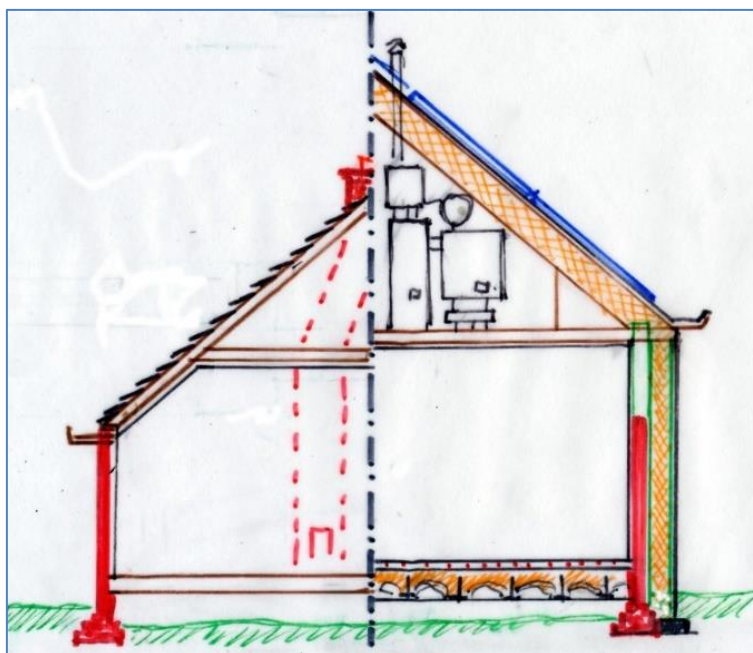


Duurzaam Herstel en Versterking van Woningen in Groningen

Hoofdstuk 12 VERDUURZAMEN

Na de aardbevingsproblematiek en de afbouw van de aardgasproductie



Abstract:

Het technisch duurzaam versterken van een woning is pas zinvol wanneer diezelfde woning ook op andere manieren thermisch en energetisch verduurzaamd wordt. Het nuttige gebruik van de woning of het gebouw moet nog tientallen zo niet honderden jaren gewaarborgd blijven. Minimalisatie van CO₂-uitstoot voor toekomstige verwarming is een kritiek punt en isolatie volgens de laatste BENG normen is daarom gewenst. Veel bouwmaterialen kunnen worden gerecycled en duurzame bouwmaterialen zijn een alternatief op materialen die voor de productie een hoge CO₂-uitstoot hebben. Het opzetten van hergebruik en recyclingbedrijven daarvoor is belangrijk. Niet alle typen woningen zijn technisch goed te versterken of economisch goed te verduurzamen. Een goed onderzoek en planning vooraf kan dat bepalen, terwijl de ontwikkeling van bedrijven en technologieën gestimuleerd kan worden.

Kernwoorden o.a.:

Bouwmethode, beton, BENG, circulaire bouwmaterialen, dakisolatie, duurzaam, energielabel, hergebruik, isoleren, ladder van Lansink, muurisolatie, PV, PVT, ramen, Rc, recycling, renovatie, testwoning, trias energetica, Uw, verduurzamen, vloerisolatie, warmtepomp, zonneboiler.



Door: Sjoerd Nienhuys
Bouwkundig, seismisch ingenieur
Juli 2023

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 12 VERDUURZAMEN	1
Voorwoord.....	3
12.0. De kleine woning verduurzamen.....	4
12.1. Krimpje verduurzamen?	4
12.2. Twee-onder-een-kap verduurzamen, woongroep, rijtjeswoningen	6
12.3. Wat is verduurzamen?.....	7
12.4. Is het gebouw nog langdurig en duurzaam te bewonen?	10
12.5. De kosten van verduurzamen.	12
12.6. Isoleren en de BENG	14
12.7. Isolatie van de gebouwschil	16
12.8. Duurzaam door recycling en hergebruik	17
12.9. Maak een planning voor hergebruik.....	18
12.10. Circulair Design Collectief	23
12.11. Duurzaam door milieuvriendelijke materialen.....	24

Voorwoord.

De voorgaande hoofdstukken gingen over het seismisch versterken of het licht versterken van verschillende typologieën van woningen. De structurele aanpassingen van deze woningen vereisen soms flinke aanpassingen aan de muren en het interieur, maar altijd aan de sterktestructuur van het gebouw. Hierdoor zal het gebouw vele jaren behouden kunnen blijven voor gebruik.¹ Dat betekent ook dat bij langdurig (tientallen jaren) gebruik na de versterking de indeling kan of moet veranderen en dat de isolatiewaarde van het gebouw verbeterd moet worden om de CO₂-uitstoot duurzaam te verminderen. Ook is het de algemene BENG-eis dat bij aanzienlijke aanpassingen aan de woning ook een gedeelte van de energie voor het gebruik van het gebouw ter plaatse wordt opgewekt.

In de eerste plaats mogen de versterkingen dus niet toekomstige veranderingen in de weg zitten.

Dat is makkelijker gezegd dan gedaan, want men weet natuurlijk niet wat die toekomstige veranderingen kunnen inhouden. Het versterken van de binnenmuren (en funderingen), voor als deze door de diafragmawerking extra belast worden is een problematisch punt. Dit komt, omdat men dan die versterkte binnenmuren niet makkelijk kan verwijderen wanneer men de indeling van de woning wil veranderen. Bij woningen met kleine woonvertrekken is het daarom niet verstandig om de binnenmuren dragend te maken en die te versterken. Bij kleine woningen is daarom het doortrekken van het diafragma naar de buitenmuren een betere maatregel dan de binnenmuren versterken.

In de tweede plaats moet er gekeken worden naar de veranderende wooneisen en de ruimte die de technische installaties gaan innemen in de toekomst.

- Zijn de keuken, badkamer en toilet nog wel toekomstbestendig en voor levensloopbestendige bewoning met voldoende ruimte? Is de douche met een warmtewisselaar?
- Zijn de trappen recht, breed en veilig?
- Is een gescheiden (drink)water en rioleringssysteem toe te passen?
- Is er ruimte voor de technische installaties, of moet er bijgebouwd of opgebouwd worden?
- Is de lage netto kamerhoogte (na 1950 was dit 240 cm) wel houdbaar?

De Nederlandse woningbouw is verregaand geïndividualiseerd. Dat betekent dat iedereen een eigen huisje, tuintje, oprit, wasmachine, TV, auto, BBQ, hondje, poesje, logeerkamer, vaatwasser, knutselhok, mancave, zwembad, sportkamer, opslag, fietsenshuur en nog meer wil hebben. Dat consumptiepatroon is in termen van duurzaamheid, milieu of beschikbare ruimte onhoudbaar. Ook in termen van financiering en sociaal management of gezondheidszorg is dit onhoudbaar.

Om deze problematiek het hoofd te bieden zouden er dus veel meer duurzame woongroepen of clusters en verenigingen van eigenaren (VvE) ontwikkeld moeten worden, waarin verschillende leeftijdsgroepen samen het management verzorgen van de gemeenschappelijke middelen en diensten. Dit zou kunnen beginnen met gemengde woonclusters waarin senioren terecht kunnen die momenteel veel beslag op individuele woonruimte leggen, vereenzamen en steeds hogere sociale zorgkosten hebben.

Bij het technisch beoordelen van oude of verouderde gebouwen moet dus gekeken worden naar de zin van het verduurzamen in sterkte, of dat wel voldoende samengaat met het verduurzamen in milieutechnische aspecten.

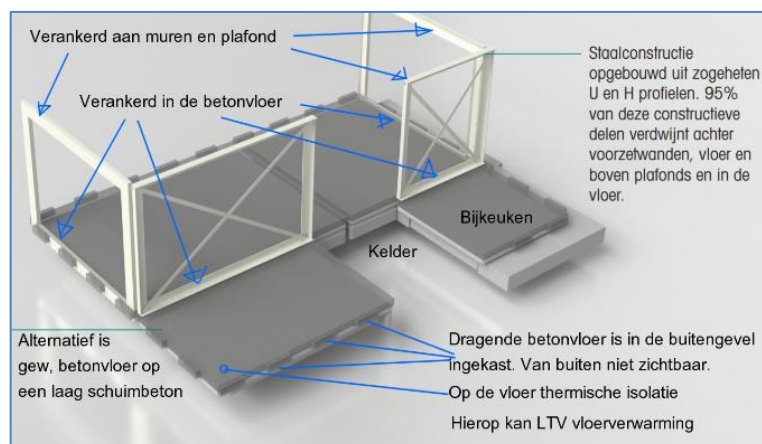
¹ Om een gebouw eerst seismisch of op andere manier te versterken en het daarna gedeeltelijk te moeten slopen of grotendeels om te bouwen, omdat het niet geschikt is voor het beoogde gebruik, is economisch en milieutechnisch een slechte maatregel.

12.0. De kleine woning verduurzamen

In het voorgaande hoofdstuk 11 werd de 2014 praktijk van het versterken van een kleine woning behandeld, die nauwelijks seismische schade had. In deze woning werden frames tegen de binnenmuren geplaatst. Deze frames zullen elke toekomstige verandering van de indeling van de woning belemmeren. De bijkeuken kan bijvoorbeeld niet bij de keuken worden getrokken.

Figuur 12-1. Voorbeeld van de kleine woning van hoofdstuk 11.

Het plaatsen van stalen portalen tegen die binnenmuur beperkt elke toekomstige aanpassing van die woning.



Deze woning is een discutabel geval omdat de 10 cm dunne betonvloer niet zonder de dragende binnenmuren kan. Die betonvloer kan echter wel als doorlopend diafragma tussen de buitenmuren verbonden zijn, terwijl de buitenuren voldoende versterkt werden om de gebouwbelasting op te vangen. Dit soort van overwegingen waren destijds niet van toepassing.

12.1. Krimpje verduurzamen?

Een ander voorbeeld van een mogelijk dilemma over de te nemen actie is de kleine arbeiderswoning met lage zolder, (hoofdstuk 2 paragraaf 2-17) een van de veel voorkomende woningtypes in de provincie, daar ‘krimpje’ genoemd als mini schaalmodel van de heren-boerderijwoning.

In woningen uit de naoorlogse periode van 1950 tot 1970 komen veel kamerhoogtes voor van slechts 240 cm (soms 220 cm), dit is met de nieuwe Bouwrichtlijn 260 cm geworden. Bij gedeelten van woonruimten die lager zijn dan 150 cm geldt het lagere gedeelte niet als woonoppervlakte, maar wel als gebruiksoppervlak (berging). Door de woning binnenzijdig te isoleren (plus ≈ 15 cm) wordt de beperkte woonruimte nog verder verkleind.

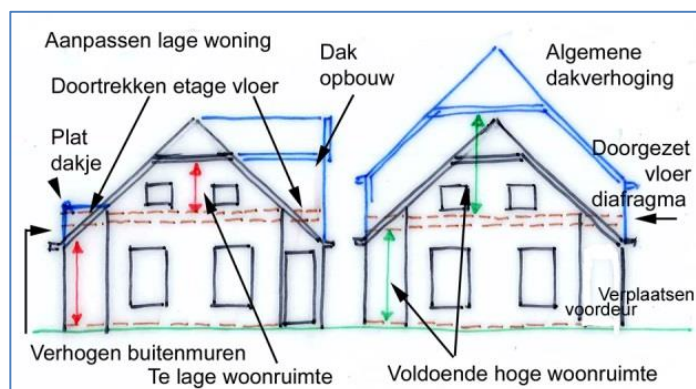
Bij kleine woningen met een dergelijke lage dak-gedeeltes kan het een optie zijn een sterk vloerdiafragma aan te leggen en om de buitenmuren in lichte houtbouw constructie hoger op te trekken. Hierdoor wordt de zolderruimte tegelijkertijd hoger gemaakt (eventueel met dakkapellen) zodat dit type woning twee volwaardige etages krijgt.

