Infoblad Verwarming

Versie A01

Jorrit Jouwsma

© copyright s-boats 25 april 2017

Inhoudsopgave

Algemene informatie 3
Over S-Boats 4
Waar te starten? 5
Brandstoffen 7
- Hout 7
- Pellets 7
- Diesel 8
- Elektriciteit 8
- Zon 8
- Restwarmte 9
- Gas 9
- Overig 9

Kachels 10
- Houtkachel 10
- Pelletkachel 11
- Dieselkachel 12
- Warmtepomp 13
- Zonneboiler 16
- Speksteenkachel 17
- Elektrische kachels 18

Warmteverspreiding 19
- Warmtegeleiding 19
- Convectiewarmte 19
- Stralingswarmte 19
- Directe warmte 20
- Indirecte warmte 21
- Radiatoren en convectoren 21
- Vloerverwarming 21
- Luchtverwarming 22
- Warmtestralingspanelen 23

Overige systeemcomponenten 24
- Warm water 24
- Buffervaten 24
- (Veiligheid) componenten 24

Eindnoot 26

Algemene informatie

Een waterwoning of schip is wezenlijk anders dan een woning op land, toch zijn er ook veel overeenkomsten en kunnen een hoop methodes vanuit de woningbouw na enige aanpassingen worden overgezet aan boord. De systemen en uitgangspunten zijn namelijk voor beide gelijk. In dit document kunt u meer achtergrondinformatie vinden over de bestaande gangbare systemen aan boord. Aan bod komen de verschillende brandstoffen, kachels en systemen. Voordat er begonnen wordt met de uitleg over de verschillende verwarmingssystemen, eerst een informatief stuk over hoe te beginnen, wat zijn de uitgangspunten en waar moet u allemaal op letten bij het kiezen en instaleren van een (bij voorkeur) duurzaam verwarmingssysteem. In dit document worden verschillende soorten systemen beschreven. Vaak is het ook mogelijk om een combinatie van meerdere systemen te maken. Ook wordt er niet vermeld wat het verbruik van verschillende systemen is en wat de capaciteit is. Dit is echter wel de expertise van S-boats. Wij kunnen aan de hand van uw wensen een berekening maken van de aanschaf en verbruikskosten en u adviseren welk systeem het beste bij u past. Dit document is bedoelt om u achtergrondinformatie te verstrekken over de verschillende mogelijkheden en waar u rekening mee dient te houden. Het selecteren van een systeem blijft echter maatwerk. Elk schip en elk individu zijn immers uniek.

Om onnodig typewerk te voorkomen zal het woord schip worden gehanteerd. Tenzij anders vermeld zal dit ook een waterwoning, woonboot of charterschip kunnen zijn.

Over S-Boats

S-Boats staat voor Sustainable Boats, of duurzame schepen. Het bedrijf is opgericht om meer inzicht te creëren in het gebruik en de levensduur van diverse schepen met als doelstelling het verlagen van de impact, van de scheepsbouw en scheepvaart, op de omgeving. S-Boats kijkt naar de bouw, het gebruik en de recycling. We kijken niet alleen naar de impact op het milieu, maar ook naar de gebruikerskosten en willen deze graag zo laag mogelijk houden.

S-Boats heeft meerdere expertises. Deze zijn in drie groepen te verdelen:

1. Bewoonde schepen, hieronder vallen woonboten, varend erfgoed, charterschepen en andere water gerelateerde woningen. In deze groep kunt u kennis vinden op het gebied van verwarmen, elektra en isolatie. Ook kunnen wij u helpen met het maken van een bouw- of verbouwingsplan. Zowel op het gebied van planning als dat van materiaalgebruik, met als doelstelling de gebruikskosten te verlagen. Wij focussen ons op de lange termijn. Ons uitgangspunt is niet; wat is op het moment het goedkoopste, maar met welk product (of combinatie van producten) kan ik mijn wensen realiseren, waarbij de kosten (inclusief aanschaf) de komende 10 jaar voor u het meest voordelig uitkomen.
2. Nieuwbouw, hieronder valt de nieuwbouw van schepen, zowel in de plezier- als in de beroepsvaart. In deze groep vindt u informatie op het gebied van materiaalgebruik én de impact van deze materialen op het milieu. Juist in deze groep ligt de focus op de lange termijn. Bij het selecteren van materialen, wordt op basis van het ontwerp en de gebruikerswensen (bezetting) het juiste materiaal geselecteerd, waarbij de hele cyclus van het materiaal wordt meegenomen. Van de winning en productie naar transport en verwerking tot en met de sloop en recycling.
3. Onderzoek. S-Boats heeft als doelstelling voorop te lopen in de markt van de duurzame scheepsbouw. In samenwerking met kenniscentra en leveranciers doen we veel onderzoek naar de mogelijkheden van het inzetten van nieuwe systemen en materialen. Ook proberen we bestaande producten uit de woningbouw, die vaak meer voorop loopt op het gebied van duurzaamheid, in te zetten in de scheepsbouw.

S-Boats kan daarnaast ook het projectmanagement van uw project ondersteunen of volledig overnemen. De oprichter van S-Boats heeft jaren als projectmanager in de scheepsbouw gewerkt, zowel in de commerciële als de pleziervaart en de luxe jachtbouw.

Om uw projecten te realiseren, te adviseren of door te rekenen maakt S-Boats gebruik van een uitgebreid netwerk van kennisinstanties en leveranciers welke voorop lopen op hun vakgebied. Meer informatie kunt u vinden op de website: *www.s-boats.nl*

Waar te starten?

Voordat er een systeem gekozen kan worden zal er eerst worden gekeken naar de situatie zoals het schip er in haar huidige staat bij ligt en wat de wensen en mogelijkheden van de eigenaar/eigenaren is/zijn;

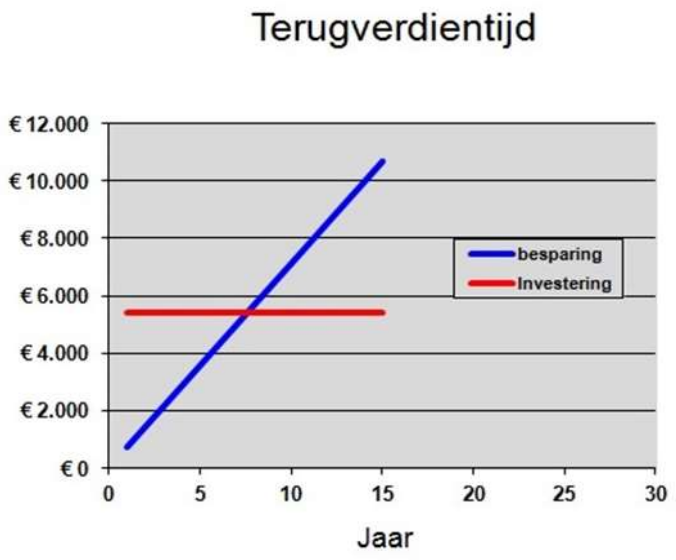
1. **Isolatie.** Veel oudere schepen zijn geïsoleerd met 5 cm steen- of glaswol. In de jaren 80 en 90 van vorige eeuw, waar de meeste van de woonschepen zijn geïsoleerd was dat toen een gangbare dikte. Tegenwoordig is 10 cm, of meer gangbaar. Daarnaast zijn er veel nieuwe producten met hogere isolatiewaarden op de markt verkrijgbaar. Een van de meest efficiënte manieren van besparen op stookkosten is de isolatiewaarde van het schip verhogen. Wat er niet verloren gaat hoef je ook niet aan te vullen. Voor uitgebreide informatie, kijk in het *Infoblad Isoleren*.

2. **Koudebruggen**. Een koudebrug is een gedeelte van het schip waar de (warmte) lucht van binnen zonder isolatie in direct contact is met de scheepshuid / spanten. Bij veel schepen zie je in de winter de sneeuw smelten op de plek van de spanten. De warmte kan dan via de spanten direct naar de buitenlucht. Hierdoor gaat er dus veel warmte verloren. Bij het intimmeren moet men hier dus rekening mee houden. Voor uitgebreide oplossingen en informatie, kijk in Het *Infoblad Isoleren*.

3. **Dubbel glas.** Het gebruik van dubbel glas is zeker aan te raden voor zo ver dit nog niet is toegepast. Verreweg de meeste warmte gaat via de ramen verloren. Wanneer het schip ook veel vaart, is het aan te raden de buitenste laag van gehard glas te maken. Dit kan meer puntbelasting hebben. Houd er ook rekening mee of het glas beloopbaar moet zijn.

