

*Technische vergelijking van de  
voornaamste materialen  
in warmte-accumulerende  
houtkachels.*

*Dossier opgemaakt door :*  
Marchand, P - Geagr. Industriële Milieuzorg  
Eco-Logic Unlimited CVBA  
Jerom Duquesnoy laan 8 - 9051 Sint-Denijs Westrem

*In opdracht van :*  
Dutry & Co NV  
Jagershoek 10 - 8570 Vichte

**DUTRY&Co**



**De warmste keuze!**

© 2008 Dutry & Co

## INHOUD

DEEL 1 : Definiëring van warmte-accumulerende houtkachels

DEEL 2 : De voornaamste materialen

- 2.1. Speksteen
- 2.2. Chamotte
- 2.3. Vuurbeton
- 2.4. Gietijzer
- 2.5. Andere materialen

DEEL 3 : Algemene technische eigenschappen

DEEL 4 : De accumulatie van warmte

- 4.1. Het gewicht van de kachel
- 4.2. Het volume van de kachel
- 4.3. De lengte van de rookgaskanalen
- 4.4. Warmte-opslag en de snelheid van afkoeling.

DEEL 5 : De snelheid van opwarming

DEEL 6 : De kwaliteit van de geleverde warmte

DEEL 7 : De ecologische kwaliteit van de verbranding

DEEL 8 : De levenscyclus van de materialen

## DEEL 1 : Definiëring van warmte-accumulerende houtkachels

Het belang van warmte-accumulerende houtkachels is dat de verbranding er bijzonder schoon en efficiënt in gebeurt. Maar wat zijn nu precies warmte-accumulerende houtkachels ?

Elke kachel slaat wel wat warmte op in zijn massa, maar dat maakt niet van elke houtkachel een warmte-accumulerende houtkachel. Een warmte-accumulerende houtkachel heeft zoveel massa dat een paar uur stoken volstaat voor minimaal 24 uur warmte-opslag. Kachels die dat niet kunnen hebben misschien door een zekere massa wel een redelijk lang nastraaleffect, maar zijn geen echte warmte-accumulerende houtkachels.

De typische richtwaarde voor het minimale gewicht van een warmte-accumulerende houtkachel is 1000 Kg. Die richtwaarde is uiteraard wel nog afhankelijk van de isolatiegraad en de grootte van de woning. Voor middelmatig grote en gemiddeld geïsoleerde ruimten is die 1000 Kg toch wel een minimum. Indien je bijvoorbeeld maar over 600 Kg beschikt, zal er 's winters meerdere malen per dag moeten gestookt worden, wat niet overeenstemt met het gebruikscomfort van een echte warmte-accumulerende houtkachel.

Theoretisch hangt deze richtwaarde ook nog af van het rendement van het toestel, de mate waarin de warmte ook echt wordt opgeslagen in de kachel en niet door de schoorsteen verdwijnt. Dat hangt van vele factoren af. In de praktijk worden echte warmte-accumulerende houtkachels evenwel steeds zo gebouwd dat ze alleen de warmte die nodig is voor de schoorsteentrek in de rookgassen achterlaten. De rest wordt opgeslagen (zie 4.1.).

Een extra voorwaarde die meestal aan warmte-accumulerende houtkachels wordt gesteld, is dat er geen aparte kanalen aanwezig zijn voor de opwarming van kamerlucht. Dat is bijvoorbeeld het geval in de basiskriteria voor het VIBE-label, het eco-label van het Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen en Wonen. Een bijkomend voordeel van warmte-accumulerende houtkachels is immers dat ze een zeer behaaglijk en gezond stralingswarmte-klimaat produceren. De aparte opwarming van kamerlucht doet dit teniet.

Zogenaamde warmelucht-tegelkachels of convecterende spekteenkachels zijn dus geen echte warmte-accumulerende houtkachels, al slaan ze wel wat warmte op. Het zijn metalen branders met een steenlaag er omheen, die evenmin de schone en efficiënte verbranding hebben van echte warmte-accumulerende houtkachels.

## DEEL 2 : De voornaamste materialen

### 2.1. Speksteen

Speksteen is een natuursteen. Ze kenmerkt zich vooral door een hoog gehalte aan talk.

De speksteen die gebruikt wordt in warmte-accumulerende houtkachels kenmerkt zich door een hoog natuurlijk gehalte aan magnesiet, die ondermeer zorgt voor een hoge hittebestendigheid (zie Deel 8). Deze unieke soort speksteen wordt enkel in Finland gewonnen.

Andere speksteensoorten uit ondermeer Brazilië, Marokko en India worden wel eens gebruikt als bekleding van gewone houtkachels, waar ze voor decoratie en een zeker nastraal-effect zorgen. Voor gebruik in warmte-accumulerende houtkachels zijn ze evenwel totaal niet geschikt. Het te lage magnesietgehalte zorgt ervoor dat ze de extreem hoge verbrandingstemperaturen van warmte-accumulerende houtkachels op de lange duur niet aankunnen. Ze kunnen dikwijls maar 350 – 500 °C verdragen, terwijl in een warmte-accumulerende houtkachel de temperaturen tot boven de 1000 °C uitstijgen.

Wanneer we verder in dit dossier het over speksteen hebben, bedoelen we dan ook uitsluitend de speksteen met een hoog magnesietgehalte, dat wil zeggen : de Finse speksteen.

Uit deze speksteen worden de zogenaamde massieve speksteenkachels vervaardigd.