Figuren 12-2. Kleine woning met lage zijkanten en erg lage zolder.

Twee opties voor uitbreiding.

Links. Doortrekken plafond, weinig extra woonoppervlak.

Rechts. Verhogen hele gebouw en veel extra woonruimte.



De eenvoudigste methode van seismisch versterken is om de zijmuren op te trekken en de etagevloer door te laten lopen tot op de zijmuren (Figuur 12-2 linker schets). Hierbij wordt er aan beide zijden een plat dakje gerealiseerd, maar dat levert geen extra woonruimte op de etage op. Deze ruimtewinst zal worden gereduceerd door de noodzakelijke thermische isolatie tegen de binnenkant van de buitenmuren. Deze woning heeft steens buitenmuren, dus een halve spouwmuur verwijderen en buitenzijdig isoleren is geen optie.

Figuren 6. Schuin plafond gedeelte bij de voordeur en in oude keuken. Rechts. Versterkte zoldervloer maar geen extra woonruimte gecreëerd.



De seismische versterkingen zijn ingrijpende maatregelen, zonder dat er extra woonruimte wordt gecreëerd, en zullen op basis van de kosten en duurzaamheidsoverwegingen geen voorkeur hebben. Smalle entree, smalle gang en toilet, minikeuken, smalle trap naar zolder (die overal te laag is) zijn andere aspecten die moeten worden aangepakt om van deze woning een duurzaam gebouw te maken. Omdat de woning klein is had de vorige eigenaar er al een stuk aan de achterkant aangebouwd.

Figuren 7. Deze woning was al door de eigenaar van achten uitgebreid. Rechts. Van binnen was de open trap naar zolder slechts 60 cm breed, en de doorgang ernaast ook.



De breedte van de voordeur is bij deze oude woning te smal voor een rolstoel toegang en kan op deze locatie niet verbreed worden. Bij het toevoegen van 15 cm thermische isolatie tegen de binnenkant van de steens buitenmuur kan deze isolatie niet doorlopen tot aan het deurkozijn.

Deze woning werd aangekocht en gebruikt om versterkingstechnieken op te testen, maar is ook een aardig voorbeeld van maatregelen waarbij de waarde van de woning na de zeer kostbare versterking nauwelijks toeneemt, onder andere omdat de woning te klein blijft en een slechte indeling heeft en niet op andere wijze goed verduurzaamd kan worden. De redenen zijn: lage plafonds, minikeuken en toilet, te smalle gang en trap, kleine kamers, ruimteverlies door isolatie. Met een bouwvergunning voor de locatie en een vrij groot terrein staan hier veel andere opties open.

Het behoud van deze woning omdat het een typisch 'krimpje' is dat in het dorpslandschap past kan geen reden zijn om dit te behouden.

12.2. Twee-onder-een-kap verduurzamen, woongroep, rijtjeswoningen

In een situatie waar een twee-onder-een-kap woning met spouw seismische versterking nodig zou hebben en er wordt een nieuwe buitengevel omheen geplaatst met sterke portalen die tegelijkertijd een uitbouw zijn, kan er ook een drie-appartementengebouw van gemaakt worden. Die optie bestaat als de kinderen het huis uit zijn en elke woning eigenlijk te ruim is voor de achterblijvende senioren. De bewoners blijven op dezelfde plek wonen, maar hebben dan een duurzame woning.

Figuur 12-2. Drie duurzame appartementen. Het grondoppervlak van dit gebouw is hetzelfde als van een twee-onder-een-kap woning maar kan met de versterking en verbouwing nu drie families huisvesten in plaats van twee.



Zoals aangegeven in het hoofdstuk 10 kunnen de oude gebinten schuren duurzaam worden versterkt en ingericht wanneer er een duurzame bestemming voor deze gebouwen is. De ontwikkeling van woonclusters of woongroepen is een relevante optie.



Figuren 12-3. Voorbeelden van bestaande woongroepen. Rechts is gebruik gemaakt van een bestaande boerderij. De Kamp woongroep.



Voor woningen en andere bestaande gebouwen zijn zes verduurzamingsaspecten te onderkennen:

- A. De tijd dat het gebouw nog kan blijven bestaan met nuttig gebruikt; hoe langer hoe beter.
- B. Het energieverbruik dat het gevolg is van het gebruik van het gebouw; hoe minder hoe beter.
- C. Het energieverbruik dat noodzakelijk is voor de aanpassingen of gedeeltelijke sloop van het gebouw; hoe minder hoe beter.
- D. De hoeveelheid materiaal dat uit een te slopen gebouw vrijkomt voor hergebruik of recycling. Daarbij heeft hergebruik de voorkeur boven recycling.
- E. De hoeveelheid energie die door de aanwezigheid van het gebouw kan worden opgewekt, in de eerste plaats voor eigen gebruik.
- F. De dichtheid en kwaliteit van de al aanwezige infrastructuur en de aanpassingskosten.
- G. De historische waarde van de oude gebouwen in het Groningse landschap.

De tijd dat een gebouw kan blijven bestaan en goed functioneren is in hoge mate afhankelijk van de kwaliteit van de fundering. Daarnaast zal de inwendige nuttige etagehoogte² een rol spelen en de mogelijkheid om het gebouw op een andere manier in te delen. Wanneer hele blokken rijtjeswoningen op de nominatie staan voor sloop en nieuwbouw omdat de constructie niet meer aan de eisen van de tijd voldoet, zal de eigenaar (meestal wooncorporatie) kunnen overwegen om ook woongroepen of woonclusters te realiseren. Niet iedereen heeft dan een eigen auto en parkeerplek, maar zijn er voldoende deelauto's en (elektrische) deelfietsen (onderdeel van de infrastructuur).

² De nogal beperkte netto etage hoogte van 240 cm die in de oudere bouwverordening stond werd in 2015 herzien naar 260 cm. Een netto etagehoogte voor de begane grond van een jaren '30 woningen is 280 cm. Hierdoor zijn er veel meer en betere gebruiksmogelijkheden dan de jaren '70 woningen.

Niet iedereen een wasmachine etc. maar een gemeenschappelijke voorziening met een wasserette dat ook meteen een contactruimte is, of kinderopas. De ontwikkeling van een dergelijk concept met een groep aanstaande bewoners kan soms jaren in beslag nemen, maar als het aantrekkelijk genoeg is, financieel en sociaal, kan er snel duurzame woonruimte gecreëerd worden met minder m² per bewoner en met meer comfort.

Figuur 12-4. Voorbeeld van een woongroep met lage woningen.

Woongroep de Kamp 50plus. Volgens dit model kunnen er ook gelijkvloerse benedenwoningen zijn en galerijwoningen.



Voorafal bewoners die allemaal uit dezelfde wijk of straat komen kunnen eerder geneigd zijn om als groep in een duurzame nieuwbouwcluster te gaan wonen. Aansluitend op een dergelijke cluster kunnen een aantal individuele woningen blijven bestaan. Het geheel kan een gemeenschappelijke warmtevoorziening hebben die veel economischer is dan ieder een individuele voorziening.

12.3. Wat is verduurzamen?

In de vorige paragraaf werden al een zestal punten (A tot G) genoemd die belangrijk zijn voor de besluitvorming. Die punten gaan over de bouw-gerelateerde aspecten. Daarnaast zijn er belangrijke sociale aspecten om over te stappen van de individualistische maatschappij naar een vorm van groepswonen. Hiervoor moet de toekomstige woon- of leefwijze de bewoners aanspreken.

Er moeten een aantal verbeterde voorwaarden geschapen worden zoals:

- ✓ Modernere woning met meer wooncomfort in verwarming, ventilatie, sanitair, trappen.
- ✓ Minder woonkosten door betere isolatie, energievoorziening, duurzame materialen, lage onderhoudskosten en eenvoudig onderhoud.
- ✓ Lagere individuele kosten door gemeenschappelijk gebruik van faciliteiten.
- ✓ Betere sociale contacten door de organisatievorm van gebouwen en activiteiten.
- ✓ Lagere gezondheidskosten door ondersteuning uit de gemeenschap (zelfredzaamheid van gepensioneerden, jongeren, efficiëntere begeleiding).
- ✓ Prettiger woonomgeving door groenvoorziening, tuinen, ontmoetingsplekken, vogels.
- ✓ Grotere welvaart door de voorafgaande aspecten.

Het triggermoment in de besluitvorming om van levensstijl te veranderen is in de provincie Groningen ontstaan door de aardbevingsschade, waardoor er werd besloten om een groot aantal rijtjeswoningen van matige kwaliteit te vervangen door nieuwbouw.

Figuren 12-3. De netto etagehoogte is medebepalend voor verduurzaming van de woning.

Links: Veel rijtjeswoningen hebben een kamerhoogte van 240 cm en kleine ruimtes waardoor de lange termijn verduurzaming minder gunstig uit zal vallen.

Rechts: Oude woningen hebben vaak een hoge netto begane grond etage, maar beperkte mogelijkheden op de eerste etage.



Wanneer een woning voldoende ruimte heeft, zijn de volgende aspecten ook van belang:

Ten eerste: Een goede fundering is een belangrijke voorwaarde voor het verder verduurzamen van het gebouw. Dit voorkomt nieuwe verzakkingen of nieuwe scheuren in het metselwerk. Daarna is het verstevigen en repareren van **beschadigde muren** het volgende aspect. De vorige 11 hoofdstukken legden uit wat er technisch gedaan kan worden. De uiteindelijke keuze hangt af van de algehele staat van het gebouw, de wensen van de eigenaar, de beschikbare financiën en in hoeverre het goed gecombineerd kan worden met het thermisch isoleren.

Figuur 12-4. Eind 2016 was de berekening dat er 1450 panden versterkt moesten worden. Die aantallen³ sloegen op gebouwen die 'net niet zouden instorten' bij meer en grotere bevingen.



Figuur 12-5. Dorpen met te slopen panden. Tot eind 2022 werden er 880 panden gesloopt.⁴ Volgens een realistisch seismische belasting was dit niet nodig, maar vanuit duurzaamheidsoogpunt misschien nuttig als al die duurzaamheidsaspecten voldoende worden meegenomen.



De nuttigheid van verduurzaming hangt sterk af van wat ervoor in de plaats komt. Wanneer dezelfde, maar modernere rijtjeswoningen worden teruggeplaatst, worden er ook maar slechts twee of drie aspecten van het verduurzamingsproces bediend. (1) Sterkere woningen en (2) beter geïsoleerde woningen (3) energieproductie. Samen slechts een gedeelte van echte verduurzaming.

Ten tweede. Wanneer de gebouweigenaar niet uitgebreid wil versterken, omdat er geen grotere bevingen dan type Huizinge 2012 meer komen, kan dat achterwege blijven. De woningeigenaar kan nu besluiten alleen de zichtbare scheuren weg te werken, in de hoop dat nieuwe kleine trillingen die niet weer open doen staan. Isoleren moet echter dan wel alsnog gebeuren. Met de afkoopgarantie via de NCG⁵ is het dan mogelijk om visueel nieuwe schade te herstellen. Misschien is het mogelijk om wat te isoleren om op de langere termijn lagere woonlasten te hebben. Dit is niet echt verduurzamen.