4. **Ruimte.** Hoeveel ruimte is er beschikbaar aan boord, zowel binnen als buiten om het systeem te plaatsen. Komt er een compleet nieuw systeem, of wordt het huidige systeem uitgebreid?. Is er voldoende ruimte voor de opslag van brandstof? Is de ruimte goed bereikbaar of moeten er gaten in een vloer of dek worden gemaakt?

5. **Budget.** Vaak een lastige vraag om te beantwoorden, maar houdt er rekening mee dat er met het aanschaffen van een verwarmingssysteem er meestal ook leidingwerk aan vast zit met geïsoleerde leidingen, schotdoorvoeren etc. Het positieve is dat er voor duurzame systemen vaak subsidie beschikbaar is. Daarnaast zijn ze vaak een stuk zuiniger dat de het huidige systeem en zullen de (hoge) aanschafkosten zich is de toekomst terugverdienen. Voor de meeste systemen ligt dit rond de zeven jaar. Vanaf dat moment wordt er geld bespaard.



6. **Tijd.** De meeste systemen kunnen vaak in etappes worden aangelegd waarmee de investering over een langere periode kan worden uitgespreid. Het is wel van belang om van te voren goed uit te werken welk systeem er gekozen wordt, zodat er geen werkzaamheden of investeringen dubbel gedaan hoeven te worden.

7. **Elektrisch systeem.** Wanneer er gekozen wordt voor een nieuw systeem heeft dit vaak invloed op het elektrisch systeem. Veel oplossingen maken meer gebruik van elektriciteit en minder van fossiele brandstoffen. Daarnaast speelt ook de omvormer een rol. Veel oude omvormers zijn zogenaamde blokomvormers en geven geen zuivere sinus maar een geblokt signaal. Veel moderne apparatuur kan hier niet meer tegen, voor meer informatie; zie ook het *infoblad elektriciteit*.

8. **Warmtebehoefte.** Om de warmtebehoefte te bepalen is het van belang om van te voren uit te rekenen hoeveel warmte er verloren gaat. Dit is namelijk de hoeveelheid die ook weer moet worden aangevuld. S-Boats kan u hiervoor een rekentool toesturen, waarbij u zelf kunt invullen hoe warm u het in uw vertrek wilt hebben. Om het warmteverlies te bepalen dient u een inventarisatie te maken van de verschillende ruimtes, met daarin de oppervlakte, de inhoud en de opbouw van uw betimmering en isolatie. Ook de hoeveelheid en het type glas speelt hierbij een grote rol.

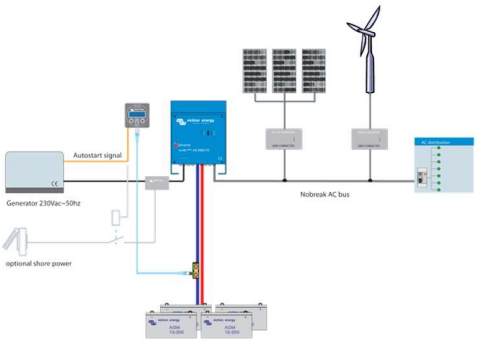
Brandstoffen

Om een schip te verwarmen is er brandstof nodig. Brandstoffen zijn er in vele vormen. In dit hoofdstuk een overzicht van de meest voorkomende aan boord van schepen.

Hout wordt vaak gebruikt bij in de ruimte geplaatste kachels, al dan niet met een CV systeem. Het voordeel van hout is dat het relatief gemakkelijk verkrijgbaar is, nadeel is dat het veel volume inneemt. Voor de optimale verbranding is het belangrijk dat het hout goed gedroogd is en een vochtpercentage heeft onder de 20%. Dit staat ongeveer gelijk aan drie jaar drogen. Beste houtsoorten zijn Eik, Beuk en Es. Hardhout heeft een hogere verbrandingswaarde, maar heeft een negatieve reputatie door ontbossing. Daarnaast moet het van ver komen en heeft dus al relatief veel energie verbruikt om in Nederland te komen en is dus zeker niet duurzaam te noemen. Let bij het kopen van hout er goed op dat het aan bepaalde keurmerken voldoet zodat ontbossing wordt tegengegaan.

Pellets zijn samengeperste hout korrels. Ze worden gebruikt in kachels in de ruimte of in CV systemen in de machinekamer. Echt duurzame pellets zijn gemaakt van afvalhout van zagerijen. De beste kwaliteit zijn de hardere houtsoorten als Eik en Beuk. Het voordeel van pellets is dat ze ten opzichte van hout veel minder volume innemen. Ze hebben dus ook een veel hogere verbrandingswaarde. Let er bij de aanschaf van pellets ook op dat er een keurmerk op zit dat er geen ontbossing is. Door de hogere verbrandingswaarde, minder volume zijn ze duurzamer dan hout. Wanneer ze volledig bestaan uit afvalhout zijn ze uiteraard nog duurzamer.

Diesel. Bij de meeste systemen aan boord wordt er gebruik gemaakt van dieselkachels. Het nadeel van diesel is dat de voorraad op aarde eindig is. Het is dus geen duurzame brandstof. De verbrandingswaarde van diesel ligt ook niet heel erg hoog, het rendement ligt rond de 30%. Aangezien diesel van ver moet komen en er een heel raffinaderijproces aan vooraf gaat is er dus ook al veel energie benodigd om het product te vervaardigen en in Nederland te verspreiden. Voordeel is het relatief lage volume ten opzichte van hout en pellets.



Elektriciteit Bij de meeste systemen wordt er sowieso gebruik gemaakt van elektriciteit om de circulatiepompen te laten draaien. Elektriciteit kan echter ook als energiedrager worden gezien en is om te zetten in warmte. Dit gebeurt uiteraard bij elektrische kachels, maar ook bij warmtepompen, waar de elektriciteit een compressor aanstuurt. Hoe duurzaam elektriciteit is, hangt mede af van hoe het is opgewekt. De elektriciteit welke in Nederland uit het net komt is ongeveer voor 15% groen opgewekt, dit zal door de klimaatdoelstellingen van de overheid in de toekomst steeds meer worden. Je schip aansluiten op groene stroom is een fabeltje, maar door je aan te sluiten bij een leverancier van groene stroom stimuleer je het wel dat het percentage sneller omhoog gaat. Het is immers net mogelijk om per aansluiting te bepalen of de stroom groen is opgewekt. De enige manier om groene energie te hebben is door het zelf op te wekken. Voor meer informatie; zie ook *infoblad Elektriciteit*.

Zon is een mooie aanvulling op een ander systeem, maar heeft als nadeel, dat wanneer je het meeste nodig hebt er het minste beschikbaar is. Immers in de winter is er het meeste behoefte aan warmte, maar in de maanden november tot en met februari is door de laagstaande zon het rendement erg laag. Toch kan het een mooie aanvulling zijn om gebruik te maken van een zonneboiler en zo in de zomer hier volledig op te draaien. Zonnepanelen kunnen ook een mooie aanvulling zijn op het elektrisch systeem en zo hun bijdrage leveren. Zie hiervoor ook het *infoblad Elektriciteit*.

Restwarmte Aan boord van schepen, en zeker varende schepen staan er vaak diverse warmte producerende systemen te werken, zoals generatoren en motoren. Deze systemen produceren veel warmte die verloren gaat via de uitlaat, dan wel het koelwater. Wanneer deze situatie veel voorkomt is het aantrekkelijk deze warmte te gebruiken om het schip te verwarmen. Dit kan betrekkelijk eenvoudig gerealiseerd worden in het geval van koelwater met behulp van een warmtewisselaar. De warmte welke verloren gaat via de uitlaat is lastiger op te vangen in verband met condensatie, maar ook hiervoor zijn systemen op de markt verkrijgbaar.

Gas wordt maar weinig toegepast alhoewel het een veel schonere brandstof is als diesel. De reden hierachter is het enorme volume dat het inneemt om op te slaan. Wanneer een schip permanent aan de wal ligt waar gas beschikbaar zou zijn is het een goed alternatief, maar aan boord van varende schepen is het vaak lastig, omdat er vaak gewisseld zou moeten worden van gasfles.