### 2.2. Chamotte (vuurvaste kleisteen)

Chamotte is een vuurvaste kleisteen die gebakken wordt uit een mengsel van klei en vooraf gebrande kleikorrels (chamotte). Voor een goede kwaliteit chamotte moeten zoveel mogelijk onzuiverheden uit de klei verwijderd worden, waaronder alle ijzersporen. Dat laatste gebeurt met elektromagneten.

Uit chamotte worden de zogenaamde tegelkachels vervaardigd. Deze naam komt voort uit het gebruik om de buitenzijde met geglazuurde tegels af te werken. Soms worden tegelkachels ook met leem of een andere mortel afgewerkt.

In laboratoria werden speciale chamotte soorten ontwikkeld door toevoeging van diverse chemicaliën. Deze hebben dikwijls betere eigenschappen dan klassieke chamotte. Ze werden evenwel omwille van de hoge kostprijs nooit echt in kachels toegepast, zodat we ze in dit dossier dan ook niet verder bespreken.

### 2.3. Vuurvast beton

Vuurvast beton is beton dat meestal door toevoeging van chamotte vuurbestendig wordt gemaakt. In tegenstelling tot chamotte stenen die in een vorm geperst worden, kan vuurvast beton in een vorm gegoten worden. Naast de chamotte bevat vuurvast beton ook nog vuurvaste cement, zand en diverse toevoegsels.

Technische vergelijking van de voornaamste materialen in warmte-accumulerende houtkachels.

Kachels uit vuurvaste beton worden algemeen betonkachels genoemd, onafhankelijk van de hoeveelheid toegevoegde chamotte. Dikwijls wordt vuurvast beton ook in tegelkachels gebruikt en ook voor het binnenwerk van sommige metalen kachels.

#### **2.4. Gietijzer**

Gietijzer wordt eigenlijk nergens gebruikt als basismateriaal voor echte warmte-accumulerende houtkachels, wel voor deuren, spoilers, roosters, e.d. Toch nemen we het op in dit overzicht, omdat er heel wat te leren valt uit de specifieke eigenschappen van gietijzer, wat dan weer voor het vergelijken van de andere materialen interessant is.

#### **2.5. Andere materialen**

Vroeger werden ook andere steensoorten, leem, e.d. gebruikt voor het maken van warmte-accumulerende houtkachels. Ze zijn evenwel minder hittebestendig en niet zo sterk warmte-accumulerend. Er worden vandaag nog nauwelijks kachels mee gemaakt en er zijn ook erg weinig gegevens van voorhanden. Vandaar dat we ze niet in dit overzicht opgenomen hebben.

## DEEL 3 : Algemene technische eigenschappen

Hiernavolgend een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van de voornaamste materialen in warmte-accumulerende houtkachels :

	chamotte	vuurbeton	speksteen	gietijzer
Dichtheid (kg/m <sup>3</sup> )	1700	2400	2980	7500
Thermische resistentie (°C)	1420	1330	1630	1200
Warmtegeleiding (W/m <sup>o</sup> K)	0,6	0,4	6,4	71
Warmteopslag per gewicht (KJ/Kg <sup>o</sup> K)	0,84	0,84	0,98	0,53
Warmteopslag per volume (KJ/m <sup>3o</sup> K)	1430	2020	3000	3980

Deze gemiddelde waarden zijn enigszins afhankelijk van de gebruikte kwaliteit.

Dichtheid, warmtegeleiding en warmte-opslagvermogen per volume stijgen in deze tabel van links naar rechts. De dichtheid is inderdaad sterk bepalend voor de twee andere eigenschappen.

Gietijzer is de zwaarste van al deze materialen, gevolg door speksteen, vuurbeton en chamotte, dat het lichtst is. De snelheid van warmtegeleiding en het warmte-opslagvermogen per volume kunnen op dezelfde manier geordend worden.

Op de warmte-opslag per gewicht heeft de dichtheid uiteraard geen impact. Het warmteopslagvermogen per Kg is het hoogst bij de speksteen, gevolgd door chamotte en vuurbeton die ongeveer dezelfde waarde bereiken met een andere dichtheid.

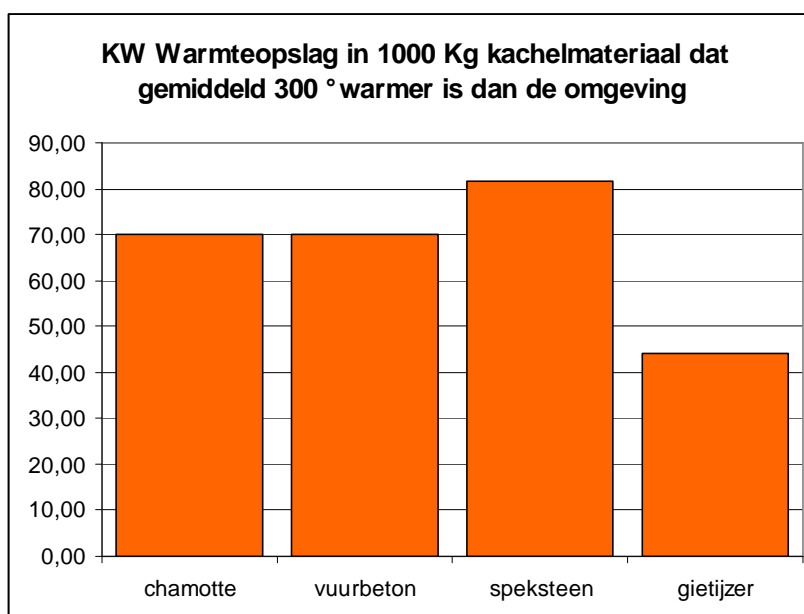
De thermische resistentie wordt indirect wel door de dichtheid beïnvloed, omwille van de relatie tot de warmte-geleiding. De warmte snel verspreiden is een belangrijke factor die ongelijke uitzettingsverschijnselen minimaliseert. Die leiden tot het barsten van steen (niet van metaal). Speksteen heeft de hoogste thermische resistentie, gevolgd door chamotte.

