal de laagste waarde zijn van de volgende 3 getallen.

- Het gemiddelde van de vijf isolatieverschillen, afgerond op een heel getal
 - Het gemiddelde van de twee (algebraïsche) kleinste isolatieverschillen, vermeerderd met 2
 - Het (algebraïsch) kleinste isolatieverschil vermeerderd met 4
- $1/5 * (-10 + -9,6 + -18,9 + -13,2 + -5) = -11,34$ afgerond -11
 - $1/2 * (-18,9 + -13,2) + 2 = -14,05$ afgerond -14
 - $-18,9 + 4 = -14,9$ afgerond -15

$$L_{lu;k} = L_{lu} - 10 \log (V/6 T_o * S) -1$$

In de opgestelde rapportage is geen inhoud van de ontvangstruimte aangegeven. Gebaseerd op de ISO 140-1 en andere geluidsrapporten, is voor de inhoud van de ontvangstruimte een schatting gemaakt.

$$L_{lu;k} = -15 - 10 \log (90/(6*0,5 *12,8))-1$$

$$L_{lu;k} = -19,69 \text{ dB}$$

$-19,69 \geq -20 \text{ dB}$ en voldoet daarmee aan de Bouwbesluit 2003 eis.

Voor de beoogde vloeropbouw is nog geen geluidsrapport opgesteld. Het is daarom nog niet mogelijk om een $L_{lu;k}$ waarde van de vloer te bepalen.

Conclusie

De berekende 140mm wandelementen voldoen aan de gestelde eisen vanuit het Bouwbesluit 2003. Echter is er een schatting gemaakt voor de inhoud van de ontvangstruimte. Om een exacte berekeningen te kunnen uitvoeren zal de inhoud van het ontvangstvertrek nog achterhaald dienen te worden.

In de referentiewoning zullen standaard binnenwanden worden uitgevoerd in 120mm elementen. De binnenwanden met verhoogde geluidseisen zullen worden uitgevoerd met 140mm wandelementen.

Voor de vloerelementen zijn nog geen geluidsmetingen opgesteld. Echter hebben ze een gelijkwaardige opbouw met de wandelementen en zijn ze aan de bovenzijde voorzien van een geïsoleerde zwevende dekvloer. Aangezien het wandelement voldoet is het aannemelijk dat een dikker vloerelement met zwevende dekvloer ook zal voldoen aan de gestelde geluidseisen.

Voor de referentiewoning zullen vloerelementen van 212mm gebruikt worden. Hierop zal een geïsoleerde zwevende dekvloer worden aangebracht.

Afdeling 3.4 “Beperking van galm”

De eisen omschreven in deze afdeling zijn van toepassing op een woonfunctie die gelegen is in een woongebouw. Aangezien onze referentiewoning niet in een woongebouw ligt, worden er geen eisen gesteld aan de beperking van galm.

Afdeling 3.5 “Geluidwering van een woningscheidende wand”

Voor deze afdeling zal gekeken worden naar de geluidswering van de woningscheidende wand. Vanuit het Bouwbesluit is aangegeven dat de wand een minimale $L_{u;k} \leq 0$ dB en $L_{co} \leq +5$ dB moet behalen.

In het door de leverancier aangeleverd geluidsrapport opgesteld door TUG met kenmerk B04.858.006.310, is onderzoek gedaan naar een samengesteld wandelement. Dit element bestaat uit een 140mm wandelement, 60mm houtvezelplaat, 120mm wandelement en een voorzetwand van 67mm. Aangezien de metingen zijn uitgevoerd door de TUG waarbij andere normwaarden zijn gehanteerd, zal aan de hand van de NEN 5077 de voor Nederland geldende karakteristieke luchtgeluidsisolatie ($L_{u;k}$) en contactgeluidsisolatie (L_{co}) worden berekend.

Bepalen van de karakteristieke luchtgeluidsisolatie index ($L_{u;k}$)

octaafband met middelfrequentie (Hz)	125	250	500	1000	2000
D_{nT} (gemeten) (dB)	36,6	57,3	71,9	78	74,8
D_{nT} (norm) (dB)	34	43	50	53	54
Isolatieverschil	2,6	14,3	21,9	25	20,8

Aangezien in de gemeten waarden een correctiefactor is verwerkt ter compensatie van de absorptie van de ontvangstruimte, kan uit de gemeten D_{nT} waarde direct een ruimte onafhankelijke isolatie index worden bepaald.

L_{lu} zal de laagste waarde zijn van de volgende 3 getallen.

- d. Het gemiddelde van de vijf isolatieverschillen, afgerond op een heel getal
- e. Het gemiddelde van de twee (algebraïsche) kleinste isolatieverschillen, vermeerderd met 2
- f. Het (algebraïsch) kleinste isolatieverschil vermeerderd met 4

d. $1/5 * (-3,6 + 3,3 + 1,1 + 9,3 + 19,3) = 16,92$ afgerond +17

e. $1/2 * (-3,6 + 1,1) + 2 = 8,45$ afgerond +10

f. $2,6 + 4 = 6,6$ afgerond +7

$$L_{lu,k} = L_{lu} - 10 \log (V/6 T_o * S) - 1$$

In de opgestelde rapportage is geen inhoud van de ontvangstruimte aangegeven. Voor de inhoud van de ontvangstruimte een schatting gemaakt.

$$L_{lu,k} = 7 - 10 \log (90/(6*0,5 * 12,8)) - 1$$

$$L_{lu,k} = +2,3 \text{ dB}$$

+2,3 ≥ 0 dB en voldoet daarmee aan de Bouwbesluit 2003 eis.

Bepalen van de contactgeluidisolatie (L_{co})

De gemaakte geluidsberekeningen hebben alleen betrekking op de luchtgeluidsisolatie aangezien er geen gebruik is gemaakt van een contactgeluidgenerator (hamermachine). Hierdoor is het nu niet mogelijk om de L_{co} waarde te bepalen. Indien de gegevens bekend zijn, kunnen ze op de volgende manier worden berekend.

octaafband met middelfrequentie (Hz)	125	250	500	1000	2000
Gemeten waarde (dB)					
Normwaarde (dB)	70	66	66	66	70
Isolatieverschil					

L_{co} zal de laagste waarde zijn van de volgende 3 getallen.

- a. Het gemiddelde van de vijf isolatieverschillen, afgerond op een heel getal
- b. Het gemiddelde van de twee (algebraïsche) kleinste isolatieverschillen, vermeerderd met 2
- c. Het (algebraïsch) kleinste isolatieverschil vermeerderd met 4

Conclusie

De woningscheidende wand voldoet op het gebied van de karakteristieke luchtgeluidsisolatie index ruim aan de Bouwbesluit eisen. Echter is er een schatting gedaan voor de inhoud van de ontvangstruimte. Voor een exacte berekening dient deze waarde te worden achterhaald. De gemeten opstelling is uitgevoerd met een voorzetwand. Om alle elementen aan de binnenzijde dezelfde uitstraling te geven is ervoor gekozen de voorzetwand te laten vervallen. Om dit te compenseren, zal het 120mm element worden vervangen door een 140mm elementen en zal de houtvezelplaat worden uitgevoerd in een dikte van 80mm i.p.v. 60mm. Hierdoor is het aannemelijk dat de wandopbouw voldoet aan de gestelde geluidseisen. Middels geluidsmetingen kan dit met zekerheid worden vastgesteld.

Hoofdstuk 3 afdeling 3.10 “Luchtverversing verblijfsgebied, verblijfsruimte, toilet en badruimte”

Deze afdeling heeft betrekking tot de luchtverversing van verschillende ruimten. Bij het systeem is het zowel mogelijk om natuurlijke, als mechanische toe- en afvoer toe te passen.

Hoofdstuk 3 afdeling 3.15 “Beperking van de toepassing van schadelijke materialen”

Deze afdeling heeft betrekking op het gebruik van schadelijke materialen. Hierin staat omschreven dat de aanwezigheid van schadelijke stoffen en ioniserende straling beperkt moet zijn. Aangezien er alleen wordt aangegeven dat het beperkt moet zijn en er geen grenswaarden worden gegeven, blijft het een breed omvattende eis. Van vele stoffen of stralingen zijn de gevolgen voor de mensheid niet bekend. Laat staan de combinatie van de verschillende stoffen.

Om een gezonde woning te kunnen maken, moet het gebruik van chemicaliën tijdens het productieproces van de bouwkundige elementen zeer beperkt zijn. Bij de productie van Holz 100 elementen is ervoor gekozen om de productie geheel vrij te houden van chemicaliën en alleen gebruik te maken van natuurlijke materialen. Hierdoor is de uitstoot van giftige stoffen of straling zeer beperkt. Dit in tegenstelling tot betonnen bouwkundige elementen die een hoge mate van het giftige radon gas uitstralen. In het Bouwbesluit worden geen grenswaarden voor het gebruik van schadelijke stoffen gegeven. Hierdoor blijft de keuze aan de opdrachtgever of hij gebruik wil maken van een met chemicaliën geproduceerde element of een element dat geheel vrij is van chemicaliën. In deel 3 onder het hoofdstuk *gezondheid en veiligheid* zal dit onderdeel verder worden toegelicht.

Hoofdstuk 3 afdeling 3.20 “Daglicht”

Deze afdeling heeft betrekking op de daglichttoetreding van de woning. Dit staat los van het bouwkundige systeem, behalve als er grote daglichtopeningen worden gecreëerd. Dan moet de constructie worden versterkt met een massief houten balk.

Hoofdstuk 5 afdeling 5.1 “Thermische isolatie”

Deze afdeling heeft betrekking op de warmteweerstand van de bouwkundige elementen. Gezien de huidige klimaatcrisis zijn er door diverse landen in Kyoto afspraken gemaakt met betrekking tot de uitstoot van CO₂ gassen. Slecht geïsoleerde huizen hebben hier een hoog aandeel in. Daarom worden er vanuit het Bouwbesluit eisen gesteld aan de warmteweerstand van nieuwbouwwoningen.

Deze eis is momenteel ten minste 2,5 m².K/W, maar zal in het Bouwbesluit 2011 worden aangescherpt naar 3,5 m².K/W.

Holz 100 is een systeem dat gebruik maakt van buitengevelisolatie. Hierdoor kan met relatief lage kosten een hogere Rc-waarde worden behaald. Het traditionele bouwsysteem maakt gebruik van spouwisolatie. Indien zwaardere eisen worden gesteld en dikkere isolatieplaten moeten worden toegepast, dienen extra maatregelen genomen te worden. Deze maatregelen zijn tot ongeveer een Rc-waarde van 5 m².K/W rendabel. Indien er een hogere Rc-waarde behaald moeten worden, brengt dit hoge kosten met zich mee die niet in verhouding staan tot de besparing die het oplevert. Doordat het Holz 100 systeem werkt met buitengevelisolatie blijft een hogere Rc-waarde rendabel. De aanpassingskosten aan het systeem zijn beperkt. Tevens kunnen bestaande Holz 100 woningen relatief gemakkelijk worden aangepast naar een hogere Rc-waarde.

Hoofdstuk 3 De vergelijking

3.1 De verschillende bouwmethodes

Om de meerwaarde van het Holz 100 systeem te onderzoeken, zal het op diverse onderdelen worden vergeleken met de twee standaard bouwmethodes, te weten de traditionele bouwmethode en houtskeletbouw. Hierbij is uitgegaan van onderstaande opbouw.

Het traditionele bouwsysteem

Begane grondvloer	:	Geïsoleerde ribcassettevloer
Verdiepingsvloer	:	Breedplaatvloer
Niet dragende wanden	:	Gipsblokken
Dragend wanden	:	Beton of kalkzandsteen
Isolatiemateriaal	:	Steenwol isolatie
Buitenafwerking	:	Gemetselde baksteen gevel
Dak	:	Gordingenkap met prefab dakelementen van PUR isolatie

Houtskeletbouw (HSB)

Begane grondvloer	:	Geïsoleerde ribcassettevloer
Verdiepingsvloer	:	Houten constructie vloer
(dragend) wanden	:	Vuren houten regelwerk, multiplex beplating en een gipskartonplaat
Isolatiemateriaal	:	Steenwol isolatie
Buitenafwerking	:	Stucwerk, hout geveldelen, plaatmateriaal of baksteen.
Dak	:	Sporenkap met steenwol isolatie

Holz 100

Begane grondvloer	:	Geïsoleerde ribcassettevloer
Verdiepingsvloer	:	Holz 100 vloerelement
(dragend) wanden	:	Holz 100 wandelement
Isolatiemateriaal	:	Houtvezelplaten
Buitenafwerking	:	Houten geveldelen
Dak	:	Holz 100 dakelement

De bouwsystemen zullen op de volgende onderdelen met elkaar worden vergeleken.

- Bouwproces
- Gezondheid en veiligheid
- Materiaal en milieu
- Kosten

Aangezien ieder hoofdstuk op diverse manieren kan worden geïnterpreteerd is per hoofdstuk aangegeven op welke onderdelen ik mijn beoordeling heb gebaseerd.

3.2 Bouwproces

Ontwerpvrijheid

Om de ontwerpvrijheid te kunnen beoordelen zijn de bouwmethodes getoetst op de volgende onderdelen.

- Vrije overspanning van de verdiepingsvloer
- Vrijheid in indeling van de woning
- Creëren van complexe vormen.
- Toepassen van grote kozijn sparingen.
- Gewicht van de constructie

Traditioneel

De sterkte van de plaat wordt bepaald aan de hand van de totale dikte van de vloer. Hoe groter de overspanning hoe dikker de vloer. De vloeren worden in het werk afgestort waardoor het mogelijk is om diverse complexe vormen te maken. Op de standleiding na kunnen alle leidingen en kanalen worden weggewerkt in de vloer, waardoor een grote vrij indeelbaarheid ontstaat. Door extra wapening toe te passen kunnen kleine sparingen worden aangebracht. Bij grote sparingen dient er een opvangconstructie te worden aangebracht. Beton is een zwaar materiaal waardoor bijvoorbeeld het maken van grote ingeklemde overkragingen lastig wordt. Het traditionele bouwsysteem heeft over de gehele linie een goede ontwerpvrijheid.

HSB

Een balkmaat van 70x245mm met hout klasse C24 kan, bij een hart op hart maat van 300mm, een vrije overspanning behalen van 6,1 m¹. Op de standleiding na kunnen alle leidingen en kanalen worden weggewerkt in de vloer. De constructie dient hiervoor wel aangepast te worden, wat de nodige tijd vergt. Complexe vormen zijn door de open structuur van de constructie goed te realiseren. Indien het ronde vormen betreft is de multiplexplaat nog mee te buigen. Dit is minder eenvoudig bij een gipsplaat. Bij grote kozijnen dienen extra houten balken te worden aangebracht boven de sparing. De constructie heeft een laag eigen gewicht. Deze bouwmethode heeft over de gehele linie een zeer goede ontwerpvrijheid.

Holz 100

Met een vloerelement van 212 mm dikte kan een maximale overspanning van 8 m¹ worden behaald. Bij deze overspanning mag de vloer een maximale belasting van 2,22 kN/m² hebben. In de leidingdoorvoeren kunnen leidingen worden weg gewerkt in de wand. Dit is bij de vloer niet mogelijk. Hier worden ze in de dekvloer verwerkt. Hiervoor dient de dekvloer te worden aangepast wat de nodige tijd vergt. Door het werken met samengestelde geprefabriceerde wanden is het lastig om complexe vormen te creëren. Het is uiteraard wel mogelijk, maar dit zal voor hogere productiekosten zorgen. Bij grote kozijnen dienen extra houten balken te worden aangebracht boven de sparing. Ondanks eventuele hogere productiekosten heeft het systeem een goede ontwerpvrijheid.

	Traditionele bouw	Houtskeletbouw	Holz 100
Ontwerpvrijheid	Goed	Zeer goed	Goed

Vorbereidingstijd

Het gebruik van prefab elementen heeft veel invloed op de voorbereidingstijd. Leveranciers nemen namelijk een groot deel van de werkzaamheden, en dus ook de voorbereiding, over van de aannemer. De aannemer dient zijn leveranciers te voorzien van informatie. Naarmate er meer leveranciers bij het plan betrokken zijn, zal ook de voorbereidingstijd voor de aannemer toenemen. Daarnaast dient hij de nodige voorbereidingen te treffen voor de werkzaamheden die in het werk worden uitgevoerd. Om de verschillende bouwmethodes met elkaar te kunnen vergelijken zal gekeken worden naar de gemiddelde voorbereidingstijd voor de aannemer.

