

Het duurzaamste huis van Drenthe

Henk Bulder bijgewerkt december 2017

0. Uitgangspunten voor het bouwen van een echt duurzaam huis

- 1-energieplus zonder fossiele brandstoffen
- 2-negatieve footprint
- 3 gezond binnenklimaat
- 4-levensfase bestendig
- 5-gemak dient de mens

1 Energieplus zonder fossiele brandstoffen

Afgeleide uitgangspunten:

- a- goede isolatie
- b- natuurlijke ventilatie
- c- energiezuinige apparatuur
- d- passieve verwarming en lage temperatuur verwarming met een warmtepomp
- e- lage temperatuur warm water systeem
- f- opwekking energie met PV zonnepanelen

1a Goede isolatie

Vloerisolatie Rc 6,5

De vloer bestaat uit een 60 cm dikke laag schuimbeton op een 8 cm dikke werkvloer van gerecycled beton (ecocrete100). Daar bovenop een geïsoleerde noppenplaat met vloerverwarming, een 3 cm dikke anhydrievloer en een leisteen tegelvloer.

Wandisolatie beter dan Rc 5,5

De wanden bestaan uit 38 cm kalkhennep met aan beide zijden een 2 cm dikke kalkstuc. De kalkstuc bestaat uit twee lagen van 1 cm. De eerste laag is Pozzolaan kalk, de tweede stuclaag is Biocalce. De Rc waarde is 5,5 maar uit onderzoek op de Universiteit van Bath in UK is gebleken dat deze wand qua isolatie beter presteert dan de isolatiewaarde aangeeft.

Dakisolatie Rc 7,5

Het dak bestaat uit 30 cm hoge houten I-liggers, aan de bovenzijde afgewerkt met een Pavatex isolerende vezelplaat als onderdakplaat, aan de onderzijde afgewerkt met een formaldehydevrije OSB plaat. De 30 cm hoge holle ruimtes zijn gevuld (volgeblazen) met gerecycled krantenpapier (thermofloc cellulose). De I-liggers minimaliseren de koudebruggen in het dak. De OSB plaat is aan de binnenzijde afgewerkt met DuraGyp gipskartonplaat met active air systeem (voorzien van het cradle to cradle certificaat) en afgestuukt met Biogesso gips.

Glas zoveel mogelijk met een U waarde van 0,5

De glazen pui op het zuiden en alle overige ramen zijn voorzien van tripane glas (U 0,5). De voordeur is een 84 mm dikke geïsoleerde deur. De 2 Velux daklichten zijn voorzien van dubbel glas.

1b Natuurlijke ventilatie

Er is geen mechanische ventilatie toegepast. De wanden zijn ademend en reguleren het vochtgehalte en nemen CO₂ op uit het binnenmilieu. Elke ruimte is voorzien van een raam of daklicht dat open kan. Daarmee kan het huis op een natuurlijke manier worden geventileerd als daar behoefte aan bestaat. De twee daklichten kunnen draadloos bestuurd worden en zijn voorzien van accu's die met de bijbehorende zonnecellen worden opgeladen. Via deze daklichten kan met name in de zomer warmte worden gespuid.

1c Energiezuinige apparatuur

De A+++ vaatwasser is voorzien van Zeolith voor energiezuinige droging. De wasdroogcombinatie maakt gebruik van een warmtepompdroger en is zelfs 10% zuiniger dan label A+++. De koelvriescombinatie is A+++. De bak/stoomoven heeft label A+. De Quooker heeft label A net als de inductiekookplaat. In het huis is ledverlichting gebruikt. Ook rond het huis is ledverlichting toegepast die net als in de hal op een bewegingsmelder werkt om de hoeveelheid energie nog verder te verminderen. De led-TV is label A en de afstandsbediening werkt op zonne-energie. Het douchesysteem bespaart 70% op watergebruik en dus ook op energiegebruik.