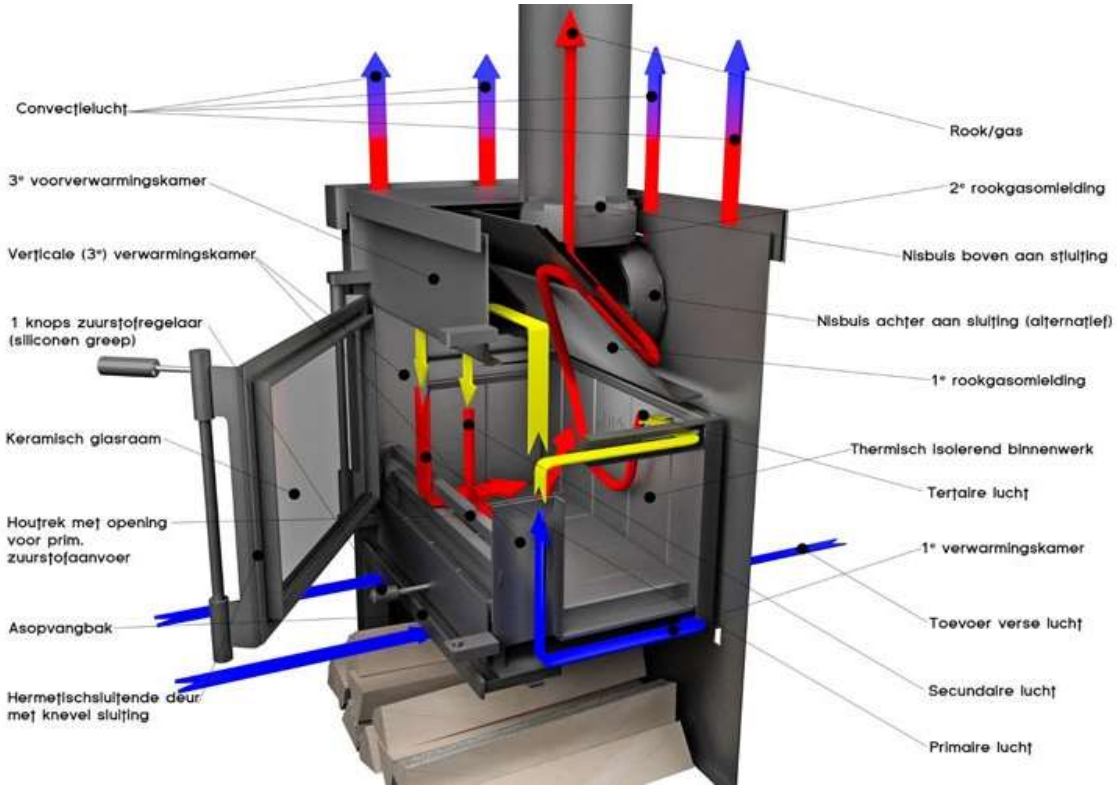
Overig Andere voor de scheepvaart beschikbare energiedragers worden hier (nog) niet behandeld. Hier hebben we het over biobrandstof, kolen, petroleum en waterstof. Deze worden te weinig gebruik of zijn commercieel (nog) niet beschikbaar, dan wel rendabel. Uiteraard worden deze wel opgenomen wanneer hier vraag naar is. Zelf zijn we erg benieuwd naar de ontwikkeling van waterstof, of eigenlijk de opslag hiervan in combinatie met een brandstofcel om er elektriciteit van te produceren. Hopelijk volgt er in de revisie van dit document een extra hoofdstuk hierover.

Kachels

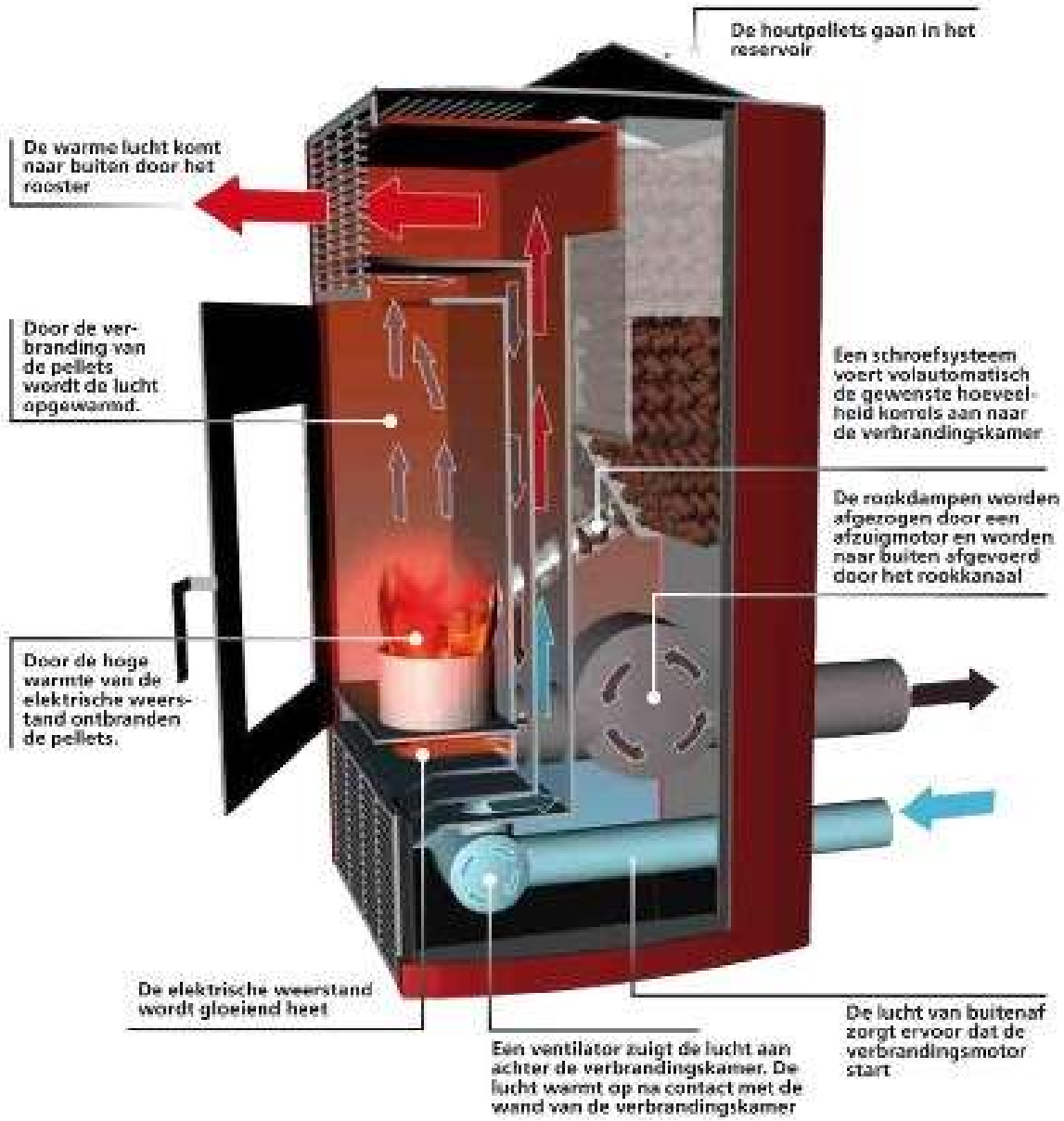
Kachels zijn er in verschillende soorten en maten, in dit hoofdstuk volgt een korte uitleg van de meest voorkomende systemen. Er wordt alleen informatie verstrekt over de kachels zelf. In het overzicht systemen is meer informatie te vinden hoe de kachels onderdeel kunnen zijn van het verwarmingssysteem.