Traditioneel

Waar deze bouwmethode vroeger nog grotendeels op de bouwplaats werd uitgevoerd, wordt tegenwoordig meer gebruik gemaakt van prefab elementen. Zo wordt de casco van een nieuwbouw woning vaak volledig prefab geleverd, waar vervolgens op de bouwplaats de afwerking op wordt aangebracht. Voor het casco worden diverse leveranciers benaderd. De aannemer dient de verschillende leveranciers te voorzien van informatie. De elektra die in de prefab elementen wordt verwerkt dient voor productie bekend te zijn. Dit kost de aannemer de nodige controle tijd, zeker als het koopwoning betreft, aangezien hij dan te maken heeft met koperswensen. Daarnaast worden de spouwisolatie en het gemetselde buitenblad in het werk aangebracht. Hiervoor dient de aannemer uitrekstaten en bestellingen te doen. Gezien het aantal leveranciers en de werkzaamheden die nog op de bouwplaats moeten worden uitgevoerd, heeft de aannemer een lange voorbereidingstijd nodig.

HSB

Dit bouwsysteem wordt, op de buitenafwerking na, vaak volledig uitgevoerd met prefab elementen. Hiervoor worden gemiddeld 3 leveranciers benaderd. Aangezien het isolatiemateriaal in de prefab elementen is meegenomen, hoeft dit niet meer op de bouwplaats te worden aangebracht. De buitenafwerking dient nog wel te worden aangebracht. Dit betreft vaak een houten afwerking, waardoor grote oppervlakten snel kunnen worden afgewerkt. De voorbereidingstijd voor een aannemer is kort.

Holz 100

Dit systeem wordt, op de buitenafwerking en isolatie na, volledig in prefab onderdelen aangeleverd. Dit wordt door één leveranciers verzorgt. Deze leverancier neemt naast het leveren van de elementen ook andere taken van de aannemer over zoals het regelen van constructieberekeningen en de uitvoeringstekeningen. Afhankelijk van de wensen van de opdrachtgever zal voor de buitengevelisolatie ook 1 leverancier worden benaderd. Deze dient op de bouwplaats door de aannemer of montageploeg van de leverancier bevestigd te worden. Doordat er met twee leverancier wordt gewerkt, waarvan er één veel werkvoorbereiding overneemt van de aannemer is de voorbereidingstijd zeer kort.

	Traditionele bouw	Houtskeletbouw	Holz 100
Vorbereidingstijd	Lang	Kort	Zeër kort

Uitvoeringscomplexiteit

Voor het bepalen van de uitvoeringscomplexiteit is gekeken naar het gebruik van prefab elementen, het aantal leveranciers dat producten levert en de moeilijkheidsgraad tijdens de uitvoering.

Traditioneel

De prefab onderdelen voor het casco van de woning worden door diverse leveranciers geleverd. De aannemer dient er op toe te zien dat de verschillende elementen zowel bouwfysisch als constructief goed op elkaar worden aangesloten. Doordat gewerkt wordt met verschillende leveranciers kost dit de uitvoerder de nodige tijd. Daarnaast worden nog diverse zaken in het werk vervaardigd. De uitvoeringscomplexiteit is gemiddeld.

HSB

Voor de casco van een HSB woning worden gemiddeld 2 of 3 leveranciers benaderd. Doordat het isolatiemateriaal al in het casco wordt opgenomen hoeft de aannemer dit niet meer aan te brengen. Hij dient de verschillende elementen te koppelen en te zorgen voor een goede aansluiting. De binnen- en buitenafwerking zullen nog wel op de bouwplaats moeten worden aangebracht. HSB is een bouwmethode met een lage uitvoeringscomplexiteit.

Holz 100

Bij dit systeem wordt het casco boven de begane grond verzorgd door één leverancier. Hij levert zowel de buitengevelconstructie, vloeren, binnenwanden en dakelementen. Hierdoor zijn de onderlinge aansluitingen tussen de diverse elementen zowel bouwkundig als bouwfysisch goed op elkaar aangesloten. Op de bouwplaats dient de buitengevel nog te worden voorzien van gevelisolatie en een afwerking. De gevelisolatie, kan indien, gewenst worden uitgevoerd door de montageploeg van de leverancier. De uitvoeringscomplexiteit van het Holz 100 systeem is voor de aannemer zeer laag.

	Traditionele bouw	Houtskeletbouw	Holz 100
Uitvoeringscomplexiteit	Gemiddeld	Laag	Zeer laag

Flexibiliteit

Om de flexibiliteit van de systemen te onderzoeken is er gekeken in welke mate de systemen nog aangepast kunnen worden tijdens het bouwproces, in de vorm van een ontwerpwijziging. Verder wordt gekeken naar de aanpasbaarheid na het bouwproces in de vorm van een uitbouw.

Traditioneel

Als de ontwerpwijziging geen invloed heeft op de prefab elementen, kan het tot een laat stadium worden doorgevoerd. Heeft het wel invloed op de prefab elementen en is het hierdoor te klein geworden, dan is het nog mogelijk om het op de bouwplaats aan te helen. Te grote elementen zijn lastiger aan te passen omdat de elementen een hoge dichtheid hebben. Om wijzigingen aan te brengen dient dan ook zwaar gereedschap gebruikt te worden. Na het bouwproces kunnen met behulp van stalen liggers grote sparingsen worden aangebracht. Hierdoor is het goed mogelijk de woning te voorzien van een uitbouw. De bouwmethode heeft door de hoge dichtheid een gemiddelde flexibiliteit.

HSB

De prefab elementen van een HSB woning zijn opgebouwd uit standaard bouwproducten. Deze producten zijn gemakkelijk te verkrijgen. Indien door een ontwerpwijziging een prefab element te klein is geworden, kan de aannemer het ter plaatse aanhelen. Indien het te groot is, kan het met licht gereedschap worden aangepast naar de gewenste vorm. Doordat HSB een laag eigen gewicht heeft, kan het na de bouw makkelijk worden aangepast. Zo zijn er voor het plaatsen van een uitbouw geen zware elementen nodig om de bouwkundige constructie te herstellen. HSB heeft dus een zeer grote flexibiliteit.

Holz 100

Holz 100 werkt met houten planken die door verschillende machines tot één paneel worden verwerkt. Indien door een ontwerpwijziging een element te klein is geworden, dient door de leverancier een nieuwe gemaakt te worden. Het is niet mogelijk om een gelijkwaardig element op de bouwplaats te produceren. Mocht het element door een ontwerpwijziging te groot zijn, dan kan het met behulp van licht gereedschap gemakkelijk op maat worden gemaakt. Na oplevering is het goed mogelijk om de woning te voorzien van een uitbouw. De constructie van de gevel kan door middel van houten balken worden opgevangen. Het Holz 100 systeem behaalt hiermee een gemiddelde flexibiliteit.

	Traditionele bouw	Houtskeletbouw	Holz 100
Flexibiliteit	Gemiddeld	Zeer grote	Gemiddeld

3.3 Gezondheid en veiligheid

Gebruik van giftige materialen

Voor de beoordeling van dit onderdeel zal per bouwsysteem gekeken worden of het giftige materialen bevat en wat daarvan de schadelijke gevolgen zijn voor de mens.

Traditioneel

De gezondheidsaspecten van beton zijn afhankelijk van de samenstelling. De grondstoffen portlandcement, zand, water en grind kunnen allen worden onttrokken aan de natuur. Portlandcement kan vervangen worden door hoogovencement of poederkoolvliesgas. Dit zijn restmaterialen van het hoogovenproces en elektriciteitscentrales. Deze producten hebben een hogere radioactiviteit en bevatten zware metalen. Het kan bij bewerking ervan allergenen effecten hebben op de huid en toxische effecten bij inademing of inname. Tijdens de productie van betonelementen worden er toeslagmiddelen toegevoegd om het beton sneller te laten uitharden. Daarnaast wordt op de bouwplaat gebruik gemaakt van ontkistings middelen. Deze producten hebben een schadelijke effect op het milieu en de gezondheid.

Kalkzandsteen bestaat uit de natuurlijke grondstoffen kalk, zand en water. Deze grondstoffen worden zonder toevoeging van andere giftige chemicaliën samengeperst tot elementen of blokken. Tijdens bewerking hiervan kan fijn stof vrijkomen wat irritatie kan geven aan de luchtwegen.

Het isolatiemateriaal steenwol bestaat uit vezels waardoor mogelijke als longkanker kan ontstaan. Echter het product wordt nog niet als kankerverwekkend beschouwd. Bij bewerking van het product komen fijne vezels vrij die irritatie kunnen geven aan de huid, ogen en luchtwegen. Deze irritatie zal naderhand weer afnemen. Bij hogere temperaturen kan de irritatie intenser worden ervaren. De kunstharsen waarmee de vezels verbonden worden bevatten formaldehyde, een giftig gas dat irritatie kan geven aan de huid, ogen, neus en luchtwegen. De concentratie is met $0,08 \text{ mg/m}^3$ laag. Dit percentage ligt wel boven de grenswaarde van $0,01 \text{ mg/m}^3$ die geldt voor gevoelige of allergische personen.

Afhankelijk van de samenstelling kan het bouwsysteem schadelijke gevolgen hebben op de gezondheid.

HSB

De houten constructie wordt veelal vervaardigd uit vurenhout. Indien het product niet wordt bloot gesteld aan weersinvloeden zullen er tijdens de verwerking geen chemicaliën aan toegevoegd worden. Van nature zit er in hout wel azijnzuur. Dit kan na verloop van tijd uit de constructie verdampen en irritatie opwekken. De schadelijke gevolgen voor de mens zijn door de minimale concentraties verwaarloosbaar en kunnen met goede ventilatie worden voorkomen.

De gipskartonplaten worden gemaakt van natuurgips of rogips. Voor de productie van gipskartonplaten wordt voornamelijk gebruik gemaakt van rogips. Dit is een afkorting voor rookgasontzwavelingsgips en is een van de restproducten van elektriciteitscentrales. De mate van radioactiviteit is minimaal. Bij verwerking kan er fijn stof vrijkomen die schadelijke gevolgen kan hebben op ogen en luchtwegen.

Voor de steenwol isolatie zijn de gezondheidsrisico's bij de traditionele bouwmethode omschreven.

Het bouwsysteem heeft een beperkt gezondheidsrisico.

Holz 100

Bij de ontwikkeling van het nieuwe bouwsysteem is gezondheid een belangrijk speerpunt geweest. Er is dan ook voor gekozen om het gehele productieproces vrij te houden van schadelijke of giftige chemicaliën. Zo wordt voor de onderlinge verbinding tussen de houten stroken gebruik gemaakt van houten duvels die hiermee het gebruik van kunstmatige harsen overbodig maakt.

Voor het product is een ecobalans rapport opgesteld waarin wordt bevestigd dat het product vrij is van giftige of schadelijke chemicaliën.

Om de isolerende werking van het Holz 100 systeem te verbeteren wordt gebruik gemaakt van houtvezelisolatieplaten. Dit product bestaat uit houtresten. Deze worden behulp van de natuurlijke hars samenperst tot een plaat. Hierdoor krijg je een eindproduct dat vrij is van giftige of schadelijke stoffen en een goede combinatie vormt met het Holz 100 systeem.

Het bouwsysteem is geheel vrij van giftige stoffen waardoor het geen negatieve gevolgen heeft voor de gezondheid.

	Traditionele bouw	Houtskeletbouw	Holz 100
Giftige materialen	Aanwezig	Beperkt aanwezig	Niet aanwezig

Afgifte van radioactieve straling

Van nature wordt de mens blootgesteld aan straling. Deze straling komt onder andere uit de bodem en uit natuurlijke bouwmaterialen. Radium (^{226}Ra) is een moedergas van het radon. Blootstelling aan dit radioactieve edelgas binnenshuis zorgt, volgens de Gezondheidsraad, naar schatting voor 800 extra gevallen van longkanker. De concentraties in woningen zijn ten opzichte van omliggende landen laag. Echter is blootstelling aan radioactieve straling, ongeacht de hoeveelheid, schadelijk voor het lichaam. Goede ventilatie is essentieel voor een lage radonconcentratie. Dit kan strijdig zijn met de wens om energiezuinige woningen te realiseren.

In de nota van toelichting, behorende bij het Bouwbesluit, wordt onder hoofdstuk 5 aangegeven dat een nieuwe stralingsprestatienorm (SPN) in ontwikkeling is. De SPN heeft als doel de hoeveelheid straling van een woning, afkomstig uit bouwmaterialen, te begrenzen. Mogelijk dat in het nieuwe Bouwbesluit grenswaarden gesteld gaan worden aan de afgifte van straling door bouwmaterialen.

Aan de hand van onderstaande figuur zijn de bouwmethodes beoordeeld op de afgifte van radioactieve straling.

materiaalsoort	forfaitaire waarden (Bq.kg^{-1})		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
beton en betonproducten	32	25	166
baksteen/kleiproducten	81	88	713
kalkzandsteen	21	16	275
cellenbeton	13	9	228
gips(waren)	11	2	16
hout	11	4	26
glas(producten)	12	3	120

Figuur 4: Forfaitaire waarden voor de activiteitsconcentratie van enkele radionucliden van natuurlijke oorsprong in gereed bouw materiaal

Traditioneel

De basis producten beton en klei bevatten van nature een hoge stralingswaarde. Dit is te verklaren doordat grondstoffen voor deze materialen worden onttrokken aan de aarde, welke van nature radon straling afgeeft. Volgens onderzoek heeft de methode een effectieve dosis van $0,37 \text{ mSv.a}^{-1}$ en geeft de constructie gedurende zijn levensduur schadelijke straling af.

HSB

De bouwmethode bestaat grotendeels uit hout. Dit wordt niet volledig onttrokken aan de aarde en heeft daarom ook een aanzienlijk lager stralingsniveau. Uit metingen van een gelijkwaardig referentiewoning, uitgevoerd in HSB, bevat de woning een effectieve dosis van $0,10 \text{ mSv.a}^{-1}$. Hiermee ligt de effectieve dosis 73% lager dan bij een vergelijkbare woning die is uitgevoerd volgens de traditionele bouwmethode.

Holz 100

Dit systeem maakt volledig gebruik van hout voor zowel de bouwkundige elementen als het toegepast isolatiemateriaal. De effectieve dosis is waarschijnlijk te vergelijken of zelfs minder dan die van het HSB systeem. Echter zijn er voor het systeem nog geen metingen verricht waardoor dit nog niet bewezen kan worden.

	Traditionele bouw	Houtskeletbouw	Holz 100
Afgifte radioactieve straling	Aanwezig	Zeer beperkt	Zeer beperkt

Weerstand tegen hoog frequente straling

Gsm-gebruik, draadloos internet en zendmasten zijn enkele technologieën die werken met hoogfrequente straling. Deze straling valt onder de niet-ioniserende straling, die in lage doseringen en zonder langdurige blootstelling niet schadelijk is. Indien men in de omgeving woont van een bron die continu deze straling uitstraalt, zoals een zendmast, kan het dus schadelijke gevolgen hebben voor het lichaam. Bouwmaterialen met een hoge dichtheid kunnen deze niet-ioniserende stralingen reduceren. Voor toetsing is gekeken naar de dichtheid van toegepaste bouwmaterialen.

Traditioneel

Beton is een product dat door zijn massa en fijne samenstelling een hoge dichtheid (2400 kg/m^3) heeft. Het product is dus in staat om hoog frequente straling te reduceren. De mate van reductie is afhankelijk van de samenstelling en dikte van het element.

Kalkzandsteen is een lichter materiaal en heeft een lagere dichtheid (1900 kg/m^3).

Minerale wol is met zijn lage dichtheid (40 kg/m^3) verwaarloosbaar. Als er beton of kalkzandsteen is toegepast biedt deze bouwmethode een goede weerstand tegen hoog frequente straling.

HSB

Door de open structuur van een HSB wand heeft een vloer- of wandelement een zeer lage dichtheid (50 kg/m^3). Het heeft dan ook een zeer minimale weerstand tegen de hoog frequente straling.

Holz 100

De massieve houten elementen hebben een massa van 400 kg/m^3 . De massa van de wanden ligt hiermee aan de lage kant. Echter door de speciale opbouw van de elementen, waarbij de houten stroken horizontaal, verticaal en diagonaal worden geplaatst, wordt de dichtheid van het elementen vergroot. Metingen hebben aangetoond dat een wandelement van 17,6 cm de volgende weerstand biedt:

Bij 900 MHz (D-net) een demping heeft van 6 dB (Slechts 25% doordringt de wand).

Bij 1.800 MHz (E-net) een demping heeft van 10 dB (Slechts 10% doordringt de wand).

Bij 4 GHz een demping heeft van 20 dB (Slechts 1% doordringt de wand).

Vanaf 6,5 GHz dempt de wand al meer dan 30 dB (Minder dan 0,1% doordringt de wand).

(Bron: www.thoma.at)

	Traditionele bouw	Houtskeletbouw	Holz 100
Weerstand tegen HF-straling	Zeer goed	Slecht	Goed

3.4 Materiaal en milieu

Materiaalgebruik en milieuvervuiling

Om de verschillende bouwmethodes te beoordelen wordt gekeken naar het materiaalgebruik, de afvalproductie bij het productieproces en nadat het gebouw zijn functie heeft verloren. En de mogelijkheden tot recyclen.

