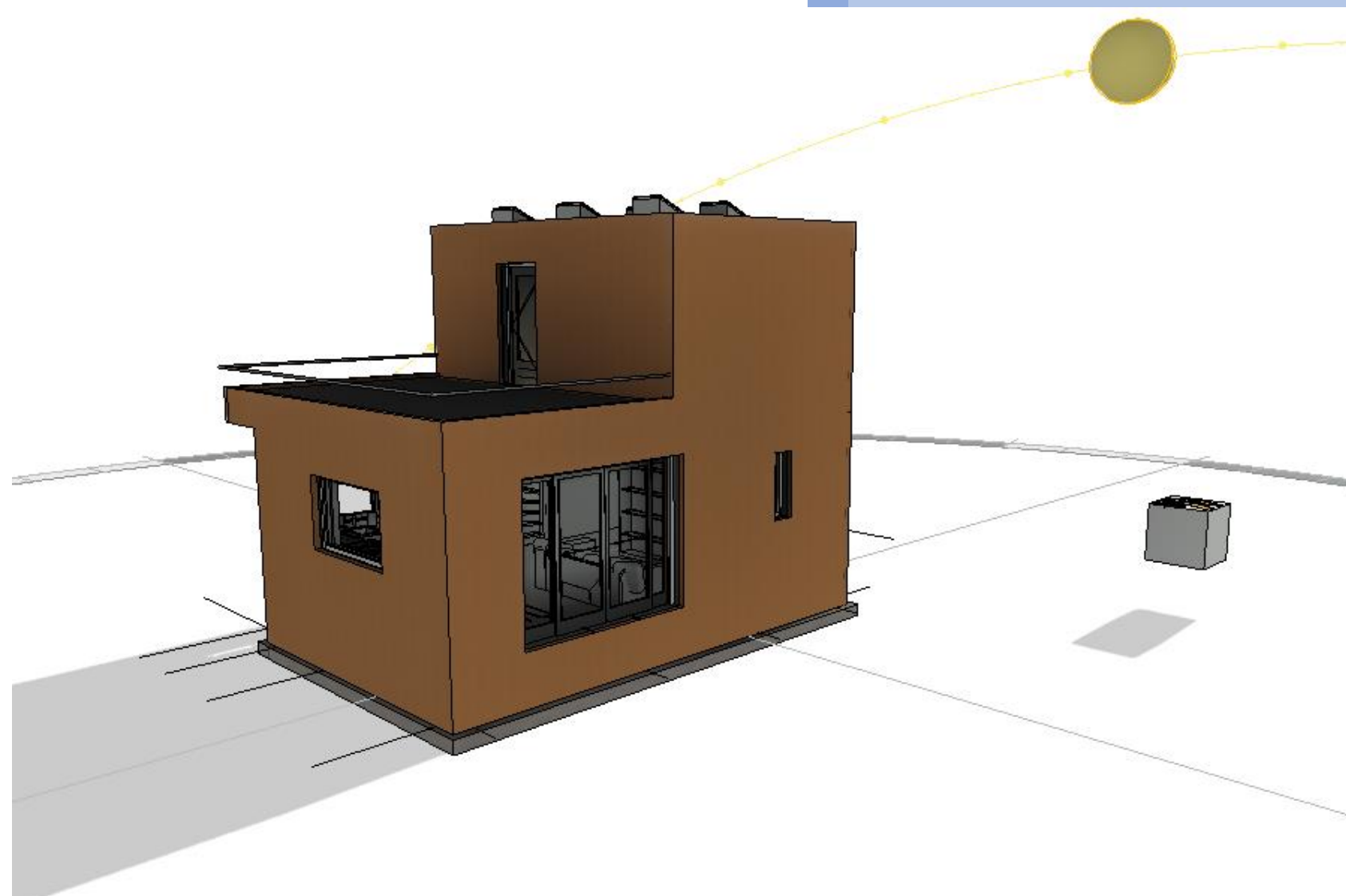


2022

Tiny House



Laura heijmans 5058923

Bouwkunde B1

1-1-2022

Inhoudsopgave

Luchtkwaliteit	2
Duurzaamheid	3
Besparen van energie	3
Energie opwekken	4
Duurzaamheid materiaal	5
Comfortabel	5
Winter en zomer	5
Installaties	6
Het ontwerp	8
De fundering	8
Bouwmethode	9
De wanden	9
De vloer	9
Het dak	9
Openingen	10
Het voorlopige ontwerp	10
Detailtekening	11
.....	11
Maquette	11
Constructies stabiliteit	13
De bouwdelen	13
De overspanning in de vloeren en daken	14
De dragende wanden	14
Constructies latei berekenen	15
De berekening van de latei	15
Bronnenlijst	16

Luchtkwaliteit

De gezondheid binnen het Tiny House is erg van belang. Het binnenklimaat moet gezond en comfortabel zijn, tegenwoordig wordt dit ook steeds belangrijker bij het ontwerpen van een huis. Niet alleen dit wordt belangrijker maar ook het milieuvriendelijk en circulair bouwen. Hiermee wordt bedoeld dat er goed gebruik wordt gemaakt van de materialen. Hergebruik van de grondstoffen staan centraal. Nadat het een aantal keer is hergebruikt, moet het materiaal milieuvriendelijk afgebroken kunnen worden. denk bijvoorbeeld aan biobased bouwen, waarbij materiaal gebaseerd is op de natuur.

Dit kun je onderscheiden in organische materialen zoals hout, voedsel en water, en de technische materialen zoals fossiele brandstoffen, kunststoffen en metalen.

Het doel van bouwfysica is het vermijden van vochtdoorslag, vochtschade, een slecht thermisch binnenklimaat en een akoestisch of visueel comfort. Tegenwoordig houdt het zich ook bezig met brand en milieubelasting van de materialen. De installaties zijn ook erg belangrijk binnen een huis en daarbij ook het opwekken en besparen van energie.

Als eerst gaan we kijken naar de luchtkwaliteit in het Tiny House. Een ventilatie met verse buiten lucht is noodzakelijk om een goede luchtkwaliteit in het gebouw te realiseren. Hierdoor houd je het binnenmilieu gezond, in de winter en in de zomer.

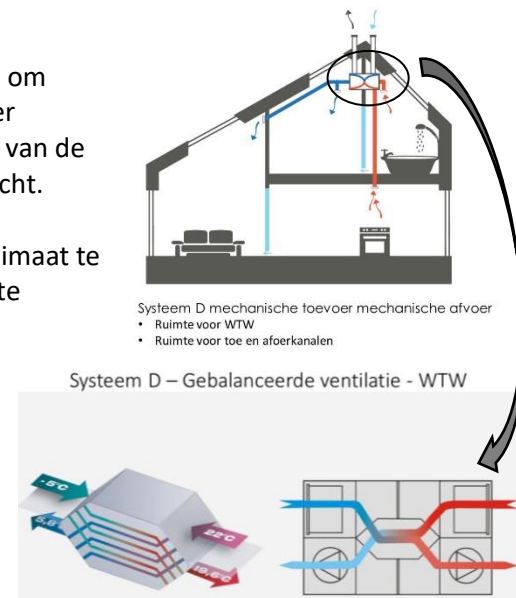
Een andere naam voor ventilatie is luchtverversing. Ventilatie zorgt voor afvoer van de koolzuurgassen en waterdampen, en toevoer van zuurstof. Daarnaast kan de ventilatie ook reukstoffen, en gevaarlijke stoffen afvoeren. De minimale vereiste ventilatiehoeveelheid komt uit op 25 tot 30 m³/h per persoon. Waarbij in iedereen ruimte een toevoer en afvoer geplaatst moet zijn, die daar voor de luchtkwaliteit kan zorgen.

Je hebt verschillende systemen ventilaties. De twee beste systemen zijn systeem C waarbij ventilatie wordt geregeld door natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. En systeem D waardoor mechanische toe- en afvoer de ventilatie wordt geregeld. Systeem C heeft, door de natuurlijke toevoer, een ongecontroleerde ventilatie met de buitenlucht. De lucht komt door naden en kieren naar binnen, wat erg ongewenst is. Hierdoor kan er tocht ontstaan en een onnodig energie verbruik.

Hierdoor lijkt systeem D een betere keuze voor in een woning. De voordelen van een mechanische toe- en afvoer zijn de mogelijkheid om warmte uit de afvoer lucht terug te winnen en via toevoerlucht weer opnieuw te gebruiken. Een mogelijkheid van verwarming of koeling van de ventilatielucht en bevochtiging en ontvochtiging van de ventilatielucht.

Zomer ventilatie is ervoor om in de zomer ook een gezond binnenklimaat te realiseren. In de zomer heb je overdag te maken met interne warmte lasten, dit is warmte in het gebouw dat geproduceerd wordt door personen, apparaten en dergelijke. Waarbij de zon uiteindelijk de ruimte ook nog verwarmd door de ramen. Overdag wordt er al een deel van de warme binnen lucht geventileerd. Maar wanneer er te veel warmte binnen is ontstaan moet er een effectieve ventilatie nodig zijn om dit te regelen, ook wel natuurlijke afvoer. De voorwaarde voor deze ventilatie is wel dat de buitenluchttemperatuur lager moet zijn dan de binnen luchttemperatuur.

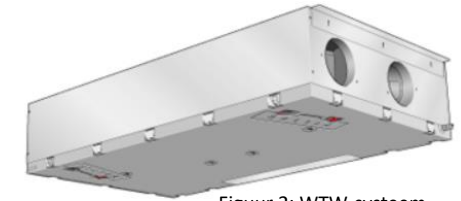
Openingen in ramen zijn hier voor een belangrijk onderdeel. Aangezien klepramen een grotere capaciteit hebben dan ventilatie roosters, wordt er toch veel gekozen voor de roosters. Dit komt omdat ramen, die wagenwijd open staan, toch een verband hebben met inbreekgevaar.



Voor het Tiny House is er gekozen voor het ventilatiesysteem D. Met dit systeem wordt de mechanische toe- en afvoer geregeld door het WTW-systeem. Een WTW-systeem is een ventilatie apparaat. Dit apparaat zorgt dat vervuilde lucht in het huis wordt afgevoerd en het vervangen wordt met schone lucht van buiten. Voordat deze lucht van buiten naar binnen wordt vervoerd wordt het gefilterd en aangepast naar de gewenste temperatuur. Met dit systeem kun je ongeveer 350 kuub gas besparen en daardoor behoud je 80 tot 90 % van de warmte die anders de woning zou verlaten.

Er zijn verschillende WTW-systemen en deze systemen zijn daarbij ook weer met verschillende andere installaties te combineren. Maar wat is het beste ventilatiesysteem.

In het Tiny House is gekozen voor een WTW-systeem de NIBE ERS 20-250. Dit is een zeer complete en stille WTW-Systeem, ook wel warmteterugwinning-systeem genoemd. Dit systeem zorgt voor een gebalanceerd ventilatiesysteem. Doordat het een compacte uitvoering is kan hij gemakkelijk, ruimtebesparend gemonteerd worden aan het plafond of de vloer.



Figuur 2: WTW-systeem

Bij dit systeem wordt, voornamelijk door de wanden, lucht uit de keuken, de badkamer en het toilet afgevoerd naar buiten, terwijl verse buitenlucht naar de woon- en slaapkamers wordt aangevoerd. De verse lucht wordt met gebruik van de ingebouwde warmtewisselaar verwarmd, met de teruggewonnen warmte van de afgevoerde lucht.

Hierdoor ontstaat er een gezonde luchtkwaliteit en een verlaging van de energiekosten.

Voor in de zomerperiode is er een bypass-functie ingebouwd in het systeem. Deze zorgt voor een tegenovergestelde werking. De inkomende warme lucht wordt gefilterd en afgekoeld met behulp van koelere luchtstromen naar buiten.

Het systeem de NIBE ERS 20-250 vormt samen met een NIBE water/warmtepomp. Deze waterpomp haalt warmte uit de aardbodem of via panelen op het dak of de gevel. Deze warmte wordt met behulp van een compressor omgezet in de benodigde temperatuur. Bijvoorbeeld 35 graden voor de centrale verwarming en 55 graden voor warmtapwater. Dit is hierdoor een energiezuinig en duurzaam comfortstelsel voor ventilatie, verwarming en de bereiding van warmtapwater.

Dit wordt ook wel het BA-SVM systeem genoemd. Dit is een complete binnen unit, die werkt in combinatie met een NIBE SPLIT- buiten unit.

De afmetingen van het ventilatie- systeem zijn hoogte 241 mm, diepte 673 mm en nettogewicht 25 kg. De afmetingen van de warmtepomp is een vloeroppervlak van 60 bij 61 centimeter met een hoogte van 160 centimeter.



Figuur 3: water/warmte pomp

Duurzaamheid

Duurzaamheid betekend in het kort dat er milieuvriendelijke en grondstof besparend te werk wordt gegaan. Sinds de twintigste eeuw is het gebruik van duurzaam steeds sterker toegenomen. Het doel van duurzaam te werk gaan is dat de invloed van de activiteiten van de mens geen blijvende schade aanricht aan het milieu. Hierdoor kunnen de toekomstige generatie er ook nog gebruik van maken. Duurzaamheid kan in drie onderdelen verdeeld worden: de klimaatverandering, het milieu, en de natuur. Het is dus belangrijk dat er wordt gekeken naar het besparen van energie, het opwekken van energie en de materialen die bij de bouw worden gebruikt.

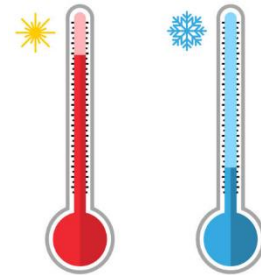
Besparen van energie

Als eerst is het belangrijk om te gaan onderzoeken waar je energie vandaan kan halen en waar dit kan verdwijnen in een woning. Overal in een woning heb je energie nodig om een gezond en comfortabel leefomgeving te creëren. Denk aan de temperatuur, om een woning namelijk warmer of koeler te maken heb je energie nodig. Maar denk ook aan het warme water van de kraan of de douche wat opgewarmd moet worden.

