

SERC

Centrum för solenergiforskning
Solar Energy Research Center

Högskolan Dalarna
SE 781 88 Borlänge
tel: +46 23 778000
www.serc.se



HÖGSKOLAN
Dalarna

Reglerprinciper för villasystem med pelletkaminer och solvärme

Tomas Persson

ISSN 1401 - 7555
ISRN DU-SERC- -88- -SE
maj 2005

ABSTRACT

Systems with water jacket stoves fired by wood pellets can be very complex systems and difficult to control. This report gives suggestions on how different system concepts with water jacket stoves should be controlled to have an optimal system performance. Experience from measurements on pellet stoves and simulations of single family houses and systems are used as the basis of these suggestions. The report can be a starting point for further evaluation and testing of systems with water jacket stoves. Detailed control- and operation instructions are presented for three different system principals. Control strategies of two different concepts with water jacket stove and domestic hot water store, and a concept with water jacket stove and buffer store are presented. In addition the report discusses how the control strategy can be applied on different but similar concepts.

SAMMANFATTNING

System med vattenmantlade pelletkaminer kan vara mycket komplexa och svårreglerade system. Denna rapport ger förslag på hur olika systemkoncept med vattenmantlade pelletkaminer bör styras för att uppnå en optimal funktion. Erfarenheterna utgår från mätningar på pelletkaminer och systemsimuleringar av hus och system. Rapporten kan således vara ett underlag vid fortsatt utveckling och provning av system med vattenmantlade pelletkaminer. Detaljerade styr- och funktionsbeskrivningar redovisas för tre olika systemprinciper. Två olika principer med pelletkaminer och varmvattenberedare, samt en princip med pelletkamin kopplad mot ackumulatortank behandlas. Dessutom diskuteras hur styrningen kan appliceras på varianter av dessa system.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND, SYFTE OCH MÅLSÄTTNING.....	4
2	SYSTEMFÖRSLAGEN.....	4
3	SYSTEM MED PELLETKAMIN UTAN VATTENMANTEL	5
4	VATTENMANTLAD PELLETKAMIN OCH VARMVATTENBEREDARE ..	5
4.1	Funktionsbeskrivning för system S11	6
5	VATTENMANTLAD PELLETKAMIN, ELPATRON OCH VARMVATTENBEREDARE.....	7
5.1	Funktionsbeskrivning för system S13	8
6	VATTENMANTLAD PELLETKAMIN OCH ACKUMULATORTANK	10
6.1	Funktionsbeskrivning för system S14.....	10
	REFERENSER.....	14
	Bilaga 1. Systemvarianter.....	15

1 BAKGRUND, SYFTE OCH MÅLSÄTTNING

I en licentiatavhandling av Persson (2004) uppmärksammas komplexiteten i system med vattenmantlade pelletkaminer och solvärme. I systemen skall solvärme, direktvärme från pelletkaminen, vattenburen värme från pelletkaminen samt tillsatsvärme från el styras så att inomhuskomforten blir acceptabel och att värmekällornas utnyttjande prioriteras i rätt ordning. Vid ett av Energimyndigheten anordnat seminarium den 25:e aug 2004 i Stockholm med aktörer inom pelletbranschen framfördes också en viss oro att en del system med pellet och solvärme som installeras i elvärmda småhus idag kan ha vissa tekniska brister som göra att de fungerar mindre bra. Förutom besväret för den enskilde villaägaren skulle det också kunna leda till att pelletbranschen får ett dåligt rykte.

Denna rapport ger förslag på hur olika systemkoncept med vattenmantlade pelletkaminer bör styras för att uppnå en optimal funktion. Erfarenheterna utgår från de mätningar på pelletkaminer och de simuleringar av småhus och system som redovisas av Persson 2003 och 2004 samt Persson *et al.* 2005. Rapporten avser att ge en grund för fortsatt utveckling och provning av system med pelletkaminer. En målsättning är att olika systemkoncept med vattenmantlade pelletkaminer uppmäts och utvärderas i laboratoriemiljö och slutligen i fältförsök i verkliga hus. Därigenom ges möjlighet att verifiera om föreslagna reglerstrategier är lämpliga.

2 SYSTEMFÖRSLAGEN

Förutom mätningar och systemsimuleringar av Persson (2004) som studerat 14 olika systemkoncept (se bilaga 1) har även Lennermo (2005) upprättat ett stort antal systemförslag och funktionsbeskrivningar för pelletkaminer, pelletpannor och solvärme samt systemlösningar för större fastigheter och närvärmesystem. I denna rapport redovisas förslag på reglerfunktion för tre olika systemvarianter med pelletkaminer och sol som bedöms vara av störst behov att undersökas med mätningar. Detaljerade förslag till systemutformning och styrning ges för de föreslagna systemen.

3 SYSTEM MED PELLETKAMIN UTAN VATTENMANTEL

System S2 och S3 i bilaga 1 är system med kaminer utan vattenmantel. Dessa kan ej sägas vara särskilt komplexa system, eftersom den enda installation som görs i huset är installation av en komplett kamin med tillhörande reglering. Kaminen fungerar oberoende av det övriga värmesystemet och det förefaller naturligt för brukaren att ha det övriga värmesystemet avstängt eller lågt ställt för att spara så mycket el som möjligt.