Traditioneel

Voor de productie van de bouwkundige elementen wordt voornamelijk gebruik gemaakt van abiotische grondstoffen. Dit zijn grondstoffen die niet binnen geringe tijd vernieuwbaar zijn. Bij het winnen op grote schaal kan het schadelijke gevolgen hebben voor het landschap. Bij de productie van de bouwkundige elementen kan overtollige materiaal slechts gedeeltelijk worden hergebruikt in het productieproces. Tijdens de uitvoering komt relatief veel restafval vrij. Waar mogelijk wordt dit gescheiden gehouden, waardoor het beter recyclebaar is. Indien het gebouw zijn functie verliest is het lastig om de grondstoffen van elkaar te scheiden. Hierdoor zal het overgrote deel van de woning als bouwafval worden afgevoerd waar vervolgens een minderwaardig restproduct van wordt gemaakt. Overall behaalt het systeem een slechte beoordeling op het gebied van materiaalgebruik en milieu.

HSB

Hout is een hergroeiende grondstof door middel van productiebossen kan blijvend worden voorzien in de vraag zonder dat de natuurlijke bronnen worden uitgeput. Aangezien de houten balken en platen in diverse afmetingen kunnen worden geleverd, is de afvalproductie beperkt. Houten restmateriaal kan worden hergebruikt voor de productie van houtvezelplaten. Tevens kan het dienen als schone brandstof voor verbrandingstoestellen. Gebruikte gipsplaten, kunnen indien ze schoon zijn van andere stoffen, geheel worden gerecycled in het eigen productieproces. Tijdens de uitvoering komt restafval vrij. Indien dit goed wordt gescheiden kan het worden gerecycled. Nadat het gebouw zijn functie heeft verloren is het vaak lastig om de gebruikte materialen te kunnen recyclen aangezien de verschillende elementen vaak onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn.

Hierdoor kan het maar gedeeltelijk worden opgenomen in de bio- of technosfeer. Overall gezien heeft het systeem beperkte gevolgen voor het milieu en haar materialen.

Holz 100

Het systeem bestaat, op de begane grondvloer na, volledig uit hernieuwbare grondstoffen. Doordat er geen voorkeur is voor een bepaalde houtsoort, heerst in de productiebossen geen monocultuur. Het gebruikte isolatiemateriaal bestaat uit een restproduct van houtzagerijen. Door het te upgraden naar een isolatieplaat heeft het een positieve invloed op het milieu. Het restafval dat vrij komt tijdens de productie van de elementen kan direct worden hergebruikt in het eigen productieproces. Hierdoor blijft de hoeveelheid afval beperkt. Doordat op de bouwplaats de elementen alleen nog gekoppeld dienen te worden, blijft ook daar de afvalproductie beperkt. Nadat het gebouw zijn functie heeft verloren kunnen de houten elementen en de houtvezelplaten worden gedemonteerd. Indien ze schoon zijn van andere materialen kunnen ze volledig worden gerecycled in het eigen productieproces. Mocht dit niet mogelijk zijn dan kan het product op een milieuvriendelijke wijze als brandstof dienen voor verbrandingsovens. Hiermee behaalt het systeem een zeer goede score op het gebied van materiaalgebruik en milieu.

	Traditionele bouw	Houtskeletbouw	Holz 100
Materiaalgebruik en milieu	Slecht	Goed	Zeer goed

3.5 Beoordelingstabel

Hieronder is een overzicht gegeven van de alle getoetste onderwerpen. Om een gemiddelde eindscore te kunnen berekenen zijn de score vertaald naar cijfers.

De cijfers hebben de volgende betekenis:

- 5 is zeer positief
- 4 positief
- 3 gemiddeld
- 2 negatief
- 1 zeer negatief

	Traditionele bouw	HSB	Holz 100
Bouwproces			
Ontwerpvrijheid	4	5	4
Vorbereidingstijd	2	4	4
Uitvoeringscomplexiteit	2	4	5
Flexibiliteit	3	5	3
Gezondheid en veiligheid			
Gebruik van giftige materialen	2	3	5
Afgifte van radioactieve straling	2	4	4
Weerstand tegen HF straling	5	2	4
Materiaal en milieu			
Materiaalgebruik en milieu	2	4	5
Gemiddelde eindscore	2.75	3,875	4.25

Hiermee is te zien dat het Holz 100 systeem over de gehele linie de beste score behaald.

Hoofdstuk 4 Bouwkosten

4.1 Calculaties

In overleggen met de leverancier kwam naar voren dat het bouwsysteem duurder is dan de gebruikelijke bouwmethodes. Om de concurrentie positie ten opzichten van de gebruikelijke systemen te bepalen, zijn er twee calculaties opgesteld. Een calculatie waarin de referentiewoning wordt uitgevoerd in het Holz 100 systeem en een calculatie waarin de referentiewoning wordt uitgevoerd met het traditionele bouwsysteem.

De calculatie is opgesteld om de meerkosten van het Holz 100 systeem ten opzichten van de traditionele bouwmethode te bepalen. In de calculaties zijn dan ook alleen de posten berekend die voor beide systeem verschillend zijn. In verband met het Cradle to Cradle concept zijn niet alle materialen te gebruiken. Zo hebben bijvoorbeeld beide systemen een andere afwerking. Dit maakt het lastig om de calculaties 1 op 1 te vergelijken. Echter geeft het wel inzicht in de meerkosten van het Holz 100 systeem.

Het opstellen van de uitvoeringstekeningen en constructieberekening zijn meegenomen in de calculatie. Deze onderdelen worden namelijk bij het Holz 100 systeem door de leverancier verzorgt. De prijs hiervan is verwerkt in de kosten van de Holz 100 elementen.

De volledige calculaties zijn ondergebracht onder Bijlage 2 “Calculaties”

De referentiewoning uitgevoerd volgens het Holz 100 systeem heeft een totaal bedrag van:
€ 200.143,98 excl. BTW

De referentiewoning uitgevoerd volgens de traditionele bouwmethode heeft een totaal bedrag van:
€ 138.524,22 excl. BTW

Hierin is te zien dat er een aanzienlijk verschil zit tussen de beide systemen. Het Holz 100 systeem is 61.619,76 duurder dan het traditionele systeem. Dit is afgerond 45% procent. Ondanks dat de systemen niet 1 op 1 te vergelijken zijn, is hiermee wel aangetoond dat het Holz 100 systeem hoge meerkosten met zich meebrengt.

Momenteel wordt bij calculaties alleen met directe bouwkosten gerekend. Indien de maatschappelijke kosten en de total cost of ownership ook zouden worden meegenomen in de calculaties zal dit voordelen opleveren voor het Holz 100 systeem. Zo behouden de elementen een restwaarde. Nadat de woning zijn functie heeft verloren kunnen de elementen worden terug genomen door de leverancier, als grondstof dienen voor spaanplaat industrie of als brandstof dienen voor een bio houtverbrandingsinstallatie. Door de beperkte CO₂ uitstoot tijdens de productie en transport van de elementen worden de maatschappelijke kosten beperkt.

Een opdrachtgever zal momenteel minder waarde hechten aan de sloopkosten of maatschappelijke kosten. Hierdoor zou een Holz 100 woning uitermate geschikt zijn voor de Cradle to Cradle visie “producten worden diensten”. Door de woning als dienst te verhuren blijft de leverancier eigenaar. Hierdoor kunnen de kosten voor de gehele levensduur, dus ook de sloopkosten worden meegenomen in de begroting. Indien de woning zijn functie verliest kan het weer terug genomen worden door de leverancier en in zijn eigen productieproces worden hergebruikt.

4.2 Kostenbesparende elementen

De bouwkosten van een volledige Holz 100 woning liggen 45% hoger dan de traditionele bouwmethode. Dit is een aanzienlijk bedrag wat voornamelijk is toe te schrijven aan de wand-, vloer- en dakelementen. Voor de calculatie is uit gegaan van een volledige Holz 100 woning. Om kosten te besparen zijn er enkele alternatieve uitgewerkt. Hierbij is getracht om het duurzame karakter van de woning te behouden. Met deze alternatieve zal de concurrentie positie ten opzichten van de traditionele bouwmethode verbeteren.

Onderdelen	Gekozen optie	Alternatief	Besparing op de Holz 100 calculatie
Binnenwanden	120/140mm wandelement	Vuren houten stijl- en regelwerk gevuld met vlas isolatie, tweezijdig voorzien van multiplex	€ 9.858,67
Woningscheidende wand	2x 140mm wandelement, gescheiden door 80mm houtvezelplaat	2x Vuren houten stijl- en regelwerk gevuld met vlas isolatie, afgewerkt met een multiplex plaat	€ 19.439,43
Wandisolatie	Houtvezelisolatieplaten $R_{c,tot} 5m^2 K/W$	Vlasisolatie $R_{c,tot} 3 m^2 K/W$	€ 2.969,40
		Vlasisolatie $R_{c,tot} 5 m^2 K/W$	€ 1.273,42
Verdiepingsvloeren	2x 212mm vloerelement	houten balklaag 75x200mm h.o.h. 600mm met 50mm vlasisolatie en tweezijdig voorzien van multiplex	€ 18.200,-
Afwerkvloer	Houten regelwerk met 80mm houtvezelisolatie	Houten regelwerk met 80mm vlasisolatie deken	€ 831,60
		Dekvloer klasse d30 dikte 70mm	€ 3.325,52
Dakelementen	190mm dakelement met houtvezelisolatie $R_{c,tot} 7m^2 K/W$	prefab dakelementen met vlasisolatie $R_{c,tot} 3,5 m^2 K/W$	€ 20.371,93
		prefab dakelementen met vlasisolatie $R_{c,tot} 5 m^2 K/W$	€ 18.954,12
		prefab dakelementen met vlasisolatie $R_{c,tot} 7 m^2 K/W$	€ 15.670,40
Dakisolatie	Houtvezelisolatieplaten $R_{c,tot} 5m^2 K/W$	Vlasisolatie $R_{c,tot} 3,5 m^2 K/W$	€ 1.404,94
		Vlasisolatie $R_{c,tot} 5 m^2 K/W$	€ 759,62
Wanden garage	140mm wandelement met vuren rabatdelen	140mm HSB wand zonder isolatie, buitenafwerking vuren rabatdelen, binnenafwerking multiplex	€ 4.214,12

Algemene onderzoeksconclusie

Uit het onderzoek is te concluderen dat het Holz 100 systeem een duurzaam product is dat door uitsluitend gebruik te maken van natuurlijke materialen, een gezond binnenklimaat genereert. Zowel het product als het productieproces zijn milieuvriendelijk en passen goed binnen het Cradle to Cradle concept. De grondstoffen zijn hernieuwbaar en het product kan nadat het zijn functie heeft verloren worden teruggebracht in zowel de bio- als de technosfeer. Hierdoor is de milieubelasting zeer beperkt. Naast de positieve invloed op het milieu heeft het ook voordelen voor de bewoners. Door massieve houten elementen te gebruiken heeft het systeem een hoge warmte weerstand en absorbeert het hoogfrequente straling. In tegenstelling tot de traditionele bouwmethode geeft de constructie geen schadelijke straling of gassen af aan het binnenklimaat. Hierdoor heerst in een Holz 100 woning een gezonder leefklimaat.

Om de toepasbaarheid van het systeem te bepalen is gekeken naar de uitvoerbaarheid en regelgeving. De regelgeving voldoet grotendeels, er ontbreekt nog enkele onderzoeksrapporten en gegevens. Hierdoor kan niet met zekerheid gezegd kan worden dat de gehele woning voldoet. Daarnaast bleek bij het opzetten van de uitvoeringstekeningen dat de binnenwanden een minimale dikte van 120mm moeten hebben. Dunnere elementen worden vanwege constructieve beperkingen niet door de leverancier gemaakt. Door de hoge bouwkosten en beperkt voordelen is het niet te relevant om de binnenwanden uit te voeren in Holz 100 elementen.

Bij de vergelijking van het Holz 100 systeem met de traditionele bouwmethode en de houtskeletbouw score het Holz 100 systeem over de gehele linie het beste. Het haalt specifiek goede scores bij de “uitvoeringscomplexiteit”, “het gebruik van giftige materialen” en “materiaal en milieu”.

Voor de bouwkosten is er een vergelijking opgesteld tussen de traditionele bouwmethode en het Holz 100 systeem. Hier kwam naar voren dat een Holz 100 woning tot 45% duurder is dan de traditionele bouwmethode. Hiermee kan worden geconcludeerd dat een volledige Holz 100 woning niet kan concurreren met bestaande bouwmethodes. Om de concurrentiepositie ten opzichten van bestaande systemen te verbeteren dienen er enkele alternatieven te worden gekozen. Hierin is de meeste winst te behalen op binnenwanden, dak- en vloerelementen. Door deze te vervangen voor een milieuvriendelijk alternatief kan het duurzame karakter van de woning behouden blijven.

Bij een proefproject zou ik Inbo willen adviseren om eerst een ambitieniveau te bepalen. Aan de hand van dit niveau kan per bouwdeel bepaald worden of het wordt uitgevoerd in het Holz 100 systeem of een milieuvriendelijk alternatief. Vanwege de hoge bouwkosten is het aan te raden om voortijdig een budget vast te stellen en deze gedurende het gehele bouwproces streng te bewaken.

Ondanks de hoge bouwkosten, is het een systeem van de toekomst. Milieueisen zullen een steeds belangrijkere rol gaan spelen in de maatschappij. De overheid zal hier waarschijnlijk meer in gaan sturen middels wetten en subsidies. Het product dient zich verder door te ontwikkelen om zodoende de bouwkosten te kunnen verlagen. In dat opzicht is het systeem te vergelijken met de elektrische auto. De eerste auto was onbetaalbaar, maar doordat het product zich heeft kunnen ontwikkelen, is het nu mogelijk om de auto concurrent aan te bieden. Indien dit het geval is zal de vraag naar het product snel toenemen.

Dankbetuiging

Graag zou ik mijn dank willen uitspreken naar

Inbo, het bedrijf dat mij de mogelijkheid heeft geboden om mijn onderzoek zo goed mogelijk te kunnen uitvoeren. Hierbij specifieke dank aan Rik van Katwijk en Roy Wallet.

De Hogeschool van Utrecht voor het uitwisselen van kennis. Hierbij specifieke dank aan mijn begeleiders Liza Looijen en Jur Jongens.

De personen en bedrijven, die op welke wijze dan ook, een bijdrage hebben geleverd aan dit verslag.

Bronnenlijst

Internet

www.bouwpuur.nl
www.duurzaamheid.nl
www.duurzaamgebouwd.nl
www.milieucentraal.nl
www.bouwkostenonline.nl
www.slimbouwen.nl
www.CradletoCradle.nl
www.danieltulp.nl

Literatuur

Cradle to Cradle – afval = voedsel, Search Knowledge, 2007
Paul Hawken, Natural Capitalism, 1999

Johan Lembrechts, RIVM
STRALING IN HET BINNENMILIEU
Bronnen en maatregelen

R.O. Blaauboer en M.J.M. Pruppers, RIVM
EXTERNE STRALING VAN BOUWMATERIALEN
Resultaten van MARMER-berekeningen aan referentiewoning

ir. Andy van den Dobbelsteen & ir. Kees Alberts
MILIEUEFFECTEN VAN BOUWMATERIALEN
Duurzaam omgaan met grondstoffen

Onderzoeksrapporten

Brand:

Opgesteld door IBS:

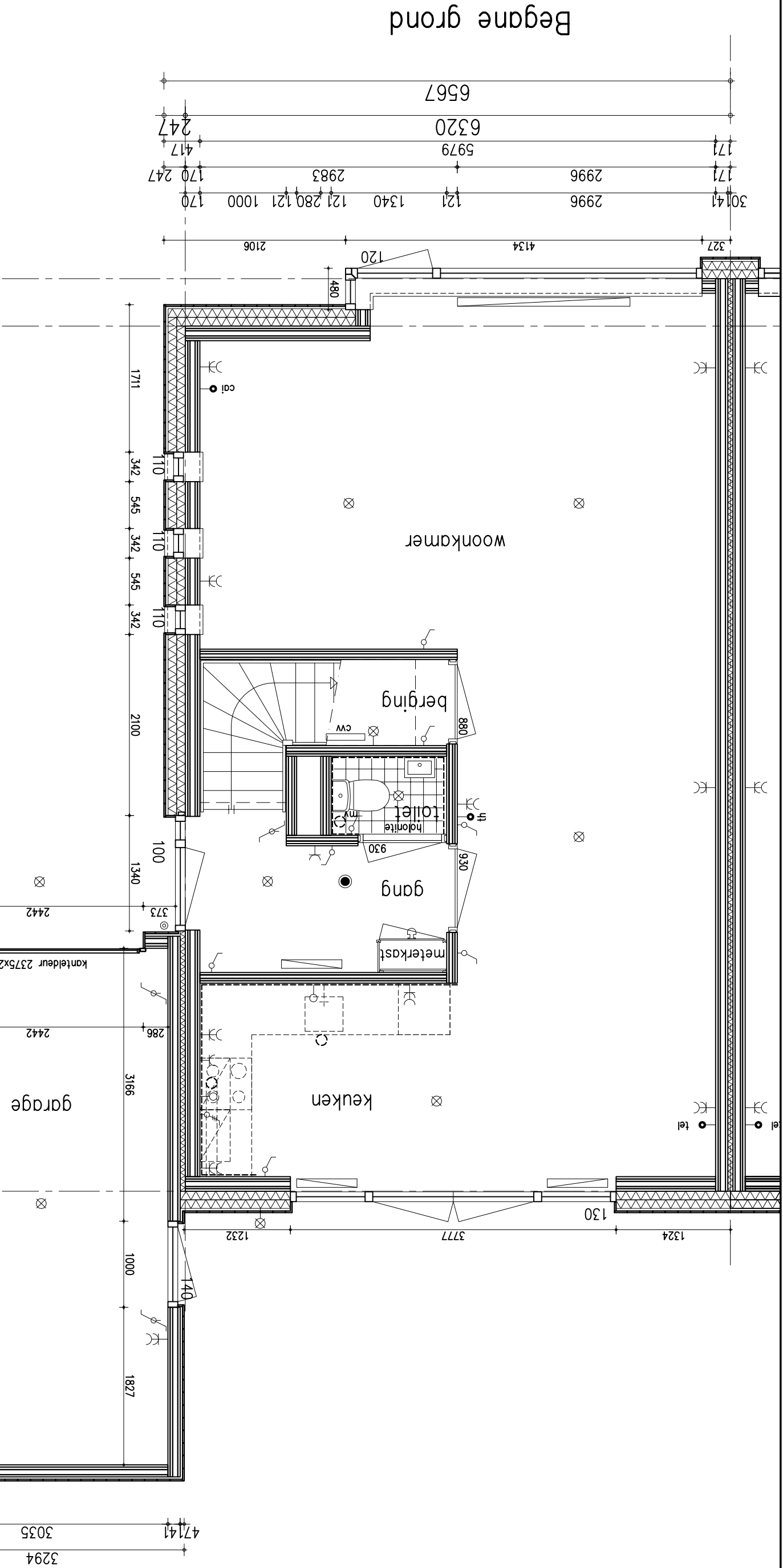
- kenmerk 14020-2 d.d. 21-10-2002

Geluid:

Opgesteld door Technische Universität Graz, Oostenrijk:

- kenmerk B03.858.001.310 d.d. 12-01-2004
- kenmerk B04.858.006.310 d.d. 11-02-2004

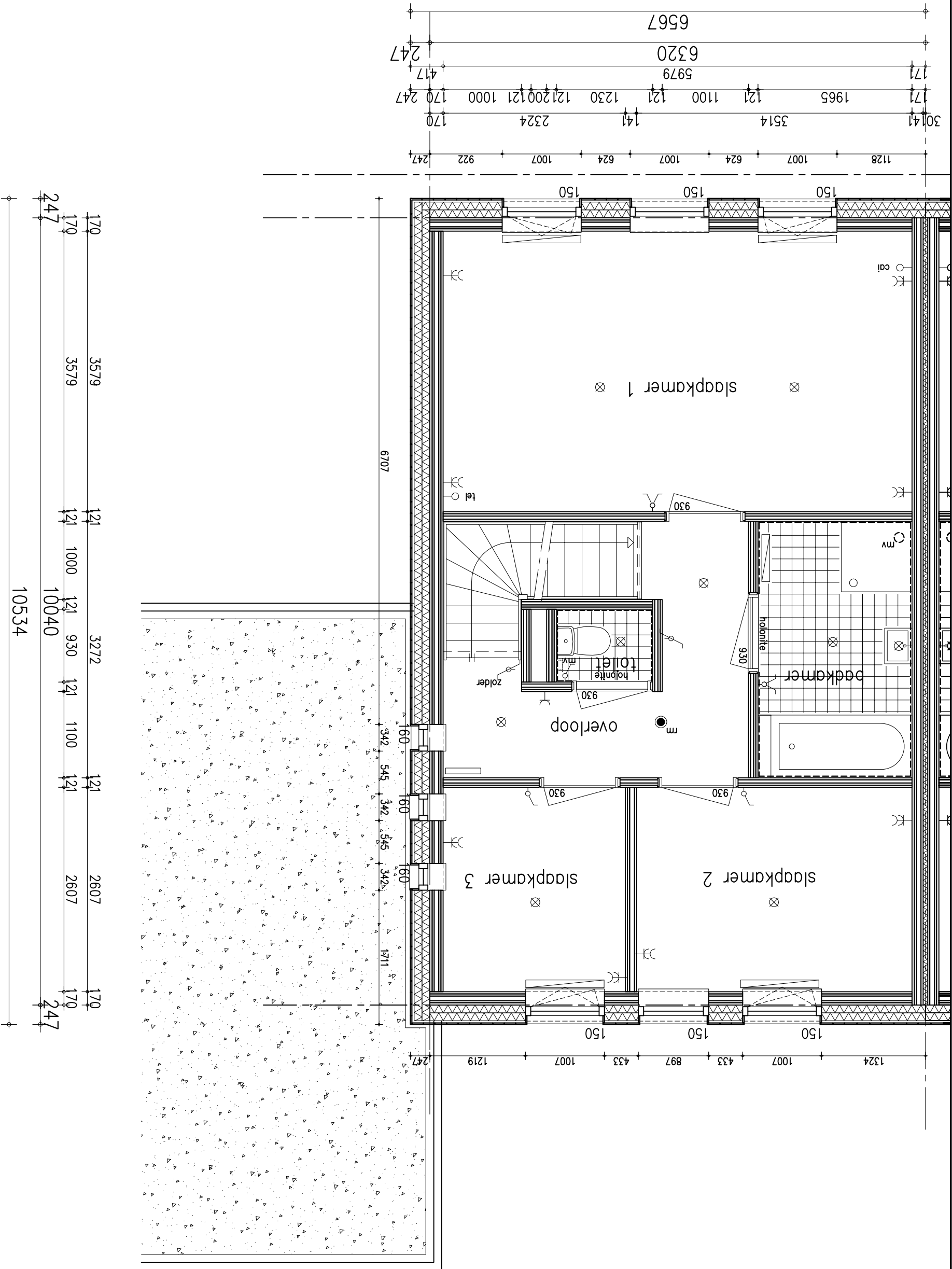
De onderzoeksrapporten zijn niet als bijlage toegevoegd aan het verslag. Indien gewenst kunnen ze worden opgevraagd bij de importeur via www.bouwpuur.nl



Begane grond

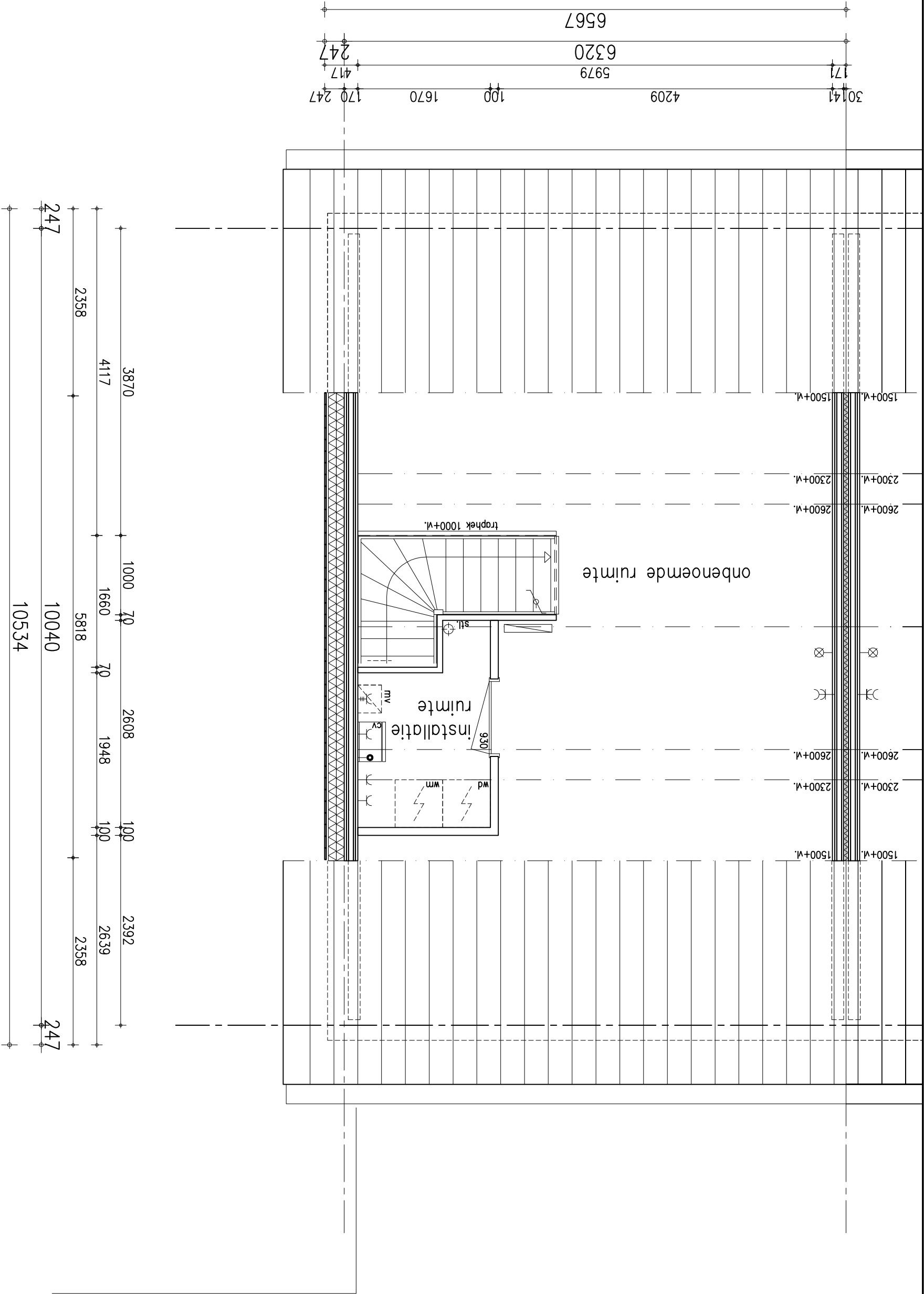
Project	Referentiewoning	Projectnummer	1539480
Onderwerp	Uitvoering	Schaal	1:50
	Plattegronden	Datum	10-08-2010
	Begane grond	Wijziging	

1e verdieping

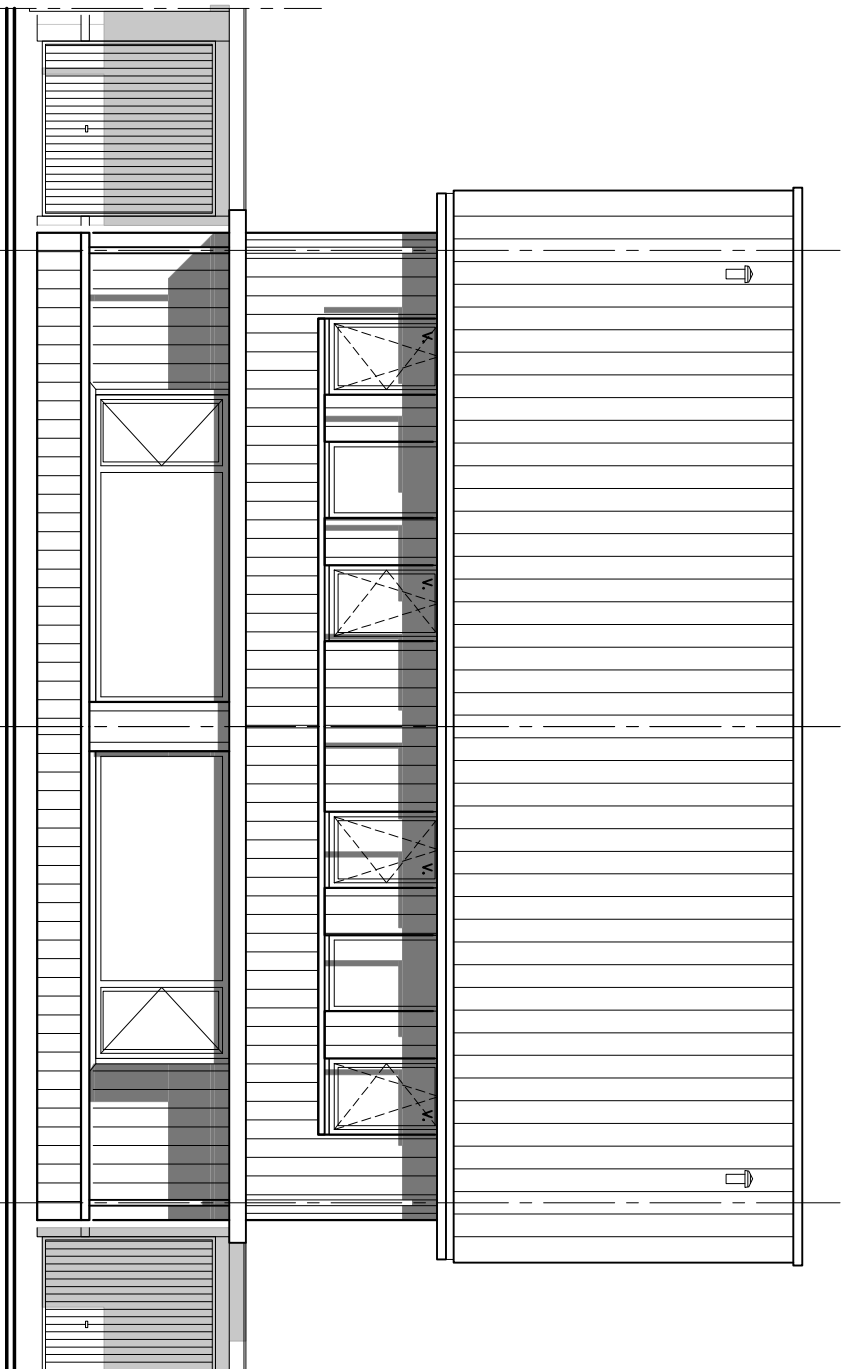


Project	Referentiewoning	Projectnummer	1539480
Onderwerp	Uitvoering	Schaal	1:50
	Plattegronden	Datum	10-08-2010
	1e verdieping	Wijziging	