## DEEL 4 : De accumulatie van warmte

De effectieve opslag van warmte is afhankelijk van zowel het materiaal als van de constructie van de kachel.

### 4.1. Het gewicht van de kachel

Bij het materiaal is eerst en vooral de warmte-opslagcapaciteit van belang. Wanneer we kachels vergelijken met eenzelfde gewicht, is het de warmte-opslagcapaciteit per gewicht die telt. Met uitzondering van gietijzer dat wat lager scoort, hebben de typisch gebruikte materialen speksteen, chamotte en vuurvast beton zeer vergelijkbare eigenschappen, met een 15 % voordeel voor speksteen (zie tabel in Deel 3).

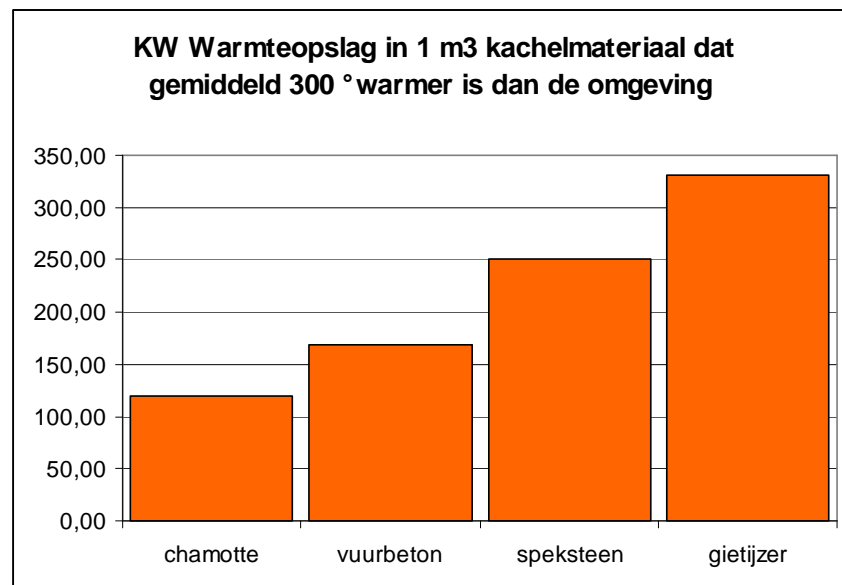


Kachels vergelijken betekent dus in de eerste plaats het gewicht vergelijken. Een kachel van 600 kg is dan gewoon veel minder waard dan een kachel van 1000, 1500 of 2000 Kg. Zoals gezegd is voor middelmatig grote en gemiddeld geïsoleerde ruimten 1000 Kg een minimum.

#### 4.2. Het volume van de kachel

Voor wie een grote woning heeft is het volume van de kachel waarschijnlijk niet belangrijk. Maar vele gezinnen kampen met plaatsgebrek in huis en willen graag een zo klein mogelijke kachel, zolang die maar genoeg warmte kan opslaan. Dan telt het warmteopslagvermogen per volume.

Van de typisch gebruikte materialen biedt speksteen hier een enorm voordeel. In eenzelfde volume kan het ongeveer 2 maal meer warmte opslaan dan chamotte en 1,5 maal meer dan vuurvast beton. Mensen voor wie ruimtebesparing belangrijk is, kiezen dus voor speksteen.



De logische vraag is waarom gietijzer dan niet gebruikt wordt als basismateriaal voor warmte-accumulerende houtkachels? Het antwoord is dat gietijzer veel duurder is dan de andere materialen. Een kachel met een kubieke meter gietijzer erin zou 7,5 T wegen en onbetaalbaar zijn.



### 4.3. De lengte van rookgaskanalen

De constructie van een warmte-accumulerende kachel moet erop gericht zijn om zoveel mogelijk warmte uit het vuur en de rookgassen op te nemen. Na de brandkamer volgen dan ook steeds rookgaskanalen die de restwarmte uit de rookgassen opnemen. In de praktijk worden echte warmte-accumulerende houtkachels steeds zo gebouwd dat ze alleen de warmte die nodig is voor de schoorsteentrek in de rookgassen achterlaten. Zo krijgen ze rookgastemperaturen aan de uitgang van de kachel die schommelen tussen 170 en 230 °C en een verbrandingsrendement van 80 tot 95 %.

Hoe lang de rookgaskanalen moeten zijn om dit objectief effectief te halen, hangt opnieuw sterk af van het gebruikte materiaal. Het oppervlak van het materiaal binnenin een rookgaskanaal zal immers snel verzadigd zijn indien de warmtegeleiding traag is. Indien de warmte niet snel doorstroomt naar de achterliggende steenmassa, zal de temperatuur van het contactoppervlak met de warme rookgassen snel oplopen en wordt nog geen of weinig warmte opgenomen. Het rookgaskanaal moet dan vrij lang zijn om de beschikbare warmte uit de rookgassen te halen. Indien de warmtegeleidingsnelheid daarentegen hoog is, wordt de opgenomen warmte snel verspreid over de gehele steenmassa en zal het contactoppervlak niet snel te heet worden. Het rookgaskanaal zal dan relatief kort kunnen blijven, terwijl het toch nog goed de warmte opneemt.

