

Guidelines - riktlinjer baserade på de erfarenheter som erhållits vid uppförande och utvärdering av Hamnhuset

Pernilla Gervind, Svein Ruud

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



© Staffan Bolminger



© Pernilla Gervind



Guidelines - riktlinjer baserade på de erfarenheter som erhållits vid uppförande och utvärdering av Hamnhuset

Pernilla Gervind, Svein Ruud

Abstract

Based on experiences from the construction and evaluation of Hamnhuset guidelines for future project has been compiled in this report. The recommendations are addressed to constructors and entrepreneurs. The recommendations treats both the building envelope, the installations and the management of the building.

Key words: Guidelines, lågenergihus, passivhus, rekommendationer, riktlinjer, erfarenhetsåterföring, utvärdering

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport : 2011:78
ISBN 978-91-87017-10-0
ISSN 0284-5172
Borås

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
1 Klimatskal	7
1.1 Väggar	7
1.2 Vind	8
1.3 Källare	8
1.4 Grund	8
1.5 Fönster	9
1.6 Solavskärmning	10
1.7 Lufttäthet	10
2 Installationer	11
2.1 Ventilation	11
2.1.1 Köksfläktar/Kolfilter	12
2.2 Värmeåtervinning	13
2.2.1 Verkningsgrad	13
2.2.2 Fukt- och luktåterföring	14
2.3 Uppvärmning	15
2.4 Dimensionering och sektionering av värmesystemet	16
2.5 Övertemperaturer	17
2.6 Kanaldragning	18
2.7 Tappvarmvatten	19
2.7.1 VVC	20
2.7.2 Armatur	20
2.8 Termiska solfångare	20
3 Drift och underhåll	21
3.1 Övervakning av inneklimat	21
3.2 Utbildning och överlämnande	21
3.3 Brukarbeteende	22
4 Litteraturförteckning	23

Sammanfattning

I rapporten presenteras de erfarenheter som erhållits i samband med uppförande och utvärdering av Hamnhuset. Guidelinsen är uppdelade i tre huvudkapitel och efter varje delkapitel finns en sammanställning av rekommendationer för kommande byggprojekt. Målet med rapporten är att sprida kunskap om stora lågenergihus och rapporten vänder sig framförallt till byggherrar och konstruktörer,

Några av de erfarenheter som har erhållits är att det är viktigt att arbeta aktivt med att minska köldbryggor för att minska transmissionsförlusterna. För att underlätta provtryckningen ska denna planeras i ett tidigt skede. I ett lågenergihus är installationerna ofta många och tekniskt avancerade vilket ställer högre krav på driftsteknikern, men även på överlämning i alla led. Dåligt skötta installationer riskerar att ökar energianvändningen i huset.

Projektet görs av SP i samarbete med Älvstranden Utveckling AB och NCC och är finansierat av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond samt av EU, Västra Götalandsregionen och Interreg IVB Nordsjöprogrammet genom deltagande i Build with CaRe.

Inledning

Älvstranden Utveckling AB (ÄUAB) var först ut att bygga ett större flerfamiljshus med passivhusteknik och har lärt sig mycket om hur man kan bygga energieffektiva hus med en låg livscykelkostnad. ÄUAB vill uppmuntra fler att bygga energieffektivt genom att dela med sig av sina erfarenheter som de fått i projektet i form av bl.a. guidelines i denna rapport.

Dessa guidelines kan ibland låta som negativa och vi måste därmed inleda med att skriva att ÄUAB ser Hamnhuset som ett väldigt lyckat projekt och resultatet är ett mycket bra bostadshus med hög komfort och mycket nöjda hyresgäster. Men vägen dit har inte alltid varit lätt. Guidelinen skall underlätta för de som planerar att bygga med passivhusteknik så att de kan undvika de största misstagen och få nya projekt att flyta smidigare.

Då beslutet togs att bygga Hamnhuset fanns det få lågenergihus i Sverige och bara ett projekt hade genomfört med passivhusteknik (passivhusen i Lindås). Åren innan Hamnhuset påbörjades hade ÄUAB byggt två flerfamiljshus med betydligt bättre energiprestanda än vad svensk norm krävde och flera olika examensarbeten genomfördes för att utreda passivhustekniken. Tiden var mogen för ÄUAB att bygga ett passivhus i större skala.

Med tanke på att ingen genomfört ett passivhus av Hamnhusets storlek i Sverige fanns ingen entreprenör eller konsult som hade erfarenheter om hur det skulle kunna genomföras. Projekteringen blev därmed omfattande och flera omtag togs under vägen. Faktum är att Hamnhuset först startades som ett normalt bostadshus och efter ett par månaders projektering togs beslutet att göra om allt för att istället bygga ett passivhus. Utan modet att stoppa projekteringen för att göra omtag hade Hamnhuset inte blivit vad det idag är.