Houtkachel

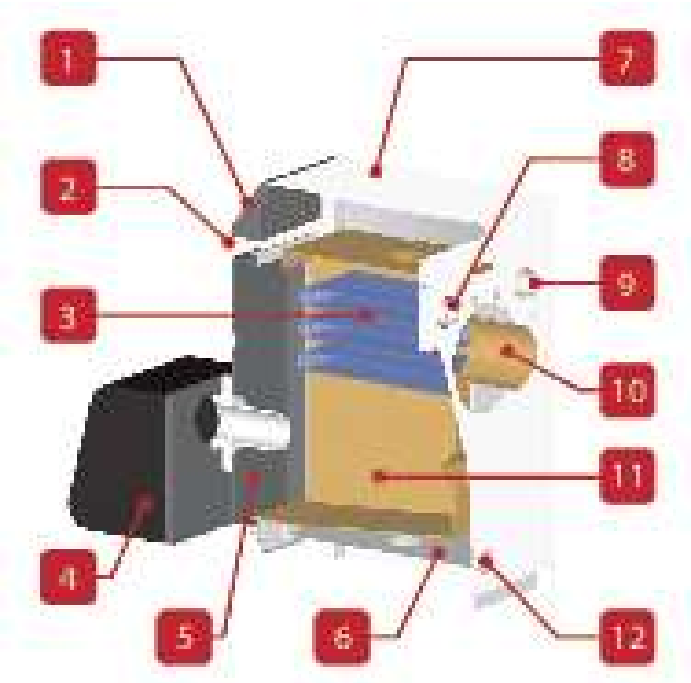
Een houtkachel, heeft als brandstof blokken hout of geperste houtblokken. Ze staan vaak in de woonkamer of een ander vertrek en zijn relatief simpel. Er is een verbrandingskamer, met daarop aan de voor- of bovenkant een vulopening voor hout of briketten. Vaak zitten er nog een aantal regelkleppen op om de lucht toe- en afvoer te regelen zodat de warmte enigszins kan worden aangepast aan de vraag. De wat uitgebreidere types hebben vaak nog een rookkast bovenop de kachel om de warmte langer vast te houden en dus aan de ruimte af te geven in plaats van verloren laten gaan door de schoorsteen.



Pelletkachel Een pelletkachel is in feite een kleine biomassaketel. Bovenin de kachel bevindt zich de brandstofvoorraad (pellets), die door de klep te openen gevuld kan worden. Vervolgens brengt een vijzel de pellets naar de brander. Een rookgasventilator zorgt voor een correcte verbranding van de pellets en de schouw zorgt voor de evacuatie van de rookgassen. Een tweede ventilator zorgt voor de verspreiding van de warme lucht door de ruimte. Het hart van de pelletkachel is een microchip: Deze zorgt voor een optimale verbranding, van hieruit wordt alles gereguleerd en gecontroleerd. De snelheid van de vijzel, de verbranding, de ventilator en wanneer de pelletkachel automatisch aanspringt en zichzelf uitzet. De ontstane hoeveelheid as door de verbranding is zeer klein waardoor de aslade minder frequent leeggemaakt moet worden dan bij een houtkachel. Een pelletkachel heeft een veilige rookgasafvoer nodig. Deze afvoer is anders dan die van een houtkachel. De diameter is bijna altijd 80mm en de pijp moet de overdruk van de door de kachel uitgestuwde rookgassen aankunnen. Een zorgvuldig aangelegd rookgaskanaal erg belangrijk. Een pelletkachel op een slecht uitgevoerde schoorsteen brand slecht, geeft veel vuil en kan zelfs gevaarlijk zijn, i.v.m. koolmonoxidevergiftiging.



Dieselkachel Een dieselkachel bestaat uit twee delen, welke lang niet altijd van dezelfde fabrikant zijn. Als eerste is er het brander gedeelte (4), waar de diesel onder druk wordt gebracht en tot ontbranding wordt gebracht. Dit gedeelte bestaat uit zeer nauwe leidingen. Het is van belang de diesel hier schoon binnen te brengen. Dit kan door er een goed filter voor te zetten. Daarnaast is er de verbrandingskamer (11). Hier vindt de daadwerkelijke verbranding plaats en wordt de warmte afgegeven aan het water dat door de leidingen (3) stroomt. De verbrandingskamer is goed geïsoleerd (7) en voorzien van een stalen deur (5) waarlangs de kamer kan worden schoongemaakt. Hoewel de meeste warmte aan het leidingsysteem wordt afgegeven gaat er toch een aanzienlijk deel verloren via de schoorsteen (10). Dieselkachels staan vaak in de machinekamer en hebben relatief weinig onderhoud nodig.



Warmtepomp Het principe van de warmtepomp is een wat ingewikkelder verhaal dan de andere beschreven kachels in dit hoofdstuk. Onderstaande teksten zijn afkomstig van *www.warmtepompplein.nl* Een zeer informatieve site over het gebruik en de werking van warmtepompen.

In een warmtepomp speelt het koudemiddel een sleutelrol. Het koudemiddel neemt energie op en staat die elders, onder andere omstandigheden weer af. De werking van het koudemiddel is gebaseerd op twee natuurkundige principes: verdampen en condenseren. Beide zijn bekend uit de keuken: in een pan met water die wordt verhit ontsnapt verdampt water, die op koudere delen (het deksel, de tegelwand, de afzuigkap) weer condenseert tot water.

Verdampen Water verdampt als er warmte wordt toegevoegd. Het duidelijkst is dit als het water kookt; het kooktoestel levert dan de warmte die wordt gebruikt voor het verdampen. Anders gezegd: bij verdampen neemt het water warmte uit de omgeving op.

Condenseren Waterdamp condenseert als er warmte aan wordt onttrokken, bijvoorbeeld als de damp afkoelt tegen een koud voorwerp. Anders gezegd: bij condenseren geeft de waterdamp warmte aan de omgeving af. De waterdamp koelt daarbij af, terwijl het koude voorwerp waarop de vloeistofdruppels zichtbaar worden opwarmt.

De snelkookpan Een snelkookpan laat zien dat het kookpunt van een vloeistof (in de keuken meestal water) afhankelijk is van de druk. In een snelkookpan ontstaat waterdamp als het water in de pan gaat koken. Omdat de pan zo gemaakt is dat de waterdamp niet kan ontsnappen, loopt de druk in de pan geleidelijk op. Hierdoor kookt het water niet meer bij 100 graden maar bij bijvoorbeeld 120 graden. Hoe hoger de druk, hoe hoger het kookpunt en hoe sneller de inhoud van de pan gaar is.

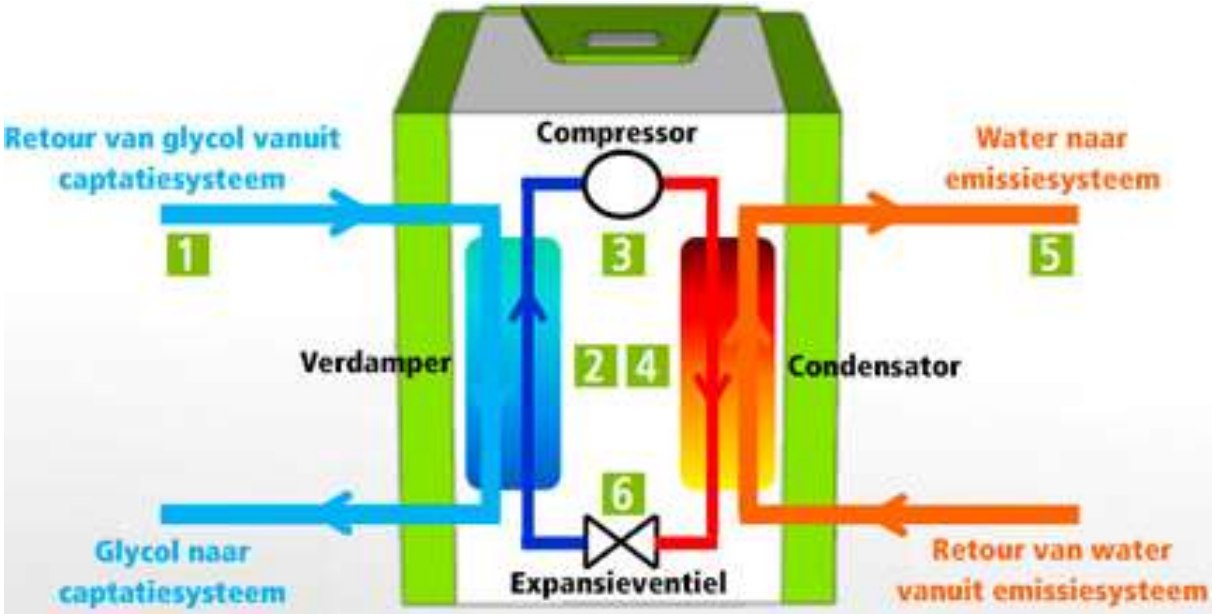
Andersom gaat dit verband tussen druk en kookpunt ook op. Hoe lager de druk, hoe lager de temperatuur waarbij water kookt. Bijvoorbeeld: hoog in de bergen (waar de luchtdruk lager is) kookt water bij temperaturen lager dan 100 graden.

