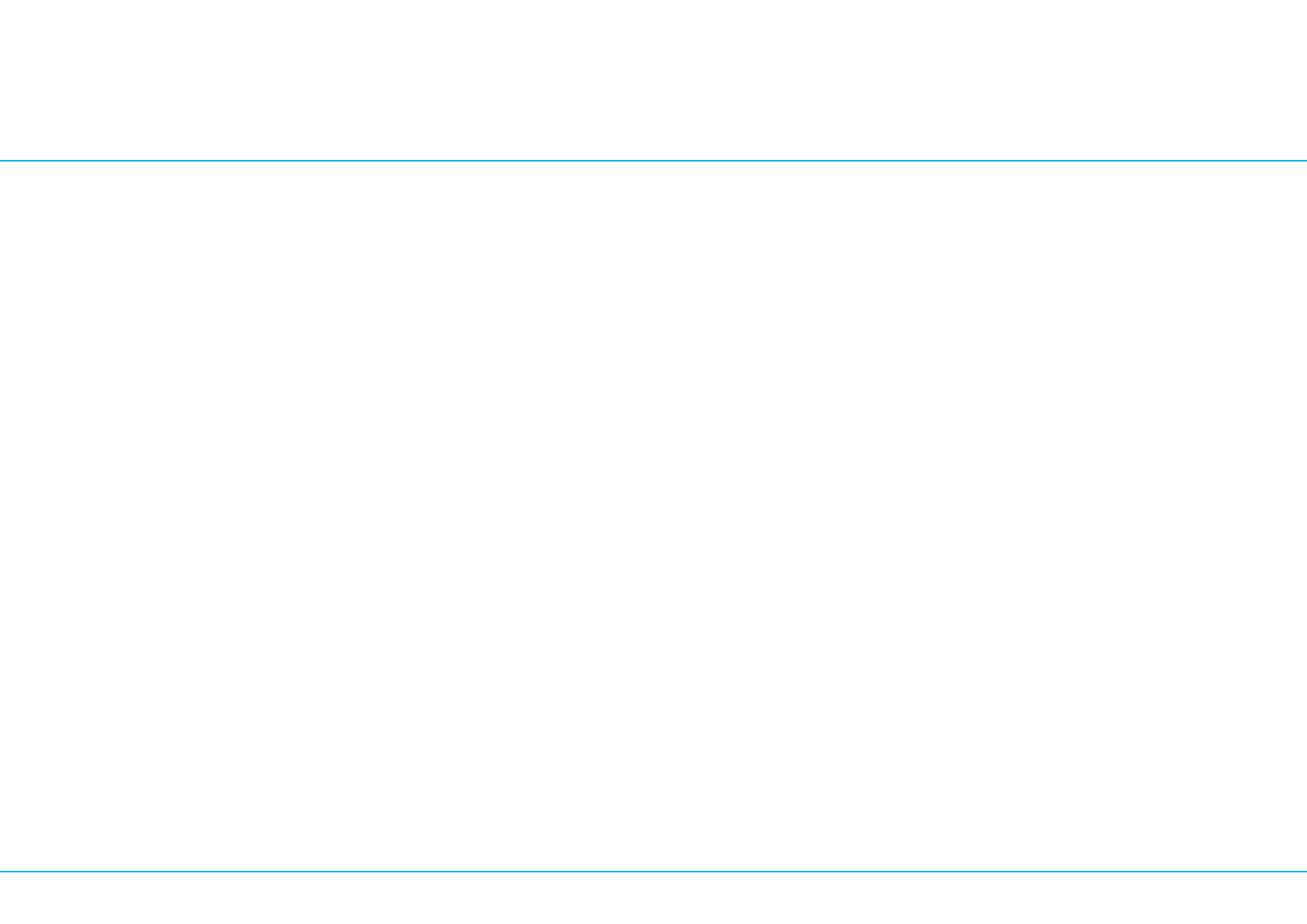


Casper Conradi  
s0174033  
Universiteit Twente



Voorlopig Ontwerp Natuurhus

The image is a 3D architectural rendering of a circular building, the 'Natuurhus', designed to be integrated into a natural landscape. The building features a prominent green roof that is level with the surrounding grassy terrain. A curved wooden facade with large windows and a balcony area is visible. A curved walkway with a glass railing runs along the edge of the building. The interior of the building is visible through the windows, showing a wooden floor and a person standing. The roof is supported by several thick, vertical wooden posts. A large, curved wooden structure, possibly a pergola or a covered walkway, extends from the building. The surrounding landscape is lush green with scattered trees, bushes, and patches of yellow and white flowers. A few small figures of people are scattered around the building to provide a sense of scale. The sky is a clear, light blue.



# Titelpagina

---

## Voorlopig Ontwerp Natuurhus

Dit verslag is bestemd voor:

ir. Bram Entrop  
Martin Mulder

Datum:

01-02-2013

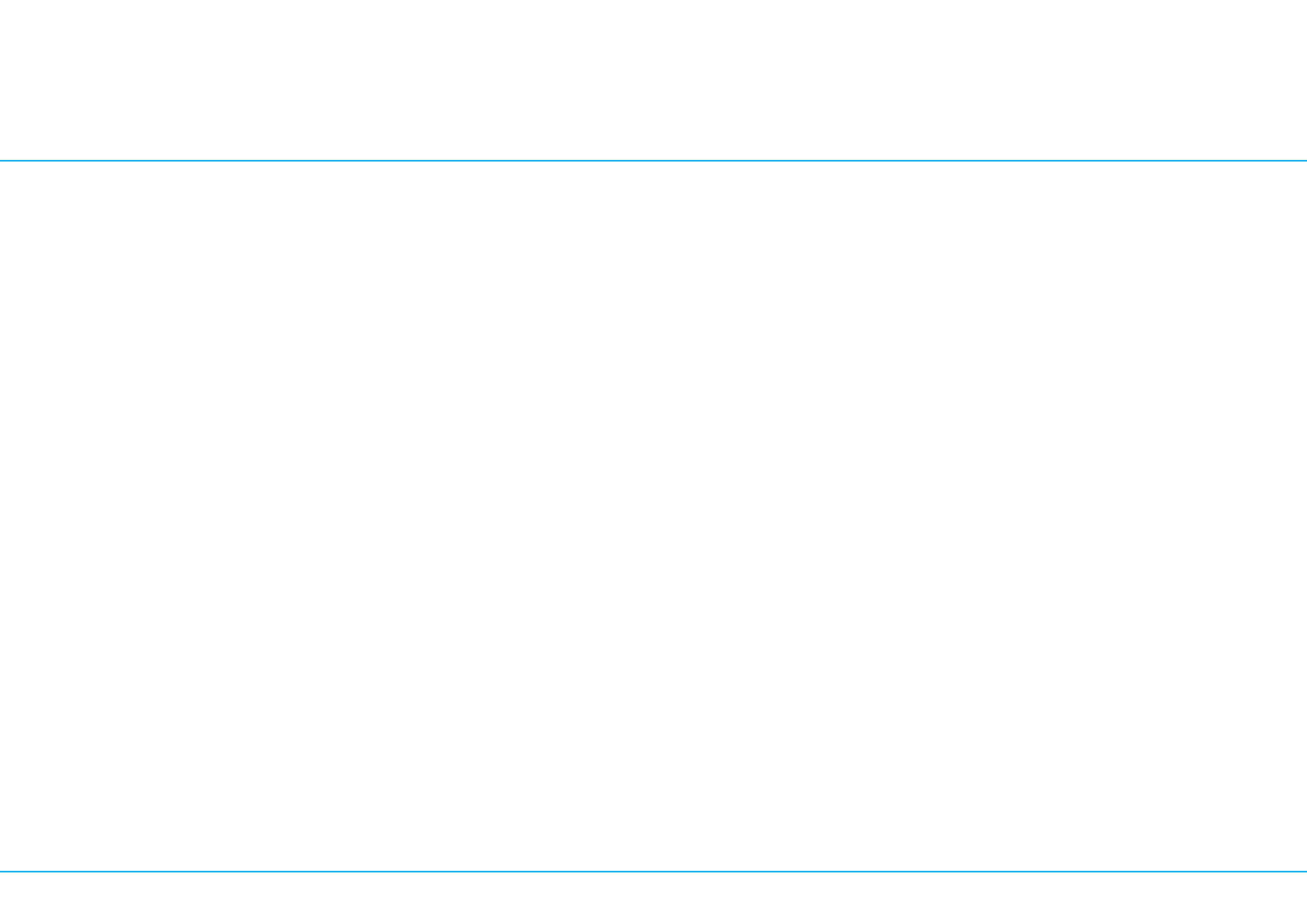
Aantal pagina's:

111 (exclusief bijlage)

Auteur:

Casper Conradi  
s0174033

**UNIVERSITEIT TWENTE.**



# Voorwoord

---

In dit verslag is te lezen hoe ik een structuurontwerp en voorlopig ontwerp heb gemaakt voor het Natuurhus in Almelo, een zeer natuurlijk en milieuvriendelijk gebouw dat ruimte moet bieden aan een restaurant en zes natuurverenigingen uit Almelo en omgeving.

Als student Industrial Design Engineering, met als gekozen mastertrack Architectural Building Components Design Engineering, was ik op zoek naar een opdracht die goed bij mijn opleiding zou passen. Na wat te hebben rondgezocht kwam ik uit bij Bram Entrop, docent aan de Universiteit Twente, die via de Wetenschapswinkel gehoord had over de opdracht om een ontwerp voor het Natuurhus te ontwikkelen. Deze opdracht had meteen mijn aandacht. De opdracht leek zeer goed bij mijn opleiding te passen en daarnaast kreeg ik als student de kans om een gebouw te ontwerpen dat met een beetje geluk ook daadwerkelijk gebouwd gaat worden. Zo'n kans krijg je niet vaak.

Nu de opdracht is afgerond kan ik stellen dat ik er heel veel van geleerd heb en kan ik bevestigen dat de opdracht erg goed bij mijn opleiding paste. Zo goed zelfs, dat mijn mastercoördinator heeft gevraagd of ik de opdracht wil presenteren tijdens de mastervoorlichting voor toekomstige masterstudenten.

Dit was het eerste gebouw dat ik in mijn eentje heb ontworpen en ook al wist ik van te voren dat er heel veel tijd in zou gaan zitten, ik heb nu een nog beter beeld van wat er allemaal bij komt kijken. Ik vond het een zeer interessante opdracht en heb er met veel plezier aan gewerkt.

Casper Conradi

Februari 2013

# Inhoudsopgave

Samenvatting	8	2.2 Materialen	26
Abstract	10	2.2.1 Muren	27
Inleiding	13	2.2.2 Ramen	29
<b>1 Analyse</b>	<b>14</b>	2.2.3 Dak	29
1.1 Opdrachtschrijving	14	2.3 Klimaat	29
1.1.1 Aanleiding	15	2.4 Conclusie	32
1.1.2 Vraagstelling	15	<b>3 Locatie</b>	<b>34</b>
1.1.3 Begripsbepaling	15	3.1 Almelo	34
1.2 Organisatie bouwproces	16	3.1.1 Binnenstadplan Almelo	34
1.3 Gebruikers	18	3.1.2 Hagenpark en de Almelose Aa	36
1.3.1 Natuurverenigingen	18	3.2 Toegankelijkheid	38
1.3.2 Restaurant	18	3.3 Klimatologische omstandigheden	40
1.4 Programma van eisen	18	3.3.1 Wind	40
1.4.1 Randvoorwaarden	18	3.3.2 Zon	42
1.4.2 Eisen	19	3.3.3 Schaduw	42
1.4.3 Wensen	21	3.4 Conclusie	43
1.5 Ruimtes in het Natuurhus	21	<b>4 Optimalisatie van het Earthship-concept</b>	<b>46</b>
<b>2 Basisprincipes Earthship</b>	<b>22</b>	4.1 Materialen	48
2.1 Voorzieningen	24	4.1.1 Autobanden	48
2.1.1 Elektrische energie	24	4.1.2 Flessen en blikjes	48
2.1.2 Water en afvalwater	24	4.1.3 Pleisterwerk	49
2.1.3 Verwarming en koeling	25	4.2 Energievoorzieningen	49
2.1.4 Eten	26	4.2.1 Zonne-energie	49
2.1.5 Globaal model	26	4.2.2 Verwarming	49
		4.2.3 Wateropvang	50
		4.2.4 Afvalwaterzuivering	50
		4.3 Uitvoerbaarheid	50

4.4 Bestaande concepten	51	6.3.7 Deuren	86
4.4.1 The California Academy of Sciences	52	6.3.8 Vloer en plafond	86
4.4.2 Earth House Estate Lättenstrasse	53	6.3.9 Binnenmuren	86
4.4.3 The Gateway Building	54	6.3.10 Alle waardes	87
4.5 Conclusie	55	6.4 Energievoorziening	88
<b>5 Structuurontwerpen</b>	<b>56</b>	6.4.1 Verwarming, koeling en ventilatie	88
5.1 Opzet structuurontwerp	56	6.4.2 Elektrische energie	90
5.2 Conceptgeneratie	57	6.5 ENORM	91
5.2.1 Earthship	58	6.5.1 Resultaten	91
5.2.2 Strohuis	62	6.6 Schatting bouwkosten	93
5.2.3 Passiefhuis	66	<b>7 Voorlopig ontwerp</b>	<b>96</b>
5.2.4 Evaluatie	70	7.1 Toegankelijkheid Natuurhus	98
<b>6 Van structuurontwerp tot voorlopig ontwerp</b>	<b>72</b>	7.2 Transparantie	100
6.1 Bouwen met stro	72	7.3 Zelfbouw	102
6.1.1 Aandachtspunten	73	7.4 Verwarming	102
6.1.2 Stro als dragende constructie of niet?	74	7.5 Visie van de gemeente Almelo	102
6.2 Constructie	75	<b>8 Evaluatie</b>	<b>104</b>
6.2.1 Indeling	76	8.1 Behandelde aspecten van het bouwproces	104
6.2.2 Aanzichten	78	<b>9 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>106</b>
6.2.3 Doorsneden	80	9.1 Conclusies	106
6.3 Materialen	82	9.2 Aanbevelingen	108
6.3.1 Strowanden en afwerking	82	Referenties	110
6.3.2 Strowanden en damwand	83	Bijlage - ENORM resultaten	112
6.3.3 Fundering en vloer	84		
6.3.4 Stalen frame	84		
6.3.5 Groendak	85		
6.3.6 Ramen	85		

# Samenvatting

In deze opdracht is een voorlopig ontwerp voor het Natuurhus in Almelo ontwikkeld. Het Natuurhus moet een nieuw onderkomen worden voor een restaurant en voor zes natuurverenigingen uit Almelo en omstreken. Dit Natuurhus dient een zeer milieuvriendelijk gebouw te worden, geïnspireerd op de principes van Earthships en zal worden gebouwd in het Hagenpark. Een belangrijk aandachtspunt is dat het Natuurhus grotendeels door vrijwilligers gebouwd moet kunnen worden. Een Earthship is een volledig zelfvoorzienend gebouw dat grotendeels gebouwd wordt uit afvalmaterialen zoals autobanden. Autobanden worden opgestapeld en gevuld met aarde om zo een zeer stevige en goed geïsoleerde muur te bouwen. Het Earthship is ontwikkeld door de Amerikaanse architect Michael Reynolds. De principes van Earthships zijn onderzocht en hieruit bleek dat een aantal aspecten van een Earthship niet geschikt is voor het Natuurhus. Zo zal een Earthship zonder extra verwarming geen comfortabel binnenklimaat opleveren in Nederland. Ook kunnen er vraagtekens geplaatst worden bij het gebruik van autobanden, omdat uit onderzoek blijkt dat hier giftige stoffen uit lekken.

Er moeten aanpassingen gedaan worden om het Earthship-concept te optimaliseren en om een milieuvriendelijk gebouw in het Nederlandse klimaat te laten functioneren. Er zijn veranderingen doorgevoerd en ook is er gekeken naar drie zeer milieuvriendelijke gebouwen die op verschillende principes gebaseerd zijn. Dit om aan te tonen dat er verschillende opties zijn om een milieuvriendelijk gebouw te ontwerpen. Er zijn vervolgens drie structuurontwerpen ontwikkeld. Eén gebaseerd op het Earthship principe, één gebouw dat gebouwd kan worden uit strobalen en één gebouw volgens de principes van een Passiefhuis. De drie structuurontwerpen zijn gepresenteerd aan de verschillende

Natuurverenigingen en er is gekozen om het strohuis verder uit te werken tot voorlopig ontwerp.

Het Natuurhus zal bestaan uit een dragend stalen frame, waarbij de muren bestaan uit opgestapelde strobalen. De wanden worden vervolgens afgewerkt met een pleisterlaag aan de binnenkant en een houten afwerking aan de buitenkant. De strobalen zorgen voor een uitstekende isolatiewaarde, zijn goedkoop en zijn bovendien zeer milieuvriendelijk. Een ander voordeel is dat er met strobalen eenvoudig gebouwd kan worden door vrijwilligers.

In overleg met Cogas, een bedrijf uit Almelo met veel ervaring in de energiesector, is er besloten om te kiezen voor een warmtepomp in combinatie met een HR-ketel voor de verwarming van het Natuurhus. Dit is uiteraard niet geheel zelfvoorzienend, maar is wel een beproefd systeem dat zeer robuust is. In een later stadium in het ontwerpproces, wanneer meer exacte data betreffende het Natuurhus voor handen is, kan er eventueel gekeken worden naar andere energiebesparende opties, zoals een pelletkachel.

Met behulp van ENORM, software voor EPC-berekeningen is de energieprestatie berekend en de waarde voor  $E_{pTot}/E_{p;adm;tot;nb} = 0,335$ . Zolang deze waarde onder de 1 ligt, wordt er voldaan aan de vereiste energieprestatiecoëfficiënt (EPC) voor het betreffende gebouw. In dit geval is de EPC dus  $1 - 0,335 = 0,665 = 66,5\%$  beter dan de verplichte maximale EPC. Ten slotte is er een schatting gemaakt voor de bouwkosten van het Natuurhus. Deze schatting komt uit op een bedrag tussen de €564.324,80 en €706.583,09.



---

Het voorlopig ontwerp voor het Natuurhus ligt grotendeels in een heuvel, waardoor het vanaf drie zijden vrijwel niet opvalt. Aan de zuidzijde zit een grote glazen façade, wat zorgt voor lichtinval en warmte door de zon. De begane grond in het Natuurhus is geheel bestemd voor de zes natuurverenigingen, terwijl de bovenverdieping bestemd is voor het restaurant. Via de heuvel kan de ingang van het restaurant worden bereikt, waardoor het voelt alsof het restaurant ook op de begane grond zit. Doordat het Natuurhus in een heuvel ligt, kan er over het hele gebouw gelopen worden. Via glazen koepels op het dak kan er naar binnen worden gekeken en bovendien zorgen deze koepels voor extra lichtinval.

Met deze opdracht is getracht een eerste stap te zetten in de ontwikkeling van het ontwerp voor het Natuurhus. In de volgende fase moet alles uitgewerkt worden tot een definitief ontwerp. Dit zal de laatste fase zijn in het ontwerptraject.

# Abstract

In this assignment a concept design was developed for the Natuurhus in Almelo. The Natuurhus will become a new home for a restaurant and six nature associations from Almelo. The Natuurhus has to be a very eco-friendly building, based on the Earthship principles and will be built in the Hagenpark. An important concern is that it should be possible that to a large extent the Natuurhus can be built by volunteers. An Earthship is a self-sufficient building that is largely built out of waste materials such as car tires. Car tires are being stacked up and filled with ground. This way a very solid and well insulated wall can be built. Earthships are developed by the American architect Michael Reynolds. The Earthship principles are examined and it showed that several aspects of an Earthship are not suitable for the Natuurhus. Without extra heating an Earthship will not provide a comfortable indoor climate in the Netherlands. The use of car tires can also be called into question, since research shows that toxic substances are leaking from the tires into the ground and water.

Adjustments are necessary to optimize the Earthship concept to be functional in the Dutch climate. Changes have been made and three other eco-friendly buildings have been examined that are based on different principles. This has been done to show that there are several options to design a eco-friendly building. Next three structural designs were developed. One is based on the Earthship principles, one can be built out of straw bales and one can be built according to the principles of a passive house. The three structural designs were presented to the nature associations and the straw building was chosen to be developed further.

The Natuurhus will exist out of a load bearing steel frame. The walls exist out stacked straw bales. A layer of plaster will then be applied to

the straw bales on the inside, while the outside will be provided with a timber finishing. The straw bales provide an excellent insulation, are cheap and furthermore are very eco-friendly. Another advantage is the fact that it is very easy to build with straw bales, making it easy for volunteers to help.

In cooperation with Cogas, a company from Almelo with a lot of experience in the energy industry, it has been decided to choose for a heat pump in combination with a high efficiency boiler to use for heating the building. This is of course not completely self-sufficient, but it is a proven system that is very solid. At a later stage, when more exact data is available, it is possible to look at other energy saving options, such as a pellet stove.

Using ENORM, software to calculate the energy performance coefficient, the energy performance has been calculated and the value for  $E_{pTot} / E_{p,adm;tot;nb} = 0,335$ . As long as this value is below 1 the criteria for energy performance are met. In this case the energy performance coefficient is  $1 - 0,335 = 0,665 = 66,5\%$  better than the required value. In the end a cost estimation for the Natuurhus was made. The estimated building costs lie between €564.324,80 en €706.583,09.

The concept design of the Natuurhus is mostly covered by a hill and because of that the building is almost not visible from three sides. On the southern side there is a large glass façade, which provides daylight and heat by the sun. The first floor of the Natuurhus will be used by the six nature associations, while on the second floor the restaurant will be located. By walking over the hill the entrance of the restaurant can be reached. This way it feels like the restaurant is located on the first

---

floor too. Because the Natuurhus is mostly covered by a hill it is possible to walk over the entire building. On the roof glass domes are placed through which can be looked and moreover they provide extra daylight.

With this assignment it was tried to take the first step in developing the design of the Natuurhus. In the next phase everything needs to be developed into a final design. This will be the final phase in the design process.



# Inleiding

---

In het eerste hoofdstuk is begonnen met het analyseren van de gebruikers, het definiëren van de hoofdvragen en het opstellen van een programma van eisen. Bij een dergelijke opdracht is het zeer belangrijk dat alle eisen en wensen van de gebruikers volledig helder zijn en dat de vraagstelling bekend is. Dit eerste hoofdstuk biedt houvast gedurende de gehele opdracht en de eisen en wensen van de gebruikers moeten te allen tijde in de gaten worden gehouden.

In het tweede hoofdstuk zijn de basisprincipes van Earthships onderzocht. De voorzieningen alsook de gebruikte materialen in een Earthship zijn bestudeerd en het klimaat waarin Earthships renderen is nader bekeken. De locatie van het Natuurhus is vervolgens onderzocht in hoofdstuk drie. Hierin is gekeken naar het plan dat de gemeente Almelo voor ogen heeft met de binnenstad en is er ook gekeken naar het Hagenpark en de Almelse Aa. De toegankelijkheid van het Natuurhus is bestudeerd en er is nader gekeken naar het klimaat. Hierbij is ook een schaduwanalyse is uitgevoerd.

In het vierde hoofdstuk is te lezen hoe het Earthship-concept geoptimaliseerd moet worden om te kunnen voldoen in het Nederlandse klimaat. Er is gekeken naar de materiaalkeuzes, de energievoorzieningen en de bouw. Een Earthship kan grotendeels gebouwd worden door vrijwilligers en dit moet ook het geval zijn bij het Natuurhus.

In hoofdstuk vijf zijn de drie ontwikkelde structuurontwerpen beschreven. Het eerste structuurontwerp is volledig gebaseerd op de Earthship principes, het tweede structuurontwerp bestaat uit een gebouw dat gebouwd is met stobalen en het derde structuurontwerp is gebaseerd op de principes van een Passiefhuis. Vervolgens is het gekozen

structuurontwerp verder uitgewerkt in hoofdstuk zes. De constructie en de gebruikte materialen worden toegelicht en de energievoorzieningen worden beschreven. Ook wordt in dit hoofdstuk de energieprestatie berekend en wordt er een schatting van de bouwkosten gemaakt.

Het uiteindelijke voorlopig ontwerp is te zien in hoofdstuk zeven en in hoofdstuk acht wordt dit ontwerp geëvalueerd. Ten slotte worden de conclusies en aanbevelingen beschreven.

# 1 Analyse

In dit hoofdstuk zal worden begonnen met het formuleren van de opdracht, om een duidelijk beeld te krijgen van wat er gedaan dient te worden en hoe dit moet worden aangepakt. Ook zal er worden toegelicht hoe de organisatie van dit proces verloopt en worden de gebruikers geanalyseerd. Het hoofdstuk eindigt met het programma van eisen en met een uiteenzetting van de ruimtes die het Natuurhus moet omvatten.

## 1.1 Opdrachtomschrijving

Het Hagenpark in Almelo moet op de schop en in dit park dient een Natuurhus te worden gerealiseerd. Het Natuurhus zal ruimte bieden aan een restaurant en zes natuurverenigingen uit Almelo en omgeving, namelijk IVN afdeling Almelo, Groei en Bloei Almelo, KNNV afdeling “Twenthe”, T’ Iemenschoer, NIVON afdeling Almelo en AstronA. De bouw van het Natuurhus zal zoveel mogelijk worden gerealiseerd door een grote groep vrijwilligers van deze verenigingen. In deze opdracht wordt een voorlopig ontwerp voor het Natuurhus gemaakt met in acht name van alle eisen en wensen van de betrokken partijen.

Het Natuurhus zal worden gebaseerd op zogenaamde Earthships ([www.earthship.com](http://www.earthship.com), 13-11-2012), autonome gebouwen die zoveel mogelijk van gerecyclede materialen gemaakt worden en niet aangesloten zijn op het elektriciteitsnet, waterleiding, of riolering. Voor het Natuurhus komt dit wat minder nauw, aldus Martin Mulder, mede initiatiefnemer; het gebouw mag wel op het net aangesloten zitten en dit zal waarschijnlijk zelfs wel moeten wanneer een restaurant in het gebouw gevestigd is. Toch moet ook het Natuurhus zo veel mogelijk zelfvoorzienend zijn. Door middel van zonnepanelen, wateropvang, behandeling van afvalwater,

etc., dient het gebouw zo min mogelijk stroom, gas en water van het net nodig te hebben en dient er zo min mogelijk grijs en zwart water te worden afgevoerd zonder eerst gefilterd te zijn. Ook zullen duurzame principes als Cradle to Cradle, vaak afgekort tot C2C, worden toegepast. Dit alles om tot een zo duurzaam mogelijk ontwerp te komen.

Er zal worden begonnen met het analyseren van de gebruikers, de basisprincipes van Earthships en de locatie. Ook wordt onderzocht hoe het gebouw zo energie-efficiënt mogelijk kan zijn en welke materialen er het beste kunnen worden gebruikt voor de bouw. Nadat de analyse is afgerond, worden er verschillende concepten ontwikkeld en zullen deze getoetst worden aan het vooraf opgestelde programma van eisen. Het beste concept wordt vervolgens uitgewerkt tot een voorlopig ontwerp.

De doelstellingen van deze ontwerpbeurt zijn het realiseren van een structuurontwerp en een voorlopig ontwerp voor het Natuurhus. Door een duidelijke, uitgebreide visuele voorstelling te maken van het toekomstige Natuurhus, moet iedereen een helder beeld kunnen krijgen van hoe het Natuurhus er uit zal komen te zien. Daarnaast moet er een duidelijke argumentatie zijn voor alle keuzes gemaakt in het ontwerp. Ontwerpkeuzes moeten worden toegelicht en er moet geanalyseerd worden op welke manier de energievoorziening het beste kan worden gedaan en wat voor materialen er gebruikt moeten worden. Volgens Jellema Hogere Bouwkunde (Wentzel et al., 2002) zijn er vier fasen te onderscheiden binnen het ontwerptraject, namelijk de haalbaarheidsstudie en projectdefinitie, het structuurontwerp, het voorlopig ontwerp en het definitief ontwerp. Er wordt echter binnen deze onderwijskundige opdracht geen definitief ontwerp gemaakt in de hoedanigheid dat bestek of aanbesteding direct zal volgen.

### 1.1.1 Aanleiding

De natuurverenigingen uit Almelo en omgeving vergrijzen. De aanwas van nieuwe leden is klein, terwijl de behoefte naar deze verenigingen er wel is, getuige de bezoekersaantallen bij de activiteiten die door deze verenigingen worden georganiseerd. Door een gezamenlijk gebouw te krijgen kunnen de verenigingen meer samenwerken en kan het rendement van de activiteiten een stuk hoger worden, hopelijk resulterend in meer nieuwe leden en vrijwilligers. (Martin Mulder, Frank van Marle)

Daarnaast werken de gemeente Almelo en de provincie Overijssel samen aan de vernieuwing en verduurzaming van de Almelse binnenstad in de pilot Binnenstedelijke Transformatie. Het uitgangspunt is een stad die sociaal, fysiek en economisch in balans is, zonder afwenteling naar de omgeving of toekomstige generaties (Royal Haskoning, 2012). De locatie voor het Natuurhus ligt net buiten het deel van de binnenstad dat dit project beslaat, maar in dit project wordt duidelijk vermeld om ook omliggende gebieden aan te pakken daar waar dit kansen biedt voor verduurzaming. Het realiseren van een milieuvriendelijk Natuurhus kan een flinke impuls geven aan Almelo en aan de boodschap die de gemeente wil uitdragen. Het Natuurhus wordt een uniek gebouw en kan het toonbeeld van duurzaamheid in Almelo worden.

### 1.1.2 Vraagstelling

Om tot een succesvol eindresultaat te komen is het belangrijk om een duidelijke vraagstelling te hebben. Het beantwoorden van onderstaande vragen zal moeten leiden tot een goed voorlopig ontwerp dat voldoet aan de eisen en wensen van de gebruikers.

1. Wat zijn de basisprincipes van een Earthship?
2. Op welke wijze dienen de verschillende functies worden ondergebracht in het Natuurhus?
3. Wat voor uitstraling dient het Natuurhus te hebben, om als een groen, natuurvriendelijk gebouw gezien te worden?
4. Wat zijn de concessies die moeten worden gedaan om het concept Earthship ook in het Nederlandse klimaat te laten functioneren als comfortabel gebouw voor al haar gebruikers?

### 1.1.3 Begripsbepaling

Onderstaande begrippen zullen in dit verslag regelmatig voorbij komen. In het geval dat de begrippen niet volledig duidelijk zijn, worden ze hier kort toegelicht.

- **Natuurhus:** Zeer milieuvriendelijk gebouw dat zal worden gebouwd in het Hagenpark in Almelo. Wordt gebouwd voor vrijwilligers, door vrijwilligers. Zal plaats bieden aan zes natuurverenigingen uit Almelo en omgeving en een restaurant.
- **Earthship:** Een aardehuis. Duurzaam en ecologisch verantwoord dat geheel onafhankelijk en zelfvoorzienend is. Wordt grotendeels gebouwd met gerecyclede materialen, zoals autobanden en lege

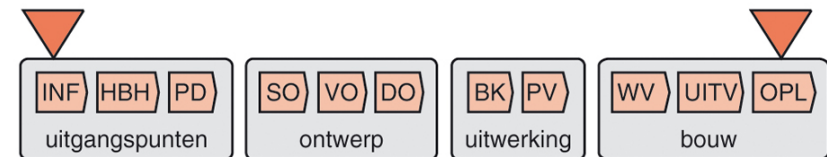
flessen. Het Natuurhus wordt hierop gebaseerd.

- **Zelfvoorzienend:** In alle opzichten voor de eigen behoefte zorgen. Een zelfvoorzienend gebouw voorziet in zijn eigen elektrische energie, (drink)water, thermische energie en de afvoer van fecaliën en is dus niet aangesloten op de nutsvoorzieningen.

## 1.2 Organisatie bouwproces

Om tot een voorlopig ontwerp voor het Natuurhus te komen, dient er via een bepaalde organisatie te worden gewerkt. Op deze manier kan het gekozen proces worden verantwoord en kunnen keuzes binnen dit traject worden verklaard. Er is gekozen om te werken volgens de organisatie van Jellema Hogere Bouwkunde (Wentzel et al., 2002), een in Nederland veel gebruikte methode.

Een ontwerpproces in de bouw kent verschillende fases, van het initiatief om te gaan bouwen tot de oplevering het gebouw. Figuur 1.1 laat alle fases zien.



INF = fase Initiatief	BK = fase Bestek
HBH = fase Haalbaarheid	PV = fase Prijsvorming
PD = fase Projectdefinitie	WV = fase Werkvoorbereiding
SO = fase Structuurontwerp	UITV = fase Uitvoering
VO = fase Voorlopig ontwerp	OPL = Oplevering
DO = fase Definitief ontwerp	

Figuur 1.1. Indeling voorbereidings- en ontwerpproces volgens Jellema (Wentzel et al., 2002).

De initiatiefase betreft het ontstaan van het idee voor een nieuw gebouw. Tijdens de haalbaarheidsfase wordt er gekeken naar randvoorwaarden, omvang en kosten. Ook wordt hier gekeken of nieuwbouw absoluut nodig is, of dat het verwerven van een bestaand gebouw of het huren van een gebouw een betere oplossing is. Dit is allemaal vanuit de werkgroep Natuurhus al onderzocht en daaruit is geconcludeerd dat nieuwbouw de beste optie is. In de projectdefinitiefase worden de uitgangspunten voor het nieuwe gebouw vastgelegd en hierna beginnen de ontwerpfases, waarvan bij deze opdracht het structuurontwerp en het voorlopig ontwerp worden behandeld.

Deze opdracht beslaat dus de fases structuurontwerp en voorlopig ontwerp.



Bij de ontwerpfases van het ontwerpproces komen vele aspecten aan bod en ook al worden veel van deze aspecten pas uitgewerkt in de fase definitief ontwerp, er moet vanaf het begin al rekening mee worden gehouden.

Het gaat dan om de volgende aspecten (Wentzel et al., 2002):

- Vormgeving
- Functionaliteit
- Relaties
- Constructie
- Milieu
- Installaties
- Vervaardigbaarheid
- Beheer

Bij deze opdracht zijn vormgeving en milieu de belangrijkste aspecten, gevolgd door functionaliteit, relaties, installaties en beheer. Relaties gaat om routes in het gebouw en het rangschikken en indelen van ruimtes. Beheer betreft onder andere het ruimtebeheer, wat inhoudt dat ruimtes kunnen worden aangepast en ingedeeld. Een eis van het Natuurhus is dat ruimtes kunnen worden aangepast zodat functies gecombineerd of gesplitst kunnen worden, dus beheer is een aspect waar naar gekeken moet worden. Ook gaat het bij beheer om energiebeheer, waarbij gekeken wordt naar de energievoorzieningen. Tot slot valt onderhoud ook nog onder beheer, maar hier zal minder naar gekeken worden. Installaties gaat zeer diep in op aspecten zoals bekabeling en de locatie van leidingen, maar zo diep zal er in deze opdracht niet naar gekeken worden.

