



Stedelijke vernieuwing in Leeuwarden

Milieueffecten van renovatieactiviteiten

Laure Itard

Marktconformiteit en comfort spelen een belangrijke rol bij de beslissing om te renoveren. Belangrijke overwegingen bij de keuze van renovatiemaatregelen zijn de kosten en de voorspelde energiebesparing. Of de gekozen maatregelen daadwerkelijk een positief effect hebben op het milieu, is nu voor het eerst op systematische wijze onderzocht.

Het Onderzoeksinstituut OTB van de TU Delft heeft onderzoek gedaan naar de milieueffecten van renovatie-ingrepen in de bestaande woningvoorraad. Hierbij is geprobeerd om het milieu niet alleen te benaderen vanuit energie of CO₂-uitstoot, maar ook volgens de gebruikelijke LCA-classificatie in milieueffecten. Milieueffecten zijn meetbare aantastingen van het milieu. Het gebruiken van fossiele energie op zich is geen milieueffect, maar veroorzaakt onder meer uitputting van brandstoffen, broeikaseffect en verzuring. Het is gebruikelijk om tien milieueffecten te onderscheiden:

- Ecotoxiciteit, die wordt veroorzaakt door het lozen van metalen zoals koper, chroom, zink, lood, kwik in zout of zoet water en in de grond. Deze metalen hebben een negatief effect op de organismen die leven in de grond of in water. Er wordt onderscheid gemaakt tussen ecotoxiciteit voor water, sedimenten en bodem.
- Humane toxiciteit, die is gerelateerd aan de uitstoot van voor de mens toxische stoffen.
- Vermesting, die wordt veroorzaakt door overproductie van nitraten, fosfor en stikstof, die in het grondwater terecht komen en de groei van algen in oppervlakte water veroorzaken, waardoor de biodiversiteit in het water afneemt.
- Smogvorming, in de zomer tweeweggebracht door onder andere fijn stof, ozon en vluchtige organische stoffen, in de winter door zwaveldioxide en aërosolen. Smogvorming veroorzaakt luchtwegproblemen.
- Verzuring, die door de uitstoot van zwaveldioxide, stikstofoxide en ammoniak heide en bos aantast en water en bodem verontreinigt.
- Ozonlaagaantasting. Onder andere CFK's uit koelinstallaties breken de ozonlaag in de stratosfeer af.

- Broeikaseffect, veroorzaakt door de uitstoot van onder meer CO₂ en methaan, produceert een temperatuurstijging van de aarde.
- Uitputting van grondstoffen: als niet hernieuwbare grondstoffen gebruikt worden, ontstaat uitputting. (De snelheid waarmee niet hernieuwbare grondstoffen tot stand komen, is lager dan de snelheid waarmee ze worden verbruikt).

WONINGVOORRAAD

De Nederlandse woningvoorraad bestaat uit ongeveer 6,9 miljoen woningen, terwijl er per jaar maar zestig- tot zeventigduizend nieuwe woningen worden gerealiseerd. Dit is ongeveer één procent van de totale woningvoorraad. Om de milieubelasting van woningen terug te dringen, is verbetering van de milieukwaliteit van de huidige woningvoorraad essentieel. De grootste opgave ligt in de verbetering van de woningvoorraad tot 1970, specifiek de naoorlogse voorraad van bijna twee miljoen woningen, die veelal bestaan uit kleine woningen met een beperkte bouwfysische kwaliteit.

Bij milieuberekeningen (Levens Cyclus Analyse, oftewel LCA) worden de milieueffecten berekend voor een bepaalde levensduur van een gebouw, meestal 75 jaar. Het blijkt echter dat, voor gebouwen, de resultaten van de analyse sterk afhankelijk zijn van de gekozen levensduur. Een maatregel die resulteert in minder milieubelasting bij een levensduur van 75 jaar, kan resulteren in meer milieubelasting als de levensduur maar veertig jaar is. Omgekeerd kan ook een maatregel resulteren in minder milieubelasting bij een levensduur van vijftig jaar en in meer milieubelasting als de levensduur negentig jaar wordt.

MILIEUTERUGVERDIENTIJD

Deze grote variaties in milieubelasting bevinden zich precies in de bandbreedte van de huidige levensduur van gebouwen. Hoeveel naoorlogse woningen worden er nu al niet gesloopt, na een levensduur van dertig tot vijftig jaar? Hoeveel vooroorlogse woningen zijn er nog steeds, die al veel langer dan 75 jaar bestaan? Kortom, voor ontwerpers en beleidsmakers kan het zinvol zijn om de milieubelasting als functie van de levensduur inzichtelijk te maken zodat weloverwogen beslissingen kunnen worden genomen.