Verdampen en condenseren Verdampen = warmte opnemen uit de omgeving, waarbij vloeistof overgaat in damp. Condenseren = warmte afstaan aan de omgeving, waarbij damp overgaat in vloeistof. Hoge druk betekent: hoog kookpunt (=verdampingspunt). Lage druk betekent: laag kookpunt.

Verdampen en condenseren in de warmtepomp Het principe van de warmtepomp is gebaseerd op de theorie van verdampen en condenseren en op het gegeven dat het kookpunt van een vloeistof afhankelijk is van de druk. Een warmtepomp bestaat uit een circuit waarin een koudemiddel wordt rondgepompt. Stel dat dit koudemiddel gewoon water is. Het water wordt in de verdamper aan de kook gebracht bij een lage druk en een temperatuur van bijvoorbeeld 90 graden Celsius; het water verdampt. Deze damp van 90 graden wordt naar een ander deel van het circuit gepompt en daar onder druk gebracht, waardoor het kookpunt bij 120 graden komt te liggen. De damp wordt ook afgekoeld, waardoor hij condenseert. Dit gebeurt in de condensor. Wat is er nu gebeurd? Het systeem heeft bij 90 graden (het lage temperatuurniveau) warmte opgenomen en heeft bij 120 graden (het hoge temperatuur niveau) warmte afgestaan. Een warmtepomp doet exact hetzelfde, alleen bij andere temperatuurniveaus. De verdamper van de warmtepomp neemt warmte op bij temperaturen tussen de -

7 en 15 graden Celsius. De condensor geeft warmte af bij temperaturen tussen 30 en 50 graden. Dit is mogelijk door de eigenschappen van het koudemiddel: het kookt onder een lage druk tussen de -7 en 15 graden en kookt onder een hoge druk tussen de 30 en 50 graden. Hierdoor is het mogelijk om in de winter een woning te verwarmen met koude buitenlucht of een andere relatief koude bron met een praktisch oneindige grootte.

Het principe van de warmtepomp Het koudemiddel heeft de bijzondere eigenschap dat het al bij lage temperatuur kookt. Daardoor kan het bij die lage temperatuur warmte opnemen uit de omgeving. Dit gebeurt bij een warmtepomp aan de bronkant. De warmtebron is bijvoorbeeld grondwater, buitenlucht of een andere bron met een relatief lage temperatuur. Aan de bronzijde zit de verdamper; hier gaat het koudemiddel over van vloeistof naar damp. Vervolgens wordt het dampvormige koudemiddel naar een ander deel van het systeem gepompt en onder hoge druk gebracht. Daardoor gaat ook het kookpunt omhoog (net zoals bij de snelkookpan). Het koudemiddel condenseert bij een hoge temperatuur (gaat over van dampvormig naar vloeibaar) en staat warmte af. Dit gebeurt in de condensor aan de afgiftekant van de warmtepomp. Met deze warmte kan bijvoorbeeld een gebouw worden verwarmd.



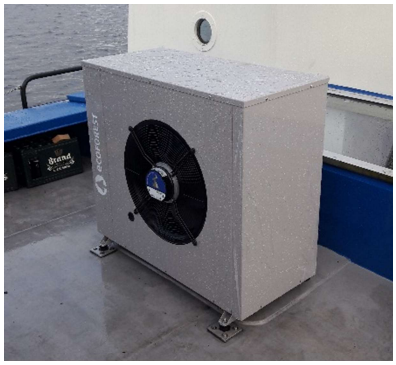
Captatiesysteem is in de uitleg gelijk aan de bron

Emissiesysteem is in de uitleg gelijk aan de afgiftezijde, ook wel het verspreidingssysteem bv radiatoren.

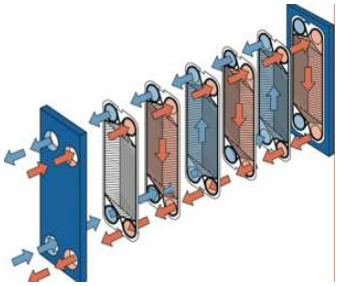
De Bron.

Om een warmtepomp goed te laten werken is er een bron nodig. Binnen deze bron kan de glycol (vloeistof welke de kou geleid naar de bron leidt om weer op te warmen. (zie ook het plaatje op de vorige pagina). Voor een bron zijn er 3 verschillende mogelijkheden, waarbij voor de scheepvaart er 1 afvalt.

1. Gebruik maken van de aardwarmte; dit wordt bij de woningbouw veelvuldig toegepast, maar bij de scheepvaart niet relevant. De werking is als volgt: In de zomermaanden wordt er warm water is de bodem gepompt, wat in de winter weer wordt gebruikt om de verwarming van warmte te voorzien. In de zomer kan de kou weer gebruikt worden om het systeem te koelen.
2. Gebruik maken van lucht; Bij dit systeem staat er een warmtewisselaar aan dek. De koude glycol wordt met behulp van het temperatuurverschil tussen de glycol en de buitenlucht weer opgewarmd. De ventilator zorgt voor een hogere snelheid, waardoor het systeem de kou sneller kan afgeven aan de buitenlucht. Hoe warmer het buiten is, hoe efficiënter het systeem gaat werken. Het systeem zal dus alleen met extreme kou op de maximale capaciteit draaien.

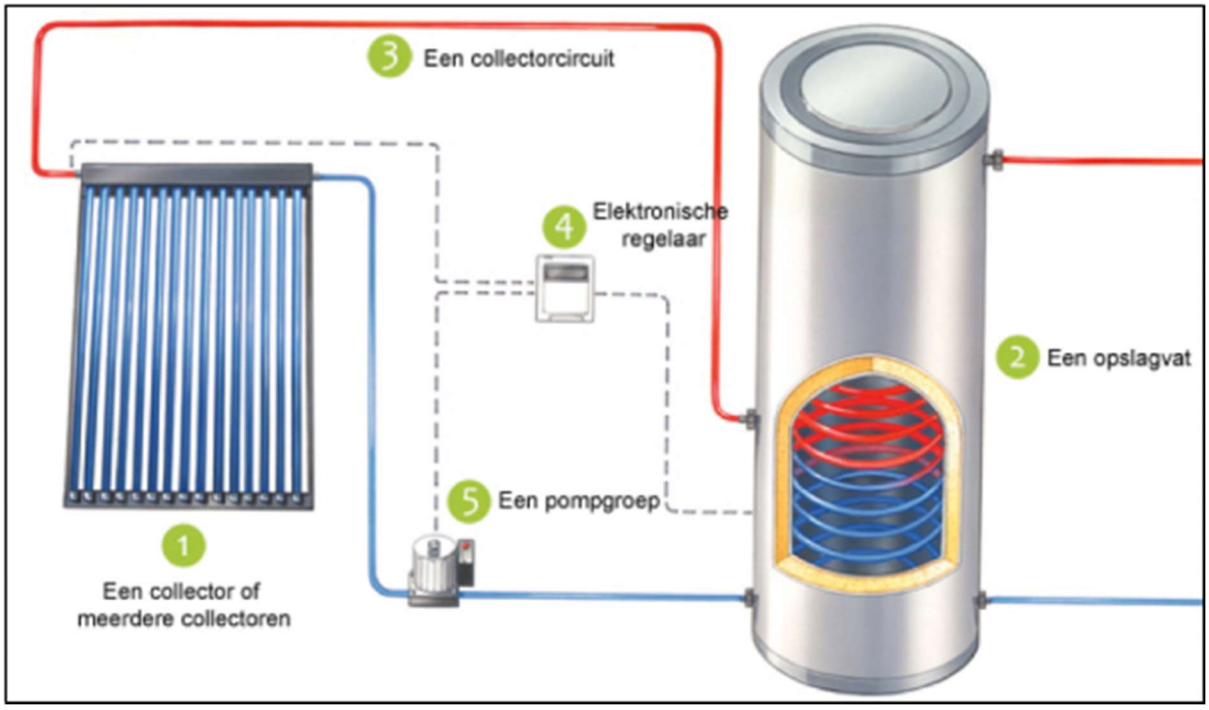


3. Gebruik maken van buitenwater; Dit kan op drie verschillende manieren:
    1. Door een buizenstelsel te maken op de bodem van het vaartuig. Hierbij ligt er een buienstelsel in een betonnen bak op de bodem van het schip. Is eigenlijk alleen toepasbaar op woonboten met een betonnen bodem.
    2. Door middel van een warmtewisselaar. Er wordt buitenwater opgepompt, wat via een platenkoeler de warmte afgeeft aan de glycol, om o het gevraagde temperatuurverschil te overbruggen. Hierbij dient er wel rekening gehouden te worden met de stroomsnelheid (deze moet hoog genoeg zijn om bevriezing te voorkomen) en er moet een wierpot worden geïnstalleerd, om vervuiling in de koeler te voorkomen. Op plaatsen waar veel afval in het water ligt (zoals bijvoorbeeld de Amsterdamse grachten) systeem af te raden



    3. Door middel van een beunkoeler. Dit systeem werkt (in Nederland) alleen voor varende schepen, omdat tijdens het stilliggen de stroomsnelheid door de koeler te laag ligt en het systeem gaat bevriezen. In warmere gebieden is dit wel een oplossing.