Försäljningen av pelletkaminer utan vattenmantel är betydligt större än vattenmantlade kaminer, men behovet av demonstrationsprojekt och fältmätningar är litet, eftersom risken för dålig systemfunktion bland kaminerna utan vattenmantel är liten. Dock är det viktigt att konsumenten informeras om kaminens möjligheter och begränsningar, så att kundens förväntningar överensstämmer med resultatet. Köparen måste få information om hur komfortnivå och elanvändning hänger ihop före investeringen.

Persson 2004 och Persson *et al.* 2005 visar att en kamins verkningsgrad och CO utsläpp kan påverkas av reglerprincipen som tillämpas. Komponenttester av enskilda kaminer i laboratoriemiljö där reglerprincipen varieras kan ge en möjlighet att optimera dessa parametrar.

4 VATTENMANTLAD PELLETKAMIN OCH VARMVATTENBEREDARE

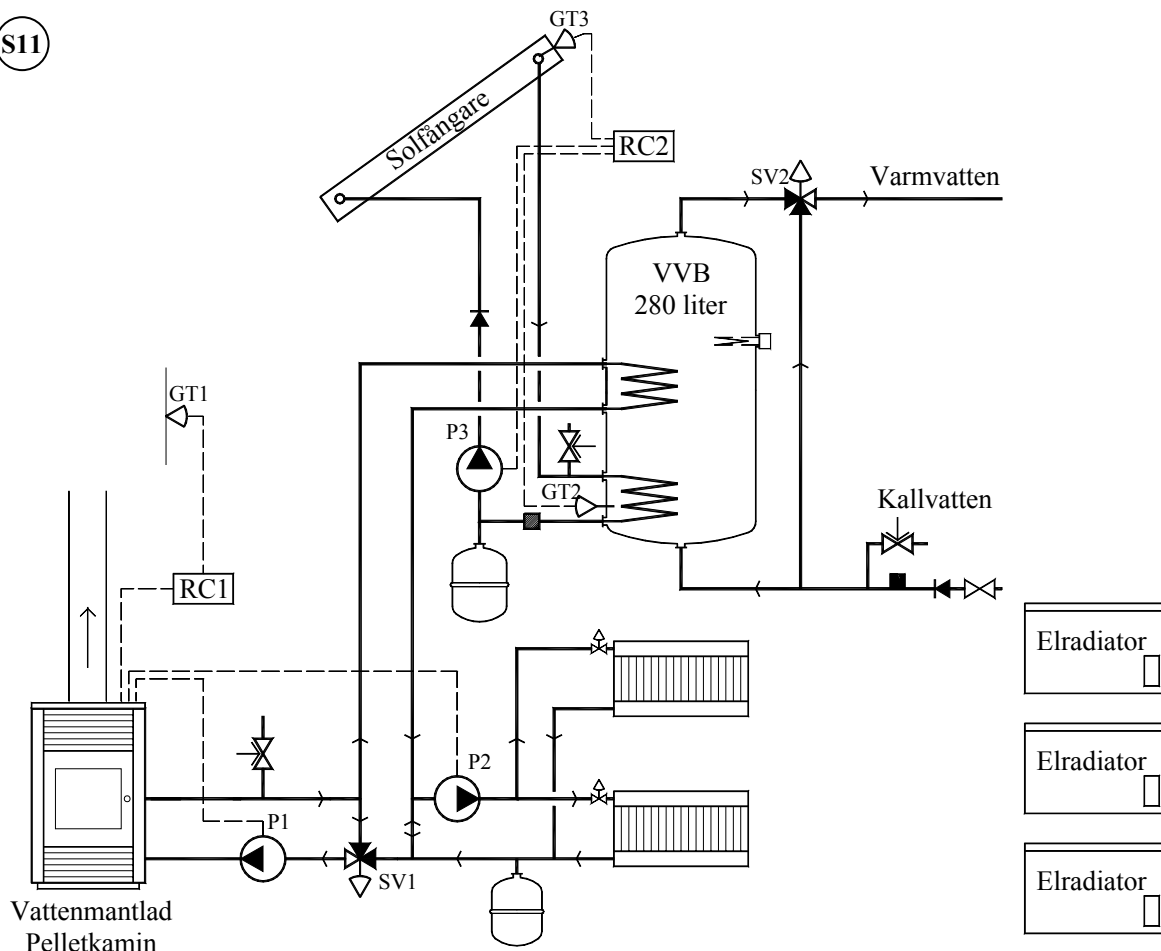
Inom kategorin vattenmantlade pelletkaminer med varmvattenberedare ingår tio systemvarianter (system S4 tom S13 i bilaga 1) System S4 eller S5 kan inte rekommenderas i traditionella bostäder, eftersom de medför stora problem med överhettning i vattenkretsen, då värmebehovet är mångdubbelt större än varmvattenbehovet .

System S7 och S11 samt varianterna utan solvärmesystem S6 och S10, kan vara intressanta om en delkonvertering genomförs, dvs med ett fåtal vattenradiatorer strategiskt placerade i huset. Persson (2004) visar inte att systemet är ekonomiskt fördelaktigt, men å andra sidan har inte antalet radiatorer i förhållande till kaminens värmeavgivning till vattenkretsen optimerats. Systemen bör kunna använda samma reglerprincip (med undantag av solvärmekretsen) och av denna anledning ges endast förslag på reglerstrategi för system S11 (figur 1).

Systemdimensionering

Beträffande val av lämplig pelletkamin och hur stor andel av värmen som skall avges till vattenmanteln måste man utgå från husets förutsättningar samt hur vattenradiatorerna placeras. En sådan dimensionering måste göras från fall till fall, men det finns än så länge inga generella riktlinjer för hur en sådan dimensionering skall gå till. Persson 2004 ger dock exempel på hur stor elbesparing man kan få med olika systemvarianter i olika hustyper.