Als we kijken naar de warmte in een woning, wordt dit door een deel ook vanuit zichzelf opgewarmd. Dit ontstaat door de personen in de woning, zij geven namelijk zelf warmte af, waardoor de ruimte opwarmt. Ook de apparaten en verlichting spelen een rol bij het verwarmen van de woning. De grootste rol in de opwarming zijn de zonnestralen, die binnenkomen via de ramen. Al hoewel het wel uitmaakt waar deze ramen zich bevinden en hoe groot deze zijn. Grote ramen op het noorden hebben een negatieve invloed op energieprestatie. Terwijl juist grote ramen op het zuiden een positievere invloed hebben.

Maar als je op deze manier warmte kan creëren in een ruimte waarom is en dan energie nodig voor extra warmte. Dit komt omdat er ook warmte verloren gaat. Dit gebeurt grootten deel door de mensen in de woning. De personen verplaatsen zich voortdurend door de verschillende ruimtes waarbij ramen en deuren openen. Hierdoor verplaatst de lucht zich door de verschillende ruimten naar buiten. Dit wordt ook wel bewuste ventilatie genoemd. Ook verlies je warmte door infiltratie. Dit is de lucht die door naden en kieren naar binnen kan stromen en naar buiten kan stromen. Hierdoor moet je dus uiteindelijk toch nog de ruimte gaan verwarmen met behulp van energie.

Om energie te besparen is het daarom praktische om een gebalanceerd ventilatiesysteem te installeren. Dit is systeem D wat hierboven al eerder is besproken. Door de mechanische toe- en afvoer wordt door een warmtewisselaar de koude lucht van buiten opgewarmd met de warmte lucht vanbinnen. Waarbij je warmterugwinning creëert en energie bespaard. Dit is dus een zeer energiezuinige oplossing.



Om de warmte dan ook daadwerkelijk goed binnen te houden, is het noodzakelijk om de woning goed te isoleren. Het isolatiemateriaal moet duurzaam, milieuvriendelijk en goed genoeg zijn om te isoleren. Hier is uitgekomen dat cellulose als isolatie een goed alternatief is dan normale isolatie. Cellulose bestaat voor 90 procent uit losse cellulosevezels van gerecycled krantenpapier, 10 procent uit boraten, deze werken brandvertragend, en verder verwerkt met 100 procent organische grondstoffen.



Figuur 4: Isolatiemateriaal cellulose

Het wordt gebruikt om holle ruimte, zoals muren, verdiepingsvloeren, het plafond of een dak te isoleren. De cellulose isolatie wordt, met gebruik van speciale inblaasmachines, droog in de holle constructies geblazen. Hierdoor ontstaat er een naadloze, doorlopende diffusie-open isolatielaag. De gaten, hoeken en zelfs de kleinste holle ruimtes worden zo helemaal opgevuld. Hierdoor ontstaat er uiteindelijk ook geen afval en een optimale kierdichting. De gaten die hierbij zijn ontstaan worden met een sticker of kurk gedicht. Ter afwerking kan er nog een gipskartonplaat geplaatst worden. Er moet droog gewerkt worden met dit isolatiemateriaal.



Figuur 5: inbrengen isolatiemateriaal cellulose

Het heeft een hoge isolatiewaarde van 0.037 W/mK. Met vaak de diktes tussen 89 – 350 mm. Cellulose bevat een natuurlijke vochtdynamiek waardoor het houten constructies beschermd tegen vochtschade en brand. Het is ademend, schimmelwerend en luchtdicht met een goede geluidsisolatie door hoog soortelijk gewicht. Ook heeft het een hoge warmtecapaciteit wat zorgt voor vertraagde hittedoorslag bij warme zomers. Dankzij deze eigenschappen is cellulose een goed isolatiemateriaal voor de vloeren, plafond en het dak van het Tiny House dat zorgt voor een duurzame, gezonde en comfort verhogende leefomgeving.

Een ander ecologische alternatieve isolatie voor de gevels van het Tiny House is hennepvezel. Deze isolatie bestaat uit vernaaide non-woven matten van 90 procent hennepvezels en 10 procent bico-vezels. Het is een duurzaam isolatiemateriaal van natuurlijke producten. Het kan in verschillende maten en diktes worden geleverd. En is zeer geschikt voor warmte- en geluidsisolatie van gevels. Het kan gemakkelijk worden toegepast in houtskeletbouw. De voordelen van hennep zijn: volledig recyclebaar, niet irriterend aan de longen en huid, is bestand tegen schimmels en bacteriën, vochtregulerend en bevat geen gevaarlijke stoffen. Het heeft een isolatiewaarde van 0,038 W/mK. Omdat het Tiny House uit een hoeskelet constructie gebouwd moet worden zou dit ook een goede keuze kunnen zijn voor de gevels.



Figuur 6: Isolatiemateriaal hennepvezel

In het bouwbesluit is aangegeven wat de Rc-waarde van bepaalde delen van een woning mag zijn. De waardes hiervan zijn te zien in figuur 1. Een Rc-waarde geeft aan hoe goed een bepaalde constructie is geïsoleerd. Een hogere rc-waarde betekend een warmer, drogere omgeving, er gaat veel minder warmte verloren wat er dus voor zorgt dat de energierekening lager wordt. Hoe hoger de Rc-waarde is hoe beter het huis geïsoleerd is.

Om de Rc-waarde van een bepaalde isolatie te berekenen maak je gebruik van de formule: $Rc = d/\lambda$

Als we dan kijken naar de Rc-waarde van de buitenwanden moet dit maximaal uitkomen op 4,5 m2 K/W. Voor de buitenwanden van het Tiny House is gekozen om deze te isoleren met cellulose. Dit is gekozen omdat het een kleine

Rc-waarde buitenwand	4,5 m2 K/W
Rc-waarde vloer	3,5 m2 K/W
Rc-waarde dak	6.0 m2 K/W

Figuur 7: bouwbesluit eisen RC-waarde

isolatiewaarde had dan de hennepvezels en ongeveer dezelfde eigenschappen. De isolatiewaarde van cellulose is 0,037 W/mK. Om uit te rekenen hoe dik de isolatie moet zijn, om te voldoen aan de eisen van het bouwbesluit, draaien we de formule even om. De formule wordt nu: $d = Rc \times \lambda$. Als we dan de Rc-waarde van 4,5 m2 K/W vermenigvuldigen met 0,037 W/mK, komen we uit op een dikte van 0,1665 meter, wat gelijk staat aan 166,5 millimeter. Omdat het altijd meer isolatie biedt als de Rc-waarde hoger ligt, gaan we werken met een isolatie dikte van 180 mm bij de buitenwand, wat dus uitkomt op een Rc-waarden van 4,86 m2 K/W.

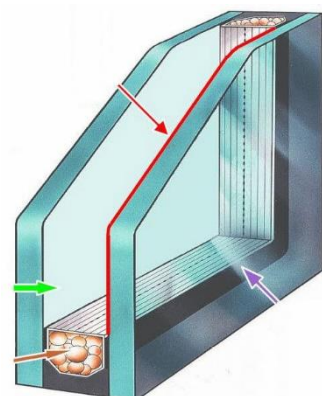
Voor de vloer van het Tiny House geldt een Rc-waarde van 3,5 m² K/W. Ook voor de vloer is er gekozen om te werken met het isolatiemateriaal cellulose. Als eerst werken we weer met de formule: $d = Rc \times \lambda$. Als we dan de Rc-waarde van 3,5 m² K/W vermenigvuldigen met 0,037 W/mK, komen we uit op een dikte van 0,1295 meter, wat gelijk staat aan 129,5 millimeter. Om zeker ervan te zijn dat het goed isolerend is kiezen we voor de dikte van 140 mm. Dit komt uit op een Rc-waarde van 3,78 m² K/W.

Voor het dak eist het bouwbesluit een Rc-waarde van 6,0 m² K/W. Voor het dak is ook het isolatiemateriaal cellulose gekozen. Door de formule: $d = Rc \times \lambda$ weer te gebruiken kunnen we als volgt de maximale dikte berekenen voor het isolatiemateriaal. Door de Rc-waarde van 6,0 m² K/W te vermenigvuldigen met 0,037 W/mK, komen we uit op een dikte van 0,222 meter, wat gelijk staat aan 222 millimeter. Ook hier wordt voor een iets dikkere dikte gekozen. Uiteindelijk gaat er gewerkt voor met een dikte van 230 mm, wat een Rc-waarde heeft van 6,48 m² K/W.

Voor het glas in de woning mag de isolatiewaarde maximaal 1,65 W/mK zijn. Hoe lager de U-waarde (isolatiewaarde) van het glas, hoe beter dit je huis isoleert. De U-waarde geeft namelijk aan hoeveel warmte er verloren gaat.

Er zijn veel verschillende glas soorten, en zo heeft ieder glas zijn eigen isolatiewaarden en voordelen. Voor het Tiny House is gekozen om te gaan werken met dubbelglas, hier valt het glas HR++ ook onder. Dit glas heeft een isolatiewaarde dat ligt tussen 1,3 en 1,6 W/mK. Dit heeft de beste isolatiewaarde en is het duurzaamst. Dubbelglas of HR++ glas isoleert de woning waardoor er minder warmte verdwijnt en het dus binnen warm blijft. Maar het zorgt er ook voor dat het geluid buiten blijft. Doordat je minder hoeft te stoken blijft bespaar je op je energiekosten. Uiteindelijk ben je ook nog eens goed bezig met het milieu. Het productieproces van dubbel glas is wel milieubelastend, maar op termijn compenseert dit elkaar.

Dubbelglas bevat een ruimte die gevuld is met lucht. Dit isoleert al erg goed, maar HR++ glas isoleert nog iets beter. De ruimte tussen de twee glasplaten van HR++ glas is gevuld met argon gas dat zorgt voor de betere isolerende eigenschappen. Door dit gas verlies je nog minder warmte, door de ramen, dan bij het normale dubbelglas. Er zit een verband tussen de grootte van de ruimte tussen de glasplaten (spouwbreedte) en de isolatie. Hoe groter de spouwbreedte hoe beter het isoleert.



Figuur 8: HR++ glas met argon gas

Energie opwekken

Zonnepanelen, ook wel PV-paneel genoemd, zijn de laatste tijd steeds populairder geworden. Het is een paneel met aan elkaar gekoppelde PV-cellen, waarmee een deel van de fotonen uit het zonlicht omgezet in elektriciteit. Je kan dus zeggen dat het een erg duurzame oplossing is om energie op te wekken. Maar op welke plaats moeten de zonnepanelen geïnstalleerd worden om de meeste energie te kunnen opwekken. In principe kan men zonnepanelen op alle plekken plaatsen. Ze kunnen op elk soort dak geplaatst worden, denk aan een schuin of plat dak, en ze kunnen zelf aan de gevel gemonteerd worden. Voordat je zonnepanelen kan gaan plaatsen zijn er wel een aantal punten waar rekening mee gehouden moet worden.

Als eerst is het belangrijk om te kijken in welke richting de zonnepanelen het beste kunnen geplaatst worden. In Nederland heb je op het zuiden de meeste zonuren. Hierdoor behalen de zonnepanelen, die op het zuiden zijn geïnstalleerd, een hoger rendement dan zonnepanelen op het noorden. Zonnepanelen op het zuidwesten en zuidoosten is ook nog een gunstige richting met veel zonuren.

Nu dat er uitgekomen is wat de beste richting voor veel zonuren is kunnen we het hebben over het opstellen van de zonnepanelen. Er zijn twee populaire opstellingen te onderscheiden.

De zuid-opstelling is de eerste. Hierbij staan alle zonnepanelen naar het zuiden gericht om zoveel mogelijk zonlicht te ontvangen. Deze opstelling levert het meeste op, maar neemt wel veel ruimte in beslag. Vanwege de

afstand tussen de zonnepanelen. Als hier geen rekening mee wordt gehouden kan er schaduw ontstaan waardoor het rendement verlaagd. De andere opstelling is de Oost-West-opstelling, waarbij de zonnepanelen als een soort dak tegen elkaar aan staan richting het oosten en het westen. Met deze opstelling ontstaat er wel minder stroom opbrengt in vergelijking met de zuid-opstelling. Maar met deze opstelling kun je wel meer zonnepanelen plaatsen op een bepaalde ruimte.

Naast de richting is het ook belangrijk op welke hellingshoek de zonnepanelen zijn geplaatst. De ideale hellingshoek voor zonnepanelen is 35 graden. De hellingshoek kan ook liggen tussen de 10 en 60 graden, maar hou dan rekening met het vermogensverlies. Ook is het verstandig om rekening te houden met schaduw op uw dak en schaduw van de zonnepanelen zelf. Dit heeft namelijk een negatieve invloed op de opbrengst van de zonnepanelen.

Nu is het belangrijk dat er gekeken gaat worden hoeveel zonnepanelen er geplaatst moeten worden op het dak. Dit hangt af van de hoeveelheid energie die er opgewekt moet gaan worden. Om dit te berekenen kun je het aantal Watt piek van de zonnepanelen vermenigvuldigen met de factor 0,8. Hieruit komt een hoeveelheid kWh wat het zonnepaneel per jaar opwekt. Aan de hand van de verwachte kWh productie per jaar kan er berekend worden hoeveel zonnepanelen de woning nodig heeft.

Het Tiny House ontwerp bevat een plat dak waar de zonnepanelen geplaatst kunnen worden, waarbij er dus een keuze gemaakt moet worden tussen de verschillende opstellingen. In dit geval blijkt de Zuid-opstelling de slimste keuze te zijn. Als we kijken naar het gemiddelde energieverbruik, binnen het huishouden van 2 personen, is dat 2.930 kWh stroom per jaar.