Er zal ook nog beperkt naar de constructie en vervaardigbaarheid gekeken worden. Vervaardigbaarheid betreft zaken als fabricage, transport en montage en hier wordt in deze opdracht niet diep op ingegaan. Wel moet het Natuurhus grotendeels door vrijwilligers gebouwd kunnen worden, dus hier moet wel te allen tijde rekening mee worden gehouden tijdens het ontwerpproces.

In deze opdracht zullen er drie concepten tot structuurontwerp worden uitgewerkt. Dit houdt in dat er drie concepten zodanig worden uitgewerkt dat de globale afmetingen en indeling bekend zijn en dat de globale uitgangspunten, vormgeving en uitstraling vastgesteld zijn.

Van deze drie structuurontwerpen zal één worden uitgekozen om verder uit te werken tot voorlopig ontwerp. Ook is het mogelijk dat verschillende aspecten uit de structuurontwerpen worden gecombineerd. Bij het voorlopig ontwerp wordt het structuurontwerp verder uitgewerkt en worden de afmetingen en indeling verder gespecificeerd.

## 1.3 Gebruikers

In het Natuurhus zullen zes verschillende Natuurverenigingen uit Almelo en omgeving hun nieuwe thuis vinden. Daarnaast zal ook een restaurant zich vestigen in het Natuurhus. Logischerwijs hebben de verschillende partijen verschillende eisen en wensen betreffende het Natuurhus. Er zal rekening moeten worden gehouden met alle partijen om tot een goed eindresultaat te kunnen komen.

### 1.3.1 Natuurverenigingen

Achter het Natuurhus zitten zes verschillende natuurverenigingen uit Almelo en omgeving met een grote groep vrijwilligers. Deze verenigingen zijn ([www.natuurhusalmelo.nl](http://www.natuurhusalmelo.nl), 12-11-2012):

- IVN afdeling Almelo – Instituut voor natuur educatie & duurzaamheid
- Groei en Bloei Almelo – Voor tuinen en tuinieren
- KNNV afdeling “Twenthe” – Vereniging voor veldbiologie
- T’ Iemenschoer – Afdeling van de Nederlandse Bijen Vereniging
- NIVON afdeling Almelo – Netwerk voor Natuur & Cultuur
- AstronA – Astronomieonderwijs Almelo
- 

Samen hebben deze verenigingen bijna 1000 leden en hebben ze een zeer gevarieerd activiteiten aanbod voor hun leden. Er worden lezingen gehouden, workshops gegeven, cursussen gehouden, er zijn excursies en er wordt veldonderzoek verricht. Om dit te kunnen doen is er een locatie nodig die ruimte biedt voor dergelijke activiteiten. Alle verenigingen zullen gebruik gaan maken van het Natuurhus en met de realisatie van het Natuurhus zullen de verenigingen nog meer gaan samenwerken.

### 1.3.2 Restaurant

De eigenaar van de restauranten NielZ, ZUID en OnwijZ, allen in Almelo gevestigd, zal het restaurant in het Natuurhus gaan beheren. Het restaurant zal een soort pannenkoekenrestaurant worden. Er dient geen geluidsoverlast voor de buurt te ontstaan door toedoen van het restaurant, dus het zal vooral een familierestaurant worden en niet zo zeer een plek voor jongeren met luide muziek. Overdag zal het meer een kleinschalig theehuis zijn dat plek biedt aan zo’n 20 personen. ‘s Avonds moet er meer plek zijn en moet het restaurant plaats bieden voor ongeveer 50 personen.

## 1.4 Programma van eisen

De eisen en wensen in onderstaand programma van eisen komen grotendeels vanuit de werkgroep Natuurhus. Daarnaast is er een aantal eisen betreffende het comfort in het Natuurhus. Deze eisen komen uit het boek Klimaatinstallaties (Schalkoord, 2009). Ook zijn er randvoorwaarden vanuit het Bouwbesluit ([www.bouwbesluitonline.nl](http://www.bouwbesluitonline.nl), 14-11-2012) en zijn er wensen vanuit de gemeente Almelo.

### 1.4.1 Randvoorwaarden

(eisen vanuit Bouwbesluit)

#### 1. Algemene bepalingen

1. In het Natuurhus is een voorziening voor luchtverversing aanwezig met een capaciteit van ten minste 4 dm<sup>3</sup>/s per persoon.

## **2. Veiligheid**

2. Het te bouwen bouwwerk kan bij brand gedurende redelijke tijd worden verlaten en doorzocht, zonder dat er gevaar voor instorting is.

## **3. Gezondheid**

## **4. Bruikbaarheid**

## **5. Energiezuinigheid en milieu**

3. Het Natuurhus dient een energieprestatiecoëfficiënt (EPC) van 2 of lager te hebben. (bijeenkomstfunctie)
4. Het Natuurhus heeft een minimale Rc-waarde (thermische isolatie) van 3,5 m<sup>2</sup>.K/W

## **6. Installaties**

5. Het bouwwerk heeft zodanige voorzieningen dat het ontluchten goed kan verlopen.

## **7. Gebruik van bouwwerken, open erven en terreinen**

## **8. Bouw en sloopwerkzaamheden**

## **(9. Overgangs- en slotbepalingen)**

## **1.4.2 Eisen**

### **1. Functies (eisen vanuit werkgroep Natuurhus)**

6. Het Natuurhus is een milieuvriendelijk gebouw dat plaats biedt aan de leden van zes natuurverenigingen uit Almelo en omgeving
7. Het Natuurhus biedt plaats aan een restaurant.
8. Het Natuurhus biedt plaats aan exposities.
9. In het Natuurhus kunnen lezingen gegeven worden aan 100 personen.
10. In het Natuurhus kunnen workshops en cursussen gegeven worden aan 25 personen.
11. Het Natuurhus vertelt zijn eigen verhaal op het gebied van duurzaamheid.
12. Het restaurant in het Natuurhus biedt overdag plaats aan 20 personen in een theerestaurant setting.
13. Het restaurant in het Natuurhus biedt 's avonds plaats aan 50 personen.
14. Bij feesten biedt het Natuurhus plaats aan een klein podium en aan 80 personen, waarvan 50% aan statafels kan staan.

### **2. Grootte (eisen vanuit werkgroep Natuurhus)**

15. Het Natuurhus is maximaal 500 m<sup>2</sup> groot (netto vloeroppervlak).
16. Het Natuurhus biedt voldoende ruimte voor alle betrokken partijen.
17. Het restaurant in het Natuurhus is maximaal 200 m<sup>2</sup> groot, inclusief keuken.

### **3. Ruimtes (eisen vanuit werkgroep Natuurhus)**

18. Het Natuurhus omvat een entree en garderobe, welkomstruimte, multifunctionele ruimte, toiletten, restaurant, keuken, opslagruimte, winkel, kantoor en een “machineruimte” waar alle energievoorzieningen te vinden zijn.
19. Functies worden gecombineerd of gesplitst door ruimtes aan te passen als het gebruiksscenario daar om vraagt.
20. Het Natuurhus heeft een aparte ingang voor leveranciers.

### **4. Energievoorziening (eisen vanuit werkgroep Natuurhus)**

21. Het Natuurhus haalt zoveel mogelijk elektrische energie uit vernieuwbare bronnen.
22. Het Natuurhus haalt zoveel mogelijk thermische energie uit vernieuwbare bronnen.
23. Het Natuurhus heeft zijn eigen grijswater opvang om te gebruiken.

### **5. Comfort (eisen vanuit Climate Design)**

24. De binnentemperatuur in de zomer wordt minstens 90% van de tijd door minimaal 90% van de mensen comfortabel gevonden.
25. De binnentemperatuur in de winter wordt minstens 90% van de tijd door minimaal 90% van de mensen comfortabel gevonden.
26. Gebruikers van het Natuurhus hebben zelf invloed op het binnenklimaat qua temperatuur.

### **6. Uitstraling (eisen vanuit werkgroep Natuurhus)**

27. Het Natuurhus heeft een “groen” uiterlijk en het is meteen duidelijk dat het om een milieuvriendelijk gebouw gaat.
28. Het Hagenpark met het Natuurhus is een aansprekende, ongedwongen groene plek in Almelo waar mensen graag komen en verblijven.
29. Het Natuurhus Integreert in het plan voor het Hagenpark.

### **7. Bouw (eisen vanuit werkgroep Natuurhus)**

30. Het Natuurhus wordt grotendeels gebouwd door vrijwilligers.
31. Het Natuurhus wordt zoveel mogelijk gebouwd met materialen met een lage milieubelasting.
32. Benodigde materialen komen zoveel mogelijk uit de lokale omgeving.

### **8. Omgeving (eisen vanuit werkgroep Natuurhus)**

33. Buiten is er een terras te vinden, zowel overdekt als open, alsook speelruimte voor kinderen.
34. Er komen zes parkeerplaatsen bij het gebouw voor leveranciers en invaliden.

### **9. Extra (eisen vanuit werkgroep Natuurhus)**

35. Het Natuurhus is vandalismebestendig.

### 1.4.3 Wensen

1. Het gebouw bemoedigt bezoekers om hun energieconsumptie te verminderen.
2. Het Natuurhus wordt waar mogelijk gebouwd met C2C gecertificeerde materialen.
3. Waar mogelijk zijn functies gecombineerd in dezelfde ruimte om het gebouw zo klein mogelijk te houden.
4. Het Natuurhus past binnen de pilot binnenstedelijke transformatie van de gemeente Almelo en provincie Overijssel. (gemeente Almelo)
5. Het Natuurhus voldoet aan de lichthindervisie van de gemeente Almelo. (gemeente Almelo)
6. Het Natuurhus heeft een Rc-waarde (thermische isolatie) van 10 m<sup>2</sup>.K/W. (Vergelijkbaar met een Passiefhuis)

### 1.5 Ruimtes in het Natuurhus

Vanuit de werkgroep Natuurhus is er een lijst gemaakt van de verschillende ruimtes die in het Natuurhus aanwezig dienen te zijn en is er daarnaast een schatting gemaakt van de grootte van elke ruimte (zie Figuur 1.2). Met de groottes van deze ruimtes mag echter wel geschoven worden en waar mogelijk is het juist ook gewenst om verschillende ruimtes (deels) samen te voegen. Bij de schatting komt de totale oppervlakte van de binnenruimtes van het Natuurhus op 506 m<sup>2</sup> uit. Het is de bedoeling dat dit minder wordt door ruimtes te combineren. Dit betekent ook dat ruimtes Multifunctioneel moeten zijn en dat er bijvoorbeeld door middel van flexibele wanden ruimtes kunnen worden samengevoegd of gescheiden.

Onderdeel	Opp. in m <sup>2</sup>	Gebruik	Nielz	Natuurhus	BG in m <sup>2</sup>	1 <sup>e</sup> verd in m <sup>2</sup>	Toelichting
Entree en garderobe	20	gezamenlijk		20	20		voor gasten, leden, schoolklassen, bso, (wellicht ook leskisten)
Welkom en oriëntatie	50	gezamenlijk		50	50		ronde centrale hal hoog
Multifunctionele ruimte	120	gezamenlijk		120	120		op basis van integraal activiteitenplan / snel splitsbaar verplaatsbare wanden
Toiletten (incl. invaliden)	20	gezamenlijk		20	20		
Theehuis - restaurant - huiskamer	150	horeca	150		150		
Keuken en opslag	50	horeca	50		50		
Winkel (Stichting Natuurhus door vrijwilligers)	20	verenigingen		20	20		zelfbediening, afrekenen bij horeca (knelpunt bij piekbelasting)?
Kantoor en werkruimte	30	verenigingen		30		30	Incl. pantry met koelkast, koffie e.d. voor bestuur / vrijwilligers
Inloop 'meterkast' (elektra, CV, warmtepomp, etc.)	6	gezamenlijk		6	6		
Ingangen, trappen, portalen	10	gezamenlijk		10	10		aparte ingang leveranciers, vrijwilligers tuin e.d., mogelijk voor halen/ brengen leskisten
Diversen berging	30	gezamenlijk		30	30		bijen, materiaal leskisten, bso, standmateriaal, etc., onderhoud tuin e.d.
<b>Totaal binnenruimtes</b>	<b>506</b>		<b>200</b>	<b>306</b>	<b>476</b>	<b>30</b>	
buitenterras overdekt horeca/Natuurhus			80			80	
buitenterras horeca	160	horeca	160				verhard
buitenspeelruimte bso	80	bso			80		omheind gras / verharding
	<b>746</b>		<b>440</b>	<b>306</b>	<b>556</b>	<b>110</b>	

Figuur 1.2. De ruimtes en de geschatte groottes van deze ruimtes in het Natuurhus, aangeleverd door de werkgroep Natuurhus.

# Basisprincipes Earthship

Het Earthship concept (zie Figuur 2.1) is ontwikkeld door Michael Reynolds, een Amerikaanse architect. Vanaf 1971 is Reynolds begonnen met het doortastend inzetten van gerecyclede materialen. Zijn intentie met het Earthship was om zelfvoorzienende woningen te creëren, gemaakt met duurzame en gerecyclede materialen (Kruis & Heun, 2007). Drie zijdes van het Earthship worden gebouwd door autobanden op elkaar te stapelen en te vullen met aarde. De vierde zijde bestaat zoveel mogelijk uit glas en is gericht naar de zon om licht en warmte binnen te laten. In Nederland zal dit de zuidzijde zijn. Door het gebruik van gerecyclede materialen zoals autobanden worden dergelijke materialen nu gebruikt om gebouwen van te kunnen bouwen, terwijl deze materialen anders op de vuilnisbelt terecht zouden komen. Bovendien kan het bouwen van een Earthship op deze manier grotendeels door vrijwilligers met weinig ervaring worden gedaan. Dankzij de eigen energievoorzieningen is een Earthship zelfvoorzienend en is het niet aangesloten op de nutsvoorzieningen.



Figuur 2.1. Een voorbeeld van een Earthship (www.earthship.com, 19-11-2012)

In 2009 werd het eerste Earthship in Nederland gebouwd. Dit Earthship staat in Zwolle en wijkt iets af van andere Earthships dankzij de Nederlandse regelgeving en dan vooral het Bouwbesluit en de Woningwet. Dit Earthship is namelijk wel aangesloten op de nutsvoorzieningen, omdat dit in Nederland verplicht is voor woonhuizen, ook al is het huis zelfvoorzienend. In Olst wordt er gebouwd aan een woonwijk van 23 aardehuizen (www.aardehuis.nl, 20-11-2012).

Bij het bouwen van een Earthship komt het grotendeels aan op handwerk en mede hierdoor zijn geen twee Earthships gelijk. Toch zijn er ook veel gelijkenissen te vinden tussen de verschillende Earthships. Om een visueel overzicht te geven van de mogelijke vormen en uitstralingen van Earthships is een collage gemaakt (zie Figuur 2.2). Wat duidelijk naar voren komt zijn de organische vormen van de Earthships. Er zitten weinig hoeken in en alles loopt vloeiend in elkaar over. De grote glazen wand aan één zijde van het Earthship komt ook duidelijk terug. Verder is ook het gebruik van lege flessen goed te zien, maar zijn de autobanden zoveel mogelijk weggewerkt. De Earthships hebben allemaal een duidelijke “groene” uitstraling en ook binnen in het Earthship is vaak veel vegetatie te vinden.



# Earthships - Voorbeelden

Figuur 2.2. Collage van verschillende bestaande Earthships.

## 2.1 Voorzieningen

Een belangrijk aspect van het Earthship is dat het zelfvoorzienend is. Earthships genereren stroom door middel van zonnepanelen of windturbines en hebben hun eigen wateropvang. Daarnaast wordt het grijs- en zwartwater ook weer gefilterd voordat het wordt afgevoerd ([www.earthship.com](http://www.earthship.com), 19-11-2012). Verder wordt in een Earthship groente en fruit geteeld. Het feit dat een Earthship in hoge mate zelfvoorzienend is, zorgt voor een zeer milieuvriendelijk gebouw en bovendien zorgt dit voor lagere kosten voor de bewoners. Volgens Michael Reynolds hoeft de energierekening jaarlijks niet hoger te zijn dan 100 euro (PBS News Hour, 2009). De enige energiekosten die dienen te worden betaald komen van de propaantank die wordt gebruikt bij het koken.

In plaats van een elektriciteitscentrale en centraal watersysteem waarbij kilometers lange kabels en leidingen moeten worden aangelegd, heeft iedereen zijn eigen voorzieningen. De tussenpersonen worden uitgeschakeld zodat er geen mensen zijn die aan jouw energiegebruik verdienen.

### 2.1.1 Elektrische energie

Elektrische energie wordt in een Earthship geproduceerd door PV-panelen en wind turbines. De elektrische energie wordt opgeslagen in accu's en geleid door de woning. Doordat de energie in accu's wordt opgeslagen, kan er ook energie geleverd worden als er geen zon of wind is. Alle apparaten die in een normale woning kunnen worden gebruikt, kunnen ook in een Earthship worden gebruikt.

In een Earthship kan gebruikt gemaakt worden van meerdere energiebronnen. Naast PV-systemen en windturbines kan een Earthship ook op het elektriciteitsnetwerk worden aangesloten voor momenten dat zonne-energie en windenergie voor onvoldoende stroom zorgen. Dit betekent uiteraard wel dat het Earthship dan niet meer volledig zelfvoorzienend is ([www.earthship.com](http://www.earthship.com), 19-11-2012).

### 2.1.2 Water en afvalwater

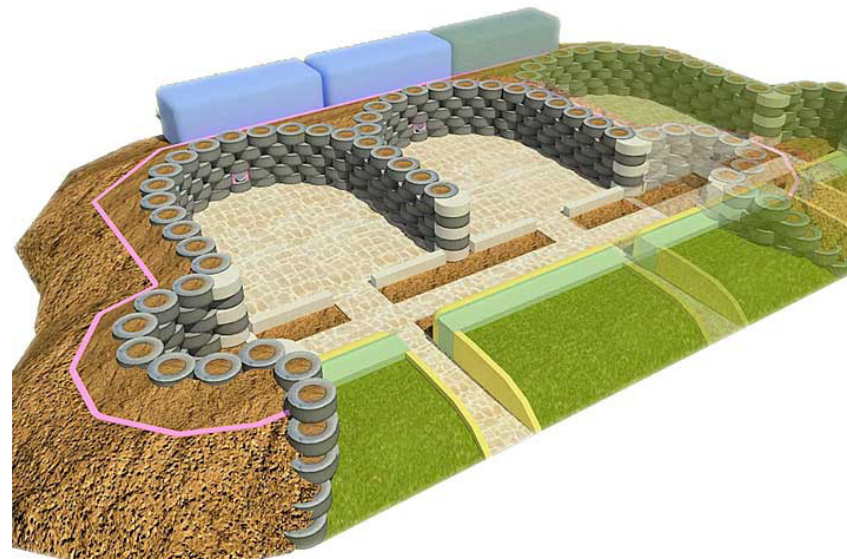
Water wordt opgevangen op het dak van het Earthship en vanaf het dak wordt het naar een cisterne geleid. De grootte van de cisternes hangt af van het klimaat. Hoe droger het klimaat hoe groter de opvangbakken moeten zijn om droge periodes door te kunnen komen. Het water uit de cisterne wordt door middel van een pomp naar een drukvat geleid. Dit drukvat zorgt voor voldoende druk zodat het water uit de kranen kan komen, ook op hoger gelegen verdiepingen. Door middel van filters wordt het water eerst gezuiverd voordat het uit de kraan komt. Dit water wordt voor alle doeleinden gebruikt, behalve om het toilet mee door te spoelen. Als het water gebruikt is wordt het daarna voor een tweede keer gefilterd in botanische cellen. Daarna wordt dit water pas gebruikt om het toilet mee door te spoelen. Hierna wordt het water opnieuw behandeld en wordt het afgevoerd naar een septic tank. In plaats van het afvalwater naar een septic tank te leiden, kan het afvalwater ook gebruikt worden om buiten planten mee te voeden in een botanische cel. Doordat het water in een soort plantenbak terecht komt, komt het afvalwater niet in de grond terecht en wordt het grondwater dus niet vervuild.



Warm water wordt gerealiseerd door water te verwarmen door gebruik te maken van de zon, of aardgas als zonne-energie niet genoeg is (www.earthship.com, 21-11-2012).

### 2.1.3 Verwarming en koeling

Eén kant van het Earthship bestaat zoveel mogelijk uit glas en is gericht naar de zon en dit moet voor een aangename binnentemperatuur zorgen. De dikke muren van autobanden en aarde (zie Figuur 2.3) dienen als een “thermische batterij”. Thermische energie zou in de warme zomermaanden worden opgeslagen en wordt in de winter weer worden afgegeven als de temperatuur laag is (Ip & Miller, 2009). Uit onderzoek van Ip en Miller blijkt dat deze thermische batterij er voor zorgt dat de binnentemperatuur in de winter hoger blijft dan zonder aardewand het geval zou zijn geweest, maar dat deze temperatuur niet hoog genoeg is om als comfortabel beschouwd te worden. Er zal dus extra verwarmd moeten worden. Uit het haalbaarheidsonderzoek naar het thermisch comfort van een Earthship in Nederland van Daan van der Gun (2010) blijkt echter dat het meer om een isolerende functie gaat dan om de opslag van thermische energie. De materialen in de aardewand geleiden warmte slecht waardoor de eventuele warmtestroom in de muur veel weerstand ondervindt. In het haalbaarheidsonderzoek wordt geconcludeerd dat de aardewand nauwelijks functioneert als warmtebuffer en dat de aardewand niet geschikt is om seizoenswarmte in op te slaan. De aardewand isoleert wel erg goed, maar met een laag van 20 cm XPS wordt vrijwel dezelfde isolatiewaarde bereikt. De aardewand is uiteraard wel een stuk milieuvriendelijker en goedkoper in materiaal dan XPS.



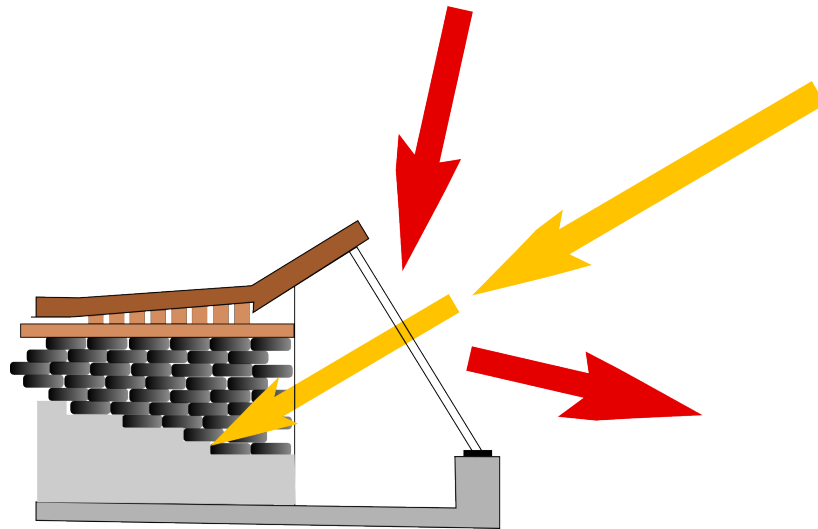
Figuur 2.3. De autobanden zijn goed te zien. Achter de autobanden ligt nog een dikke laag aarde. (www.earthship.com, 21-11-2012)

De ramen aan de zuidzijde van het Earthship dienen onder de juiste hoek te staan, zodat warmte van de zon in de winter door het glas heen komt, terwijl het in de zomer wordt weerkaatst om oververhitting te voorkomen (Grindley & Hutchinson, 1996) (zie Figuur 2.4). De zuidgevel dient een hoek van 70° op de vloer te hebben (van der Gun, 2010).

Een extra optie is om een dubbele façade aan de zuidzijde te plaatsen. Op deze manier ontstaat er een soort broeikas aan deze kant van het Earthship. In dit deel kunnen dan de botanische cellen geplaatst worden om het water te zuiveren en waar mooie planten kunnen groeien.

Bovendien werkt de dubbele façade als een soort buffer voor koude buitentemperaturen en de warme binnentemperatuur, of juist andersom wanneer het buiten zeer heet is. Een laatste bijkomend voordeel is dat er door de dubbele façade extra leefruimte ontstaat tussen de twee façades in (www.earthship.com, 21-11-2012).

Door het grote glasoppervlak bestaat er in de zomer een kans dat het te warm wordt binnenin het Earthship. Door middel van zonnewering kan dit deels worden tegengegaan, en daarnaast helpt de koelte van de aarde ook mee. Ook beschikt een Earthship over een ventilatiesysteem dat onderaan koude lucht (wind) binnenlaat en bovenin via bijvoorbeeld dakramen warme lucht naar buiten laat. Doordat warme lucht stijgt, is dit proces mogelijk zonder actieve ventilatie. Door handmatig ramen of luiken open te zetten kan de ventilatie geregeld worden.



Figuur 2.4. Zomerzon wordt door het glas weerkaatst, terwijl winterzon door het glas heen komt.

#### 2.1.4 Eten

Grijswater, water dat afkomstig is uit bijvoorbeeld de douche, wasmachine, of gootsteen, wordt in een Earthship gezuiverd door het door een plantenbak (botanische cel) te laten lopen voordat het gebruikt wordt om het toilet mee door te spoelen. In een Earthship zijn planten zeer belangrijk. Planten binnenshuis zorgen niet alleen voor een betere luchtkwaliteit (Bergs, 2004), maar zorgen in een Earthship ook voor voedsel en spelen een belangrijke rol in de autonomie van de bewoners. In een Earthship kunnen groentes, fruit, kruiden en eetbare bloemen worden verbouwd. Doordat één zijde van het Earthship grotendeels uit glas bestaat kunnen achter deze ramen zeer goed planten worden gekweekt. Een groot deel van de dag staat de zon pal op het glas (www.earthship.com, 21-11-2012).

#### 2.1.5 Globaal model

Michael Reynolds gelooft dat Earthships overal ter wereld, in welk klimaat dan ook kunnen functioneren en de bewoners een comfortabel klimaat kunnen leveren. Er is dan ook een Globaal model ontworpen; een standaard ontwerp voor een Earthship dat overal ter wereld zou moeten voldoen.

### 2.2 Materialen

Een deel van de filosofie van Earthships is dat ze worden gebouwd met zoveel mogelijk afgedankte materialen en dat ze voor zover mogelijk kunnen worden gebouwd door vrijwilligers met weinig ervaring.

### 2.2.1 Muren

Het belangrijkste materiaal dat nodig is om een Earthship te kunnen bouwen zijn oude autobanden. Oude banden kunnen hier goed voor gebruikt worden, aangezien er wereldwijd jaarlijks zo'n 10 miljoen banden weggegooid worden (Fang, Zhan, & Wang, 2001). Deze worden stuk voor stuk gevuld met aarde en goed aangestampt zodat er een compacte bouwsteen ontstaat die wordt gestapeld om muren van te bouwen (zie Figuur 2.5). Deze muren zijn dragend en blijken vrijwel onverwoestbaar. Aan de buitenkant van de muren wordt een grote hoeveelheid aarde tegen de muren aangelegd ter verbetering van de isolatie. Een veel gehoorde kritiek is dat er schadelijke stoffen uit de autobanden in de grond en in het (grond)water terecht komen. De algemene conclusie luidt dat de effecten van de vrijgekomen schadelijke stoffen bij het gebruik van autobanden vrijwel verwaarloosbaar zijn, maar dat het wel zinvol kan zijn om naar de specifieke lokale omstandigheden te kijken, aangezien de vrijgekomen stoffen niet voor iedereen zonder gevaar zijn. Zo zijn er bepaalde vissoorten voor wie de stoffen wel zeer schadelijk kunnen zijn (European Association of the Rubber Industry, 2004).

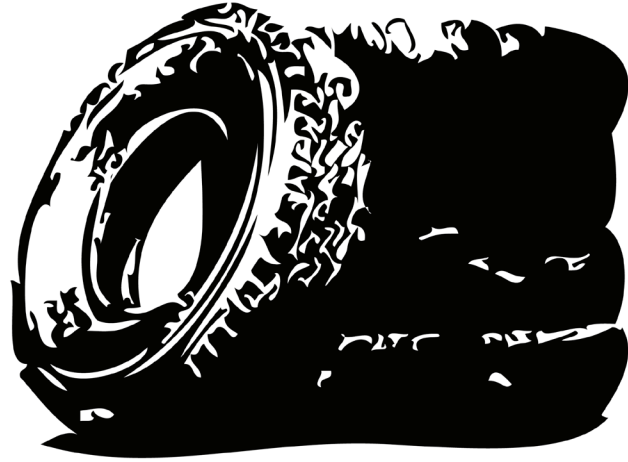
Voor niet-dragende muren worden vaak blikjes en glazen en plastic flessen gebruikt. Blikjes en flessen worden gezien als kleinere bouwstenen. De flessen kunnen, indien hier voor wordt gekozen, licht doorlaten en als een soort ramen fungeren. De muren worden vervolgens afgewerkt met leem- of kleipleister.

Het kost veel geld en energie om bouwmaterialen over grote afstanden te vervoeren en een voordeel bij Earthships is dan ook dat deze

grotendeels gebouwd kunnen worden met plaatselijke materialen, want afval is overal te vinden. Door materialen te gebruiken waar weinig tot geen energie ingestoken hoeft te worden voordat het bruikbaar is, blijft het materiaal eenvoudig verkrijgbaar voor velen en heeft het materiaal een kleinere impact op het milieu dan materialen die speciaal hiervoor gefabriceerd moeten worden ([www.earthship.com](http://www.earthship.com), 22-11-2012). Een voordeel van het gebruik van materialen als autobanden en lege flessen, is dat het relatief eenvoudig is om met deze materialen te bouwen. Dit zorgt er voor dat ook mensen met weinig ervaring kunnen helpen bij het bouwen van een Earthship.

Er dient wel een kritische kanttekening gemaakt te worden bij het gebruik van flessen en blikjes. Aluminium frisdrankblikjes kunnen prima gerecycled worden. Het recyclen van aluminium kost zo'n 95% minder energie dan het winnen van aluminium uit bauxiet (Green, 2007). Door honderden blikjes te gebruiken om muren van te bouwen, kunnen deze blikjes nooit gerecycled worden. Voor glazen flessen geldt in feite hetzelfde. Door glas te recyclen wordt er minder energie verbruikt, komen er minder schadelijke stoffen vrij en worden er minder grondstoffen verbruikt (Vellini & Savioli, 2009).

Voor autobanden ligt het iets anders. Autobanden kunnen wel worden gerecycled, maar er wordt niet veel meer mee gedaan dan bijvoorbeeld het maken van sportzaalvloeren of rubber tegels voor speeltuinen. Er zijn nog niet heel veel toepassingen voor gerecyclede autobanden, dus wat dat betreft is het prima om ze te gebruiken als bouwstenen voor een Earthship. Juist op een stortplaats waar autobanden gedumpt worden kan er veel overlast ontstaan. De autobanden worden vaak broedplaatsen voor ongedierte dat infecties overbrengt (Fang et al., 2001). Hoe minder autobanden er op de stortplaats liggen, des te beter.



1. Banden zijn overal te vinden. Doordat banden lokaal gevonden kunnen worden, is er weinig transport nodig.



2. De banden moeten worden gevuld met aarde en worden aangestampd. Dit is simpel werk en snel aan te leren, maar wel zwaar. Het is zeer tijdrovend: Twee personen kunnen samen zo'n vier banden per uur vullen.



3. Op deze manier worden banden achter elkaar gelegd en wordt de eerste laag van de muur gerealiseerd.



4. Als de eerste laag klaar is wordt er een tweede laag banden opgelegd en worden deze banden gevuld en aangestampd. Dit herhaalt zich tot de muur hoog genoeg is.

Figuur 2.5. Stap voor stap worden de banden gestapeld en gevuld met aarde.

### 2.2.2 Ramen

Uit het haalbaarheidsonderzoek van van der Gun (2010) blijkt dat het soort glas dat wordt toegepast in de ramen aan de zuidzijde van grote invloed kan zijn op de binnentemperatuur in het Earthship. Door voor glas te kiezen met een lage warmtetransmissiecoëfficiënt, de U-waarde, en een hoge zontoetredingsfactor, de ZTA-waarde, kan de binnentemperatuur in het Earthship positief worden beïnvloed. In het Nederlandse klimaat blijkt ook dat hoe kleiner het glasoppervlak, des te minder er bijverwarmd moet worden. Het verwarmen door de zon weegt dus niet op tegen de lagere isolatiewaarde van het glas ten opzichte van de aardewand. Indien mogelijk zou een groot glasoppervlak wel gewenst zijn, aangezien een klein glasoppervlak niet strookt met de architectonische kwaliteit van een gebouw, omdat een hoge mate van lichtinval vaak gewenst is. Wanneer een dubbele façade wordt gerealiseerd kan dit wellicht worden opgelost.

### 2.2.3 Dak

De dakconstructie van een Earthship leunt vaak op een houten frame en is zeer goed geïsoleerd. Het dak wordt aan de buitenkant meestal afgewerkt met plaatmateriaal. Het dak ligt altijd onder een hoek om er voor te zorgen dat al het regenwater dat op het dak valt kan worden opgevangen.

## 2.3 Klimaat

Een zeer belangrijke factor in het goed functioneren van een Earthship, is het klimaat waarin het Earthship gebouwd wordt. Michael Reynolds zegt dat Earthships voor een comfortabele binnentemperatuur zorgen in welk klimaat dan ook en daarom is er dan ook een globaal Earthship model dat in elk klimaat zou moeten functioneren. Dit komt doordat de temperatuur vanaf zo'n anderhalve meter onder de grond behoorlijk constant is. Deze constante temperatuur kan helpen bij het koelen of verwarmen van het Earthship. Wanneer het Earthship goed is ontworpen, kan deze constante temperatuur onder de grond zorgen voor een stabiele binnentemperatuur in welk klimaat dan ook. Deze stelling van Reynolds roept wat vragen op.

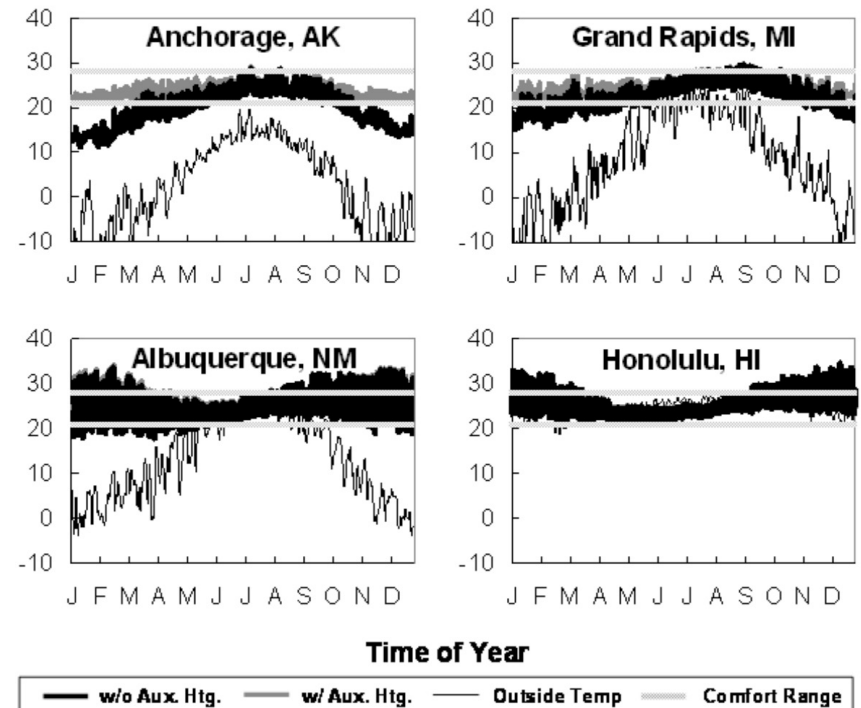
Ten eerste spreekt Reynolds over een constante temperatuur op anderhalve meter diepte van 58°F, oftewel 14.4°C ([www.earthship.com](http://www.earthship.com), 23-11-2012). Dit is echter bij lange na niet de temperatuur die in Nederland wordt waargenomen. Op deze diepte is de grondtemperatuur in Nederland rond de 10°C (KNMI Handboek Waarnemingen, 2005), wat een behoorlijk verschil geeft met de uitspraken van Reynolds. Bij het realiseren van het Earthship in Zwolle bleek bovendien dat de ondergrond niet stabiel genoeg was en zorgde het grondwater voor problemen. Hier werd toen besloten om een betonplaat op de locatie te leggen waar het complete Earthship op gebouwd is ([www.earthshipeurope.org](http://www.earthshipeurope.org), 23-11-2012).