Ten derde de thermische isolatiemaatregelen, die ervoor moeten zorgen dat de eenmaal verwarmde woning zo min mogelijk warmte verliest. De isolatienormen uit 2015 zijn al een goede richtlijn, maar de 2021 richtlijn van BENG (Bijna Energie Neutraal Gebouw)⁶ zijn nog wat beter en ook duidelijker over het energieverbruik en opwekking. Het principe van Trias Energetica⁷ kan gevolgd worden. Verduurzamen is niet alleen isoleren en hernieuwbare energie produceren. Het gebruik van de woning en de materialen en energie voor de infrastructuur zijn belangrijke elementen die grote invloed hebben op het hele verduurzamingsproces.

³ Uit: <https://www.fluxenergie.nl/gas-alle-onderzochte-woningen-in-aardbevingsgebied-groningen-moeten-words-versterkt/>

⁴ <https://nos.nl/artikel/2446109-groningen-tot-nu-toe-880-panden-gesloopt-door-gaswinning>

⁵ De bestuurlijke regelingen inzake schade vergoedingen zijn in november 2020 bekend gemaakt.

<https://www.nationaalcoördinatorgroningen.nl/onderwerpen/bestuurlijke-afspraken-versterking-groningen>

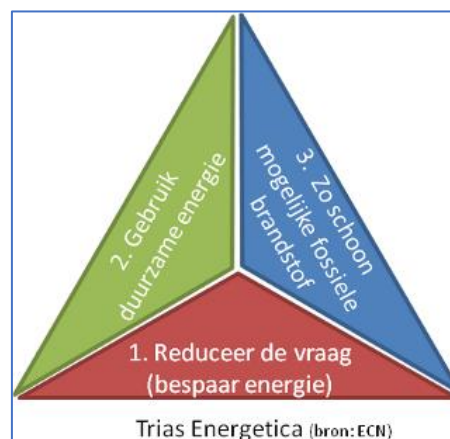
⁶ Zie: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/energieprestatie-beng>

⁷ Zie: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/Infoblad%20Trias%20Energetica%20en%20energieneutraal%20gebouwen-juni%202013.pdf>

Figuur 12-6. Trias Energetica van energiebesparing. Dit is evenredig aan de besparing van de CO₂ uitstoot (CO₂-equivalent). Deze uitstoot is verantwoordelijk voor de opwarming van de aarde en grote klimaatveranderingen:

Te realiseren in de volgende volgorde:

- 1) Zo min mogelijk energie gebruiken.*
- 2) Zo veel mogelijk energie uit hernieuwbare bronnen opwekken.*
- 3) Gebruik de energie uit fossiele bronnen zo efficiënt mogelijk.*



Naast brede informatie op www.MilieuCentraal.nl zijn er sinds 2020 vele websites beschikbaar waar je algemene informatie kan vinden over thermisch isoleren van de woning onder de naam verduurzamen. Het echte constructieve, gebruik-technisch, thermisch en energetisch verduurzamen en energie opwekken gaat echter verder dan alleen thermisch verduurzamen.

Figuur 12-7. De Groene Grachten en het Nationaal Restauratiefonds. Deze hebben een eenvoudige zelfscan geïntroduceerd. Deze geeft ook een indruk voor gewone woningen⁸.



Voor bijna alles wat we doen is energie nodig, en die energie vereist productie die afhankelijk van de methode meer of nóg meer CO₂ en CH₄ (methaan) uitstoot oplevert.⁹ Bij nieuwbouwwoningen is het dan ook relevant om de daken zo in te richten dat er optimaal profijt kan worden getrokken van de zon met zonneboilers, PV en PVT, schaduwtechnologie, slimme ramen en raambekleding.

De Trias Energetica geldt dus ook voor bijvoorbeeld water. (1) Minder waterverbruik staat dan voorop (e.g. niet/minder/korter/kouder douchen, niet in bad, minder tuin sproeien of autowassen). (2) Zoveel mogelijk bestaand water gebruiken. Regenwater voor de tuin is een voorbeeld in ieder geval niet in de riolering. (3) Het beschikbare water zo zuinig mogelijk gebruiken (toilet spoelen). Het inrichten van woningen met een dubbel rioleringsysteem is alleen goed haalbaar bij nieuwbouw.



Figuren 12-8. Cartoons door A3 Tekenteam uit 'Hart voor uw Huis' Van www.woonwijzermidia.nl die op een leuke manier sommige aspecten van het waterverbruik aankaarten.

⁸ Zie: <https://www.monumenten.nl/monumenten-verduurzamen/zelfscan-duurzaam-monument>

⁹ Omdat verschillende broeikasgassen verantwoordelijk zijn voor de klimaatopwarming spreekt men van CO₂-equivalent. Methaan (CH₄) of aardgas is een 21x sterker broeikasgas dan CO₂. Eén CH₄-equ = 21 CO₂.

Ten vierde dat de energie die voor de woning en het wooncomfort nodig is, op een zo klimaatvriendelijke manier wordt geproduceerd. Grote CO₂-productie zoals het verbranden van steenkool, bruinkool, olie of biomassa moet uit-gefaseerd worden. Schoorstenen die nodig zijn voor de verbranding van biomassa (hout) worden dan ook verleden tijd¹⁰.

Opslag van elektriciteit van eigen PV, elektriciteit of warmte wordt steeds belangrijker (in de grotere kelder?). Het gasnet (goede infrastructuur) kan wel blijven bestaan als er via dat netwerk waterstof (productieoverschot van windmolens en PV in piekuren) en biogas (veeteelt, voedselindustrie en riool) gedistribueerd wordt. Elke woning WTW voor ventilatielucht en douchewater¹¹. Om te voldoen aan de energie-eisen is het mogelijk dat in verschillende woonwijken een wijk-warmtenet moet worden aangelegd. In dat geval zal er veel overleg in de wijk gepleegd moeten worden omdat dan individuele warmtebronnen overbodig worden.

Ten vijfde de levensloopbestendigheid. Gebouwen moeten na verduurzaming nog minstens enkele bewonersgeneraties (>> 100 jaar) een nuttige gebruiksfunctie hebben. Afgezien van het investeringsrendement¹² betekent het dat de woningen goed bewoonbaar moeten zijn en blijven. Voor woningen met smalle, nauwe, gevaarlijke trappenhuizen zouden met een interne verbouwing veiliger gemaakt moeten worden¹³.

Smalle trappen met kwarten zijn minder geschikt voor oude senioren; dus woningen moeten worden aangepast, of die oudere bewoners moeten verhuizen naar gelijkvloerse woonruimte. Moderne wooneisen vragen om betere en soms ruimere sanitaire voorzieningen (met WTW). Ongelijke funderingen door plaatselijke mini-kelders kunnen doorgetrokken worden en de kelders vergroot.

Rijtjeswoningen en Vinex locaties¹⁴ voldoen aan de wooneisen van de individuele bewoner waarbij de huidige maatschappij (in west Europa) erg individualistisch is opgegroeid. Dit heeft geleid tot dit type woningen door heel Nederland. Veel Vinexwijken hebben echter te weinig gemeenschappelijke voorzieningen. Voor een meer duurzame maatschappij is gemeenschappelijk gebruik van ruimtes en voorzieningen een steeds belangrijker thema. Rijtjeswoningen en wijken kunnen of moeten daarop aangepast worden¹⁵. Een probleem bij deze stelling is dat deze maatregel de individuele situatie van de woningeigenaar overstijgt en er een wijk-gebonden organisatie en uitvoering voor noodzakelijk is.

12.4. Is het gebouw nog langdurig en duurzaam te bewonen?

Wanneer het vijfde aspect (levensloopbestendigheid) negatief uitvalt, is het minder relevant om grote financiële of bouwkundige investeringen te doen aan funderingen, plafondhoogte, versterking en isolatie. Na de dure ingrepen moet de woning geschikt zijn voor enkele generaties (>>100 jaar). Wanneer dat niet het geval is, zijn er weer twee opties. Niet versterken maar alleen isoleren, of slopen met nieuwbouw. Immers, met de verder afnemende bevingsterkte worden de scheuren niet of nauwelijks groter en stort er sowieso niets meer in.

¹⁰ Het verbranden van hout voor de sfeer levert ook nog veel fijnstof en daarmee veel luchtvervuiling op. Een uitzondering is een goed afgestelde pellet kachel die gestookt wordt met pellets van restafval uit de bouw.

¹¹ Wanneer er anno 2023 een nieuwe badkamer geïnstalleerd (nodig of niet nodig) wordt bieden aannemers of sanitairbedrijven /leveranciers zelden een douche-WTW aan.

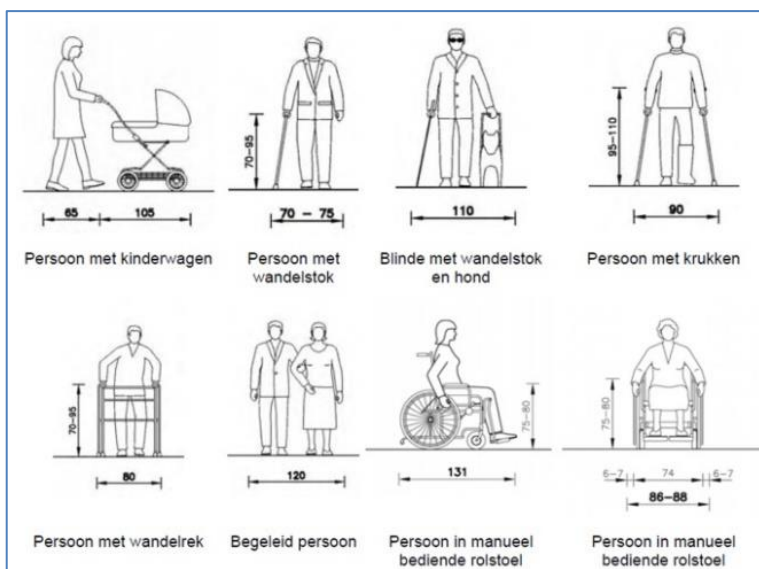
¹² De huidige richtlijn is dat het weinig zinvol is om meer in een woning te investeren dan dat die woning na de verduurzaming (sterkte en isolatie), met de oorspronkelijke eigen waarde (zonder de grondwaarde te rekenen), meer heeft gekost dan 150% van de dan geldende marktaande. Deze marge is aangenomen omdat met de huidige bouwmethoden niet alle milieukosten zijn meegeteld.

¹³ De typische Nederlandse trappen met een of 2x een kwart draaien zijn gevaarlijk constructies. De meeste ernstige ongelukken in huis gebeuren vanwege deze trappen.

¹⁴ Vinex wijken blijken populair: De afkorting staat voor: "Vierde Nota Ruimtelijke Ordening Extra, een nota ruimtelijke ordening van het Nederlandse ministerie van VROM uit 1991"

¹⁵ Niet elk gezin heeft een auto, wasmachine, bladblazer, boortol en oversized BBQ nodig.

Figuur 12-9. Met de laatste BRL zijn de deurbreedten en hoogten vergroot. Het is wenselijk dat bij een ingrijpende verbouwing de deuren ook aangepast worden.¹⁶ Voor woningen die voor duurzame bewoning door senioren worden aangepast is het verbreden van de deuren ten behoeve van rolstoelen vaak een vereiste.