1d Passieve verwarming en lage temperatuur verwarming met een warmtepomp

Een 9 meter lange glasgevel op het zuiden in combinatie met een 1,9 meter breed overstek zorgt ervoor dat 's zomers de zon buiten blijft en de zon vanaf het najaar geleidelijk steeds verder de woning binnen komt. Een zonnige dag in de winter zorgt voor een temperatuurstijging in huis van 3 graden. In het najaar en vroege voorjaar is dat 2 graden. De afkoeling 's nachts ligt tussen de 1 en 1,5 graden. Als er 's winters dus elke twee dagen een zonnige dag zou zijn is er geen verwarming nodig. In het najaar en het voorjaar volstaat zelfs eens per drie dagen een zonnige dag. Omdat we het aantal zonnige dagen niet kunnen regelen is er een vloerverwarming toegepast in een dunne vloer (3 cm anhydriet plus 2 cm leisteel). Hierdoor loont zelfs bij vloerverwarming het toepassen van zonering en nachtverlaging. De 3 zones zijn apart geprogrammeerd en kunnen eventueel op afstand worden bediend (smartphone of tablet). Deze combinatie maakt een verdere energiebesparing mogelijk.

De transmissie van de woning is zo laag dat volstaan kan worden met een 3 kW shoebox water/water warmtepomp die de energie deels haalt uit het regenwater in de 7500 liter ondergrondse regenwater opvangtank en deels uit twee op 1,2 meter diepte ingegraven schermen van in totaal 17 m². Het buffervat van 150 liter heeft een temperatuur van 28 graden. Hierdoor haalt de warmtepomp een hoge COP (coefficient of performance).

1e Lage temperatuur warm water systeem

Voor de spoelbak in de keuken wordt een Quooker fusion gebruikt die zowel direct 100 graden leidingwater kan leveren als warm of koud leidingwater. De wastafel in de badkamer is voorzien van een doorstroomverwarmer die het leidingwater desgevraagd verwarmt tot maximaal 45 graden. Het water in de 1 meter lange leiding koelt na gebruik snel weer af tot beneden de 25 graden. Hierdoor krijgt legionella geen kans.

We douchen met regenwater dat door een driefiltersysteem gaat. We gebruiken een Nebia shower die slechts 2,84 liter per minuut gebruikt. Om legionella te voorkomen moet water

beneden 25 graden blijven of tot 65 graden worden verhit. Een warmtepomp haalt meestal niet meer dan zo'n 50 graden zodat elektrisch moet worden bijverwarmd om de 65 graden te halen. Dergelijke hoge temperaturen gaan echter ten koste van de COP. Ik heb daarom gekozen voor een andere methodiek. Regenwater heeft een temperatuur die ruim beneden de 25 graden ligt (van 6 tot 12 graden). Via een spiraal in het buffervat warm ik het 's winters voor tot 25 graden en 's zomers tot 20 graden (omgevingstemperatuur). In de laatste meter leiding naar de douchekop wordt het met een doorstroomverwarmer 's zomers verder verwarmd tot 38 graden en 's winters tot 45 graden. In die laatste meter leiding is de temperatuur na het douchen binnen een kwartier weer gezakt tot beneden de 25 graden. Dus ook hier krijgt legionella geen kans.

Het voorverwarmen van het douchewater via het buffervat kost 's zomers niets en 's winters gebeurt dat met een hoge COP. Alleen voor de laatste 20 tot 25 graden met de doorstroomverwarmer is de COP 1. Voor douchewater komt de COP op deze manier toch nog in de buurt van 3. De energieverliezen in de leidingen zijn op deze manier ook geminimaliseerd. Lang wachten tot het water de gewenste temperatuur heeft is er ook niet bij omdat de warmte vlak bij de vraag wordt gegenereerd. Dit leidt tot minimaal waterverlies.

1f Opwekking energie met PV zonnepanelen

Met 24 PV zonnepanelen van 275 Wp op het dak op het zuiden met een helling van 30 graden wordt naar verwachting een kleine 6600 kWh opgewekt. Dat is zo'n 2000 tot 2500 kWh meer dan nodig is voor alle elektrische apparaten inclusief warmtepomp. De woning wekt dus meer energie op dan er wordt verbruikt. Van het surplus gaan we volledig elektrisch rijden. Daarom is een mantelbuis ingegraven om een laadstation te kunnen aansluiten.