Figur 1. Foto av Hamnhuset © Stafan Bolminger

Då Hamnhuset var ett av de första flerfamiljshus som byggdes i passivhusteknik är det därmed också ett av de första att utvärderas i ett omfattande projekt. Från uppförandet och vid utvärderingen har många goda erfarenheter erhållits. Ambitionen och förhoppningen är att de erfarenheter som sammanställs här kan hjälpa andra att enklare nå sina uppsatta mål. Riktlinjerna vänder sig i första hand till entreprenörer, byggherrar och förvaltare som utvecklar, producerar och förvaltar lågenergihus men många av riktlinjerna är inte unika för lågenergihus utan även intressanta för nybyggnationer i allmänhet.

Guidelinsen har gjorts inom ramen i ett projekt Hamnhuset har utvärderats avseende termisk komfort och energianvändning. Projektet har fokus på termisk komfort och energianvändning. För att ändå ge en helhetsbild av Hamnhuset presenteras även beställarerfarenheterna från konstruktionen av klimatskalet.

Erfarenheterna som presenteras har dels tagits fram baserat från mätningar av energianvändning och termisk komfort i hamnhuset och dels i diskussion med beställare (Älvstranden Utveckling AB), byggherre (NCC) och konsultfirma (BDAB) som varit med och projekterat och uppfört Hamnhuset. I diskussionerna har även SP, Peab och Wikströms VVS-Kontroll varit delaktiga. SP har sedan sammanställt erfarenheterna i form av guidelines.

I denna rapport presenteras erfarenheterna kortfattat tillsammans med riktlinjer. För en mer utförlig beskrivning av utvärderingen av Hamnhuset rekommenderas rapporten *Erfarenhetsåterföring från Hamnhuset – Uppföljande mätningar av energianvändningen och termisk komfort* (Gervind, o.a. 2011). I denna rapport finns förutom sammanställning av de mätningarna av temperaturer och energianvändning även en presentation av en enkätundersökning som skickades ut till de boende under 2010. Enkäten behandlar frågor om hur hyresgästerna upplever sitt inneklimat.

Guidelinesen är uppdelade i tre huvudkapitel; klimatskal, installationer samt drift och underhåll. I varje kapitel presenteras erfarenheter som erhållits under uppförandet av Hamnhuset. I slutet på varje kapitel finns en kort sammanställning på riktlinjer baserade på dessa erfarenheter. En övergripande erfarenhet är att det är viktigt med överlämningen i alla led. Alla som arbetar i byggprocessen och senare med driften måste förstå hur huset är tänkt att fungera.

1 Klimatskal

Genom att arbeta aktivt med klimatskalet kunde energiförlusterna från Hamnhuset minskas jämfört med den ursprungliga planen. I kapitel diskuteras andra erfarenheter som erhållits vid uppförandet av Hamnhuset.

1.1 Väggar

Passivhus har normalt superisolerade väggar med uppåt 500mm tjock isolering i väggarna. Hamnhuset har i jämförelse med detta relativt kläna väggar med enbart 315mm tjock isolering i tre skikt. Hamnhuset har stor hjälp av att det är ett flerfamiljshus där de flesta lägenheterna omges av minst tre uppvärmda ytor från andra lägenheter.

Genom att aktivt jobba med att minska köldbryggor så kunde transmissionsförlusterna i Hamnhuset minskas. De beräkningar som gjordes visade att 19% av väggen från början bestod av köldbryggor vid lägenhetsskiljande väggar och bjälklagskanter. Dessa var enbart isolerade med en 4 centimeters putssockla. Men genom att arbeta med indragning och isolering av bjälklagskanter och lägenhetsavskiljande väggar samt avskärmning av balkonger har köldbryggorna minimerats. Kvar är enbart mindre infästningar och genomföringar.

Installatörerna i Hamnhuset upplevde att ett 45 mm installationsskikt var för snålt tilltaget och skulle gärna ha sett att ett 70 mm installationsskikt hade använts istället. Därigenom fås mer installationsutrymme och risken att punktera täthetsskiktet minskar. Därmed inte sagt att alla nya hus generellt skall använda ett större installationsskikt, utan detta måste anpassas till det hus som byggs.

Väggar

- Arbeta aktivt med att undvika köldbryggor. Annars kan 30-40 % av energiförlusterna bestå av transmissionsförluster från just dessa.
- För att minimera köldbryggor måste detaljplanering av t.ex. fönsteranslutningar, bjälklagskanter och pelarplaceringar göras tidigt, i samband med att konstruktionslösningar bestäms.
- Vid beräkningar ska gavlar och andra utsatta områden gås igenom extra noggrant. Var observant och tänk igenom hur dessa ska konstrueras för att minska energiförluster.