Figuren 12-10. Een gewoon toilet is vaak te klein om hulp te bieden. Aanpassing van een toilet voor toekomstige seniorenwoning of trap betekent veelal een flinke wijziging in de plattegrond van de woning. Tekening: Enter vwz, België.



In oudere woningen zijn toiletruimtes vaak onder de trap weggewerkt en niet veel breder dan de deur. Voor duurzame bewoning door senioren¹⁷ is een toiletruimte nodig waar een rolstoel in en uit kan, of waar hulp geboden kan worden. Bij het vergroten van de deur en het vloeroppervlak voor het toilet moet meestal de indeling van de hele woningplattegrond aangepast worden. Wanneer het toilet tegen de buitenmuur is aangebouwd (bij de voordeur) en er thermische isolatie aan de binnenkant van de buitenmuur moet komen, zal de resterende toiletruimte te klein zijn.

Alvorens een woning te gaan versterken¹⁸ en daar veel op te investeren, moet daarom overwogen worden wat de andere maatregelen zijn om het gebouw levensloopbestendig te maken of te verduurzamen. Er is een financiële limiet gesteld dat als de gezamenlijke kosten van de gerenoveerde woning (zonder de grondwaarde) meer zijn dan 150% van wat de woning in de vrije markt waard zou zijn, dan betekent het een kapitaalverlies en is slopen en nieuwbouw vaak de aangewezen optie¹⁹. Voor monumenten ligt dit anders, afhankelijk van de waarde die aan het monument wordt toegekend.

¹⁶ Zie <https://nl.wikipedia.org/wiki/Verblijfsruimte> Deurbreedte: 830 tot 880 mm (renovatie van woningen), en 930 mm (BRL). Deurhoogte: 2015 tot 2115 mm (bij renovatie van woningen), en 2315 tot 2340 mm.

¹⁷ Een steeds groter gedeelte van de bevolking bestaat uit senioren, die om sociaaleconomische en medische redenen langer thuis blijven wonen, met de mogelijkheid om thuis verzorgd te worden. Bij woningen die niet de ruimte bieden voor thuiszorg, zullen de bewoners naar verzorgingshuizen moeten verhuizen.

¹⁸ Voor het versterken kan me anno 2020 uitgaan van een lichte versie of alleen het wegwerken van de scheuren, omdat er geen grotere bevingen worden verwacht dan ¾ van de 16 augustus 2012 Huizinge beving.

¹⁹ Dat was anno 2020, maar als alle aspecten van materiaal vernietiging en de CO₂-uitstoot van de nieuwe bouwmaterialen en bouwwerkzaamheden worden meegeteld ligt dat percentage waarschijnlijk hoger.

12.5. De kosten van verduurzamen.

De 150% zijn een globale schatting. Voor elk woningtype kan een begroting gemaakt worden van de verduurzamingskosten die als eerste basis kan dienen voor de besluitvorming.



Figuren 12-11. Verschillende aspecten van de testwoning Type 4. De vele technische/seismische aspecten van deze oude woning kunnen duidelijk maken dat het financieel niet relevant is om dit te verduurzamen.

Van elk woningtype kan een lijst van minstens 50 punten gemaakt worden met de belangrijkste renovatiepunten en daaraan gekoppeld een kostenbegroting. Naast de **verkorte onderstaande lijst** kunnen dan drie kolommen worden toegevoegd; één kolom voor de afmetingen, één voor de eenheidsprijs en één voor het totaalbedrag. Op basis van een dergelijke lijst kan dan voor alle varianten binnen dat woningtype snel een eigen begroting worden gemaakt.

#	Aspecten van huidige woning Steens buitenmuren	Aspecten van de verbeterde woning.
1	Lichte fundering "op staal", verbreed metselwerk op klei, ongeveer 80 cm diep.	Bredere gewapend betonnen plaatfundering onder alle dragende muren, inclusief binnenmuren. Indien draagkracht onvoldoende is. ²⁰
2	Geen (gewapende) lateien over de ramen.	Over alle ramen een doorlopende lintvoegwapening.
3a	Plafonds binnenin 240 cm hoog; de 1 m brede zijkanalen lopen schuin naar beneden.	Dak aanzet minimaal 1 meter omhoog zodat over de hele begane grond de kamerhoogte 260 cm is zonder borstwering op zolder.
3b		Dak met minimaal 1,5 m borstwering boven de zoldervloer
4	Balklaag van plafond of zoldervloer is niet een stijf diafragma en geen verankering aan zijmuren.	De nu doorgetrokken balklaag verbindt alle muren. Vloer wordt stijver gemaakt door opbrengen van een multiplex plaat.
5	Netto woonruimte in de zolder die hoger is dan 150 cm vanaf de vloer is erg smal.	Verhogen van de draagmuren geeft veel meer hoofdruimte en netto woonbreedte op de zolder die hoger is dan 1,5 m. (punt 3)
6	Twee kleine, lage raampjes in de zolderruimte.	Vergroten van de ramen in de kop- en achtergevel. Maken van grote dakkapellen aan de zijkant voor meer leefruimte.
7	Voor en achter topgevel metselwerk	Topgevels verwijderen en geïsoleerde Keralit bekleding aanbrengen.
8	Verouderde elektra leidingen en meterkast	Nieuwe en meer elektra leidingen en nieuwe meterkast
9a	Huidige R_c waarde steens buitenmuur met 4 cm glaswol en regelwerk $\approx 1,2 \text{ m}^2/\text{KW}$	Verwijderen alle binnen-isolatie, aanbrengen van 15 cm PIR op buitenmuren en afwerken. Nieuwe isolatiewaarde muur $R_c \approx 5,0 \text{ m}^2/\text{KW}$. Binnenmuur na elektra bekabeling stukadoren.
9b		Verwijderen alle binnen-isolatie en na aanbrengen van nieuwe elektra afwerken. Buitenzijde aanbrengen 15 cm isolatie en weervaste afwerking. Nieuwe isolatiewaarde muur $R_c \approx 5,0 \text{ m}^2/\text{KW}$.

²⁰ Wanneer de woning geen scheuren heeft, en de opbouw lichtgewicht, is geen fundering verbreding nodig.

9a	Houten balken begane grondvloer. Geen isolatie	Geheel vervangen door balkjes en geïsoleerde broodjes + LTV
9b		Aan onderzijde goed isoleren en bovenzijde met LTV
		Uitbreiden van kelderruimte (batterijen)
10a	Losstaande gaskachel of oude Cv-ketel oude Cv-leidingen, radiatoren, waterleidingen, gas. Haard	All-electric warmtepomp grondwater en LTV. Nieuwe geïsoleerde leidingen aanleggen en nieuwe ventilatie kanalen, aan- en afvoeren-
10b		Andere warmtepomp opties zoals water-water en lucht-water.
10c		PV of PVT of combinatie met zonneboiler.
10d		Wijkverwarming en warmteopslag in de wijk.
11a	Huidige dakspanten zijn doorgebogen.	Spanten versterken bij het liften en het gehele dak binnenzijdig isoleren met 20 cm isolatiemateriaal $R_c \approx 7,0 \text{ m}^2.\text{K/W}$.
11b		Spanten versterken bij het liften en het gehele dak buitenzijdig isoleren met 20 cm isolatiemateriaal $R_c \approx 7,0 \text{ m}^2.\text{K/W}$.
11c		Verwijderen van gemetselde schoorstenen op het dak.
12	Huidige trap van de gang beneden naar de zolder is te smal en te steil.	Er moet een nieuwe beneden indeling van gang en brede, rechte trap naar boven. Op zolder een logeerkamer/berging maken.
13	Voordeur/achterdeur is te smal voor een rolstoel en heeft een stoeprede.	Deze voordeur moet verplaatst worden, breder gemaakt worden, geen stoep treden,
13a		Isolerende buitendeur en een tochtportaal.
14	Keuken indeling en aansluitend badkamer en toilet onder laag zijgedeelte. Geen ramen.	Herziening plattegrond met bredere gang, nieuwe grotere keuken en de grootte en locatie van de badkamer en toilet herzien.
15	Minimale keuken met op gas koken en gootsteen	Nieuwe, grotere keuken, inductie, magnetron, inbouwboiler, etc.
16	Een toilet en erg matige doucheruimte/badkamer	Nieuwe badkamer op etage met WTW op de douche. Nieuwe riolering
17	Huidig plafond zachtboard en kapot.	Nieuw en hoger plafond, geluidsbeperking.
17a		Nieuw elektra aanbrengen. Met zuinige verlichting
18	Isolatie glas type HR mogelijk 20 jaar oud. Isolatie waarde mogelijk $R_c = 0,25 \text{ m}^2.\text{K/W}$. Kozijnen zijn mogelijk te gebruiken. Geen ventilatie.	Nieuwe kozijnen plaatsen in de nieuwe buitenschil. Triple glas $R_c = 2,0 \text{ m}^2.\text{K/W}$. Nieuwe ramen kunnen ingebouwde ventilatieroosters hebben.
19	Alleen natuurlijke ventilatie.	Mogelijk balansventilatie met WTW en CO_2 regeling.
20	Schuur of berging aanbouw is verwijderd.	Een nieuwe aanbouw. Bijkeuken of fietsenschuur, afval containers.
21	Geen tuinaanleg aanwezig	Een nieuwe bewoner zal een investering moeten doen voor een tuin.
22	Woning is bewoond	Tijdelijke opslag meubels en tijdelijke huisvesting

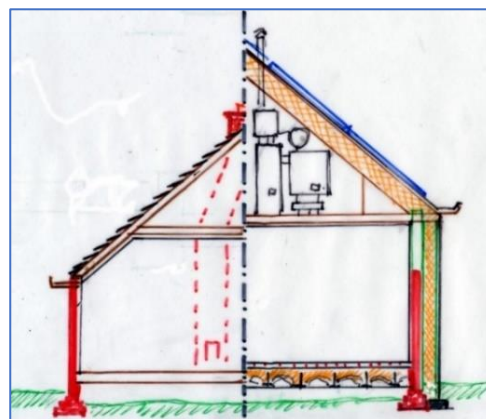
Op basis van een dergelijke lijst kan een aannemer de kosten per woning globaal berekenen en overleggen met de eigenaar of er Doe-Het-Zelf activiteiten van toepassing zijn. In het bovenstaande geval van de kleine arbeiderswoning is een algehele renovatie vaak niet rendabel, maar een betere thermische isolatie kan in een aantal jaren zijn terugverdiend op de energierekening, zeker met DHZ.²¹

Voor veel woningeigenaren zal het probleem van de financiering ontstaan, wanneer en geen grote schadevergoedingen of subsidieregelingen beschikbaar zijn. Wanneer het op de langere duur (≈ 30 jaar) wel financieel rendabel is om de woning te verduurzamen, dan zouden speciale lange termijn financieringsregelingen ontworpen kunnen worden, aanvullend op reguliere hypotheekoplossingen.

Figuur 12-12. Een planning van de noodzakelijke aspecten voor de verduurzaming is nodig.

Van een sterk verouderde woning geeft het een inzicht in de kosten. Niet alleen isolatie, maar ook woonruimte, keukens en sanitair met alle leidingwerk zijn vaak aan renovatie toe, hetgeen inhoudt dat het hele pand gestript moet worden. Technische installaties zijn nodig om de noodzakelijke warmte zo zuinig mogelijk op te wekken en te behouden.

Links. Oude woning. Rechts. Gerenoveerd.