In de berging wordt op termijn een zoutaccu geplaatst waarin een deel van de surplus opgewekte energie kan worden opgeslagen. Daarmee kan enerzijds worden voorzien in het nachtverbruik van de woning en anderzijds een elektrische auto indien nodig binnen een half uur volledig worden opgeladen.

2 Negatieve footprint

Afgeleide uitgangspunten:

- a- minimaal gebruik van metalen
- b- minimaal gebruik van beton en cement
- c- minimaal gebruik van PVC
- d- waar mogelijk gebruik van gerecyclede materialen of restmaterialen
- e- maximaal gebruik van natuurlijke materialen
- f- minimaal gebruik van leidingwater
- g- maximaal scheiden van afval
- h- minimaliseren transport energie

2a Minimaal gebruik van metalen

Om de voetafdruk te verkleinen en omdat de winning en fabricage van metalen veel energie kost is ervoor gekozen zo weinig mogelijk metalen te gebruiken.

Alleen onder de 12 poeren is een minimaal wapeningsnet van 1 m² in de Ecocrete100 werkvloer gebruikt om de belasting op de poeren gespreid naar de ondergrond af te voeren. In

totaal gaat het om nog geen 50 kg wapening. Verder is er nog wat bevestigingsmateriaal gebruikt (schroeven, plaatjes etc.). Ook het beslag van ramen en deuren is van metaal maar er zijn bijvoorbeeld geen goten aanwezig.

2b Minimaal gebruik beton en cement

Voor de werkvloer is beton gebruikt maar dan wel 100% gerecycled beton. Hetzelfde geldt voor de 12 poeren van 40 bij 40 cm met een hoogte van 60 cm. In het schuimbeton is wel cement verwerkt maar het gaat dan wel om hoogoven klasse BII cement waarvan de footprint beduidend kleiner is dan van portlandcement. Schuimbeton bestaat voor 70% uit lucht en isoleert daardoor uitstekend.

2c Minimaal gebruik van PVC

PVC kan weliswaar worden gerecycled maar daar komen nogal wat giftige gassen bij vrij in het milieu. Daarom hebben we ervoor gekozen daar waar mogelijk PP te gebruiken in plaats van PVC. Zo is het gescheiden rioolsysteem bijvoorbeeld van PP. Daar waar er geen PP-alternatieven voor handen waren (elektraleidingen) is PVC met recycle garantie gebruikt.

2d Waar mogelijk gebruik van gerecyclede materialen of restmaterialen

Voor de dakisolatie is 30 cm dik pakket van gerecycled krantenpapier gebruikt. De isolerende onderdakplaten (Pavatex) zijn gemaakt van restproducten uit houtzagerijen.

Voor de werkvloer en poeren is 100% gerecycled beton gebruikt. Onder de poeren en onder de wanden is gerecycled glas gebruikt in de vorm van dragend schuimglas. Dat voorkomt optrekkend vocht in poeren en wanden en isoleert bovendien uitstekend.

De inrichting is deels van gerecycled massief hout (kasten en tafels).

2e Maximaal gebruik van natuurlijke materialen

De gebinten zijn gemaakt van rondhout eiken afkomstig uit twee duurzaam beheerde natuurgebieden in Drenthe. De bomen zijn met de hand geschild. De schillen zijn gerecycled door Greenwalls. Omdat rondhout bij dezelfde dikte sterker is dan vierkant gezaagd hout wordt het hout ook nog optimaal benut met een minimum aan afval.

Voor de wanden is hennepvezel gebruikt dat is gemengd met een minimale hoeveelheid kalk. Kalkhennep wanden nemen decennia lang CO2 op en hebben daardoor een negatieve footprint. Kalkhennep wanden hebben nauwelijks een houtskelet nodig. Het houtskelet is daardoor praktisch beperkt tot het houtskelet dat nodig is om raam- en deurkozijnen te kunnen bevestigen en schoren die de windbelasting opnemen.

De kozijnen zijn van dennenhout dat is verduurzaamd met azijnzuur waardoor de werking ervan onder invloed van vocht en temperatuur wordt geminimaliseerd. Ook de aftimmering van de overstekken is van houtplaatmateriaal dat op dezelfde manier is verduurzaamd. Schilderwerk blijft daardoor tot een minimum beperkt en het hout is gegarandeerd 50 jaar rotvrij. Hierdoor is er nauwelijks onderhoud nodig.