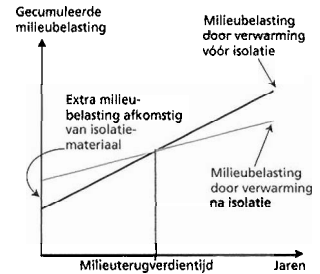
Het Onderzoeksinstituut OTB van de Universiteit Delft heeft daarom het begrip 'Milieuterugverdientijd' geïntroduceerd. Dit geeft aan na hoeveel jaar de milieubelasting, ontstaan door een renovatie-ingreep, zichzelf terugbetaalt door een lagere milieubelasting vanwege een lager energiegebruik voor verwarming. Het principe van de berekening is als volgt: in jaar 0, het jaar van ingreep, ontstaat er een bepaalde milieubelasting veroorzaakt door het vervaardigen (inclusief winning van benodigde grondstoffen) en het plaatsen van de benodigde bouwcomponenten, bijvoorbeeld isolatiemateriaal. Dus, als er wordt gerenoveerd, is de oorspronkelijke milieubelasting hoger dan als het gebouw niet gerenoveerd wordt. Daar staat tegenover dat door de isolatiemaatregelen minder energie gebruikt wordt voor het verwarmen van het gebouw. En minder energiegebruik betekent, voor een aantal van de tien milieueffecten genoemd aan het begin van dit artikel, een lagere milieubelasting. Dit principe wordt geïllustreerd in Figuur 1. De milieubelasting van de referentie (aangeduid in Figuur 1 met de blauwe lijn 'vóór isolatie') is in jaar 0 niet nul omdat er aangenomen wordt dat de renovatie plaatsvindt op een moment dat componenten zoals beglazing en boiler toch al vervangen zouden worden omdat die het einde van hun technische levensduur hebben bereikt. De gecumuleerde milieubelasting na jaar 0 houdt rekening met de regelmatige vervanging van glas, warmteopwekking systeem en alle componenten gerelateerd aan de bestudeerde renovatiemaatregel.

EEN VOOROORLOGSE RIJTJESWONING

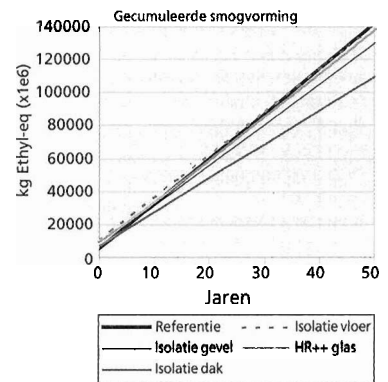
Als voorbeeld wordt een rijtjeswoning van voor 1946 besproken (zie karakteristieken in kader Rijtjeswoning type 3). Deze woning komt overeen met de referentiewoning type 3 zoals beschreven in het rapport 'referentiewoningen bestaande bouw' van SenterNovem (2001). De resultaten voor andere types woningen laten dezelfde trends zien.

De volgende renovatiemaatregelen worden bestudeerd:

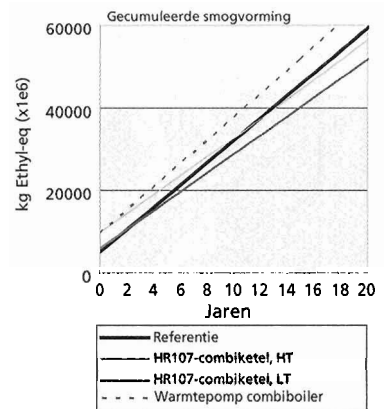
- Isolatiemaatregelen, waarbij gevel, dak en vloeren worden geïsoleerd tot een U-waarde van 0.44 W/m²K. Voor de isolatie wordt steenwol gebruikt.
- Gevelisolatie
- Dak isolatie
- Vloerisolatie
- Vervanging van enkel en dubbel glas door HR++-glas
- Vervanging van de VR-ketel en warm tapwatervoorziening door:



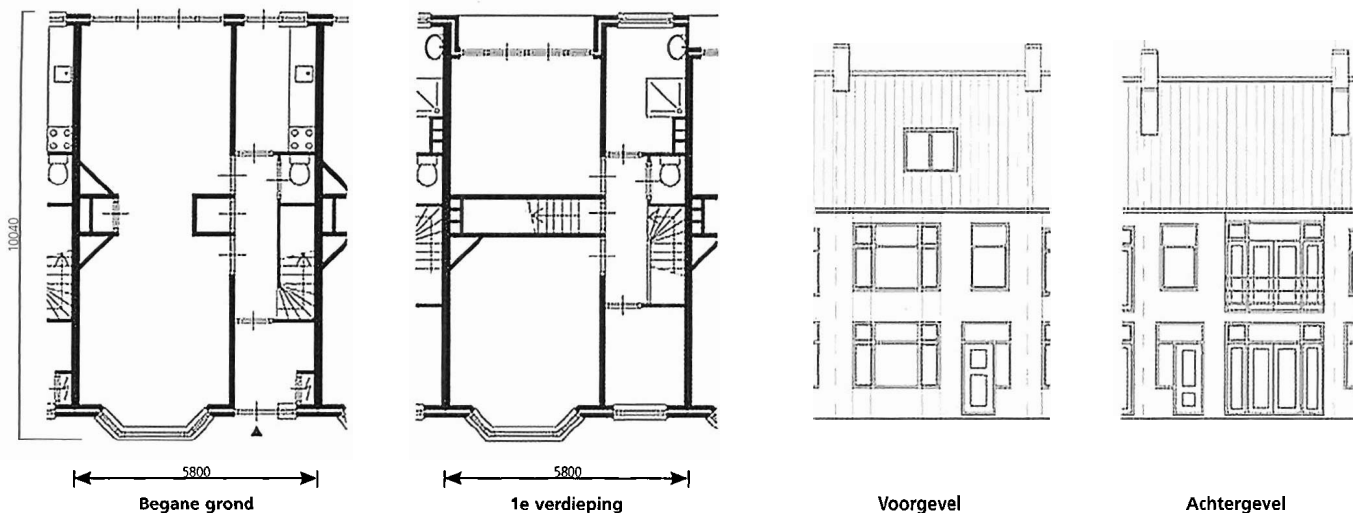
Figuur 1: Principe van de berekening van milieuterugverdientijd.



Figuur 2: Smogvorming als functie van de tijd voor verschillende isolatiemaatregelen.



Figuur 3: Smogvorming als functie van de tijd voor verschillende types installaties.



Referentiewoning 3, rijtjeswoning van voor 1946 (plattegronden gevel)

- HR combiboiler met hoge temperatuur radiatoren
- HR combiboiler met lage temperatuur radiatoren
- Warmtepomp combiboiler met lage temperatuur radiatoren (COP=2 voor warm tapwater)

RIJTJESWONING TYPE 3

- **Bouwjaar:** voor 1946
- **Orientatie:** N/Z
- **Gebruiksoppervlak:** 130 m²
- **Breedte:** 5.8 m
- **Diepte:** 10.4 m
- **Vloer begane grond:** ongeïsoleerd houten vloer, U=2.6 W/m²K, 56 m²
- **Dak:** ongeïsoleerd pannendak, U=2.4 W/m²K, 65 m²
- **Gevel:** ongeïsoleerde spouwmuur, U=1.7 W/m²K, 38 m²
- **Beglazing:** 22 m² enkel glas (U=5.1 W/m²K), 10 m² dubbelglas (U=2.9 W/m²K)
- **Natuurlijk geventileerd**
- **Ruimteverwarming:** VR-ketel met hoge temperatuur radiatoren
- **Tapwater verwarming:** keuken-en douche geiser

De gehanteerde levensduur is 35 jaar voor alle warmtedistributie leidingen, dertig jaar voor de radiatoren en de warmtepomp, 25 jaar voor isolatie en beglazing, vijftien jaar voor de ketel en acht jaar voor de waterpomp. Alle andere componenten hebben een levensduur van 75 jaar. In de berekeningen wordt rekening gehouden met de vervanging van de componenten aan het einde van hun levensduur.

De milieueffecten worden berekend met EcoQuantum en het energiegebruik voor verwarming met EPA 4. De milieuterugverdientijd wordt berekend voor alle milieueffecten. Als voorbeeld worden hier de resultaten getoond voor het effect 'Smogvorming'. Figuur 2 toont de resultaten voor isolatiemaatregelen en Figuur 3 voor de installatietechnische maatregelen.