In deze context onderscheidt speksteen zich sterk van chamotte en vuurbeton doordat de warmtegeleiding respectievelijk 10,6 x en 16 x sneller verloopt (zie Tabel Deel 3). Bijgevolg zijn de aangewezen lengtes van rookgaskanalen bij warmte-accumulerende houtkachels sterk verschillend :

- Speksteen : 1,5 tot 2,5 m.
- Chamotte : 4 tot 6 m.
- Vuurbeton : 6 tot 8 m.

Doordat massieve speksteenkachels volstaan met zeer korte rookgaskanalen worden de meeste van deze toestellen gebouwd volgens het zogenaamde tegenstroomprincipe, een Scandinavische constructiewijze. De rookgassen stijgen relatief hoog boven de brandkamer uit en dalen vervolgens links en rechts van de brandkamer af in korte tegenstroom-rookgaskanalen.

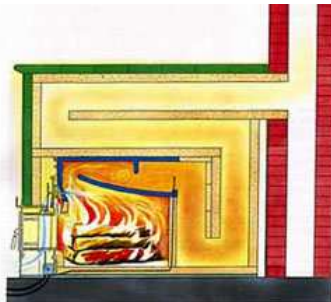


*Een massieve speksteenkachel waarvan één van beide korte tegenstroomkanalen zichtbaar is gemaakt.*

Bepalend voor de benodigde lengte zijn uiteraard ook de specifieke afmetingen van deze kanalen en vooral de grootte van het contactoppervlak met de rookgassen. In

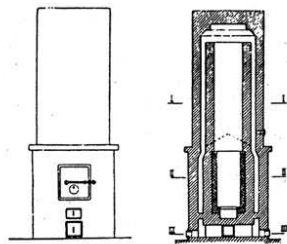
kachels met het tegenstroomprincipe wordt gewerkt met dubbele kanaalsystemen – die zijn evenwel gelijkwaardig aan een enkelvoudig kanaal met een even groot contactoppervlak. De twee lengtes hoeven dus niet samengeteld te worden bij de berekening van de totale lengte.

Tegelkachels en vooral vuurbetonkachels hebben veel langere kanalen nodig en moeten dus een complexere bouwwijze toepassen. Die neemt dus meer ruimte in, wat ook nodig is omwille van de lagere warmteopslagcapaciteit per volume van de gebruikte materialen. Vele systemen zijn mogelijk, waarbij de rookgaskanalen zowel links en rechts van de vuurhaard, als achter en boven de vuurhaard doorlopen. Deze bouwwijze is vooral van Oostenrijkse oorsprong.



*Lange rookkanalen in een traditionele oostenrijkse tegelkachel*

In Scandinavië en ook wel in Oostenrijk en Duitsland worden tegelkachels en vuurbetonkachels traditioneel ook wel gebouwd volgens het tegenstroomprincipe. Om voldoende lange kanalen te hebben die voldoende warmte kunnen opnemen, worden deze kachels altijd zeer hoog opgebouwd, vaak tot aan het plafond. Zo krijgen ze een rookgaskanalenlengte van 3 tot maximaal 4 meter. Dat is eigenlijk te weinig voor een goede warmte-opname, maar uiteraard veel beter dan bij de metalen houtkachels die er ook erg in trek zijn.



*Typische hoogte van een traditionele scandinavische kachel in vuurbeton of chamotte, gebouwd volgens het tegenstroomprincipe*

Kleinere kachels van dit type worden ook wel gebruikt, bijvoorbeeld met een hoogte van 1,5 m. De plaats voor rookkanalen is er evenwel absoluut ontoereikend. Het verbrandingsrendement zal er veel lager liggen dan bij de echte warmte-accumulerende houtkachels. De typische 80 tot 95 % zal er nooit in gehaald worden.

Samengevat, met alle materialen is een goed verbrandingsrendement mogelijk in zoverre rekening gehouden wordt met het volgende :

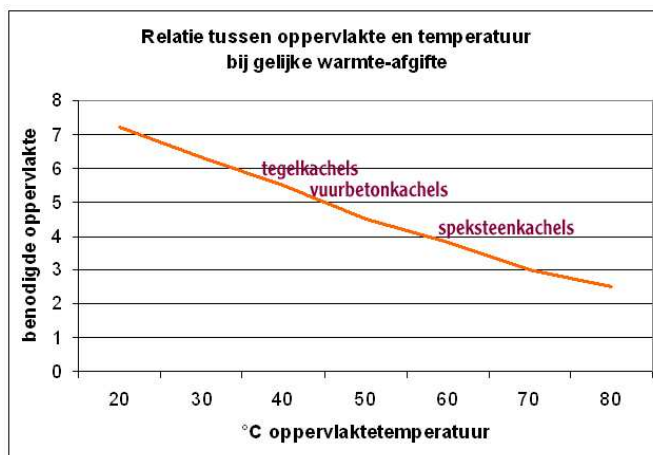
- kachels met vuurbeton of chamotte hebben lange kanalen nodig.
- Kachels met korte kanalen, al dan niet volgens het tegenstroomprincipe, kunnen beter uitsluitend in speksteen worden gemaakt

#### 4.4. Warmte-opslag en de snelheid van afkoeling.

Een vraag die soms gesteld wordt, is in hoeverre een materiaal dat sterk warmte-geleidend is, niet zo snel afkoelt dat de warmte-opslag erdoor teniet wordt gedaan. Dat is inderdaad bij metalen kachels het geval, die de warmte al bijna zo snel weer afstaan als ze opgenomen wordt. Deze vraag is evenwel totaal niet relevant voor echte warmte-accumulerende houtkachels, omdat de snelheid van afkoeling niet uitsluitend door het materiaal wordt bepaald, maar ook door de constructiewijze. Wat uiteindelijk telt is de door de ruimte gevraagde warmte.