Dhr. Evertse, woordvoerder van Doepark Nooterhof, het park waarin het Earthship gevestigd is, heeft aan de website [earthshipeurope.org](http://earthshipeurope.org) ([www.earthshipeurope.org](http://www.earthshipeurope.org), 23-11-2012) verteld dat er diverse

problemen waren met het Earthship in Zwolle. De vochtigheidsgraad is hoog, er ontstaat schimmel, de wateropvang en zuivering wordt niet gebruikt omdat de kwaliteit te laag is doordat bladeren in de opvang terecht komen en het Earthship is volledig op de nutsvoorzieningen aangesloten. Zijn idee was dat er in Europa veel betere oplossingen zijn voor milieuvriendelijke gebouwen dan Earthships en dat het gebouw veel beter op het Nederlandse klimaat had moeten worden aangepast.

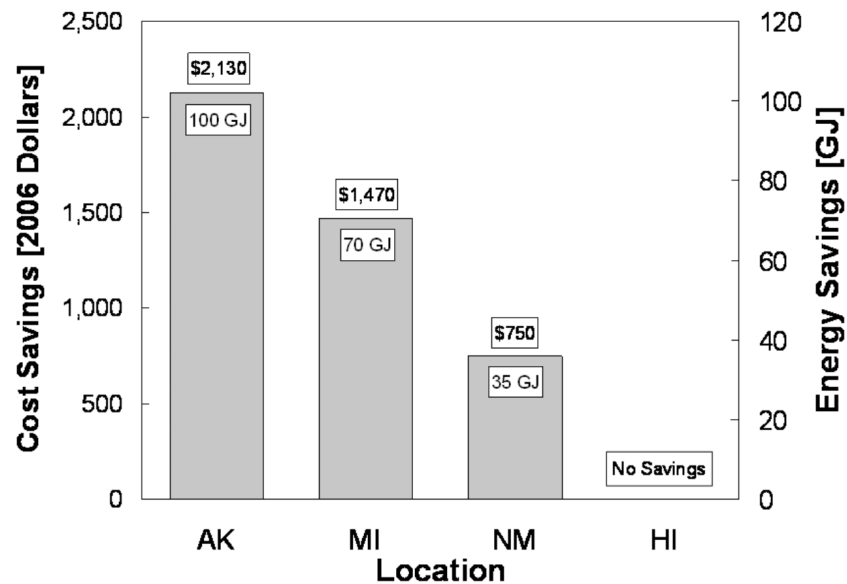
Kruis en Heun (2007) deden onderzoek naar Earthships in verschillende klimaten en ook zij kwamen tot de conclusie dat in koudere klimaten in een Earthship niet het hele jaar door een comfortabele binnentemperatuur kan worden bereikt. Er werden vier Earthships onderzocht en alleen de Earthships in Albuquerque, New Mexico en Honolulu, Hawaï hadden het hele jaar door een comfortabele temperatuur. De Earthships in Anchorage, Alaska en Grand Rapids, Michigan waren in de wintermaanden te koud en hadden bijverwarmd moeten worden om een comfortabele temperatuur te kunnen bereiken.

In Figuur 2.6 zijn de temperaturen uitgezet tegen de maanden van het jaar. De Dikke zwarte lijn geeft de binnentemperatuur in de Earthships aan als er niet werd bijverwarmd. De Dikke grijze lijn geeft de binnentemperatuur aan indien er wel werd bijverwarmd en de dunne zwarte lijn geeft de buitentemperatuur aan. De twee grijze horizontale lijnen geven de maximale en minimale comfortabele binnentemperatuur aan. In dit onderzoek werd een temperatuur tussen de 21°C en 28°C als comfortabel gezien. In Michigan en in Alaska is de binnentemperatuur in de winter te laag en moet er worden bijverwarmd. In New Mexico en op Hawaï is het af en toe juist te warm om nog als comfortabel te worden beschouwd.



Figuur 2.6. Temperatuur uitgezet tegen de maanden van het jaar voor vier verschillende Earthships (Kruis en Heun, 2007).

In hetzelfde onderzoek is ook onderzocht hoeveel er per jaar bespaard kan worden op verwarmingskosten. Ook al zal er moeten bijverwarmd, dat betekent nog niet dat een Earthship niet zeer goed isoleert. Hoe kouder het klimaat, des te meer er bespaard kan worden op de verwarmingskosten. Omdat de temperatuur in Honolulu vrijwel altijd binnen de comfortabele binnentemperaturen ligt, hoeft hier nooit bijverwarmd te worden, of het nou een Earthship betreft of een conventioneel huis. Hier kan dus ook niet op verwarmingskosten bespaard worden.



Figuur 2.7. Jaarlijkse besparing op verwarmingskosten in de vier Earthships (Kruis en Heun, 2007).

De meeste kosten kunnen in Alaska bespaard worden. Door het koude klimaat liggen de verwarmingskosten hier zeer hoog. Doordat een Earthship zeer goed isoleert kan hier ruim 2000 dollar per jaar worden bespaard. Voor de andere resultaten op het gebied van kostenbesparing, zie Figuur 2.7. Het feit dat de temperatuur in een Earthship niet altijd comfortabel is wil dus nog niet zeggen dat het Earthship concept hier nutteloos is. Ook al moet er worden bijverwarmd, er kan wel behoorlijk op kosten worden bespaard.

Wanneer een Earthship wordt gebouwd, is het dus van groot belang om eerst naar het klimaat te kijken. Earthshipeurope.org heeft verschillende Earthships in Europa vergeleken en kwam tot de conclusie dat Earthships in Zuid-Europa naar behoren kunnen functioneren, maar dat er in de rest van Europa aanpassingen gedaan moeten worden om in het lokale klimaat een comfortabele binnentemperatuur te kunnen realiseren. Over het feit dat er een globaal model is voor Earthships luidt de kritische vraag: “Zou je een iglo bouwen in de woestijn?”

Dit is natuurlijk een behoorlijk stevige uitspraak. Er zal dan ook zeer kritisch gekeken moeten worden naar alle aspecten die bij het realiseren van een Earthship aan bod komen. Een Earthship volgens het globale model van Reynolds lijkt in het Nederlandse klimaat niet realistisch. Er zullen dus aanpassingen gedaan moeten worden om een Earthship ook hier goed te laten functioneren en het zal zeer waarschijnlijk onmogelijk zijn om een Earthship met een comfortabel leefklimaat te realiseren zonder aangesloten te zitten op de nutsvoorzieningen. Aan de andere kant blijkt wel dat er behoorlijk bespaard kan worden op de verwarmingskosten dankzij de isolerende werking van een Earthship, ook al is het Earthship gewoon op het net aangesloten.

## 2.4 Conclusie

Earthships zijn zeer milieuvriendelijke gebouwen die, mits ze in een gunstig klimaat staan, volledig zelfvoorzienend kunnen zijn. Er kan genoeg stroom worden opgewekt om alle apparaten te kunnen gebruiken die in een conventioneel woonhuis worden gebruikt en het is mogelijk een aangenaam leefklimaat te realiseren. Wanneer een Earthship echter op een locatie met een minder gunstig klimaat wordt gebouwd, bijvoorbeeld in Nederland, dan dienen er behoorlijk wat aanpassingen te worden gemaakt. Het is dan vrijwel onontkoombaar dat het Earthship op de nutsvoorzieningen wordt aangesloten. Maar ook al wordt een Earthship op het net aangesloten, dan nog kan er veel voordeel uit de goede isolerende werking van het Earthship worden gehaald.

De gebouwen worden grotendeels gebouwd met gerecyclede en afgedankte materialen. Door afgedankte materialen te gebruiken, zoals autobanden, lege flessen en blikjes, hoeven er geen grondstoffen en energie in het maken van nieuwe bouwmaterialen te worden gestoken. Er kunnen echter vraagtekens geplaatst worden bij de keuze voor flessen en blikjes. Deze producten zijn zeer goed te recyclen en door deze producten te recyclen in plaats van nieuw materiaal aan te maken kan er veel energie worden bespaard en komen er minder schadelijke stoffen vrij. Wellicht kan er worden gekeken naar producten die niet of zeer slecht te recyclen zijn en kan er worden onderzocht of deze producten misschien te gebruiken zijn als bouwstenen van een Earthship, in plaats van goed recyclebare producten.

Autobanden zijn lastiger te recyclen en door deze in een Earthship te gebruiken komen er minder autobanden op de stortplaats terecht, de plek waar ze juist overlast veroorzaken. Ook zijn de effecten door de schadelijke stoffen die vrijkomen uit een autoband vrijwel verwaarloosbaar. Toch zorgt het feit dat er wel degelijk organismen zoals bepaalde vissoorten zijn die wel hinder ondervinden van de vrijgekomen stoffen er voor dat er wat twijfels ontstaan bij het gebruik van autobanden. Wanneer er een zoveel mogelijk milieuvriendelijk gebouw gebouwd moet worden, kan er voor gekozen worden om geen autobanden te gebruiken. De afweging die dan gemaakt moet worden is of het positieve effect van het weghalen van autobanden van de stortplaats en daarmee het weghalen van broedplaatsen voor ongedierte opweegt tegen de negatieve effecten van de stoffen die uit de autobanden vrijkomen. Beide effecten zijn klein, ook omdat er vaak zoveel autobanden op een stortplaats liggen dat het weghalen van enkele honderden nauwelijks opvalt, maar het is wel een afweging die gemaakt moet worden.

Na analyse valt ook op dat Michael Reynolds verschillende uitspraken doet over hoe een Earthship functioneert, terwijl deze niet altijd gegrond blijken. Een voorbeeld hiervan is zijn uitspraak dat de grondtemperatuur overal zo'n 14.4°C is, terwijl dit simpelweg niet waar is en bovendien eenvoudig te controleren is. Reynolds heeft een globaal model voor Earthships ontwikkeld dat vrijwel overal ter wereld zouden moeten kunnen functioneren. De meeste uitspraken spreken in het voordeel van het functioneren van Earthships in alle klimaten, maar deze lijken vaak met een korreltje zout genomen te moeten worden.





# Locatie

Het Natuurhus zal worden gebouwd in het Hagenpark in Almelo. Om tot een succesvol ontwerp te komen dat voldoet aan alle eisen, is het belangrijk de locatie grondig te analyseren. In dit hoofdstuk zal gekeken worden naar de locatie van het Hagenpark, de geschiedenis en toekomstplannen van de gemeente Almelo, de verschillende routes van en naar het park toe en het klimaat. Verder wordt er gekeken naar windrichtingen, de zon en de impact van mogelijke schaduw. Zeker bij een groen gebouw zoals het Natuurhus spelen omgevingscondities een zeer belangrijke rol. Wanneer er goed wordt ingespeeld op de condities van de wind en de zon, kan er veel profijt uit deze duurzame energiebronnen gehaald worden.

Dit alles wordt gedaan om tot de juiste beslissingen te komen als het gaat om bijvoorbeeld de positionering van PV-panelen en windturbines en de locatie van de ingang. Maar ook als het gaat om de toepassing van culturele en historische aspecten in het ontwerp is het van belang zoveel mogelijk over de locatie te weten.

## 3.1 Almelo

De gemeente Almelo telt ruim 72.000 inwoners ([www.CBS.nl](http://www.CBS.nl), 26-11-2012). De stad Almelo ontstond in de Middeleeuwen op de plek waar de Aa, nu de Almelose Aa, een weg kruiste ([www.almelo.nl](http://www.almelo.nl), 26-11-2012). De stad ontwikkelde zich tot een textielstad met ondernemers van internationale allure ([www.almelo.nl](http://www.almelo.nl), 26-11-2012). Met de komst van de stoommachine in 1830 werd de productie volledig in fabrieken gerealiseerd en dankzij de grote aanloop van arbeiders naar de Almelose fabrieken nam het inwonersaantal van Almelo snel toe. Maar doordat vanaf de jaren 70 de concurrentie van lagelonenlanden sterk toenam, werden vele bedrijven gesloten en nam de werkloosheid in Almelo toe.

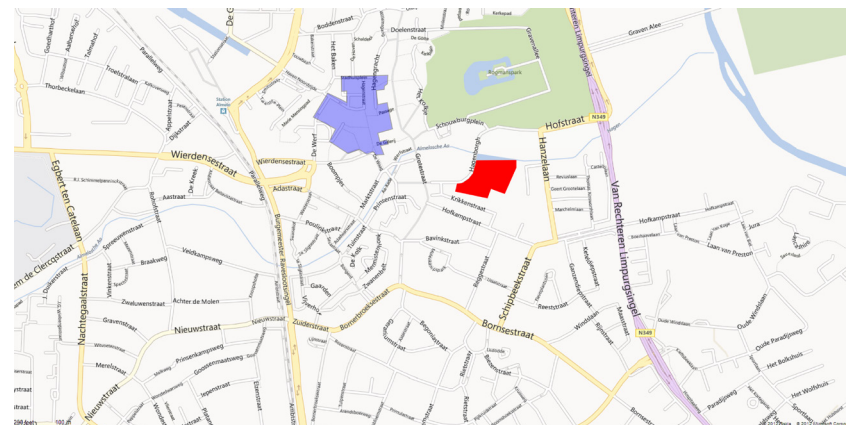
De teloorgang van de Almelose textielindustrie was de aanleiding voor ingrijpende veranderingen in Almelo. Het centrum werd grootschalig aangepakt en fabrieken moesten plaatsmaken voor woningen, winkels, horeca, cultuurvoorzieningen en groen. Wel werden sommige bijzondere gebouwen behouden als eerbetoon aan de textielhistorie van Almelo. Voor dit project ontving Almelo de Rijksprijs voor bouwen en wonen. Verder werden oude arbeiderswijken aangepakt en kwamen er nieuwe woonwijken bij, aangezien het aantal inwoners van Almelo nog steeds toeneemt. Er werden nieuwe bedrijven gestart, bedrijven die later uitgroeiden tot grote werkgevers. De doe-het-zelf-mentaliteit keerde terug en dit blijkt ook uit het huidige Binnenstadsplan van Almelo ([www.almelo.nl](http://www.almelo.nl), 26-11-2012).

### 3.1.1 Binnenstadplan Almelo

Er ligt een plan om de binnenstad van Almelo drastisch te vernieuwen. In een raadsvoorstel van 22 november 2011 is te lezen dat de provincie in haar omgevingsvisie formuleert dat “bloeiende steden motoren voor cultuur en werkgelegenheid zijn, in een omgeving waarin wonen, natuur, landbouw en water elkaar versterken. Naast de kwaliteit van Almelo als residentiestad en waterstad, wordt de waarde van Almelo (voor regio en provincie) bepaald door de 40.000 arbeidsplaatsen die Almelo biedt. Om deze functie ook in de toekomst te kunnen blijven vervullen is het noodzakelijk dat Almelo een compacte, kwalitatief goede binnenstad krijgt.”

Een belangrijk aspect van de vernieuwing van de binnenstad is duurzaamheid. De gemeente Almelo en de provincie Overijssel werken samen aan de vernieuwing en verduurzaming van de Almelose binnenstad

in de pilot Binnenstedelijke Transformatie. Het uitgangspunt is een stad die sociaal, fysiek en economisch in balans is, zonder afwenteling naar de omgeving of toekomstige generaties (Royal Haskoning, 2012). En ook al ligt de locatie voor het Natuurhus net buiten het deel van de binnenstad dat dit project beslaat, in de pilot wordt duidelijk vermeld dat ook omliggende gebieden aangepakt moeten worden als dit kansen biedt voor verduurzaming. Het realiseren van een milieuvriendelijk Natuurhus kan een flinke impuls geven aan Almelo en aan de boodschap die de gemeente wil uitdragen. Het Natuurhus wordt een uniek gebouw en kan het toonbeeld van duurzaamheid in Almelo worden. In Figuur 3.1 is in het rood de locatie van het Hagenpark weergegeven. Het gebied dat in deze pilot wordt aangepakt is in het blauw weergegeven. In dit figuur is ook duidelijk te zien dat het deel van de binnenstad dat zal worden aangepakt niet heel veel groter is dan het Hagenpark, hier in het rood.



Figuur 3.1. Locatie Hagenpark in het rood, deel binnenstad dat valt onder pilot Binnenstedelijke Transformatie globaal weergegeven in het blauw

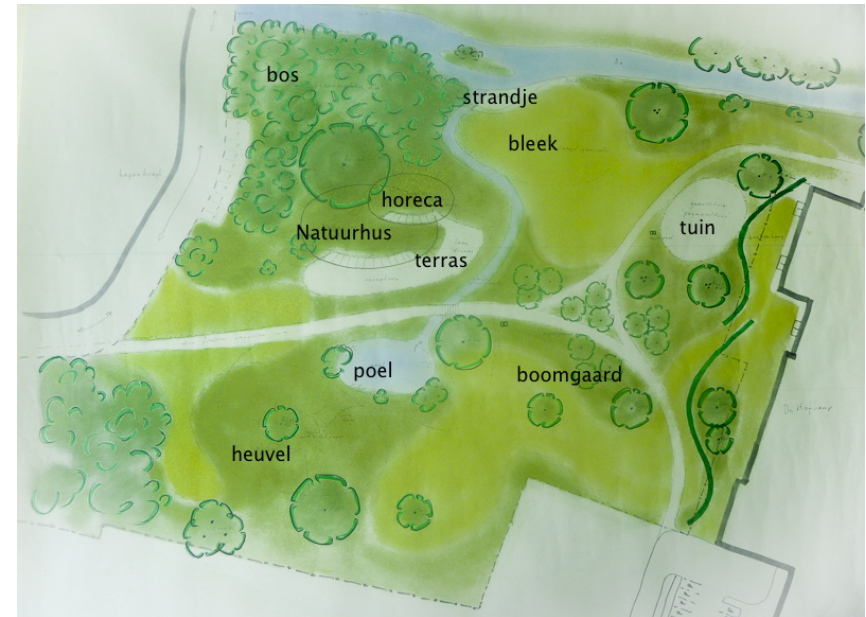
### 3.1.2 Hagenpark en de Almelose Aa

Het Natuurhus zal in het Hagenpark in Almelo worden gebouwd. Het Hagenpark ligt ten oosten van het stadscentrum en is grofweg zo'n 120 bij 150 meter groot. Rondom het Hagenpark zijn vooral flats te vinden en aan de noordkant grenst het Hagenpark aan de Almelose Aa (zie Figuur 3.2). Aan de oostkant bevindt zich een woon- en zorgcentrum.



Figuur 3.2. Het Hagenpark met aan de oostkant een woon- en zorgcentrum.

Vanaf het Centraal station van Almelo is het ruim een kilometer lopen naar het Hagenpark. Het park ligt vrijwel tegen het stadcentrum aan en mensen die zich in het centrum bevinden kunnen in een paar minuten bij het Hagenpark zijn. Er wordt op dit moment weinig met het park gedaan en de bedoeling is dat het park op de schop gaat, waarbij ook het Natuurhus gerealiseerd zal worden. Een eerste plan is gemaakt door Martin Mulder en op Figuur 3.3 is te zien hoe het Hagenpark er uit moet komen te zien.



Figuur 3.3. Plan voor het Hagenpark. De locatie voor het Natuurhus is hierin al aangegeven.

---

Aan de noordkant van het Hagenpark is de Almelose Aa te vinden. De Almelose Aa is van groot historisch belang en zoals eerder vermeld ontstond Almelo op de plek waar een weg de Almelose Aa kruiste. In het projectplan Almelose Aa van waterschap Regge en Dinkel (2010) is te lezen dat de Almelose Aa altijd door de stad heen gelopen heeft en altijd duidelijk aanwezig is geweest in het stadsbeeld. Doordat Almelo lange tijd een belangrijke textielstad was en hier een hoop vuil bij ontstond, is de Almelose Aa sterk vervuild geraakt. Sinds de jaren '80 is de waterkwaliteit echter behoorlijk verbeterd en is flora en fauna langzamerhand weer teruggekeerd. Toch kan de waterkwaliteit absoluut nog verbeterd worden.

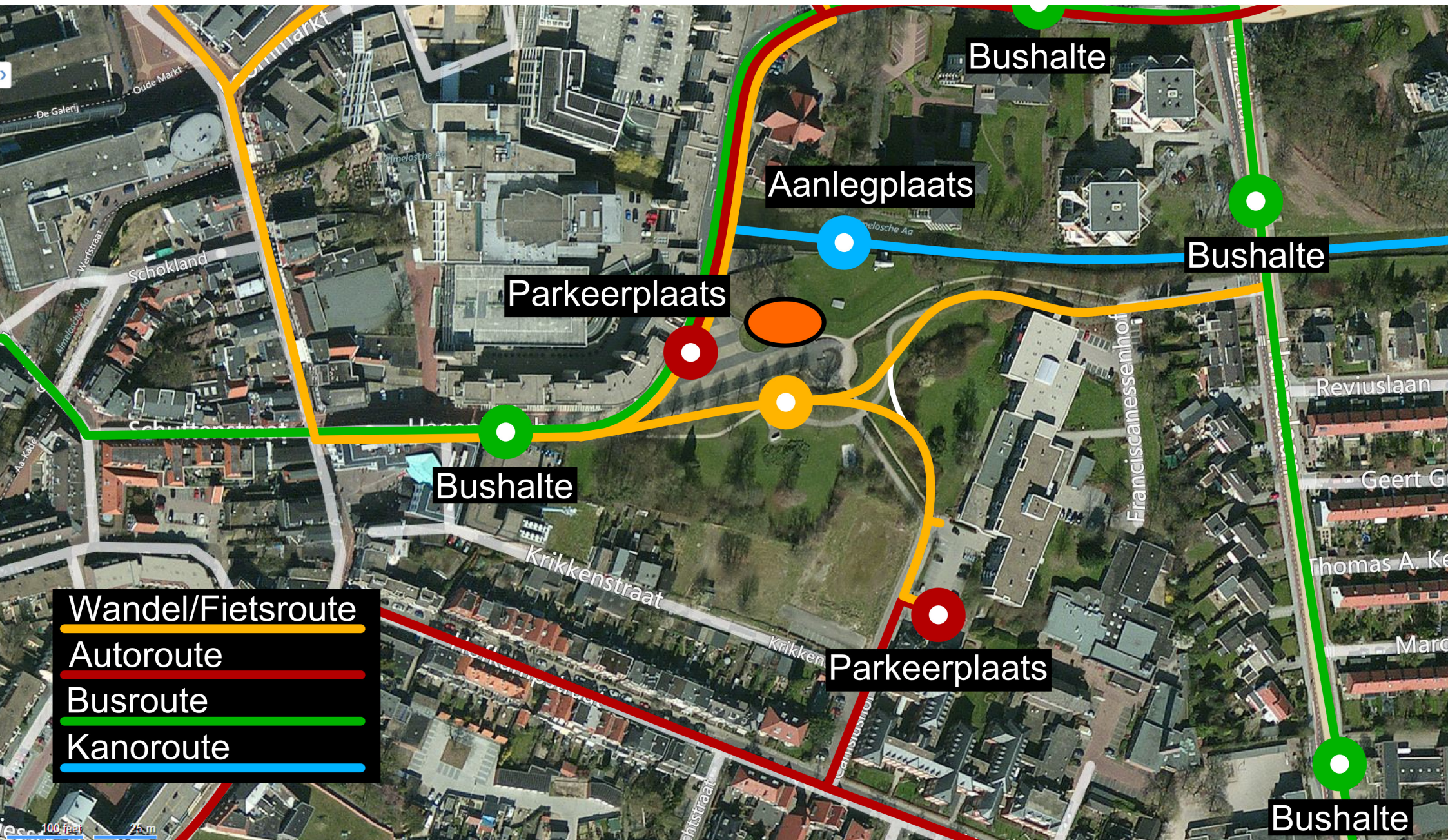
Dit water wordt ook gebruikt door kanovaarders. In het plan voor het Hagenpark (Figuur 3.3) is te zien dat er een strandje gecreëerd wordt langs de Almelose Aa en hier zullen kanovaarders een stop kunnen maken om iets te komen drinken in het Natuurhus.

### 3.2 Toegankelijkheid

Er leiden verschillende routes naar het Hagenpark en dus ook naar het Natuurhus. Er zijn verschillende bushaltes rondom het Hagenpark met aan de westzijde van het Hagenpark de dichtstbijzijnde. Er komt een buslijn langs deze bushaltes die zorgt voor een directe verbinding van Almelo Centraal station naar het Hagenpark en ook van station Almelo de Riet naar het Hagenpark. Verder is er een parkeerplaats aan de oostkant van het Hagenpark naast het woon- en zorgcentrum en zal er aan de westkant ook een parkeerplaats worden gerealiseerd. Dan zijn er nog verschillende wandel- en fietsroutes die naar het park lopen. Aan de westkant zijn er wandel- en fietsroutes vanuit het stadscentrum die binnen een paar minuten naar het Hagenpark leiden en ook langs de Almelose Aa loopt een wandel- en fietsroute vanuit het oosten naar het Hagenpark. Ten slotte loopt er nog een voetgangerspad vanaf de parkeerplaats en het woon- en zorgcentrum aan de oostkant en is er een kanoroute over de Almelose Aa.

Of men nu lopend, fietsend per auto, per bus, of per kano naar het Hagenpark komt, het laatste stukje zal altijd lopend gedaan moeten worden. In Figuur 3.4 worden alle routes duidelijk weergegeven en zijn de paden aangegeven zoals deze in het nieuwe ontwerp van het Hagenpark zijn vastgesteld. Er zullen straks drie paden door het Hagenpark lopen en zoals te zien is zullen voetgangers van alle drie de kanten komen. De enige bezoekers die het Natuurhus echt van een compleet andere kant benaderen zijn kanovaarders. Hier zal rekening mee moeten worden gehouden bij het ontwerp.

Verwacht mag worden dat de meeste mensen vanuit het westen het Hagenpark zullen bereiken. Niet alleen is de dichtstbijzijnde bushalte aan deze zijde te vinden, het feit dat het Hagenpark aan deze kant vrijwel tegen het stadscentrum aan ligt betekent dat veel bezoekers aan het centrum vanaf deze kant binnen enkele minuten bij het Hagenpark kunnen zijn.



Figuur 3.4. De verschillende routes van en naar het Hagenpark. De locatie van het Natuurhus is hier weergegeven in het oranje.

### 3.3 Klimatologische omstandigheden

Nederland heeft een gematigd zeeklimaat met milde winters, milde zomers en neerslag het hele jaar door. Gemiddeld valt er in Nederland gedurende 7% van de tijd neerslag. Dit kan regen, sneeuw, ijzel, of hagel zijn. Op jaarbasis valt er gemiddeld tussen de 700 en 800 mm neerslag, met uitschieters tot onder de 500 en boven de 1000 mm. Het Nederlandse klimaat is behoorlijk onvoorspelbaar. Dit onvoorspelbare lijkt Nederlanders het gevoel te geven dat het in Nederland veel meer regent dan in werkelijkheid het geval is.

De gegevens van Figuur 3.5 gaan specifiek over Almelo. In de zomer ligt de temperatuur rond de 20 graden Celsius en in de winter ligt de temperatuur vaak rond het vriespunt. De hoeveelheid neerslag is vrij constant het hele jaar door. Het aantal uren zon is in de winter behoorlijk laag en is vaak niet meer dan 2 per dag. In de zomer is het gemiddeld aantal uren zon echter een stuk hoger en is er vaak rond de 7 uur zon per dag.

	gemiddelde maximum temperatuur (°C)	gemiddelde minimum temperatuur (°C)	gemiddeld aantal uren zon per dag	gemiddeld aantal mm neerslag per maand
Januari	4	-1	2	61-100 mm
Februari	5	-1	3	31-60 mm
Maart	9	2	4	61-100 mm
April	13	3	5	31-60 mm
Mei	17	7	7	31-60 mm
Juni	20	10	6	61-100 mm
Juli	22	12	7	61-100 mm
Augustus	22	11	7	31-60 mm
September	18	9	5	61-100 mm
Oktober	14	6	4	61-100 mm
November	8	3	2	61-100 mm
December	6	1	2	61-100 mm

Figuur 3.5. Het klimaat in Almelo. ([www.klimaatinfo.nl/nederland/almelo.htm](http://www.klimaatinfo.nl/nederland/almelo.htm), 28-11-2012)

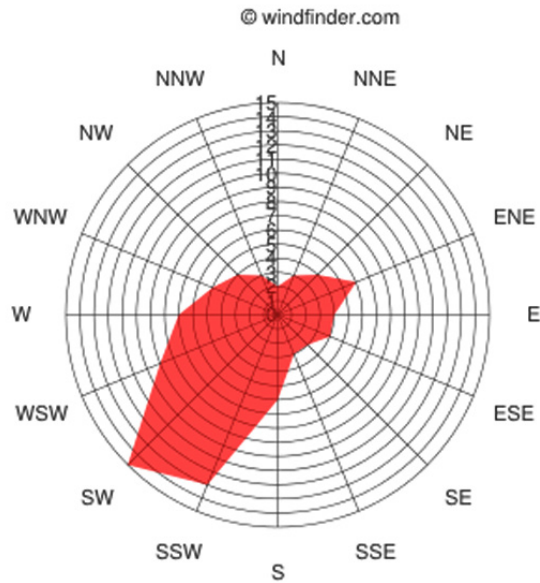
#### 3.3.1 Wind

De windrichting en –kracht in Almelo is het hele jaar door behoorlijk constant. De wind komt vrijwel het hele jaar door vanuit het zuidwesten en de windkracht ligt vrijwel altijd rond windkracht 3. De kans dat de windkracht hoger is dan windkracht 4 is gemiddeld gezien 19%. Over het algemeen zal het dus 19% van de tijd harder waaien dan windkracht 4. Voor de gegevens per maand zie Figuur 3.6. Deze gegevens zijn gemeten in Twente, dus niet specifiek in Almelo. Voor een grafische weergave van de windrichtingen, zie Figuur 3.7.



Maand van het jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	gemiddeld
Overheersende windrichting	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↗	↗	↗	↙
Wind waarschijnlijkheid >= 4 Beaufort (%)	24	25	27	19	20	16	21	11	14	17	22	23	19
Gemiddelde Windkracht	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Figuur 3.6. Windgegevens Twente. Gebaseerd op waarnemingen van 11-2001 – 10-2012 dagelijks van 7:00 – 19:00 uur. (www.windfinder.com, 29-11-2012)

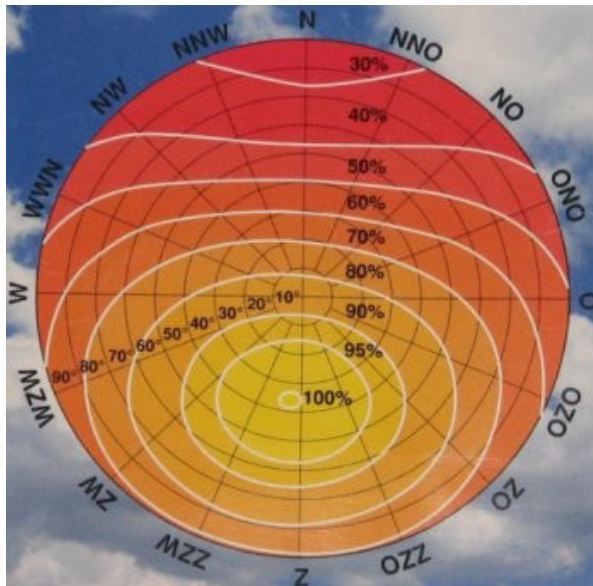


Figuur 3.7. Weergave van de windrichting over het hele jaar gezien. Verreweg de meeste wind komt vanuit het zuidwesten.

### 3.3.2 Zon

PV-panelen leveren de meeste energie wanneer zij loodrecht op de zon staan. Omdat de hoek van de zon varieert afhankelijk van de locatie, tijd van het jaar en tijd van de dag, is het belangrijk dat de panelen onder de juiste hellingshoek worden geplaatst zodat het rendement optimaal is.

Een veel gebruikt model in Nederland om deze hellingshoek te bepalen is het diagram in Figuur 3.8 van Ecofys (www.ecofys.com, 29-11-2012), een adviesbureau op het gebied van duurzame energie. Uit dit diagram blijkt dat in Nederland de optimale hellingshoek ongeveer 36° bedraagt. Het zonnepaneel moet dan pal op het zuiden gericht zijn.



Figuur 3.8. Instralingsdiagram van Ecofys.

Een ander adviesbureau, ook op het gebied van duurzame energie genaamd Siderea (www.siderea.nl, 29-11-2012), is het hier echter niet mee eens. Dit adviesbureau heeft zelf alles doorgerekend en heeft hier data van het KNMI voor gebruikt. Uit hun resultaten blijkt dat de panelen onder een hoek van 30° moeten worden geplaatst. Uit hun onderzoek blijkt ook dat het verschil in lichtopvang tussen een paneel dat onder een hoek geplaatst is en een paneel dat horizontaal ligt, kleiner is dan de resultaten van Ecofys doen vermoeden. Onder een hoek van 30° is de instraling op het paneel 11% hoger dan de instraling op een paneel dat plat ligt. Volgens Ecofys kan het meer dan 15% schelen als het paneel onder de juiste hoek gezet wordt in plaats van plat te leggen.

Gezien het feit dat het niet helemaal duidelijk is waar Ecofys haar data vandaan heeft, terwijl Siderea haar bevindingen ondersteunt met duidelijke bronnen en berekeningen, lijken de resultaten van Siderea het meest betrouwbaar. Dit houdt dus in dat voor het hoogste rendement PV-panelen onder een hoek van 30° geplaatst moeten worden. Wel moet hier bij vermeld worden dat de hoek van 30° alleen geldt wanneer geen obstakels (gebouwen, bomen) rond de PV-panelen te vinden zijn. Dit is in de praktijk vrijwel nooit het geval en hierdoor zal de optimale hoek iets kleiner zijn.