TERUGVERDIEN TIJD

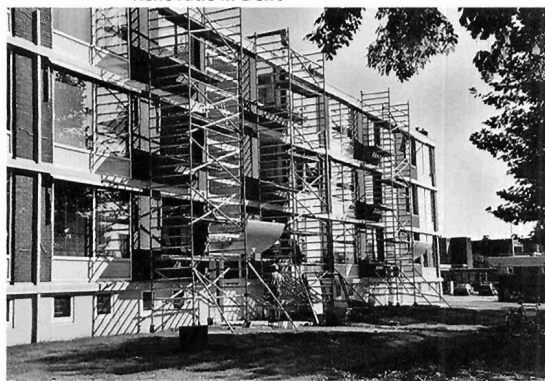
Dakisolatie leidt tot een afname van smogvorming van 21 procent na dertig jaar, met een terugverdientijd van slechts drie jaar. Deze terugverdientijd heeft niets te maken met de kosten. Het betekent alleen dat er drie jaar nodig is voordat het lagere energiegebruik dat het gevolg is van dakisolatie, resulteert in een afname van smogvorming, die gelijk is aan de oorspronkelijke toename van smogvorming, welke resulteerde uit de productie en plaatsing van het isolatiemateriaal. Gevelisolatie en gebruik van HR++-glas zijn minder efficiënt (besparing van respectievelijk acht en twee procent en milieuterugverdientijden van vijf en vijftien jaar). Vloer isolatie heeft een licht negatief effect op smogvorming, omdat de energiebesparing door vloerisolatie net niet genoeg is om de initiële milieulast te compenseren. De berekeningen zijn gemaakt met steenwol als isolatiemateriaal, maar het gebruik van andere materialen zoals glaswol, EPS of tonzonzfolie blijkt weinig invloed te hebben op de resultaten.

De vervanging van een oude ketel door een HR-107 ketel is alleen efficiënt wanneer het gehele warmtedistributiesysteem wordt vervangen door een lage temperatuur systeem. Wanneer lage temperatuur verwarming gebruikt wordt, is de afname van smogvorming na vijftien jaar twaalf procent met een terugverdientijd van twee jaar. Met hoge temperatuur verwarming is de besparing slechts drie procent en de terugverdientijd twaalf jaar. Opvallend is dat de warmtepomp zeer slecht scoort. Dit komt enerzijds door de oorspronkelijke toename van het milieueffect 'smogvorming' en anderzijds door de verandering in energiedrager. De energiedrager verandert van gas (ketel) naar elektriciteit (warmtepomp) en het milieuprofiel van elektriciteit valt nadelig uit ten opzichte van gas.

De resultaten voor alle milieueffecten worden samengevat in Tabel 1. De terugverdientijd wordt weergegeven alsmede de besparing na dertig jaar voor de isolatiemaatregelen en na vijftien jaar voor de vervanging van installaties.

In het algemeen hebben isolatiemaatregelen een positief effect. Wanneer dit niet het geval is (bijvoorbeeld bij vloerisolatie), blijft de extra belasting beperkt tot ongeveer vijf procent, wat als neutraal beschouwd moet worden in het licht van de nauwkeurigheid van LCA-berekeningen. Voor een vooroorlogse rijtjeswoning is dakisolatie de meest efficiënte maatregel en dit is vanwege de zeer kleine milieuterugverdientijd altijd aan te bevelen.

Renovatie in Delft



Tabel 1: Milieuterugverdiëntijd (MTVT) en % besparing na 30 jaar (isolatiemaatregelen) en 15 jaar (installaties) voor de bestudeerde maatregelen.

	Uitputting grondstoffen		Broeikas-effect		Ozonlaag aantasting		Smog vorming		Verzuring		Vermesting		Humane toxiciteit		Ecotox. water		Ecotox. sediment		Ecotox. bodem	
	mtvT	% besp	mtvT	% besp	mtvT	% besp	mtvT	% besp	mtvT	% besp	mtvT	% besp	mtvT	% besp	mtvT	% besp	mtvT	% besp	mtvT	% besp
Isol. Gevel	0.1	11	0.4	10	7	4	5	8	6	6	4	9	4	5	5	4	3	3	2	5
Isol. Dak	0.1	28	0.2	27	3	11	3	21	4	17	2	24	2	14	3	11	3	9	1	13
Isol. Vloer	0.8	5	3	5	75	-3	40	-1	55	-3	32	-0.1	25	0.2	50	-0.5	40	-0.5	17	1
HR++ glas	0.4	14	0.6	13	4	2	15	2	5	5	2	12	0	7	0	5	0	5	1	6
HR107 combi HT	0.6	18	1.2	17	50	-8	12	3	22	-4	2	15	50	-9	9	5	13	2	90	-12
HR107 combi LT	0.5	16	0.4	16	5	8	2	12	5	10	1	15	9	6	2	13	2	13	8	6
WP combiboiler	0.9	20	5	2	∞	-149	∞	-13	∞	-59	14	1	∞	-143	∞	-197	∞	-210	∞	-205