1.2 Vind

Hamnhusets vindsbjälklag är välisolerat medan yttertaket är oisolerat. Under kalla och klara nätter sjunker yttertakets temperatur kraftigt vilket kan leda till att kondens fälls ut på underlagstaket om inga särskilda åtgärder vidtas. Hamnhusets vind är därför ventilerad med en fuktstyrd fläkt och värms vid behov även upp av en el-slinga vilket har fungerat bra.

Ett alternativ hade varit att bygga vinden i det närmaste helt tät och installera en luftavfuktare. Ett annat alternativ är att använda en tunn isolerskiva på yttertaket som minskar avkylningen och därmed kondensutfällningen (Fuktteniskt byggande u.d.)

1.3 Källare

Bjälklaget mellan bostadsytan och källaren är i Hamnhuset isolerat med 10cm isolering fäst i källartaket och källaren är uppvärmd till 10-15 grader. Uppvärmningen av källaren hade kunnat undvikas med bättre projektering genom att separera källaren både byggnads- och installationstekniskt. I Hamnhusets fall hade dock projektet gått för långt och produktionen startat genom pålning innan källarens betydelse på energiprestandan uppmärksammades. Mer uppvärmningen av källaren står i kapitel 2.4 Dimensionering och sektionering av värmesystemet.

Källare

- Tänk igenom isoleringen av bjälklaget mellan förråd/garage och bostäder. Ett kallt garage kan ge större förluster än vad en grund direkt mot mark ger.
- För att förenkla isoleringen mot grunden bör källaren skiljas av på ett tydligt sätt. Minimerar rödragningar och balkar mellan grund och lägenheter så att det rent praktiskt blir enkelt att isolera.

1.4 Grund

Hamnhuset ligger precis vid Sannegårdshamnen. Stora delar av grunden ligger under havsvattennivån och det är ett konstant vattentryck mot betongkonstruktionen. Grunden

är därför helt oisolerad då en isolering genast skulle blivit blöt och verkningslös. Har man andra förutsättningar skall man naturligtvis beakta isolering av grunden.

1.5 Fönster

I Hamnhuset användes fönster med U-värde på $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Det fanns produktion av fönster med lägre U-värden men dessa var så dyra att en investering inte var ekonomiskt försvarbar. De simuleringar som gjordes visade att de fönster som till slut valdes var ett fullgott alternativ. Hamnhuset projekterades 2006 sedan dess har lågenergifönstren utvecklats och idag finns fönster med bättre U-värden att få till en rimlig kostnad.

Även vid ett så högt U-värde som 1,1 förekommer kondens på utsidan av fönstren, främst under klara sensommarmorgnar. Detta har rapporterats som ett problem av vissa hyresgäster innan de fått förklarat varför det uppstår och att det är helt naturligt under vissa väderförhållanden.



Figur 2. Kondens som fryst på ett fönster i Hamnhuset. © Pernilla Gervind

Eftersom fönster med U-värde 1,1 användes fanns en oro för kallras och därför monterades tilluftsdonen i underkant på fönstren. För att undersöka eventuella skillnader i termisk komfort mellan att ha tilluftsdon underkant på fönster och att ha tak- eller bakkantsinblåsning byggdes en av lägenheterna med omställbar ventilation. De mätningar som gjorts visar ingen signifikant skillnad i den termiska komforten mellan de två ventilationsprinciperna. Mer om detta finns i rapporten *Erfarenhetsåterföring från Hamnhuset- uppföljande mätningar av energianvändningen och termisk komfort* (Gervind, o.a. 2011).

Fönster

- Använd fönster med så bra U-värden som möjligt, men ändå med en rimlig ekonomisk avvägning och med hänsyn till garantier och långtidsegenskaper.
- Fönster med bra U-värden ger större valfrihet när det gäller ventilationsprinciper och uppvärmningssystem eftersom problem med kallras minskar.

1.6 Solavskärmning

En arkitektur med stora fönster och glaspartier för dagsljusinsläpp och utblickar kan leda till övertemperaturer pga solinstrålning. Som solavskärmning i Hamnhuset används persienner, till större delen placerade som mellanglaspersienner, samt att balkongerna designade och placerade så att de fungerar som solavskärmning. Hyresgästerna i Hamnhuset berättar i enkäten att de tycker att det är för varmt under sommaren. Dock har de inte vänt sig till förvaltaren för att framföra klagomål om övertemperaturer vilket får ses som att de inte upplever detta som överdrivet störande och solavskärmningen får därför ändå ses som godkänd i Hamnhuset.