S11



Figur 1. System S11.

Överhettning

I system S11 liksom i S6, S7 och S10 riskeras överhettning av kaminen om samtliga radiatorer förses med termostatventiler. Någon eller några radiatorer bör därför göras oavstängbara för att säkerställa att ingen överhettning kan ske. Injustering av radiatorerna (justering av k_v -värden) blir extra viktigt om radiatorerna saknar termostatventil. Eventuellt är detta inget problem i praktiken, utan enbart ett teoretiskt problem, men utgångspunkten för en regler-systemet bör vara att det skall fungera även om brukarens beteende är felaktigt. Problem med överhettning skulle också kunna lösas om kaminen utrustades med ett intelligent överhettningsskydd som stänger av kaminen om vattentemperaturen blir för hög och sedan återstartar kaminen först efter någon timme.

4.1 Funktionsbeskrivning för system S11

I system S11 (figur 1) är den vattenmantlade kaminen kopplad mot en varmvattenberedare och vattenburna radiatorer som är placerade i rum som inte värms direkt av kaminen. Befintliga elradiatorer används som tillsatsvärme i samtliga rum, vilket kan ge problem med placeringen av vattenradiatorerna. Tappvarmvattnet bereds i en varmvattenberedare med en värmeväxlare för solfångarkretsen placerad i varmvattenberedarens botten. Elpatronen i varmvat-

tenberedaren måste ställas så högt att legionellabakterier avdödas, i praktiken ca 60°C (Stål-bom och Kling). Varmvattentemperaturen begränsas till ca 55°C med den självverkande ven-tilen SV2.

Den vattenmantlade kaminen är ansluten till en extra värmeväxlare i varmvattenberedaren som skall vara placerad strax under elpatronen. På marknaden finns ett fåtal varmvattenbere-dare som kan beställas med en extra värmeväxlare, men möjligheten att få denna värmeväxla-re rätt placerad har inte undersökts.

Pelletkaminen förutsätts styras på en rumsgivare GT1 monterad i samma rum som kaminen. Värme cirkulationspumparna P1 och P2 styrs av en inbyggd vattentmostat i kaminen. Den självverkande ventilen SV1 håller inloppstemperaturen till kaminen vid lägst 55°C, för att undvika kondens i kaminens konvektionsparti. Ventilen kommer också att säkerställa att tem-peraturen in till varmvattenberedaren är tillräckligt hög. Om ett golvvärmsystem används i stället för radiatorer, måste ytterligare en självverkande ventil, eller shuntventil installeras, som begränsar framledningstemperaturen. Detta måste göras på ett sätt så att kaminen inte kan överhettas. Elradiatorerna förutsätts ha en väl fungerande elektronisk reglering och dess termostat ställs på lägsta tillåtna rumstemperatur.

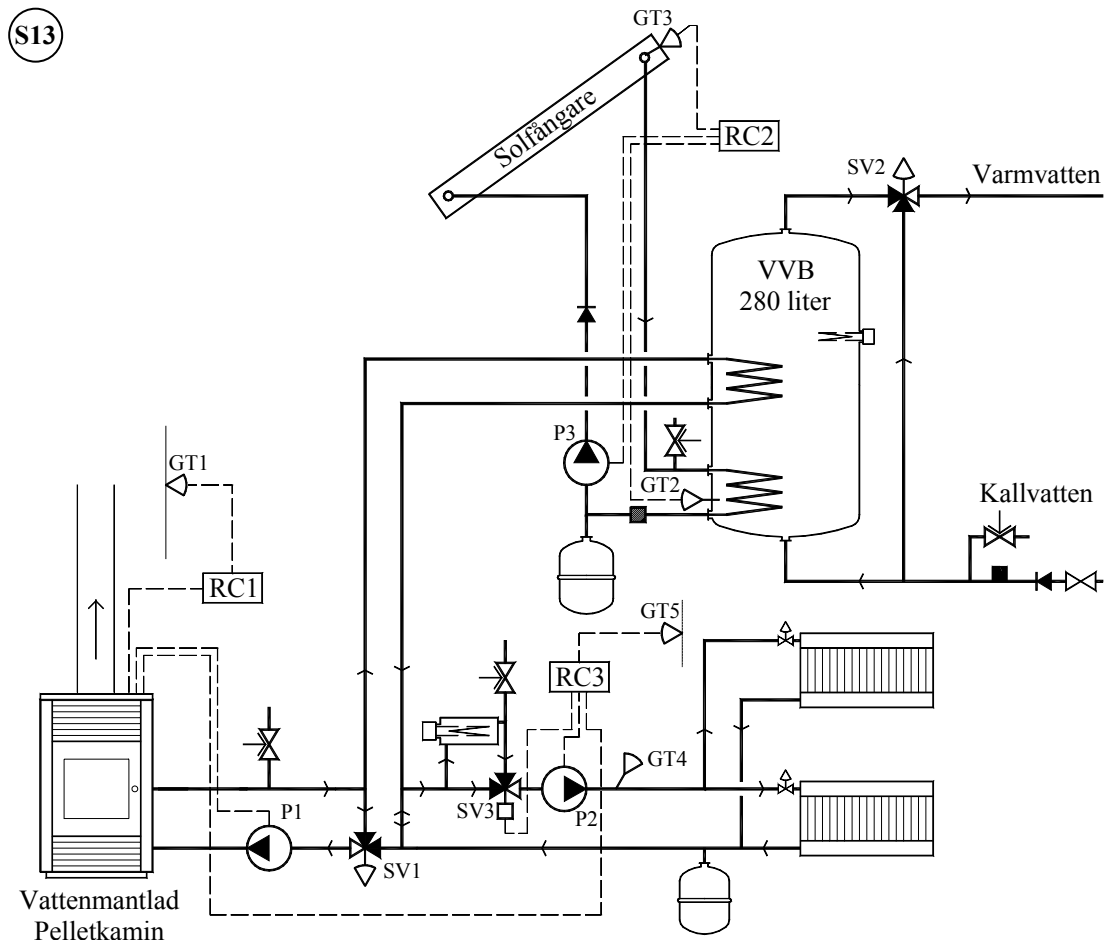
Kaminen styrs på rumstermostaten, men för att undvika överhettning i vattenkretsen får inte alla radiatorerna förses med avstängbar ventil eller termostatventil. Om pelletkaminen förses med en form av tidsfördröjd återstart vid hög vattentemperatur skulle strypta radiatorer inte skapa några problem. Injustering av radiatorerna skall göras så att rätt flöde genom varje radi-ator erhålls utan termostatventiler.