Het vermogen van een zonnepaneel met een standaardafmeting van 1.65 m² ligt tussen de 270 en 350 Wp. Voor het Tiny House is er gekozen voor zonnepanelen met een vermogen van 320 Wp. Dit is het meest gebruikte vermogen van zonnepanelen.

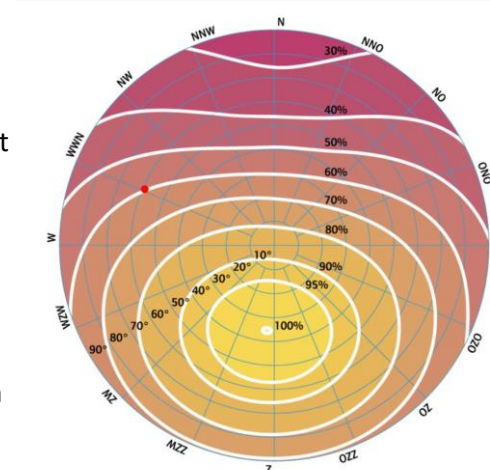
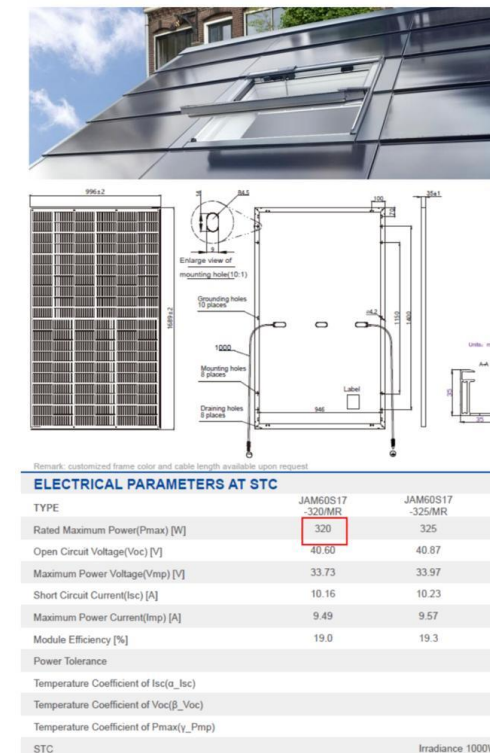
Om het aantal zonnepanelen te berekenen delen we het energiegebruik (per jaar) door het vermogen Watt piek vermenigvuldigd met factor 0,8.

Dit wordt: $\text{aantal zonnepanelen} = 2930 / (320 \times 0,8)$. Dit komt uit op 11 en een half panelen. Met een gemiddeld gebruik van 3000 kWh per jaar heb je 12 zonnepanelen nodig om de kosten zo laag mogelijk te houden. Het Tiny House is niet groot van oppervlakte en heeft daardoor niet genoeg ruimte voor 12 zonnepanelen.

Een standaardafmeting van een zonnepaneel is 165 cm bij 90 cm. De dak afmetingen van het Tiny House zijn 5,5 m bij 4 m. Hierdoor kunnen er 6 zonnepanelen in totaal geplaatst worden. Waardoor er geen schaduwval ontstaat.

Als we deze informatie combineren komen we er op uit dat de zonnepanelen, op het Tiny House, het beste richting het zuiden geplaatst kunnen worden onder een hoek van 35 graden. Als we dan naar de afbeelding hierboven kijken komen we dan uit op een percentage van 98%-100%.

Als we dan de zonnepanelen vermenigvuldigen met het vermogen, de factor, en het percentage krijgen we de volgende som: $6 \times 320 \times 0,8 \times 98\% = 1505,28 \text{ kWh/jr}$ als we 1505,28 vermenigvuldigen met de elektriciteitskosten: $1505,28 \times 0,49 = 737,59 \text{ euro}$. De opbrengt van de zonnepanelen is op jaarbasis dus 737,59 euro.



Figuur 9: zonnepanelen, les 3 bouwfysica

Duurzaamheid materiaal

Er is al besloten om het materiaal cellulose als isolatie te gebruiken. Na onderzoek is hieruit gebleken dat cellulose een zeer duurzaam product is. Het bestaat uit gerecycled krantenpapier en 100 procent organische stoffen en heeft uitstekende isolatie eigenschappen. Het is daardoor een erg ecologisch, biobased én duurzaam isolatiemateriaal.

Maar wat voor materiaal is er nog meer nodig voor een woning.

Voor de vloerafwerking kan er gewerkt worden met bijvoorbeeld Plexwood. Dit is een 100% natuurlijke houtfineer wat samengesteld is uit kops- en langshouten fineren. Het is beschikbaar in negen verschillende houtsoorten. Plexwood is een erg sterk hout wat daardoor erg geschikt is voor oppervlaktes die veel te verduren hebben.

Voor de constructie wordt er gewerkt met een houtenskeletconstructie, en gelamineerde leggers. Deze bestaan voornamelijk uit naaldhout, water en klein beetje lijm. Ze zijn samengesteld uit dunne houten planken. Het maken van deze liggers vindt plaats met machines, in goede omstandigheden. De voordelen van dit hout zijn: een relatief laag gewicht, resistent tegen chemische en agressieve milieus, goede constructieve eigenschappen en een grote ontwerp vrijheid.

Voor de buitenwanden kan gebruik gemaakt worden van het hout Finti. Dit hout bestaat tot in de kern uit hout, thermische gemodificeerd grenen. De grondstoffen zijn afkomstig uit duurzaam beheerde Finse productiebossen. Het product wordt gebruikt voor kozijnen, ramen, deuren en gevelbekleding. Meer dan 80 procent van de energie die nodig is wordt opgewekt uit restmaterialen. Dit zorgt ervoor dat er een gesloten circuit ontstaat. Bovendien is het vrij van gevaarlijke, milieubelastende verduurzamingsstoffen.

Door deze materialen te gaan gebruiken bij het bouwen van het Tiny House wordt ervoor gezorgd dat de milieubelasting zo min mogelijk is. Doordat het duurzame materialen zijn en meerdere keren gerecycled kan worden, ontstaat er een minimaal restafval. Waardoor de materialen geen blijvende schade geeft aan het milieu.



Figuur 10: duurzaamheid

Comfortabel

Binnen de bouwfysica is een gezond en comfortabel binnenklimaat de basis. Een woning moet voldoen aan een goede ventilatie, een goede isolatie, optimale verwarming en koeling, geen tocht, en genoeg daglichttoetreding. Het grootste gedeelte van onze tijd brengen we door in huizen, kantoren oftewel binnen. Daarom is het dus erg belangrijk dat gebouwen een zeer goed binnenklimaat hebben. Als dit bijvoorbeeld niet goed wordt gerealiseerd kan er een onprettig gevoel ontstaan wat klachten veroorzaakt. Deze klachten kunnen verschillen tussen enkel een vervelende omgeving of gezondheidsproblemen.

Het daglicht wat binnen in een woning komt heeft veel effect op het licht en warmte in de ruimte. Gebouwen met weinig daglicht komen somber, kil en donker over. Denk bijvoorbeeld aan de gebouwen in de middeleeuwen. Hierin zouden de meeste mensen niet willen leven. Men wil namelijk graag wonen en werken in een gebouw waar genoeg daglicht binnen komt. Zo houden de meeste mensen er wel van om daardoor een beetje warmte en licht mee te pakken van de zon die binnen schijnt.

De zon heeft namelijk een grote invloed op ons welzijn. Men wil graag profiteren van de zon, die warmte en licht afgeeft. Maar tegelijkertijd wil men niet in een broeikas leven. Daarom is het belangrijk dat er een goede balans van zonlicht en schaduwvallen is in een omgeving.

Winter en zomer

Door het hele jaar komt er zon binnen via de ramen, maar dit is niet door het hele jaar hetzelfde en de zelfde hoeveelheid. In de winter komt er namelijk minder zonlicht binnen dan in de zomer.

De zon komt altijd op in het oosten. Vanuit het oosten trekt hij via het zuiden naar het westen waar de zon uiteindelijk onder gaat. Toch is de warmte die we van de zon ontvangen niet altijd hetzelfde. In de winter is het namelijk koud en in de zomer warm. En dit is niet omdat de zon in de zomer dichterbij de zon staat. Dat het warmer is in de zomer heeft met de hoek van de aarde ten opzichte van de zon te maken.

De aarde draait om zichzelf binnen 24 uur en binnen een jaar een rondje om de zon. Door deze draaiing staat het noordelijke halfrond, in de zomermaanden, naar de zon gericht. Hierdoor valt het zonlicht loodrecht op de aarde en wordt dit sneller verwarmd, dan het zonlicht dat zich verspreid, met een schuine hoek, over een oppervlak, namelijk het zonlicht dat op het zuidelijke halfrond valt.

In de winter hebben wij dus minder zonlicht en dus minder warmte van de stralen. Om de woning warm te houden, wil je zo weinig mogelijke warmte verliezen. Zoals er al eerder is beschreven verlies je warmte door verschillende factoren. Door de bewuste ventilatie, waaronder de bewoners vallen. Zij verplaatsen zich door de verschillende ruimtes en openen hierbij verschillende ramen en deuren. En door de infiltratie, waarbij je warmte verliest door naden en kieren. Om in deze tijd het binnen in de woning warm te krijgen moet er warmte worden opgewekt met zo weinig mogelijk energie. Door apparatuur, verlichting, zonnestrallen en personen zelf wordt er warmte afgegeven aan de ruimte. Alleen heb je hier niet genoeg aan doordat zonnestrallen niet sterk genoeg zijn. Overdag komt er gelukkig wel wat zonlicht binnen de woning. Wanneer het donker wordt sluit zo veel mogelijk de gordijnen. Als het een goede dikke stof is werkt dit als een extra isolatielaag, waarbij je dus de warmte in de ruimtes houdt. Door de centrale verwarming iets vroeger aan te zetten op een lagere temperatuur, dan gelijk op een hoge temperatuur is goedkoper. Ook kunnen radiatorpanelen een relatief goedkope oplossing zijn. Ze zorgen ervoor dat de kamer wordt opgewarmd en niet de muren. Door vloerverwarming met behulp van de zonne-energie te installeren heb je eigenlijk geen andere radiatoren nodig.

In de zomer is het juist andersom. In deze tijd kan echt namelijk te warm in de woning worden. De zonnestrallen die binnenkomen op een warme dag kunnen wel tot 900 W/m² zijn. De ruimte wordt snel opgewarmd, maar het is helemaal niet nodig dat deze ruimte wordt verwarmd. Het wordt juist zo warm dat er een oplossing voor moet komen. Wanneer er in een woning met veel glas wordt gewerkt op de zuidkant is het verstandig om zonwerend glas te gebruiken. Maar wanneer je met zonwerend glas werk, zorgt dit ervoor dat er in de winter ook minder zon naar binnen komt.

In het ontwerp van het Tiny House bestaat de zuidkant niet volledig uit glas, waardoor er niet met zonwerend glas gewerkt hoeft te worden. Het is dan wel verstandig om een investering te doen in zonneschermen, op de zuidkant. Verder kan er gekozen worden om een overstek te plaatsen in het ontwerp. Hierdoor wordt een deel van de zonnestrallen, die naar binnen zouden komen, afgeschermd.

Wanneer de warmte binnen in de woning is kan deze worden verwijderd met een goede ventilatie. Zoals al eerdere beschreven regelt een WTW-systeem goed de aan- en afvoer van de woning, waarbij ook gekoelde lucht aangevoerd kan worden. Hierdoor kan de woning gekoeld worden. Als laatst is de zomer ventilatie een oplossing, ook wel natuurlijke afvoer genoemd. Hierbij worden ramen en deuren in de avond geopend als het buiten koeler is dan binnen.

Installaties

Binnen het Tiny House moet er een plek zijn waar alle installaties kunnen worden geplaatst. Er moet niet alleen rekening gehouden worden met de hierboven benoemde installaties maar ook met de meterkast, omvormer pv, riolering, hemelwaterafvoer en leidingen.

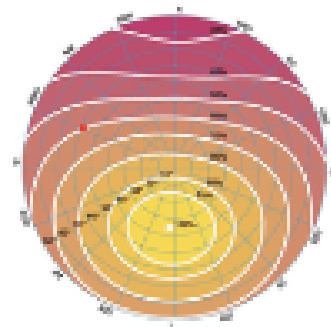
In mijn eerste ontwerp van het Tiny House had ik hier geen rekening mee gehouden. Dit was ook duidelijk te zien, er was namelijk nergens een plek voor een van deze installaties. Hierdoor heb ik mijn schetsen wat aangepast, vergroot en geschoven waardoor er een nieuw ontwerp is uitgekomen. Met een afmeting van 5,5 bij 6,5 meter en een hoogte van 5,6 meter. In dit nieuwe ontwerp is ervoor gekozen om hem in de breedte iets groter te maken waardoor de trap geplaatst kan worden in de hal. Onder de trap is nu een ruimte ontstaan van ongeveer 2 meter, wat genoeg ruimte is voor een meterkast, omvormer pv, ventilatiesysteem en een waterpomp. Om deze af te schermen is de bedoeling dat er schuifdeuren worden geplaatst, waardoor je er gemakkelijk bij kunt maar niet in de weg staat. De afmetingen van de installaties zijn als volgt:

- Afmeting meterkast: 350 x 750 x 2400 mm
- Omvormer pv: 440 x 339 x 214 mm
- Ventilatiesysteem: 400 x 670 x 240 mm
- Warmte /water pomp: 600 x 610 x 1600 mm

De buiten-unit van de ventilatie wordt geplaatst op het dak.