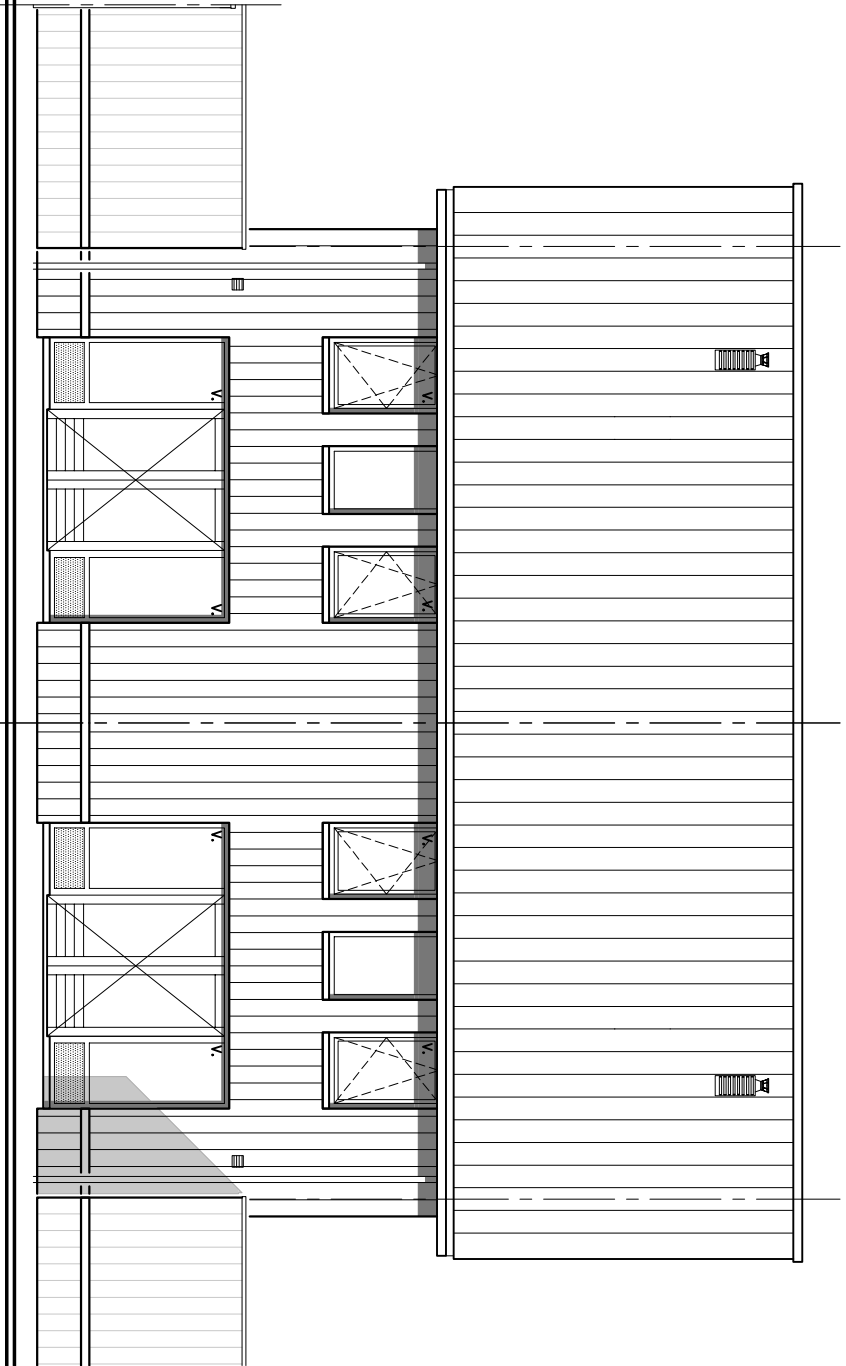
2e verdieping



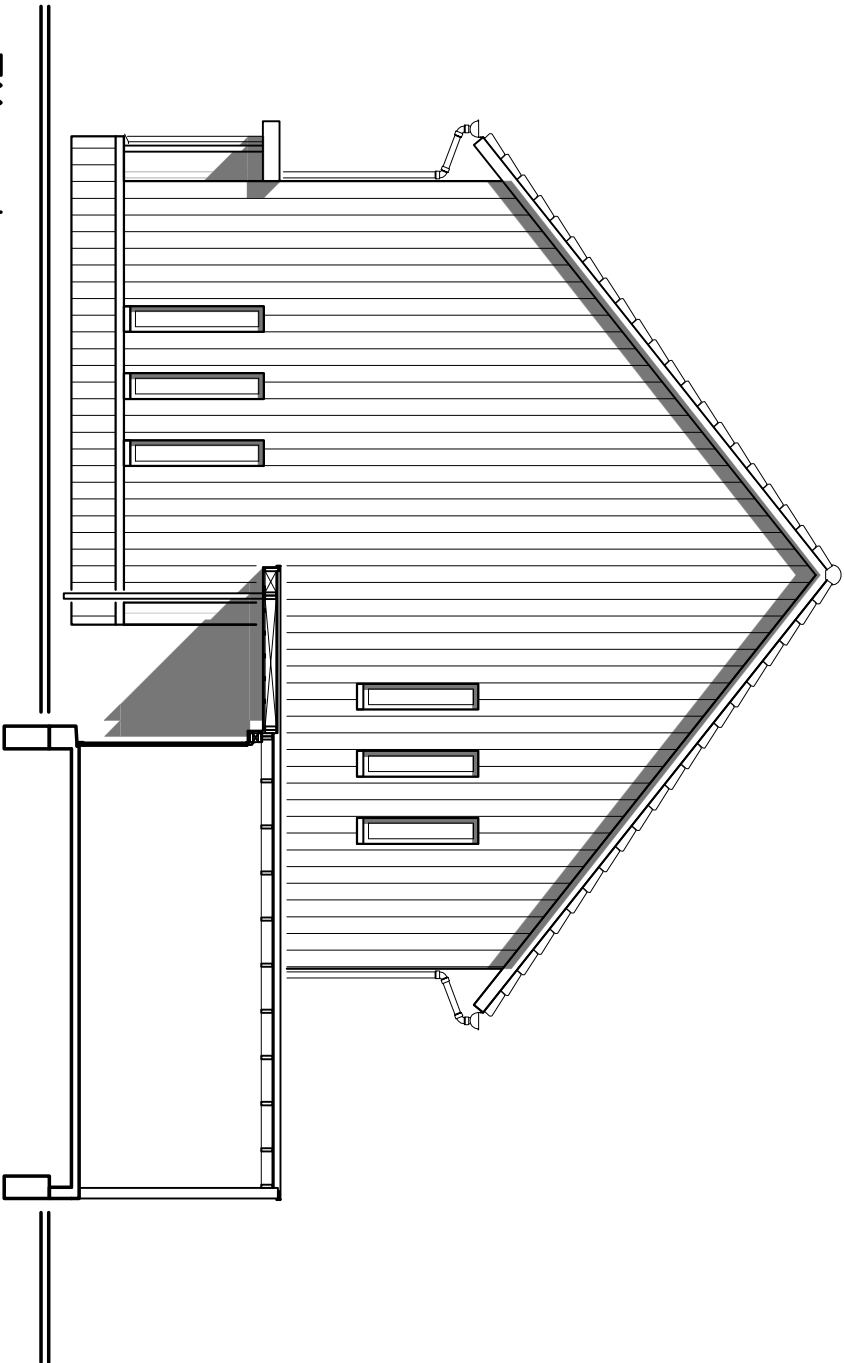
Project	Referentiewoning	Projectnummer	1539480
Onderwerp	Uitvoering	Schaal	1:50
	Plattegronden	Datum	10-08-2010
	2e verdieping	Wijziging	



Voorgevel

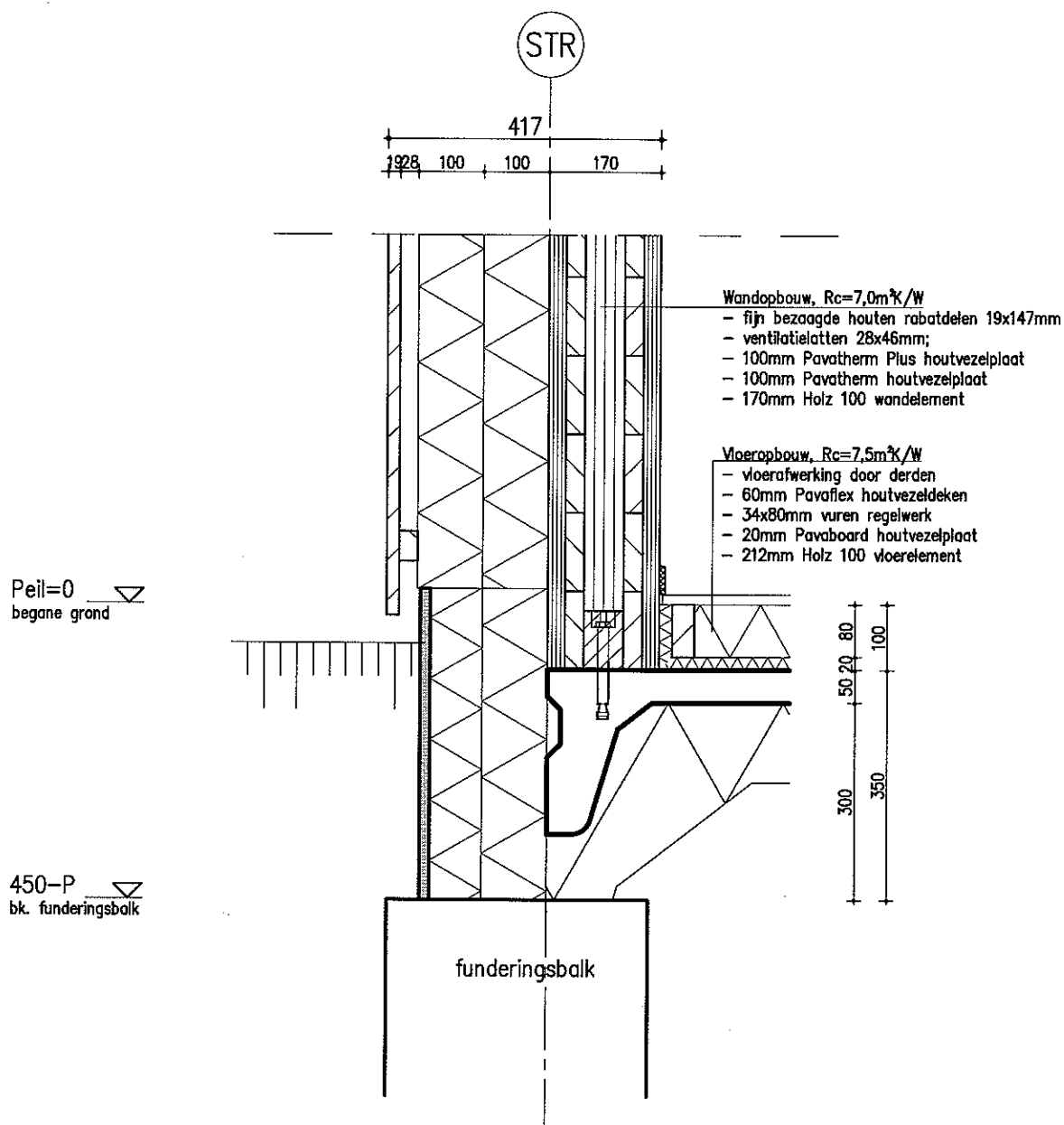


Achtergevel



Zijgevel

Project	Referentiewoning	Projectnummer	1539480
Onderwerp	Uitvoering	Schaal	1:100
	Gevelanzichten	Datum	10-08-2010
		Wijziging	



Project Referentiewoning

Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480

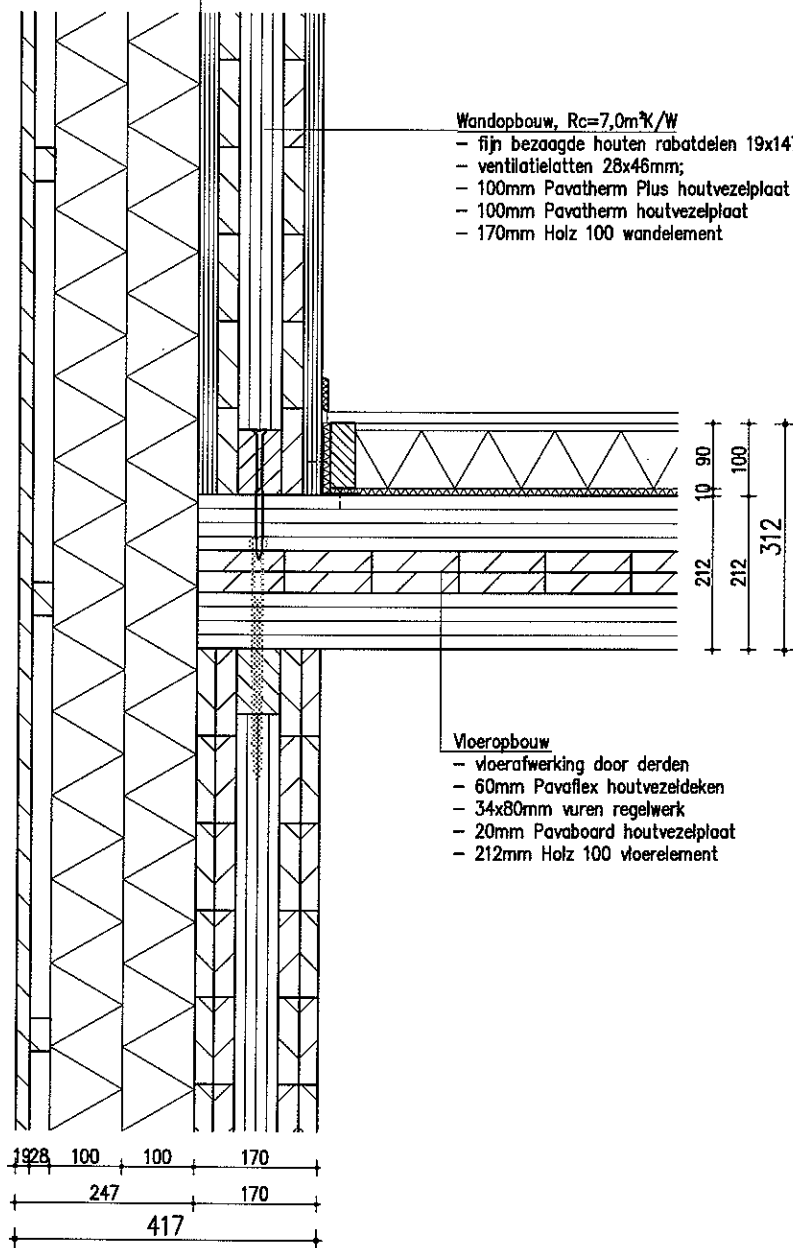
Schaal 1:10

Datum 10-08-2010

Wijziging

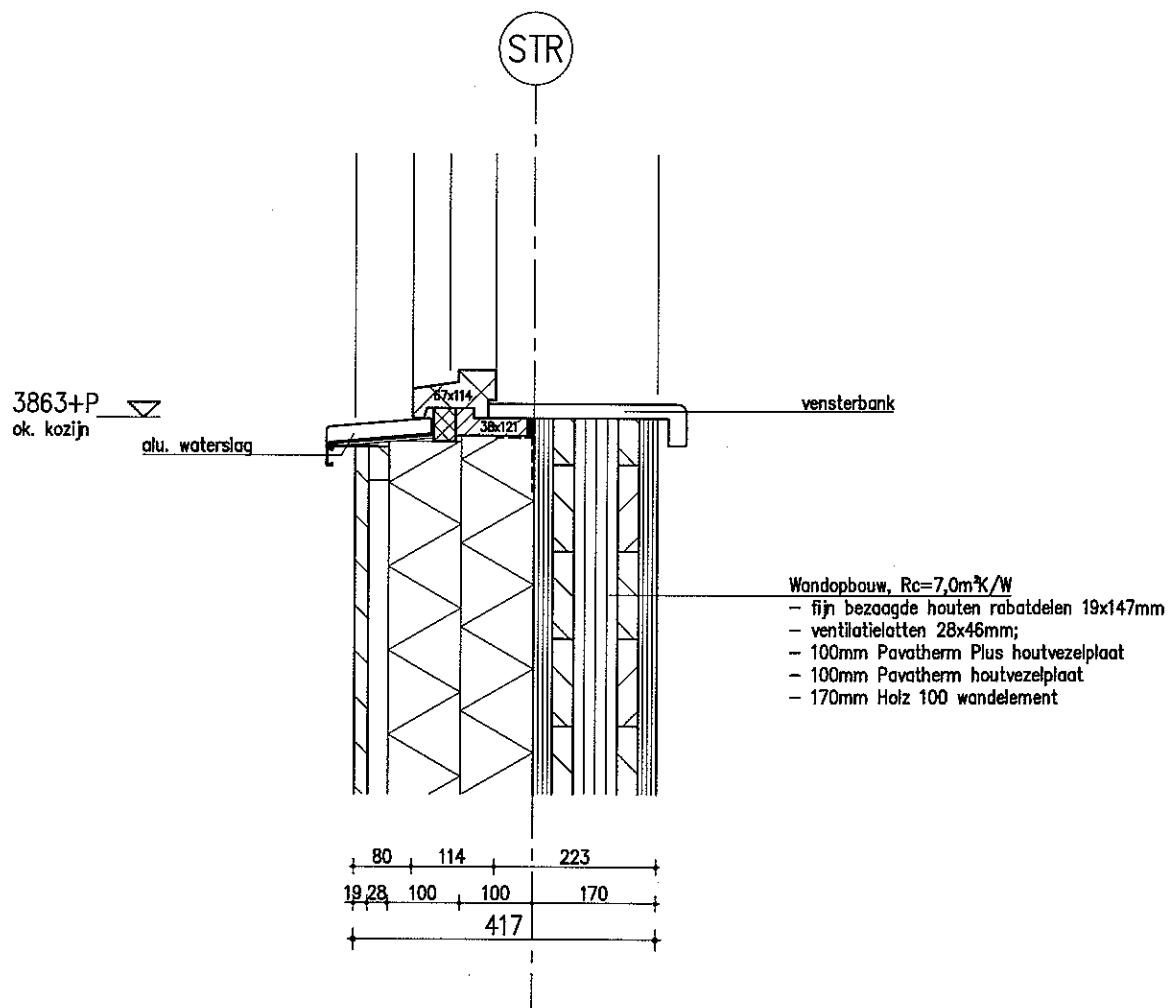
3000+P
1e verdieping

STR



Project Referentiewoning
Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480
Schaal 1:10
Datum 10-08-2010
Wijziging