De plinten buiten rondom het huis en de waterslagen zijn van Belgisch hardsteen en de tegelvloer, plinten en vensterbanken in de woning zijn van leisteen. Voor het dak hebben we gekozen voor vlakke keramische pannen omdat leisteen daar te duur werd en Ceranex nog niet leverbaar was.

De binnendeuren en binnenkozijnen zijn van eikenhout. De binnenwanden bestaan uit een houtskelet dat net als de plafonds is afgewerkt met formaldehydevrije OSB plaat en DuraGyp gipskartonplaat met Active Air.

Onder het grindbed is een rubberfolie gebruikt dat tevens dienst doet als DPC folie. Ook op het dak van de berging is een rubberfolie gebruikt.

Er is rekening gehouden met krimp van gebinten. Daarom is wol en isovlas gebruikt om te voorkomen dat er kieren ontstaan. Het dak van de berging is geïsoleerd met isovlas. De wanden van de berging zijn van kalkhennep met de helft van de dikte van de hoofdbouw.

2f Minimaal gebruik van leidingwater

In waterzuiveringsinstallaties wordt flink wat energie gebruikt. Door een gescheiden rioolsysteem wordt die hoeveelheid beperkt. Door het gebruik van het regenwaterriool te beperken bereiken we nog meer energiewinst. Door zo min mogelijk leidingwater te gebruiken wordt de footprint nog eens verder beperkt.

We vangen regenwater van het dak op in een grindbed dat het water afvoert naar een ondergrondse tank van 7500 liter. De rest van ons perceel is voorzien van een halfverharding (grind) waardoor het regenwater kan inwateren in de bodem. We gebruiken het opgevangen regenwater voor douchen, wasmachine, toiletspoeling en eventueel voor tuinberegening. Alleen bij extreem zware regenval bestaat de kans dat de regenwatertank overstort in het regenwaterriool.

2g Maximaal scheiden van afval

We hebben het bouwafval maximaal gescheiden. Het hout, glas, papier en metaal is ter recycling aangeboden. Toch is er één container ongescheiden afgevoerd. Dat is het gevolg van het niet nakomen van afspraken door tegelzetter en stukadoor die hun tegel-, lijm-, kalk- en gipsresten niet apart hebben gehouden waardoor het onmogelijk was die te scheiden van een deel van het restafval.

2h Minimaliseren van transportenergie

Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van lokale leveranciers en onderaannemers om de hoeveelheid transportenergie te beperken. Helaas is dat niet volledig gelukt. Zo kwam het douchesysteem uit USA, de warmtepomp uit UK en het kalkhennep team uit Bretagne. Dat laatste was het gevolg van ontbreken van ervaring met kalkhennep in Nederland met als resultaat dat de gecontracteerde partij uit Heiloo zich op het allerlaatste moment terugtrok.

3 Gezond binnenklimaat

Afgeleide uitgangspunten:

- a- gasdichte vloer
- b- ademende schil
- c- gebruik van materialen die geen gevaarlijke stoffen afgeven
- d- gebruik materialen die gevaarlijke stoffen opnemen, afbreken of afvoeren
- e- geen open vuur

3a Gasdichte vloer

Er is een gasdichte vloer toegepast waardoor radioactieve gassen als Radon en Thoron niet vanuit de bodem in de woning kunnen komen.

3b Ademende schil

De wanden en het dak zijn dampopen. Kalkhennep wanden reguleren het vochtgehalte in huis. Verder is elke ruimte voorzien van een draaikiepraam of een daklicht. In periodes dat het vochtpercentage in de buitenlucht boven de 80% ligt kan het vochtpercentage zonder warmteverlies met een elektrische luchtontvochtiger snel naar beneden worden gebracht. In de zomermaanden en in een groot deel van het voor- en najaar volstaat natuurlijke ventilatie via ramen.