Zonneboiler De werking van een zonneboiler is gebaseerd op een warmtewisselaar: door speciale collectoren te plaatsen op het dek of roefdak, wordt warmte geabsorbeerd die opgevangen wordt door een speciale vloeistof die steeds in beweging blijft. Deze vloeistof stroomt door kleine buisjes naar de warmtewisselaar die terug te vinden is in een opslagvat met water. Het warme water in dit opslagvat kan worden gebruikt voor tal van huishoudelijke zaken zoals douchen en centrale verwarming. Tijdens de zomermaanden kunnen zonneboilers instaan voor de volledige productie van warm water in huis. In de winter zal een combinatie gemaakt moeten worden met traditionele verwarmingsketels, aangezien de kracht van de zon in de winter in Nederland onvoldoende is om de gevraagde temperatuur te leveren. Meestal worden zonneboilers gebruikt voor het warme water wat uit de kraan komt, of als bijverwarming op het hoofdsysteem, bijvoorbeeld door gebruik van een buffervat.



Het opslagvat in dit voorbeeld kan een buffervat zijn, voor aansluiting op het verwarmingssysteem, of een boiler voor het warmwatersysteem.

Speksteenkachel. Hoe werkt een speksteenkachel? Een speksteenkachel werkt als een soort accumulator. Dat wil zeggen dat de geproduceerde warmte wordt opgeslagen in de stenen behuizing van de kachel en waardoor de kachel daarna nog voor een langere periode warmte zal afgeven. De moderne kachels werken volgens het tegenstroomprincipe. Dit is de meest efficiënte en ook meest compacte bouwwijze. De verbrandingskamer (1) heeft een primaire (5) en een secundaire (6) luchttoevoer. Hierlangs stroomt de lucht in de verbrandingskamer. De hete brandende houtgassen stijgen op (2), waarna boven in de kachel de secundaire verbranding (4) plaats vindt. Via de tegenstroomkanalen (3) trekken de hete rookgassen langs de speksteenwanden naar beneden. Hierdoor wordt de energie uit het hout opgenomen in de speksteenmassa van de kachel (7). Deze energie wordt in de vorm van stralingswarmte geleidelijk afgegeven door alle verticale oppervlakten van de kachel (8). Om de verbrandingstemperatuur zo hoog mogelijk te maken, is het deksel aan de binnenzijde geïsoleerd (9). Hiermee wordt tevens voorkomen dat er veel warmte naar boven wordt uitgestraald. Daar is deze warmte immers niet nodig. Het grote nadeel van dit type kachel is het enorme gewicht van soms wel 1000 kg, hoewel dit een schijntje is in vergelijking met het laadvermogen van de meeste schepen. Daarnaast een tank van 1000 liter water weegt exclusief tank ook iets meer dan 1000 kg.

Elektrische kachels zijn werkelijk in alle vormen en maten verkrijgbaar. Zo zijn ze als sfeerhaard, zie ook afbeelding hieronder, maar ook als gewone verwarming. Een sfeerhaard kan een leuk alternatief zijn voor een kachel welke in de ruimte staat opgesteld. Op deze manier heb je wel de sfeer, maar niet het warmteverlies dat normaal door het glas verloren gaat. Daarnaast heb je nog elektrische kachels welke kunnen samenwerken met een leidingsysteem. Deze werken normaal als een radiator, maar wanneer het niet warm genoeg is kan je elektrisch bij verwarmen. Deze systemen werken goed samen met een vloerverwarming. De elektrische kachel warmte de ruimte alvast op en de vloerverwarming doet de rest. Elektrische kachels zijn zeker niet efficiënt en duurzaam te noemen. Ze gebruiken erg veel energie met weinig resultaat. Ze zouden hoogstens kunnen dienen als aanvulling op een bestaand systeem.

Sfeerhaard

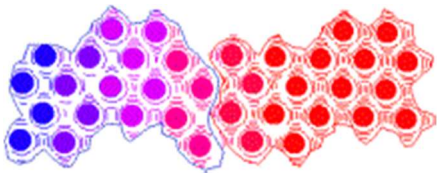
Elektrische wandkachel

Elektrische kachel als bijverwarming, inclusief ventilator om in warmere periodes te koelen

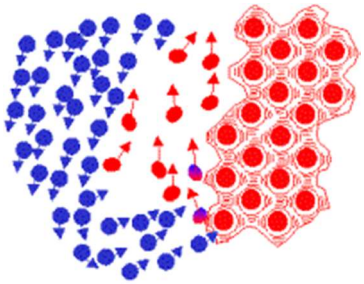
Warmteverspreiding

Met warmteverspreiding wordt bedoeld, hoe de, door de kachels opgewekte warmte, verdeeld kan worden over de verschillende ruimtes aan boord. Er zijn 3 soorten van warmteoverdracht, te weten;

1. Warmtegeleiding. Als je een warme steen tegen een koude steen zet, dan zullen ze na een tijd even warm aanvoelen. De trilling van de deeltjes van de warme steen heeft de deeltjes van de koude steen doen meetrillen. Dat heet warmtegeleiding.



2. Convectiewarmte. Convectieverwarming is luchtverwarming of verwarming via warme lucht. Doordat de warme luchtdeeltjes lichter zijn dan de koude zullen deze gaan stijgen. De koude luchtdeeltjes zullen dalen en daarbij weer langs de warmtebron komen en opwarmen. De gemiddelde temperatuur komt daardoor hoger te liggen dan de oorspronkelijke temperatuur en lager dan de temperatuur van de geproduceerde warmte. Er is dus een continue luchtstroom aanwezig in de ruimte. Bovenin de ruimte zal het 't warmst zijn en onderin het koudst. Bij deze methode klagen mensen vaak over koude voeten.



3. Stralingswarmte. Een derde manier om warmte over te brengen is warmtestraling. Het warme, onzichtbare licht dat een hete kachel uitstraalt zal elk voorwerp verwarmen waar het op valt. Dus ook ons lichaam, zoals ook de zon doet.

De drie soorten warmteoverdracht zullen echter nooit op zichzelf voorkomen. Het is altijd een combinatie van meerdere soorten. Bij verwarmingssystemen aan boord is er meestal sprake van een combinatie tussen convectiewarmte en stralingswarmte. Per type zal er worden aangegeven wat de hoofdmoot is van het betreffende toestel.

Directe warmte. Hiermee wordt de groep warmtebronnen bedoeld welke staat opgesteld een in een ruimte die verwarmd wordt door de warmtebron; Meestal zijn dit hout-, pellet of speksteenkachels. De geproduceerde warmte wordt zonder tussenkomst van een leidingsysteem direct afgegeven aan de ruimte. Het overgrote gedeelte hiervan zal bestaan uit stralingswarmte. Speksteenkachels zijn een categorie apart en worden verderop behandeld.

Het grote voordeel van kachels in de ruimte is de eenvoudige installatie. Er hoeft alleen maar een gat gemaakt te worden voor de schoorsteen en een beschermplaat onder de kachel. Vaak geven de vlammen ook een sfeer verhogend effect.

De nadelen van deze vorm van warmteverspreiding is het lage rendement van deze systemen. Verreweg de meeste warmte gaat verloren door de schoorsteen, door warmte, maar ook door onvolledige verbranding en dus niet het optimaal benutten van de verbrandingswaarde. Ook kan het rond de kachel zelf erg warm worden, in tegenstelling van de hoeken van de ruimte. Houtkachels geven ook geen constante warmte af, doordat ze onregelmatig worden bijgevuld. Bij pelletkachels is dit wel het geval en zal er dus een constantere temperatuur zijn. Het grote nadeel wordt veroorzaakt doordat de warmte niet kan worden opgeslagen in een buffersysteem.