Solfångarpumpen P3 styrs av en konventionell differenstermostat RC2 via temperaturgivare GT2 och GT3. Cirkulationspumpen P3 startar då temperaturskillnaden mellan GT2 och GT3 är ca 8°C och stannar vid en temperaturskillnad på ca 3°C. Pumpen är avstängd då GT2 regi-strerar en tanktemperatur på över 90°C för att undvika överhettning i varmvattenberedaren. Solfångaren går då i stagnation och solfångarkretsen måste därför vara konstruerad för att klara detta. En metod som bygger på att solfångaren fylls med ånga vid stagnation (Perers *et al.*, 2003) minskar nedbrytningen av glykolen.

5 VATTENMANTLAD PELLETKAMIN, ELPATRON OCH VARMVATTENBEREDARE

System med vattenmantlade pelletkaminer och elpatron i radiatorkretsen (system S8, S9, S12 och S13 i bilaga 1) gör det möjligt att demontera elradiatorerna. System S8 och S9 liknar S6 och S7, men här har elradiatorerna ersatts av vattenradiatorer och en elpatron i radiatorkretsen fungerar som tillsattsvärmekälla. Detsamma gäller system S12 och S13 som liknar S10 resp S11. Persson (2004) har visat att system med en elpatron i radiatorkretsen kan fungera dåligt om elvärme shuntas fram till samtliga radiatorer om temperaturen blir för låg i något av rum-men i huset. Detta i kombination med att radiatorventilerna kan behöva vara högt ställda för att inte riskera överhettning i radiatorkretsen gör att elvärme kan komma att tillföras rum som

inte kräver någon elvärme. Detta gör att systemet inte får en optimal funktion om elpatronen används mycket. Dessa systemvarianter, bör därför uteslutande användas tillsammans med kaminer som har en hög värmeavgivning till vattenkretsen. Systemen bör kunna använda samma reglerprincip (med undantag av solvärmekretsen) och av denna anledning ges endast förslag på reglerstrategi för system S13 (figur 2).



Figur 2. System S13.

5.1 Funktionsbeskrivning för system S13

I system S13 (figur 2) är den vattenmantlade kaminen kopplad mot varmvattenberedare och ett vattenradiatorsystem. Elradiatorerna är demonterade i de rum där vattenradiatorer är placerade. Som tillsatsvärme är en elpatron och en shuntventil (SV3) monterad i radiatorkretsen. Tappvarmvattnet bereds i en varmvattenberedare med en värmeväxlare för solfångarkretsen placerad i varmvattenberedarens botten en elpatron är placerad i den övre delen av varmvattenberedaren.

Den vattenmantlade kaminen är ansluten till en extra värmeväxlare i varmvattenberedaren som skall vara placerad strax under elpatronen. På marknaden finns ett fåtal varmvattenberedare som kan beställas med en extra värmeväxlare, men möjligheten att få denna värmeväxlare rätt placerad har inte undersökts. Elpatronen i varmvattenberedaren måste ställas så högt att

legionellabakterier avdödas, i praktiken ca 60°C. Varmvattentemperaturen begränsas till ca 55°C med den självverkande ventilen SV2.

Pelletkaminen styrs av en rumsgivare GT1 placerad i samma rum som kaminen. Cirkulationspumpen P1 styrs av en inbyggd vattentermostat i kaminen. Den självverkande ventilen SV1 håller inloppstemperaturen till kaminen vid lägst 55-60°C, för att undvika kondens i kaminens konvektionsparti och för att säkerställa att temperaturen in till varmvattenberedaren är tillräckligt hög så att inte varmvattenberedaren kyls cirkulationen. SV1 blockerar också flödet genom varmvattenberedaren när P2 är i drift utan att kaminen går. Om ett golvvärmesystem används i stället för radiatorer, måste ytterligare en självverkande ventil, eller shuntventil installeras, som begränsar framledningstemperaturen. Detta måste göras på ett sätt så att kaminen inte kan överhettas.