Project Referentiewoning

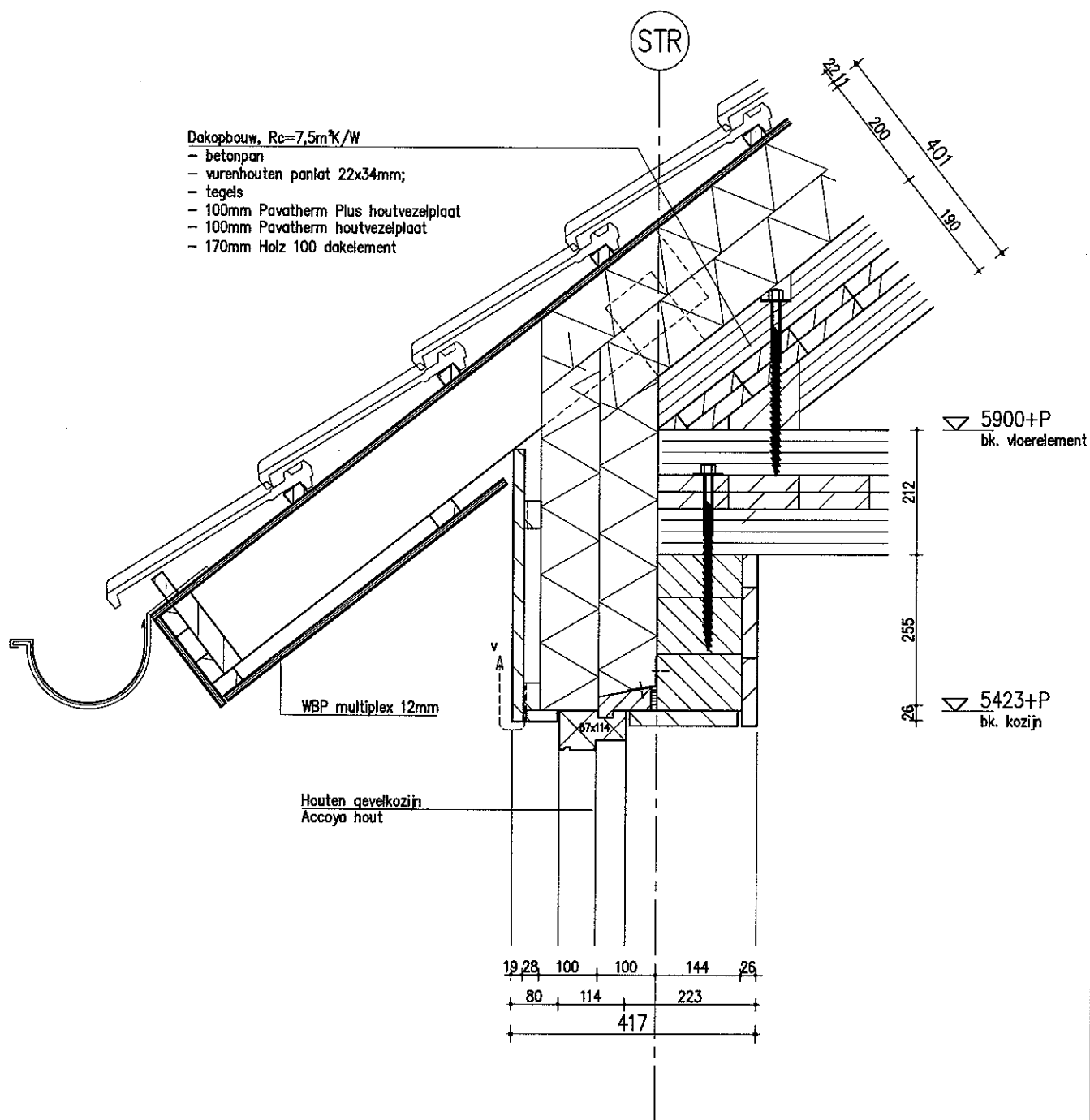
Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480

Schaal 1:10

Datum 10-08-2010

Wijziging



Project Referentiewoning

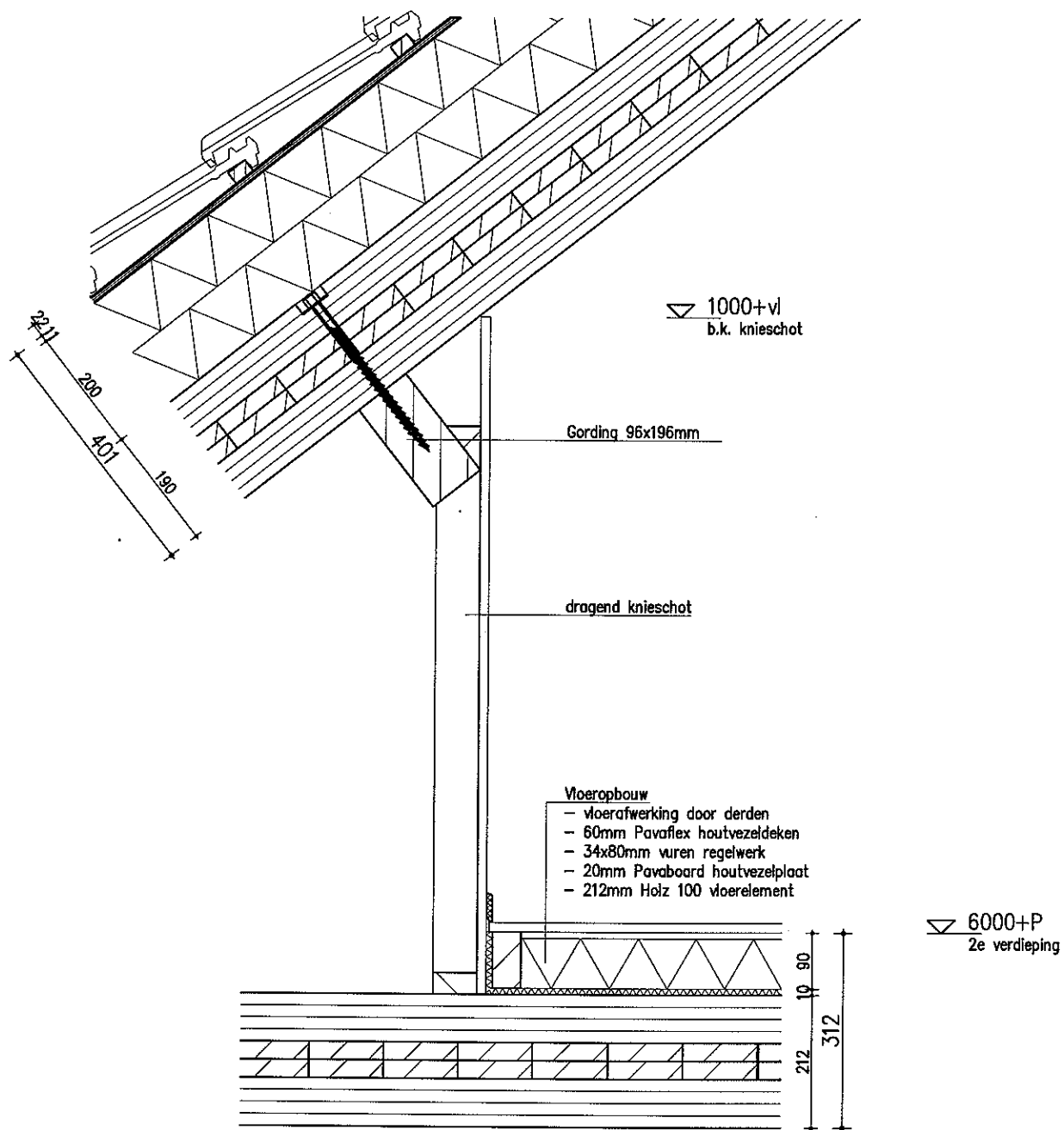
Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480

Schaal 1:10

Datum 10-08-2010

Wijziging



Project Referentiewoning

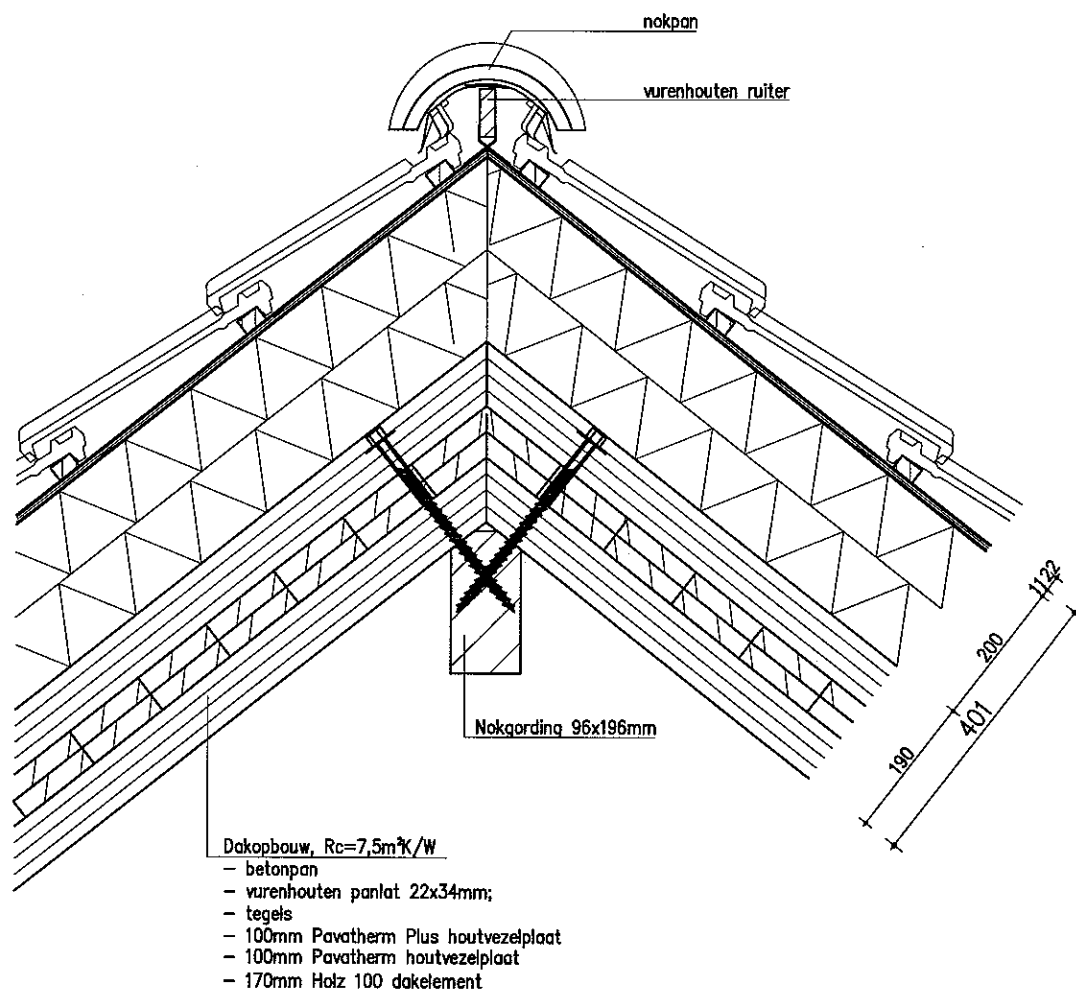
Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480

Schaal 1:10

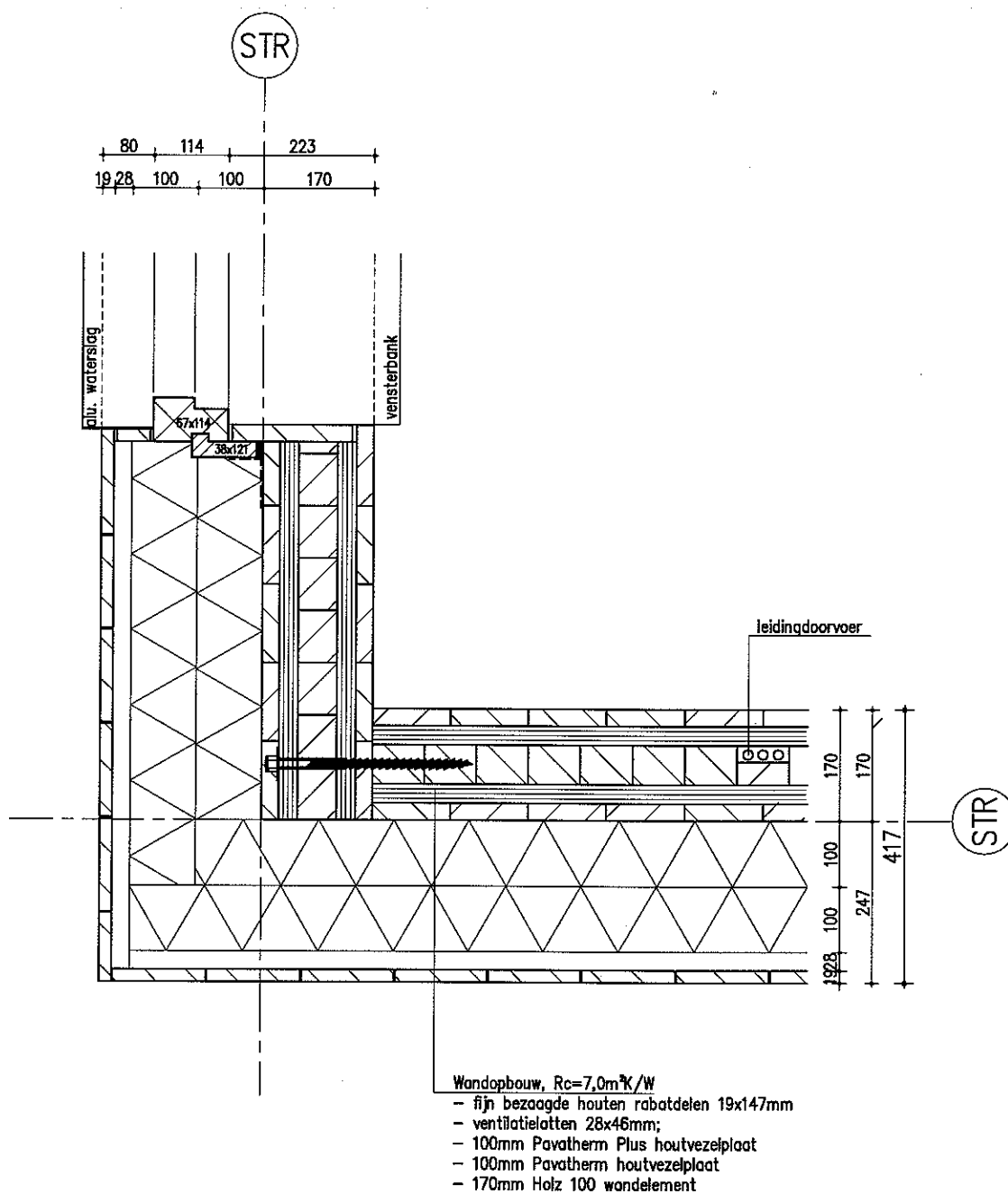
Datum 10-08-2010

Wijziging



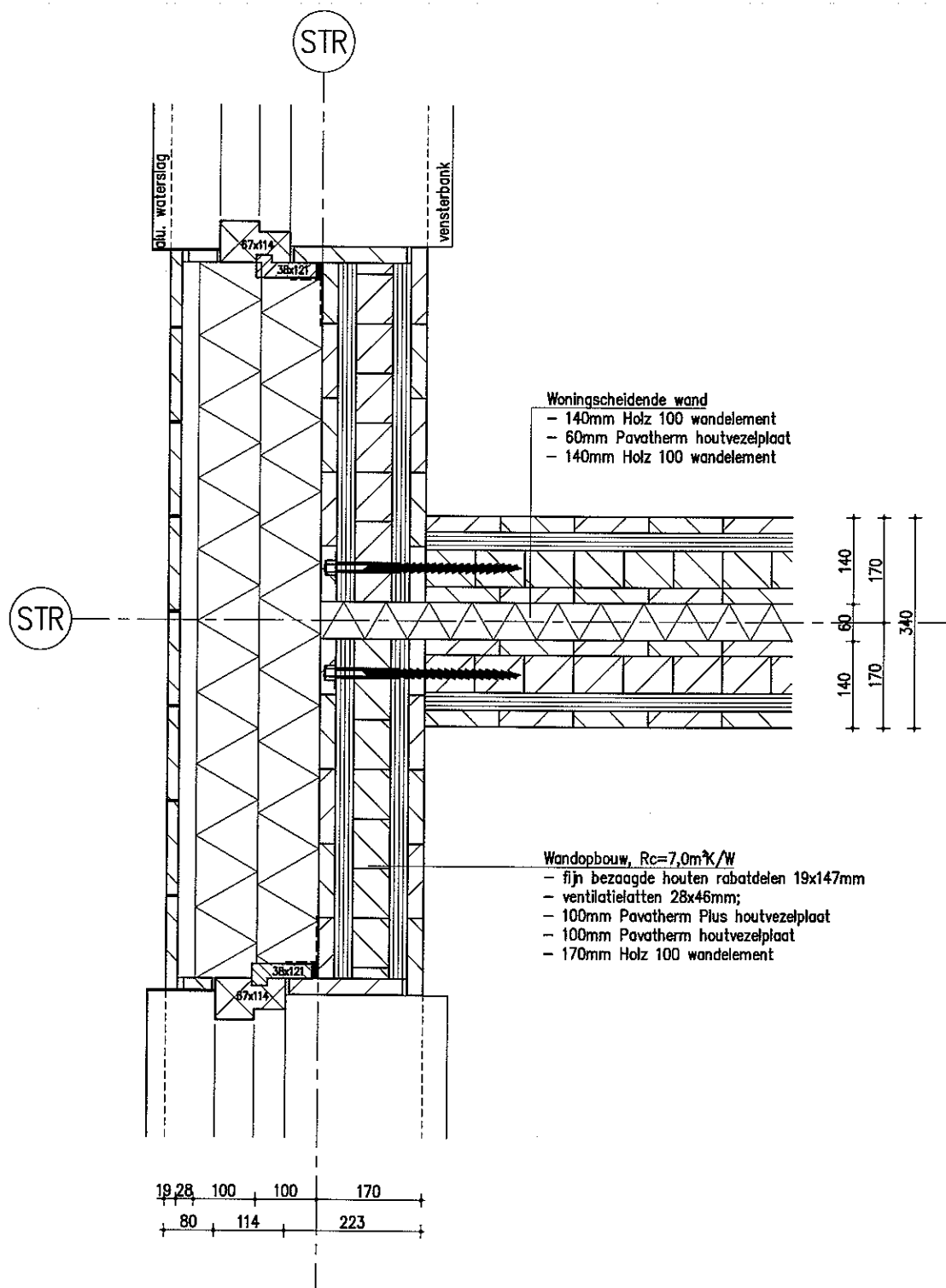
Project Referentiewoning
Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480
Schaal 1:10
Datum 10-08-2010
Wijziging