Het voor de fabrikant van stenen kachels een koud kunstje om de warmte-afgifte van de kachel te vertragen door bewust gebruik van isolatiematerialen en isolerende lege ruimtes. Dit is vooral van toepassing in massieve speksteenkachels, omdat speksteen de warmte zo goed geleidt. De tegenstroomkanalen vormen er na het branden een belangrijke isolerende luchtlaag, die de doorstroming van warmte uit het binnendeel van de kachel naar de buitenwand vertraagt. De buitenwand van deze kachels is steeds uit twee steenlagen opgebouwd, waartussen zich dikwijls ook een dunne luchtlaag bevindt. Deze laag kan zelfs opgevuld worden met isolatiemateriaal wanneer de warmte-afgiftesnelheid extra beperkt moet worden, zoals in laag-energiewoningen of indien de kachel dicht tegen een brandbare wand staat.

De snelheid waarmee een kachel de warmte afstaat wordt dus uiteindelijk bepaald door de gemiddelde temperatuur van het kacheloppervlak én de grootte van het stralingsoppervlak. Niet door de warmtegeleidbaarheid.



Het buitenoppervlak van een speksteenkachel is dus wat warmer (60°C in vergelijking tot 35-45°C), maar ook kleiner dan bij vuurbeton- of tegelkachels. Dat ze warmer aanvoelt, betekent dus niet dat ze sneller warmte afgeeft, of verliest.

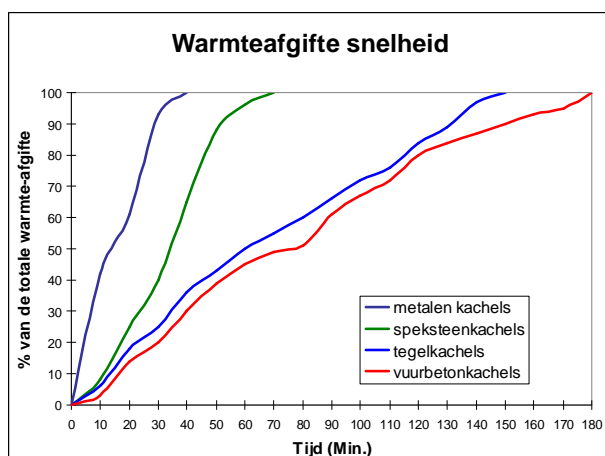
In sommige documenten worden voor speksteenkachels en vuurbetonkachels oppervlakte-temperaturen opgegeven van 200 °C of meer. Het gaat dan niet over echte warmte-accumulerende steenkachels, maar over lichtgewicht steenkachels die een stuk minder wegen dan 1000 Kg, zoals eerder beschreven. Gezien deze kachels met een kleiner stralingsoppervlak verwarmen, hebben ze een nog hogere oppervlakte-temperatuur nodig om voldoende warmte te produceren.

## DEEL 5 : De snelheid van opwarming

Een kritiek die in de lage landen dikwijls gegeven wordt op warmte-accumulerende houtkachels, is dat ze te traag opwarmen. Met ons sterk wisselend klimaat zou een sneller reagerend toestel nodig zijn. In Scandinavië, Oostenrijk en Duitsland zijn de buitentemperaturen zo stabiel laag omwille van enerzijds het landklimaat en anderzijds de strengere winters, dat een gezin de kachel eigenlijk nooit koud kan laten worden als het de enige verwarming is. In landen met een wisselend zeeklimaat en relatief zachte temperaturen gebeurt dat wel, zodat de snelheid van opwarming van een koude kachel een belangrijk comfortgegeven is.

Ook de moderne levensstijl maakt het alsmear moeilijker om een warmte-accumulerende kachel warm te houden. Overdag is er dikwijls niemand in huis en het uur van thuiskomen wordt alsmear flexibeler en moeilijker te voorspellen. Als de kachel en het huis dan koud worden, is het logisch dat de consument er prijs op stelt dat het opwarmen van de kachel snel verloopt.

De hoofdreden waarom in de lage landen minstens 10 maal zoveel massieve speksteenkachels verkocht worden als massieve tegelkachels en vuurbetonkachels, is uit volgende grafiek eenvoudig af te leiden :



Terwijl een koude speksteenkachel van 1000 Kg er ongeveer 1 uur over doet om de maximale warmte-afgifte te bereiken, duurt dit bij tegel- en vuurbetonkachels van eenzelfde gewicht 2 uur en meer. 1 uur wachten op dit moment is maar een half uur langer dan bij een metalen houtkachel. 2 uur is anderhalf uur langer en dat is voor vele consumenten gewoon te lang. Tegel- of vuurbetonkachels die sneller opwarmen hebben steeds een zo laag gewicht dat ze 's winters de 24 uur nastraling niet halen en dus geen echte warmte-accumulerende houtkachels zijn.

Laat het hierbij duidelijk zijn dat bovenstaande tabel slechts een type-voorbeeld weergeeft. Er bestaan heel wat verschillen tussen modellen, die vooral te maken hebben met de dikte van de wanden. Bij massieve speksteenkachels spelen de tegenstroomkanalen geen isolerende rol bij de opwarmingsfase, omdat het de rechtstreekse opwarming van de buitenwanden door de rookgassen is die de snelheid van opwarming bepaalt. De warmte van diep binnenin de kachel komt pas veel later eruit.