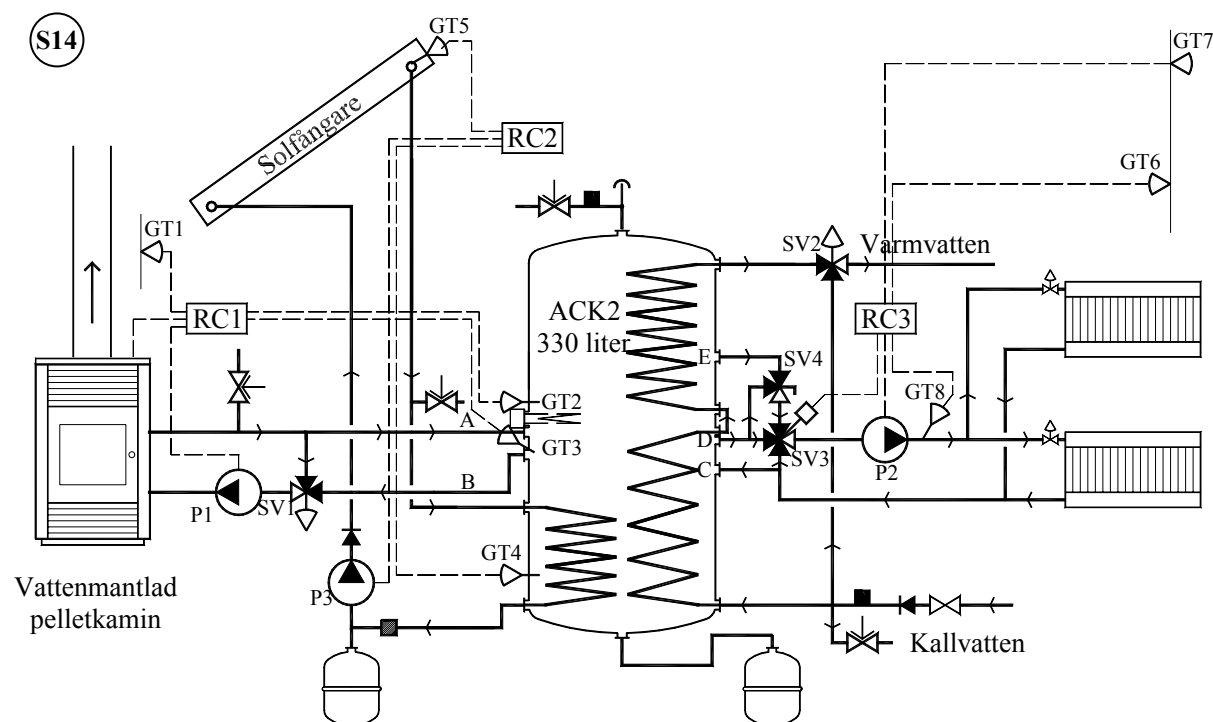
Framledningstemperaturen (GT4) styrs via shuntventil SV3 av reglercentral RC3 beroende på rumstemperaturen (GT5). Observera att i det rum som används för att styra framledningstemperaturen med radiatorshunten får dock ingen radiatorventil användas. Cirkulationspump P2 skall vara i drift då P1 är i drift samt kontinuerligt då elpatronen är påslagen.

Kaminen styrs av en rumstermostat, och för att undvika överhettning i vattenkretsen får inte alla radiatorerna förses med avstängbar ventil eller termostatventil. Om pelletkaminen förses med en form av tidsfördröjd återstart vid hög vattentemperatur skulle strypta radiatorer inte skapa några problem. Injustering av radiatorerna skall göras så att rätt flöde genom varje radiator erhålls utan termostatventiler.

Solfångarpumpen P3 styrs av en konventionell differenstermostat RC2 via temperaturgivare GT2 och GT3 så att pumpen startar då temperaturskillnaden mellan GT2 och GT3 är ca 8-10°C och stannar vid en temperaturskillnad på ca 3-5°C. Pumpen stannar då GT2 registrerar en tanktemperatur på över 90°C för att undvika överhettning i varmvattenberedaren. Solfångaren går då i stagnation och solfångarkretsen måste därför vara konstruerad för att klara detta. En metod som bygger på att solfångaren fylls med ånga vid stagnation (Perers *et al.*, 2003) minskar nedbrytningen av glykolen.

6 VATTENMANTLAD PELLETKAMIN OCH ACKUMULATOR-TANK

System S14 (figur3) är den systemvariant som enligt Persson (2004) ger den bästa driftsekonomi bland, de vattenmantlade systemen, Främst beroende på att livslängden antas vara längre för ackumulatortank och vattenradiatorer än för varmvattenberedare och elradiatorer. Systemet har också möjlighet att ge den bästa systemfunktionen, men systemet är mycket komplext och kräver en väl utprovad systemkoppling och reglerstrategi för att fungera optimalt.



Figur 3. System S14.

6.1 Funktionsbeskrivning för system S14

I system S14 (figur 3) är samtliga komponenter anslutna mot en ackumulatortank, sk kombi-system. Elradiatorerna är ersatta av vattenradiatorer. Som tillsatsvärme är en elpatron placerad i ackumulatortanken.

Tappvattenkretsen och elpatronen

Tappvarmvattnet bereds i interna värmeväxlare. Den undre förvärmningsslingan skall börja i tankens botten (Lorenz, 2001) och vara utsträckt upp i det av kaminen uppvärmda området. Den övre värmeväxlarens längd dimensioneras utgående från önskad varmvattenkomfort och tankstorlek. Ju mindre tank, desto längre slinga erfordras. Varmvattentemperaturen begränsas till ca 55°C med den självverkande ventilen SV2.