Solavskärmning

- Bra solavskärmning är nödvändigt för att undvika ett kylbehov under sommaren. Dålig solavskärmning riskerar annars att ge övertemperaturer under sommarhalvåret.
- Gör avvägning dagsljusinsläpp kontra solavskärmningen.

1.7 Lufttätet

Att huset är lufttätt är viktigt inte bara för energianvändningen utan också för en god termisk komfort, minska risken för fuktskador och en väl fungerande värmeåtervinning.

I Hamnhuset genomfördes lufttäthetsmätningar av varje lägenhet för att försäkra sig om att de klimatskiljande delarna av byggnaden var lufttäta. Detta visade sig i efterhand vara ett omfattande arbete. Ibland kan det vara bättre att försöka lufttäthetsprova hela byggnaden eller separata delar som t. ex. enskilda trapphus och lägenheter tillsammans. Hur dessa mätningar ska utföras varierar i varje projekt beroende på byggnadens storlek och utformning samt övrig produktionsplanering.

I Hamnhuset var det inte praktiskt genomförbart att lufttäthetsprova hela byggnaden eller hela trapphus med tillhörande lägenheter varvid varje lägenhet lufttäthetsprovades för sig. Konsekvensen av att prova varje lägenhet för sig är att även lägenhetsskiljande väggar kommer med vid testerna vilket kan ge en osäkerhet när luftläckagets storlek genom de klimatskiljande delarna ska bestämmas.

En lufttäthetsprovning bör alltid kombineras med en termografering (ytttemperaturmätning) för att se var det finns luftläckage. En förutsättning för att en termografering ska vara möjlig är att det är minst 5 °C temperaturskillnad mellan ute och inne och helst mer än 10 °C.

Erfarenheten är att det är viktigt att planera in lufttäthetsmätningarna tidigt i tidplanerna och göra en tidigt lufttäthetsmätning tillsammans med personalen på plats för att se var kritiska moment vid produktionen finns. Det är viktigt att se över husets sektionering för att få en rationell verifiering som ligger i fas med övrig

Det finns idag bra handböcker som givits ut av Sveriges Byggindustrier och dessa rekommenderas att man läser igenom. Det är också viktigt att man utbildar produktionspersonalen om vad som ska uppnås i projektet och hur man ska nå dit. I

Hamnhuset genomfördes utbildning med samtliga personer som var inblandade i produktionen även entreprenörer inom rör, el och ventilation.

Ett tätt hus gör även så att FTX-ventilationen kan fungera optimalt. Om huset inte är tätt passerar inte all från- och tilluft värmeväxlaren och all den värme som finns i frånluften kan då inte överföras till tilluften. FTX-ventilation diskuteras vidare i kapitel 2.2.

Lufttäthet

- Planera lufttäthetsprovningen redan i projekteringen.
- Ta en tidig diskussion om hur huset kan delas in om det är så stort så att det inte kan lufttäthetsprovas på samma gång.
- Genomför utbildning av alla som är inblandade i produktionen och låt alla komma med idéer som kan förbättra och förenkla arbetet.
- Tänk igenom och bestäm hur kraven ska verifieras.

2 Installationer

En vanlig uppfattning hos gemene man är att lågenergihus är kalla vintertid. I verkligheten behöver det inte alls vara så. Enligt de enkäter som genomförts i Hamnhuset så är det till och med så att många tycker att det är för varmt året runt. Med ett klimatskal som är välisolerat och lufttätt krävs bra installationer för att få bra luftkvalitet och en god termisk komfort. Men vilka installationer krävs för att skapa god innemiljö? Och hur ska de installeras?

2.1 Ventilation

I Hamnhuset används FTX-ventilation, som förutom att ge ett minskat uppvärmningsbehov, har den fördelen att den har större förutsättningar att ge en bra termisk komfort jämfört med F- och S-ventilation. Tilluften i ett FTX-ventilerat hus är ju uppvärmd och risken för kallras och drag minskar jämfört med om kall uteluft tillförs. Dessutom säkerställs på ett bättre sätt än med F- och S-ventilation att all utrymmen verkligen blir ventilerade.

Den termiska komforten blir dock inte automatiskt bättre med FTX-ventilation. Det krävs fortfarande god planering för att få nöjda hyresgäster. I Hamnhuset är majoriteten av hyresgästerna nöjda med sitt inneklimat enligt den enkät som skickats ut. De som är missnöjda påpekar ofta att det drar från tilluftsdonen. Problemet är då ofta att tilluftsdonen är placerade vid sängen eller soffan. Övriga don i lägenheten som är placerade på platser där hyresgästen inte är sittande upplevs inte som lika problematiska. Även om det är svårt att förutsäga hyresgästernas möblering så bör vid placering av tilluftsdon hänsyn tas till platser där soffa eller säng ska eller kan förväntas placeras.