Project Referentiewoning
Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480
Schaal 1:10
Datum 10-08-2010
Wijziging



Project Referentiewoning

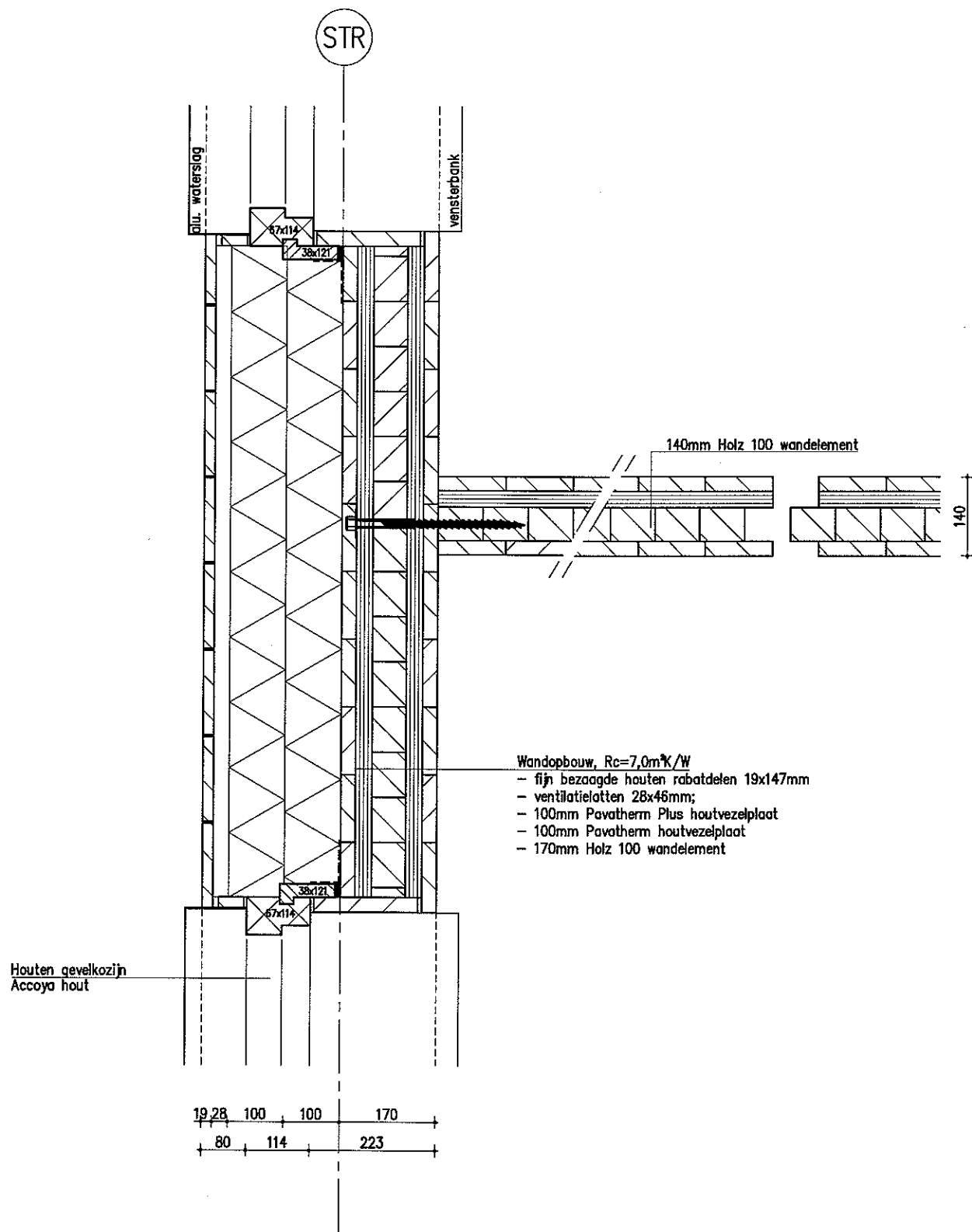
Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480

Schaal 1:10

Datum 10-08-2010

Wijziging



Project Referentiewoning

Onderwerp Uitvoering
Details

Projectnummer 1539480

Schaal 1:10

Datum 10-08-2010

Wijziging

Bijlage 2 Calculaties

Deel 1 Calculatie Holz 100 bouwsysteem

Calculatie referentiewoning
Systeem : Holz 100
Datum : 4 augustus 2010

Rekenuurloon € 34,85
Uurloon incl. opslag € 35,00
Opslag uurloon 0,44%
Opslag materiaal 10,00%
Opslag onderaann. 7,00%

code	omschrijving	aantal eenh.	soort eenh.	norm.	arbeid		materialen		onderaann.		steppen		prijs/ eenheid	TOTAAL
					tot.	norm.	eenh.	tot.	eenh.	tot.	eenh.	tot.		
1	Algemeen en Bouwplaatsinrichting													
1 0 0 1	plaatsen reclamebord middels spanframe samengesteld uit		m ²											
1 0 0 2	aluminium buizen voorzien van spandoek met digitale prints van 4		1 st	4,00			150,00	150,00					305,00	305,00
1 0 0 3	logo's													
1 0 0 4	plaatsen en verwijderen bouwhekken		50 m ¹										6,90	345,00
1 0 0 5	transportkosten aan- en afvoer bouwhekken		1 ps	0,15			65,00	65,00					71,50	302,50
1 0 0 6	plaatsen onderaannemersaansluiting		5 wk				55,00	275,00					60,50	151,25
1 0 0 7	plaatsen chemisch toilet		5 wk				27,50	137,50					30,25	70,00
1 0 0 8	opruimen tijdens bouw		5 wk										229,90	229,90
1 0 1 0	bouw- en sloophet containers 4m ³ . Eventueel afvoer afval		1 st	2,00			209,00	209,00					0,72	143,00
1 0 1 1	derden voor rekening en door derden												308,00	308,00
1 0 1 2	opleveringsschoonmaak bezemschoon		200 m ²				0,65	130,00					1400,00	2.800,00
1 0 1 5	opleveringsschoonmaak nat van sanitair en tegelwerk		1 ps				280,00	280,00						
1 0 1 6	begeleiding door werkvoorbereider.		2 wk	40,00										
1 0 1 7														
					101,50		1.321,50						5.006,15	
5	Betonwerk													
5 0 0 1	digitaal uitzetten helpalen middels piken		20 st										17,98	359,52
5 0 0 2	aan- en afvoerkosten heikelling paalt udering		1 ps										1.872,50	1.872,50
5 0 0 3	prefab betonpalen afm. 290x290x7750mm		10 st				15,00	150,00					16,50	165,00
5 0 0 4	tilvoegen van bovenstaande helpalen in 1 fase		1 ps										3.830,60	3.830,60
5 0 0 5	kalkenden tijdens heien betonpalen		10 st	0,3									11,20	112,00
5 0 0 6	aanbrengen aandingsstaaf t.b.v. e-installatie		2 st										25,68	51,36
5 0 0 7	doormeten 25% van de helpalen op breuk		8 at				6,79	54,30					12,82	102,53
5 0 0 8	koppensnelen betonpalen inclusief afvoeren puin		2 st										25,68	51,36
5 0 0 9	aanbrengen haringen 1 stuks per 1200mm		35 m ¹	0,1			0,94	32,90					2,78	97,44
5 0 1 1	aanbrengen vuren onderregels 45x75mm		70 m ¹	0,1			1,07	74,90					4,33	302,89
5 0 1 2	aanbrengen EPS bekisting 400x500x500mm		35 m ¹	0,2			18,54	648,90					27,39	958,79
5 0 1 3	aanbrengen EPS bekisting 45x75mm		17 st	0,4			18,54	315,18					34,39	584,70
5 0 1 4	aanbrengen bovenregels 45x75mm		150 m ¹	0,1			1,09	163,50					4,35	652,35
5 0 1 5	verwijderen bovenregels en regels		75 m ¹	0,1			1,01	75,75					2,66	214,58
5 0 1 6	aanbrengen korfbegels en regels		1450 kg										1,28	1.861,80
5 0 1 8	storten en verdichten beton C20/25 MK2		8,75 m ³	0,6			90,00	787,50					120,00	1.050,00
5 0 1 9	huur materieel tijdens betonstorten		8,75 m ³										10,17	88,94
5 0 2 0	aanbrengen opleggrubber 8mm dik		105,3 m ¹	0,1			1,20	127,56					3,07	326,34
5 0 2 1	aanbrengen bitasesselfdeur geïsoleerd t.b.v. vloeren beg. grond		85,2 m ²	0,1			23,10	2.479,32					35,16	2.985,83
5 0 2 2	woninggarage													
					60,53		4.909,81						7.625,13	15.678,33

Rekenuurloon
Uurloon incl. opslag € 34,85
Opslag uurloon € 35,00
Opslag materiaal 0,44%
Opslag onderaann. 10,00%
Opslag onderaann. 7,00%

Calculatie referentiewoning
Systeem : Holz 100
Datum : 4 augustus 2010

code	omschrijving	aantal eenh.	soort eenh.	arbeid		materialen		onderaann.		subposten		prijs/ eenheid	TOTAAL
				norm	total	eenh.	total	eenh.	total	eenh.	total		
6 0 0 1	Casco uitgevoerd in Holz 100 elementen	1	st										
6 0 0 2	Holz 100 buitenwanden en wandscheidende wand	1	ps										
6 0 0 3	Holz 100 verdieplingsvloeren, 212mm elementen zonder afwerking	1	ps										
6 0 0 4	Holz 100 daklement, 190 mm zonder afwerking	1	ps										
6 0 0 5	Holz 100 binnenwanden, 120 mm zonder afwerking	1	ps										
6 0 0 5	Holz 100 binnenwanden, 140 mm zonder afwerking	1	ps										
6 0 0 5	Montage casco woning	1	ps										
6 0 0 5	Montage binnenwanden	1	ps										
6 0 0 6	Transport en engineering	1	ps										
6 0 0 7	Holz 100 buitenwanden ten behoeve van de garage	1	ps										
6 0 0 8	aanbrengen stieper	1	ps										
6 0 0 7	aanbrengen kleding	1	ps										
6 0 1 0	niet genoemde werkzaamheden/handelingen niet opgenomen !												
													123.503,86
8 0 0 1	Buitengevel afwerking												
8 0 0 1	Woning:												
8 0 0 2	Isolatie, 100mm Pavattherm houtvezelplaat	120	m²	0,09	10,8	23,88	2.863,20						
8 0 0 2	Isolatie, 100mm Pavattherm Plus houtvezelplaat	120	m²	0,09	10,8	31,00	3.720,00						
8 0 0 3	ventilatiekleppen, geschaafd vuren 28x46mm	398	m¹	0,05	19,9	0,35	138,30						
8 0 0 4	houten rabatdelen 19x142, lijnbezaagd, verticaal	792	m¹	0,05	39,6	4,50	3.564,00						
8 0 0 5	bevestigingsmateriaal	1	ps			125,00	125,00						
8 0 0 7	Garage												
8 0 0 7	ventilatiekleppen, geschaafd vuren 28x46mm	50,64	m¹	0,05	2,5	0,35	17,72						
8 0 0 8	houten rabatdelen 19x142, lijnbezaagd, verticaal	100	m¹	0,05	4,8	4,50	450,00						
8 0 0 9	bevestigingsmateriaal	1	ps			50,00	50,00						
8 0 1 1	niet genoemde werkzaamheden/handelingen niet opgenomen !												
													15.081,83
													123.503,86

Rekenurloon
Uurloon incl. opslag € 34,85
Opslag uurloon € 35,00
Opslag materiaal 0,44%
Opslag onderaann. 10,00%
Opslag onderaann. 7,00%

Calculatie referentiewoning
Systeem : Holz 100
Datum : 4 augustus 2010

code	omschrijving	aantal leenh.	soort leenh.	arbeid		materialen		onderaann.		stelposten		prijs/ eenheid	TOTAAL
				norm.	totaal	eenh.	totaal	eenh.	totaal	eenh.	totaal		
9 0 0 1	Ruwbouw timmerwerk												
9 0 0 1	Garage	49,5 m ²		0,14	6,9	3,66	181,17	-	-	-	-	8,93	-
9 0 0 2	vuren balklaag 59x146mm h.o.h. 610mm t.b.v. garage	28,4 m ²		-	-	7,95	225,78	-	-	-	-	8,76	441,84
9 0 0 3	aankoop onderlayment 18mm	28,4 m ²		0,25	7,1	-	-	-	-	-	-	8,75	246,36
9 0 0 4	aanbrengen onderlayment dakplaat op baklagen platte daken	1 ps		-	-	65,00	65,00	-	-	-	-	71,50	71,50
9 0 0 6	bevestigingsmiddelen als ijzerwaren												
9 0 0 8	Dik												
9 0 0 9	vuren balklaag 59x146 h.o.h. 610mm t.b.v. overstek	28 m ²		0,28	7,3	6,75	175,50	-	-	-	-	17,23	-
9 0 1 0	vuren ventilatiedak 19x35	52 m ²		0,14	7,3	0,35	18,20	-	-	-	-	5,23	447,85
9 0 1 1	18mm Okumé multiplex afwerking overstek	21 m ²		0,40	8,4	21,00	441,00	-	-	-	-	37,10	274,82
9 0 1 5	aanbrengen ruiter vuren balklaag 71x246mm	6,3 m ²		0,28	1,8	8,70	56,55	-	-	-	-	19,37	779,10
9 0 1 6	isolatie, 2x 100mm Pavatherm houtvezelplaat	100 m ²		0,15	15,0	47,72	4.772,00	-	-	-	-	57,74	125,91
9 0 1 6	aanbrengen vurenhouten lengels	160 m ²		0,07	11,2	2,10	336,00	-	-	-	-	4,76	5.774,20
9 0 1 7	aanbrengen vurenhouten panlat	286 m ²		0,07	20,0	1,95	557,70	-	-	-	-	4,60	781,60
9 0 1 8	bevestigingsmiddelen als ijzerwaren	1 ps		-	-	250,00	250,00	-	-	-	-	275,00	1.314,17
9 0 2 0	Knieschot												275,00
9 0 2 1	vuren regelwerk 50x75mm	25,2 m ²		0,07	1,8	1,63	41,08	-	-	-	-	4,24	106,92
9 0 2 1	vuren regelwerk 38x75mm	40,95 m ²		0,07	2,9	1,08	44,23	-	-	-	-	3,64	146,96
9 0 2 2	12mm spaanplaat	12,5 m ²		0,05	0,6	3,31	41,71	-	-	-	-	5,39	67,93
9 0 2 3	bevestigingsmiddelen als ijzerwaren	1 ps		-	-	25,00	25,00	-	-	-	-	27,50	27,50
9 0 2 5	niet genoemde werkzaamheden/handelingen niet opgenomen!												
				90,29		7.230,91						11.114,17	
17 0 0 1	Dak/voeren en vloersystemen												
17 0 0 1		st											
17 0 0 2	Pavapor-contactgeluidisolatie 16mm	191 m ²		0,03	5,7	5,87	1.121,17	-	-	-	-	7,51	1.433,84
17 0 0 3	aanbrengen 48x66mm vuren balkhout	383,1 m ²		0,03	11,5	2,08	796,85	-	-	-	-	3,34	1.278,79
17 0 0 4	leveren en aanbrengen Pavaflex 60mm tussen het balkhout	191 m ²		0,05	9,6	8,63	1.648,33	-	-	-	-	11,24	2.147,41
17 0 0 7													
17 0 0 8	niet genoemde werkzaamheden/handelingen niet opgenomen!												
				28,8		3.568,35						4.860,04	