3c Gebruik van materialen die geen gevaarlijke stoffen afgeven

We hebben het gebruik van PUR en aanverwante materialen in de woning niet toegestaan. We hebben bovendien alleen plaatmateriaal toegestaan waarin geen formaldehydelijmen zijn toegepast. Dat is in de keuken niet helemaal gelukt omdat de toepassing van massief hout voor de body te duur werd. Er is daarom voor de keuken gezocht naar een plaatmateriaal met minimale hoeveelheden formaldehyde. Daarvoor zijn we uiteindelijk in Duitsland terecht gekomen. Het betreffende plaatmateriaal heeft classificatie E 0,5 en bevat slechts 4 mg formaldehyde per kg. Als compensatie hebben we gipsplaten met Active Air toegepast en Kentia palmen in de open woonruimte geplaatst. Deze beide zuiveren de lucht van gevaarlijke stoffen.

Als verf in het binnenmilieu is hoofdzakelijk Biosil van Keim gebruikt dat ook in ziekenhuizen wordt gebruikt voor een gezond binnenklimaat. Daarin zitten geen vluchtige organische stoffen (VOS). Daarnaast is een kleine hoeveelheid krijtverf gebruikt waarin een minimale hoeveelheid VOS aanwezig is. Voor zover ze in het binnenmilieu komen worden ze opgenomen door de Kentiapalmen.

Ook aan het buitenmilieu is gedacht. Daarom zijn de wanden aan de buitenzijde geschilderd met Soldalan ME van Keim dat stikstofoxiden in het milieu (uitlaatgassen) afbreekt.

3d Gebruik van materialen die gevaarlijke stoffen opnemen, afbreken of afvoeren

Vocht wordt door de wanden gereguleerd, via natuurlijke ventilatie afgevoerd of in extreme omstandigheden via een luchtontvochtiger opgeruimd. CO₂ wordt door de wanden opgenomen, door Kentiapalmen omgezet in zuurstof of via natuurlijke ventilatie afgevoerd.

De geringe hoeveelheid formaldehyde en VOS die in de woning komt wordt door de Kentiapalmen opgenomen of door de DuraGyp gipskartonplaten met Active Air.

Kookluchtjes en toiletluchtjes worden afgebroken tot CO₂ en waterdamp met behulp van een plasmamade filter in zowel de recirculatieafzuiging in het toilet als de in de kookplaat geïntegreerde recirculatieafzuiging.

3e Geen open vuur

We hebben geen gasaansluiting in de woning. Koken doen we op een inductieplaat. We wilden ook geen houtkachel in de woning. Niet alleen vanwege de afgifte van fijnstof en verbrandingsgassen in het binnenmilieu maar ook vanwege het fijnstof en de verbrandingsproducten die in het buitenmilieu terecht komen.

4 Levensfase bestendig

Afgeleide uitgangspunten:

- a- alles begane grond
- b- geen drempels
- c- rolstoel brede schuifdeuren
- d- deurspion met camera en automatische fotografie
- e- onderhoudsvriendelijke tuin

4a Alles begane grond

Om problemen met trappen lopen voor te zijn is gekozen voor het realiseren van alle ruimtes in één woonlaag.

4b Geen drempels

Om struikelen voor te zijn is de vloer als een doorgaande vloer in alle ruimtes zonder drempels uitgevoerd. Ook in de ruim bemeeten inloopdouche zijn er geen drempels.

4c Rolstoelbrede schuifdeuren

Door binnendeuren uitgevoerd als brede schuifdeuren wordt toekomstig rolstoelgebruik eenvoudig. Ook het ontbreken van drempels helpt daarbij. De dorpels naar buiten (via deur en schuifpui) zijn ook extra laag uitgevoerd zodat ook daar rekening is gehouden met rolstoelgebruik.

4d Deurspion met camera en automatische fotografie

Vanuit veiligheid is een deurspion met camera aanwezig. Ook een brandmelder aangesloten op het lichtnet is aanwezig. Het huis voldoet aan alle eisen van het politiekeur veilig wonen inclusief anti-kerntreksloten.

4e Onderhoudsvriendelijke tuin

De tuin is zo aangelegd dat het onderhoud beperkt is.

5 Gemak dient de mens

Afgeleide uitgangspunten:

- a- Quooker
- b- Vaatwasser
- c- Wasdroger
- d- Afstandbesturing daklichten
- e- Verlichting op bewegingsmelder
- f- Infraroodkraan en vraaggestuurde afzuiging

5a Quooker

Zowel direct 100 graden water als warm en koud water met de Quooker fusion. Ideaal om thee te schenken en snel eieren of pasta te koken etc.ect. Geen heet water meer weggooien uit een theeketeltje.