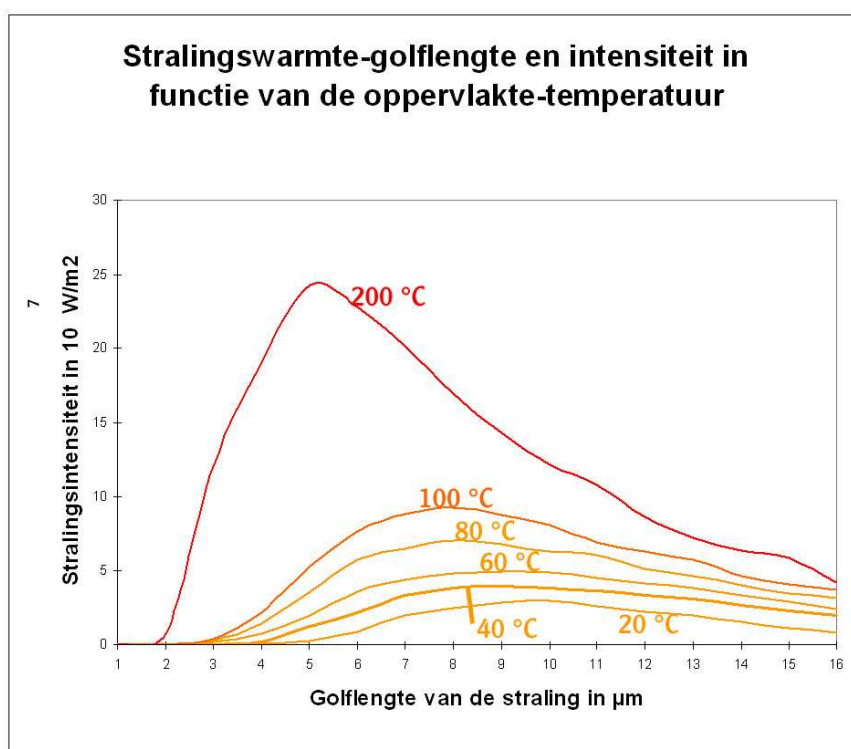
Technische vergelijking van de voornaamste materialen in warmte-accumulerende houtkachels.

De snelle warmtegeleiding is dus een voordeel van speksteenkachels bij de opwarming van een koude kachel. Zoals in 4.4. uitgelegd kan dit zonder dat het ten nadele is van de warmte-opslag, omdat de bouwwijze van de speksteenkachels de latere uitstraling van warmte vertraagt. Bij tegel-en vuurbetonkachels is dat niet nodig omdat ze vanzelf de warmte eerder traag uitstralen, wat dan wel betekent dat ze traag opwarmen uit koude toestand. Aan dat probleem kunnen de fabrikanten met de bouwwijze maar weinig verhelpen.

## DEEL 6 : De kwaliteit van de geleverde warmte

Zoals in deel 4.4. uitgelegd, hebben massieve speksteenkachels wat hogere gemiddelde oppervlakte-temperaturen (60 °C) dan tegel- en vuurbetonkachels (35-45°C). De maximale oppervlaktetemperaturen lopen bij massieve speksteenkachels soms op tot 100 °C en bij tegel- en vuurbetonkachels tot 65-75 °C. Ter vergelijking, lichtgewicht steenkachels en metalen kachels kennen oppervlaktetemperaturen van 200 °C tot wel 350 °C.

In alle gevallen wordt stralingswarmte geproduceerd, maar de kwaliteit ervan verschilt, zowel in intensiteit als in golflengte :



Metalen kachels en lichtgewicht steenkachels met een oppervlaktetemperatuur van 200 °C en meer geven een breed spectrum aan golflengtes stralingswarmte af, met een piek rond 4 à 5 μm. Deze straling is harder en wordt sterker omgezet tot luchtwarmte doordat ze sneller contact maakt met de luchtdeeltjes. Vandaar dat deze kachels meestal niet ver stralen.

De verschillen tussen de zware steenkachels zijn anderzijds klein. De piek bij massieve speksteenkachels varieert van 8 tot 9 μm, terwijl die bij tegel- en vuurbetonkachels varieert van 8,5 tot 9,3 μm. De grafiek toont evenwel duidelijk aan dat de pieken bij deze kachels verwaarloosbaar zijn (de curves zijn relatief vlak) en het grootste deel van de stralingswarmte een golflengte heeft die varieert tussen 6 en 14 μm. Dit is een zeer zachte stralingswarmte die weinig contact maakt met de luchtdeeltjes en bijgevolg erg ver reikt in de ruimte.

Technische vergelijking van de voornaamste materialen in warmte-accumulerende houtkachels.

Typisch bij warmte-accumulerende houtkachels is dat de stralingswarmte grotendeels op de muren van de ruimte valt en deze opwarmt tot temperaturen die schommelen rond de 20 °C. Deze wanden produceren het secundaire stralingsveld, dat ook bijzonder bijdraagt tot de warmte-behaaglijkheid. De geproduceerde stralingswarmte per vierkante meter mag dan al beperkt zijn, in vergelijking tot de kachel gaat het om een veel groter oppervlak. Dit effect draagt er nog toe bij dat de al kleine verschillen in golflengte van de stralingswarmte in de ruimte bij speksteenkachels in vergelijking tot tegel- en vuurbetonkachels verwaarloosbaar worden.

Het is voor de rest ook een kwestie van smaak. Bij een iets warmer kacheloppervlak is de straling duidelijker voelbaar op het lichaam. Bij een iets minder warm oppervlak wat minder.