Als we het gaan hebben over de rest van de installaties komen we uit bij de binnen riolering. Deze loopt door de fundering van een woning naar buiten, hier sluit hij uiteindelijk aan op het gemeenteriool ter hoogte van de erfgrans. De hemelwaterafvoer vindt meestal plaats via de regenpijpen. Deze bevinden zich aan de buitenkant van het gebouw. Door de rest van de leidingen wordt gas, water en elektriciteit vervoerd naar binnen. Deze leidingen zijn soms zichtbaar, maar meestal lopen ze achter of in de muur en onder of in de vloer. Ook in het plafond zijn meestal leidingen aanwezig.

Als we het dan hebben over leidingen heeft de lengte een effect op de energieprestatie. Denk bijvoorbeeld aan warmtapwater, wanneer deze een lange leiding zou hebben, moet het water nu een lange afstand afleggen waardoor er meer energie nodig is om daadwerkelijk deze afstand af te leggen.



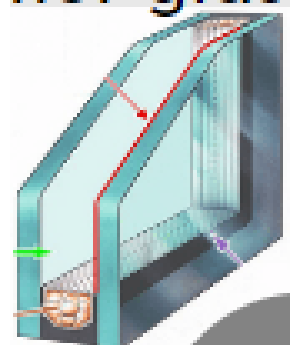
energie opwekken

- zuid-opstelling
 - ideale hellingshoek: 35 graden
 - vermogen 320 WP
 - 6 zonnepanelen i.v.m. schaduwval
- ← met een percentage van 98%:
 $(6 \times 320 \times 0,8 \times 98\% = 1505,28 \text{ kWh/jr})$
 $1505,28 \times \$0,49 = 737,59 \text{ euro opbrengt op jaarbasis}$

gezond & comfortabel binnenmilieu

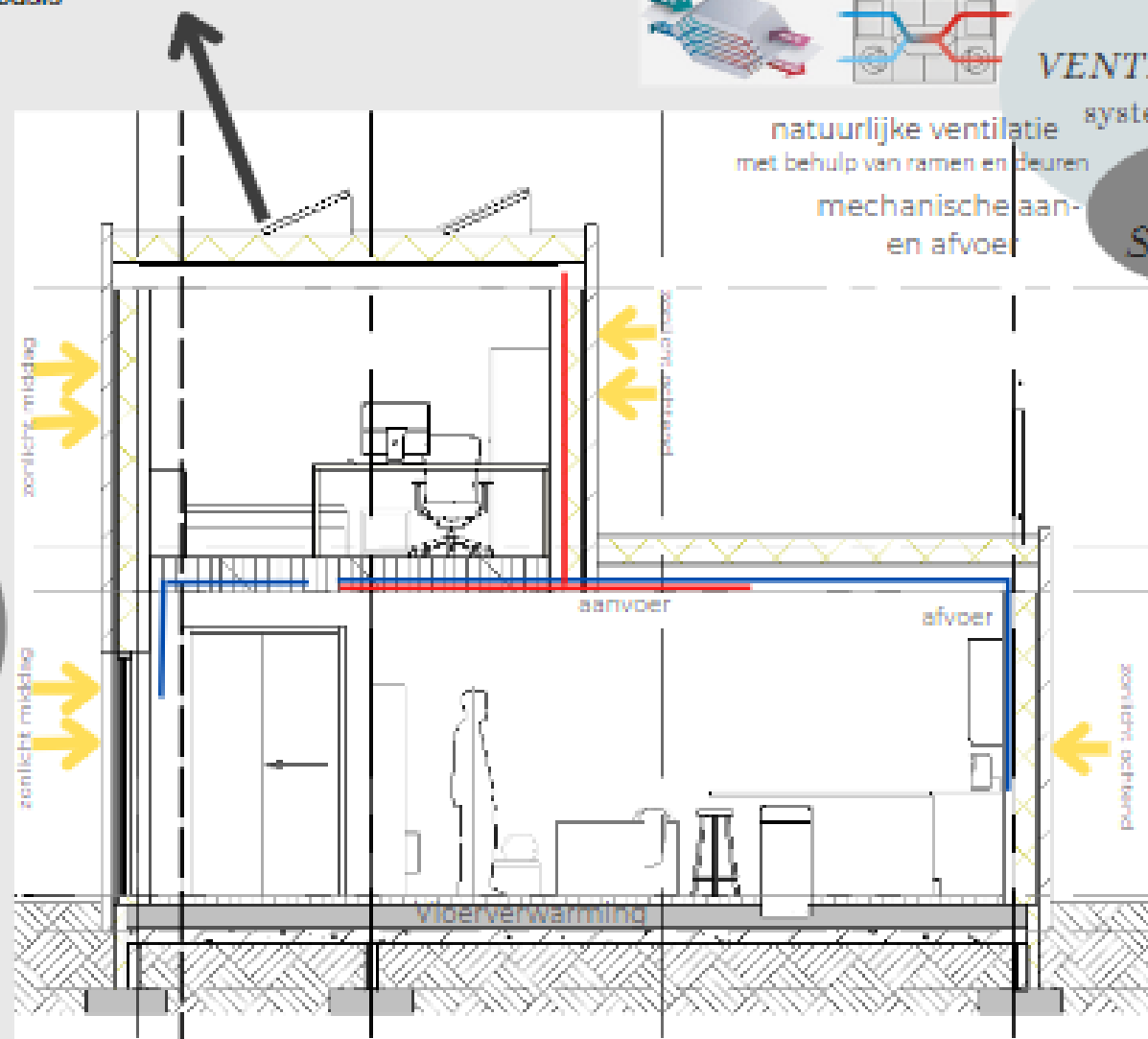
MILIEUVRIENDLIJK EN CIRCULAIR

het glas



HR++ glas, isolatiewaarde van 1,6 W/mK

- dubbel glas
- argon gas

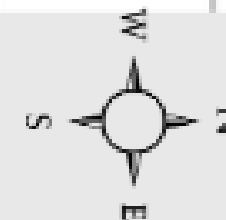


VENTILATIE systeem D
 WTW-SYSTEEM



- verwarming en koeling
- natuurlijke ventilatie door ramen

- meterkast
- pv-omvormer
- leidingen gas, water, elektriciteit
- riolering via fundering aangesloten op gemeente riool
- hemelwaterafvoer via regenpijp naar:
- regenton



bouwbesluit eisen RC-waarde

Rc-waarde buitenwand	4,5 m ² K/W
Rc-waarde vloer	3,5 m ² K/W
Rc-waarde dak	6,0 m ² K/W

isolatie materiaal: cellulose
 isolatie waarde van 0,037 W/mK

duurzaam materiaal gebruik

- gerecycled kranten papier
- biobased materiaal
- geen blijvende schade aan het milieu

$d = Rc \times \lambda$ Dikte cellulose

Muur	$4,5 \times 0,037 = 166 \text{ mm}$	180 mm
Vloer	$3,5 \times 0,037 = 129,5 \text{ mm}$	140 mm
Dak	$6,0 \times 0,037 = 222 \text{ mm}$	230 mm

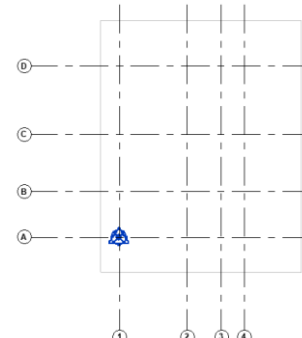
Project Tiny House	Omschrijving: bouw fysica & installaties	Datum: 19-10-22
projectadres Tiny Housestraat	Status: voorlopig ontwerp	projectnummer: 001
	Schaal: 1:50	Tekennummer: 1
	Formaat: A3	
	Getekend: Laura Heijmans	

Het ontwerp

Om te beginnen met het tekenen van het voorlopige ontwerp van het Tiny House is het verstandig om een paar stappen te langs te gaan. Als eerst beginnen we met het tekenen van stramien lijnen. Deze lijnen vormen een assenstelsel waar het ontwerp van het Tiny House in wordt getekend het snijpunt van de assen bevinden zich op het zo laag mogelijke punt van de gebouwhoogte en de linker onderkant van de plattegrond. Aan het einde van de lijnen bevindt zich een bolletje waarin de code wordt gezet. Van onder naar boven worden de lijnen genummerd met hoofdletters en van links naar rechts worden ze genummerd met cijfers. De oorsprong wordt dus altijd aangegeven met A en 1.

Deze lijnen werken als hulpmiddel om naar bepaalde belangrijke overgangen in het bouwwerk te verwijzen. Het doel ervan is het verduidelijken van de tekeningen die zijn gemaakt. Je kunt zelf bepalen hoeveel stramien lijnen je in een tekening plaats, maar meestal worden ze geplaatst op logische plekken waar bijvoorbeeld een muur stopt, of een andere ruimte begint in het ontwerp.

In de schets van het Tiny House zijn er vier stramien lijnen op de y-as geplaatst en vier stramien lijnen op de x-as. Deze stramien lijnen in de schets staan gelijk aan het hart van de muren die zijn geplaatst in het ontwerp.



Figuur 11: stramien lijnen, Tiny House

De fundering

Het belangrijkste van een woning is de fundering. De fundering is een deel van het gebouw dat ervoor zorgt dat het stevig blijft staan. Het eigen gewicht en de uitgeoefende krachten, zoals de belastingen, worden via de fundering overgedragen op de draagkrachtige ondergrond. Het gewicht van een gebouw wordt dus gedragen door de fundering. Dit wordt bepaald door de massa van de materialen en de belastingen die op de vloer worden uitgeoefend.

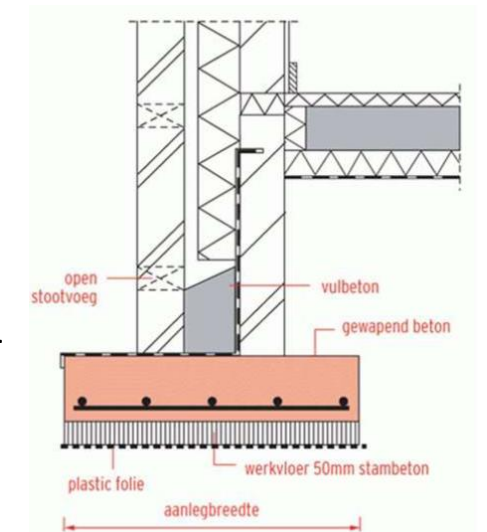
Een fundering moet voldoen aan een aantal eisen. Er moeten geen vervormingen in de fundering constructie kunnen ontstaan, daarom moet het voldoende stijf zijn. Deze scheuren kunnen namelijk gevaarlijk zijn. De fundering moet bestand zijn tegen invloeden van buitenaf. Denk hierbij aan grond, water, dieren en planeten. De grond onder de fundering mag de maximale draagkracht niet overschrijden, ook mag deze grond niet te veel samengedrukt worden.

Voordat er een fundering geplaatst kan worden moet er onderzoek gedaan zijn naar de grond. Er moet gekeken zijn naar de KLIC-melding. Hierin is te vinden waar bepaalde leidingen onder de grond liggen. Dit is een verplicht vastgesteld in de wet-Wion. Hierna wordt er gekeken naar de grondsoort. Dit wordt gedaan met behulp van sonderen, waarbij de weerstand wordt gemeten van de grond. Uit de gemeten resultaten kan vastgesteld worden waar de grond de meeste draagkracht bevat. En waar dus op gebouwd kan worden.

Wanneer de bouwput dieper is dan het waterniveau is het verstandig om gebruik te maken van bronbemaling. Er wordt water weggetrokken van de bouwput, waardoor deze uiteindelijk boven het waterniveau uitkomt. Hier is wel een vergunning voor nodig.

Bij het Tiny House wordt gebruik gemaakt van de fundering soort: funderen op staal. Hierbij wordt er gefundeerd op de draagkrachtige grondlaag, de vaste laag die direct onder het maaiveld is gelegen. De minimale aanleg diepte voor de fundering, in Nederland, is in verband met vorst 600 mm onder het maaiveld. Wanneer hier geen rekening mee wordt gehouden kunnen er scheuren gaan ontstaan door bevriezingen. Ook zet de grond uit wanneer dit is bevroren, en wanneer de grond weer ontdooid verkleint hij weer. Hierdoor zou de fundering eerst omhoog worden geduwd, na ontdooiing kan er ruimte ontstaan onder de fundering, waardoor er verzakking ontstaat. De aanlegbreedte van de fundering wordt bepaald door het grondonderzoek. Je kunt zeggen dat dit ongeveer 2/2,5 keer zo groot is als de dikte van het opgaande werk, ook wel de muren.

De vorm, van fundering op staal, wat wordt toegepast bij het Tiny House is de trapeziumvormige stampbetonfundering. Het beton bevat geen bewapening, en wordt met weinig aanmaak water (aardvochtig) gestort. De fundering wordt vervaardigd in een houten of stalen bekisting. Dit wordt de werkvloer van de fundering, die wordt aangelegd op ongeveer 50 mm. Hierdoor wordt de rest van het werk gescheiden gehouden van de grond. Hierboven wordt beton met bewapening gestort. Dit wordt ook wel stroken fundering genoemd. Dit beton bevat wapening die de trekspanning opneemt. Om deze fundering wordt een vorstrand en isolatie laag geplaatst. Dit zorgt ervoor dat er geen schade kan ontstaan door de vorst onder de vloer. Het materiaal dat wordt gebruikt noemt men ook wel PE folie. Deze isolatielaag moet 200 mm dik zijn. Als we met deze maat gaan werken kom en we uit met een rc-waarde van 6,3 wat een perfecte isolatie biedt.