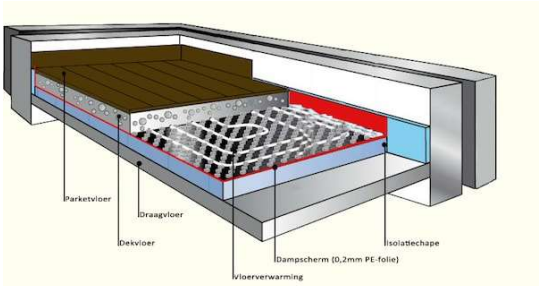
Een mogelijkheid om de kachel beter te benutten is deze aan te sluiten op een CV systeem en daarmee een buffer te creëren. Hierbij is het wel belangrijk om de juiste veiligheidssystemen in te bouwen om overdruk en stoom te voorkomen. Ook is een goede ontluchting belangrijk.

Speksteenkachels. Hoewel een speksteenkachel ook een vorm van directe warmte is, heeft hij een eigenschap dat hem onderscheid van de andere directe systemen: Hij is in staat om zijn warmte op te slaan en daarna gelijkmatig af te geven aan de ruimte. Dit type kachel zal dan ook bijna de volledige verbrandingswaarde van het hout, of de pellets benutten. Er gaat haast geen warmte verloren door de schoorsteen en door de hoge verbrandingstemperatuur zal de brandstof bijna volledig benut worden.

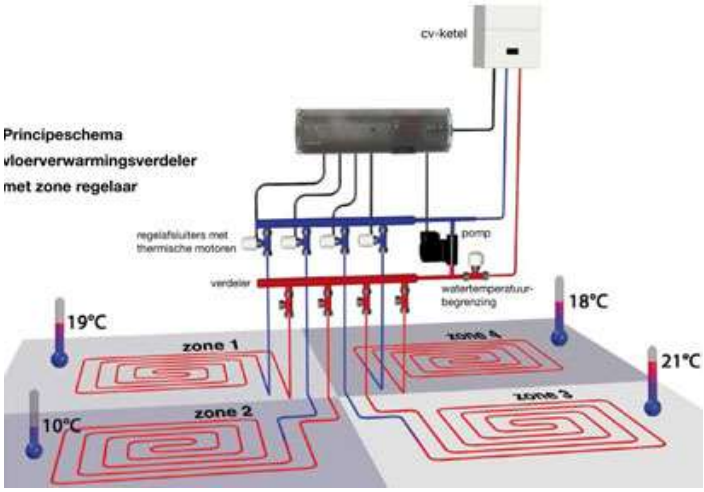
Indirecte warmte. Hiermee worden alle systemen bedoeld welke hun warmte afgeven aan een leidingsysteem. Hiermee de afgegeven warmte als het ware opgeslagen in de vorm van warm water en kan het zo door het hele schip heen worden verspreidt alwaar het in de juiste ruimte weer wordt afgegeven. Er zijn verschillende vormen van afgifte aan de ruimte, waarbij onderscheidt wordt gemaakt tussen hoge (60℃) en lage (30℃) temperatuursystemen. Lage temperatuursystemen hebben als voordeel dat er minder energie benodigd is om de juiste temperatuur te bereiken, nadeel is dat er een veel groter afgifteoppervlakte nodig is om de gewenste temperatuur te bereiken.

Radiatoren en convectoren. Het verschil tussen een radiator en een convector zit hem voornamelijk in de manier van warmte voortbrengen. Laat er geen misverstand over zijn: zowel radiatoren als convectoren geven convectie- en stralingswarmte af. Het verschil is dat convectoren ongeveer 90% convectiewarmte afgeven en 10% stralingswarmte. Radiatoren daarentegen geven zo'n 50 tot 75% stralingswarmte, waarbij het overige percentage uit convectiewarmte bestaat. De meeste mensen ervaren stralingswarmte als prettiger en het heeft ook het voordeel dat er veel minder luchtverplaatsing is. Radiatoren en convectoren kunnen ook prima samen gebruikt worden. Een convector is ten opzichte van een radiator met hetzelfde vermogen vaak kleiner, maar wandconvectoren worden vaak omkast waardoor ze weer lijken op een radiator. Het omkasten wordt gedaan doordat de werking dan weer beter is. Dat gezegd hebbende, convectoren zijn meestal wel lichter omdat ze vaak van lichtere materialen (zoals kunststof) zijn gemaakt en ze hebben ook een kleinere waterinhoud. Radiatoren zijn vaak van staal en dus een stuk zwaarder. Beide systemen zijn verkrijgbaar op hoge en lage temperatuur, maar gezien de afmetingen is bij beide systemen de hoge temperatuurvariant aan te bevelen.

Vloerverwarming. Vloerverwarming is zowel met een leidingwerk als elektrisch mogelijk. Aangezien elektrisch energie technisch zeer onrendabel is wordt dit verder buiten beschouwing gelaten. Een vloerverwarmingssysteem is opgebouwd uit een aantal lagen: Als eerste de ondervloer, al dan niet met extra isolatie op het vlak. Vaak wordt hiervoor underlayment (2 cm) (plaatmateriaal) gebruikt, daarop zit een laag isolatie (3 mm), gevolgd door fermacell (3 cm) met gefreesde groeven voor het leidingsysteem van de vloerverwarming. Hier bovenop kan je een vloer leggen (tegels of speciaal daarvoor geschikt hout). Ten opzichte van een gebruikelijk systeem is dit ongeveer 3,5 cm dikker dan gebruikelijk.



Een vloerverwarmingssysteem wordt gevoed vanuit een verdeler met daarop een pomp en meerdere leidingsystemen. Hierdoor is het goed mogelijk om ruimtes onafhankelijk van elkaar te regelen. Indien er te weinig vloeroppervlakte is, kan dit worden aangevuld met wandverwarming, Vloerverwarming geeft voor het grootste gedeelte stralingswarmte en is een lage temperatuursysteem. Over het algemeen wordt het ervaren als een zeer behaaglijke warmte en heb je altijd warme voeten. Een vloerverwarmingssysteem kan je gemiddeld 2℃ lager stoken als radiatoren om het zelfde gevoel van comfort te ervaren. Bijkomend voordeel is dat het vlak ook goed droog blijft (mits geventileerd). In de zomer kan je ook koud water door het systeem laten lopen om de ruimte te koelen. Nadeel van dit systeem is een hogere investering dan radiatoren. Ook is het vlak niet meer direct bereikbaar, al kan je wel prima inspectieluikjes maken, welke ook vloerverwarming hebben.



Luchtverwarming. Bij luchtverwarming zijn er twee systemen te onderheiden. De lucht kan in een ketel worden verwarmd, waarbij het door een kanalenstelsel door het schip verspreidt wordt. Een tweede optie is met behulp van een lokale warmtewisselaar de lucht te verwarmen. Hierbij wordt warm water via een leidingstelsel door het schip verspreidt en wordt lokaal de lucht verwarmt.

Buizenstelsel: Deze luchtverwarming werkt met een kanalensysteem van roosters en buizen dat de verwarmde lucht verspreidt door het schip. Om de lucht gelijkmatig te verdelen worden de kanalen zorgvuldig berekend naargelang de oppervlakte van de kamer en de afstand van de verwarmingsketel. Via een retoursysteem wordt de aanwezige lucht eerst gefilterd om vervolgens opnieuw op te warmen. Bij vochtige ruimtes zoals de badkamer kan men de vochtige lucht ook naar buiten stuwen. Hedendaagse luchtverwarmingsinstallaties worden steeds geplaatst met goed isolerende kanalen om warmteverlies zoveel mogelijk uit te sluiten. Ook bestaat de mogelijkheid om de lucht te bevochtigen in de droge winters om een aangenaam klimaat te creëren. Het nadeel van dit systeem is de hoge lucht circulatie en daarmee ook de stofcirculatie. Voordeel is ook de mogelijkheid om in de zomer koele lucht door het schip te pompen.

Warmtewisselaar. Het grote voordeel van ter plekke verwarmen is dat er geen lange luchtslangen door het schip lopen. De warmte wordt aangevoerd door warm water, wat met behulp van een warmtewisselaar lokaal de lucht verwarmd. Bijkomend voordeel is dat het ook prima te combineren is met radiatoren en / of convectoren. Het systeem werkt op hoge temperatuur en is vaak modulair in te stellen. Dat wil zeggen dat de ventilator die de luchtstroom op gang houdt zijn toerental (en daarmee de hoeveelheid uitgeblazen lucht) traploos aanpast aan de vraag. Vanuit de centrale unit wordt het met korte slangen verdeeld over de ruimte. De uitblaasunits kunnen in de wand worden geplaatst.