### 3.3.3 Schaduw

Door PV-panelen te gebruiken kan er flink bespaard worden op de energiekosten. Dan is het echter wel van belang dat deze panelen zoveel mogelijk in de zon zitten. Omliggende gebouwen of bomen kunnen schaduw geven en een nadelig effect op de energieopbrengst uit PV-panelen hebben. Door een schaduwanalyse uit te voeren kan er

worden gekeken hoe de schaduw valt op verschillende tijdstippen op een dag, op verschillende momenten in het jaar. Voor deze analyse zijn de grotere gebouwen in SketchUp gemodelleerd en zijn er verschillende momenten in het jaar gesimuleerd om te kijken of de locatie voor het Natuurhus hinder ondervindt van nabij gelegen gebouwen. Hierbij moet wel vermeld worden dat de gemodelleerde gebouwen versimpelde weergaven zijn van de werkelijke gebouwen en dat de hoogtes geschat zijn op basis van 3 meter per etage. De daadwerkelijke schaduw zal dus waarschijnlijk iets afwijken van de in deze analyse gevonden resultaten, maar de analyse geeft wel een goed beeld van hoe de schaduw zal lopen en hoe deze gedurende de dag zal veranderen en ook hoe deze door het jaar heen verschilt.

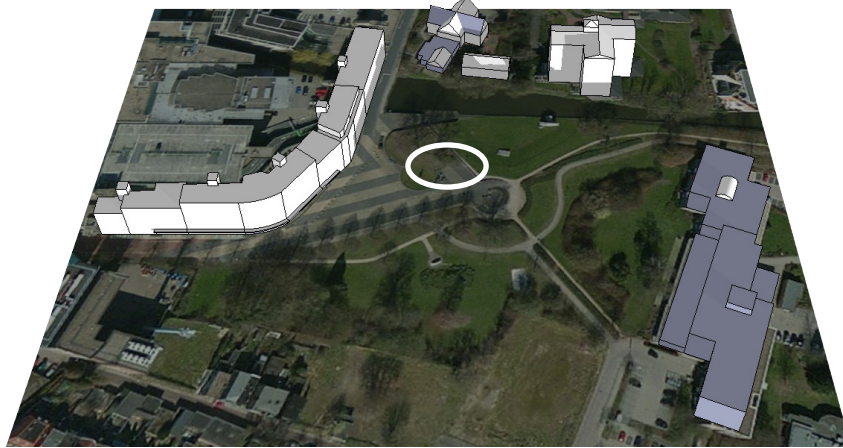
In Figuur 3.9 en 3.10 zijn de resultaten te zien van respectievelijk een dag in december en een dag in juni, op verschillende tijdstippen. In december zal de locatie geen hinder ondervinden van de gebouwen aan de westkant van het Hagenpark. In juni daarentegen, zal er vanaf ongeveer 19:00 uur schaduw over de locatie van het Natuurhus vallen. De rest van de dag staat de locatie van het Natuurhus wel pal in de zon. Zowel bij de maanden voor juni als na juni zal de schaduw 's avonds de locatie van het Natuurhus eerder bereiken. De gebouwen aan de oostkant zijn te ver weg en te laag om invloed te kunnen hebben op het Natuurhus.

### 3.4 Conclusie

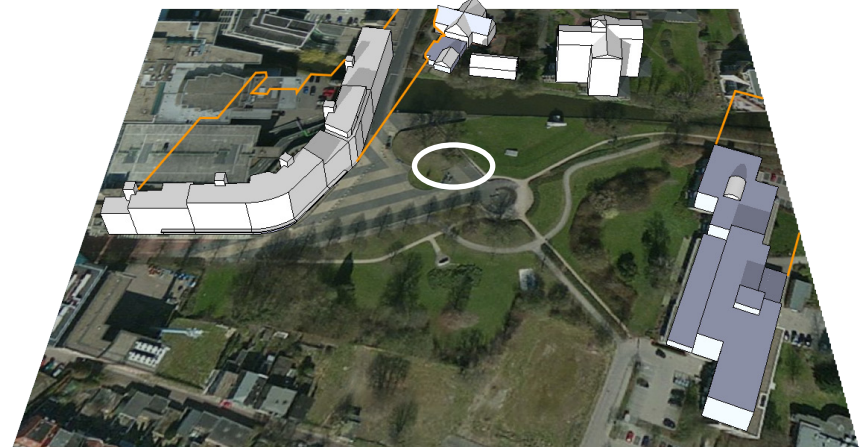
Uit het onderzoek naar de locatie van het Natuurhus kunnen verschillende dingen worden geconcludeerd. De locatie ligt dicht bij de binnenstad en verwacht mag worden dat vanuit de binnenstad de meeste mensen naar het Natuurhus zullen komen. Toch moet niet vergeten worden dat er drie paden door het park zullen lopen en dat van alle kanten mensen het Natuurhus zullen benaderen.

Het is belangrijk dat er rekening wordt gehouden met de pilot Binnenstedelijke Transformatie van de gemeente Almelo en de provincie Overijssel, waarin duurzaamheid centraal staat. Het Natuurhus zal een zeer duurzaam en milieuvriendelijk gebouw worden en kan een toonbeeld voor duurzaamheid in Almelo worden.

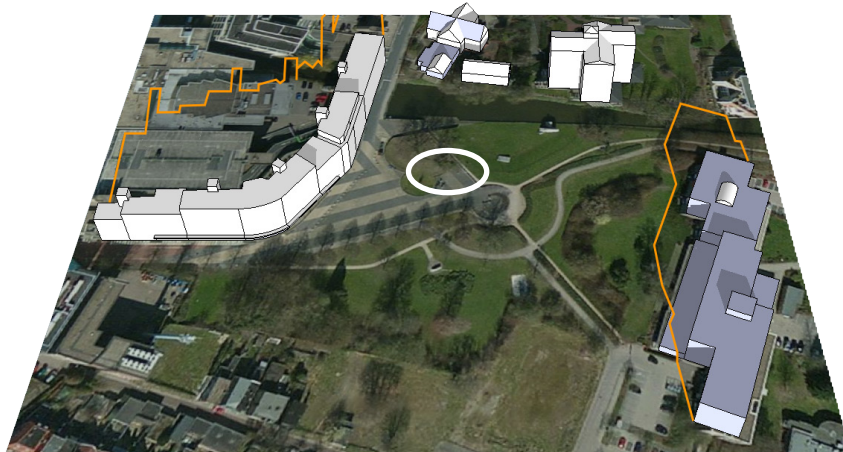
Kijkend naar het klimaat valt op dat er in de wintermaanden zeer weinig zonuren zijn. In de lente en zomer ligt dit aantal een stuk hoger. De wind blijkt vrijwel het hele jaar door uit dezelfde hoek te komen, wat gunstig is voor eventuele windturbines. Als er wordt gekeken naar de schaduwen die op de locatie van het Natuurhus vallen, dan blijkt dat in de zomer de flats ten westen van het Natuurhus 's avonds voor schaduw zorgen vanaf ongeveer 19:00 uur. Dit is ongunstig voor eventuele PV-panelen en hier moet goed rekening mee worden gehouden. Er zal onderzocht moeten worden hoe groot de impact hiervan is op de hoeveelheid gegenereerde zonne-energie. Wanneer deze impact substantieel blijkt te zijn, is het wellicht verstandiger om de PV-panelen los van het gebouw op een gunstigere locatie te plaatsen.



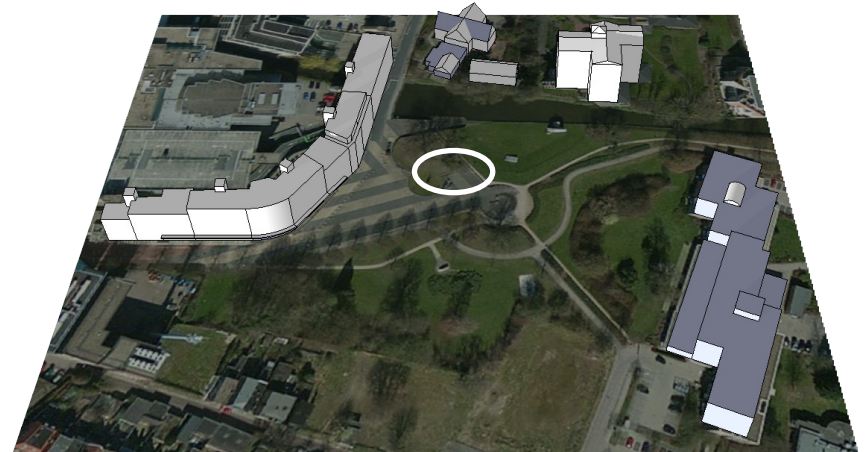
21 december, 9:00 uur.



21 december, 14:00 uur.

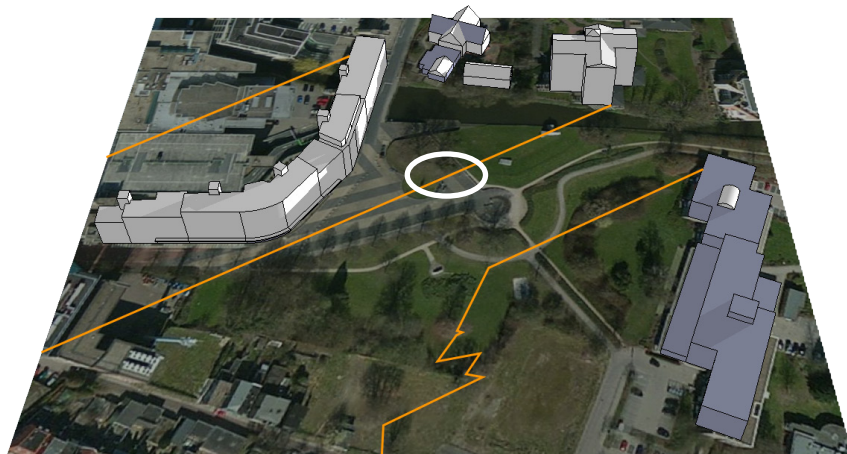


21 december, 12:00 uur.

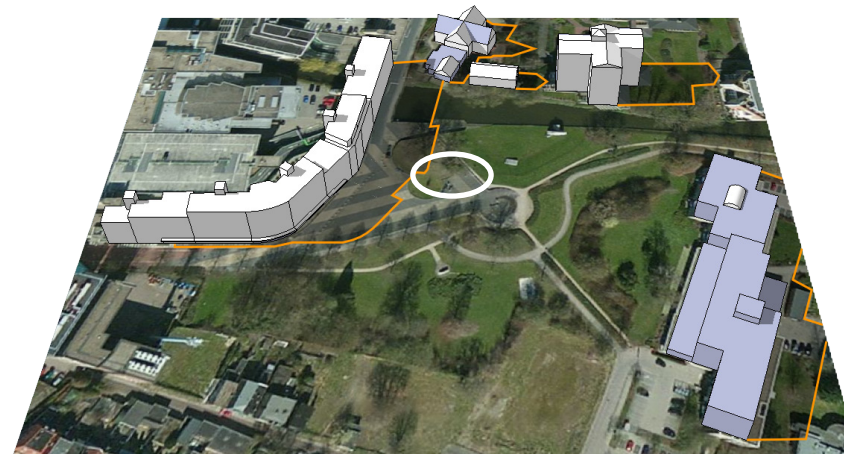


21 december, 16:00 uur.

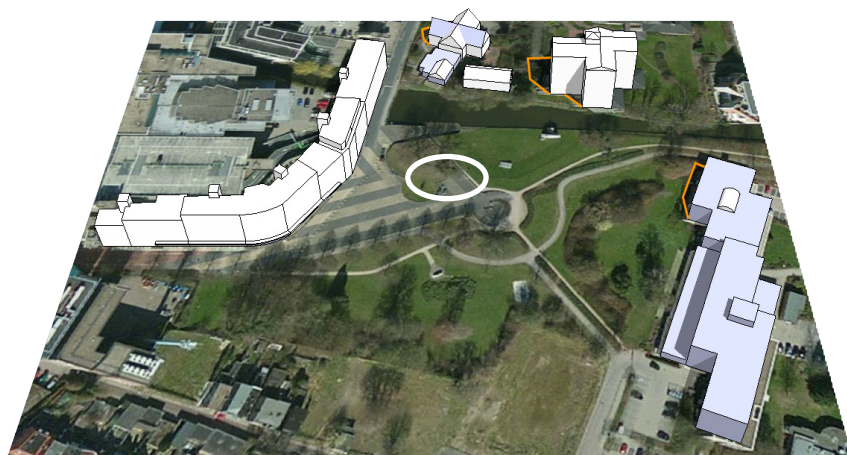
Figuur 3.9. Schaduwanalyse op 21 december.



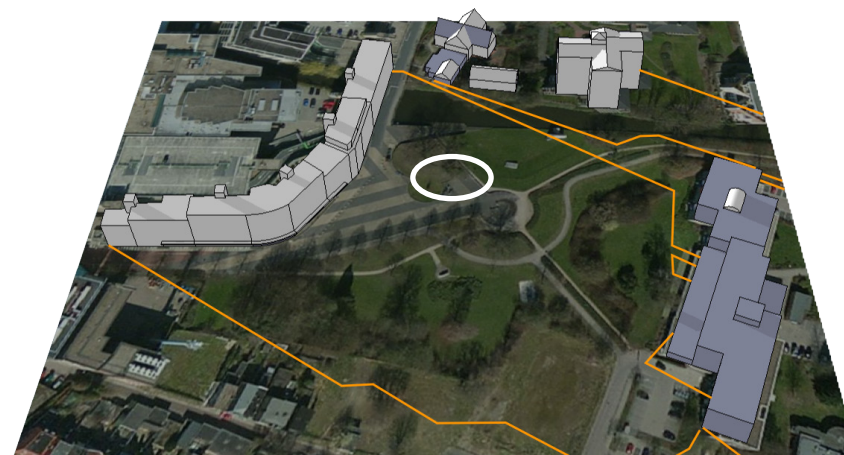
21 juni, 6:00 uur.



21 juni, 16:00 uur.



21 juni, 12:00 uur.



21 juni, 21:00 uur.

Figuur 3.10. Schaduwanalyse op 21 juni.

# Optimalisatie van het Earthship-concept

Nu het concept Earthship is onderzocht en de locatie van het Natuurhus is geanalyseerd, kan er gekeken worden naar de aanpassingen die gemaakt moeten worden om het Earthship-concept te optimaliseren en om een milieuvriendelijk gebouw in het Nederlandse klimaat te laten functioneren. Zoals eerder geconcludeerd zal een Earthship volgens het globale model niet goed functioneren in Nederland en er zal dan ook gekeken moeten worden of er geen betere alternatieven zijn voor bepaalde aspecten van een Earthship. In dit hoofdstuk worden de typische kenmerken van een Earthship doorgenomen en per kenmerk wordt er onderzocht of dit in het Nederlandse klimaat zou kunnen functioneren en of het voldoet aan de eisen en wensen voor het Natuurhus.

Om te beginnen is er een collage gemaakt van andere milieuvriendelijke gebouwen dan Earthships. Dit om aan te tonen dat er genoeg alternatieven zijn voor een Earthship. Ze zijn misschien niet allemaal net zo milieuvriendelijk als een Earthship, maar kunnen zeker inspiratie opleveren voor het ontwerp van het Natuurhus. Voor de collage, zie Figuur 4.1.



## 4.1 Materialen

De gebruikte materialen in een Earthship zijn al eerder besproken. Er worden zoveel mogelijk afgedankte materialen gebruikt, zoals autobanden, lege flessen en oude blikjes. Uiteraard wordt er ook een grote hoeveelheid aarde gebruikt om de autobanden mee te vullen en om tegen de muren aan te leggen ter isolatie. Wanneer een Earthship een klein stukje in de grond komt te liggen, bijvoorbeeld een halve meter lager dan grondniveau, kan de aarde die hiervoor wordt afgegraven gebruikt worden om de autobanden mee te vullen. De dakconstructie, ramen, kozijnen en deuren zijn gelijk aan die in een conventioneel huis.

### 4.1.1 Autobanden

Het meest kenmerkende aspect van een Earthship zijn de gebruikte autobanden. Er zijn ontzettend veel autobanden te vinden op stortplaatsen waar ze voor overlast zorgen, ze zijn zeer stevig en er valt eenvoudig mee te bouwen. Op het eerste gezicht lijken autobanden de ideale bouwstenen om mee te bouwen. Uit onderzoek blijkt bovendien dat de effecten van de stoffen die vrijkomen uit de autobanden in de aarde en het water vrijwel verwaarloosbaar zijn. Toch zijn de stoffen niet voor iedereen even onschuldig. Zoals eerder gezegd blijken er bijvoorbeeld bepaalde vissoorten te zijn waarvoor de vrijgekomen stoffen zeer schadelijk zijn en moet de afweging worden gemaakt of dit dan wel het juiste bouw materiaal is, of dat er beter andere materialen kunnen worden gebruikt.

Doordat uit het haalbaarheidsonderzoek naar het thermisch comfort van een Earthship in Nederland van Daan van der Gun (2010) blijkt dat

de autobanden en de aarde enkel een isolerende functie hebben en dat de opslag van thermische energie vrijwel verwaarloosbaar is, hoeft hier geen rekening mee gehouden te worden wanneer er gekeken wordt naar andere opties. Een alternatief voor autobanden zijn strobalen. Met strobalen kan ook eenvoudig gebouwd worden door ze op te stapelen (Bainbridge, 1986), stro isoleert erg goed, het is zeer milieuvriendelijk en er is bovendien een stro overschot in veel landen (Ashour, Georg, & Wu, 2011). Er kunnen zelfs dragende muren van strobalen worden gebouwd, maar vaak wordt er voor gekozen om een houten of stalen frame te gebruiken om vervolgens de muren tussen het frame met strobalen te bouwen (Ashour et al., 2011).

### 4.1.2 Flessen en blikjes

Flessen en blikjes zijn zoals eerder gezegd zeer goed te recyclen en door deze als bouwstenen in een Earthship te gebruiken zullen er nieuwe flessen en blikjes uit ruw materiaal gemaakt moeten worden. Dit kost veel meer energie en grondstoffen en is dus een stuk slechter voor het milieu. Het lijkt daarom ook niet verstandig om deze materialen als bouwstenen te gebruiken. Aan de andere kant zal het altijd nog beter voor het milieu zijn dan wanneer er bouwmaterialen gebruikt worden die speciaal hiervoor gefabriceerd zijn. Bovendien komt daar vaak nog een lang transport bij kijken wat ook niet gunstig is voor het milieu. De beste oplossing lijkt om afgedankte materialen te gebruiken die slecht te recyclen zijn en anders in de vuilverbrandingsovens terecht komen.

Ook in dit geval lijken strobalen weer een goed alternatief. In veel landen is hier een overschot van en wordt dit overschot verbrand of verteerd in de grond, wat er voor zorgt dat de in het stro opgeslagen



CO<sub>2</sub> grotendeels weer in de atmosfeer terecht komt (Mattila, Grönroos, Judl, & Korhonen, 2012). In tegenstelling tot glas kan er uiteraard niet doorheen gekeken worden.

#### 4.1.3 Pleisterwerk

Natuurlijk pleisterwerk gemaakt met leem of klei kan goed worden toegepast in milieuvriendelijke gebouwen. In Earthships wordt dit gebruikt om de muren van autobanden en de binnenmuren van flessen en blikjes mee af te werken. Bij het Natuurhus is dergelijk pleisterwerk ook goed toepasbaar. Het is dan wel aan te raden om te kiezen voor pleisterwerk dat gemaakt wordt van lokaal gevonden grondstoffen zoals klei. Door lokale materialen te gebruiken kan er bespaard worden op transport. Dit scheelt zowel in geld als in CO<sub>2</sub> uitstoot, wat weer goed is voor het milieu.

### 4.2 Energievoorzieningen

Een Earthship is zelfvoorzienend als het om energie gaat, maar dit blijkt alleen voor honderd procent mogelijk wanneer het klimaat gunstig is. In Nederland zal er substantieel bijverwarmd moeten worden en zal ook de energie uit zonnepanelen lang niet altijd voldoende zijn. Zeker bij het Natuurhus, dat plaats biedt aan een restaurant, is het niet haalbaar om volledig zelfvoorzienend te zijn. Om te voldoen aan de eisen en wensen van de gebruikers van het Natuurhus is dit ook helemaal geen probleem en mag het Natuurhus best op de nutsvoorzieningen zijn aangesloten. Het is echter wel de bedoeling dat er zoveel mogelijk energie uit duurzame bronnen wordt gehaald en dat het Natuurhus zo zuinig mogelijk met deze energie omgaat.

#### 4.2.1 Zonne-energie

PV-panelen kunnen net als bij een Earthship prima gebruikt worden voor het Natuurhus. Het grote verschil ten opzichte van een Earthship zal zijn dat enkel de energie uit de PV-panelen niet genoeg zal zijn om het hele gebouw van energie te kunnen voorzien. Het Natuurhus zal ook moeten zijn aangesloten op het energienet. Er kan ook nog gekeken worden naar alternatieven zoals windturbines. Zoals eerder beschreven is de windrichting in Almelo behoorlijk constant. Gemiddeld is de wind niet erg krachtig en aangezien het Natuurhus midden in de stad ligt, zal een deel van de wind worden tegengehouden door omliggende gebouwen, maar het is wel iets waar naar gekeken dient te worden.

#### 4.2.2 Verwarming

Verwarming in een Earthship wordt volledig verzorgd door de zon die op de ramen aan de zuidzijde schijnt. Volgens Reynolds zouden de dikke aardewanden bovendien zorgen voor warmteopslag in de zomer en zou deze warmte vrijkomen in de winter. Uit het haalbaarheidsonderzoek van van der Gun (2010) is echter gebleken dat dit in Nederland in ieder geval niet werkt en dat het puur om een isolerende functie gaat. In het Natuurhus zal de warmte van de zon die op het gebouw schijnt waarschijnlijk niet voldoende zijn om een comfortabele temperatuur te bereiken en zal er dus bijverwarmd moeten worden. Hier zijn verschillende duurzame opties voor, zoals warmtepompen.

### 4.2.3 Wateropvang

Het Natuurhus zal net als een Earthship water moeten kunnen opvangen om in het gebouw te kunnen gebruiken. Er gelden in Nederland echter strenge eisen voor het gebruik van water dat niet uit de waterleiding komt. Het zal in ieder geval niet als drinkwater kunnen worden gebruikt ([www.sbr.nl/producten/dubocatalogus/gebruik-van-hemelwater](http://www.sbr.nl/producten/dubocatalogus/gebruik-van-hemelwater), 30-11-2012). Het water mag wel worden gebruikt voor het doorspoelen van het toilet, het sproeien van de planten, of de wasmachine.

Doordat het regenwater niet geschikt wordt geacht voor consumptie, zal het Natuurhus dus ook gewoon op de waterleiding aangesloten moeten zitten. Vooral ook omdat er een restaurant in het Natuurhus moet komen.

### 4.2.4 Afvalwaterzuivering

Het afvalwater wordt in een Earthship gezuiverd voordat het wordt afgevoerd naar botanische cellen of een septic tank. Ook in dit geval zijn er in Nederland weer strenge eisen wat betreft er gedaan kan worden met afvalwater. Het afvalwater kan uiteraard eerst gefilterd worden voordat het wordt afgevoerd. De vraag is echter of dit zinvol is wanneer het vervolgens in het riool bij al het andere afvalwater terecht zou komen en alsnog gezuiverd zal worden.

## 4.3 Uitvoerbaarheid

Een Earthship wordt voor het grootste deel door vrijwilligers gebouwd die weinig tot geen ervaring hebben. Dit is ook niet nodig, want binnen een paar uur kan iedereen uitgelegd worden hoe de autobanden met aarde gevuld moeten worden en binnen een paar uur kunnen vrijwilligers dan ook aan de slag. Dit is ook een zeer belangrijk punt bij het Natuurhus. Het is een eis van de gebruikers dat het Natuurhus zoveel mogelijk door vrijwilligers gebouwd kan worden. Het moet een gebouw worden dat voor de gebruikers is, maar ook door de gebruikers gemaakt kan worden. Wanneer er voor iets anders dan autobanden wordt gekozen, is het dus van groot belang dat er wel voor iets wordt gekozen waar eenvoudig mee te bouwen valt.

Een alternatief is het bouwen met stobalen, maar het is natuurlijk ook mogelijk om op een meer high-tech manier te bouwen. Er kan bijvoorbeeld zeer duurzaam gebouw gecreëerd worden volgens de principes van een passiefhuis. Een passiefhuis onderscheidt zich door een zeer hoogwaardig binnenklimaat en laag energieverbruik. Er moet dan wel rekening gehouden worden met de materialen die worden gebruikt. Er kan dan bijvoorbeeld geen beton worden gebruikt. Maar door te bouwen met bijvoorbeeld hout en andere duurzame materialen kan er duurzaam gebouwd worden. Ook in dit geval is het uiteraard wel weer belangrijk dat het gebouw zoveel mogelijk door vrijwilligers gebouwd kan worden. Iets dat met een passiefhuis wel een stuk lastiger wordt.

## 4.4 Bestaande concepten

Een Earthship is natuurlijk niet de enige mogelijkheid voor een duurzaam gebouw. Er zijn behoorlijk wat aspecten aan Earthships die moeten worden aangepast om een Earthship in Nederland goed te laten functioneren. Het Natuurhus kan nog steeds worden gebaseerd op een Earthship, maar er kunnen wel degelijk ook aspecten uit andere “groene” gebouwen worden gebruikt. Er zullen nu drie verschillende gebouwen worden bekeken, met elk een andere aanpak. De gebouwen die bekeken zullen worden zijn The California Academy of Sciences, Earth House Estate Lättenstrasse in Zwitserland en The Gateway Building in Nottingham. Van elk gebouw zullen de belangrijkste aspecten die het gebouw “groen” maken, worden toegelicht.



#### 4.4.1 The California Academy of Sciences - Renzo Piano, San Francisco, Verenigde Staten

Renzo Piano, de man die ook het Centre Pompidu in Parijs heeft ontworpen, is de architect van dit bijzondere gebouw in het Golden Gate Park in San Francisco (zie Figuur 4.2). The California Academy of Sciences is een natuurwetenschappelijk onderzoeksinstituut en museum en zou het groenste museum ter wereld zijn. Het gebouw bestaat uit één bouwwerk, maar omvat verschillende ruimtes, waaronder een aquarium, planetarium, theater en twee restaurants. Het gebouw is onderscheiden met het LEED Platinum label, de hoogst mogelijke LEED onderscheiding ([www.new.usgbc.org/leed](http://www.new.usgbc.org/leed), 05-12-2012). LEED staat voor Leadership in Energy and Environmental Design en is een internationaal erkend programma dat groene gebouwen beoordeelt. LEED richt zich hierbij op de volledige levenscyclus van gebouwen.

The California Academy of Sciences heeft een groendak dat door de isolatie er voor zorgt dat het in de zomer koeler en in de winter warmer blijft. Daarnaast houdt het groendak regenwater vast en zorgt het er voor dat het gebouw aansluit bij het groen rondom het gebouw en zorgt het voor een visuele connectie. De hellingen op het dak zorgen er voor dat de wind naar het dakraam in het midden van het gebouw wordt geleid. Dit grote raam gaat automatisch open op warme dagen en zorgt op deze manier voor koeling, ook omdat warme lucht op deze manier uit het gebouw kan ontsnappen. Rondom het dak zitten rijen PV-cellen die samen 10% van de benodigde energie leveren ([www.calacademy.org](http://www.calacademy.org), 05-12-2012).



Figuur 4.2. California Academy of Science ([www.gigaom.com/cleantech/california-academy-of-sciences-shines-with-solar-roof](http://www.gigaom.com/cleantech/california-academy-of-sciences-shines-with-solar-roof), 05-12-2012)

#### 4.4.2 Earth House Estate Lättenstrasse, Vetsch architectuur, Dietikon, Zwitserland

Deze huizen (zie Figuur 4.3) lijken sterk op de Hobbithuisjes uit Lord of the Rings en zijn ontworpen door de Zwitserse architect Peter Vetsch, de architect die bekend staat om zijn aardehuizen. De huizen liggen deels ondergronds en zijn van buitenaf nauwelijks te zien. De huizen zijn één met de natuur en op het dak groeit gras en zijn verschillende planten te vinden. Al met al lijken de huizen behoorlijk op Earthships. Ze zijn echter op een hele andere manier gebouwd. Deze huizen lijken vooral “groen” qua uitstraling, maar niet zozeer qua gebruikte materialen. De huizen bestaan namelijk grotendeels uit beton. De aarde rondom de huizen zorgt uiteraard wel voor extra, natuurlijke isolatie. Daarnaast zijn de huizen zo gebouwd dat het landschap niet hoeft worden aangepast. De huizen worden juist aangepast aan de omgeving ([www.erdhaus.ch](http://www.erdhaus.ch), 05-12-2012).



Figuur 4.3. Earth House Estate Lättenstrasse ([www.erdhaus.ch](http://www.erdhaus.ch), 05-12-2012).

#### 4.4.3 The Gateway Building - Make Architects, Nottingham, Verenigd Koninkrijk

The Gateway Building (zie Figuur 4.4) staat op de campus van de universiteit van Nottingham en is het grootste gebouw gemaakt met strobalen van het Verenigd Koninkrijk. Het gebouw is geïnspireerd op het agrarisch erfgoed van de campus en de campus haar duurzaamheidsbeleid. De façade is opgebouwd uit geprefabriceerde modulaire strobaal-panels. De panels zijn 14 meter hoog en worden gevuld met stro van de campus haar eigen landbouwgrond. Enkele panels worden weggelaten om lichtinval te realiseren. Het transport van bouwmaterialen over grote afstanden kost veel geld en energie en omdat het stro uit de nabije omgeving wordt gehaald, wordt dit voor een groot deel ontweken.

De stropanels zijn stuk voor stuk in een fabriek gemaakt en wanneer deze eenmaal klaar waren konden ze snel en eenvoudig op locatie worden samengevoegd. Op deze manier gaat de bouw op locatie sneller en kan de prefabricatie zorgen voor een efficiënter proces. Omdat het stro in geprefabriceerde panels wordt geïntegreerd en deze panels vervolgens strak worden afgewerkt, is een moderne uitstraling mogelijk. Deze techniek kan zo ook voor moderne architectuur worden toegepast en het stro hoeft niet eens zichtbaar te zijn voor gebruikers. Wanneer het echter gewenst is dat het stro juist wel zichtbaar is, kan dit ook eenvoudig worden gerealiseerd door delen van de panels transparant te maken. Dit is ook gedaan bij de bouw van The Gateway Building. Sommige panels zijn vervangen door perspex panels zodat bezoekers de strobalen kunnen zien zitten. Dit worden "truth windows" genoemd ([www.makearchitects.com/#/projects/2817](http://www.makearchitects.com/#/projects/2817), 05-12-2012).



Figuur 4.4. The Gateway Building ([www.architect.com/firms/gallery/37247428/0/the-uk-s-largest-prefabricated-straw-bale-building-is-officially-opened#](http://www.architect.com/firms/gallery/37247428/0/the-uk-s-largest-prefabricated-straw-bale-building-is-officially-opened#), 05-12-2012)

## 4.5 Conclusie

Op het gebied van energievoorzieningen zullen de grootste aanpassingen gedaan moeten worden ten opzichte van het Earthship concept. Het grootste verschil zal zijn dat het Natuurhus op de nutsvoorzieningen wordt aangesloten. Verder is het op het gebied van wateropvang en waterzuivering belangrijk dat er naar de Nederlandse wetgeving wordt gekeken, aangezien hier zeer strikte regels voor zijn.

Op het gebied van bouwmaterialen kunnen er vraagtekens geplaatst worden bij de gebruikte materialen bij een Earthship. Uit autobanden komen stoffen vrij die niet voor iedereen even onschadelijk zijn en glazen flessen en blikjes kunnen wellicht beter gerecycled worden. Het is belangrijk dat er ook wordt gekeken naar alternatieven voor autobanden, flessen en blikjes. Als eventueel alternatief voor autobanden lijken strobalen een goede keuze. Er is een overschot aan stro, het is een duurzaam materiaal met goede isolerende eigenschappen en er valt eenvoudig mee te bouwen.

Wat betreft het bouwen door vrijwilligers zal er niet te veel mogen worden afgeweken van Earthships. Dit is een zeer belangrijk onderdeel van het Natuurhus. Er mag best op een andere manier gebouwd worden en wanneer er gekozen wordt voor andere bouwmaterialen zal dit ook niet anders kunnen, maar het moet wel mogelijk zijn om de bouw zoveel mogelijk door vrijwilligers uit te laten voeren. Dit wordt wellicht een stuk lastiger bij een passiefhuis.

# 5 Structuurontwerpen

In dit hoofdstuk zullen verschillende concepten worden ontwikkeld die vervolgens worden uitgewerkt tot structuurontwerp. In een later stadium zal dan het beste structuurontwerp worden gekozen om verder uit te werken.

## 5.1 Opzet structuurontwerp

Nu Earthships onderzocht zijn en er gekeken is naar de te maken concessies en er daarnaast enkele bestaande duurzame gebouwen toegelicht zijn, moet er worden gekeken naar de mogelijke richtingen die het Natuurhus op kan. Als eerste kan er natuurlijk een gebouw worden ontworpen dat weinig afwijkt van het Earthship concept, waarbij alleen aanpassingen worden gemaakt als dit echt nodig is. Dit zal betekenen dat het Natuurhus qua uitstraling dan ook dicht in de buurt van een Earthship zal komen. Het zal dan een zeer organisch gebouw worden met weinig strakke lijnen en rechte hoeken.

Een andere optie is om met stobalen te gaan werken. Qua bouw materiaal lijken stobalen het meest in de buurt te komen van autobanden. Het is een low-tech bouw materiaal waar eenvoudig mee te bouwen is. Er is net als bij autobanden een overschot aan stro en het gaat net als bij autobanden in feite om een afgedankt product. Een voordeel van stobalen ten opzichte van autobanden is dat er geen schadelijke stoffen vrijkomen. Bovendien vergt het bouwen met stobalen minder zware arbeid. Autobanden moeten gevuld worden met aarde, wat een zeer intensief en tijdrovend proces is. Stobalen hoeven slechts opgestapeld te worden en bij elkaar worden gehouden door bijvoorbeeld houten palen.

Wanneer stobalen worden gebruikt voor het Natuurhus zal dit stro niet verbrand hoeven te worden en komt er geen CO<sub>2</sub> vrij. Een gebouw uit stobalen kan net als een Earthship een hele organische vormgeving hebben met weinig rechte lijnen en hoeken, maar dit hoeft zeer zeker niet. Zoals te zien is bij The Gateway Building kunnen er ook hele moderne gebouwen met stobalen gebouwd worden. Wanneer er gekozen wordt voor een modernere uitstraling is het wel van belang dat het gebouw een natuurlijke uitstraling moet behouden. Dit is belangrijk voor het Natuurhus en zorgt er ook voor dat mensen meteen de indruk krijgen dat het om een milieuvriendelijk gebouw gaat. Bij The Gateway Building is dit namelijk niet het geval. Het gebouw is zeer strak vormgegeven en uit vrijwel niets blijkt dat het gaat om een milieuvriendelijk gebouw. Dit zal bij het Natuurhus absoluut anders moeten.