INSTALLATIES

De vervanging van installaties lijkt minder efficiënt dan isolatiemaatregelen, met uitzondering van de milieueffecten 'uitputting van grondstoffen' en 'broeikas-effect'. Voor de andere milieueffecten is de vervanging van een hoge temperatuur distributiesysteem door een lage temperatuur systeem in combinatie met de vervanging van de warmteopwekking apparaat effectiever dan het vervangen van de ketel alleen. Overgaan van hoge temperatuur naar lage temperatuur verwarming veroorzaakt op zichzelf geen energiebesparing, maar de milieubelasting van een lage temperatuur systeem (polybuteenleidingen) is dusdanig lager dan die van een hoge temperatuur systeem (stalen leidingen) dat het totale effect aanzienlijk is. Opvallend is dat de milieuterugverdiëntijd voor een aantal effecten (ozonlaagaantasting, humane toxiciteit en ecotoxiciteit bodem) vijftig jaar of hoger is, wat ongeveer overeenkomt met de resterende levensduur van de woning. Het vervangen van een oude ketel door een HR-107 ketel is daarom misschien niet zo rendabel in termen van milieu als het lijkt wanneer alleen energiebesparing of broeikas-effect meegeteld worden. De combinatie met een lage temperatuur systeem levert echter wel een verlaging van de milieubelasting over de gehele lijn. Voor de duidelijkheid zijn de energiebesparingen van alle maatregelen opgenomen in tabel 2. Door die te vergelijken met tabel 1 is het goed te zien dat energiebesparing alleen de milieueffecten 'uitputting van grondstoffen' en 'broeikas-effect' goed weergeeft maar de andere niet.

WARMTEPOMP

De optie warmtepomp verdient specifiek aandacht: de warmtepomp heeft een zeer negatief effect op alle milieueffecten, ondanks de redelijke energiebesparing. De negatieve effecten op de milieueffecten worden veroorzaakt door de switch van gasgebruik naar elektriciteitsgebruik. Met de huidige brandstofmix voor elektriciteitsproductie in Nederland (dertig procent olie, vijf procent kool, vijftig procent gas, tien procent kern en vijf procent hernieuwbare energie) veroorzaakt een zeer beperkte overgang van gasvraag naar elektriciteitsvraag al een aanzienlijke toename van de milieueffecten ozonlaagaantasting, smogvorming, verzuring, humane toxiciteit en ecotoxiciteit. Een oneerlijke conclusie zou zijn dat warmtepompen weinig potentieel hebben. Hun slechte prestatie is gerelateerd aan de huidige brandstofmix. De conventionele gastehnologie heeft zijn grenzen bereikt met de HR 107-ketel. Warmtepompen kunnen echter een veel hoger rendement bereiken en beschikken nog over een sterk verbeteringspotentieel. Om tot een werkelijke afname van milieueffecten te komen, moet de warmtepomp of een heel hoge COP kunnen bereiken, of moet er worden overgestapt naar duurzame elektriciteitsproductie op basis van betere brandstofmixen of hernieuwbare energie.

CONCLUSIES

In dit artikel is getracht een beeld te geven van de complete milieubelasting van renovatiemaatregelen. Om de milieubelasting werkelijk te reduceren, is het belangrijk om niet alleen naar energiebesparingen voor verwarming te kijken, maar ook naar de milieueffecten van gebruikte materialen en naar het type energiedrager. Ook is het van belang om de milieueffecten te relateren aan de potentiële levensduur van een gebouw om robuuste oplossingen te kiezen. ■



Zomerse smogvorming boven steden

Tabel 2: Terugverdiëntijd in termen van energie (TVT) en % energiebesparing na 30 jaar (isolatiemaatregelen) en 15 jaar (installaties) voor de bestudeerde maatregelen.

	Energie	
	TVT	% besparing
Isol. Gevel	0.2	11
Isol. Dak	0.1	27
Isol. Vloer	1.5	5
HR++ glas	0.4	14
HR107 combi HT	1.5	17
HR107 combi LT	0.5	16
WP combiboiler	3	9

Laure Itard is Onderzoeker En Leider Van De Groep Duurzaam En Gezond Wonen, Onderzoeksinstituut OTB, TU Delft. Het onderzoek is financieel ondersteund door SBR en Habiforum. SBR heeft het softwarepakket EcoQuantum van IVAM ter beschikking gesteld, IVAM heeft alle benodigde achtergronddocumenten beschikbaar gesteld en SenterNovem de B-versie van de EPA-software. Meer informatie: www.otb.tudelft.nl