FTX-ventilation kräver även större kunskap hos husets driftstekniker. Dålig förståelse för hur systemet fungerar kan leda till felaktiga inställningar som i sin tur leder till att inneklimatet och energieffektiviteten försämras.

2.1.1 Köksfläktar/Kolfilter

I Hamnhuset används kolfilterfläktar för att fånga upp matos och lukt vid matlagning. Vid installation av kolfilterfläktar förs ingen av den värme som bildas vid matlagning ut ur lägenheten, nackdelen är att inte heller någon fukt eller matos försvinner ut. Oset fångas dock mer eller mindre bra upp av kolfiltret. Förutom tillvaratagandet av energi så har kolfilterfläktarna den fördelen att de inte kräver några kanaler och inte skapar något undertryck.

Utsugande fläktar för ut os och fukt men även den värme som bildas vid matlagning. Används en utsugande köksfläkt/-kåpa ska den ha bra effektivitet och ett väl anpassat luftflöde. Viktigt att komma ihåg är att ett högre luftflöde inte automatiskt ger en bättre osuppfångning, detta enligt tester som gjorts på uppdrag av Energimyndigheten. En bra utformad volymdel hos spisfläkt/-kåpa kan ha lika stor betydelse. Samma test visade också att det är stora skillnader i osuppfångningsförmåga mellan olika kolfilterfläktar. Bra kolfilterfläktar har vanligen något sämre osuppfångningsförmåga än spisfläktar med ett flöde på cirka 80 l/s men bättre osuppfångningsförmåga än spiskåpor med ett flöde på cirka 40 l/s. I flerbostadshus är spiskåpor med centrala takfläktar den vanligaste lösningen.

I Hamnhuset har fläktens utlopp tyvärr blivit olyckligt placerad. Frånluftsdonet sitter precis i närheten av kolfilterfläktens utlopp. Detta i kombination med kolfilter som haft dålig passform har varit en av anledningarna till att lukt har överförts mellan lägenheterna. Tack vare att kolfiltren har justerats, och nu har en bra passform, så problemen med luktöverföring minskat.

Ventilation

- Tänk igenom donens placering. Hyresgäster som har ett tilluftsdon placerat vid säng eller soffa klagar oftare på drag än övriga.
- FTX ventilation är känsligt och kräver utbildning hos driftsteknikerna. Felaktigt inställda flöden kan leda till övertryck , luftöverföring och sämre termisk komfort.
- Det finns för och nackdelar med både kolfilterfläktar och utsugande köksfläktar. Använd det som passar bäst i det aktuella fallet.
- Om kolfilter används: Kolfiltren ska ha god osuppfångning. Använd eventuellt prestandaupphandling. Placera inte kolfilterfläktens utlopp i närheten av frånluftsdon i hus med FTX-ventilation och centrala roterande värmeväxlare då detta ökar risken för luktöverföring.
- Om utsugande fläktar används: Använd en köksfläkt med bra effektivitet och ett väl anpassat luftflöde. I täta hus bör tilluftsflödet öka när köksfläkten startar för att undvika undertryck i lägenheten.

2.2 Värmeåtervinning

Med ventilationsvärmeåtervinning återvinns mycket av den värme som finns i frånluften. Utan FTX-ventilation skulle ventilationsförlusterna i ett passivhus överskrida transmissionsförlusterna. Vid de lägsta utetemperaturerna motsvarar detta 12-24W/m² A_{temp}¹. Siffrorna i exemplet gäller Skåne i söder och norra Norrland. En högeffektiv ventilationsvärmeåtervinning är därför en av yttersta betydelse för ett lågenergihus, och av helt avgörande betydelse för passivhuskonceptet.

FTX-ventilation kan antingen utformas med ett aggregat per lägenhet, vilket har varit det vanligaste i hitintills byggda flerfamiljs passivhus, eller med ett aggregat som försörjer flera lägenheter. I Hamnhuset har tre central aggregat med roterande värmeväxlare använts. Orsaken är att man dels vill möjliggöra service utan att behöva gå in i varje lägenhet och dels att man vill minimera antalet servicepunkter.

2.2.1 Verkningsgrad

FTX-aggregaten kan ha en angiven temperaturverkningsgrad på mer än 80 %. Det är viktigt att komma ihåg att den angivna verkningsgraden gäller för aggregatet och att förluster i systemet inte är medräknade. Man bör därför skilja på aggregatets

¹ Beräkning utifrån värmeförlust vid F-ventilation, normflöde (0,35 l/s m²) samt dimensionerande vinterutetemperatur DVUT för södra och norra Sverige;

Söder: $1,2 \times 0,35 \times (20 - -9) = 12,2$

Norr: $1,2 \times 0,35 \times (20 - -37) = 23,9$

verkningsgrad och systemets verkningsgrad. Förluster i systemet gör att den verkliga verkningsgraden blir många procent lägre än vad angiven verkningsgrad för aggregatet är.