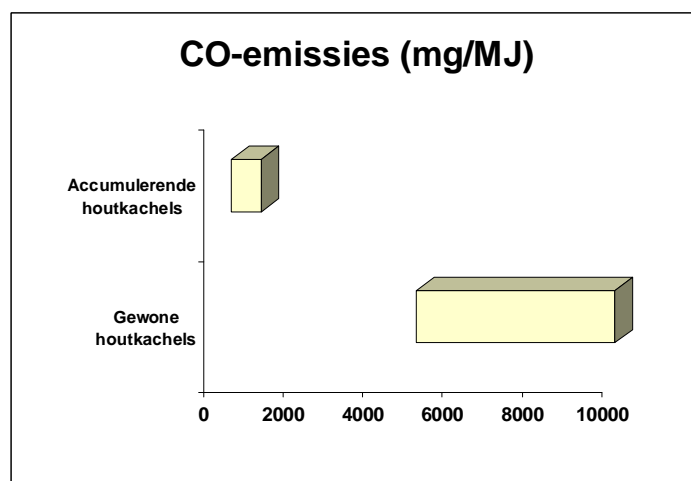
## DEEL 7 : De ecologische kwaliteit van de verbranding

De ecologische kwaliteit van de verbranding in warmte-accumulerende houtkachels is van vele factoren afhankelijk, waarbij het gebruikte kachelmateriaal relatief onbelangrijk is.

Deze kwaliteit betreft enerzijds de efficiëntie waarmee de warmte geproduceerd wordt (het verbrandingsrendement) en anderzijds de kwaliteit van de geproduceerde rookgassen.

Zoals uiteengezet in 4.3. halen alle echte warmte-accumulerende houtkachels een verbrandingsrendement van 80 tot 95 %, dat sterk afsteekt tegen het rendement van metalen inbouwhaarden en houtkachels, variërend van 40 tot 65 %. Kachels die wel enkele honderden kg wegen, maar de 1000 Kg niet halen, behalen typisch waarden van 65 tot 75 %.

De kwaliteit van de rookgassen bij houtkachels wordt meestal gemeten aan de hand van het koolmonoxide-gehalte (CO) :



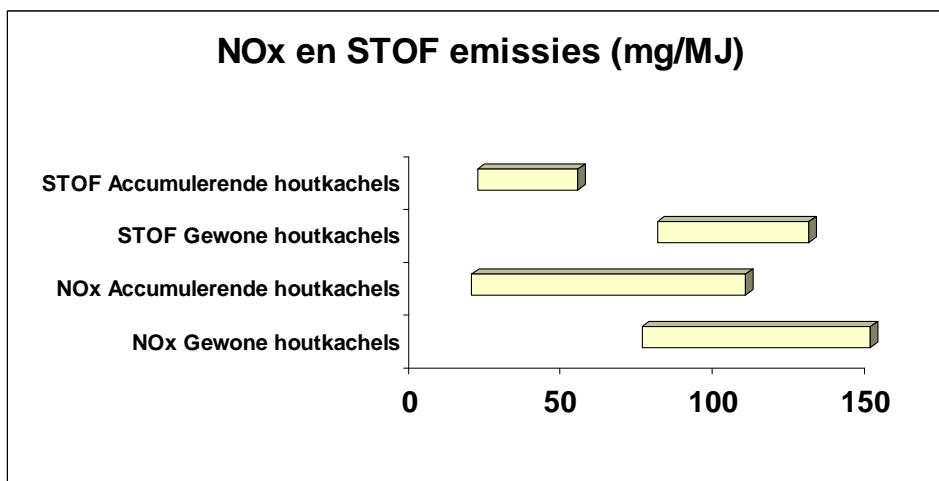
Koolmonoxide, als voorloper van kooldioxide die wijst op volledige verbranding, wordt vooral laag gehouden door een hoge verbrandingstemperatuur en voldoende zuurstoftoevoer. Alle warmte-accumulerende houtkachels branden bij hoge temperaturen van 800 °C tot 1000 °C en meer, wat absoluut voldoende is. En omdat ze de warmte zo goed kunnen opslaan in de rookgaskanalen hoeven ze de zuurstoftoevoer niet in te perken. Er zijn mogelijk wel verschillen tussen individuele modellen, maar niet tussen tegelkachels, speksteenkachels en vuurbetonkachels in het algemeen. Ook het meest warmtegeleidende materiaal (speksteen) levert een evenwaardige opbouw van temperatuur op als de wat minder warmte-geleidende materialen (chamotte en vuurbeton), omdat de warmtegeleiding nog steeds zo beperkt is dat ze voldoende warmte terug op het vuur reflecteert. In sommige speksteenkachels wordt overigens rondom het vuur meer en meer gebruik gemaakt van corderiet, omdat dit uiterst vuurbestendige ceramische materiaal een betere verdeling van de verbrandingslucht mogelijk maakt.



Technische vergelijking van de voornaamste materialen in warmte-accumulerende houtkachels.

De verbrandingstemperatuur moet ook niet te hoog oplopen, omwille van de productie van stikstofoxiden (NOx), die toeneemt bij erg hoge temperaturen en een belangrijke oorzaak vormt van zure regen.

Zowel NOx als stof gelden de laatste jaren als bijkomende factoren bij de beoordeling van de verbrandingskwaliteit :



Accumulerende houtkachels scoren in beide gevallen een stuk beter dan klassieke houtkachels, al zijn de verschillen kleiner dan bij CO. Er is voorlopig geen materiaal beschikbaar dat diverse soorten warmte-accumulerende houtkachels met elkaar vergelijkt. Kachels met een te hoog oplopende temperatuur produceren waarschijnlijk meer NOx. Kachels met tegenstroomkanalen produceren mogelijk minder stof dan kachels met eerder oplopende rookgaskanalen, omdat de tegenstroomkanalen een opvang van stof veroorzaken. Dat stof dient na het stookseizoen met een stofzuiger te worden verwijderd.