Elpatronen placeras så högt upp i tanken som möjligt och ställs på en så låg temperatur som möjligt. Elpatronen styrs av en kappilärrörstermostat placerad i samma dykrör som GT2 eller i ett eget dykrör strax ovanför GT2, dvs ca 5 cm ovanför elpatronen. Detta minskar risken för att elpatronen startar av turbulens från solfångarkretsen. I de simulerade systemen var ca hälften av tankens 330 liter uppvärmda med elpatronen till 61°C (elpatronens avslagstemperatur) och den övre slingans längd var 15 meter. Vid större tankstorlekar skall man eftersträva att bibehålla en liten eluppvärmd volym, men genom att öka den eluppvärmda volymen kan den övre slingan kortas med bibehållen varmvattenkomfort.

Pelletkaminen

Pelletkaminens framledning (A) är ansluten strax under elpatronen, eftersom vattnet från pelletkaminen ibland kan ha lägre temperatur än vattnet i det elvärmda området. Returledningen tillbaks till pelletkaminen (B) placeras någonstans mellan inloppet från kaminen (A) och solvärmeväxlarens övre del. Den självverkande ventilen SV1 håller inloppstemperaturen till kaminen vid lägst 55°C, för att undvika kondens i kaminens konvektionsparti.

Kaminen styrs av RC1 beroende på temperaturen i tanken vid GT2 och GT3. Om kaminens cirkulationspump styrs på den i kaminen inbyggda vattentermostaten stannar inte cirkulationspumpen när kaminen stannar om inte avslagstemperaturen är högre än temperaturen i tanken. Detta leder till att värme kommer ett förflyttas från ackumulatortanken till pelletkaminen, med ökade skorstensförluster som följd. Denna felfunktion observerades under mätningar av Persson (2004).

Även cirkulationspumpen måste således styras av RC1, alternativt en separat differenstermostat som gör att pumpen är i drift endast då vattentemperaturen i kaminen är högre än i tanken vid GT3. Om pumpen styrs av RC1 behöver cirkulationspumpen vara i drift under nedsläckningsfasen för att inte riskera överhettning i vattenkretsen. En tidsfördröjd stoppfunktion måste då tillämpas. Om detta inte kan utföras med dagens reglercentraler måste en differenstermostat användas eller en vidareutveckling av RC1 genomföras.

Temperaturnivån bör väljas så att kaminen startar då temperaturen vid GT2 är ca 5 grader högre än elpatronens avslagstemperatur, dvs ca 66°C. Kaminen skall sedan stanna då temperaturen vid GT3 är ytterligare några grader högre, tex 68-70°C. För att höga komforten bör en rumsgivare GT1 kunna anslutas till RC1, som säkerställer att rumstemperaturen håller sig inom komfortgränsen/ alternativt styr kaminens effekt så att rumstemperaturen hålls konstant eller tillåts bero av utetemperaturen, men detta kan inte låta sig göras med dagens reglercentraler utan att vidareutveckling måste ske.

Ett frågetecken är om GT2 skall flyttas nedåt i tanken till nivån för kaminens port A så att bufferten av energi från pelletkaminen inte tillåts bli så liten. Ej publicerade simuleringsresultat visar att genom att öka den av kaminen uppvärmda volymen kan elanvändningen minska. Solvärmekostnaden minskar också, men i mindre omfattning. Den av kaminen uppvärmda volymen kan ökas genom att port B, C och D flyttas nedåt, men att de bibehåller sina inbördes placeringar.

Radiatorkretsen

Radiatorkretsens framledningstemperatur styrs av en bivalent shunt (SV3) som i första hand tar värmen från den del av tanken som är uppvärmd av kaminen. I andra hand spetsas med värme från tankens elvärmda område. Ventil SV4 som kan vara manuellt reglerbar, kan stäl-

las så att elvärt vatten till radiatorerna blockeras oavsett hur SV3 reglerar. Detta möjliggör för brukaren att välja mellan ett "elsparläge" där ingen el kan användas för uppvärmning och ett komfortläge där el tillåts som spetsvärme.

Radiator returledningen (C) skall anslutas till tanken strax under utloppet till kaminen, (anslutning B). Observera att radiator returledningen alltid skall vara ansluten en bit upp i tanken för att möjliggöra för tappkallvattnet (som har den lägsta temperaturen) att kyla tankens botten. (Lorenz, 2001). Den undre radiatorframledningen D skall vara placerad strax ovanför utloppet till kaminen. Avståndet mellan kaminens framledning (A) och radiatorframledningen D utgör en lagrad buffert av värme från pelletkaminen, som skall användas till förvärmning av varmvatten.

En reglercentral RC3 styr framledningstemperaturen (GT8) via den bivalenta shunten SV3. Framledningstemperaturen kan styras beroende på innetemperaturen via GT6 eller på utetemperaturen via GT7. Styrning via innetemperaturen har fördelen att värmeförseln till radiatorerna sänks vid solinstrålning och bovärmeförlust. I fallet med utekompenserad framledningstemperatur förlitas regleringen på radiatorventilerna.