5b Vaatwasser

Energiezuinig vaatwassen met Zeoliet en toch het gemak ervan.

5c Wasdroger

Een wasdroogcombinatie die zuinig is vanwege de warmtepompdroger maar in natte periodes wel het gemak geeft. In de zomer wordt natuurlijk de zon gebruikt om de was te drogen.

5d Afstandsbesturing daklichten

De twee Velux daklichten kunnen met een afstandsbediening beiden of elk afzonderlijk worden bediend. Een van de afstandsbedieningen hangt bij ons bed zodat we 's zomers 's ochtends vroeg de daklichten open kunnen zetten om warmte te spuien zonder dat we het bed ervoor uit hoeven.

5e Verlichting op bewegingsmelder en lichtsensor

Buitenverlichting op bewegingsmelder en lichtsensor. Bij aankomst in het donker springt het licht aan en je kunt nooit meer vergeten het buitenlicht uit te doen. In de hal hetzelfde principe. Ook bij het heen en weer lopen naar de berging ideaal.

5f Infraroodkraan en vraaggestuurde afzuiging

Maximale hygiëne door infraroodkranen in de toiletten en optimale recirculatie afzuiging middels vertraging op de lichtschakeling.

Epiloog

De bouw van de woning is 1 maart 2016 gestart. De officiële opening van “de groenling” door burgemeester Roger de Groot van Gemeente De Wolden vond plaats op 23 juni 2017. De verhuizing was op 1 augustus 2017.

De eerste jaren zullen we met sensoren de binnen- en buitentemperatuur, het CO₂ gehalte en het vochtgehalte in de verschillende ruimtes monitoren. Ook het energieverbruik zal uitgebreid worden gemeten.

Het eerste jaar is 6531 kWh opgewekt en 4489 netto teruggeleverd. De netto teruglevering zal in het tweede jaar een stuk lager liggen wanneer ook de warmtepomp een hele winter heeft gewerkt.

De wanden hebben bewezen CO₂ op te nemen. Wanneer de woning twee dagen niet bewoond wordt ligt het CO₂ gehalte in huis op 180 ppm, een flink stuk lager dan de 400 ppm in de buitenlucht op zeeniveau. Tijdens bewoning komt het CO₂ gehalte zonder ventilatie in geen enkele ruimte boven de 1500 ppm uit en bij tenminste één open raam niet boven de 900 ppm.

Inmiddels hebben meer dan 120 geïnteresseerden de woning bezocht. Daarvan hebben er zich 4 uitgebreid laten adviseren in verband met het bouwen van een nieuw duurzaam huis.

Referenties

- Ontwerpen met groen voor gezondheid, Agnes van den Berg/ Marijke van Winsum-Westra, Alterra Wageningen UR, 2006, ISSN 1566-7197 <http://www.swiz.nl/AlterraRapport1371.pdf>
- De makkelijke moestuin, Jelle Medema, 2015, ISBN 978-90—814318-6-6
- Roundwood timber framing, building naturally using local resources, Ben Law, 2010, UK, ISBN 978-85623-04-4
- Study on the Environmental Benefits of Recycling, Bureau of International Recycling, 2009, London https://cari-acir.org/wp-content/uploads/2014/08/BIR_CO2_report.pdf;
- Recycle ! als afval grondstof wordt, Geerdt Magiels, 2014, ISBN 978-94014-2249-9
- Hygrothermal performance of an Experimental Hemp-Lime Building, Dr Mike Lawrence ea, University of Bath, 2012 published in: Novel and Non-Conventional Materials and Technologies for Sustainability Vol 517, pp 413-421, ISBN 978-3-03785-435-8
- Schuimbeton, een uitgave van Stichting schuimbeton Nederland, nr 4 juli 1997 http://www.schuimbetoninfo.nl/data/downloads/35_SchuimbetonInfo+nummer+4,+juli+1997+.pdf
- Milieuvriendelijke cementen http://www.vnconstructeurs.nl/Nieuws_detail.aspx?item=106