Een tweede optie is gebruik te maken van lucht behandelingskasten. Deze werken voor het verwarmen op de zelfde manier, alleen hebben ze de eigenschappen dat ze de lucht ook kunnen koelen. Het is dus een verwarming- en airconditioningsysteem in één. Hierbij dient er wel goed rekening mee gehouden te worden dat er een afvoer voor condens moet zijn. Het zal dus altijd moeten worden aangesloten op het vuilwatersysteem of worden voorzien van een eigen drainage.

Warmtestralingspanelen. Bij warmte stralingspanelen, wordt de warmte energie opgewekt door elektrische stroom door een weerstand te leiden. Daarom is infrarood verwarming ook een elektrische verwarming maar absoluut geen directe elektrische verwarming. De glazen frontplaat van het infrarood verwarmingspaneel wordt door warmtegeleiding opgewarmd. De glazen frontplaat straalt de warmte af en geeft infraroodwarmte af aan de ruimte. De energie-omzetting van elektrische energie naar warmte-energie heeft hier nauwelijks verliezen. De warmte-energie wordt geproduceerd daar, waar de warmte nodig is. Indien er voldoende warmte-energie kan worden afgestraald, dan wordt deze warmte opgenomen in de omliggende objecten en materie, precies zoals de straling van de zon dit onophoudelijk doet. Dit gaat door totdat er een temperatuur evenwicht is opgebouwd tussen het stralingspaneel en die object en de betreffende ruimte. Vanaf het moment dat er geen constante warmte-energie meer geproduceerd hoeft te worden, wordt er ook niet meer constant stroom verbruikt, waardoor het systeem minder energie verbruikt. Uiteraard speelt de warmte-opname-capaciteit van de objecten een belangrijke rol. De panelen dienen aan het plafond of zo hoog mogelijk tegen de wand te worden gemonteerd.

Overige systeemcomponenten

Een verwarmingssysteem bestaat vaak uit meer onderdelen dan alleen het verwarmingselement en de units waar de warmte aan de ruimte wordt afgegeven. Hier volgt een kort overzicht van de veel voorkomende componenten, met een basisuitleg. Welke componenten er benodigd zijn hangt af van het systeem wat u kiest. Voor meer informatie hierover kunt u contact opnemen met S-boats. De contactgegevens staan op de laatste pagina.

Warm water

Veel verwarmingssystemen hebben de mogelijkheid om warm water (voor douchen etc.) op te wekken. Dit kan op verschillende manieren, maar de meeste systemen met een leidingsysteem hebben deze mogelijkheid ingebouwd. Het is wel van belang bij het berekenen van de maximale capaciteit hier rekening mee te houden. Voor meer informatie is er een extra *infoblad warm water* beschikbaar.

Buffervaten

Een buffervat dient ervoor om warm water op te slaan. Het kan in een aantal gevallen worden ingezet.

- **Centrale opslag**: Bijvoorbeeld bij het gebruik van meerdere verwarmingsbronnen waarbij het buffervat als een centrale opslagunit dient.
- **Warmte opslag**: Een buffervat dient ervoor om warmte op te slaan. Door het gebruik van een buffervat kan een kachel optimaler draaien (op de maximale capaciteit, voor een langere periode). Dit geldt bijvoorbeeld ook om overproductie van bijvoorbeeld zonnewarmte op te slaan.
- **Als buffer** tussen een verwarmingssysteem op hoge temperatuur en een lage temperatuur afgifte systeem. Vanuit het buffervat kan er dan bijgemengd worden om de ideale temperatuur voor het systeem te gebruiken.

(Veiligheid) componenten

Er zijn een aantal aspecten waarmee rekening gehouden moet worden bij de aanleg van een verwarmingssysteem. Hier staan de meest voorkomende opgesomd.

- **Ontluchting**: In een leidingsysteem mag geen lucht zitten, dit remt de doorstroming, geeft een irritante herrie en heeft een hoop warmte verlies als gevolg. Er bestaan handmatige en automatische systemen.
- **Stoombeveiliging**: In een leidingsysteem mag geen stoom ontstaan, aangezien dit een enorme overdruk als gevolg heeft. Om dit te voorkomen dient er vlak achter de verwarmingsbron (als dit noodzakelijk is) een stoomventiel te plaatsen. Veel verwarmingsbronnen hebben dit ook al ingebouwd.

- **Pompen**: In leidingsystemen moet het water worden rondgepompt, dit gebeurd door pompen. Er zijn tegenwoordig zeer energiezuinige varianten aanwezig op de markt.
- **Leidingen**: Hierbij is er keuze uit tal van soorten, zowel metaal als kunststof. Met een aantal soorten kunt u zelf uit de voeten, bij andere heeft u speciaal gereedschap nodig. Houdt bij de aanleg ook rekening met eventuele schotdoorvoeren, door waterdichte schotten. Lang niet alle systemen hebben hier een oplossing voor. Houd er ook rekening meet dat de leidingen goed geïsoleerd worden om warmteverlies te voorkomen.
- **Thermostaten**: Hiermee kan de gewenste temperatuur worden ingesteld. Er zijn verschillende opties op de markt verkrijgbaar. Van simpele draaiklokken tot geavanceerde systemen, met allerlei mogelijkheden om tijdsschakelingen en temperatuurschommelingen in te programmeren. De meeste varianten zijn vaak zowel bedraad, als onbedraad (meestal via WIFI) verkrijgbaar. Houd wel rekening met het feit dat een WIFI signaal moeite heeft met stalen schotten. Welk systeem het beste bij u past, hangt af van welk systeem u kiest en over welke mogelijkheden u wilt beschikken.
- **Driewegkleppen**: Deze zitten vaak bij systemen waarbij ook tapwater (warm water) is aangesloten op het systeem. Het maken van warm water zal in de meeste gevallen voorrang krijgen boven de verwarming. Een driewegklep regelt deze schakeling.
- **Temperatuurschakelaars**: Deze zijn vaak te vinden in een systeem met een buffervat. Wanneer de temperatuur in een vat te laag is, wordt de kachel aangeschakeld, bij het bereiken van de ingesteld temperatuur wordt deze weer uitgeschakeld.
- **Drukmeters**: Met een drukmeter kunt u de waterdruk aflezen en indien deze te laag is, het systeem bijvullen. Over het algemeen worden hier simpele analoge meters voor gebruikt, maar ze zijn uiteraard ook digitaal verkrijgbaar.
- **Expansievaten**: Een expansievat dient er toe om de drukschommelingen in een systeem op te vangen. Wanneer water wordt verwarmt zal het uitzetten (meer volume innemen). Een expansievat kan deze schommelingen opvangen. De capaciteit van een expansievaten wordt bepaald door de hoeveelheid water in het systeem.

Eindnoot

In dit informatieblad heeft u achtergrondinformatie op kunnen doen over de verschillende brandstoffen en kachels en hoe de warmte verspreidt kan worden in de ruimte welke u wilt verwarmen. Welke systeem u wilt kiezen hangt echter af van een heel aantal persoonlijke factoren. S-Boats kan u begeleiden bij het maken van deze keuze en helpt u een plan te maken welke niet alleen gaat over de aanschaf maar ook over de levensduur en de jaarlijkse kosten. De doelstelling van S-boats is om de ecologische stempel zo klein mogelijk te maken en dus een zo duurzaam mogelijk systeem af te leveren. Hiervoor heeft S-Boats contracten afgesloten met de beste leveranciers van Nederland welke duurzaamheid ook hoog in het vaandel hebben staan. S-boats levert dus zeker niet de goedkoopste systemen, in ieder geval niet in aanschaf. Wij staan er juist voor dat u, uw investering zo snel mogelijk terugverdient en na een aantal jaren kan profiteren van de lage verbruikskosten.

Naast dit informatieblad over verwarming hebben wij ook informatiebladen over elektrasystemen, isolatie en duurzaamheid. Vaak spelen deze zaken ook een rol in het maken van de keuze voor een verwarmingssysteem. S-Boats kan u helpen een plan te maken om uw schip in een aantal stappen drastisch te verduurzamen en zo uw bijdrage te laten leveren naar een groenere toekomst.

S-BOATS
SUSTAINABLE SAILING

Voor meer informatie of het maken van een afspraak kunt u contact opnemen met S-Boats.

Info@s-boats.nl of +31-653420808