Ook is er de optie om juist een heel modern gebouw te ontwikkelen dat compleet afwijkt van de hierboven genoemde concepten. Een gebouw dat gebouwd is volgens de principes van een passiefhuis. Het concept is in de jaren '80 ontwikkeld door Professor Bo Adamson aan de universiteit van Lund in Zweden en later verder ontwikkeld door het Passiv Haus Instituut in Darmstadt onder leiding van Dr. Wolfgang Feist. Door een goed compact ontwerp dat naar de zon gericht staat en goede isolatie en kierdichting kan warmte nauwelijks ontsnappen uit een passiefhuis ([www.passiefhuis.nl](http://www.passiefhuis.nl), 05-12-2012). Dit betekent dat er zeer weinig bijverwarmd hoeft te worden. De zon zorgt samen met de warmte van apparaten en bewoners voor bijna alle benodigde warmte. Er is een speciaal ventilatiesysteem aanwezig dat de warmte van de lucht die het gebouw uitgaat, afgeeft aan de verse lucht die wordt aangezogen. Passiefhuizen zijn voorzien van zeer moderne klimaatbeheersingapparatuur en worden gebouwd van hoogwaardige



materialen. Passiefhuizen hebben meestal een zeer modern, strak uiterlijk.

Samengevat zullen er dus drie verschillende concepten worden ontwikkeld. Als eerste een concept gebaseerd op Earthships, als tweede een gebouw uit strobalen, een concept dat qua manier van bouwen wellicht het dichtst in de buurt komt van Earthships en ten slotte een totaal ander concept, namelijk een modern passief gebouw.

De concepten verschillen op verschillende onderdelen. Als eerste verschillen de concepten in uitstraling. Een Earthship is een zeer organisch vormgegeven gebouw, terwijl een gebouw uit strobalen zowel een organische als een zeer strakke uitstraling kan hebben. Ten slotte zal een passief gebouw de meest moderne uitstraling van de drie hebben. Bij een gebouw uit strobalen en een passief gebouw is het wel van belang om een natuurlijke uitstraling te behouden. Een ander verschil zit in de manier van bouwen. Een Earthship en een gebouw uit strobalen zijn voor een groot deel te bouwen door een groep vrijwilligers met weinig ervaring. Bij een passief gebouw zal dit lastiger worden. Hier moet wel rekening mee gehouden worden, aangezien dit een belangrijke eis van het Natuurhus is.

### **3 Concepten:**

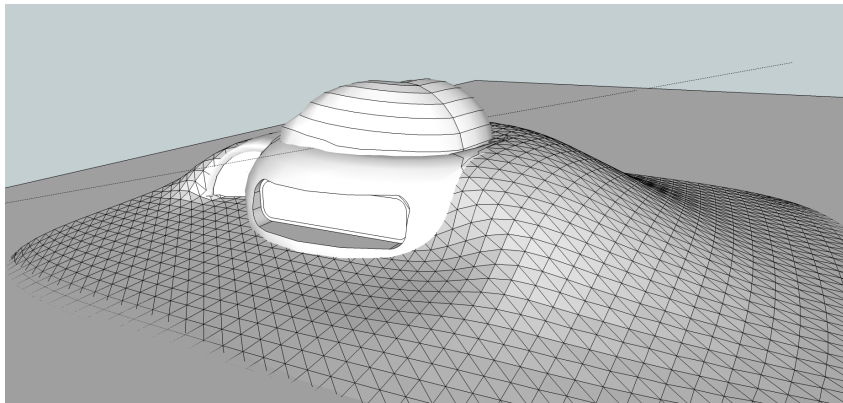
- Earthship
- Gebouw van strobalen
- Passief gebouw

## **5.2 Conceptgeneratie**

Nu de uitgangspunten voor de drie structuurontwerpen bekend zijn, kan er begonnen worden met het genereren van concepten om deze vervolgens uit te werken. Er wordt nagedacht over mogelijke thema's, vormen en uitstralingen. Op de volgende pagina's zijn de concepten te zien die uitgewerkt zijn tot structuurontwerp.

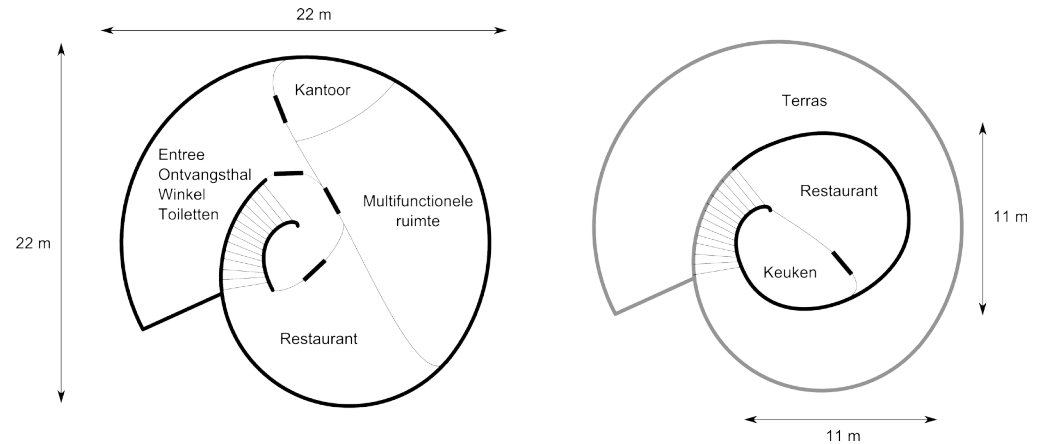
### 5.2.1 Earthship

Voor het structuurontwerp van het Earthship is een ontwerp gemaakt dat gebaseerd is op een slakkenhuis. Het Earthship valt weg in de heuvel, wat er ook voor zorgt dat het gebouw vanaf de achterkant nauwelijks te zien is.



Figuur 5.1. Slakkenhuis.

De benedenverdieping is zo'n 22 meter in doorsnede en biedt plaats aan vrijwel alle ruimtes die in het Natuurhus aanwezig dienen te zijn (zie Figuur 5.2). Het gebouw loopt als een spiraal en gaat vervolgens met een ronde trap omhoog naar de bovenverdieping, waar het restaurant zich bevindt. Op de begane grond is extra ruimte voor het restaurant aanwezig, mocht er behoefte naar zijn. Wanneer dit niet het geval is kan deze ruimte aan de multifunctionele ruimte gekoppeld worden om zo één grote ruimte te krijgen. Op de bovenverdieping kan vanuit het restaurant naar buiten worden gelopen om zo op het terras op de heuvel terecht te komen.



Figuur 5.2. Indeling van het slakkenhuis.

In Figuur 5.3 is de slakkenhuisvorm van het gebouw duidelijk te zien. Er zijn vrijwel geen rechte lijnen te vinden en alles is zeer organisch vormgegeven. In Figuur 5.4 en 5.5 is het gebouw vanuit een ander oogpunt te zien en is duidelijk te zien dat het gebouw vanaf de achterkant nauwelijks opvalt.



Figuur 5.3. Hier is goed te zien dat het een zeer organische ontwerp betreft.



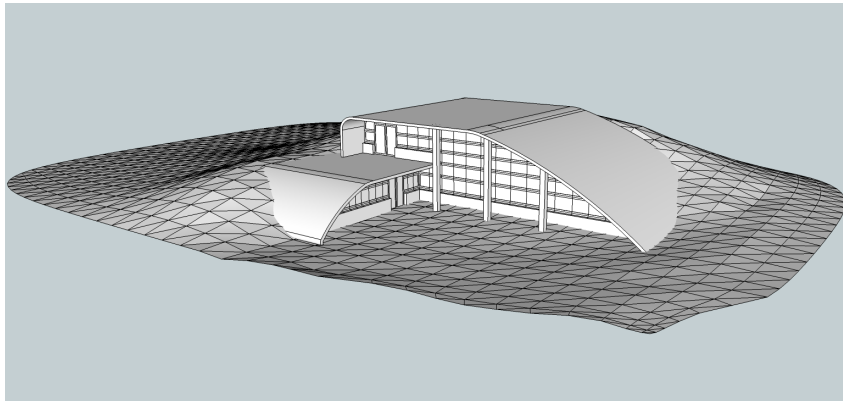
Figuur 5.4. Het gebouw valt grotendeels weg in de heuvel. Iedereen kan over de heuvel heen lopen.



Figuur 5.5. Het restaurant bevindt zich in de witte koepel bovenop de heuvel. Hier zullen nog wel ramen en een deur in geplaatst moeten worden.

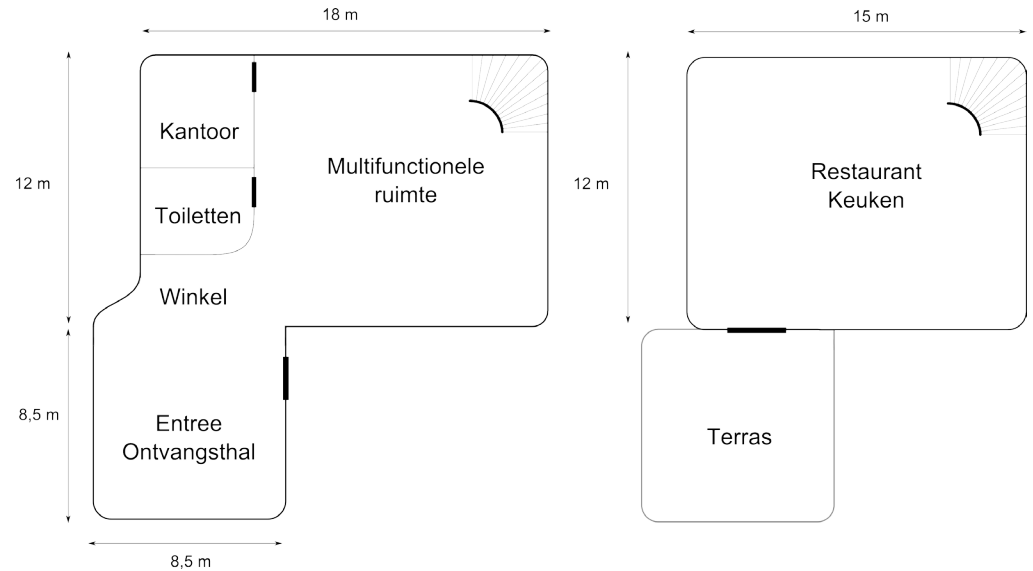
### 5.2.2 Strohuis

Het gebouw van strobalen (zie Figuur 5.6) is aan de zuidkant een stuk strakker vormgegeven dan het Earthship. De zuidzijde van het gebouw bestaat volledig uit een glazen façade. Verder ligt ook dit gebouw weer grotendeels in een heuvel en kan iedereen over het dak lopen. Ook hier is het gebouw nauwelijks te zien vanaf de achterkant. Het gebouw bestaat uit een grote ruimte met twee woonlagen en een kleinere ruimte met één woonlaag. Er kan over het dak van het kleine gedeelte gelopen worden om zo direct naar de bovenverdieping te kunnen.



Figuur 5.6. Strohuis.

De benedenverdieping bestaat uit een L-vorm waarin vrijwel alle ruimtes zijn ondergebracht (zie Figuur 5.7). De grote bovenverdieping is bestemd voor het restaurant. Het dak van de kleine ruimte kan gebruikt worden als terras voor het restaurant en kan ook dienen als toegangsweg voor het restaurant, zodat gasten niet binnendoor naar het restaurant hoeven.

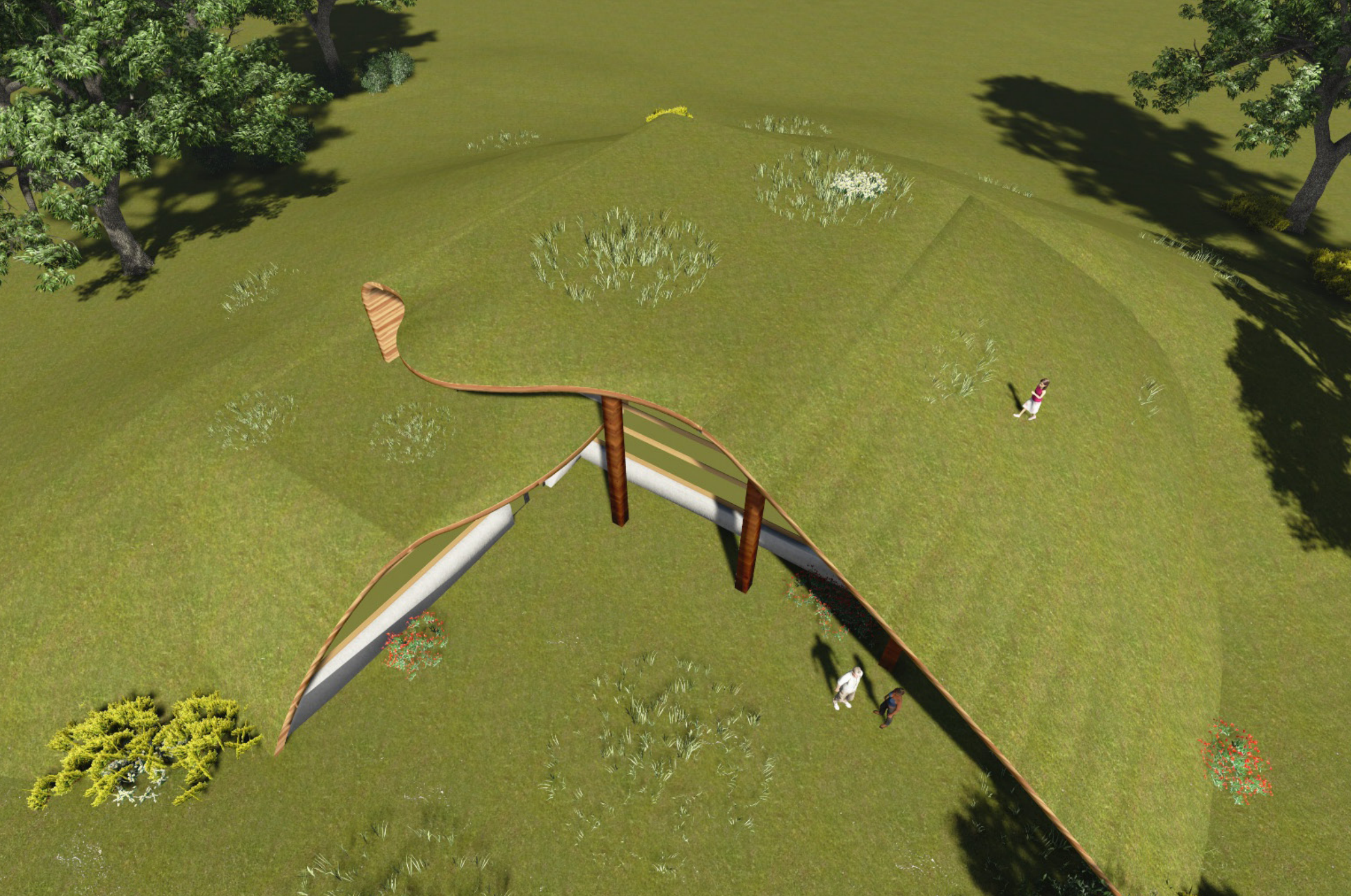


Figuur 5.7. Indeling van het strohuis.

In Figuur 5.8 is de strakke glazen façade goed te zien. Deze is gericht op het zuiden en zorgt voor veel lichtinval. Bovendien helpt de zon zo het gebouw te verwarmen. In Figuur 5.9 is goed te zien dat gebouw in een heuvel ligt. Er is bij wijze van spreken een kwart uit de heuvel gehakt waar de glazen façades zich bevinden. Aan de achterkant is een extra uitgang te vinden die leidt naar het achterterras (zie Figuur 5.10)



Figuur 5.8. De glazen façade is hier duidelijk te zien.



Figuur 5.9. Van bovenaf is goed te zien dat gebouw in een heuvel ligt.

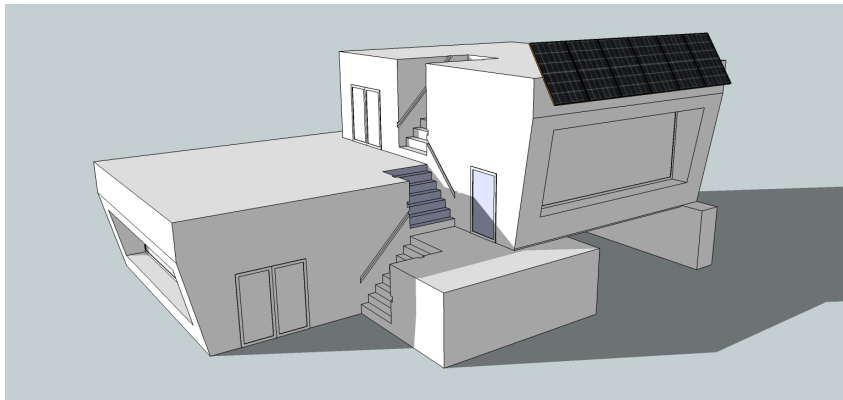




Figuur 5.10. Aan de achterzijde kan een extra uitgang gecreëerd worden zodat ook hier een terras kan worden gerealiseerd.

### 5.2.3 Passiefhuis

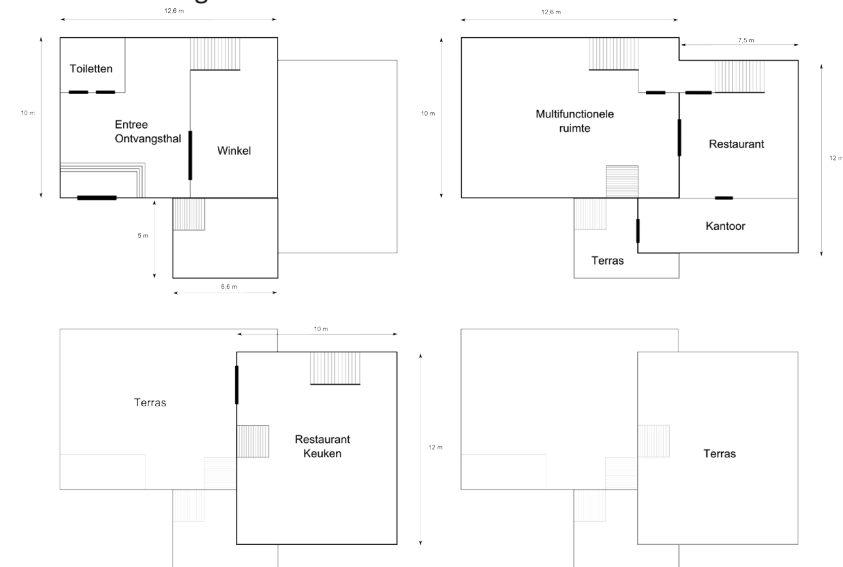
Als tegenhanger van de organische eerste twee concepten, is er een zeer strak derde structuurontwerp ontwikkeld (zie Figuur 5.11). Dit om ook de mogelijkheden van een dergelijk gebouw te laten zien. Dit concept bestaat uit een aantal gestapelde kubussen en heeft drie verdiepingen. Het gebouw is voorzien van hoogwaardige isolatie en zeer nauwkeurige kierdichting. Dit concept, volgens de principes van een Passiefhuis, zal de hoogste isolatiewaarde halen van alle concepten. De materialen die gebruikt worden, zullen vermoedelijk wel wat minder milieuvriendelijk zijn dan bij de andere ontwerpen. Wat wel een flink nadeel kan worden is dat het een stuk lastiger is om vrijwilligers te laten helpen bij de bouw.



Figuur 5.11. Passiefhuis.

Op de begane grond bevindt zich de entree en ontvangsthal, de winkel en de toiletten (zie Figuur 5.12). Door de trap omhoog te nemen komt men uit bij de multifunctionele ruimte, een deel van het restaurant en het kantoor. Net als bij het Earthship-concept kan ook hier het deel van

het restaurant bij de multifunctionele ruimte worden betrokken om zo één grote ruimte te creëren. Op de bovenste verdieping bevindt zich de rest van het restaurant en de keuken. Ook is er op elke verdieping een terras aanwezig.



Figuur 5.12. Indeling van het Passiefhuis.

Zoals te zien in Figuur 5.13 heeft het gebouw een aantal hele grote ramen. Er is gekozen voor slechts enkele grote ramen in plaats van vele kleine ramen, om zo de strakke lijnen vast te kunnen houden. De trappen naar de verschillende terrassen liggen in feite in het gebouw. Onder de rechter kubus is een open ruimte die kan dienen als opslag of om een zithoek te creëren in de schaduw (zie Figuur 5.14). Rondom de terrassen zullen uiteraard hekken of iets dergelijks geplaatst moeten worden zodat er niet van af gevallen kan worden (zie Figuur 5.15).



Figuur 5.13. De strakke lijnen zijn overal doorgevoerd, er is nergens een afronding.



Figuur 5.14. De ruimte onder de rechter kubus kan bijvoorbeeld dienen voor opslag.



Figuur 5.15. Rondom de terrassen op verschillende niveaus zullen nog hekken geplaatst moeten worden.

#### 5.2.4 Evaluatie

Nu er drie structuurontwerpen zijn gerealiseerd moet er een keuze gemaakt worden in welke verder uitgewerkt moet worden tot voorlopig ontwerp. Om te beginnen is daarom onderstaande evaluatiematrix gemaakt. Het is uiteraard lastig te schatten hoe alles daadwerkelijk uit zou pakken, maar het is een handig hulpmiddel om eens objectief alle structuurontwerpen te evalueren.

	Earthship	Strohuis	Passiefhuis
Energiezuinig	+	+	++
Past in omgeving	+	+	+-
Omgaan met ruimtes	+	++	++
Functies combineren	++	++	++
Milieuvriendelijke materialen	+	++	+-
Te bouwen door vrijwilligers	+	+	-
Kosten	++	+	+-

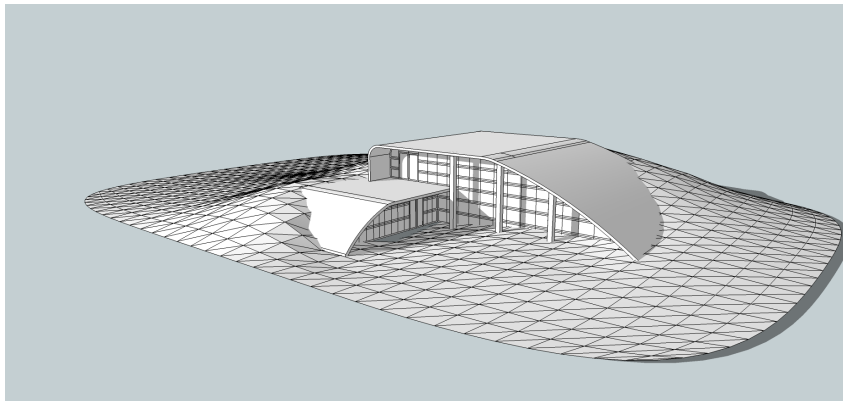
Nadat alle drie de concepten gepresenteerd zijn aan de leden van de verschillende natuurverenigingen, is er gekozen om het strohuis verder uit te werken. Dit concept werd door de aanwezigen bij de presentatie als meest geschikte ontwerp gezien, ook al waren er voorstanders voor elk van de concepten.

Waar men zich zorgen over maakte was de schaduw die in de zomer toch redelijk vroeg 's avonds op het Natuurhus valt. Hier zal verder onderzoek naar gedaan moeten worden. Verder was er de opmerking dat opbergruimtes nog niet zijn verwerkt in het concept, iets wat in het voorlopig ontwerp wel gebeurd moet zijn.



# Van structuurontwerp tot voorlopig ontwerp

Nu het duidelijk is welk structuurontwerp verder uitgewerkt dient te worden tot voorlopig ontwerp, namelijk het strohuis, kan er begonnen worden met het specificeren van dit ontwerp. Om het structuurontwerp verder uit te werken moeten er verschillende keuzes gemaakt worden. Keuzes die allen toegelicht zullen worden en voorzien zullen zijn van duidelijke argumentatie. Figuur 6.1 laat nog een keer het gekozen structuurontwerp zien.



Figuur 6.1. Het gekozen structuurontwerp.

## 6.1 Bouwen met stro

Wanneer er wordt gebouwd met strobalen is het belangrijk om eerst de kenmerken van stro te leren kennen. Wereldwijd wordt er al behoorlijk veel gebouwd met stro en het is dan ook aan te bevelen om de opgedane kennis van strobouw te gebruiken bij het realiseren van het Natuurhus. Stro is een restmateriaal dat bestaat uit droge stengels van graanplanten. Bij het binnenhalen van het graan blijven deze resten achter op het land. Hier worden ze meestal tot ronde strobalen opgerold. Er zijn verschillende soorten stro. Europees stro bestaat voor 80% uit tarwe- en gerstestro. Bouwen met stro is ontstaan in Nebraska. Het eerste gebouw van strobalen is waarschijnlijk een schoolgebouwtje in Bayard Nebraska in 1896. Dit was een zeer eenvoudig gebouw met één lokaal en een grasdak (Post, n.d.).

Kenmerken van stro (Post, n.d.)

- Strobalen zijn een restproduct uit de landbouw.
- Stro is volop beschikbaar en goedkoop.
- Stro is 100% biologisch.
- Een strowand bevat geen giftige stoffen.
- De hoeveelheid energie die nodig is voor winning, bewerking en transport van stro is zeer laag.
- De afmetingen van een strobaal zijn: breedte x hoogte x lengte: 480 x 360 x ca. 800 mm (variërende lengte), vaste persing.
- Het gewicht per baal bedraagt ca. 10-15kg.
- Het maken van stromuren is eenvoudig en veilig.
- Het bouwen met stro is zeer geschikt voor zelfbouw.
- Afhankelijk van het ontwerp is het mogelijk snel te bouwen.
- De warmte-isolatie is uitstekend.



- De akoestische eigenschappen zijn goed.
- De bepleisterde stobalen zijn uitstekend brandwerend.
- Tijdens de bouw moet er voorzichtig worden omgegaan met open vuur.
- Bij het slopen komen geen schadelijke stoffen vrij.

Volgens de Duitse norm moet een strobaal een soortelijk gewicht hebben van 80 tot 90 kg/m<sup>3</sup>. Omdat het gewicht bepalend is voor de dichtheid van de strobaal kan er door het gewicht vast te stellen een Rc-waarde worden toegekend aan de strobaal. Wanneer de strobaal zo wordt neergelegd dat hij 36 cm hoog is en 48 cm breed, heeft de strobaal een Rc-waarde van 8,0m<sup>2</sup>K/W (Post, n.d.).

De lengte van een strobaal kan variëren tussen de 30 cm en 140 cm, maar is meestal zo'n 80 tot 85 cm. Met deze lengte blijft het gewicht van de strobaal onder de 15 kg, zodat de strobaal eenvoudig hanteerbaar blijft.

### 6.1.1 Aandachtspunten

Een gebouw uit stobalen kan erg lang meegaan en goed bestand zijn tegen het weer. Er zijn wel enkele aandachtspunten waar rekening mee gehouden moet worden.

Het stro moet dusdanig worden afgewerkt dat het bestand is tegen regen. Tegelijkertijd moet de afwerking wel dampdoorlatend zijn, zodat het vocht uit de strobaal kan ontsnappen. Er zijn verschillende mogelijkheden voor de afwerking van stobalen. Er kan gekozen worden voor een lemlaag die direct op het stro wordt aangebracht, maar ook

een houten betimmering behoort tot de mogelijkheden. In het geval van een betimmering moet er wel altijd een ventilatiespouw worden geplaatst tussen de betimmering en het stro. Nog een andere optie is om de stobalen aan de binnenkant van een gemetselde muur te plaatsen. In dit geval wordt het stro gebruikt als alternatief isolatiemateriaal, in plaats van bijvoorbeeld glaswol. Ook hier zal een ventilatiespouw moeten worden aangebracht. Wanneer het stro tegen een gemetselde muur wordt geplaatst moet er wel zeer goed worden opgepast dat de spouw voldoende ventileert.

Ten slotte moet het dak genoeg overstek hebben zodat er geen regenwater van bovenaf het stro in kan lopen. Het is sterk afhankelijk van de situatie hoe veel het dak moet uitsteken. Er zijn voorbeelden waarbij het dak niet meer dan 10 cm uitsteekt, maar er zijn ook gebouwen waarbij het dak meer dan een meter uitsteekt. Als uitgangspunt wordt meestal een minimum van 60 cm aangehouden (Post, n.d.).

Tijdens de bouw van een gebouw van stobalen is stro erg gevoelig voor regen en vuur. Wanneer een strobaal vochtig is door bijvoorbeeld regen mag deze niet gebruikt worden. Omdat dit in het Nederlandse klimaat een behoorlijk probleem is, wordt er vaak voor gekozen om een (tijdelijk) dak te bouwen voordat er wordt begonnen met het bouwen met stobalen.

Bij de aansluitingen tussen de strowanden en kozijnen en dergelijke moet er voor gezorgd worden dat er geen tochtkieren ontstaan. Dit is bij strowanden iets lastiger dan bij conventionele wanden. Door de werking van de constructie is een kitlaag meestal niet genoeg. Ook moeten koudebruggen zoveel mogelijk worden vermeden. Dit moet uiteraard

in elk gebouw, maar bij gebouwen van stro is dit extra belangrijk, aangezien er op de plaats van een koudebrug inwendige condensatie kan ontstaan, waardoor het stro kan gaan rotten.

### 6.1.2 Stro als dragende constructie of niet?

Er kan op twee manieren gebouwd worden met stro. Het stro kan als dragende constructie gebruikt worden, of er kan een dragend frame gebouwd worden dat wordt opgevuld met strobalen. Wanneer het stro gebruikt wordt als een dragende constructie worden de strobalen gestapeld als dragende elementen. Zowel onder als boven de strobalen ligt een houten frame en door middel van trekbanden worden deze frames naar elkaar toe getrokken zodat het stro tussen de frames onder spanning komt te staan (zie Figuur 6.2). Op deze strowanden wordt vervolgens een dak geplaatst. Het extra gewicht van de dakconstructie zorgt voor meer stabiliteit. Hoe zwaarder het dak, hoe stabielere de constructie wordt. Tot een bepaald niveau uiteraard.



Figuur 6.2. Strobalenmuur (Post, n.d.).

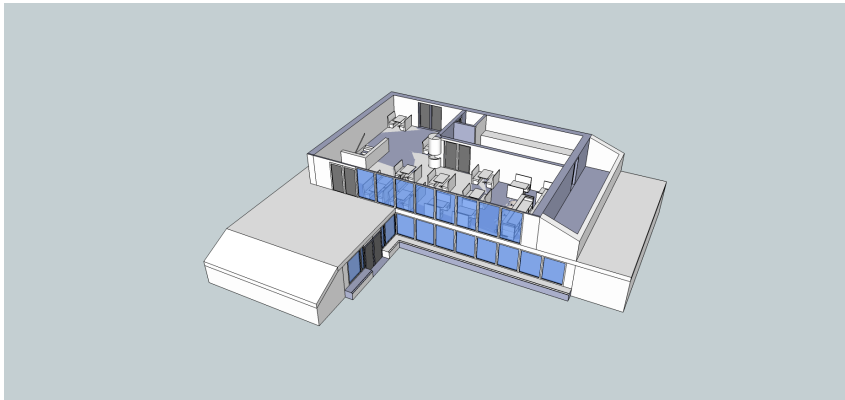
In Nederland wordt over het algemeen met niet-dragende strowanden gewerkt. Bij deze methode wordt een dragend frame gebouwd en dient het stro vooral als isolatie. De strobalen worden tussen het frame gestapeld en hebben verder geen enkele dragende functie. Er is een aantal voordelen bij deze manier van bouwen (Post, n.d.).

- Omdat het stro droog moet blijven tijdens de bouw moet er zo snel mogelijk een (tijdelijk) dak worden geplaatst waaronder gewerkt kan worden. Wanneer er begonnen wordt met het bouwen van een dragend skelet kan het dak snel geplaatst worden. Wanneer stro gebruikt wordt als dragende constructie is dit niet mogelijk.
- Dankzij het dragend skelet is er veel meer vrijheid om ramen en deuren te plaatsen.
- Wanneer er meerdere verdiepingen worden gebouwd is het eenvoudiger om te werken met een dragend skelet.
- De constructieberekeningen zijn veel eenvoudiger uit te voeren op een dragend skelet.

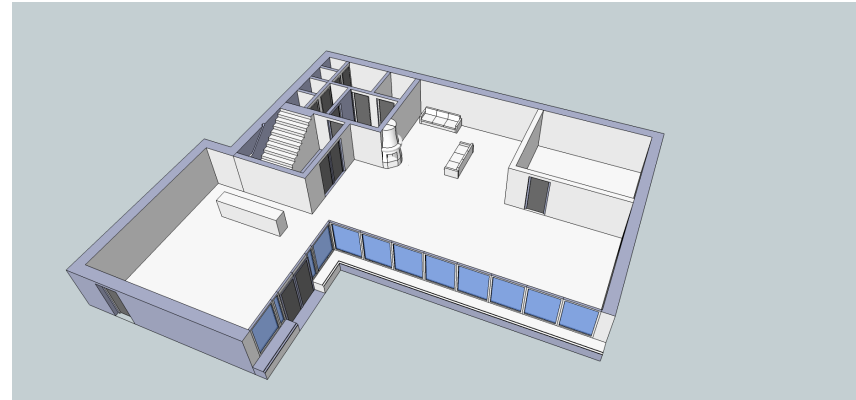
Omdat het bij het Natuurhus zeer belangrijk is dat het grotendeels door vrijwilligers gebouwd kan worden zal hier ook gebouwd worden met niet-dragende strowanden. Wanneer de dragende constructie eenmaal staat kunnen vrijwilligers de strowanden bouwen en dankzij de dragende constructie hoeft men niet bang te zijn dat er bij het verkeerd bouwen van de wanden gevaarlijke situaties kunnen ontstaan.

## 6.2 Constructie

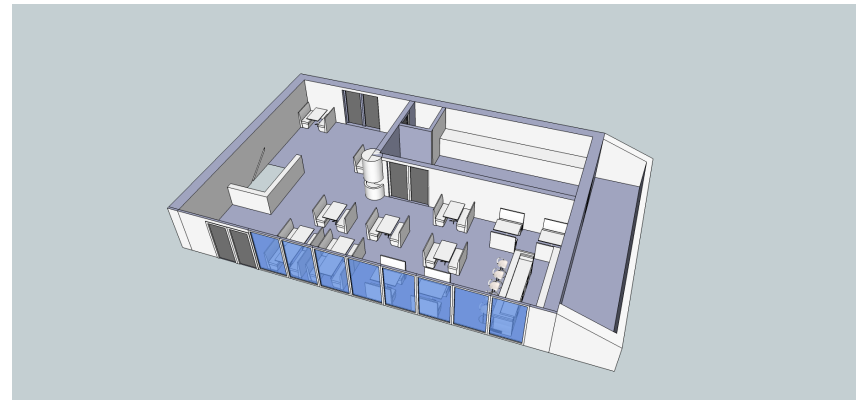
Het Natuurhus krijgt van buiten een zeer organische uitstraling en zal grotendeels opgaan in een heuvel in het Hagenpark. De constructie zelf is echter een stuk strakker en bestaat uit meer kubusvormige ruimtes. Op deze manier kunnen kosten worden bespaard en is het Natuurhus een stuk eenvoudiger te bouwen. Het Natuurhus zal overeind worden gehouden dankzij een dragend frame, dat wordt opgevuld door strowanden. De constructie is relatief simpel en daardoor is het ook mogelijk voor vrijwilligers om mee te helpen bij de bouw. Het 3D-model is gemaakt in SketchUp. In Figuur 6.3 is de constructie te zien. In Figuur 6.4 en Figuur 6.5 zijn de afzonderlijke verdiepingen te zien.