Figuur 12: detail voorbeeld fundering

Warmteweerstand R _v (m ² K/W)	EPS dikte (mm)	
NTA 8800	NEN 1068	
3,7	3,5	133
4,2	4,0	152
5,0	5,0	152
6,5	6,5	212

R_v 8,0 en 10,0 m²K/W vraag naar de mogelijkheden

Figuur 13: verschillende diktes EPS

Als de draagkrachtige grond te laag ligt wordt er gekeken naar oplossingen. De grond kan namelijk verwijderd worden en opnieuw worden aangebracht. De grond wordt dan tot gewenste diepte weggehaald en om de 300 mm, met nieuw zand, opnieuw gestort en getrild. Ook kan er gebruik gemaakt worden van het storten water. Het water neemt de zandkorrels mee naar beneden waardoor ze goed aan elkaar gaan plakken en een stevige grond vormen. De grond kan ook geïnjecteerd worden. Door een chemische vloeistof die in de grond wordt gespoten, treedt er versterking op. Hieruit verbeterd de grond uit zichzelf. De fundering moet minimaal 600 mm onder het maaiveld zitten. Het maaiveld ligt ongeveer 150 mm onder pijl 0. Vanaf hier wordt de hoogte gerekend. Vanaf hier beginnen ook de muren. Onder de pijl bevindt zich de fundering. In het voorlopige ontwerp is er aangehouden dat de fundering ongeveer op 900 mm onder het maaiveld ligt. De eerste verdiepingsvloer ligt op de hoogte 2800 mm en de dakrand bevindt zich op een hoogte van 5600 mm. Met deze maten wordt er verder gerekend binnen het ontwerp.

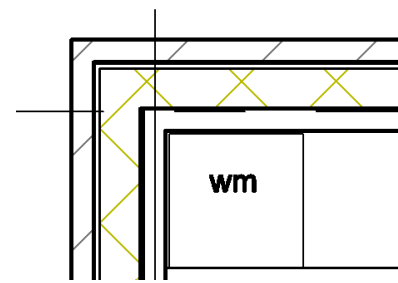
Bouwmethode

Bij de bouw van het Tiny House gaat er gewerkt worden met een houtskeletbouw, afgekort HBS. Dit wordt gebruikt als een houten draagconstructie in een gebouw. Daarom ook de naam skeletbouw. Het wordt tegenwoordig steeds vaker toegepast in allerlei verschillende gebouwen. De voordelen van een houtskeletbouw zijn het lichte gewicht van de constructie. Hierdoor geeft het volledige gebouw minder gewicht op de fundering. Het bouwen van een woning heeft door deze constructie een kortere bouwtijd waardoor er ook minder gelet hoeft te worden op de weersomstandigheden. HBS heeft niet alleen voordelen maar bevat ook een paar nadelen. Er kan namelijk door vocht rotting of schimmel ontstaan in het hout. Dit ontstaat door een slechte aansluiting binnen het bouwwerk. Hierdoor kan vocht en zuurstof van buitenaf komen en warme lucht vanaf binnen komen. Deze lucht kan gaan condenseren waardoor er vocht ontstaat. Wanneer er met hout wordt gewerkt is er meer kans op ongedierte en het accumuleren ligt erg laag. Hierdoor koelt het snel af en warmt het snel op. Daarom is het verstandig om goed te kijken wel isolatiemateriaal er toegepast kan worden.

De wanden

HSB is de basis van de muren. Het bestaat uit een houten regelwerk, plaatmateriaal, isolatie tussen de regels en een folie. De wand kan afgewerkt worden met verschillende materialen. Denk bijvoorbeeld aan metselwerk of staal. Het plaatmateriaal wat wordt gebruikt werkt voor de stijfheid van de wanden.

Als we kijken naar het ontwerp van het Tiny House, is in Revit te zien dat de wanden bestaan uit drie verschillende delen. Als we vanaf buiten naar binnen langs de verschillende delen gaan komen we als eerst uit bij de buitenwand. In de tekening is dit de wand met de zwarte dunne streep erin. Deze buitenwand bestaat uit gevelbekleding. In het beeldkwaliteit plan is terug te vinden dat het Tiny House voor meer dan 70 procent uit hout of glas moet bestaan. Daardoor is gekozen om met de gevelbekleding met hout te gaan werken, deze kan bevestigd worden aan het regelwerk erna. Na dit regelwerk komt een ventilatie laag van 3 cm. Deze laag zorgt ervoor dat er ventilatie kan ontstaan achter het hout. Doordat deze laag zich achter de gehele gevelbekleding bevindt kan de lucht er gemakkelijk door heen stromen, en via alle kanten de ruimte weer verlaten of binnen komen. Na de ventilatie laag komen we aan bij de isolatielaag, dit is in de tekening de muur met de gele strepen. Tussen de ventilatie laag en de isolatie laag is het verstandig om een folie te plaatsen. Er zijn twee verschillende soorten folie. Een damp kerende folie en een dampopen folie. Een damp kerende folie wordt bijvoorbeeld gebruikt bij minerale isolatie, die namelijk niet tegen water kunnen. Een dampopen folie wordt gebruikt bij natuurlijke isolatie.



Figuur 14: detail wand, Revit

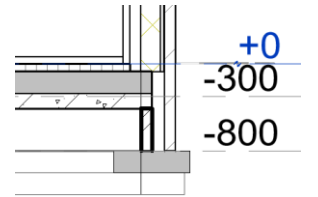
Bij het isoleren van het Tiny House wordt er gebruik gemaakt van het materiaal cellulose. Doordat dit een natuurlijke isolatie is kan er gebruik gemaakt worden van de dampopen folie. Dit folie bevat kleine gaatjes wat het vocht naar buiten leidt, hierdoor wordt het ook wel dampdoorlatend folie genoemd. Na de isolatielaag komt er een dampdichte folie met een OSB-plaat er tegenaan. Deze plaat zorgt voor stabiliteit van de HSB. Hierna wordt het afgewerkt een gipsplaat met daar tegen een beplating die uit verschillende materialen kan bestaan. Dit is in de tekening 1 muur geworden, de binnenmuur.

De vloer

Een vloer binnen een woning heeft verschillende eigenschappen. Het moet namelijk verschillende belastingen dragen en deze afbrengen naar de muren, die verder worden afgedragen naar de grond. De vloer vangt permanenten belastingen op zoals de muren die erop geplaatst zijn. En het vangt veranderlijke belastingen op, dit zijn bijvoorbeeld meubels die verplaatst kunnen worden. Ook moet de vloer brandwerend zijn en zoveel mogelijk warmte en geluid tegengaan.

In een woning met een verdieping heb je een begane vloer en een verdiepingsvloer. Voor de begane grond moet er gewerkt worden met beton, en voor de verdiepingsvloer is geen afspraak voor gemaakt, en kan er hier dus gewerkt worden met hout.

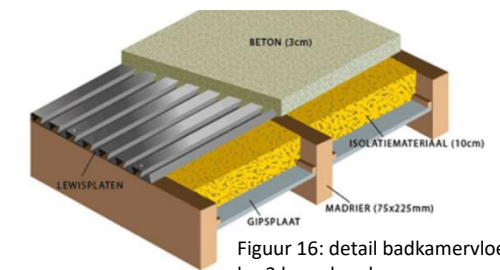
Als we kijken naar de opbouw van de begane grond vloer bestaat het uit verschillende materialen. Het onderste gedeelte van de vloer is een onderlaag in stampbeton met een wapeningsnet. Hierboven op bevindt zich een EPS-isolatie wat de constructie betonvloer isoleert. Deze isolatie loopt om de, daar boven gelegen betonvloer constructie, en is bestemd tegen water waardoor er geen waterkerende folie gebruikt hoeft te worden. Deze isolatie beschermd ook tegen vorst en zorgt ervoor dat het beton op zijn plek blijft en niet scheurt. Beton zet namelijk met warmte uit. Er is gekozen voor een kanaalplaatvloer bij het ontwerp van het Tiny House. Deze plaat is een vrijdragende systeemvloer die bestaat uit prefab gewapend betonnen vloerplaten. Het bevat holle gaten die worden dichtgemaakt. De overspanning ligt tussen de 1-14,5 m met een gewicht dat kan verschillen tussen de 308 en 430 kg/m². Boven op deze constructie wordt een beton laag gestort. In deze beton laag kan er vloerverwarming worden geplaatst. Hierboven op wordt er een dekvloer geplaatst. De dekvloer bevindt zich tussen de wanden, en de rest van de onderdelen bevinden zich tot aan het midden van de wanden.



Figuur 15: detail fundering, Revit

Doordat het isolatiemateriaal volledig rond om de constructie verloopt ontstaat er een goede isolatie waarbij zo min mogelijk warmte verloren gaat.

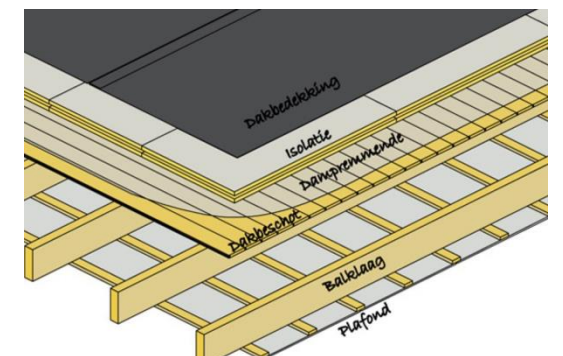
In het Tiny House is de badkamer geplaatst op de begane grond, toch is het verstandig om onder de badkamer een andere vloer te plaatsten. Dit komt doordat er namelijk veel vocht ontstaat in een badkamer. Deze ruimte wordt ook wel eens een natte ruimte genoemd doordat er veel gebruik wordt gemaakt van water. Denk bijvoorbeeld aan het douchen, toiletteren en de wasbak die er is geplaatst. De opbouw van de vloer in deze ruimte bestaat vanaf boven naar beneden uit: tegels, beton van 3 cm, Lewisplaat, damwerende folie, isolatie, en als onderste een gipsplaat. Deze vloer ligt uiteindelijk boven op de betonconstructie en wordt zo weer onderdeel van de normale vloer. De verdiepingsvloer is een dünnere vloer dan de begane grond. Maar dat betekent niet dat hij minder belangrijk is. Op deze vloer komen namelijk ook heel veel verschillende vaste en veranderlijke belastingen. Als we vanaf het plafond van de begane grond beginnen en zo opwerken naar de eerste verdieping, komen wij als eerst een gipsplaat tegen. Deze gipsplaat is vastgemaakt aan een balkenconstructie, vaak van CLS/SLS. Hiertussen lopen de plafonddelen en leidingen. Boven op deze constructie is een isolatielaag aangebracht dat gescheiden blijft met behulp van multiplex. Als afwerking is er een beton-cement laag gestort met daar boven een afwerkingsvloer van laminaat.



Figuur 16: detail badkamervloer, les 2 bouwkunde

Het dak

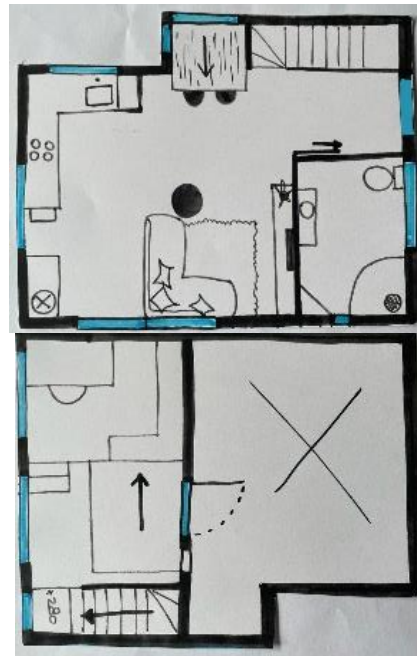
Het Tiny House bevat een plat dak. Dit dat is opgebouwd uit een plafond, deze is vastgemaakt aan de balkenlaag. Deze balkenlaag zorgt voor stevigheid en vangt de belastingen op van het dak. Boven deze balklaag ligt een plaatmateriaal waar op de dam remmende folie is aangebracht. Deze folie is nodig omdat vanaf binnen er vocht kan ontstaan, dit komt omdat warmte op stijgt, dit kan condenseren waardoor er vocht komt binnen de woning. Boven de folie bevindt zich een isolatielaag. Deze isolatie laag bestaat uit het materiaal cellulose en heeft een dikte van 230 mm. Gelijk boven op deze laag isolatie wordt de dak bekleding aangebracht. Bijvoorbeeld met het materiaal kunststof of EPDM. Op deze manier is het dak goed water en vocht dicht en goed geïsoleerd.