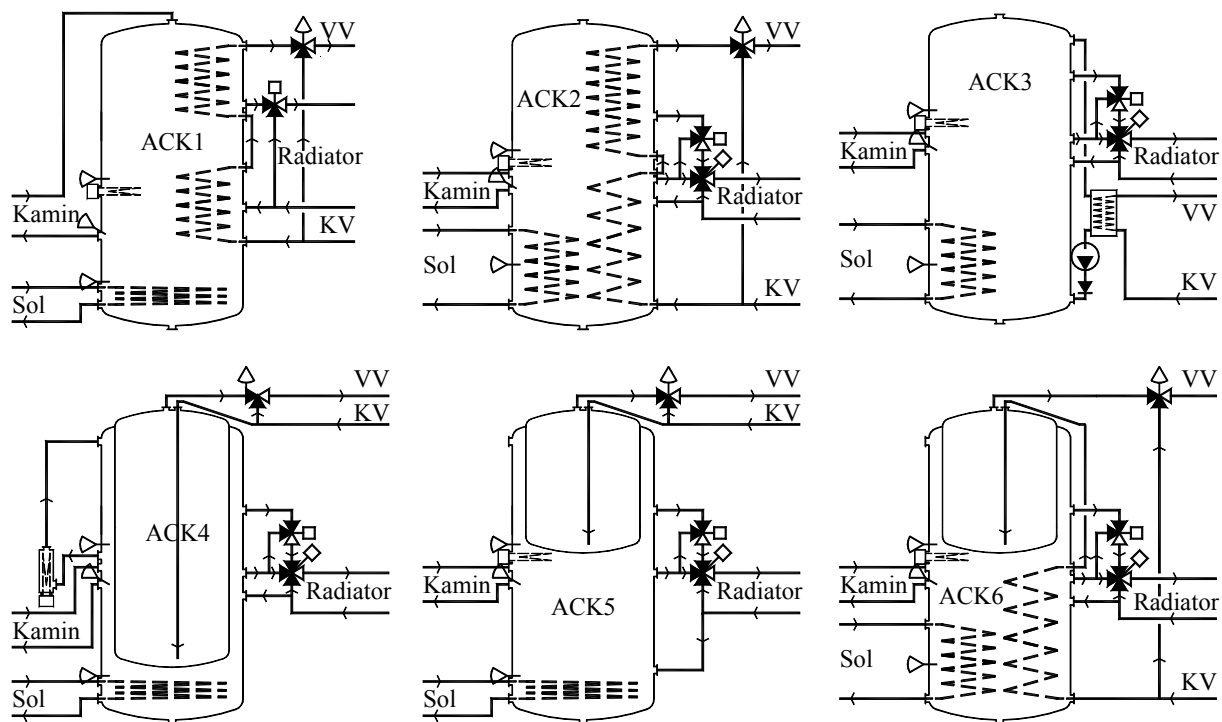
Solfångarkretsen

Solfångarpumpen P3 styrs av en konventionell differenstermostat RC2 via temperaturgivare GT4 och GT5 så att pumpen startar då temperaturskillnaden mellan GT4 och GT5 är ca 8-10°C och stannar vid en temperaturskillnad på ca 3-5°C. Pumpen är alltid avstängd då GT2 registrerar en tanktemperatur på över 90°C för att undvika överhettning i ackumulatortanken. Solfångaren går då i stagnation och solfångarkretsen måste därför vara konstruerad för att klara detta. En metod som bygger på att solfångaren fylls med ånga vid stagnation (Perers *et al.*, 2003) minskar nedbrytningen av glykolen.

Övriga kommentarer

En komplicerande faktor är att ackumulatortankar kan utformas med olika varmvattenberedningsprinciper, vilket illustreras av figur 4. Enligt Persson (2004) kan man uppnå god systemfunktion med alla varianter utom ACK1 och ACK5. Ackumulatortanken måste specialbeställas från tillverkaren med rätt placerade anslutningar och värmeväxlare. Utveckling bör ske tillsammans med tanktillverkarna så att ett antal standardstorlekar kan erbjudas med anslutningarna på rätt ställe och med tydlig märkning för givarplaceringar och röranslutningar.

System S14 förutsätter att tre olika reglercentraler används (eller fyra, om en differenstermostat för cirkulationspumpen i kaminkretsen krävs). Om en ny reglerenhet utvecklas, som ersätter alla reglerenheter skulle förmodligen kostnadsfördelar kunna uppnås, installationsarbetet kunna förenklas avsevärt genom att alla givare färgmarkeras och dess placering anges i installationsanvisningarna. Mindre tid skulle också krävas för igångsättning och felsökning. Ytterligare fördelar skulle vara att reglerenheten kan förprogrammeras för en viss systemtyp och dessutom kan kontrollera att allting fungerar som det skall och varna om det inte gör det. Med dagens reglercentraler måste installatören genomföra en omfattande injustering vid installationen och brukaren märker inte om något är fel i systemet förrän det blir kallt inomhus.



Figur 4. Olika varianter av ackumulatortankar. Tank på 330 liter med tre kamflänsrör (ACK1 och ACK2). Tank på 330 liter med kamflänsrör och tappvarmvattenautomat (ACK3), Tank på 330 liter med förrådsberedare på 200 l och kamflänsrör (ACK4), tank på 330 liter med förrådsberedare på 100 l (ACK5), och tank på 330 liter med förrådsberedare på 100 l och två kamflänsrör (ACK6). ACK 1 och ACK 5 ger sämre systemprestanda än övriga varianter (Persson 2004). ACK4 utföres med elpatron placerad i varmvattenberedaren införd från toppen. En nackdel är att tanken måste demonteras vid ett eventuellt byte av elpatronen.