Figuur 6.3. De constructie van het Natuurhus, gemaakt in SketchUp.



Figuur 6.4. De begane grond van de constructie van het Natuurhus.

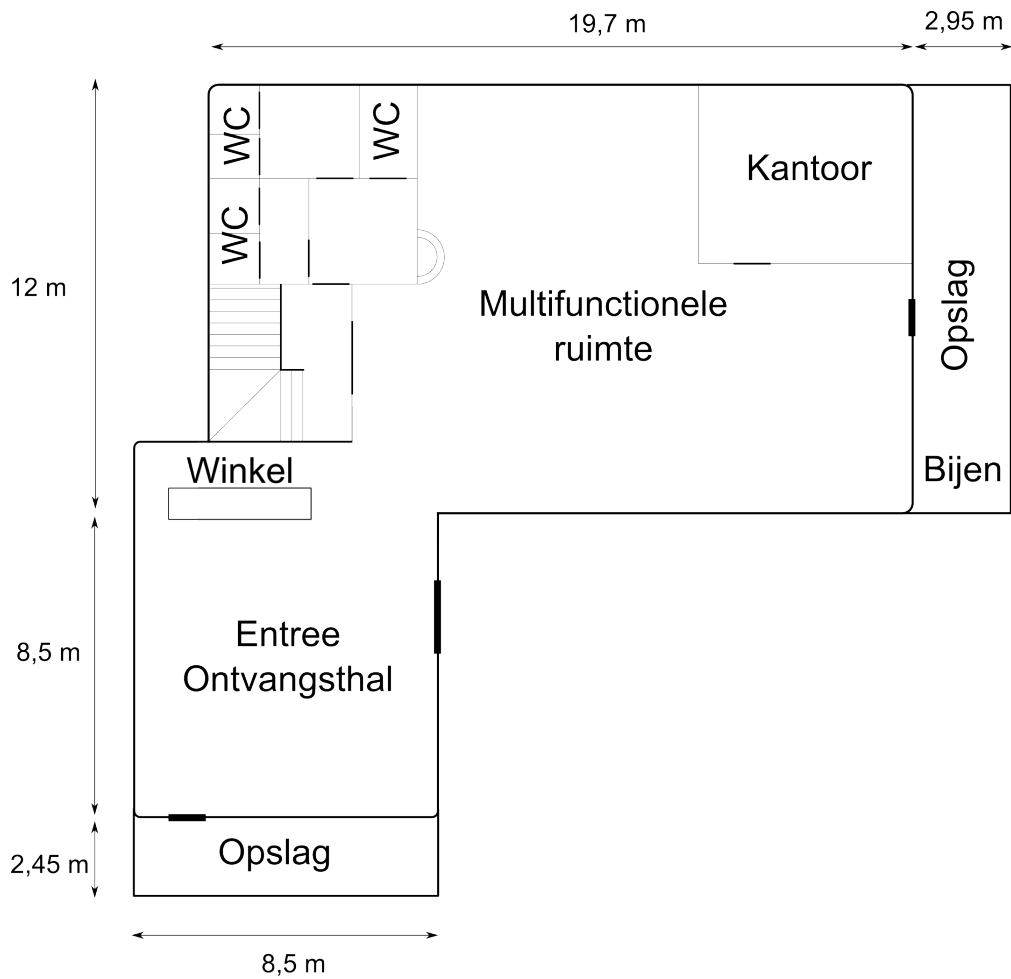


Figuur 6.5. De bovenverdieping van de constructie van het Natuurhus.

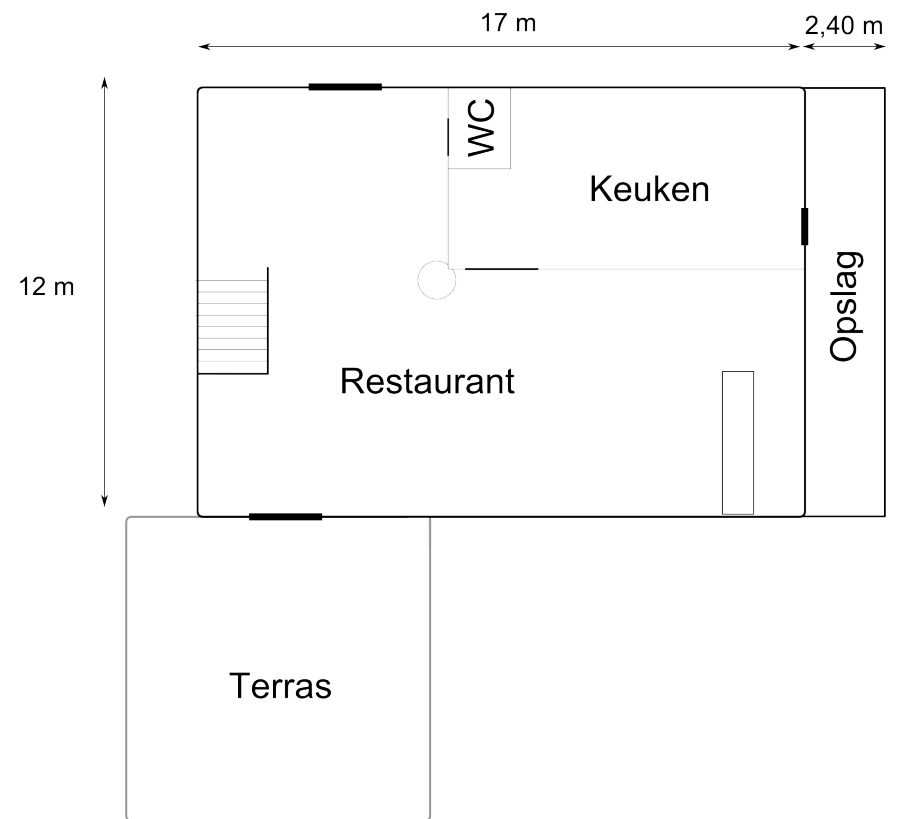
### 6.2.1 Indeling

De indeling van het Natuurhus was in het structuurontwerp nog niet optimaal. Zo was de trap naar de eerste verdieping achterin de hoek te vinden, waardoor er door het hele gebouw gelopen moest worden om de bovenverdieping te kunnen bereiken.

De trap zit nu vlakbij de ingang van het Natuurhus en bovendien zijn alle ruimtes specifiek ingedeeld. De begane grond bestaat voor het grootste deel uit een grote, L-vormige ruimte, waar ook plek voor een openhaard is. Maar er is ook ruimte voor het kantoor, de winkel, de entree en ontvangsthal en de toiletten. De bovenverdieping is nog steeds bestemd voor het restaurant en de keuken en ook in het restaurant is een openhaard geplaatst. Met de trap naar beneden kunnen de toiletten worden bereikt. Voor invaliden zit er op beide etages een toilet. De afmetingen van de toiletten, gangen en deuren zijn volgens de regels van het Bouwbesluit ([www.bouwbesluitonline.nl](http://www.bouwbesluitonline.nl), 07-01-2013). In de schuinde delen van het Natuurhus kunnen opslagruimtes worden gecreëerd. Alle opslagruimtes hebben een minimale hoogte van 1,50 m, maar beginnen allemaal op 2,60 m. Op de begane grond kan aan de zuidwestzijde ruimte worden gemaakt voor de bijen van de bijenvereniging T' Iemenschoer. Voor de volledige indeling, zie Figuur 6.6.

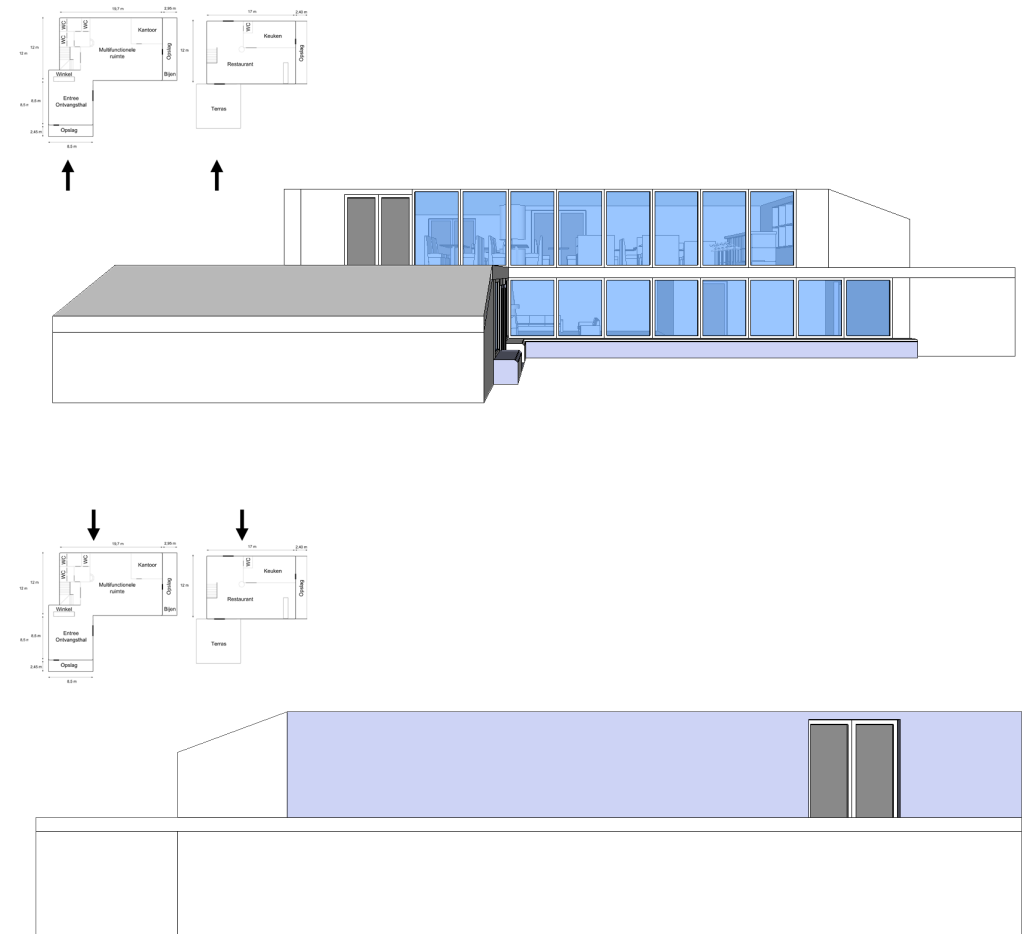


Figuur 6.6. Indeling Natuurhus.

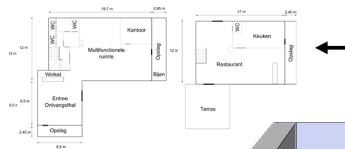
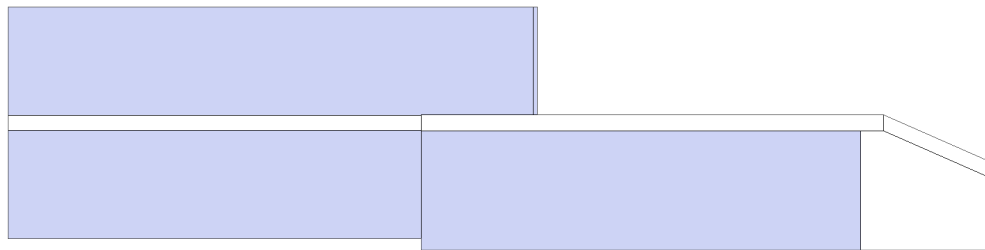


## 6.2.2 Aanzichten

Om een beter beeld te krijgen van de constructie van het Natuurhus zijn er afbeeldingen van de verschillende aanzichten van het Natuurhus gemaakt (zie Figuur 6.7). Hier is nogmaals te zien dat de constructie bestaat uit strakke lijnen en rechte vormen. Niet te vergelijken met de uistraling die het Natuurhus van buitenaf heeft.

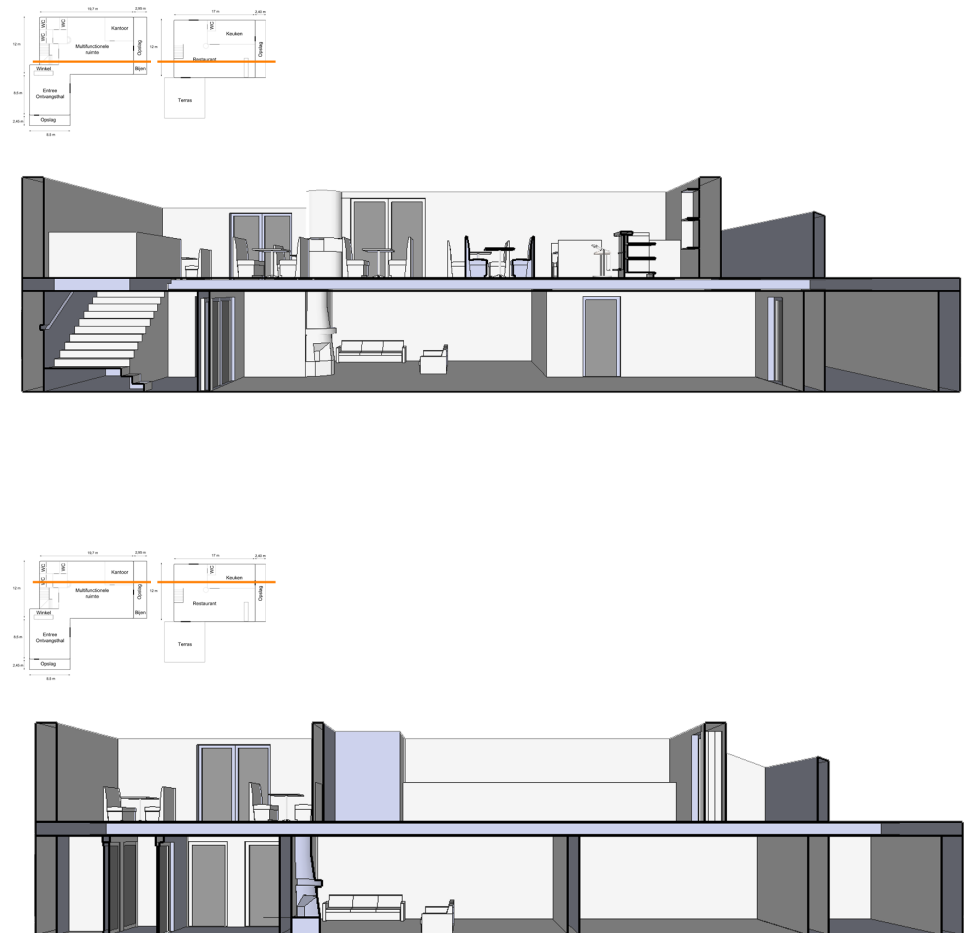


Figuur 6.7. De verschillende aanzichten van de constructie van het Natuurhus.



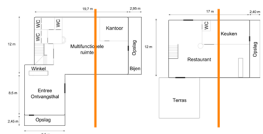
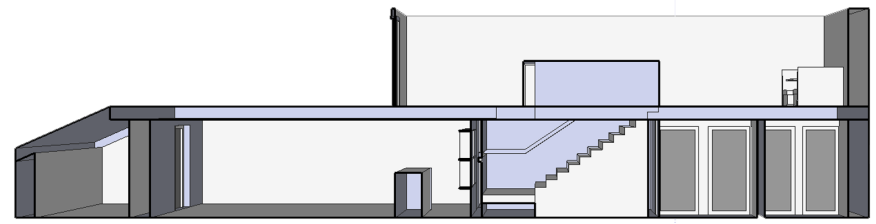
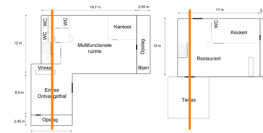
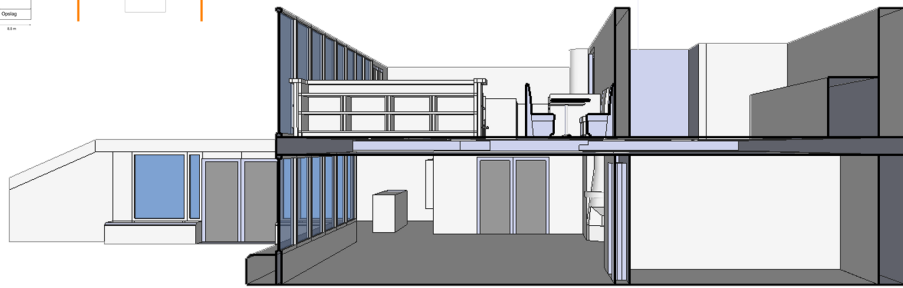
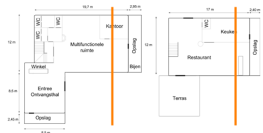
### 6.2.3 Doorsneden

Op verschillende punten in de constructie zijn doorsneden gemaakt om een betere impressie van de binnenkant van het Natuurhus te krijgen (zie Figuur 6.8). Een deel van de inrichting is te zien om zo een goed idee van de schaal van het Natuurhus te krijgen. In deze doorsneden is ook duidelijk te zien dat de twee openhaarden recht boven elkaar zitten. Op deze manier is er slechts één schoorsteen nodig. Dit geeft een rustigere uitstraling als er van buitenaf naar gekeken wordt.



Figuur 6.8. Dwarsdoorsneden van de constructie van het Natuurhus.



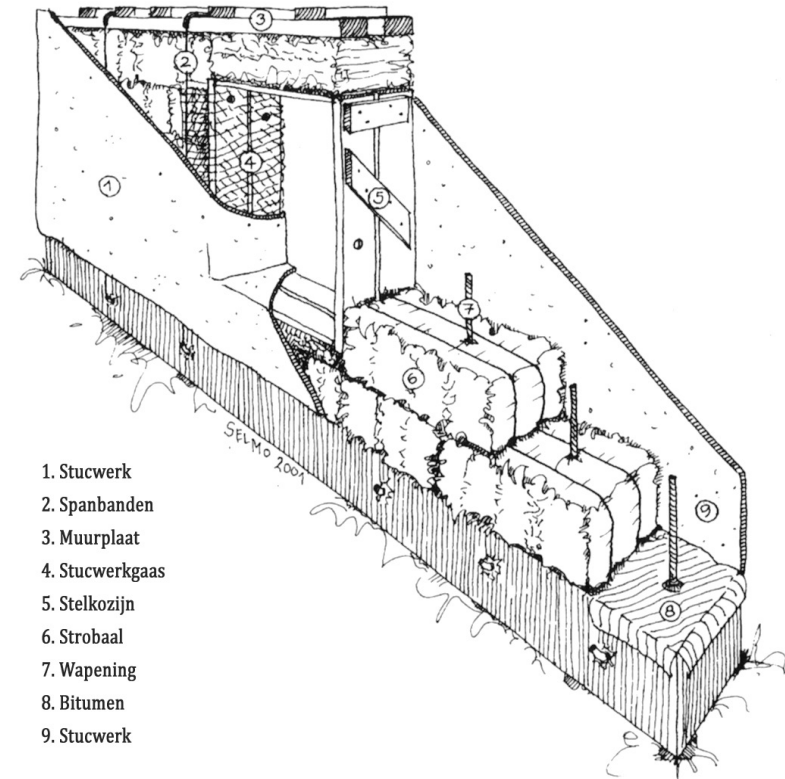


## 6.3 Materialen

Om een goed beeld te krijgen van de energieprestatie van het Natuurhus, dient er gekeken te worden naar het materiaalgebruik, de oppervlaktes en de isolatiewaarde van alle muren, daken, vloeren, ramen en deuren. Als dit allemaal bekend is, kunnen de gegevens ingevoerd worden in het computerprogramma ENORM, software van DGMR ([www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl), 10-01-2013) voor het maken van EPC-berekeningen, om een duidelijk beeld van de energieprestatie van het Natuurhus te krijgen.

### 6.3.1 Strowanden en afwerking

De strowanden bestaan uit strobalen van 48 cm dik. Strobalen kunnen ook op hun kant worden gelegd, waardoor de dikte 36 cm is, maar omdat het Natuurhus zo energiezuinig mogelijk dient te zijn, wordt er gekozen voor de dikte van 48 cm. Voor de afwerking kan er gekozen worden voor een pleisterlaag, of voor een houten bekisting. Het voordeel van een houten afwerking is dat er tussen het hout glas geplaatst kan worden waardoor het stro zichtbaar is. Dit kan interessant zijn om het verhaal van het gebouw te vertellen. Een voordeel van een pleisterlaag is dat het eenvoudiger kan worden gerealiseerd. Vrijwilligers zullen hier aan mee kunnen helpen, iets wat bij de houten bekisting iets lastiger is omdat hier meer expertise bij komt kijken. Bij het Natuurhus zal de buitenkant echter wel worden afgewerkt met hout. Dit geeft een natuurlijke uitstraling. De binnenzijde zal wel worden afgewerkt met een pleisterlaag. De vormen aan de binnenzijde kunnen op deze manier meer organisch worden gehouden met minder strakke lijnen. Aan de buitenkant van de strowanden met een houtafwerking dient ook een spouw te worden aangebracht. Het is zeer belangrijk dat de spouw voldoende ventileert, anders kan het stro gaan rotten.



Figuur 6.9. Mogelijke samenstelling van een strowand ([www.wim-architectuur.nl](http://www.wim-architectuur.nl), 21-01-2013).

De stobalen moeten bij elkaar gehouden worden en eerder werd dit gedaan door middel van pinnen die door de stobalen gestoken werden (zie Figuur 6.9). Tegenwoordig worden er echter latten aan weerszijden van de stobalen gebonden (Post, n.d.). Wanneer dit klaar is wordt de pleisterlaag aan beide kanten aangebracht. In Nederland wordt er gewerkt met leemstuc aan de binnenkant. Dankzij de vochtregulerende en dampdoorlatende eigenschappen van de pleisterlaag wordt het binnenklimaat hierdoor positief beïnvloed.

#### Isolatiewaarde strowand

	Dikte	$\lambda$ (W/mk)	$d/\lambda$ (m <sup>2</sup> K/W)
Warmteovergangswaarde, binnen			0,13
Pleisterlaag binnen	0,025	0,80	0,031
Latten	0,020	0,13	0,150
Stobalen	0,48	0,060	8,000
Latten	0,020	0,13	0,150
Spouw	0,050		0,18
planken	0,025	0,13	0,192
Warmteovergangswaarde, buiten			0,040
<b>Totale Rc-waarde</b>			<b>8,873</b>

Waardes volgens Minke, G (2005).

#### 6.3.2 Strowanden en damwand

Tegen een deel van het gebouw worden grote hoeveelheden aarde aangebracht en dit brengt een behoorlijk gewicht met zich mee. Als oplossing om dit gewicht tegen te kunnen houden, wordt er gekozen voor damwanden (zie Figuur 6.10). Dit zijn stalen of houten wanden die normaal gebruikt worden langs kades, oevers en bouwputten en worden ingezet zodat de aarde langs de kades en oevers niet het water in valt.

Deze wanden hebben dus een behoorlijk gewicht te houden en zijn daarom uitermate geschikt voor het Natuurhus, zeker omdat dergelijke wanden ook nog eens goedkoop zijn. Aan de binnenzijde kunnen dan vervolgens weer stobalen geplaatst worden en deze kunnen op dezelfde manier als bij de andere wanden worden afgewerkt. Wel dient ook hier een spouw te worden aangebracht tussen de damwand en de strowand. De aarde die tegen deze wanden aanligt, heeft natuurlijk een thermische massa, wat voor een extra isolerend effect zorgt. Dit effect wordt echter niet meegenomen in de berekeningen in ENORM, omdat het hier specifiek om de constructie gaat.



Figuur 6.10. Damwanden (www.zandsputten.nl, 10-01-2013).

### Isolatiewaarde strowand met damwand

	Dikte	$\lambda$ (W/mk)	$d/\lambda$ (m <sup>2</sup> K/W)
Warmteovergangswaarde, binnen			0,13
Pleisterlaag binnen	0,025	0,80	0,031
Latten	0,020	0,13	0,150
Strobalen	0,48	0,060	8,000
Latten	0,020	0,13	0,150
Kalkpleisterlaag	0,025	0,87	0,020
Spouw	0,050		0,18
Stalen damwand	0,01	50	0,0002
Warmteovergangswaarde, buiten			0,040
<b>Totale Rc-waarde</b>			<b>8,701</b>

Waardes volgens Minke, G (2005) en ekbouwadvies ([www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp](http://www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp), 14-01-2013)

### 6.3.3 Fundering en vloer

Het Natuurhus zal naast de Almelose Aa worden gerealiseerd. Er is nog weinig bekend over de bodemsamenstelling hier en grondboringen zullen nog moeten worden uitgevoerd. Wel kan er vanuit gegaan worden dat de bodem niet hard genoeg is om bijvoorbeeld te kiezen voor een fundering op staal, waarbij het gebouw rechtstreeks op de ondergrond rust. Bij het Natuurhus mag er vanuit worden gegaan dat een betonnen fundering gewenst is. Deze zal uiteraard goed geïsoleerd worden. De vloer van het Natuurhus zal vervolgens hierop bevestigd worden. Omdat het Natuurhus een zeer milieuvriendelijk en energiezuinig gebouw dient te worden, dient de Rc-waarde van de fundering en vloer hoog te zijn. De Rc-waarde van de strowanden gaat de 8 ruim voorbij, dus er mag vanuit gegaan worden dat de Rc-waarde van de vloer ook in ieder geval 8 moet zijn. Een mogelijk type vloer is een kanaalplaatvloer.

Deze bestaat uit vlakke elementen, gemaakt van prefab beton. Er zijn holle kanalen aangebracht in deze platen, zodat ze lichter zijn zonder dat er veel sterkte verloren gaat. Dit type vloer wordt veel toegepast in woningbouw en utiliteitsbouw. Onder de kanaalplaat wordt een laag isolatiemateriaal aangebracht. Er zal een houten vloer op de betonvloer worden gelegd, maar eerst dient er een ondervloer op het beton te worden aangebracht. Deze is vaak van spaanplaat. Hierop wordt dan de houten vloer gelegd.

### 6.3.4 Stalen frame

Omdat er gekozen wordt voor een niet-dragende strowand, moet er een frame worden gebouwd dat de gehele constructie draagt. Er kan gekozen worden voor een houten frame of een stalen frame. Omdat de indeling in het Natuurhus grotendeels open ruimtes betreft, zijn er grote overspanningen van vaak meer dan 10 meter. Om deze reden wordt er gekozen voor een stalen frame (zie Figuur 6.11). Met een stalen frame kunnen grotere overspanningen gerealiseerd worden en bovendien kan het frame dunner gehouden worden dan wanneer er met hout gewerkt wordt. Het stalen frame wordt geprefabriceerd en vervolgens naar de bouwlocatie gebracht. Hier kan het frame dan snel en eenvoudig in elkaar gezet worden. Een voordeel hiervan is dat er in zeer korte tijd een bouwskelet wordt gebouwd, waardoor er ook snel een (tijdelijke) dakconstructie gebouwd kan worden waaronder de strobalen opgeslagen worden tijdens de bouw.



Figuur 6.11. Voorbeeld van een stalen frame (www.ville.pointe-claire.qc.ca, 30-01-2013)

### 6.3.5 Groendak

De dakconstructie bestaat uit stalen balken die onderdeel zijn van het eerder beschreven stalen frame. Op deze balken worden stalen dwarsbalken gemonteerd en hierop worden weer dakplaten gemonteerd. Op de dakplaten wordt vervolgens het isolatiemateriaal bevestigd en het geheel wordt vervolgens afgewerkt met dakbedekking. Op deze manier wordt een zogenaamd “warm dak” gecreëerd. Dit is een dak waarbij de isolatie aan de buitenzijde van de constructie zit, waardoor de dakconstructie samen met het gebouw opgewarmd. Het voordeel hiervan is dat het dak minder onderhevig is aan

temperatuurschommelingen buiten. Dit helpt uitzetten en krimpen van de constructie voorkomen. (www.deskundig-isoleren.be, 14-01-2013)

Bovenop deze dakconstructie wordt het groendak aangebracht. In het geval van het Natuurhus gaat het om een intensief groendak, dit is een groendak waarop gelopen kan worden. Dit dak bestaat uit een substraatlaag van minimaal 30 cm waarop de beplanting groeit. Dit brengt een behoorlijk gewicht met zich mee van minimaal 200 kg/m<sup>2</sup>. (www.groendak.info, 14-01-2013) Een groendak isoleert niet erg en het is dan ook een misverstand dat een groendak er voor zorgt dat er minder verwarmt hoeft te worden. Dit effect is minimaal, de Rc-waarde van een 30 cm dik groendak is slechts 0,15 (www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp, 14-01-2013). Wel zorgt een groendak er voor dat er in de zomer minder gekoeld hoeft te worden, dankzij verdamping. Voor de Rc-waarde geldt hetzelfde als voor de vloer. Omdat de wanden een Rc-waarde van meer dan 8 hebben, dient het dak ook minimaal een Rc-waarde van 8 te hebben.

### 6.3.6 Ramen

Er wordt een grote hoeveelheid glas in het Natuurhus verwerkt. Het is dan ook van groot belang dat er voor glas gekozen wordt met een hoge isolatiewaarde. Om die reden wordt er gekozen voor driedubbel glas. Een raam met driedubbel glas kan tegenwoordig al een U-waarde van 0,5 W/m<sup>2</sup>K en een ZTA-waarde van 0,5 hebben (www.overglas.nl, 15-01-2013). Ter vergelijking: Een raam met enkel glas heeft een U-waarde van 5,8 W/m<sup>2</sup>K en een raam met dubbel glas een U-waarde van 2,8 W/m<sup>2</sup>K. De kozijnen zullen van hout zijn om zo de natuurlijke uitstraling van het Natuurhus te versterken.

### 6.3.7 Deuren

De buitendeuren zorgen voor de ingang naar het Natuurhus en moeten daarom uitnodigend zijn. Om deze reden wordt er gekozen voor deuren met een groot raam erin, waardoor er van buitenaf al een goed beeld van de binnenruimte wordt gekregen. Bovendien is het vanuit een esthetisch oogpunt beter om grotendeels glazen deuren te nemen, omdat deze deuren zich bevinden in de grote glazen façades. In deze deuren zal hetzelfde glas gebruikt worden als in de ramen. De rest van de deur is van hout zodat de deuren goed aansluiten bij de ramen en op deze bijna manier in de façade opgaan. Omdat de deuren uit hetzelfde materiaal bestaan als de ramen wordt de U-waarde van de ramen overgenomen, namelijk  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Bij de binnendeuren is het juist van belang dat deze niet transparant zijn. De deuren leiden naar het kantoor, de hal met de toiletten en de keuken. Deze deuren zullen van massief hout zijn en hebben een U-waarde van  $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  (McMullan, 2007). Deze deuren hoeven niet meegenomen te worden in de berekening, aangezien de ruimtes aan beide kanten van de binnendeuren verwarmd worden

### 6.3.8 Vloer en plafond

Er gaat geen warmte verloren via een vloer als de ruimte hieronder normaal verwarmd wordt. De vloer van de eerste verdieping, en dus het plafond van de begane grond, hoeft daarom niet meegenomen te worden in de berekening. Voor deze vloer van de eerste verdieping kan bijvoorbeeld worden gekozen voor de dragende gelijkde houten vloeren van De Groot Vroomshoop ([www.gelijkde-houtconstructies.nl](http://www.gelijkde-houtconstructies.nl), 14-01-2013).

nl, 14-01-2013). Deze vloeren worden geprefabriceerd, en passen goed in de Cradle to Cradle gedachte. Bovendien zijn de vloeren licht van gewicht en zeer brandwerend. Dankzij de natuurlijke uitstraling passen deze vloeren bovendien goed in het ontwerp van het Natuurhus.

### 6.3.9 Binnenmuren

Voor de binnenmuren geldt hetzelfde als voor de vloer van de eerste verdieping. Omdat de ruimtes achter de binnenmuren ook verwarmd worden hoeven deze muren niet meegenomen te worden in de berekening. De binnenmuren bestaan ook uit gestapelde stobalen, maar zullen dunner zijn dan de buitenmuren, omdat de isolatiewaarde hier niet zo van belang is. Er zullen daarom halve stobalen worden gebruikt, met een dikte van 24 cm. Ook deze muren zullen weer niet dragend zijn, waardoor ook hier een stalen frame gebruikt moet worden voor de dragende constructie.

### 6.3.10 Alle waarden

De materialen die gebruikt zullen worden zijn bekend, alsook de isolatiewaarden. Hieronder is een overzicht te zien. In dit overzicht zijn ook de oppervlaktes per scheidingsvlak weergegeven. Deze zijn gemeten via SketchUp.

Scheidingsvlakken		Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Rc-waarde (m <sup>2</sup> K/W)	U-waarde (W/m <sup>2</sup> K)
Dak	Dicht	401,74	8,0	
	Transparant (glas)	5,59		0,5
Gevel Zuid	Dicht	54,90	8,87	
	Transparant (glas)	64,19		0,5
Gevel Noord	Dicht	123,97	8,70	
	Transparant (glas)	5,46		0,5
Gevel Oost	Dicht	71,53	8,70	
	Transparant (glas)	13,74		0,5
Gevel West	Dicht	98,19	8,70	
	Transparant (glas)	-		
Vloer	Dicht	383,25	8,0	

## 6.4 Energievoorziening

Nu de isolatiewaardes bekend zijn moeten ook de energievoorzieningen worden vastgesteld en worden ingevuld in ENORM. Een belangrijk aspect van het Natuurhus is dat het grotendeels zelfvoorzienend moet zijn. Naast de materiaalkeuzes zijn de keuzes voor de energievoorzieningen dus ook zeer belangrijk. Om de juiste energievoorzieningen voor het Natuurhus te selecteren, wordt er gebruik gemaakt van de kennis van Cogas, een bedrijf uit Almelo met veel ervaring in de energiesector ([www.cogas.nl](http://www.cogas.nl), 21-01-2013).

### 6.4.1 Verwarming, koeling en ventilatie

Na overleg met Jerry Palmers en Jan Wieringa, beiden werkzaam bij Cogas, lijkt de beste oplossing voor het verkrijgen van een comfortabel binnenklimaat en om minder fossiele brandstof te gebruiken dan bij een traditionele installatie, om te kiezen voor gebalanceerde ventilatie met mechanische toe- en afvoer, inclusief warmteterugwinning. De toegevoerde lucht kan vooraf worden gekoeld of verwarmd door middel van een warmtepomp in combinatie met een HR ketel.