I Hamnhuset har värmeåtervinningen fungerat ganska bra. Två av Hamnhusets tre FTX-aggregat har fungerat så som leverantören lovat. Ett av aggregaten har dock inte gett den utlovade verkningsgraden. Värmeåtervinningen i detta aggregat har varit ca 20 procentenheter lägre än i de andra aggregaten. För att minimera problemen med dåligt fungerande produkter är det viktigt att ställa höga krav på leverantören. För produkter som har en nyckelfunktion i huset bör prestandaupphandling användas för att säkerställa en god funktion

2.2.2 Fukt- och luktåterföring

Problem med luktöverföring har förekommit i Hamnhuset. Samma aggregat som har haft dålig verkningsgrad har gett upphov till luktöverföring.

Att luktåterföring uppkommer beror på en rad faktorer sammanfaller. Faktorer som kan påverka luktöverföringen är felaktiga tryckbalanser i FTX-aggregatet, dåliga kolfilter, överföring via rotorytan samt frånluftens placering i förhållande till kolfilterfläktens utlopp. Ännu mer problematiskt kan det bli om just den hyresgäst som lagar luktrik mat väljer att inte använda köksfläkten. I Hamnhuset har just detta problem undvikits genom att köksfläkten automatiskt startar då spisen sätts på. Luktöverföringen är mer problematisk i hygroskopiska rotorerna, men luktöverföring kan även ske i icke-hygroskopiska rotorerna. Lukt i frånluften kan i olycklig fall även överföras till tilluften via kortslutning mellan avluftsutblås och uteluftsintag.

För att minska problem med lukt kan olika sorters rening installeras. Vanligast är kolfilter som dock ger ett högt tryckfall. Ozonrening är ett alternativ som börjat nämnas under de senaste åren. En sådan lösning måste undersökas ytterligare så att ozonet tillförs luften på ett sådant sätt att det inte finns någon risk att hyresgästerna kommer i kontakt med det skadliga ozonet. Tanken är att ozonet tillsätts i frånluften och på vägen genom ventilationssystem hinner ozonet sönderfalla till syre. Hamnhuset har idag inte någon rening installerad.

Även fukt kan återföras då roterande värmeväxlare används. I täta byggnader med decentraliserade aggregat bör därför hög fuktproduktion undvikas. Kolfilterfläktar bör undvikas i kombination med roterande decentraliserade aggregat. Det är extra viktigt att kondensisolera kalla ute- och avluftskanaler som är dragna innanför klimatskalet. Minimering av köldbryggor gör också att kondens mot kalla ytor minimeras. I flerfamiljshus med centrala system fås dock en utjämnande effekt eftersom hyresgästerna lagar mat och duschar på olika tider. Från mätningarna i Hamnhuset syns inga tendenser på problem med fuktöverföring. Plattvärmeväxlare har normalt inte problemen med fukt och luftöverföring. Dessa aggregat har istället nackdelen att de är större och risken för igenfrysning ökar.

Värmeåtervinning

- Gör prestandaupphandling av viktiga komponenter, så som FTX-aggregat.
- FTX-aggregatets verkningsgrad är inte den samma som systems verkningsgrad. Viktigt att ta med kanalsystemets förluster och inverkan av flödesobalanser i beräkningar.
- Fuktåterföring kan bli ett problem då roterande decentraliserad aggregat används. Hamnhuset har centrala aggregat och inga problem med fuktåterföring har uppmätts.
- För att undvika luktöverföring i roterande FTX-aggregat tänk på att ha ett väl intrimmat FTX-aggregat, använd väl fungerande köksfläktar, påverka hyresgästerna så att de använder köksfläktarna, placera inte frånluftsdon i närheten av kolfilterfläkten.
- Förbered för kolfilter i tilluften vid användning av centrala roterandevärmeväxlare. Även om inte filtret ska monteras direkt.

2.3 Uppvärmning

Hur ett uppvärmningssystem i ett lågenergihus ska utformas beror på en rad faktorer, allt från lägenheternas utformning och placering, U-värden på fönster och andra konstruktioner till de ekonomiska förutsättningar som finns.