REFERENSER

Lennermo, G. (2005), *Pellets- och solvärmesystem för villamarknaden*. Kommande rapport, Energianalys AB, Alingsås, Sverige. (<http://www.energianalys.net/>)

Lorenz, K. (2001), *Kombisolvärmesystem, Utvärdering av möjliga systemförbättringar*. Licentiatavhandling, Institutionen för installationsteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, Sverige. (<http://www.chalmers.se>)

Perers, B., Lorenz, K. och Rönnelid, M. (2003), *Partiell förångning i solfångarsystem : överhettningsskydd för värmebäraren (främst glykol)*. Rapport DU-SERC--81--SE, Centrum för solenergiforskning, Högskolan Dalarna, Borlänge, Sverige. (tillgänglig på <http://dalea.du.se/>)

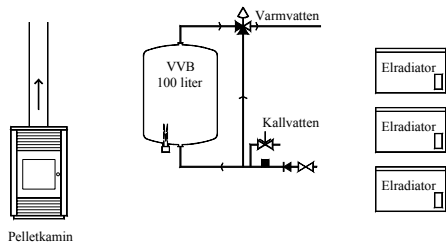
Persson, T. (2003), *Konvertering av elvärmda hus till pellet- och solvärme - Beskrivning av datormodell för byggnader och system*. Rapport DU-SERC--80--SE, Centrum för solenergiforskning, Högskolan Dalarna, Borlänge, Sverige (tillgänglig på <http://dalea.du.se/>)

Persson, T. (2004), *Elbesparing med pelletkaminer och solvärme i direktelvärmda småhus*. Licentiatavhandling, KTH Energiteknik, Stockholm, Sverige. (tillgänglig på <http://media.lib.kth.se/licengrefhit.asp?licnr=1766>)

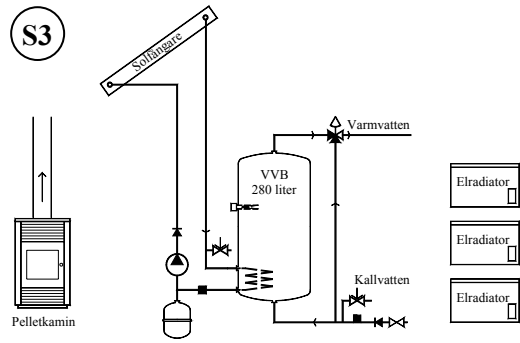
Persson, T., Nordlander, S., och Rönnelid, M. (2005), *Electrical Savings by Use of Wood Pellet Stoves and Solar Heating Systems in Electrically Heated Single-family Houses*. Kommande publikation i *Energy and Buildings*. (tillgänglig på www.sciencedirect.com)

Stålbom, G. och Kling, R. (2002), *Legionella. –Risker I VVS-installationer*. Handbok, VVS-Installatörerna, Alfa Print AB, Sverige.

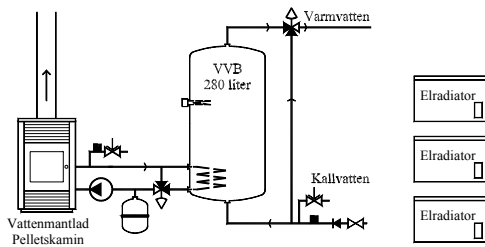
S2



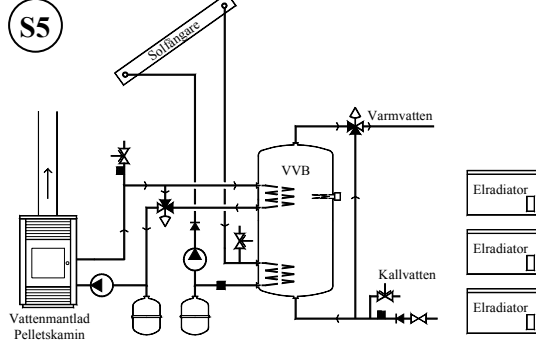
S3



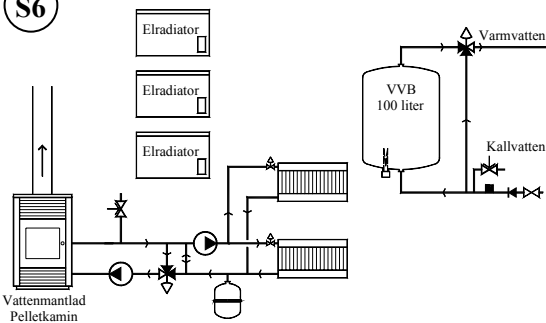
S4



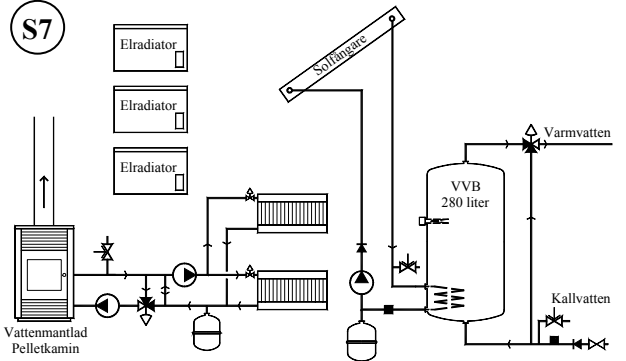
S5



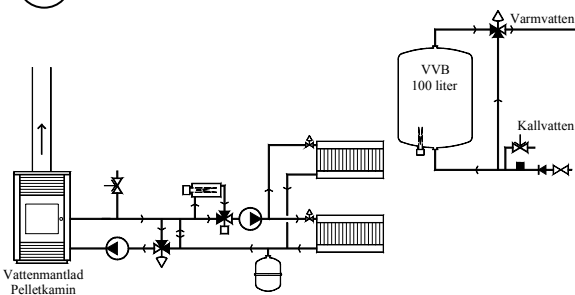
S6



S7



S8



S9