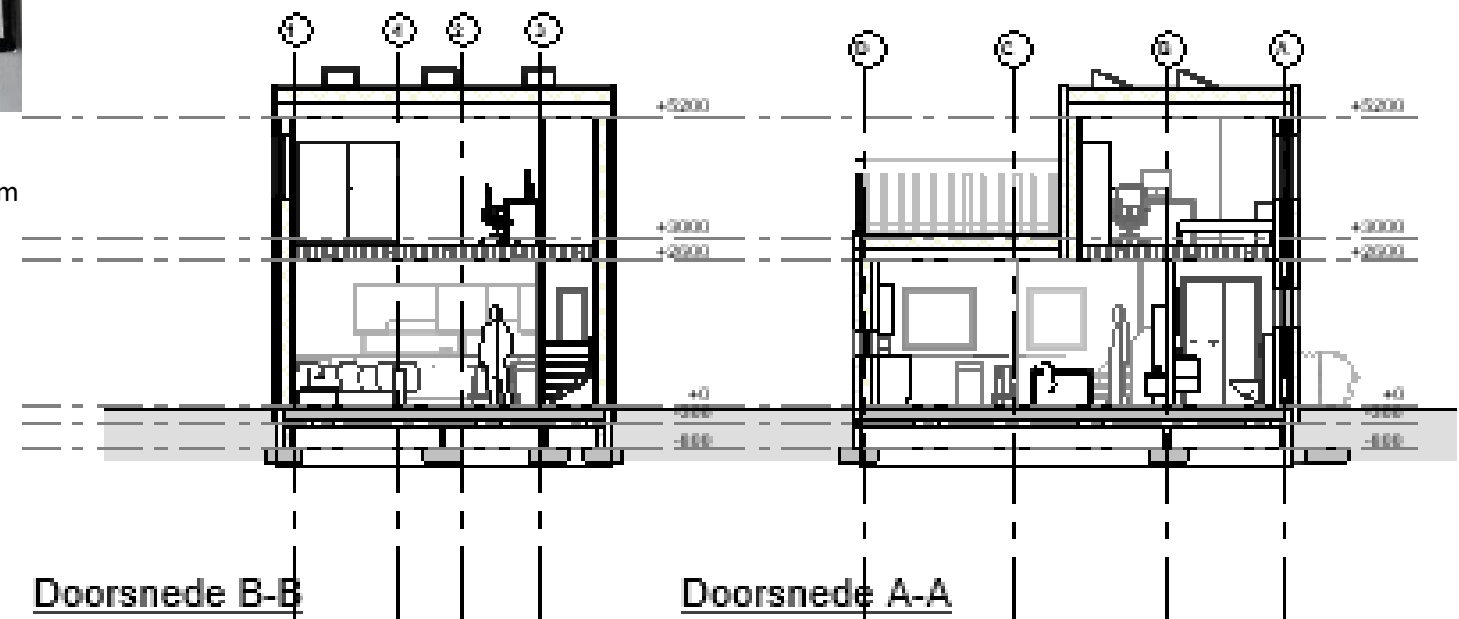
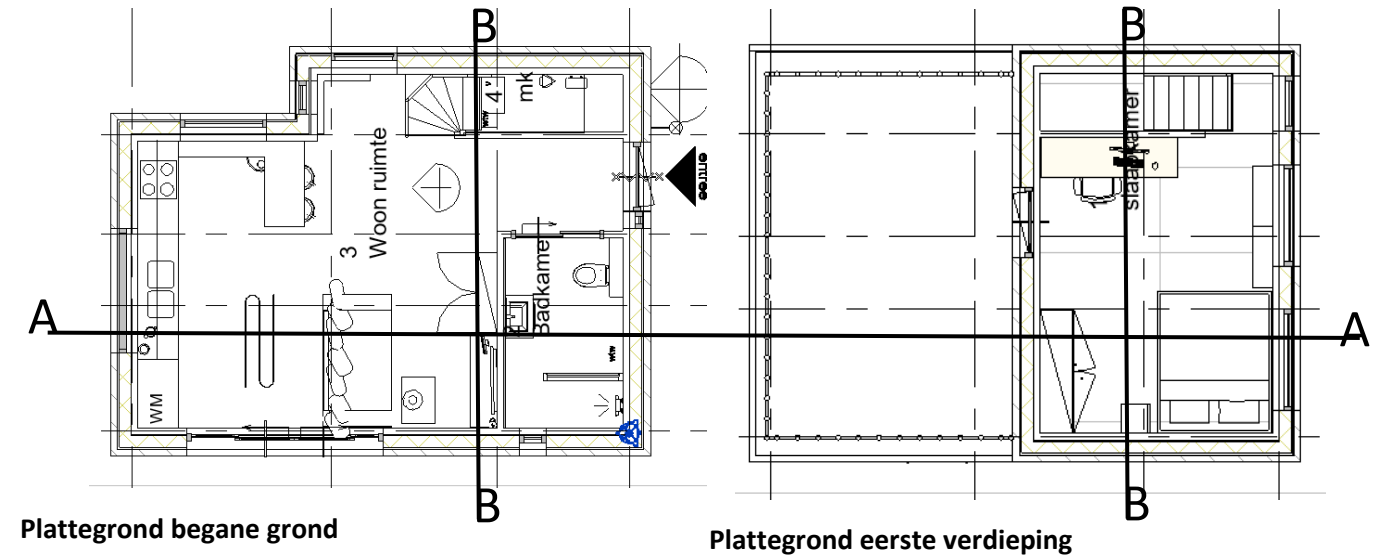
Figuur 17: detail dak, mijn dak werker, 2022

Openingen

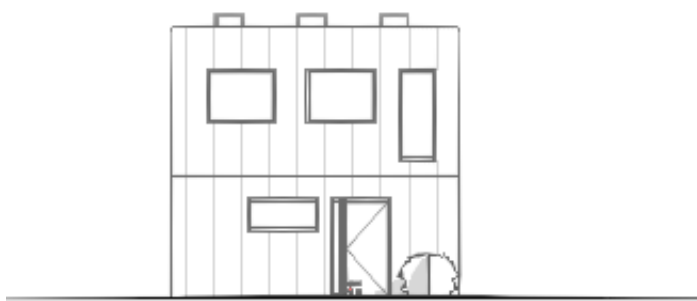
Openingen in muren zijn nodig om je te verplaatsen tussen verschillende ruimtes en voor lichtinval. Een kozijn is het gedeelte wat ervoor zorgt dat de ramen en deuren worden bevestigd tussen de openingen. Ramen, deuren en kozijnen. Je hebt verschillende soorten kozijnen. Deurkozijnen, raamkozijnen en vast glas kozijnen. De afstand vanaf het kozijn tot de buitenste rand van de buitenwand is de neggemaat. Bij het Tiny House gaat er gewerkt worden met een neggemaat van 70 mm. Hierdoor krijg je een zo min mogelijke ruimte waar lucht door heen zou kunnen gaan. De kozijnen worden van vuren en Marenti hout gemaakt. Een kozijn bestaat uit buitenbekleding met direct daarachter een luchtspouw en bevestigingsregels, hier wordt de buitenbekleding aan vast gemaakt. Hierachter komt een waterkerende en dampdoorlaatbare laag met daar naast vulhout met daartussen isolatiemateriaal. Hierna wordt een damp remmende laag met binnenbekleding aangelegd. Boven de kozijnen wordt een latei bevestigd. Een latei zorgt ervoor dat de belastingen niet worden opgevangen door het kozijn maar dus door de balk daarboven. Een latei is normaal gesproken ongeveer 5 cm langer aan beide kanten van het kozijn. Op de afbeeldingen hiernaast is te zien waar de openingen zijn geplaatst in het Tiny House. Aan de voorkant van de woning bevindt zich een voordeur. Deze deur draait naar binnen om hem te openen, de deur op de eerste Verdieping draait met een richting naar buiten. Ook bevindt zich in de woning een grote schuifpui, zoals de naam het al zegt wordt dit een deurkozijn met een schijfdeur. De rest van de kozijnen die zich bevinden in de woning bevatten draai-kiep ramen.



figuur 18: plattegronden Tiny House, Laura heijmans



Het voorlopige ontwerp



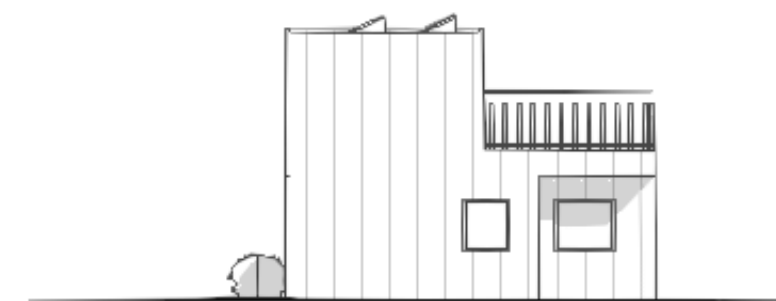
Vooraanzicht



Linkerzijanzicht



Achteraanzicht



Rechterzijanzicht1

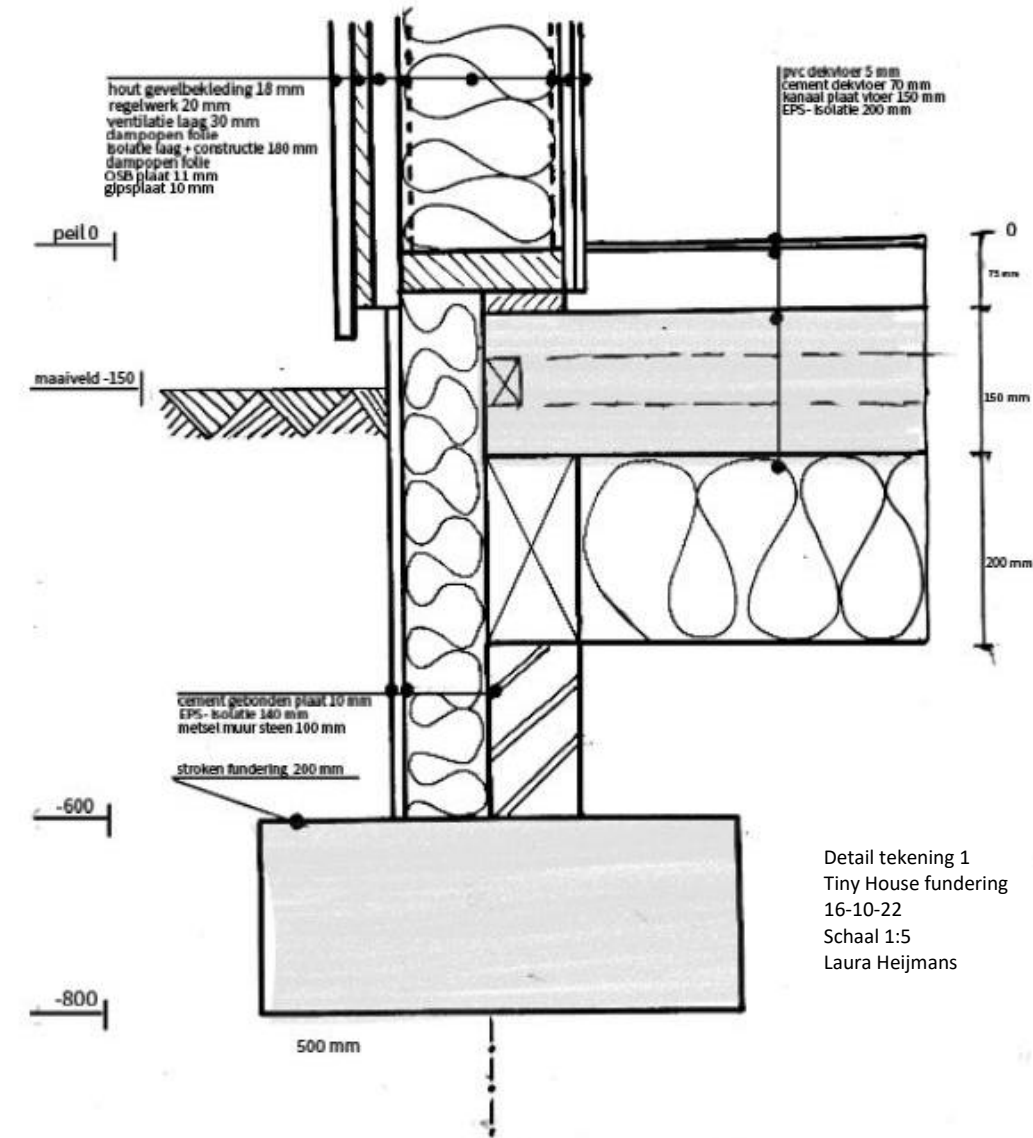
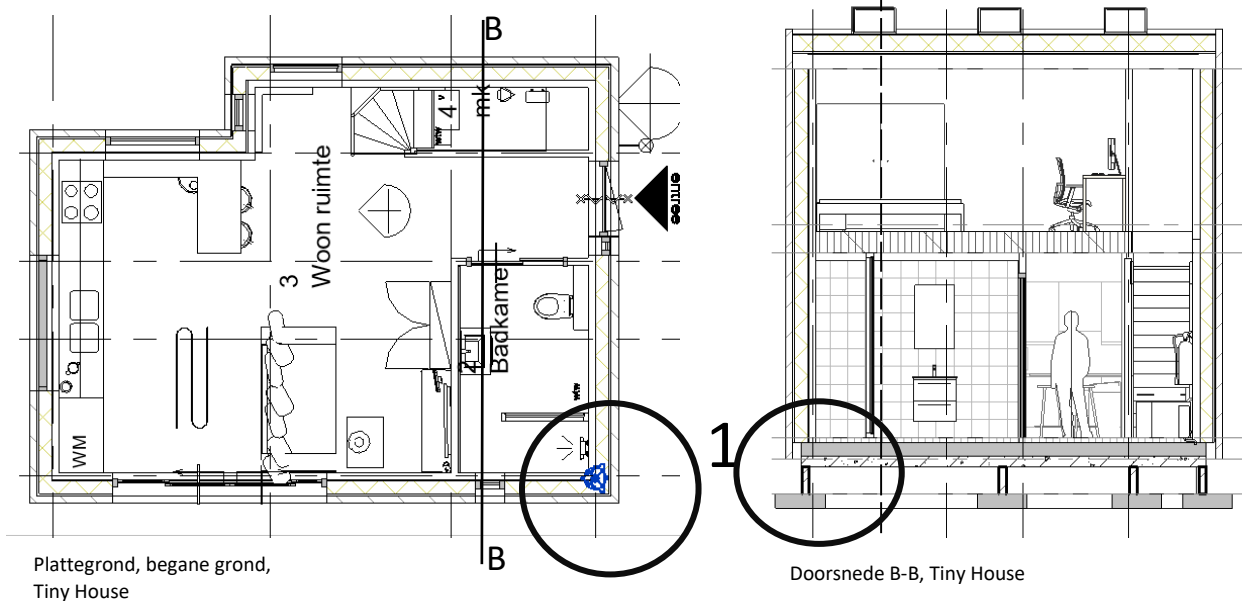
Detailtekening

Om een ontwerp goed te laten zien wordt deze vaak verkleind tekenend op papier of in een digitaal programma. Om een deel van het ontwerp duidelijker te laten zien wordt er gebruik gemaakt van een detailtekening, er wordt dan nog meer ingezoomd op een bepaald deel. Hierbij wordt er goed gekeken of het bouwtechnisch klopt. Het moet namelijk vocht dicht, waterdicht en tocht dicht zijn, er mag geen brand kunnen ontstaan en het moet goed overal geïsoleerd zijn.