²¹ Veel woningeigenaren bouwen een nieuwe keuken of badkamer in hun woning zonder ooit naar de terugverdientijd te vragen, maar beginnen te kreunen wanneer de terugverdientijd van een isolatiemaatregel op de energierekening meer dan 10 jaar is. Een probleem is dat de CO_2 -uitstoot zelden wordt meegerekend.

12.6. Isoleren en de BENG

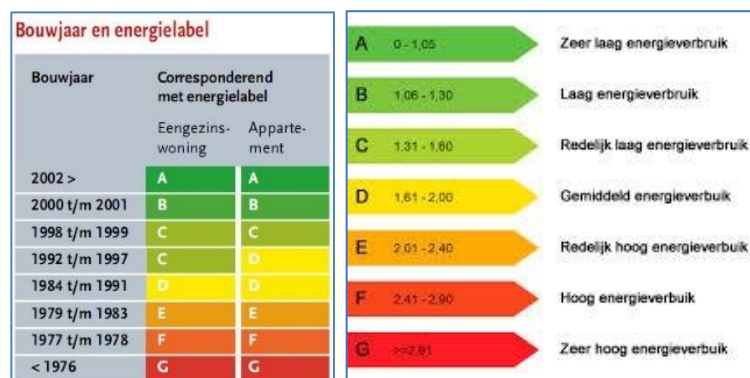
Bij de 2021 BENG-norm wordt uitgegaan van het maximaantal kWh dat per m² gebruiksoppervlak van de woning gebruikt mag worden voor verwarming van de ruimten, tapwater en koken. Het oppervlak van de hele buitenschil (A_{Is}) wordt gerelateerd aan het gebruiksoppervlak (A_g). Bij vrijstaande woningen is die verhouding groter dan bij tussenwoningen of flats.

Gebouwfunctie	Energiebehoefte kWh/m ² .jr	Primair fossiel energiegebruik kWh/m ² .jr	Aandeel hernieuwbare energie ²²
Woningen, tussenwoning	25	25	50
Utiliteitsgebouwen	50	25	50
Onderwijsgebouwen	50	60	50
Gezondheidszorg	65	120	50

In vergelijking met de vroegere rekenmethoden komt dit ongeveer overeen met een EPC = 0,2. Volgens de energie labels komt dit overeen met A⁺⁺⁺, dus aanzienlijk beter dan energielabel A. Voor woningen en appartementen mag de T_{temperatuur}Overschrijding in juli niet groter zijn dan 1,0 als er geen actieve koelingsinstallaties aanwezig zijn. Koelen kan ook met sommige warmtepompen.

Figuur 12-13 Ontwikkelingen per verbeteringsperiode.

Energie label A⁺ = 0,6 < EPC ≤ 0,8
 Energie label A⁺⁺ = 0,4 < EPC ≤ 0,6
 Energie label A⁺⁺⁺ = 0,2 < EPC ≤ 0,4
 Energie label A⁺⁺⁺⁺ = EPC 0,1 (passief huis)



Omdat er rekening gehouden wordt met de verhouding buitenoppervlakte (A_{Is}) van het gebouw en het gebruiksoppervlak (A_g) wordt de volgende tabel aangegeven:

Tabel 1: Definitieve BENG-eisen woningbouw per 1 januari 2021

	A _{Is} /A _g verhouding	BENG 1 ¹⁾ (kWh/m ² .jr)	BENG 2 (kWh/m ² .jr)	BENG 3 (%)	T _{juli} (-)
Woongebouw	A _{Is} /A _g ≤ 1,83 1,83 < A _{Is} /A _g ≤ 3,0 A _{Is} /A _g > 3,0	≤ 65 ≤ 55 + 30* (A _{Is} /A _g - 1,5) ≤ 100 + 50* (A _{Is} /A _g - 3,0)	≤ 50	≥ 40	≤ 1,0 of GTO < 450 uur of actieve koeling
Andere woonfunctie	A _{Is} /A _g ≤ 1,5 1,5 < A _{Is} /A _g ≤ 3,0 A _{Is} /A _g > 3,0	≤ 55 ≤ 55 + 30* (A _{Is} /A _g - 1,5) ≤ 100 + 50* (A _{Is} /A _g - 3,0)	≤ 30	≥ 50	≤ 1,0 of GTO < 450 uur of actieve koeling

1) Grondgebonden woningen en woongebouwen met een lichte bouwconstructie krijgen een toeslag van 5 kWh/m².jr voor BENG-1

Voor de uitvoering van de thermische isolatie zijn de volgende minimumwaarden aangegeven:

- Vloerisolatie moet een BENG-norm waarde hebben van Rc ≥ 3,7 m².K/W.
- Dakisolatie moet een BENG-norm waarde hebben van Rc ≥ 7,0 m².K/W.
- Gevelisolatie moet een BENG-norm waarde hebben van Rc ≥ 4,7 m².K/W.
- Ruiten bij voorkeur triple glas²³, maar altijd < Ug ≤ 1,2 W/m².K of Rg ≥ 0,83 m².K/W.

²² 1 kWh is evenveel als 3,6 MJ. • 1 m³ aardgas heeft een primaire energie-inhoud van circa 9,8 kWh. • 1 m³ aardgas levert na omzetting in een elektriciteitscentrale 3,8 kWh elektriciteit, rendement centrale = 39%.

²³ In het document: "101 soorten Glas" op website www.nienhuys.info gaat verder in op de glassoorten.

De meeste energiebeperkingsmaatregelen zijn gefocust op een CO₂-uitstootreductie. Eenmaal toegepast werken die maatregelen voor de duur van hun aanwezigheid. Hoe hoger de isolerende werking (Rc-waarde) van de gebouwschil, hoe meer CO₂-uitstootreductie, omdat er dan minder verwarming of koeling nodig is.

Bij glas geldt: Hoe lager de warmtegeleidingswaarde (Ug-waarde W/m².K) hoe beter het isoleert. Een hogere Rc in m².K/W of lagere Ug (1/Rc) zijn dus milieutechnisch duurzaam en voordelig.²⁴ Het is belangrijk dat steeds de hoogste Rc of de laagste Ug voor een bepaalde constructie wordt gekozen.

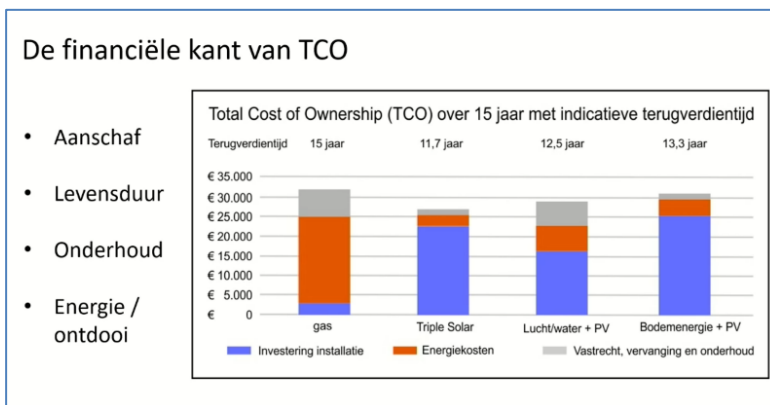
In de meeste gevallen zijn de energiemaatregelen al kosteneffectief binnen een periode van 10 jaar (rente op kapitaalinvestering > 8%), maar sommige maatregelen zijn pas kosteneffectief in 25 jaar (rente op kapitaal > 4%)²⁵. Bijna alle investeringen verhogen het comfort, terwijl de bouwkundige maatregelen die deskundig zijn uitgevoerd de waarde van het onroerend goed verhogen²⁶.

De terugverdientijd is niet de enige factor. Er is bij de keuze tussen isoleren en installaties soms een vergelijking van kosten mogelijk. Een 50% grotere warmtepomp (geen 4 kW, maar 6 kW) voor een minder geïsoleerde tussenwoning kost wellicht 10% extra (b.v. € 500), maar betere isolatiemaatregelen om die kleinere warmtepomp te rechtvaardigen kosten dan bijvoorbeeld € 1500. Die grotere warmtepomp is eerst wel goedkoper, maar verbruikt wel straks 20 jaar lang meer energie.²⁷

Het mechanische gedeelte van die warmtepomp gaat wellicht tot 20 jaar mee voordat deze vervangen moet worden. Daarna is het opnieuw de vraag of die woning tussentijds een stap verder geïsoleerd moet worden. Dat kost dan wel twee keer zoveel als dat die betere isolatie meteen in een vroeg stadium werd aangebracht.²⁸ Elke laag extra isolatie aanbrengen levert bovendien een steeds lager economisch en energetisch rendement op, dus het is belangrijk dat in één keer direct de meeste isolatie wordt aangebracht en de binnenmuren en dak netjes worden afgewerkt. Een ander aspect dat meegenomen moet worden is de TCO (Total Cost of Ownership) van een bepaalde installatie. Het volgende schema van NIBE verduidelijkt dit²⁹

Figuur 12-14. Een HR-CV ketel is erg goedkoop in aanschaf maar heeft hoge energiekosten.

Warmtepompen zijn duur in aanschaf, maar hebben lage energiekosten. Daarbij komen ook nog de onderhoudskosten. Hoe hoger de aanschafkosten, hoe langer de terugverdientijd, maar hoe goedkoper het op de langere termijn kan zijn.



²⁴ Voor meer informatie over glas, de isolatiewaarden en toepassingen zie www.nienhuys.info met verschillende documenten zoals 101-Soorten-Glas, voorzetramen, kozijnen en daklichten.

²⁵ Voorbeelden zijn de extra isolerende ramen, vooral wanneer ook de kozijnen vervangen moeten worden. De ramen en deuren veroorzaken in een woning het grootste warmteverlies/m² oppervlak en daardoor ook de hoogste CO₂ uitstoot, terwijl goede ramen wel 100 jaar kunnen blijven zitten.

²⁶ Naarmate de energieprijzen stijgen (verrekening van de milieukosten) zal dit een grotere invloed krijgen. Omdat de investering van een goede isolatie maatregel in feite al meteen is terugverdiend in de meerwaarde van de woning is de aanvullende terugverdientijd op de energierekening een extra bonus.

²⁷ Meer informatie over warmtepompen op de website www.nienhuys.info documentje 'warmtepompen'.

²⁸ Dit is bekend dilemma tussen investeringen voor de toekomst doen of alleen korte-termijn-denken. Een gerelateerd probleem is dat de 'snelle jongens' makelaarswereld nauwelijks naar de isolatiewaarde van de woningen keken, reden waarom er vanuit die sector altijd zoveel bezwaar tegen de energie-labels was.

²⁹ Webinar over PV-thermische installaties. https://channel.royalcast.com/webcast/nibe/20201112_1/

12.7. Isolatie van de gebouwschil

Voor het isoleren van vloeren, muren en daken is uitgebreide informatie op het internet te vinden, zoals op www.miliecentraal.nl. Op www.verbeterjehuis.nl van MilieuCentraal kan men een indicatie krijgen wat de energiemaatregelen kosten en hoeveel dat financieel oplevert aan energiebesparing. Dit laatste hangt af van de werkelijke energiekosten inclusief aansluiting en belastingen.

Op <https://www.miliecentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/wonen-zonder-aardgas/> is uitgebreide informatie aanwezig over verschillende **methoden van isoleren**, over elk gebouw onderdeel, met voor- en nadelen, en waar men op moet letten bij het beoordelen van offertes.