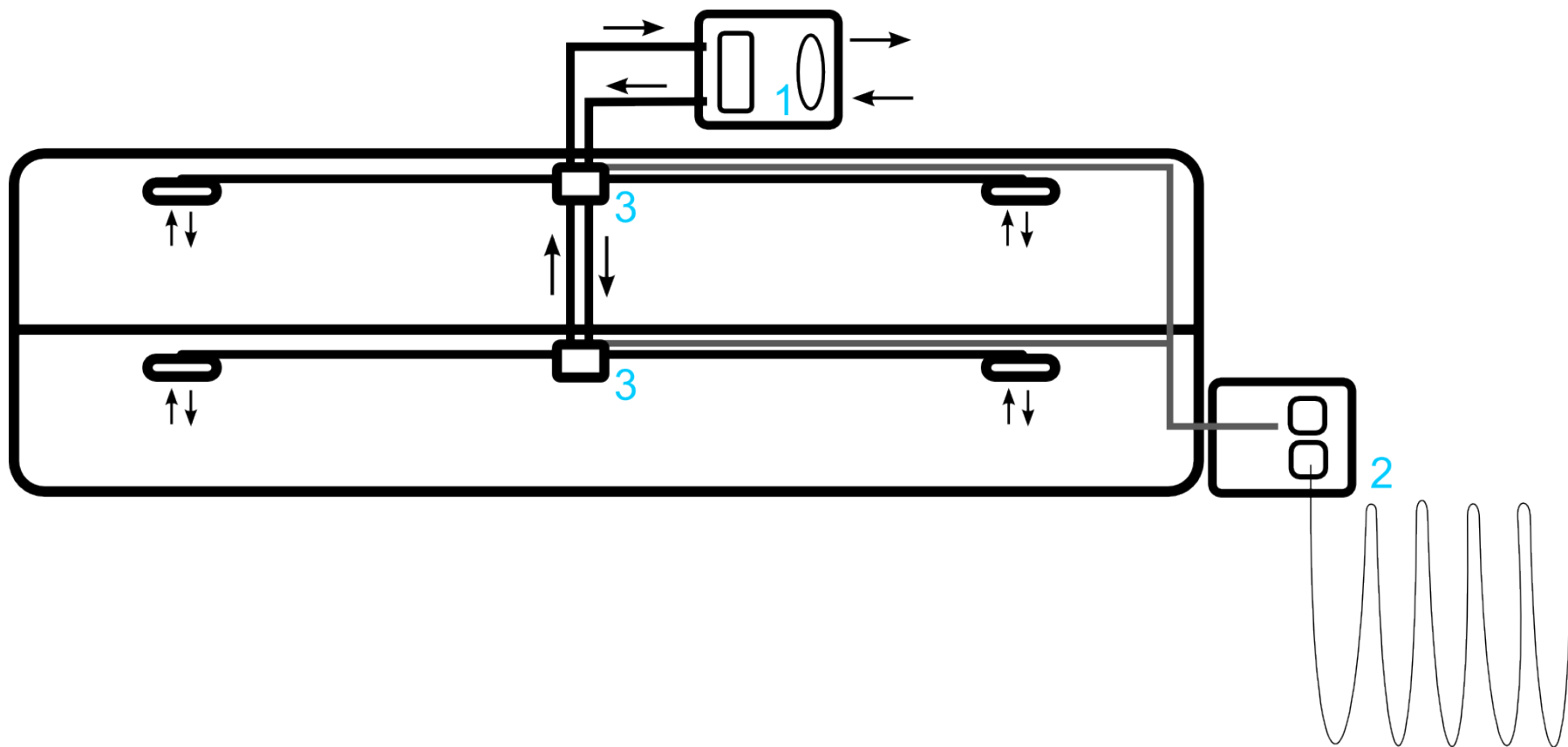
De warmtepomp heeft een aantal warmtelussen diep in de grond, meestal tussen de 50 en 150 meter diep. Deze warmtelussen zijn gevuld met een water/glycol mengsel, dat door middel van de warmtepomp wordt rondgepompt. Dit mengsel onttrekt warmte uit de aarde en de warmte van dit mengsel wordt doorgegeven aan de verwarming in het Natuurhus. Bij terugkomst naar de warmtepomp is het mengsel weer afgekoeld en wordt het teruggepompt naar de warmtelussen. In de zomer kan dit systeem ook gebruikt worden om te koelen. In dat geval

onttrekt het water/glycol mengsel juist warmte uit het Natuurhus.

Een warmtepomp is een energiezuinig systeem. Om het Natuurhus echter snel op te warmen wanneer de temperatuur laag is, zal er ook een meer traditionele HR ketel worden gebruikt. Hier kan vervolgens ook een boiler op aangesloten worden om het Natuurhus van warm water te voorzien. Na overleg is gekozen voor een warmtepomp van 8 kW in combinatie met een HR ketel van 15 kW. Dit kan worden geplaatst in de opslagruimte op de begane grond aan de oostzijde. Hier kan een soort machinekamer gerealiseerd worden.

Een energievoorziening bestaande uit gebalanceerde ventilatie met mechanische toe- en afvoer, inclusief warmteterugwinning, waarbij de toegevoegde lucht vooraf gekoeld of verwarmd kan worden door middel van een warmtepomp in combinatie met een HR ketel, is een beproefde methode. Een systeem als dit is zeer robuust en vergt weinig onderhoud. Het systeem kan in één van de opslagruimtes van het Natuurhus worden opgeslagen. In Figuur 6.12 is een schematische weergave van dit systeem te zien. Lucht van buitenaf wordt aangezogen (1). Deze lucht wordt voorverwarmd door de warme lucht die wordt afgevoerd. De aangezogen lucht wordt vervolgens verwarmd, of in de zomer gekoeld, tot de gewenste temperatuur dankzij de warmtepomp (2). Voor verwarming wordt bovendien de HR-ketel ingeschakeld wanneer de warmtepomp onvoldoende vermogen kan leveren. Het verwarmen of koelen tot de juiste temperatuur gebeurt per verdieping afzonderlijk (3), aangezien de gewenste verwarming of koeling kan verschillen per verdieping.





Figuur 6.12. Schematische weergave van de energievoorziening.

Een dergelijk systeem maakt echter wel gebruik van fossiele brandstoffen en is lang niet energieneutraal. Wanneer na verder onderzoek blijkt dat koeling wellicht niet nodig is, kan er ook nog gekozen worden voor een pelletkachel. Deze maakt gebruik van goedkope brandstof en wordt gezien als CO<sub>2</sub> neutraal (de CO<sub>2</sub> die bij verbranding vrijkomt, is in een eerder stadium opgenomen door de boom). Wanneer er uiteindelijk gekozen wordt voor een pelletkachel, is het wellicht interessant om de verrichtingen van Jalo Biopellets Twente in de gaten te houden. Deze fabriek, die op dit moment in oprichting is in Almelo, is van plan om pellets uit lokaal maaisel, snoei- en stamhout te maken. Op deze manier zou het Natuurhus dus verwarmd kunnen worden door lokale biomassa.

Nog een andere optie zijn wellicht de Fiwihex systemen van Vison 4 energy ([www.vision4energy.com](http://www.vision4energy.com), 23-01-2013). Dit zijn hoogwaardige warmtewisselaars tussen water en lucht en kunnen zowel verwarmen als koelen. Met deze systemen zijn flinke energiebesparingen mogelijk. Mensen ervaren de binnentemperatuur sneller als comfortabel wanneer men directe invloed heeft op de binnentemperatuur, door bijvoorbeeld ramen te kunnen openen of de thermostaat aan te kunnen passen. Door gebruikers van het Natuurhus de mogelijkheid te geven om ramen te kunnen openen en de thermostaat aan te kunnen passen, zal er in het algemeen minder gekoeld en verwarmd hoeven te worden, wat weer energie scheelt.

#### **6.4.2 Elektrische energie**

De benodigde elektrische energie kan deels door PV-panelen worden gewonnen. Er is echter beperkte ruimte op het Natuurhus, aangezien er over het dak gelopen kan worden en het niet gewenst is dat mensen bij

de PV-panelen kunnen. Daarnaast is eerder al gebleken dat de schaduw van de flats aan de westzijde van het Natuurhus 's avonds vroeg al over het Natuurhus valt. Dit betekent dat er minder elektrische energie gewonnen kan worden dan wanneer de PV-panelen de gehele dag in de zon staan. Het zal lastig worden om alle benodigde elektrische energie te verkrijgen via PV-panelen, dus zal een deel van de elektrische energie op andere manieren verkregen moeten worden.

Eén van de mogelijke oplossingen is om een windturbine bij het Natuurhus te plaatsen, maar dit heeft een aantal nadelen. Zo zorgen windturbines geregeld voor geluidsoverlast en bovendien ziet een windturbine in het Hagenpark er niet erg mooi uit.

In overleg met Jerry Palmers en Jan Wieringa is besloten dat er enkel gebruik zal worden gemaakt van PV-panelen en dat de rest van de benodigde elektrische energie via het net wordt binnengehaald. Wel dient er voor gezorgd te worden dat er zo min mogelijk elektrische energie nodig is in het Natuurhus. Zo zal er bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van LED verlichting. Dit verbruikt veel minder energie dan gloei- of spaarlampen en er komt bovendien veel minder warmte vrij, wat er weer voor zorgt dat er minder koeling in het Natuurhus nodig is.

Al met al zijn de gekozen energievoorzieningen niet energieneutraal. Dit terwijl het wel een belangrijke eis was dat het Natuurhus voor zover mogelijk energieneutraal moest zijn. In overleg met Cogas is er gekozen voor de hierboven beschreven voorziening, omdat dit een beproefd systeem is dat zeer robuust is. Wanneer er in een later stadium meer duidelijkheid is over de exacte invulling van het Natuurhus en er meer data voor handen is, kan er worden onderzocht of een nog duurzamere

oplossing haalbaar is, door bijvoorbeeld een pelletkachel te installeren. Op dit moment kunnen daar echter nog geen concrete uitspraken over gedaan worden en is het verstandiger om nu te kiezen voor het hierboven beschreven systeem.

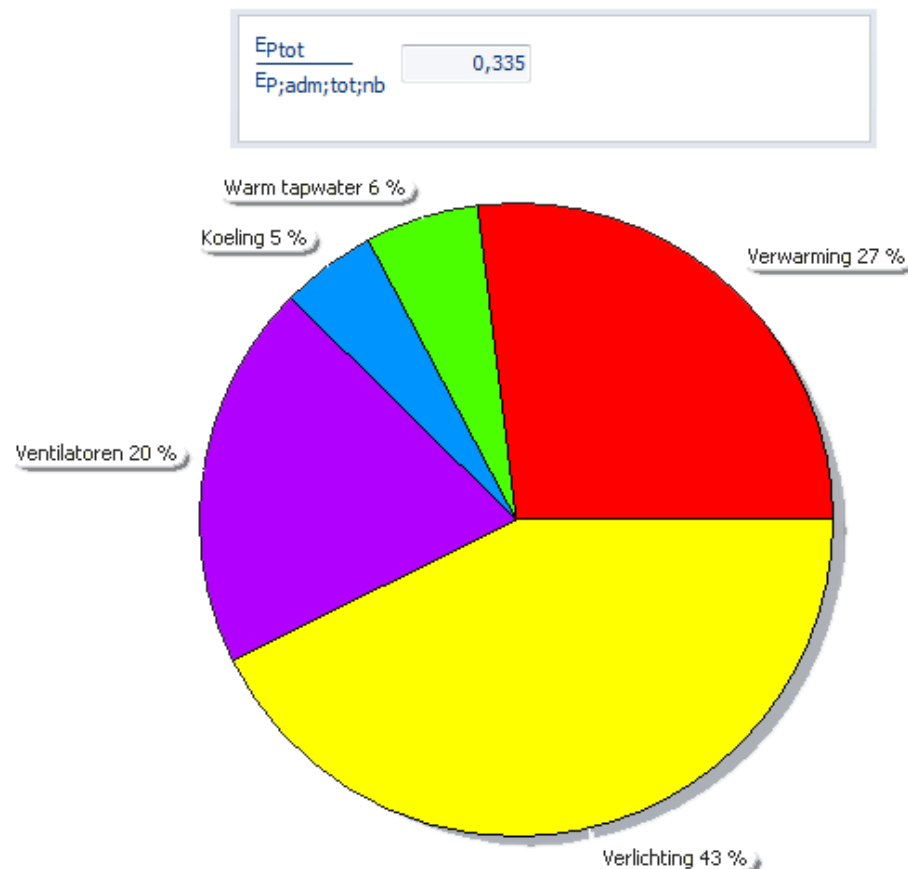
## 6.5 ENORM

Alle benodigde gegevens zijn nu beschikbaar en kunnen worden ingevoerd in ENORM, om zo een beeld te krijgen van de energieprestatie van het Natuurhus. Hieronder worden de resultaten besproken. Voor de volledige uitdraai van ENORM, zie bijlage.

### 6.5.1 Resultaten

Wat meteen opvalt (zie Figuur 6.13), is dat de waarde voor  $E_{PTot}/E_{p;adm;tot;nb} = 0,335$ . Zolang deze waarde onder de 1 ligt, wordt er voldaan aan de vereiste energieprestatiecoëfficiënt (EPC) voor het betreffende gebouw. In dit geval is de EPC dus  $1 - 0,335 = 0,665 = 66,5\%$  beter dan de verplichte maximale EPC. Omdat de ruimtes binnen het Natuurhus verschillende functies hebben, kan er niet één maximale EPC gegeven worden waar het gebouw aan moet voldoen. Het grootste gedeelte van het Natuurhus valt echter onder utiliteitsbouw dat een verplichte EPC van maximaal 2,0 moet hebben.

Voor het primair energiegebruik per deelpost, zie Figuur 6.14. De waardes zijn gegeven in Megajoule. Het primair energiegebruik zegt iets over de hoeveelheid energie die geleverd moet worden om het gebouw in zijn functies te voorzien. Omdat onderweg energie verloren gaat, is het primair energiegebruik een stuk hoger dan het energiegebruik van het Natuurhus zelf.



Figuur 6.13. Resultaten ENORM

Met Geproduceerd (EPus), wordt de gebouwgebonden energieproductie bedoeld, oftewel de energie die door middel van PV-panelen wordt opgewekt. Met Geproduceerd (nEPus) wordt de niet gebouwgebonden energieproductie bedoeld. Wat dit precies inhoudt is echter niet geheel duidelijk.

Het primaire energiegebruik is interessant om een beeld te krijgen van de impact van het Natuurhus op het milieu. Wat daarbij ook interessant is het energiegebruik in kg CO<sub>2</sub>. Dit is te zien in Figuur 6.15.

Deelpost	Energiegebruik geconverteerd naar primaire energie [MJ]						
	elektriciteit	aardgas	stookolie	hout, biomassa	externe warmte	externe koude	Totaal
Verwarming	16.094	2.500	0	0	0	0	39.312
(hulpenergie)	20.718						
Warm tapwater	0	8.516	0	0	0	0	8.516
(hulpenergie)	0						
Koeling	2.642	0	0	0	0	0	7.054
(hulpenergie)	4.412						
Zomercomfort	0						0
Bevochtiging	0	0	0	0	0	0	0
Ventilatoren	28.775						28.775
Verlichting	62.274						62.274
<b>Totaal</b>	<b>134.914</b>	<b>11.016</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>145.930</b>
Geproduceerd (EPus)	-14.752						-14.752
<b>Afgenomen energie</b>	<b>120.162</b>	<b>11.016</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>131.178</b>
Geproduceerd (nEPus)	-4.987						-4.987
<b>EPTot</b>							<b>126.191</b>

Figuur 6.14. Primair energiegebruik in MJ.

Deelpost	Energiegebruik per energiefunctie in kg CO <sub>2</sub>						
	elektriciteit	aardgas	stookolie	hout, biomassa	externe warmte	externe koude	totaal
K CO <sub>2</sub> [kg/MJ]	0,1569	0,0506	0,0877	0	0,0877	0,0877	
Verwarming	986	127	0	0	0	0	2.383
(hulpenergie)	1.270						
Warm tapwater	0	431	0	0	0	0	431
(hulpenergie)	0						
Koeling	162	0	0	0	0	0	432
(hulpenergie)	270						
Zomercomfort	0						0
Bevochtiging	0	0	0	0	0	0	0
Ventilatoren	1.764						1.764
Verlichting	3.817						3.817
<b>Totaal</b>	<b>8.269</b>	<b>557</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8.826</b>
Geproduceerd (EPus)	-904						-904
Geproduceerd (nEPus)	-306						-306
<b>M CO<sub>2</sub></b>							<b>7.616</b>

Figuur 6.15. Energiegebruik in kg CO<sub>2</sub>.

Vanuit een financieel oogpunt is het energiegebruik veel interessanter, omdat hieruit de maandelijkse kosten kunnen worden opgemaakt. Het energiegebruik per deelpost is te zien in Figuur 6.16.

Deelpost	Energie-behoefte (gebouw-niveau)	Energiegebruik - niet primair [MJ]						totaal
	[MJ]	elektriciteit	aardgas	stookolie	hout, biomassa	externe warmte	externe koude	
Verwarming (hulpenergie)	8.093	6.287	2.500	0	0	0	0	8.787
Warm tapwater (hulpenergie)	0	0	8.516	0	0	0	0	8.516
Koeling (hulpenergie)	1.724	1.032	0	0	0	0	0	1.032
Zomercomfort	0	0	0	0	0	0	0	1.724
Bevochtiging	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventilatoren	11.240	11.240						11.240
Verlichting	24.326	24.326						24.326
<b>Totaal</b>	<b>52.701</b>	<b>52.701</b>	<b>11.016</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>63.717</b>
Geproduceerd (EPus)	-5.763	-5.763						-5.763
Geproduceerd (nEPus)	-1.948	-1.948						-1.948

Figuur 6.16. Energiegebruik in MJ

Het totale energiegebruik op jaarbasis is 63.717 MJ. Dit is exclusief verdere apparatuur, zoals laptops en natuurlijk ook de keukenapparatuur van het restaurant. Het gaat hier puur om het energiegebruik om het gebouw te verwarmen en te koelen, te voorzien in warm water en verlichting.

52.701 MJ, oftewel  $52.701/3,6 = 14.639$  kWh gaat op aan elektriciteit en 11.016 MJ, oftewel  $11.016/31,65 = 348$  m<sup>3</sup> gaat op aan gas.

De kosten van elektriciteit per kWh volgens Milieu Centraal (www.milieucentraal.nl, 23-01-2013) bedragen gemiddeld 22 eurocent. De kosten per m<sup>3</sup> gas bedragen 65 eurocent.

De jaarlijkse energiekosten (exclusief apparatuur) bedragen dus:

Elektriciteit	14.639 * 0,22	=	€ 3220,58
Gas	348 * 0,65	=	€ 226,20
Totaal			€ 3446,78

## 6.6 Schatting bouwkosten

Om een eerste schatting te maken van de bouwkosten van het Natuurhus, wordt er gebruik gemaakt van het bouwkostenkompas (www.bouwkostenkompas.nl, 17-01-2013). Wanneer de functie van het gebouw wordt gespecificeerd, kan er een prijs per vierkante meter worden gevonden. Deze prijs is nog afhankelijk van de locatie, omdat bouwen in Nederland niet overal even duur is.

Als functie van het gebouw is Buurthuis / multifunctioneel centrum gekozen. De toelichting van het bouwkostenkompas luidt:

*Vrijstaand, nieuwbouw, bijeenkomst- / recreatiefunctie: Kleinschalig bijeenkomstgebouw met verschillende zalen. Constructie vergelijkbaar met klein kantoorgebouw. Natuurlijke ventilatie en geluidswerende gevelvoorzieningen. Solide materiaalkeuze.*

De eerste verdieping van het Natuurhus bestaat uit een restaurant, maar via het bouwkostenkompas kan dit niet als functie aangegeven worden. Onder andere vanwege de zeer dure keukenapparatuur zijn de bouwkosten van een restaurant over het algemeen duurder per vierkante meter dan die van een bijeenkomstgebouw. Echter zal de eigenaar van het restaurant dat zich in het Natuurhus gaat vestigen deze kosten voor eigen rekening nemen. Hierdoor kan er voor de kostenschatting van het Natuurhus worden gekozen voor de functie van Buurthuis / multifunctioneel centrum voor het gehele gebouw.

De kosten van een gebouw met een bijeenkomst- en recreatiefunctie in Overijssel volgens het bouwkostenkompas zijn als volgt (herbouwkosten zijn nu niet van toepassing):

Bouwkosten	Basis	Laag	Hoog
Bouwkosten / BrutoVloerOppervlak	€ 1.178,44	€ 1.060,84	€ 1.337,82
Bouwkosten / BrutoInhoud	€ 288,83	€ 271,31	€ 312,58
Herbouwkosten / BrutoVloerOppervlak	€ 1.284,89	€ 1.159,05	€ 1.464,43

Zoals te zien is worden de kosten op drie niveaus geschat: Basis, laag en hoog. Welke kosten het meest realistisch zijn hangt af van een aantal factoren die invloed kunnen hebben op de kosten. Deze factoren zijn te vinden in Figuur 6.17.

Vormfactoren	Basis	Laag	Hoog
Gevel / BrutoVloerOppervlak	0,70	0,67	0,74
Gevel open	42,0 %	38,0 %	47,0 %
Inhoud / BrutoVloerOppervlak	4,08	3,91	4,28
GebruiksOppervlak/ BrutoVloerOppervlak	0,95	0,95	0,95
VerhuurbaarVloerOppervlak / BrutoVloerOppervlak	0,92	0,92	0,92

Figuur 6.17. Vormfactoren.

Hoe de vormfactoren voor het Natuurhus uitpakken kan vrij eenvoudig berekend worden. Allereerst moeten de oppervlakte van de gevel, het open gedeelte van de gevel, het BrutoVloerOppervlak, het GebruiksOppervlak en de inhoud worden berekend. Dit kan zoals eerder gezegd gemakkelijk gedaan worden via SketchUp, de software waarmee het model gemaakt is. De uitkomsten zijn als volgt:

Scheidingsvlakken	
Gevel	431,98 m <sup>2</sup>
Gevel open	83,39 m <sup>2</sup>
BrutoVloerOppervlak	666,06 m <sup>2</sup>
GebruiksOppervlak	537,34 m <sup>2</sup>
Inhoud	1369 m <sup>3</sup>
BrutoInhoud	2080 m <sup>3</sup>

Nu deze bekend zijn, kunnen de vormfactoren berekend worden:

Gevel / BrutoVloerOppervlak	= 431,98/666,06	=0,649
Gevel open/Gevel	= 89,39/431,98	=0,207 =20,7%
Inhoud / BrutoVloerOppervlak	= 1369/666,06	=2,055
GebruiksOppervlak/ BrutoVloerOppervlak	= 537,34/666,06	=0,801

De laatste factor, VerhuurbaarVloerOppervlak / BrutoVloerOppervlak, wordt hier niet meegenomen.

Wat meteen opvalt is dat alle factoren uitwijzen dat de bouwkosten laag zullen uitvallen. Alles wijst er op dat er rekening gehouden mag worden met een bedrag van €1060,84 per vierkante meter BrutoVloerOppervlak, of €271,31 per kubieke meter inhoud. Wat ook opvalt, is dat de factor Inhoud / BrutoVloerOppervlak wel heel erg afwijkt van de gestelde randwaardes (2,055 in plaats van 3,91-4,28. Dit heeft er mee te maken dat het Natuurhus een relatief laag plafond heeft voor een gebouw in de categorie Buurthuis / multifunctioneel centrum.

Nu de bouwkosten per vierkante meter BrutoVloerOppervlak, of per kubieke meter BrutoInhoud bekend zijn, kan er een schatting worden gedaan van de bouwkosten van het Natuurhus.

Op basis van BrutoVloerOppervlak:	666,06 * 1060,84	=€706.583,09
Op basis van BrutoInhoud:	2080 * 271,31	=€564.324,80

De bouwkosten berekend op basis van BrutoInhoud vallen lager uit dan de bouwkosten berekend op basis van BrutoVloerOppervlak. Ook dit heeft weer te maken met het feit dat het Natuurhus een relatief laag plafond heeft voor een gebouw uit deze categorie.

De uiteindelijke bouwkosten zullen waarschijnlijk lager uitvallen dan de berekende kosten op basis van BrutoVloerOppervlak, vanwege het relatief lage plafond, maar wel hoger uitvallen dan de berekende kosten op basis van BrutoInhoud, vanwege het relatief grote BrutoVloerOppervlak voor een gebouw met een dergelijke inhoud. De kosten zullen naar alle waarschijnlijkheid ergens tussen deze twee bedragen uitkomen.

Bij het schatten van de bouwkosten dient wel een kanttekening te worden gemaakt. Het Natuurhus zal geen alledaags gebouw worden. De materialen die zullen worden gebruikt wijken af van traditionele bouw en ook de vormgeving is niet te vergelijken. Hierdoor zijn de kosten iets lastiger in te schatten. Door de afwijkende vormgeving en strenge eisen op het gebied van duurzaamheid kunnen de kosten hoger uitvallen. Tegelijkertijd worden de kosten wel gedrukt door het gebruik van stro, een zeer goedkoop bouw materiaal. Al met al kan er voorzichtig worden gesteld dat dit elkaar redelijk opheft, waardoor de eerste schatting, een bedrag van tussen de €564.324,80 en €706.583,09 waarschijnlijk overeind blijft.

De hierboven genoemde bouwkosten zijn bedragen exclusief arbeid, omdat het Natuurhus grotendeels door vrijwilligers gebouw zal worden. Wanneer dit niet het geval zou zijn komen er extra kosten bij die kunnen oplopen tot bijna 30% van de bouwkosten ([www.bouwkostenkompas.nl](http://www.bouwkostenkompas.nl), 17-01-2013).

# Voorlopig ontwerp

De technische invulling is nu bekend en in Figuur 7.1 is het voorlopig ontwerp voor het Natuurhus te zien. De grote glazen façade gericht op het zuiden zorgt voor veel licht en warmte in de winter, maar in de zomer, als de zon hoger staat, zal de zon grotendeels worden tegengehouden door het overhellende dak. Zo kan de zon in de winter helpen te verwarmen, maar wordt het in de zomer niet te heet. Het overhellende dak wordt ondersteund door boomstammen, om zo de natuurlijke uistraling te benadrukken. Het gebouw valt vrijwel helemaal weg in de omgeving dankzij de grote heuvel waar het gebouw in verscholen gaat en wordt zo één geheel met de omgeving. Op deze manier is het gebouw niet opvallend en is het gebouw pas te zien wanneer gebruikers er recht voor staan. Het groendak zorgt er voor dat iedereen over het dak kan lopen en vooral kinderen zullen dit erg interessant vinden, helemaal doordat je eenmaal op het dak door de glazen koepels naar binnen kunt kijken. Aan de noordzijde is een terras gevestigd dat grotendeels overdekt is. Indien gewenst kan dit ook geheel dicht gemaakt worden, om bijvoorbeeld in de winter te dienen als serre. Vanaf dit terras hebben gebruikers een mooi uitzicht over de Almelose Aa en de bleek.





Figuur 7.1. Het voorlopig ontwerp van het Natuurhus.

## 7.1 Toegankelijkheid Natuurhus

Het gebouw is zo opgezet dat er in feite twee keer een begane grond is. Vanaf beneden loopt men zo het gebouw in (zie Figuur 7.2), maar dankzij de heuvel kan men ook de eerste verdieping, het restaurant, betreden zonder dat er een trap opgegaan dient te worden (zie Figuur 7.3). Het restaurant boven (zie Figuur 7.4) en de ruimtes van de natuurverenigingen beneden (zie Figuur 7.5) kunnen volledig los van elkaar gebruikt worden. Het enige dat gedeeld moet worden, zijn de toiletten beneden. Vanuit het restaurant kunnen deze bereikt worden via de trap die direct naar een halletje leidt waar vanuit de toiletten te bereiken zijn. Gasten van het restaurant hoeven dus niet het gehele gebouw door naar de toiletten, maar slechts een trap af. Op de eerste verdieping is echter wel, net als op de begane grond, een invalidentoilet geplaatst.



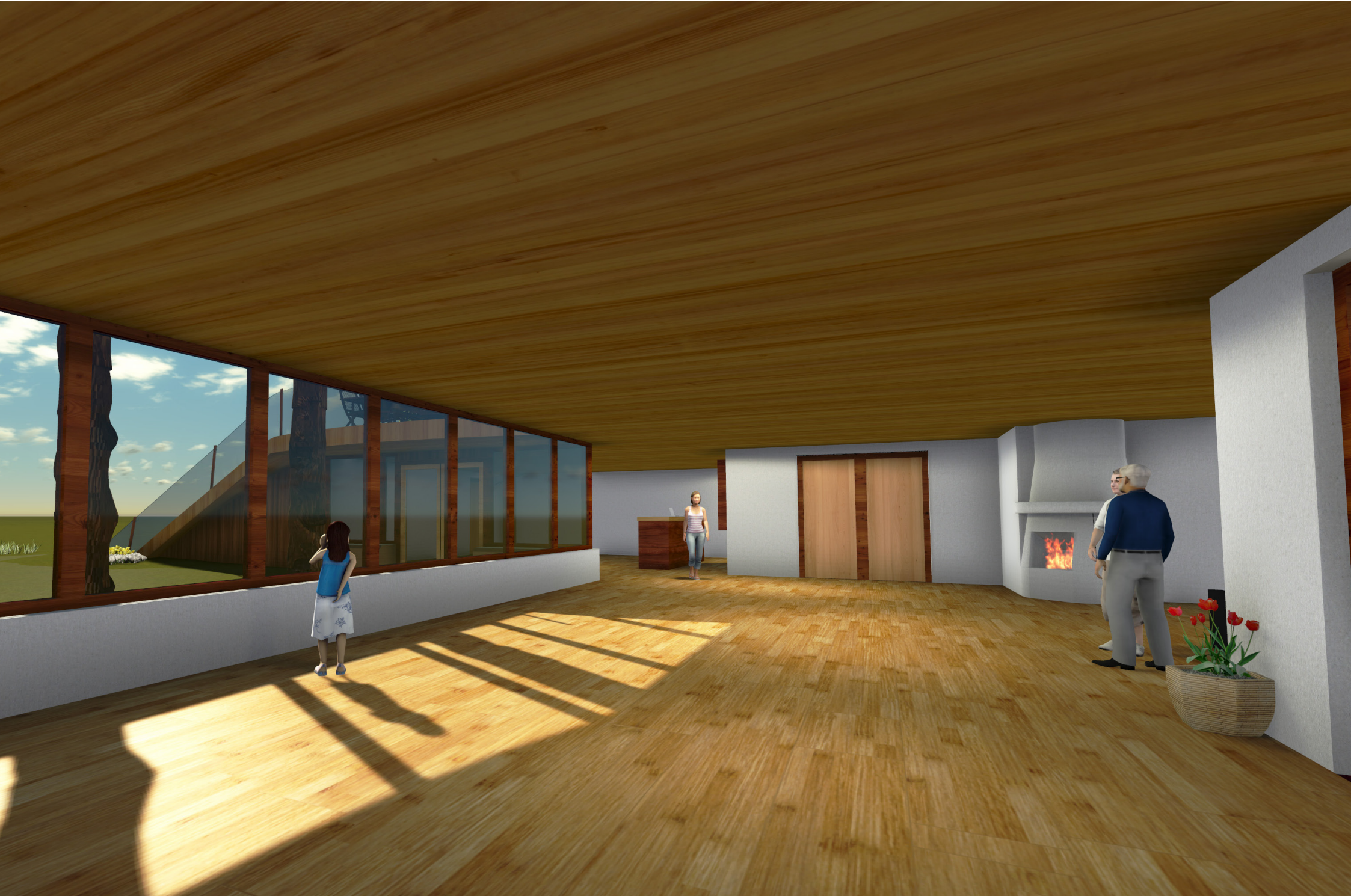
Figuur 7.2. Vooraanzicht van het Natuurhus.



Figuur 7.3. Via de heuvel kan het restaurant worden bereikt.



Figuur 7.4. Het restaurant van het Natuurhus.



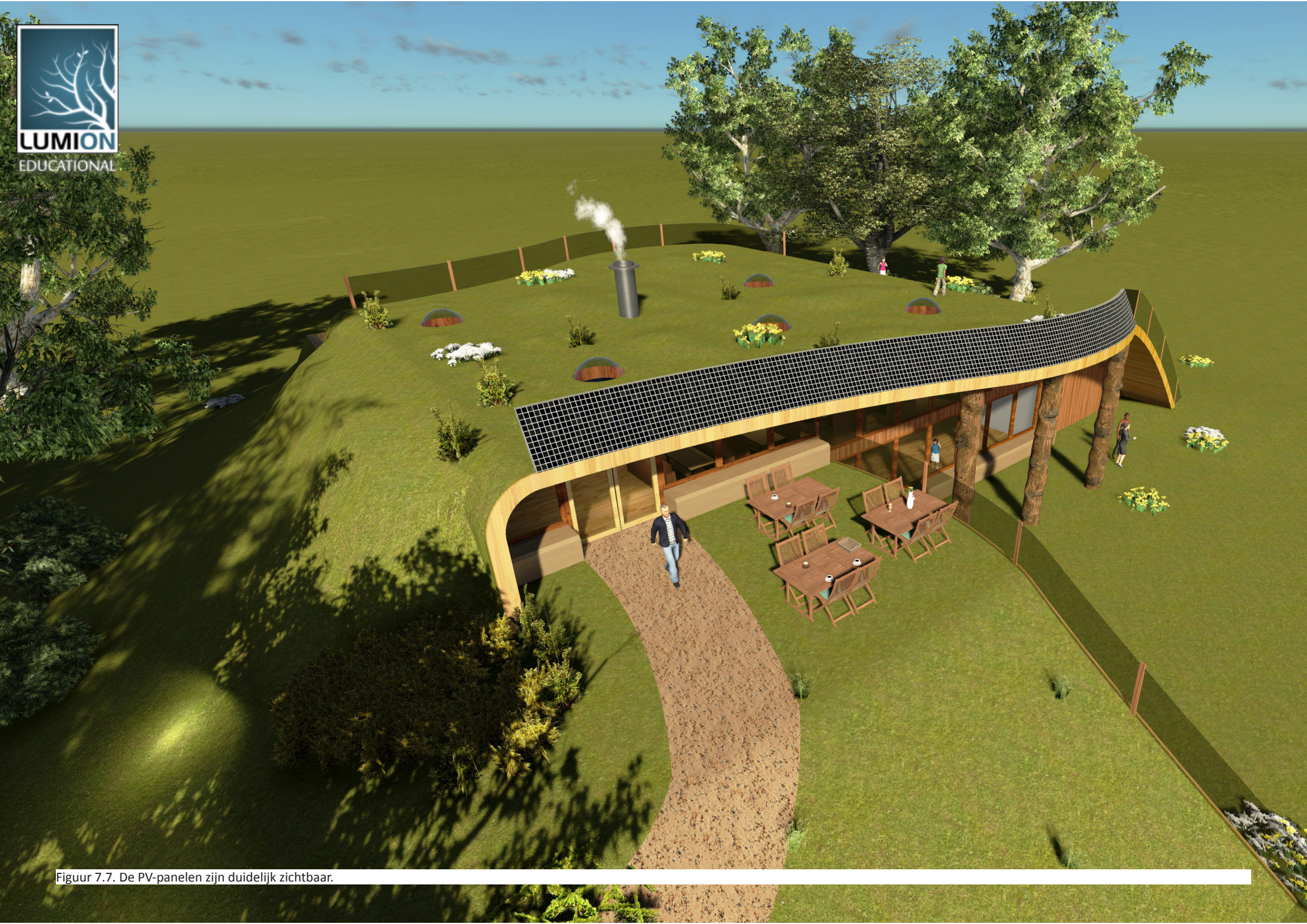
Figuur 7.5. De begane grond van het Natuurhus.