I Hamnhuset används luftburen värme uppdelad i två steg. I första steget värms luften av fjärrvärme i ett stort värmebatteri som justeras av fastighetssägaren, det andra steget består av små eldrivna luftvärmare som styrs av de enskilda hyresgästerna. Ska lägenhetsindividuell värme tillföras via tilluften ska värmarna sitta så nära varje lägenhet som möjligt. Mätningar från Hamnhuset visar att mycket energi går förlorad i form av kanalförluster. Detta är framförallt olyckligt om hyresgästerna betalar för den extra värmen och en stor del av den tillförda energin försvinner innan den når lägenheten.



Figur 3. Eldrivna värmebatterier i Hamnhusets källare

Luftburen värme har dock den fördelen att det är en enkel och billig lösning eftersom den utnyttjar det befintliga tilluftssystemet även för att distribuera värme. Nackdelen med luftburen värme är att tilluften har samma temperatur i alla rum. I Hamnhuset tycker vissa hyresgäster att detta är negativt eftersom de då inte kan ha olika temperatur i sovrum och vardagsrum. Luftvärme förutsätter också att det finns en viss korrelation mellan värme- och ventilationsbehovet i respektive rum. Den luftburna värmen gör också att grundtemperaturen måste höjas i en hel sektion av Hamnhuset om en enskild lägenhet har problem med låga temperaturer. Värmesystemet har dimensionerats så att utsatta lägenheter ska kunna få ett större tillskott av värme. Trots detta har förvaltaren upplevt att sektioneringen i Hamnhuset varit för grov, vilket har lett till att lägenheter som redan har en bra temperatur har fått ökad inomhustemperatur eftersom deras granne i ett mer utsatt läge har det för kallt, läs mer om detta i kapitlet om sektionering.

Hamnhuset är projekterat för att inte ha några traditionella radiatorer men det finns andra alternativ som med fördel skulle kunna användas i kommande projekt. Ett alternativ till luftburen värme är lågtempererad vattenburen golvvärme. Tilluften kan då vara undertempererad utan att skapa problem med kallras. Detta ger dessutom ett trögt system med låga effekter vilket i sin tur ger låg effekttaxa hos energibolaget. För ett sådant system får dock fönstrens storlek och U-värde större betydelse och man måste ha en bra solavskärmning.

Ett annat exempel är att installera små radiatorer i varje lägenhet. Genom att placera ut radiatorer i lägenheterna så kan hyresgästerna själva enkelt rumsvis reglera sitt inneklimat. Radiatorer har ju dessutom den psykologiska fördelen mot luftburen värme att hyresgästerna kan se och känna värmekällan. Elradiatorer är ett alternativ då de är betydligt enklare och billigare än vattenburna radiatorer och i ett lågenergihus är det inte mycket värme som ska tillföras.

Uppvärmning

- Lågenergihus är inte synonymt med luftburen värme. Använd det värmesystem som fungerar bäst utifrån de förutsättningar som finns.
- Andra alternativ kan vara lågtempererad vattenburen golvvärme eller små radiatorer i varje lägenhet, kanske t.o.m. elradiatorer
- Placera lägenhetsindividuella luftvärmebatterier så nära varje lägenhet som möjligt för att undvika kanalförluster.

2.4 Dimensionering och sektionering av värmesystemet

Basvärmesystemet i Hamnhuset borde ha delats upp i mindre sektioner. Idag är lägenheter i mitten av huset sektionerade med utsatta gavellägenheter. När gavellägenheterna får problem med låga temperaturer måste tilluftstemperaturen ökas även i lägenheter som redan har en bra temperatur. Sektioneringen borde gjorts så att utsatta lägenheter på gavlar och under vindsutrymmen sektionerades för sig och lägenheter mitt i huset sektionerades för sig. Alternativet är att utsatta lägenheter utrustas med en extra värmekälla i form av en extra radiator eller liknande.

För att minimera energianvändningen säger det sig självt att man endast ska värma de utrymmen som behöver värmas. Men vilka utrymmen ska värmas och till vilken

temperatur? Förråd, källarutrymmen och garage är alla områden som klarar sig med lägre temperaturer. I Hamnhuset har dessa utrymmen avskärmats gemensamt mot resten av huset och värms med avluften. För att förrådet inte ska bli undertempererat under vintermånaderna måste extra värme sättas till avluften. Detta innebär att även garaget i värms upp under vinterhalvåret. En sektionering där förråd och garage delas skulle varit bättre och gett en lägre energianvändning.

För att den lägenhetsindividuella uppvärmningen ska räcka till och att det inte skall ta orimligt lång tid att göra en temperaturändring ska värmesystemets dimensioneras så att det med viss marginal klarar även mycket låga internlast.

2.5 Övertemperaturer

Hamnhusets hyresgäster måste själva reglera övertemperaturer genom att öppna fönster och hindra solinstrålning med persienner.