Op het internet is veel gesponsorde informatie aanwezig van bedrijven die hun eigen producten aanbevelen, waarbij hoofdzakelijk de voordelen worden verteld of uitvergroott. Aannemers en bedrijven hebben veelal overeenkomsten met bepaalde fabrikanten of leveranciers en zullen daarom die producten aanbevelen waar ze de meeste ervaring mee hebben. Dat betekent niet dat die producten inferieur zijn, maar wel dat die aannemer met dat product meer ervaring heeft.

Buitenmuren. Bij het versterken van de raampenanten zijn drie methoden het meeste relevant:

- 1) Het langs de zijkanten verticaal in-frezen en verlijmen van rvs-wokkels tot ruim onder en boven de openingen en daar ook horizontale verbindingen aanbrengen;
- 2) Het goed strippen en uitvlakken van de muur en stevig opplakken van GVTW of dit aanbrengen over de rvs-wokkel versterkingen van 1) hierboven;
- 3) Het aanbrengen van houten/ijzeren profielen op de penanten en die met chemische ankers aan de muur verbinden, en als portalen versterken tegen zijwaarts kantelen.
- 4) Het verbreden van de raampenanten door de constructie van sterke glaspanelen.

Woningen hebben vaak meer buitenmuur oppervlakte dan men denkt. Een groot raam in de woonkamer heeft vaak rond het raam meer oppervlak dan de ruiten met het kozijn samen. Het kapitaalrendement van 5 cm spouwmuurisolatie ($R_c = 1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) na géén spouwmuurisolatie ($R_c = 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) is ongeveer 12% en daarmee een van de beste investeringen, ook als de bovenetage (slaapkamer) matig verwarmd is. De huidige 2021 **BENG-norm $R_c = 4,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$** is dus bijna 3x zoveel als de na-geïsoleerde spouwmuur. Het toepassen van binnenzijdige of buitenzijdige muurisolatie is per m^2 oppervlak twee tot driemaal duurder dan spouwmuurisolatie, maar binnenzijdige muurisolatie en versterking kan met kleine aannemers en Doe-Het-Zelf (DHZ) gedaan worden³⁰.

Woningeigenaren die voor een gedeeltelijke DHZ-optie willen gaan kunnen begrotingen (tekeningen) laten maken door aannemers en ook de materialen door hen laten aanleveren, terwijl er vele opties bestaan voor gereedschap en steigerverhuur. **Specialistische taken (elektra, CV, stucwerk) moeten door die aannemer of het installatiebedrijf worden uitgevoerd**. Buren kunnen elkaar helpen met de uitvoering. Bij rijtjeswoningen is het verstandig om activiteiten samen met de burens te ondernemen omdat dan de kosten per m^2 lager kunnen worden. Ook kunnen burens elkaar helpen met het uitvoeren van bepaalde taken.³¹

Ook zijn er steeds nieuwe ontwikkelingen op de markt die met een nieuwe technologie een beter product leveren dat zuiniger of duurzamer werkt. Nieuwe ontwikkelingen zijn te verwachten op het gebied van hergebruik bouw materiaal, luchtbehandeling, thuisbatterijen en afvalwaterrecycling.

Het bovenstaande betekent dat het voor een leek soms moeilijk is om een juiste of duurzame keuze te maken, wanneer deze keuze beperkt is door de plaatselijke leveranciers. Goede informatie van de overheid en onafhankelijke organisaties kunnen de woningeigenaar begeleiden in deze keuzes.

³⁰ De voor- en nadelen worden toegelicht in het document binnenzijdige of buitenzijdige muurisolatie op de eerste pagina van www.nienhuys.info. De mogelijkheid om lange warmtelekken ter plaatse van de versterkingsprofielen te voorkomen worden besproken in een ander document op dezelfde pagina.

³¹ Zie document 'Tegelijk gebouwd, Samen isoleren' op mijn website www.nienhuys.info

Door het vragen van offertes van aannemers of installateurs zal de woningeigenaar meer informatie krijgen, maar gedetailleerde offertes van complexe producten zoals een warmtepomp of balansventilatie, vereisen vaak een betaling. Deze betaling zal dan als korting wordt berekend wanneer voor de uitvoering door die aannemer of installateur wordt gekozen.

12.8. Duurzaam door recycling en hergebruik

Duurzaamheid ('Cradle to Cradle', van Wieg tot Wieg) van de bouw is in Groningen gerelateerd aan seismisch versterken. De woningen moeten langdurig goed blijven functioneren als veilige verblijfplaats voor de bewoners in hun (dorps)gemeenschappen³².

De mate van duurzaamheid van bouwmaterialen wordt bepaald door verschillende factoren zoals de milieukosten van de productie (hout, CO₂), transport (fossiele brandstof, CO₂), het gebruik van het gebouw (intensiteit), de technische eisen, de gebruiks- of levensduur van het product en de constructie, de milieueffecten die het door het gebruik ontstaan (b.v. de mate van energieverbruik).

De (woning)bouw is zeer energie-intensief vanwege het hoge energiegebruik in de ontginning, transport en productie van grondstoffen en bouwmaterialen, maar ook ten gevolge van het transport naar en op de bouwplaats, de verwerking in de constructie, en uiteindelijk het verwijderen en verwerken van bouwafval. De bouw is verantwoordelijk voor meer dan 1/3 dan de totale landelijke CO₂-uitstoot. De duurzaamheid van de materialen wordt verder gerelateerd aan de praktische levensduur van het materiaal en de onderhoudskosten tijdens die levensduur.

Baksteen vereist heel veel (fossiele) energie, nodig om de klei te bakken (CO₂-emissies), en voor transport om ze naar de bouwplaats te brengen. Voor cementmortel, eist de cementproductie ook erg veel energie. Aan de andere kant kan baksteen metselwerk voor honderden jaren in een gebouw dienstdoen zonder onderhoud, hetgeen een positief element is. Dit element vervalt echter wanneer de baksteen muur wordt gesloopt en de bakstenen worden verpulverd of weggegooid.

Baksteen kan echter wel recyclet worden waardoor het een tweede levenscyclus krijgt en waarmee de duurzaamheid van het bronmateriaal verbetert. Oude handvorm bakstenen kunnen worden schoongemaakt van kalk- en cementresten (eventueel steen-strips gezaagd), waarbij ze hergebruikt kunnen worden in monumentale panden of rustieke/decoratieve constructies.

Figuren 12-15. Baksteen recycling en plakken van steen-strips.

Bij een voldoende aanbod van materiaal wort recycling interessant.³³



Bij het slopen van gebouwen komen heel veel materialen vrij. Het hergebruik en recycling en opwaarderen van sloopmateriaal is belangrijk in het verduurzamen van de bouw. Sommige materialen kunnen na het binnenzijdig gevel versterken of muurisolatie weer worden teruggeplaatst naar waar ze vandaan kwamen. Denk aan sanitair, keukens, radiatoren of jaloezieën.

³² Zie Youtube film: <https://www.omroepzeeland.nl/media/52927/Waar-kun-je-een-tweedehands-cv-ketel-vinden-voor-je-bouwproject-in-de-materialenbank> en www.recyclingnederland.nl

³³ Zie ook: <https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20100205-baksteen-uit-puinafval>

Figuren 12-16. Hergebruik sanitair.

Links: Archipunt circulair verbouwen. Rechts: Goede materialen worden gecontroleerd en weer op de markt aangeboden.



12.9. Maak een planning voor hergebruik

- A. Dun plaatmateriaal moet vaak recyclet worden omdat het niet in haar geheel verwijderd kan worden; gipsboord zal makkelijk breken, maar planken of spaanplaat kan vaak in kleinere afmetingen nog goed hergebruikt worden. Isolatiemateriaal kan bijna altijd goed hergebruikt worden (vooral Rockwool®)³⁴, eventueel in combinatie met een extra laag nieuw materiaal. Radiatoren zijn voor een beter geïsoleerd huis vaak iets te groot, maar de beste kunnen gewoon teruggeplaatst worden, eventueel met thermostaatkraan en nieuwe geïsoleerde leidingen.

Figuren 12-17. Oude radiatoren krijgen nieuwe kleuren en kunnen gebruikt worden voor LTV-systemen. Als de woning goed geïsoleerd is.

Links: www.gimmij.nl

Rechts: www.marenco.nl.



- B. De juiste instructie naar de bouwvakkers is nodig over welke materialen hergebruikt moeten worden en apart schadevrij moeten worden verwijderd en veilig opgeslagen, en welke materialen recyclet moeten worden. Deze recyclebare materialen moeten apart gehouden en apart gestort worden. Hout bij hout, gips apart, beton resten voor granulaat ook apart, enz.
- C. Organisatie van de juiste opslag/afval containers. Bij hergebruik of recycling is het uiterst belangrijk dat niet eerst vermenging van afval ontstaat, dat later weer gescheiden moet worden. Scheiding aan de bron is zeer belangrijk. Dit betekent dat op de bouwplaats verschillende schuren, containers of bouwzakken en pallets ter beschikking moeten staan om de verschillende materialen te verzamelen.

Figuren 12-18. Sorteren zonder vermengen.

Links: Foto van Peter op Blogspot. Rechts: Cobouw.



In sommige gevallen zoals bij het verwijderen van schoorstenen en muren van de zolders³⁵, is het gebruik van stortkokers die direct in een puincontainer eindigen een economische oplossing, tenzij er fraaie handvorm stenen in de buitenschuursteen zitten. Wanneer de schoorsteenmantel op de begane grond wordt verwijderd is het belangrijk dat het hele gemetselde schoorsteenkanaal ook wordt verwijderd, anders ontstaat er een eenzijdige belasting langs die muur.

³⁴ Rockwool heeft een speciale recycling service die samen met Renewi opereert. *Upcycling*.

³⁵ Vermindering van gebouwmassa en verwijderen van schoorstenen is relatief versterken.

- D. Om regenschade te voorkomen moet volumineus bouw materiaal zoals glaswol of steenwol overdekt opgeslagen worden. Ook als raam- en deurkozijnen tijdelijk verwijderd moeten worden voor een muurversterking zullen deze droog moeten worden opgeslagen. Bij kop-romp-boerderijen kan een gedeelte van de grote schuur voor opslag worden gebruikt.
- E. Keukens en badkamers. Voor het aanbrengen van een versterking aan de binnenzijde van het binnen-spouwblad van de buitenschil, moeten keukenelementen of sanitaire installaties eerst zorgvuldig verwijderd worden, zodat ze weer teruggeplaatst kunnen worden, of voor aflevering aan een kringloopcentrum. Beschadigd sanitair is niet economisch te repareren.

Bij het uitslopen van keukens en badkamers komen ook tegels vrij, waarvan de meeste zullen sneuvelen en bij het bouwpuin moeten. Hele tegels kunnen echter ook apart gesorteerd worden en aangeboden aan de bouwmaterialenhandel, eventueel met resten cementmortel aan de achterkant. Tegels en plavuizen zijn bij hergebruik zeer duurzame materialen.³⁶

Figuur 12-19. Wastafels hergebruik. Nieuw sanitair is een grote kostenpost. Met nieuwe kranen kan oud sanitair uitstekend dienstdoen.³⁷



- F. Ramen- en raamkozijnen. Bij versterken zijn de raamopeningen kritieke zones die verzwakking van de muren veroorzaken. Voor het versterken van woningen kunnen soms kleinere kozijnen worden toegepast waardoor de raampenanten breder worden. Ook kunnen in de bestaande kozijnen sterke glaspanelen geplaatst worden, hetgeen echter niet in kunststof kozijnen kan. Kozijnen fabrikanten hebben vaak overschotkozijnen. Bij het verduurzamen van de woningen zal de thermische isolatie van de ramen bij voorkeur triple glas in een bredere sponning moeten worden.