In deze opdracht wordt er een gedetailleerde tekening verwacht van de fundering, vloer en muren die bij elkaar komen. Vanaf de onderkant heb je te maken met de fundering en de metselmuur, vanaf de zijkanten komen drie verschillende delen van de begane grond vloer bij elkaar, met daarbij ook de drie verschillende delen van de wanden. Deze onderdelen moeten op een goede manier in elkaar overlopen met geen naden en kieren waarbij vocht en tocht kan ontstaan. Ook moet het isolatiemateriaal goed overlopen naar de verschillende kanten. Het is dus erg verstandig om hiervoor een detailtekening te maken, want het is dan gemakkelijker te zien hoe bijvoorbeeld dit deel van een woning in elkaar zit.

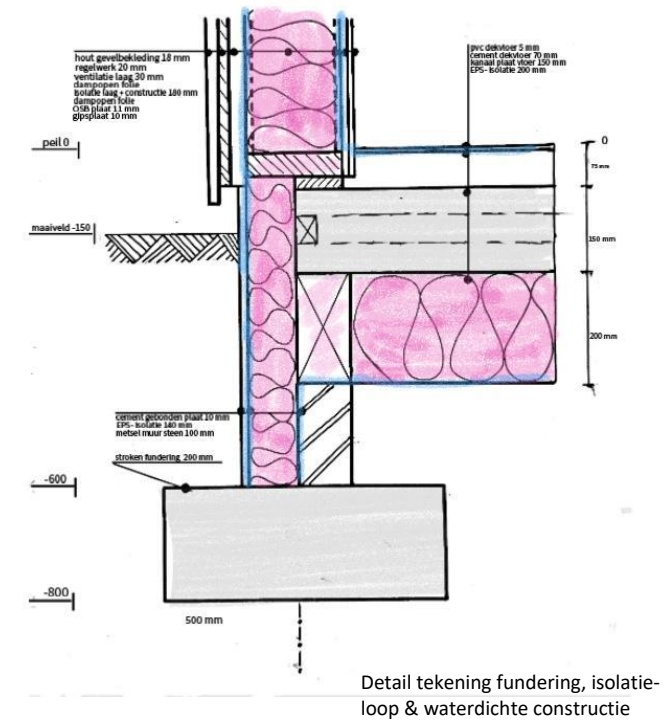
Onderdeel	Materiaal	Afmetingen dikte
Wand		
- Gevelbekleding	Hout Finti	18 mm
- Regelwerk	Hout SLS	25 x 38 mm
- Ventilatie laag	Lucht	30 mm
- Folie dampopen	Folie	1 mm
- Isolatielaag	Cellulose + gelamineerde leggers (SLS)	180 mm (180 x 50)
- Binnenwand	- Damp open folie	1 mm
	- OSB-plaat	12 mm
	- Gipsplaat	10 mm
	- Gipsvezelkarton	0,5 mm
Vloer		
- dekvloer	- Pvc + Plexwood	5 mm
	- Cementdekvloer	70 mm
- Vloer	- Kanaalplaat vloer	150 mm
	- EPS-isolatie	200 mm
Fundering		
	Cementgebonden plaat	10 mm
	Metselmuur steen	100 mm
	EPS-isolatie	140 mm
	Stampbeton	150 mm
	Betonstrook met wapening	50 mm

Figuur 19: afmetingen materialen



Detail tekening 1
Tiny House fundering
16-10-22
Schaal 1:5
Laura Heijmans

Hierboven is de detailtekening van de fundering te zien op schaal van 1:5. De fundering start op een hoogte van -800 onder peil. Hierdoor kan er geen bevriezingen en bewegingen ontstaan door de vorst. Hierna is er omhoog gewerkt tot aan de wanden. Zoals hiernaast te zien is loopt de isolatie helemaal rond, zonder een warmte-lek. Dit geeft de roze kleur aan. De isolatie loopt vanaf de muren naar de fundering, richting de vloer. De blauwe kleur geeft de plaatst aan waar de constructie waterdicht is gemaakt. Hierin is te zien dat er geen gat is ontstaan waardoor er bijvoorbeeld wel water binnen de constructie zou kunnen komen.



Detail tekening fundering, isolatie-loop & waterdichte constructie

Maquette

Om een ontwerp een beter ruimtelijk inzicht te laten krijgen wordt er gebruik gemaakt van een maquette, oftewel een 3D-model. Met een 3D-model kunnen plannen beter gecommuniceerd worden met bijvoorbeeld de opdrachtgever. Van het Tiny House wordt dus ook een maquette gemaakt. Op deze maquette is het huisje, de kavel en de inrichting te zien, en het wordt op een schaal van 1:50 gemaakt. Om een beetje zicht te krijgen op verschillende manieren om een maquette te maken is het verstandig om eerst naar voorbeelden te kijken.

Hieruit is een maquette ontstaan. Hoe deze er uit is komen te zien is te zien in de afbeeldingen heironder. Het is volledig van karton gemaakt en een paar meubels van hout. Het dak bestaat uit schuurpapier en de ramen uit plasticpapier. De boom die te zien is, is gemaakt van het materiaal koperdraad. Verder is er met magneten gewerkt om ervoor te zorgen dat de muur van het kleine woninkje af kan en dat je daardoor ook de binnenkant goed kan bekijken. Dit was dan ook een eis voor de maquette waar je je aan moest houden.



Constructies stabiliteit

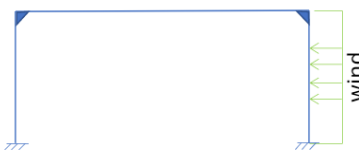
Het is belangrijk dat een wand erg stabiel is. Hierdoor blijft de woning in het algemeen erg stabiel, en ontstaat er stabiliteit. Een driehoek vorm is vormvast. Hiermee wordt bedoeld dat wanneer iets een vorm van een driehoek heeft het meer stabiel is dan een vierkant bijvoorbeeld. Deze driehoeken worden gebruikt in wanden van een gebouw. Meestal worden ze in staal uitgevoerd maar ook soms in hout.

Je hebt binnen een driehoek een strekspanning en een drukspanning. Bij een drukspanning kan er een knik ontstaan. Je moet het namelijk zien als een touwtje. Als je van beide kanten gaat drukken ontstaat er geen rechte lijn. Wanneer je dit touwtje inbeeldt wanneer je er aan trekt blijft het een rechte lijn. Een trekspanning is dus veel sterker.

Omdat de wind natuurlijk van beide kanten komt werken we niet met een driehoek maar met een kruis. Zo vangt de trekspanning van beide kanten de wind op.

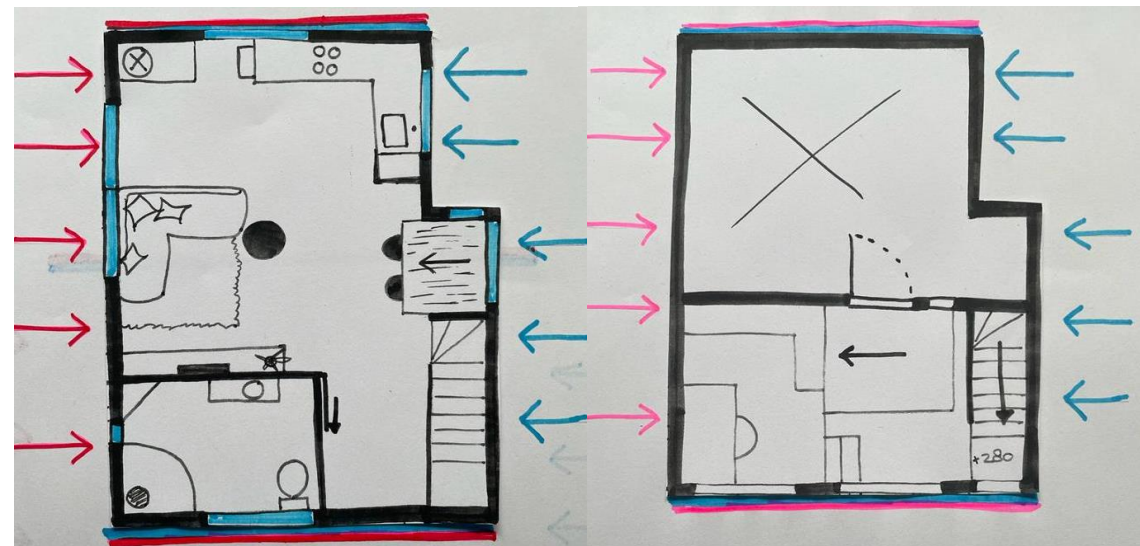


De wind gaat niet alleen tegen de gevel aan maar kan ook door waaien tot onder de woning. Als de woning niet zwaar genoeg is of sterk vast staat kan de woning namelijk gaan verschuiven of bewegen. Omdat het Tiny House een HSB-constructie heeft is het verstandig om vormvaste hoeken er in te verwerken en inklimmingen in de grond. Deze worden vaak van beton, staal en gelamineerde houten spanten gemaakt.



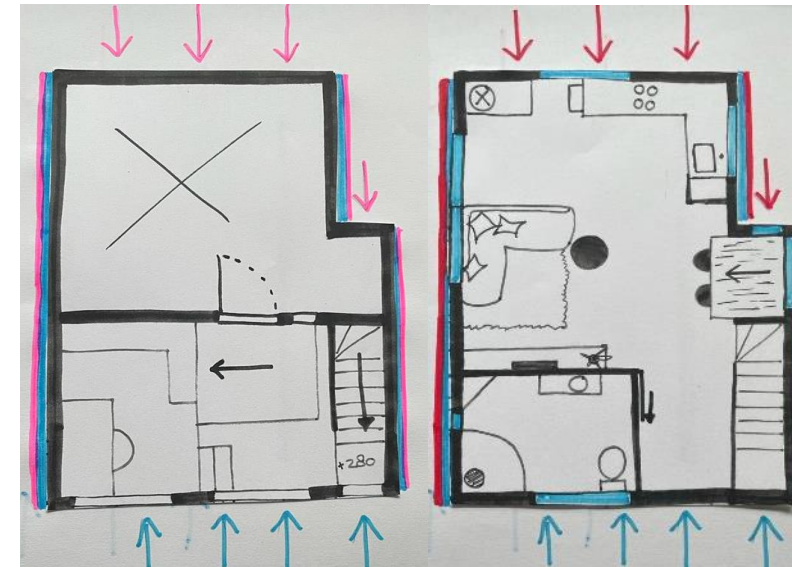
Om aan te geven welke muren voor de stabiliteit zorgen van het Tiny House is dit aangegeven in de plattegrond, zoals je hieronder kan zien. Als eerst is de wind van links en rechts gerekend naar de richting van het huis. Hierin zijn de muren, die voor stabiliteit zorgen, van de begane grond en de eerste verdieping aangegeven met kleuren. Daarna is hetzelfde gedaan voor de wind die van boven en onder komt. Het is hierbij belangrijk om te kijken of de windbelasting gemakkelijk kan afgedragen worden naar de fundering. Er is duidelijk te zien in de plattegronden dat de wind die bijvoorbeeld van links of recht komt afgedragen wordt met behulp van de muren die hier loodrecht op staan. In deze muren bevinden zich kruizen die de belasting met behulp van trekspanning naar beneden brengen.

Als we kijken naar de wind vanaf boven en onder gebeurt er precies hetzelfde. De muren die namelijk hier loodrecht op staan nemen de belasting mee naar beneden. Zo heeft iedere muur dus van het Tiny House een bijdrage aan het afdragen van de windbelastingen naar beneden. Hierdoor maakt het niet uit op welke hoek de wind staat, het wordt altijd goed afgedragen naar de fundering.