Totaal exclusief BTW		365,94	27957,79	128656,59	0,00	€ 181.224,18
0,00%	A.B.K.	van	181.224,18			-
10,00%	opslag winst / risico	van	181.224,18			18.122,42
0,40%	C.A.R.-verzekering	van	193.346,59			797,39
Totaal gecalculeerd inkl. staarkosten						€ 200.143,98
Stelposten						-
Totaal gecalculeerd inkl. stelposten						€ 200.143,98
19,00%	B.T.W.	van	200.143,98			38.027,35
Totaal Inclusief BTW						€ 238.171,34

Bijlage 2 Calculaties

Deel 2 Calculatie traditionele bouwsysteem

Rekenuurloon	€ 34,85
Opslag uurloon	0,44%
Opslag materiaal	10,00%
Opslag onderaann.	7,00%
A.B.K.	0,00%
Opslag winst/risico	10,00%
C.A.R.-verzekering	0,40%

Rekenuurloon € 34,85
Uurloon incl. opslag € 35,00
Opslag uurloon 0,44%
Opslag materiaal 10,00%
Opslag onderaann. 7,00%

code	omschrijving	aantal eenh.	soort eenh.	arbeid		materialen		onderaann.		subposten		prijs/ eenheid	TOTAAL
				norm.	totaal	eenh.	totaal	eenh.	totaal	eenh.	totaal		
0 0 0 1	Voorbereiding		m²										
0 0 0 2	Opstellen uitvoeringstekeningen	1	ps					7.250,00	7.250,00			7.757,50	7.757,50
0 0 0 3	Opstellen van constructie berekeningen	1	ps					2.800,00	2.400,00			2.568,00	2.568,00
								10.050,0	9.650,0			10.325,5	10.325,5
1 0 0 1	Algemeen en Bouwplaatsinrichting												
1 0 0 2	plaatsen reclamebord middels spanframe samengesteld uit aluminium buizen voorzien van spandoek met digitale prints van 4 logo's	1	st	4,00	4,0	150,00	150,00					305,00	305,00
1 0 0 3	plaatsen en verwijderen bouwhekken	50	m²	0,15	7,5	1,50	75,00					6,90	345,00
1 0 0 4	transportkosten aan- en afvoer bouwhekken	1	ps			65,00	65,00					71,50	71,50
1 0 0 5	plaatsen onderaannemers/schafsteek	12	wk			55,00	660,00					60,50	726,00
1 0 0 6	plaatsen chemisch toilet	12	wk			27,50	330,00					30,25	363,00
1 0 0 9	opruimen tijdens bouw	12	wk	2,00	24,0							70,00	840,00
1 0 1 0	bouw- en sloppakal containers 4m². Eventueel afvoer afval	4	st			209,00	836,00					229,90	919,90
1 0 1 1	derden voor rekening en door derden												
1 0 1 2	opleveringsschoonmaak bezemschoon	200	m²			0,65	130,00					0,72	143,00
1 0 1 5	opleveringsschoonmaak nat van sanitair en tegelwerk	1	ps			280,00	280,00					308,00	308,00
1 0 1 7	begleiding door werkvoorbereider.	3,5	wk	40,00	140,0							1.400,00	4.900,00
1 0 2 3	niet genoemde werkzaamheden/handelingen niet opgenomen!		p.m.										
1 0 2 4			ps										
					175,5		2.526,00						8.921,10
5 0 0 1	Betonwerk		st										
5 0 0 2	digitaal uitzetten helpen middels piketten	20	st									17,98	359,52
5 0 0 3	aar- en afvoerkosten heistelling paalfundering	1	ps					16,80	336,00			1.872,50	1.872,50
5 0 0 4	prefab betonpalen afm.200x290x7750mm¹	16	st			15,00	240,00	1.750,00	1.750,00			16,50	264,00
5 0 0 5	uitvoeren van bovenstaande heuwerken in 1 fase	1	ps					3.580,00	3.580,00			3.830,60	3.830,60
5 0 0 6	kalenderen tijdens heien betonpalen	12	st	0,32	3,8							11,20	134,40
5 0 0 7	aanbrengen aardingstaaf t.b.v. e-instalatie	2	st					24,00	48,00			25,68	51,36
5 0 0 8	doormeten 25% van de heipalen op breuk	12	st			6,79	81,45	5,00	60,00			12,92	153,80
5 0 0 9	koppensnellen betonpalen inclusief afvoeren puin	3	st					24,00	72,00			26,68	77,04
5 0 1 1	aanbrengen haaien 1 stuks per 1200mm	35	m²	0,05	1,8	0,94	32,90					2,78	97,44
5 0 1 2	aanbrengen vuren onderregels 45x75mm	70	m²	0,09	6,3	1,07	74,90					4,33	302,89
5 0 1 3	aanbrengen EPS bekisting 400/500x500mm	35	m²	0,20	7,0	18,54	648,90					27,39	958,79
5 0 1 4	aanbrengen EPS bekisting-hoekstukken	17	st	0,40	6,8	18,54	315,18					34,39	584,70
5 0 1 5	aanbrengen bovenregels 45x75mm	150	m²	0,09	13,5	1,09	163,50					4,35	652,35
5 0 1 6	verwijderen bovenbeugels en regels	75	m²	0,05	3,8	1,01	75,75					2,86	214,58
5 0 1 8	aanbrengen korfwapening 80kg/m²	1450	kg					1,20	1.740,00			1,28	1.861,80
5 0 1 9	storten en verdichten beton C20/25 MK2	8,75	m²	1,20	10,5	90,00	787,50					141,00	1.233,75
5 0 2 0	huur materiaal tijdens betonstorten	8,75	m²					9,50	83,13			10,17	88,94
5 0 2 2	aanbrengen opleggrubber 8mm dik	106,3	m²	0,05	5,3	1,20	127,58					3,07	326,34
5 0 2 3	aanbrengen afbassisevloer geïsoleerd t.b.v. vloeren bag grond woning/garage	95,2	m²	0,09	7,7	29,10	2.479,32					35,16	2.895,63
5 0 2 4	aanbrengen raafelijzers ruggatparing e.d.	2	st	2,00	4,0	147,90	285,80					232,69	465,38
5 0 2 6	aanbrengen vloerandbeveiliging	52,3	m²	0,18	9,4	2,50	130,75					9,05	473,32

Rekenurloon
 Uurloon incl. opslag
 Opslag uurloon
 Opslag materiaal
 Opslag onderaann.

€ 34,85
 € 35,00
 0,44%
 10,00%
 7,00%

Calculatie referentiewoning
 Systeem : Traditionele bouwstelsel
 Datum : 4 augustus 2010

code	omschrijving	aantal eenh.	soort eenh.	arbeid		materialen		onderaann.		subposten		prijs/ eenheid	TOTAAL
				norm.	total	eenh.	total	eenh.	total	eenh.	total		
0 0 0 1	Voorbereiding												
0 0 0 2	Opstellen uitvoeringstekeningen	1 ps	1 ps	-	-	-	-	7.250,00	7.250,00	-	-	7.757,50	7.757,50
0 0 0 3	Opstellen van constructie berekeningen	1 ps	1 ps	-	-	-	-	2.900,00	2.900,00	-	-	2.968,00	2.968,00
								10.050,0	9.650,0	-	-	10.325,5	10.325,5
5 0 2 7	bevestigingsmiddelen als ijzerwaren e.d.	1 ps	1 ps	-	-	125,00	125,00	-	-	-	-	137,50	137,50
5 0 2 8	huren kraan onderdelen voor vloerleggen	3 kru	3 kru	-	-	-	-	78,00	234,00	-	-	83,46	250,38
5 0 2 9	aanbrengen spaarngen	1 ps	1 ps	-	-	-	-	271,00	271,00	-	-	289,97	289,97
5 0 3 0	aanbrengen spaarngen	3,20 m²	3,20 m²	1,05	5,3	90,00	286,00	-	-	-	-	156,75	501,60
5 0 3 3	aanbrengen badningen en stempels	125 m²	125 m²	1,00	125,0	3,95	493,75	-	-	-	-	38,35	4.918,13
5 0 3 4	aanbrengen breedplaatvloer 50mm 1e verdieping en zoldervloer	125 m²	125 m²	0,25	31,3	19,85	2.481,25	-	-	-	-	30,59	3.823,13
5 0 3 5	woning	10 kru	10 kru	1,00	10,0	5,05	342,39	78,00	780,00	-	-	118,46	1.194,60
5 0 3 6	aanbrengen randbekisting met ankers	67,8 m²	67,8 m²	0,25	17,0	2,50	169,50	-	-	-	-	14,31	969,88
5 0 3 7	aanbrengen vloerandbeveling	1187 kg	1187 kg	0,18	12,2	2,50	169,50	-	-	-	-	9,05	613,59
5 0 3 8	aanbrengen wapeningsnetten 9,5kg/m²	2 st	2 st	1,50	3,0	27,00	81,00	1,20	1.424,40	-	-	1,28	1.524,11
5 0 4 0	aanbrengen en bekisten spaarngen	13,82 m²	13,82 m²	1,40	19,3	90,00	1.243,80	-	-	-	-	82,20	164,40
5 0 4 1	storten en verdichten beton 1e verdiepingvloer woning	12,05 m²	12,05 m²	1,50	18,1	90,00	1.084,50	-	-	-	-	151,50	2.045,36
5 0 4 2	storten en verdichten beton zoldervloer woning	8 kru	8 kru	-	-	-	-	78,00	624,00	-	-	83,46	1.825,98
5 0 4 3	huren kraan tijdens afstorten	st	st	-	-	-	-	-	-	-	-	-	667,68
5 0 4 4	niet genoemde werkzaamheden/handelingen niet opgenomen !	p.m.	p.m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 0 4 5		ps	ps	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				320,9		11.735,70		11.002,53					35.915,02
6 0 0 1	Metselwerk												
6 0 0 2	aankoop handvorm w/m metselsteen schoon	10,15 dui	10,15 dui	-	-	-	-	350,00	3.552,50	-	-	374,50	3.801,18
6 0 0 3	aanbrengen metselwerk handvorm schoonwerk	17,255 ton	17,255 ton	-	-	62,50	1.078,44	500,00	5.075,00	-	-	535,00	5.430,25
6 0 0 4	metselmortel baksteen inclusief verlies	247 m³	247 m³	-	-	-	-	-	-	-	-	66,75	1.186,28
6 0 0 5	de- en monteren dubbel steiger	7 wk	7 wk	-	-	-	-	13,50	3.334,50	-	-	14,45	3.567,92
6 0 0 6	huur dubbel steiger 247 m²	52 m²	52 m²	-	-	-	-	523,66	3.665,63	-	-	550,32	3.922,23
6 0 0 7	aanbrengen dilatatie in metselwerk	6 kru	6 kru	-	-	1,10	57,20	8,00	416,00	-	-	9,77	508,04
6 0 0 8	huur materiaal t.b.v. voorwerpen metselstenen	541 st	541 st	-	-	0,15	81,15	1,00	541,00	-	-	83,46	500,76
6 0 0 9	aanbrengen spouwankers	32 st	32 st	0,80	25,6	1,70	54,40	-	-	-	-	1,24	688,14
6 0 1 0	stellen profielen ruwbouw buitenmuren	25 st	25 st	0,65	16,3	1,70	42,50	-	-	-	-	29,87	955,84
6 0 1 1	opvoeren profielen ruwbouw binnenmuren	120 m²	120 m²	-	-	-	-	8,25	990,00	-	-	24,62	615,50
6 0 1 2	voegwerk plaatvol geborsteld kleur grijs	2,7 ton	2,7 ton	-	-	62,50	168,75	-	-	-	-	6,93	1.059,30
6 0 1 3	aanbrengen isolatie met Rc7,0m²/KW	135,3 m²	135,3 m²	-	-	28,43	3.846,58	-	-	-	-	68,75	1.853,3
6 0 1 4	aanbrengen EPDM-folie rondom (stel)kozijnen	140 m²	140 m²	-	-	2,63	368,20	4,55	615,62	-	-	36,14	4.889,94
6 0 1 5	aanbrengen 18-ponds lood vochtteringsstrook	40 m²	40 m²	-	-	8,50	340,00	2,25	315,00	-	-	5,30	742,07
6 0 1 6	aanbrengen DPC-folie aansluiting fundering	35 m²	35 m²	-	-	2,63	92,05	8,00	320,00	-	-	17,91	716,40
6 0 1 7	prefab lichtbeton wandelementen, 120mm	120 m²	120 m²	-	-	-	-	2,25	78,75	-	-	185,59	185,59
6 0 1 8	onderdelen van de wandelementen	120 m²	120 m²	0,16	19,2	-	-	37,50	4.500,00	-	-	45,73	5.487,00
6 0 1 9	huurkosten kraan	5 kru	5 kru	0,02	2,4	1,50	180,00	-	-	-	-	2,35	282,00
6 0 2 0	aankoop kalkzandsteen AF 100 en/of elementen 100dik	95 m²	95 m²	-	-	23,00	2.185,00	78,00	390,00	-	-	83,46	417,30
6 0 2 1	aanbrengen metsel en/of lijnwerk kalkzandsteen 100mm vuil	8 m³	8 m³	-	-	26,00	208,00	20,00	1.900,00	-	-	25,30	2.403,50
6 0 2 2	aankoop kalkzandsteen elementen 120dik	8 m³	8 m³	-	-	-	-	-	-	-	-	21,40	2.033,00
6 0 2 3	aanbrengen metsel en/of lijnwerk kalkzandsteen 120mm vuil	250 kg	250 kg	-	-	0,54	135,00	28,00	224,00	-	-	29,96	239,68
6 0 2 4	toeslag metsel en/of lijnmortel	50 m³	50 m³	-	-	-	-	3,50	175,00	-	-	0,59	148,50
6 0 2 5	aanbrengen schragensteiger	25 st	25 st	1,00	25,0	1,70	42,50	-	-	-	-	3,75	187,25
6 0 2 6	stellen profielen ruwbouw binnenmuren	1 ps	1 ps	5,00	5,0	45,00	45,00	-	-	-	-	36,87	921,75
6 0 2 7	spaargngen houden en aanbrengen t.b.v. leidingwerk / spoolies			-	-	-	-	-	-	-	-	224,50	224,50
6 0 2 8	niet genoemde werkzaamheden/handelingen niet opgenomen !			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 0 2 9				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 0 3 0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				93,5		8.924,77		26.561,00					41.508,26

Rekenuurloon
Uurloon incl. opslag
Opslag uurloon
Opslag materiaal
Opslag onderaann.

[illegible]

Rekenuurloon
Uurloon incl. opslag
Opslag uurloon
Opslag materiaal
Opslag onderaann.

€ 34,85
€ 35,00
0,44%
10,00%
7,00%

Calculatie referentiewoning
Systeem : Traditioneel bouwsysteem
Datum : 4 augustus 2010

code	omschrijving	aantal eenh.	soort eenh.	arbeid		materialen		onderaann.		steelposten		prijs/ eenheid	TOTAAL
				norm.	totaal	eenh.	totaal	eenh.	totaal	eenh.	totaal		
0 0 0 1	Voorbereiding		m²										
0 0 0 2	Opstellen uitvoeringstekeningen	1	ps					7.250,00	7.250,00			7.757,50	7.757,50
0 0 0 3	Opstellen van constructie berekeningen	1	ps					2.800,00	2.400,00			2.568,00	2.568,00
								10.050,0	9.650,0			10.325,5	10.325,5
17 0 0 1	Dekvloeren en vloersystemen												
17 0 0 2	reinen vloeren l.b.v. aanbrengen cementdekvloeren	190	m²	0,08	15,2								
17 0 0 3	leveren en aanbrengen zandcementdekvloer D30 dikte 70mm	190	m²					11,25	2.137,50			2,80	532,00
	viakne dsklasse overeenkomstig CUR											12,04	2.287,13
17 0 1 0	niet genoemde werkzaamheden/handelingen niet opgenomen I												
17 0 1 1	Extra montagetijd				15,2				2.137,50				2.819,13
18 0 0 1	Door hoge dichtheid van beton heb je voor diverse onderdelen												
18 0 0 2	(keuzen, trap, trapleuning, regenpijpleen langere montage tijd dat bij het Holz 100 systeem	1	ps					750,00	750,00			802,50	802,50

Totaal exclusief BTW		794,05	36132,92	54104,02	0,00	€ 125.429,39
0,00%	A.B.K.	van	125.429,39			
10,00%	opslag winst / risico	van	125.429,39			12.542,94
0,40%	C.A.R.-verzekering	van	137.972,33			551,89
Totaal gekalkuleerd inkl. staartkosten						€ 138.524,22
Stelposten						
Totaal gecalculeerd inkl. stelposten						€ 138.524,22
19,00%	B.T.W.	van	138.524,22			26.319,60
Totaal Inclusief BTW						€ 164.843,82