Figuur 12-20. Buitendeuren kunnen meestal aanzienlijk thermisch verbeterd worden. Dit kan een onderdeel zijn van het duurzaamheid en isolatieplan voor de woning. Het thermisch aanpassen van de deur houdt meestal ook meer scharnieren in. Tape sleutels aan het handvat³⁸.



Bij het versterken van smalle raampenanten moeten vaak de raamkozijnen verwijderd worden en soms aangepast of kleiner gemaakt. Dit kan goed bij de meeste houten kozijnen, maar zal in een aparte werkplaats gedaan moeten worden met de juiste gereedschappen.

³⁶ In de Groningse provincie zijn nog weinig kringloopcentra. Nieuwe centra kunnen werkgelegenheid opleveren. Voor meer informatie: Stichting milieunet: http://www.stichtingmilieunet.nl/tip_hergebruik.html

³⁷ Foto: http://www.beijer-rhemen.nl/wp-content/uploads/2013/09/SAM_0249.jpg

³⁸ Foto: <http://www.verbouwkosten.com/hergebruik-van-bouwmaterialen>

Ook hier geldt dat bij het aanpassen van veel woningen deze werkplaatsen opslagcapaciteit moeten hebben voor ramen onder renovatie en voor hergebruik³⁹.

Figuur 12-21. Kozijnen van hout. Door zorgvuldig te slopen kunnen bestaande houten kozijnen opnieuw gebruikt worden, bijvoorbeeld als er nieuwe kleinere kozijnen nodig zijn. Ze kunnen ook aangepast worden voor dikker isolatieglas⁴⁰.

Kozijnen kunnen aan de sponningkant dikker gemaakt worden voor de plaatsing van triple glas.



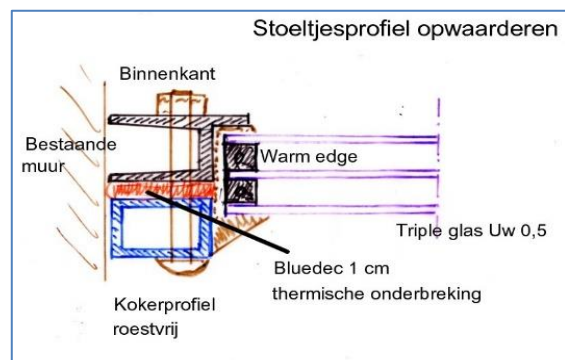
Figuur 12-22. Afvalcontainer met complete ramen met glas en deuren, hout en plaatmateriaal. Het opwaarderen van de goede grenen ramen en kozijnen voor de toepassing van triple glas was even duur, maar wel 2X zo isolerend. De aannemer wilde hier slechts mahonie ramen (niet FSC-hout) leveren voor slechts matig isolerend HR⁺⁺ glas. De gestorte materialen worden niet recyclet door het containerbedrijf (te veel werk).



Figuur 12-23. Metalen kozijnen zijn thermisch zeer slecht. Het inzetten van isolatieglas of vacuümglas wordt vaak niet gegarandeerd. Aan de binnenkant van het originele buiten raam kan wel een HR⁺⁺ binnen een compleet achterzetraam geplaatst worden.



Figuur 12-23. Profiel verbreden voor nieuwe toepassing triple glas⁴¹. Het metalen stoeltjes profiel blijft hier het koudste oppervlak, maar de Bluedec vermindert het warmteverlies. Dit is een optie wanneer de stalen ramen vanwege de architectuur niet veranderd mogen worden. De ruiten worden er van de buitenkant in gezet.



³⁹ Veel aannemers kunnen houten kozijnen zelf aanpassen, maar bij grotere aantallen kan het wenselijk zijn dat er gespecialiseerde bedrijven zich uitsluitend gaan toeleggen op kozijn aanpassingen.

⁴⁰ Foto: www.slopenweb.nl Zie ook voor recycling kozijnen: <https://www.gpgroot.nl/>

⁴¹ Het stoeltjesprofiel uit de jaren 60 kan ook verdikt worden door er een koker op te monteren met thermische onderbreking. In de veel bredere sponning kan da triple glas geplaatst worden. Op deze manier blijft het buitenaanzicht hetzelfde en is het uit-monteren van het stoeltjesprofielraam niet nodig.

Figuur 12-24. Hele dakpannen zijn volledig opnieuw te gebruiken. Vaak worden ze verhandeld via de bouwmaterialenhandel. Gebroken dakpannen apart opslaan of bij het baksteen afval voegen om te vermalen.⁴²

Bij een dampopen, regendoorslag-werende dakfolie op het dakbeschot kunnen oude pannen uitstekend nog 100 jaar dienst doen.

Op www.Marktplaats.nl worden zeer regelmatig partijen dakpannen aangeboden (gratis afhalen) en ver-/gekocht.



G. Oud Rockwool en EPS hebben al een goede recycling. Als het schoon wordt aangeboden wordt het volledig door de bedrijven opnieuw gebruikt.

Figuur 12-25. In de markt is een ruim aanbod van restanten PIR en Recticel platen die een goede drukvastheid hebben. De isolatiewaarde is niet minder dan nieuwe platen, maar kosten wel de helft. De meeste van deze platen zijn dampdicht gecacheerd met een aluminiumfolie.⁴³

Kingspan heeft nu een volledige recycling van restmateriaal.

Wit EPS wordt volledig recycleet.



H. Radiatoren. Bij binnenzijdige muurversterking met muurisolatie moeten de radiatoren (tijdelijk) verwijderd worden. Bij de goed geïsoleerde woning kan met (1) kleinere radiatoren worden volstaan, of (2) met een kleiner aantal radiatoren, of (3) met een LTV gestookt worden, of (4) radiatorventilatoren toegepast. De LTV is het meest voordelig maar dan is technisch gesproken een groter afgifteoppervlak nodig dan bij hoge temperatuur verwarming. Inwendig schoonspoelen is nodig als ze een poosje zonder water hebben gestaan. Bij een nieuwe Cv-ketel of warmtepomp die een andere doorstromingsnelheid heeft, kan er vóór de Cv-installatie een Spirotech® roest/ijzer filter geplaatst worden ter bescherming van de warmtewisselaar en circulatiepomp.

Figuur 12-26. Een Spirotech vóór de CV verwijderd metaal en roestdeeltjes uit de leidingen zodat deze niet in de pomp terecht komen. <http://www.spirotech.com/nl/theorie/pompbescherming/>



I. Vloertegels en Wandtegels. Uit de sloop van vloeren komen zelden hele keramische tegels vrij, maar bij wanden is dit wel mogelijk. Het hergebruik wordt bemoeilijkt als de mortellaag sterk aan de tegel zit verbonden. De meerdere kosten van het verwerken wegen dan zelden op tegen de besparing van het materiaal, tenzij het antieke tegels zijn.

⁴² Foto: <http://www.beijer-rhenen.nl/wp-content/uploads/2013/09/diverse-dakpannen.jpg>

⁴³ Foto: <http://www.gebruiktebouwmaterialen.com/Materialen.aspx?Artikelgroep=23&ArtikelSubgroep=52&Artikel=119>

Figuur 12-27.
Gekleurde tegels kunnen hergebruikt worden in vloeren en ornamentaal tuinmeubilair.

Links. Bank in dorp.
Rechts. Een wereldberoemd voorbeeld zijn de banken in het Park Guell van Gaudi in Barcelona.



Het Circulair Warenhuis (Leiden) maakt van beschadigd keramiek nieuw terrazzo. Door Max Lipsey.

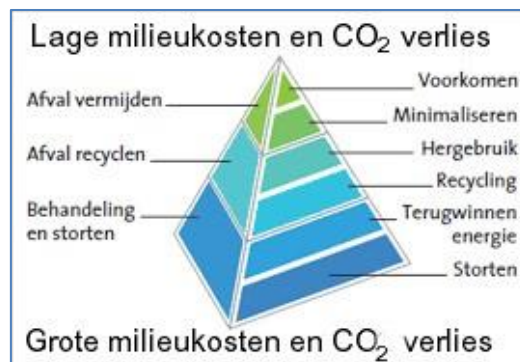
J. Plastic afval. Veel bouwmaterialen zijn in plastic verpakt voor transport. Verschillende soorten plastic kunnen verwerkt worden in straatmeubilair en bermpaaltjes.

K. Papier en karton. Apart opslaan en aanbieden voorkomt vermenging en degradatie. Voor de meeste aannemers en kleien bouwwerken blijkt dat toch te veel werk/kosten.

Bovenstaande lijst is slechts een greep uit de vele aspecten die bij hergebruikt spelen. Hoe groter de hoeveelheden materiaal, hoe beter het loont het om het afval gescheiden in te leveren voor hergebruik of recycling. Het is aanbevolen om per dorp locaties aan te wijzen voor tijdelijk opslag en verwerking van deze materialen (in een grote gebinten schuur). Dat wil zeggen dat er voor elk dorp in de provincie een bouwmaterialen kringloop opgezet kan worden.

Figuur 12-28. Voor meer informatie over duurzaam bouwen in het algemeen zie:

<http://gidsduurzamegebouwen.leefmilieubrussel.be/nl/q-mat07-duurzame-keuze-van-raamkaders.html?IDC=89&IDD=6730>



Aan de hand van de verbouwbegroting kan een lijst gemaakt worden van de diverse gebouw onderdelen die recycleert of hergebruikt kunnen worden en hun bestemming. Op basis van de lijst kan een schatting gemaakt worden van de benodigde opslagruimtes. De lijst is ook een ondersteuning voor het maken van een goede begroting van de werkzaamheden en de volgorde van uitvoering.

Ruimte	Onderdeel	Oppervlakte	Behandeling	Naar	Opslag	Opmerkingen
Badkamer	wastafel	1 buitenmuur	Afkoppel	Schuur 1	3 maanden	Met kranen
	spiegel	1 buitenmuur	demontage	Schuur 1	3 maanden	staand
	Bad- douche	tussenmuur	Afkoppelen	Schuur 1	3 maanden	Met kranen
	Tegels	Rondom 1,5 m	slopen	Zak tegels	Naar TC	buiten
	Waterleiding	10 m koper	Vervangen PCVC	Container 1	4 maanden	verkoop
	Plafond lamp	Met spotjes	demontage	Loods	3 maanden	Vervangen LED
	Radiatoren	60x 120 cm	Afkoppelen, later terugplaatsen	Schuur 1	3 maanden	Spoelen + nieuwe Thermostaatkraan
	Kozijn noord	100 x 150 cm	Demontage kozijn en sponning breder maken.	Timmerbedrijf inclusief triple glas.	< 3 maanden, vóór nieuw tegelwerk	Timmerbedrijf bestelt Triple glas
	Deur naar slaapkamer	80 x 190 cm	Kozijn blijft zitten. Deur inkorten na vloeraanpassing	Deur naar werkplaats. Plak sleutels vast	3 maanden	Voor installatie schilderen.