Plattegrond: begane grond, windbelasting links & rechts

Plattegrond: eerste verdieping, windbelasting links & rechts



Plattegrond: begane grond, windbelasting boven & onder

Plattegrond: eerste verdieping, windbelasting boven & onder

De bouwdeelen

bouwdeel	materiaal	volume massa kg/m ³	KN/m ³	som	gewicht (KN/m ²)
Wand	gevelbekleding hout	500	4,905	0,018x4,905	0,088
	regelwerk hout	700	6,867	0,025x0,038x6,867/0,6	0,124
	ventilatie spouw	1,29	0,0126549	0,030x0,0126549	0,000
	dampopen folie	0,2	0,001962	0,001x0,001962	0,000
	isolatie cellulose	50	0,4905	0,180x0,4905	0,009
	regelwerk hout	700	6,867	0,180x0,050x6,867/0,6	0,124
	dampopen folie	0,2	0,001962	0,001x0,001962	0,000
	OSB plaat	680	6,6708	0,012x6,6708	0,120
	gipsplaat	1300	12,753	0,010x12,753	0,230
					0,694 totale bel. Wand
vloer	PVC + Plexwood	500	4,905	0,005x4,905	0,025
	cement dekvloer	3150	30,9015	0,070x30,9015	2,163
	kanaalplaat vloer	3150	30,9015	0,150x30,9015	4,635
	EPS- isolatie	80	0,7848	0,200x0,7848	0,157
					6,980 totale bel. Vloer
fundering	cement gebonden plaat	3150	30,9015	0,010x30,9015	0,309
	metselmuur steen	1300	12,753	0,100x12,753	1,275
	EPS- isolatie	80	0,7848	0,140x0,7848	0,110
	stampbeton	2350	23,0535	0,150x23,0535	3,458
	betonstrook met wapening	2350	23,0535	0,050x23,0535	1,153
					6,305 totale bel. Fundering
verdiepingsvloer	gipsplaat: latten	1300	12,753	0,038 x 0,235 x 12,753/0,5	0,228
	balkenlaag hout	700	6,867	0,038 x 0,235 x 6,867/0,6	0,102
	multiplex	700	6,867	0,018x6,867	0,124
	isolatie laag cellulose	80	0,7848	0,100x0,7848	0,078
	beton cement laag	3150	30,9015	0,050x30,9015	1,545
	hout laminaat	500	4,905	0,001x4,905	0,005
	leidingen en bevestigings middelen				0,050
					2,132 totale bel. Verdiepingsvloer
dak	balkenlaag hout CLS/SLS	700	6,867	0,038 x 0,235 x 6,867/0,6	0,102
	isolatie cellulose	80	0,7848	0,230x0,7848	0,181
	plaat materiaal multiplex	700	6,867	0,018x6,867	0,124
	damp dichte folie	0,2	0,001962	0,001x0,001962	0,000
	gipsplaat: latten	1300	12,753	0,038 x 0,235 x 12,753/0,5	0,228
	dakbekleding EPDM	1600	15,696	0,010x15,696	0,157
				0,791 totale bel. Dak	

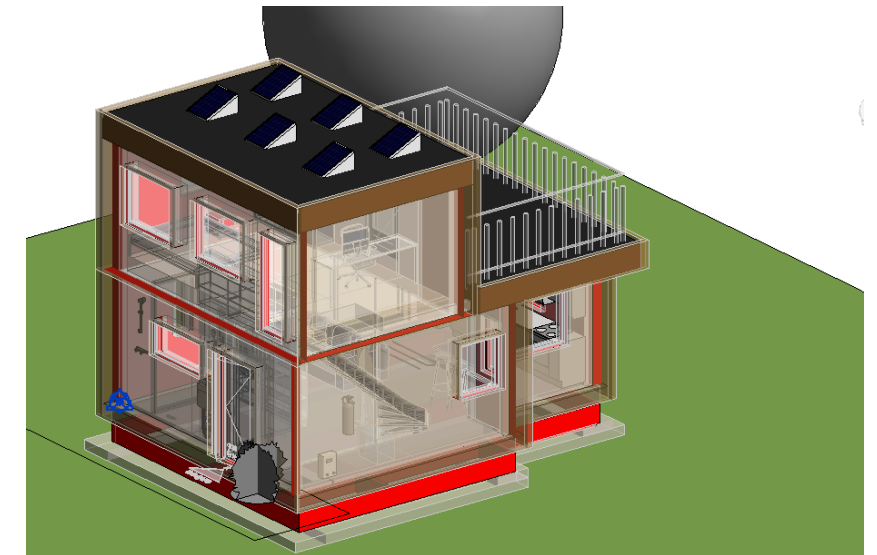
De overspanning in de vloeren en daken

Het beste is om een zo klein mogelijke overspanning te nemen. Een kleine overspanning staat overeen met een kleine afstand. Zo is in iedere plattegrond hieronder aangegeven hoe de overspanning loopt. Met de kleuren in de plattegronden is aangegeven hoe de kracht wordt afgedragen naar beneden. Het dak heeft namelijk een bepaald gewicht en dit moet naar beneden, via de fundering, worden afgedragen op de draagkrachtige grond. Het gewicht van bijvoorbeeld het dak wordt eerst verdeeld over twee wanden waar dit dak op steunt. Dit is aangegeven met een licht blauw en een donkere blauw, de linker en rechter gewicht van het dak. Deze worden via de wanden naar beneden afgedragen. Zo werkt het ook met de verdiepingvloer en de begane vloer. Het linker gewicht wordt afgedragen via de linker kant en het rechter gewicht via de andere kant. Zo worden alle gewichten afgedragen naar beneden naar de draagkrachtige grond.

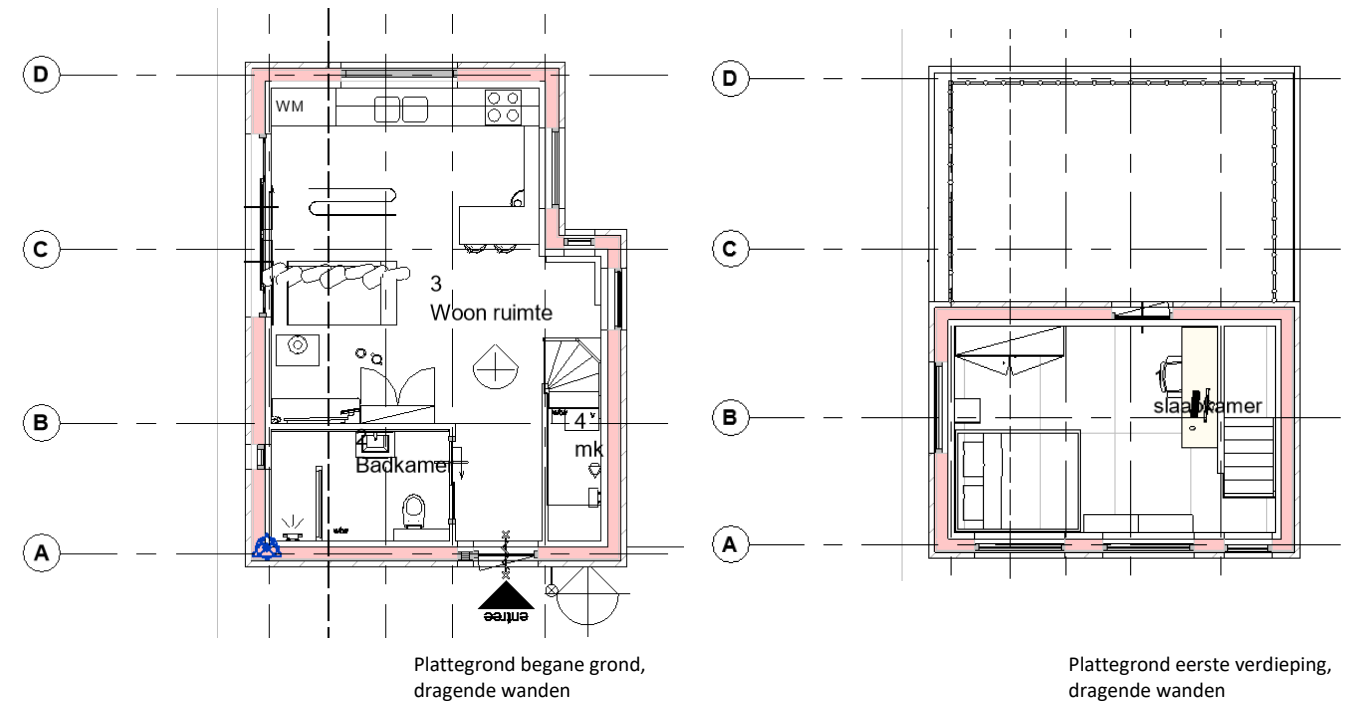


De dragende wanden

De belastingen worden via het dak, verdiepingvloer, en begane vloer via de wanden naar beneden afgedragen. Een wand van een huis bestaat uit verschillende delen. Niet elk deel hoeft een dragende functie te hebben. In het Revit model heeft de binnenmuur de dragende functie gekregen. Deze muur bestaat uit een HSB, isolatie, en OSB-plaat/ gipsplaat. Deze dragende muren zorgen ervoor dat de belastingen dus verdeeld worden afgedragen naar de grond.



3D-model Revit, dragende wanden



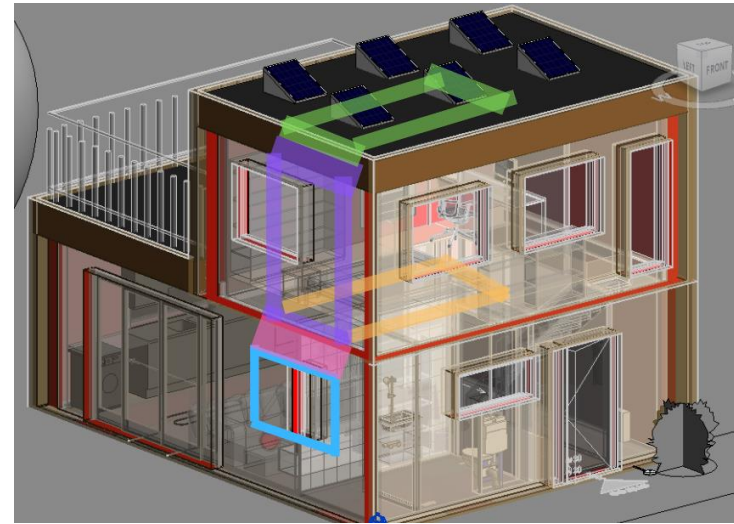
Plattegrond begane grond, dragende wanden

Plattegrond eerste verdieping, dragende wanden

Constructies latei berekenen

De latei ligt boven de kozijnen, en zorgt ervoor dat de belastingen van de muren, vloeren en daken goed worden opgevangen boven bijvoorbeeld een raam of deur. Om te berekenen hoe groot de belasting is op een latei is het verstandig om een maatgevende latei aan te wijzen. Dit is het kozijn met de meeste belasting erop. Hiervoor heb ik het kozijn in de badkamer gekozen. Op de afbeelding is dit het blauwe vierkant. Op deze latei steunt een gedeelte muur, gedeelte vloer, en een gedeelte dak. Deze vier verschillende belastingen bij elkaar opgeteld komt geeft het totale gewicht wat de latei moet kunnen dragen. In de afbeelding zijn deze verschillende belastingen aangegeven met een kleur.

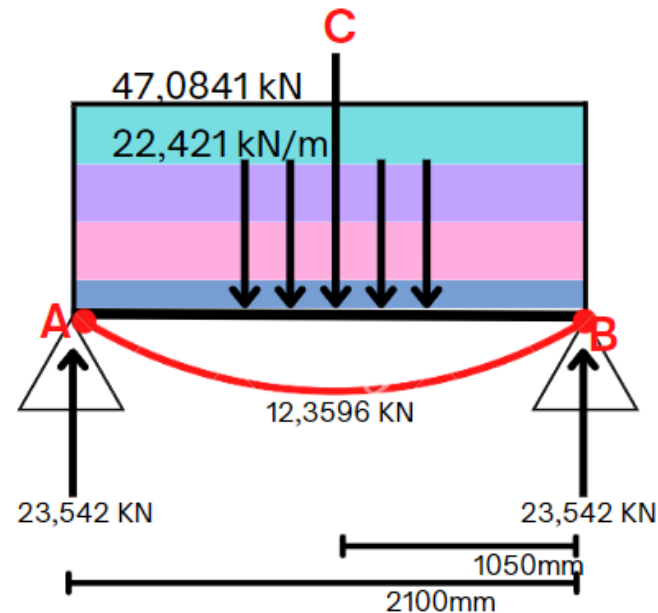
Met de oppervlakte van en gedeelte wand, vloer en dak kunnen we deze waarde vermenigvuldigen met de totale belasting in KN/m². Als we dit bij elk bouwdeel berekenen komen we uit op een totale belasting wat zich boven de latei bevindt.



3D-model Revit, dragende vlakken latei

bouwdeel	oppervlakte m2	totale belasting kN/m2	belasting bouwdeel
wand	6,51	0,694	4,518
vloer	5,796	2,132	12,357
dak	6,09	0,791	4,817
wandje	1,05	0,694	0,729
			22,421 totale bel.

De berekening van de latei



$$\begin{aligned} M_a: & Ax_0 + 47,0841 \cdot 1,05 - B \cdot 2,10 \\ A \cdot 0 + 47,0841 \cdot 1,05 - B \cdot 2,10 & = 0 \\ 49,438 - B \cdot 2,10 & = 0 \\ B \cdot 2,10 & = 49,438 \\ B & = 23,542 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b: & B \cdot 0 - 47,0841 \cdot 1,05 + A \cdot 2,10 \\ B \cdot 0 - 47,0841 \cdot 1,05 + A \cdot 2,10 & = 0 \\ -49,438 + A \cdot 2,10 & = 0 \\ A \cdot 2,10 & = 49,438 \\ A & = 23,542 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{midden (C)}}: & 23,542 \cdot 1,05 - (22,421 \cdot 1,05) \cdot 0,525 = \\ & 24,7191 - 12,3596 = 12,3596 \text{ KnM} \end{aligned}$$

momenten lijn + dwarskrachten lijn

$$\begin{aligned} \text{doorbuiging: } I &= (5 \cdot M \cdot L^2) / (48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,003) \\ &= (5 \cdot 12,3596 \cdot 2100^2) / (48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,003) \\ &= 272529180 / 302400 = 901,22 \text{ mm}^4 \\ &= 0,091 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{weerstandsmoment: } W &= (M \cdot 10^6) / Q \\ &= (12,3596 \cdot 10^6) / 235 = 52594,043 \text{ mm}^3 \\ &= 52,594 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Bronnenlijst

Basisboek Bouwkunde tekenen, ThiemeMeulenhoff, E.J.L. Cornel 7 M.W.R. Salden, 2020

Boek bouwfysica, ThiemeMeulenhoff, A.C. van der Linden, 2007

Boek Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen, ThiemeMeulenhoff, R. Blok, 2018

Basisboek Bouwkunde, ThiemeMeulenhoff, A.H.L.G Bone, 2020

Lessen, constructies, bouwkunde eerste jaar HBO, George Hoekstra

Lessen, bouwfysica, bouwkunde eerste jaar HBO, Friso Brouwer

Lessen, bouwtechniek, bouwkunde eerste jaar HBO, Jan Witteveen

<https://www.nibe.eu/nl-nl/producten/balansventilatie-met-wtw/ers-20-250>

Welk WTW-systeem is goed?, NIBE

<https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/hoe-werken-zonnepanelen/>

Hoe werken zonnepanelen?, milieu centraal