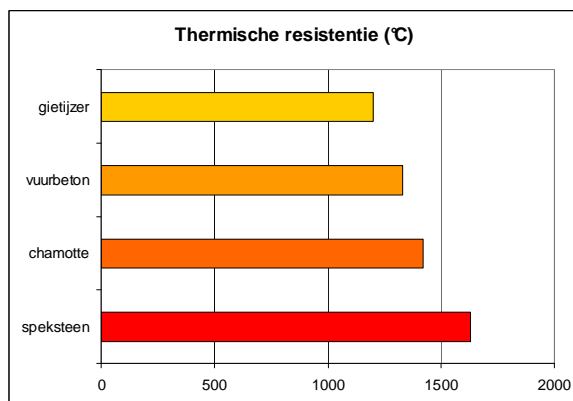
## DEEL 8 : De levenscyclus van de materialen

Speksteen is het enige 100 % natuurlijke materiaal, terwijl chamotte, vuurbeton en gietijzer door de mens vervaardigde, samengestelde materialen vormen. Chamotte is bij deze het zuiverst, gezien het in principe uit gebrande en gebakken klei bestaat. Toch blijft het gebruik van toevoegsels ook in chamotte een vraagteken en dat geldt nog meer voor de gebruikte kleurstoffen in het glazuur van de tegels (vooral de metaaloxides). Dat is ook het geval bij vuurbeton en gietijzer. Toevoegsels zijn niet per definitie een slechte zaak, maar onbekend is onbemind. Wat meer openheid ter zake is wenselijk.

De productie van speksteen vraagt beduidend minder energie dan bij de andere materialen. Speksteen is een zeer zachte steen (Moh's hardheid 2 tot 3), veel zachter bijvoorbeeld dan marmer (Moh's hardheid 4 tot 5). Dat betekent dat de steen weinig energie vraagt om te worden verzaagd. Chamotte vraagt veel energie bij de productie voor het branden van de chamotte en het bakken van de klei, alsook in diverse zuiveringsprocedures. Bij vuurbeton komt een hoog energieverbruik voor bij de productie van alle materialen waaruit het is samengesteld, en in het bijzonder van de cement. De meeste energie wordt verbruikt bij de productie van gietijzer, omdat het smelten ervan zeer hoge temperaturen vraagt. Vergelijkende studies naar het energieverbruik bij de productie van deze materialen zijn niet voorhanden. In vergelijking tot het energie-aspect van het gebruik bij verwarming is dit ook niet zo relevant.

Het energieverbruik bij transport is louter afhankelijk van de afstand, gezien de capaciteit tot warmte-opslag per gewicht van de gebruikte materialen niet sterk verschilt (zie 4.1.). De speksteen komt uit Finland en vele chamotte uit Oostenrijk. Vanuit de lage landen bezien ligt Oostenrijk duidelijk dichterbij. In vergelijking tot het energie-aspect van het gebruik bij verwarming is dit opnieuw niet zo relevant.

Speksteenkachels kennen een bijzonder lange levensduur. Verschillende kachels van vele honderden jaren oud zijn in Finland nog in werking. Indien een speksteenkachel moet afgebroken worden zijn de meeste stenen erna perfect herbruikbaar in nieuwe kachels. Bij chamotte en vuurbetonkachels ligt de duurzaamheid wat lager en is de kans op hergebruik van het materiaal na afbraak kleiner. Dit verschil in herbruikbaarheid heeft met vele eigenschappen van de materialen te maken en valt slechts gedeeltelijk af te lezen uit de hittebestendigheid ervan (zie cijfers Tabel uit Deel 3) :



## BESLUIT

Speksteen, chamotte kleisteen en vuurbeton vormen allen waardige materialen voor het bouwen van warmte-accumulerende houtkachels. Ze leveren zonder onderscheid verwarmingstoestellen op die zich kenmerken door een hoog rendement, een zeer schone verbranding, een dagelijkse tijdswinst wat het stoken betreft en een aangenaam en gezond binnenklimaat. In zoverre verschillen in de technische eigenschappen van deze materialen theoretisch al kunnen leiden tot een verminderde prestatie met betrekking tot deze kwaliteiten, is dit door de fabrikanten eenvoudig op te lossen door aangepaste constructiewijzen. Dat is ook de praktijk op de markt en dus van geen belang.

De belangrijke verschillen tussen echte warmte-accumulerende houtkachels uit deze drie materialen betreffen dan ook bijna uitsluitend het gebruikscomfort van de consument. Daarbij is duidelijk dat massieve speksteenkachels minder ruimte innemen en sneller opwarmen uit koude toestand dan tegelkachels en vuurbetonkachels. Voor de ene consument is dit al belangrijker dan voor de andere en elke consument kan dit voor zichzelf gemakkelijk uitmaken.

Veel belangrijker dan het verschil tussen de onderzochte materialen is het verschil tussen de echte warmte-accumulerende houtkachels en de valse warmte-accumulerende houtkachels. Deze laatsten doen wel wat aan warmte-accumulatie, maar beschikken over onvoldoende massa om vergelijkbare resultaten te boeken. Ze kunnen zich dan ook echt niet beroepen op vergelijkbare kwaliteiten inzake verbrandingsrendement, rookgaskwaliteit, gebruiksgemak en stralingswarmteklimaat. Ook hier kan de consument eenvoudig zelf het onderscheid maken : indien het gewicht van de kachel lager ligt dan ongeveer 1000 Kg, heb je niet met een echte warmte-accumulerende houtkachel te doen.