## 7.2 Transparantie

Het Natuurhus wordt een transparant gebouw. Niet alleen letterlijk; dankzij de grote glazen façade is goed te zien wat er binnen gebeurt, maar ook figuurlijk. In het Natuurhus is goed te zien waar de energie vandaan komt en waar het gebouw uit bestaat. De strowanden kunnen her en der zichtbaar worden gemaakt zodat iedereen kan zien waaruit de muren bestaan. Een ook het stalen frame zou deels zichtbaar gemaakt kunnen worden, maar het is de vraag of dit vanuit esthetisch oogpunt gewenst is. Op het dak is een lange rij PV-panelen geplaatst die duidelijk zichtbaar zijn (zie Figuur 7.7) en ook rondom het Natuurhus kunnen nog PV-panelen geplaatst worden. Dit zou op verschillende manieren kunnen, maar een erg leuke manier is om te kiezen voor de zogenaamde Solar Flowers (zie figuur 7.6). In de opslagruimte op de begane grond aan de oostzijde kan alle apparatuur van het verwarmingssysteem worden geplaatst en ook dit kan zichtbaar gemaakt worden door bijvoorbeeld een raam te plaatsen. Zo kan iedereen zien hoe het gebouw voorzien wordt van warmte, koeling en ventilatie.



Figuur 7.6. Solar Flower (longwoodgardens.files.wordpress.com, 28-01-2013).



Figuur 7.7. De PV-panelen zijn duidelijk zichtbaar.

### 7.3 Zelfbouw

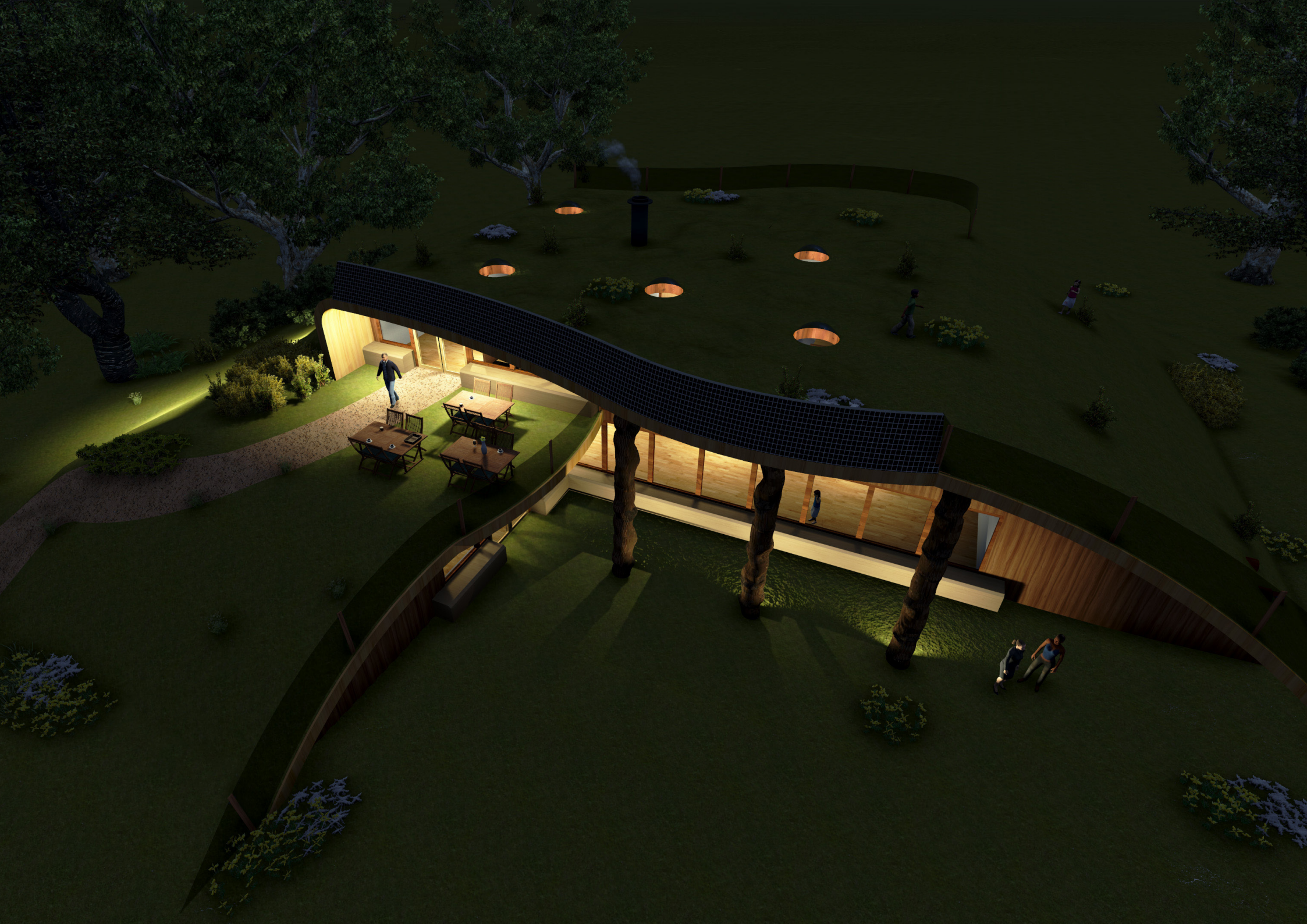
Omdat het een belangrijke eis is dat het Natuurhus grotendeels door vrijwilligers gebouwd kan worden, is er gekozen voor een dragend stalen frame als basis. Wanneer de fundering is gestort, het frame staat en het dak geplaatst is, kunnen vrijwilligers beginnen met het bouwen van de stromuren. Dit is een simpel proces en uitermate geschikt om zelf te doen. Het bouwen van een groot gebouw als dit zal altijd deels door professionals gedaan moeten worden, maar het Natuurhus zoals het nu ontworpen is zal toch voor een aanzienlijk deel zelf gebouwd kunnen worden. Via het Earthship-principe was er wellicht nog iets meer mogelijk geweest qua zelfbouw, maar aangezien dit concept afviel, is strobouw waarschijnlijk de beste optie als het gaat om het zelf vervaardigen van de bouw.

### 7.4 Verwarming

Het Natuurhus is zeer goed geïsoleerd dankzij de strowanden. De isolatiewaarde is hoog en de verwarmingskosten vallen dan ook erg mee. De verwarming werkt deels op een warmtepomp, een zeer energiezuinige oplossing. Ook zijn er twee openhaarden te vinden, één op elke verdieping. Door hier gebruik van te maken kunnen de verwarmingskosten nog verder zakken. Wanneer het voorlopig ontwerp verder wordt uitgewerkt en er meer gegevens bekend zijn, kan er ook nog worden gekeken of er in plaats van openhaarden pelletkachels gebruikt kunnen worden. Wanneer deze gebruikt worden, is er wellicht nauwelijks meer verdere verwarming nodig.

### 7.5 Visie van de gemeente Almelo

Als er wordt gekeken naar het binnenstadplan van de gemeente Almelo en specifiek naar de pilot Binnenstedelijke Transformatie van de gemeente Almelo en de provincie Overijssel, dan kan er worden geconcludeerd dat het Natuurhus zeer goed in dit plan valt. Het uitgangspunt is een stad die sociaal, fysiek en economisch in balans is, zonder afwenteling naar de omgeving of toekomstige generaties (Royal Haskoning, 2012). Het Natuurhus voldoet hier volledig aan. Het gebouw geeft een sociale impuls aan de stad en zorgt niet voor problemen voor toekomstige generaties. Dankzij de gebruikte materialen kan het Natuurhus vrijwel volledig gedomonteerd worden mocht dit ooit nodig zijn. De gebruikte materialen kunnen vrijwel allemaal hergebruikt worden. Het Natuurhus ligt net buiten het deel van de binnenstad dat in de pilot wordt aangepakt, maar zoals te lezen is in de pilot worden ook omliggende gebieden aangepakt als dit kansen biedt voor verduurzaming. En kansen biedt het Natuurhus absoluut. Het Natuurhus kan een toonbeeld voor duurzaamheid worden in Almelo. Als de gemeente Almelo zich wil profileren als duurzame gemeente dan is het Natuurhus misschien wel het beste middel om dit te doen.



# Evaluatie

Het voorlopig ontwerp van het Natuurhus voldoet aan vrijwel alle eisen die te vinden zijn in het programma van eisen en ook de wensen worden grotendeels vervuld. Er is echter wel een aantal eisen waaraan (nog) niet voldaan is. Bij sommige eisen komt dit doordat dit in het voorlopig ontwerp nog niet volledig is uitgewerkt. Zo is er de eis dat de binnentemperatuur minstens 90% van de tijd door minimaal 90% van de mensen comfortabel moet worden gevonden. Er wordt waarschijnlijk wel aan deze eis voldaan, er wordt ten slotte gebruik gemaakt van een zeer beproefd systeem, maar dit kan nu nog niet met zekerheid gezegd worden omdat de exacte data nog niet bekend is.

Er wordt niet voldaan aan de eis dat het Natuurhus maximaal 500 m<sup>2</sup> groot mag zijn (netto vloeroppervlak). Het Natuurhus valt uiteindelijk iets groter uit en dit komt vooral door de opslagruimtes. Dat van deze eis is afgeweken heeft er ook mee te maken dat in overleg met de werkgroep besloten is dat het niet langer een harde eis is dat het Natuurhus niet groter mag zijn dan 500 m<sup>2</sup>. Het bleek dat de functies die in het Natuurhus moeten worden ondergebracht meer ruimte in beslag namen dan van te voren verwacht en door het gebouw iets groter te maken kon dit worden opgelost.

## 8.1 Behandelde aspecten van het bouwproces

Bij het beschrijven van de organisatie van het bouwproces werd aangegeven dat de volgende aspecten behandeld zouden worden, op volgorde van importantie:

- Milieu
- Vormgeving
- Functionaliteit
- Relaties
- Installaties
- Beheer
- Constructie
- Vervaardigbaarheid

De aspecten milieu en vormgeving zijn uitgebreid behandeld en bij het voorlopig ontwerp van het Natuurhus komen deze aspecten ook het meest duidelijk naar voren. Door het gebouw in de omgeving op te laten gaan vormt het een geheel met het landschap en dankzij het materiaalgebruik en de energievoorzieningen is het ook een zeer milieuvriendelijk gebouw geworden.

Alle gewenste functies zijn in het Natuurhus ondergebracht en de indeling (relaties) is zo uitgevoerd dat het restaurant en de natuurverenigingen hun eigen verdieping hebben. Beheer gaat onder andere over het aanpassen en indelen van ruimtes. Doordat de ruimte van de natuurverenigingen een grote open ruimte betreft, kan deze op allerlei verschillende manieren worden ingedeeld. Dit is geheel aan de natuurverenigingen om deze naar wens in te delen.



---

De bouwmaterialen die gebruikt zullen worden zijn allen toegelicht, alsook de stalen constructie. Deze dient echter wel nog volledig doorgerekend te worden. In deze opdracht is er geen aandacht besteed aan het berekenen van de dragende constructie, dit is iets wat in een volgend stadium moet gebeuren. Er is niet erg diep op vervaardigbaarheid ingegaan, maar wat wel duidelijk gemaakt is, is dat het met de stobalen zeer goed mogelijk is om de bouw deels door vrijwilligers te laten doen. Dit was een belangrijke eis en hier wordt dus goed aan voldaan.

# Conclusies en aanbevelingen

Het voorlopig ontwerp voor het Natuurhus is nu bekend en de conclusies kunnen nu getrokken worden. Om te beginnen zullen de vragen die in hoofdstuk één gesteld zijn bij de vraagstelling worden beantwoord.

## 9.1 Conclusies

### 1. *Wat zijn de basisprincipes van een Earthship?*

Earthships zijn volledig zelfvoorzienende gebouwen die grotendeels worden gebouwd uit afvalmaterialen. Drie zijdes van het Earthship worden gebouwd door autobanden op elkaar te stapelen en te vullen met aarde. Ook wordt hier nog een grote hoeveelheid aarde tegenaan gelegd, waardoor het Earthship opgaat in de omgeving. De vierde zijde bestaat zoveel mogelijk uit glas en is gericht naar de zon om licht en warmte binnen te laten. Earthships kunnen grotendeels door vrijwilligers worden gebouwd.

Earthships genereren stroom via PV-panelen of windturbines en hebben hun eigen wateropvang. Grijs- en zwartwater wordt gefilterd voordat het naar een septic tank of een botanische cel wordt geleid. Het Earthship is niet op het net aangesloten. De materialen die gebruikt worden om een Earthship te bouwen zijn veelal afvalmaterialen, zoals autobanden, lege flessen en blikjes. Of dit de juiste materialen zijn om een Earthship te bouwen kan worden betwijfeld, daar glazen flessen en aluminium blikjes uitstekend te recycleren zijn en er giftige stoffen uit autobanden lekken, zij het in zeer beperkte hoeveelheden.

Earthships zouden volgens de architect Michael Reynolds overal ter wereld in elk klimaat moeten kunnen functioneren, maar dit blijkt niet

geheel juist. In sommige klimaten moet wel degelijk extra bijverwarmd worden om een comfortabel leefklimaat te creëren.

### 2. *Op welke wijze dienen de verschillende functies worden ondergebracht in het Natuurhus?*

In het Natuurhus dienen globaal gezien twee functies worden ondergebracht. Ten eerste moet het Natuurhus ruimte bieden aan de zes natuurverenigingen. Er is ruimte nodig voor onder andere lezingen, workshops en vergaderingen. Daarnaast moet het Natuurhus plaats bieden aan een restaurant. Deze functies zijn nu zo ondergebracht dat ze elk een eigen verdieping hebben. Op de begane grond is er plaats voor de natuurverenigingen en op de eerste verdieping is het restaurant gevestigd. Doordat het Natuurhus in een heuvel ligt kan de ingang van het restaurant via de heuvel bereikt worden, waardoor gasten niet binnendoor via de trap naar het restaurant hoeven. Op deze manier voelt het alsof het restaurant ook op de begane grond ligt en hebben beide functies een eigen ingang die niet onderdoet voor die van de andere functie. Op de begane grond zijn toiletten te vinden die ook door gasten van het restaurant worden gebruikt. Deze functie wordt dus gedeeld. Dit is ook direct de enige gedeelde functie. Het restaurant kan verder prima functioneren zonder de benedenverdieping en andersom net zo. Bovendien hebben beide verdiepingen een aparte invalidentoilet, zodat een lift of iets dergelijks niet noodzakelijk is. De keuken in het restaurant en het kantoor op de begane grond zitten allebei aan de noordzijde van het Natuurhus. Dit zorgt er voor dat de grote gemeenschappelijke ruimte beneden en het gastengedeelte van het restaurant boven zoveel mogelijk lichtinval van de glazen façade aan de zuidzijde krijgen. Iets dat minder noodzakelijk is in een kantoor of keuken.

3. *Wat voor uitstraling dient het Natuurhus te hebben, om als een groen, natuurvriendelijk gebouw gezien te worden?*

Door het Natuurhus als het ware op te laten gaan in de omgeving, krijgt het gebouw een natuurlijke uitstraling. Het gebouw valt weg in de heuvel en er kan over het hele gebouw gelopen worden. Ondanks dat er nog behoorlijk veel strakke vormen in het ontwerp te bekennen zijn, heeft het Natuurhus over het algemeen toch een organisch karakter gekregen. Materiaalkeuzes kunnen zeer van invloed zijn op de uitstraling van een gebouw. De materialen die nu gebruikt worden, veel hout, glas en natuurlijk stro, zorgen er ook voor dat het Natuurhus opgaat in de omgeving en een natuurlijke uitstraling krijgt.

4. *Wat zijn de concessies die moeten worden gedaan om het concept Earthship ook in het Nederlandse klimaat te laten functioneren als comfortabel gebouw voor al haar gebruikers?*

De belangrijkste concessie die moet worden gedaan, is dat het Natuurhus wel op de nutsvoorzieningen moet worden aangesloten. Dit zou bij een Earthship niet nodig zijn volgens architect Michael Reynolds, maar ook bij bestaande Earthships is in verschillende klimaten al bewezen dat Earthships niet altijd een comfortabel leefklimaat kunnen garanderen zonder extra bijverwarming. Het Natuurhus zal dan ook gewoon worden aangesloten op de alle voorzieningen, maar er wordt wel geprobeerd hier zo min mogelijk gebruik van te maken. Zo wordt een warmtepomp ingezet om het Natuurhus grotendeels te voorzien van verwarming en wordt een deel van de benodigde elektrische energie gewonnen via PV-panelen.

Een andere aanpassing, die wellicht niet strikt noodzakelijk is, maar wel zal worden doorgevoerd, is dat het Natuurhus niet uit autobanden zal worden opgebouwd, maar uit strobalen. Beide materialen hebben gemeen dat het een afval-/restproduct betreft, maar autobanden hebben als nadeel dat er giftige stoffen uit de autobanden lekken. Bij strobalen is dit niet het geval en bovendien hebben strobalen nog de extra voordelen dat het bouwen met strobalen een stuk minder zwaar is en dat stro veel CO<sub>2</sub> heeft opgenomen voordat het in het Natuurhus verwerkt zal worden en dat wanneer het stro in het Natuurhus gebruikt zal worden de CO<sub>2</sub> niet meer vrij zal komen door bijvoorbeeld verbranding.

Een deel van de basisprincipes van Earthships blijft gehandhaafd. Zo gaat het Natuurhus ook op in het landschap door de grote hoeveelheid aarde die tegen de buitenmuren wordt geplaatst en kan het Natuurhus ook voor een groot deel door vrijwilligers gebouwd worden. Verder worden er ook deels restmaterialen, namelijk strobalen, gebruikt voor de bouw. Ook worden er systemen toegepast om het Natuurhus deels zelfvoorzienend te maken, maar dat gaat lang niet zo ver als bij Earthships.

In het algemeen kan geconcludeerd worden dat het ontwerp van het Natuurhus wel degelijk geïnspireerd is op de principes van een Earthship, maar dat er tegelijkertijd afgewogen beslissingen zijn genomen om het Natuurhus op bepaalde plekken af te laten wijken van deze principes. Al met al is het Natuurhus een zeer natuurlijk, milieuvriendelijk gebouw geworden dat bovendien een flinke impuls kan geven aan de duurzaamheidsvisie die de gemeente Almelo wil uitdragen.

## 9.2 Aanbevelingen

Een aspect waar bezorgdheid over werd uitgesproken is de schaduw van de flats aan de westzijde van het Natuurhus. Uit de schaduwanalyse blijkt dat het Natuurhus in de zomer vanaf ongeveer 19:00 uur overschaduw wordt door deze flats. Na overleg met de werkgroep bleek het niet mogelijk om de locatie voor het Natuurhus op te schuiven. Het wordt dan ook aanbevolen om te overwegen om te kiezen voor PV-panelen die niet op het Natuurhus, maar rondom het Natuurhus geplaatst zijn, bijvoorbeeld in bloemvorm. Deze kunnen dan op locaties geplaatst worden die meer zonlicht krijgen gedurende de dag. Dit zal dan vooral ten oosten zijn van het Natuurhus.

Een belangrijk aandachtspunt zijn de verbindingen tussen de wanden, het dak en de vloer van het Natuurhus. Het Natuurhus wordt zeer goed geïsoleerd en wanneer dit bij de verbindingen niet hetzelfde is, kan er condensatie ontstaan. Dit kan zeer schadelijk zijn, zeker bij een gebouw waarbij de muren opgebouwd zijn uit stobalen. Door condensatie kunnen de stobalen gaan rotten en ontstaat er het gevaar dat deze deels vervangen moeten worden. Doordat de stobalen niet dragend zijn en het Natuurhus gedragen wordt door een stalen frame, zal er nooit het gevaar op instorting ontstaan, maar toch zal te allen tijde voorkomen moeten worden dat er condensatie kan ontstaan.

De hekken op het dak die dienen te voorkomen dat mensen van het dak kunnen vallen, bestaan uit glazen panelen. Er is voor glas gekozen omdat dit een transparant materiaal betreft en het zo geen afbreuk doet aan de vorm van het Natuurhus. Dit zorgt er echter wel voor dat het hek misschien een te strakke uitstraling krijgt, wat in strijd is met de

natuurlijke uitstraling van het gebouw. Er kan wellicht gekozen worden voor een hek van gevlochten wilgentakken of iets dergelijks. Wat wel belangrijk is is dat het hek deels transparant moet blijven om zo geen afbreuk aan de vormgeving te doen.

Omdat Almelo van oudsher een textielstad is kunnen er als zonnewering wellicht grote textieldoeken worden gebruikt. Op deze manier wordt er verwezen naar de geschiedenis van Almelo, maar daarnaast hoeft het gebouw op deze manier minder gekoeld te worden in de zomer. En omdat textiel een duurzaam materiaal is, leent het zich zeer goed om voor het Natuurhus gebruikt te worden.

Een andere aanbeveling is een die voor de hand ligt. De dragende stalen constructie is een zeer belangrijk onderdeel van het Natuurhus en er zal dan ook veel aandacht aan het doorrekenen van deze constructie moeten uitgaan.

Ten slotte zijn er nog aandachtspunten die naar voren zijn gekomen naar aanleiding van de presentatie op 29 januari. Zo moet er goed onderzocht worden of een terras aan de noordzijde wel gewenst is, in verband met schaduw en het feit dat het terras wellicht slecht te zien is vanaf de weg. Ook moet er rekening gehouden worden met de keuken van het restaurant. Wanneer er zware apparatuur aan de muren gehangen moet worden, zoals een afzuiginstallatie, is het wellicht beter om in de keuken geen gebruik te maken van strowanden, maar om te kiezen voor een ander materiaal. Verder werd er een aantal opmerkingen gemaakt dat het plafond misschien hoger kon komen te liggen. Nu is de plafondhoogte 2,60 m, omdat dit gevraagd werd, maar wellicht is het mooier om het plafond iets hoger te plaatsen. Dit brengt

---

uiteraard wel weer nadelen met zich mee. Er zal meer energie nodig zijn om te verwarmen en de bouwkosten zullen ook hoger komen te liggen. Bovendien is het belangrijk dat het Natuurhus niet te opvallend wordt en wanneer het gebouw hoger wordt, zal het automatisch ook meer opvallen.

# Referenties

- Ashour, T., Georg, H., & Wu, W. (2011). Performance of straw bale wall: A case of study. *Energy and Buildings*, 43(8), 1960-1967. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.04.001
- Bainbridge, D. A. (1986). High performance low cost buildings of straw. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 16(3-4), 281-284. doi: 10.1016/0167-8809(86)90009-5
- Bergs, J. (2004). Planten in gebouwen: luchtverbeteraars en stresskillers
- European Association of the Rubber Industry (2004) .Literature study on substances leached from shredded and whole used tyres.
- Fang, Y., Zhan, M., & Wang, Y. (2001). The status of recycling of waste rubber. *Materials & Design*, 22(2), 123-128. doi: 10.1016/s0261-3069(00)00052-2
- Green, E. J. A. S. (2007). Aluminum Recycling and Processing for Energy Conservation and Sustainability: Asm International.
- Grindley, P. C., & Hutchinson, M. (1996). The thermal behaviours of an earthship. *Renewable Energy*, 8(1-4), 154-159. doi: 10.1016/0960-1481(96)88835-5
- Gun, van der D.A. (2010). Haalbaarheidsstudie: thermisch comfort van Earthship-woning in Nederland
- Ip, K., & Miller, A. (2009). Thermal behaviour of an earth-sheltered autonomous building – The Brighton Earthship. *Renewable Energy*, 34(9), 2037-2043. doi: 10.1016/j.renene.2009.02.006
- KNMI (2001-2006). KNMI Handboek Waarnemingen
- Kruis, N. J., & Heun, M. K. (2007). Analysis of the Performance of Earthship Housing in Various Global Climates. *ASME Conference Proceedings*, 2007(47977), 431-440.
- Mattila, T., Grönroos, J., Judl, J., & Korhonen, M.-R. (2012). Is biochar or straw-bale construction a better carbon storage from a life cycle perspective? *Process Safety and Environmental Protection*, 90(6), 452-458. doi: 10.1016/j.psep.2012.10.006
- McMullan, R. (2007). *Environmental Science in Building*
- Minke, G. (2005). *Building with Straw, Design and Technology of a Sustainable Architecture*: Birkhauser – publisher for Architecture
- Oegema, D. (2011). Raadsvoorstel vernieuwde binnenstad Almelo
- PBS Newshour (2009). One Man's Trash, Another Man's 'Earthship'
- Post, M. (n.d.). *Bouwen met Strobalen*
- Royal Haskoning (2012). *Kansen en ambities voor een duurzame binnenstad van Almelo*
- Schalkoord, T. A. J. (2009). *Klimaatinstallaties: Integratie van gebouw en installaties & Overige gebouwinstallaties*: TU Delft.
- Vellini, M., & Savioli, M. (2009). Energy and environmental analysis of glass container production and recycling. *Energy*, 34(12), 2137-2143. doi: 10.1016/j.energy.2008.09.017
- Waterschap Regge en Dinkel (2010). *projectplan Almelose Aa*
- Wentzel, P. L., Jellema, R., van Eekelen, A. L. M., Jellema, P. G., Rip, J. J., & Eekelen, v. (2002). *Jellema hogere bouwkunde 10: ontwerpen - bouwproces*: ThiemeMeulenhoff.

## Websites:

[www.aardehuis.nl](http://www.aardehuis.nl)  
[www.almelo.nl](http://www.almelo.nl)  
[www.archinect.com/firms/gallery/37247428/0/the-uk-s-largest-prefabricated-straw-bale-building-is-officially-opened](http://www.archinect.com/firms/gallery/37247428/0/the-uk-s-largest-prefabricated-straw-bale-building-is-officially-opened)  
[www.bouwbesluitonline.nl/](http://www.bouwbesluitonline.nl/)  
[www.bouwkostenkompas.nl](http://www.bouwkostenkompas.nl)  
[www.calacademy.org](http://www.calacademy.org)  
[www.CBS.nl](http://www.CBS.nl)  
[www.cogas.nl](http://www.cogas.nl)  
[www.cradletocradle.nl](http://www.cradletocradle.nl)  
[www.deskundig-isoleren.be](http://www.deskundig-isoleren.be)  
[www.dgmr.nl](http://www.dgmr.nl)  
[www.earthship.com](http://www.earthship.com)  
[www.earthshipeurope.org](http://www.earthshipeurope.org)  
[www.ecofys.com](http://www.ecofys.com)  
[www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp](http://www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp)  
[www.erdhaus.ch](http://www.erdhaus.ch)  
[www.gelijmde-houtconstructies.nl](http://www.gelijmde-houtconstructies.nl)  
[www.gigaom.com/cleantech/california-academy-of-sciences-shines-with-solar-roof](http://www.gigaom.com/cleantech/california-academy-of-sciences-shines-with-solar-roof)  
[www.groendak.info](http://www.groendak.info)  
[www.klimaatinfo.nl/nederland/almelo.htm](http://www.klimaatinfo.nl/nederland/almelo.htm)  
[www.new.usgbc.org/leed](http://www.new.usgbc.org/leed)  
[www.makearchitects.com/#/projects/2817/](http://www.makearchitects.com/#/projects/2817/)  
[www.milieucentraal.nl](http://www.milieucentraal.nl)  
[www.natuurhusalmelo.nl](http://www.natuurhusalmelo.nl)  
[www.overglas.nl](http://www.overglas.nl)

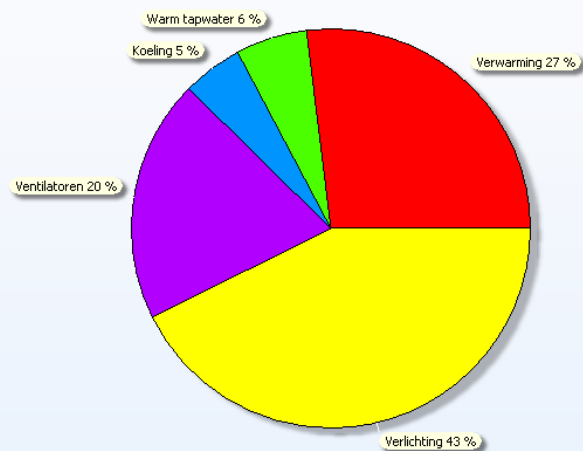
[www.passiefhuis.nl](http://www.passiefhuis.nl)  
[www.sbr.nl/producten/dubocatalogus/gebruik-van-hemelwater](http://www.sbr.nl/producten/dubocatalogus/gebruik-van-hemelwater)  
[www.siderea.nl](http://www.siderea.nl)  
[www.vision4energy.com](http://www.vision4energy.com)  
[www.wim-architectuur.nl](http://www.wim-architectuur.nl)  
[www.windfinder.com](http://www.windfinder.com)  
[www.zandspuiten.nl/index.php?paginaid=23](http://www.zandspuiten.nl/index.php?paginaid=23)

# Bijlage - ENORM resultaten

Projectgegevens
Schematisering
Bouwkundig
Installaties
Zonne-energie
Verlichting
Resultaten

Primair energiegebruik [MJ]	Waarde
Verwarming	39.312
Warm tapwater	8.516
Koeling	7.054
Bevochtiging	0
Ventilatoren	28.775
Verlichting	62.274
<b>Totaal</b>	<b>145.930</b>
Electriciteitsproductie gebouwgebonden	-14.752
<b>Afgenomen energie</b>	<b>131.178</b>
Geëxporteerde energie	0
Electriciteitsproductie niet gebouwgebonden	-4.987
<b>EPtot</b>	<b>126.191</b>
EP;adm;tot	376.649
Specifieke energieprestatie per m <sup>2</sup>	227

Deelpost	Energiegebruik geconverteerd naar primaire energie [MJ]						Totaal
	elektriciteit	aardgas	stookolie	hout, biomassa	externe warmte	externe koude	
Verwarming	16.094	2.500	0	0	0	0	39.312
(hulpenergie)	20.718						
Warm tapwater	0	8.516	0	0	0	0	8.516
(hulpenergie)	0						
Koeling	2.642	0	0	0	0	0	7.054
(hulpenergie)	4.412						
Zomercomfort	0						0
Bevochtiging	0	0	0	0	0	0	0
Ventilatoren	28.775						28.775
Verlichting	62.274						62.274
<b>Totaal</b>	<b>134.914</b>	<b>11.016</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>145.930</b>
Geproduceerd (EPus)	-14.752						-14.752
<b>Afgenomen energie</b>	<b>120.162</b>	<b>11.016</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>131.178</b>
Geproduceerd (nEPus)	-4.987						-4.987
<b>EPtot</b>							<b>126.191</b>



EPtot 0,335  
EP;adm;tot;nb



- Projectgegevens
- Schematisering
- Bouwkundig
- Installaties
- Zonne-energie
- Verlichting
- Resultaten

Primair energiegebruik [MJ]	Waarde
Verwarming	39.312
Warm tapwater	8.516
Koeling	7.054
Bevochtiging	0
Ventilatoren	28.775
Verlichting	62.274
<b>Totaal</b>	<b>145.930</b>
Electriciteitsproductie gebouwgebonden	-14.752
<b>Afgenomen energie</b>	<b>131.178</b>
Geëxporteerde energie	0
Electriciteitsproductie niet gebouwgebonden	-4.987
<b>EPtot</b>	<b>126.191</b>
EP <sub>adm;tot</sub>	376.649
Specifieke energieprestatie per m <sup>2</sup>	227

EP<sub>tot</sub>   
 EP<sub>adm;tot;nb</sub>

Deelpost	Energiegebruik per energiefunctie in kg CO2						totaal
	elektriciteit	aardgas	stookolie	hout, biomassa	externe warmte	externe koude	
K CO2 [kg/MJ]	0,1569	0,0506	0,0877	0,0000	0,0877	0,0877	
Verwarming	986	127	0	0	0	0	2.383
(hulpenergie)	1.270						
Warm tapwater	0	431	0	0	0	0	431
(hulpenergie)	0						
Koeling	162	0	0	0	0	0	432
(hulpenergie)	270						
Zomercomfort	0						0
Bevochtiging	0	0	0	0	0	0	0
Ventilatoren	1.764						1.764
Verlichting	3.817						3.817
<b>Totaal</b>	<b>8.269</b>	<b>557</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8.826</b>
Geproduceerd (EP <sub>us</sub> )	-904						-904
Geproduceerd (nEP <sub>us</sub> )	-306						-306
<b>M CO2</b>							<b>7.616</b>

Gebruiksoppervlakte [m<sup>2</sup>]   
 Verliesoppervlakte [m<sup>2</sup>]

- Projectgegevens
- Schematisering
- Bouwkundig
- Installaties
- Zonne-energie
- Verlichting
- Resultaten

Primair energiegebruik [MJ]	Waarde
Verwarming	39.312
Warm tapwater	8.516
Koeling	7.054
Bevochtiging	0
Ventilatoren	28.775
Verlichting	62.274
<b>Totaal</b>	<b>145.930</b>
Electriciteitsproductie gebouwgebonden	-14.752
<b>Afgenomen energie</b>	<b>131.178</b>
Geëxporteerde energie	0
Electriciteitsproductie niet gebouwgebonden	-4.987
<b>EPtot</b>	<b>126.191</b>
EP <sub>adm;tot</sub>	376.649
Specifieke energieprestatie per m <sup>2</sup>	227

EP<sub>tot</sub> 0,335  
EP<sub>adm;tot;nb</sub>

Deelpost	Energiegebruik - niet primair [MJ]					
	elektriciteit	aardgas	stookolie	hout, biomassa	externe warmte	externe koude
Verwarming	6.287	2.500	0	0	0	0
(hulpenergie)	8.093					
Warm tapwater	0	8.516	0	0	0	0
(hulpenergie)	0					
Koeling	1.032	0	0	0	0	0
(hulpenergie)	1.724					
Zomercomfort	0					
Bevochtiging	0	0	0	0	0	0
Ventilatoren	11.240					
Verlichting	24.326					
<b>Totaal</b>	<b>52.701</b>	<b>11.016</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Geproduceerd (EP <sub>us</sub> )	-5.763					
Geproduceerd (nEP <sub>us</sub> )	-1.948					

- Specificatie verwarming
- Per maand
- Transmissie
- Ventilatie
- Zontoetreding
- Interne warmte
- Zonne-energie

Omschrijving	Verwarmingssysteem 1
EH;ci [MJ]	6.287
elektriciteit	6.287
aardgas	0
stookolie	0
hout, biomassa	0
externe warmte	0
externe koude	0
EH;gi [MJ]	
Toestel 1	6.287
Toestel 2	0
QH;dis;nren (= QH;dis) [MJ]	19.488
FH;gen;gi [-]	
Toestel 1	1,00
Toestel 2	0,00
ηH;gen;gi [-]	
Toestel 1	3,100