Groningse bedrijven die sloopafval ontvangen en verwerken zijn op het internet te vinden:

Zie: www.kringloopbouwmaterialen.nl en <http://www.kringloopnet.nl/kringloopbouwmaterialen.swf>

12.10. Circulair Design Collectief

De Nederlandse overheid heeft een stappenplan ontwikkeld zodat materialen van nieuwe en oude gebouwen zoveel mogelijk hergebruikt en recyclebaar worden. Dit betekent in de eerste plaats dat men van het begin af aan zoveel mogelijk circulair (maximaal hergebruik) moet gaan ontwerpen, zodat bij vernieuwingen in de hoofdconstructie de inbouw onderdelen goed hergebruikt en recyclebaar kunnen worden en er zo min mogelijk verlies van bouwmaterialen ontstaat. Om de milieudoelstellingen van een sterk verminderde CO₂-uitstoot per 2050 te realiseren (Parijs akkoord) is het volgende traject uitgezet:

2021: Standaards: er zijn nog geen Nederlandse en weinig Europese standaards en normen om circulair te ontwerpen. Om de volgende doelen te bereiken moeten er veel normen en richtlijnen komen.

2025: Vastgoed: alle overheden moeten circulair aanbesteden met vastgoedprojecten. Dit betekent dat vanaf 2024 alle architectenbureaus ook op circulaire principes moeten ontwerpen.

2030: Materiaalgebruik: ten minste 50% van alle materialen en toepassingen moet circulair zijn. Dat betekent ook dat technische installaties zo circulair ontworpen moeten zijn.

2050: Alle materialen en 100% van de toepassingen moeten circulair zijn.

Het bovenstaande is voor nieuwbouw geformuleerd, maar hetzelfde geldt voor verbouw, renovatie of sloop. Wanneer men in Groningen bouwkundige aanpassingen gaat doen dan zouden de ontwerpen ook zo gemaakt moeten worden en aangebracht dat ze op de duur goed recyclebaar zijn.

Er kunnen vijf stappen onderscheiden worden.

Stap 1. Om efficiënt te kunnen recyclen moet het aanbod van materialen uit sloop of renovatie groot zijn en centraal worden verzameld voor de volgende verwerkingsfase. De bouwmaatschappijen moeten dus een zo groot mogelijke materialenbron hebben in de vorm van veel gebouwen (donor) en in staat zijn om die materialen te verzamelen en tijdelijk op te slaan tot het verwerkingsmoment.

Figuren 12-29. De sloop van de Satellietoren van DNB. Hier werden bijna alle materialen hergebruikt in andere projecten ('Urban Mining'). De ClickBricPure is een façade waarbij bij sloop de stenen volledig hergebruikt kunnen worden.



Stap 2. Er moet samen met de industrie onderzocht worden hoe de verschillende verzamelde materialen het beste hergebruikt of recyclebaar kunnen worden. Het is hier belangrijk dat de materialen niet vervuild zijn door gemiddeld storten in afvalcontainers. Gescheiden collectie is een belangrijke voorwaarde. De recyclingfabrieken zullen materialen uit verschillende locaties van het land moeten verzamelen van de sloop- en renovatie-bouwbedrijven.

Stap 3. De gebouwen moeten getaxeerd worden op de hergebruikswaarde van de materialen, dus niet alleen op de grondwaarde (huurwaarde x oppervlak). Bij deze nieuwe taxatiemethode moet de hergebruikswaarde van de materialen worden aangegeven. Deze hergebruikswaarde zal gaan

toenemen naarmate er meer bedrijven zijn die dergelijke materialen verzamelen en er meer industrieën zijn die ze verwerken.

Stap 4. De bouwwereld moet actief gaan zoeken naar de hergebruikopties van de meest gebruikte materialen en de verzamelmethode. Beton is als grote energievreter en grote massa een van de eerste aandachtspunten voor recycling. In het ontwerpen van nieuw beton moet het hergebruik van oud beton worden meegenomen, speciaal in constructies die geen grote sterkte nodig hebben.

Stap 5. Het moet vanaf de ontwerpfase duidelijk zijn wie de eigenaar is van de grondstoffen. Wanneer de gebruikersperiode is afgelopen dan kan het materiaal terugkomen naar de producent of oorspronkelijke leverancier. Een soort van leasing van de materialen, zoals ook met equipment al het geval is (systeem New Horizons).

De bovengenoemde stappen zijn mogelijk wanneer bij de productie van de materialen de werkelijk milieukosten en van de CO₂-uitstoot in rekening gebracht worden inclusief de delving, transport, fabricage en opnieuw transport, verwerking in de bouw en de sloopkosten. Materialen moeten meer belast worden dan de arbeid die nodig is voor het zorgvuldig verwijderen uit de bestaande bouw.

12.11. Duurzaam door milieuvriendelijke materialen

Nieuwe bouwmaterialen vereisen vaak grote hoeveelheden energie (equivalent met CO₂-uitstoot) voor hun productie, maar er komen steeds meer bouwmaterialen op de markt die minder milieubelasting opleveren, volledig circulair zijn en tegelijkertijd een beter binnenklimaat kunnen produceren. Vooral op het gebied van isolatiematerialen zijn verschillende opties mogelijk⁴⁴.

Voorbeelden zijn:

- ✓ Houtvezelisolatie, vergelijkbaar met goede steenwol of glaswol kwaliteit.
Ook als stuckplaat te krijgen. Gutex termoflex bij **10 cm** dikte **Rc = 3,0 m².K/W.**
- ✓ Isohemp isolatie bouwblokken met goede vochtregulatie, geluidsabsorptie
en warmte opslag. Ook HempFlax isolatiemateriaal bij **10 cm** dikte **Rc = 1,3 m².K/W.**
- ✓ Katoenisolatie (recyclet materiaal) vergelijkbaar met
gewone kwaliteit steenwol of glaswol, maar prikt niet; bij **10 cm** dikte **Rc = 2,7 m².K/W.**
- ✓ IsoCor, geëxpandeerde kurkisolatie, bij **10 cm** dikte **Rc = 2,5 m².K/W.**
- ✓ Natuurverf van natuurlijke grondstoffen (lijnolie, krijt). Voor de toepassing buiten is het
belangrijk of de weersbestendigheid vergelijkbaar is met andere verven.

Een van de voordelen van natuurlijke isolatiematerialen is dat ze dampopen zijn en vochtregulerend, terwijl een dikke laag binnenzijdig leem pleisterwerk goede warmteopslag heeft en daarmee een comfortabel binnenklimaat geeft. Sommige aannemers zijn echter niet bekend met deze opties.

Een van de nadelen is dat ze door een minder isolatiewaarde meer toegevoegde muurdikte vereisen dan goede synthetisch isolatiematerialen zoals:

PUR-platen bij **10 cm** dikte **Rc = 4,0 m².K/W.**
PIR-platen of Recticel bij **10 cm** dikte **Rc = 4,5 m².K/W.**
Hoogwaardige thermische isolatie (Aerogel) Bluedec® bij **10 cm** dikte **Rc = 7,8 m².K/W.**

Bij dit (duurdere) materiaal is minder van de dikte nodig om hetzelfde isolatie-effect te bereiken. Hoogwaardig Bluedec is geschikt voor het verminderen van grote warmtelekken bij staalconstructies. Vacuümpanelen voor hoogbouw⁴⁵ en koelinstallaties bij **10 cm** dikte **Rc = 15,0 m².K/W.**

⁴⁴ Zie www.groenebouwmaterialen.nl en www.ecoplus-bouw.nl

⁴⁵ De toepassingsdikte is gemiddeld 2 tot 4 cm met Rc 3 tot Rc 6 m².K/W. Komt in platen van 1 cm dikte.

De Doe-Het-Zelver (ook de architect en aannemer) zal bij de toepassing van bouwmaterialen en betere thermische isolatie goed rekening moeten houden met de bouwfysische aspecten van die materialen en de constructiedetails. Zo mag je vacuümpanelen niet doorboren (schroeven of spijkereen).⁴⁶

De volgende zijn een paar van de aandachtspunten die nodig zijn bij renovatie:

- Goed isoleren voor een langdurige verbetering heeft de prioriteit boven installaties die slechts 15 jaar meegaan omdat ze slijten of er nieuwere meer efficiënte systemen op de markt komen.
- Voor de beoordeling van de isolatiewaarde van een constructie (R_c in $m^2 \cdot K/W$) moet deze vergeleken worden met de 2021 BENG-waarden en niet met de λ -waarde of R_d -waarde van een los materiaal, omdat dit verschillende eenheden zijn. Bij glas, ramen en kozijnen wordt meestal de U-waarde gebruikt hetgeen $1/R_c$ -waarde is. Dit is uiterst verwarrend voor de leek.
- De verbetering van de thermische schil van het gebouw houdt meestal ook een verandering van de vochtdoorgang in en minder of geen zuurstofuitwisseling door gebrek aan ventilatie. Het gehele ventilatiegebeuren in een woning moet dan beoordeeld/aangepast worden.
- De thermische isolatie of verbeterde ventilatie kan in verschillende fasen worden uitgevoerd.
- De open haard is warmte-technisch niet efficiënt en milieutechnisch zeer nadelig vanwege de grote CO_2 -uitstoot en fijnstof. Bij een herziening van het verwarmingssysteem kan de openhaard (mantel) en schoorsteen vervallen. Soms kan een schoorsteenkanaal als behuizing voor een door dat kanaal door te trekken ventilatiekoker dienen.
- Er bestaan verschillen tussen vochtdicht en damp-open construeren. Bij het herzien van de isolatie van de buitenschil en in combinatie met luchtverversing (keuken wasemkap) en verwarming, moet hier op de juiste manier aandacht aan gegeven worden.
- Wat zijn de consequenties van het gebruik van verschillende soorten isolatiemateriaal of afwerkingsmateriaal en installaties (inclusief PV) op de brandveiligheid van het gebouw? Moet er asbest, loden waterleiding, rieten plafonds, zachtboard of oude elektra verwijderd?
- Welke bouwmethoden vereisen het minste onderhoud op de lange termijn? Schilderwerk en arbeid is duur, dus voor de prijs van 5 x schilderen heb je al een nieuw kunststof kozijn. Kunststof kozijnen voor triple glas zijn in dat opzicht duurzaam te noemen, omdat ze niet elke 8 tot 10 jaar schilder onderhoud vergen. Zijn CV en warmwater leidingen geïsoleerd? Tropisch hardhout (mahonie) kan wel lang meegaan bij kozijnen, maar moet dan FSC geproduceerd zijn. Bovendien vereist hardhout toch meer onderhoud dan aluminium of kunststof. Voor kunststof kozijnen is het niet bezwaarlijk dat er een percentage recyclet plastic in zit.
- Wat voor opties bestaan er in de regio om bouwmaterialen te hergebruiken of om oude bouwmaterialen in te leveren? Hoe kan voorkomen worden dat alle bouw restmaterialen allemaal in dezelfde afvalcontainer terecht komen waardoor de waarde verdwijnt.
- Wat voor opties bestaan er om samen met de aannemer of de burens samen een groter aantal woningen aan te pakken en/of een gedeelte van de werkzaamheden zelf te verrichten, of samen een groter aantal woningen van hetzelfde type te contracteren om de verbouwkosten laag te houden?
- Welke bedrijven bestaan er voor het opwaarderen van oude kozijnen en deuren voor nieuwe toepassingen. Zo ook kringloopwinkels voor huisraad en bedrijven die meubilair opwaarderen.

⁴⁶ Zie: <https://www.isolatiemateriaal.nl/kenniscentrum/isolatiewaarde-de-rd-waarde-rc-waarde-en-lambdawaarde/>