I enkätundersökningen berättar många hyresgäster att de drar sig för att ha fönstren stående öppna (framförallt nattetid) eftersom de upplever att det bullrar från vägen eller att de känner sig otrygga när de sover med öppet fönster på nedre plan.

Problemet med otrygghet kan lätt avhjälpas med att montera inbrotts och vattensäkra vädringsluckor. Eftersom vädringsluckorna är tänkta att stå öppna även under natt och när ingen är hemma ska försäkringsbolaget godkänna lösningen.

Buller är svårare att komma åt och för passivhus som byggs i stadsmiljö bör därför möjligheten till vädring utvärderas vid projektering. Finns de anledning att tro att hyresgästerna inte kommer kunna vädra sina lägenheter på ett bra sätt pga. buller och avgaser så bör någon typ av kyla övervägas.

Övertemperaturer ska normalt kunna undvikas enbart med solavskärmning och vädring. Eventuellt kan frikyla via vädring nattetid vara en bra lösning, men risken finns att inte alla hyresgäster uppskattar att få in stora mängder sval luft i sovrummet. Att tillföra kyla via tilluften kan då vara ett alternativ.

Trapphusen är byggda med stora glaspartier utan solavskärmning och utan vädringsmöjligheter. Under sommaren 2010 upplevdes trapphusen därför som mycket varma. Värmen sprider sig i konstruktionen och riskerar att ge hyresgästerna övertemperaturer. Ett alternativ kan vara att utnyttja frikyla nattetid i trapphus och andra gemensamma utrymmen för att kyla ner byggnaden utan att störa hyresgästerna.

Övertemperaturer

- Tänk igenom vädringsmöjligheterna. Kommer hyresgästerna kunna vädra utan att känna sig otrygga eller bli störda av buller och avgaser.
- Montera vädringsluckor som är inbrottssäkra och vattensäkra så att även boende på nedre plan kan vädra nattetid.
- Vädringsluckorna ska monteras på ett sätt som försäkringsbolagen godkänner.
- Vädring och solavskärmning nödvändigt även i gemensamma utrymmen så som trapphus. Annars sprids värmen genom huset.

2.6 Kanaldragning

Kanaldragningarna påverkas av antal aggregat per lägenhet. Detta varierar vanligen från ett aggregat per lägenhet till ett aggregat per byggnad. Men det förekommer även ytterligheter från ett aggregat per rum till ett aggregat för flera byggnader. I Hamnhuset gjorde man bedömningen att tre centrala aggregat var en lämplig uppdelning, dels för att minimera kanaldragningarna men också för att minimera drifts- och underhållsbehovet.

Separata kanaler för spisfläktar/-kåpor ökar ytterligare komplexiteten när det gäller kanaldragningar. För att undvika kraftiga undertryck behövs då också eventuellt större tilluftskanaler och också någon typ av spjäll per lägenhet som styrs via spisfläkt/-kåpa. För att undvika denna problematik valde man i Hamnhuset därför spisfläktar med recirkulerande flöde och kolfilter.

Det är tveksamt om ska användas. Vid kalla luftflöden kan ingjutna kanaler vara ett acceptabelt alternativ men vid värmebärande luftflöden så är det dåligt eftersom luften tappar energi på vägen. Speciellt gäller detta om lägenhetsindividuella eftervärmningsbatterier, såsom i Hamnhuset, är placerade långt från respektive lägenhet.

Typ av don och donens placering bör övervägas noggrant. Vilken typ av don och placeringen av dessa är beroende på övriga installationer. Deplacerade don ska inte användas i samband med luftvärme. Bakkantsinblåsning kan vara att föredra för att minimera kanaldragningar.



Figur 4. Kanaldragningar på Hamnhusets vind. © Pernilla Gervind

Varma kanaldragningar genom kalla garage och på kalla vindar bör undvikas, men om detta ändå måste göras ska isoleras mycket väl.

För att uppnå ett eleffektivt ventilationssystem med låga SFP-värden räcker det inte att välja ett större aggregat med effektiva fläktar. Man måste också projektera ett kanalsystem med relativt låga tryckfall, vilket också kräver större utrymme för kanaler än vanligt.

Kanaldragning

- Antal lägenheter per aggregat bör väljas utifrån både minimering av kanaldragningar och minimering av drift- och underhållskostnader.
- Utsugande spisfläktar/-kåpor kräva extra kanaldragningar, samt även större och mer komplicerade tilluftssystem.
- Ingjutna kanaler bör undvikas, speciellt vid luftvärmesystem.
- Möjlighet till att använda bakkantsinblåsning minskar kanaldragningar i lägenheterna
- Önskemål om låga SFP-värden måste vägas mot ökat utrymme för kanaler
- Varma kanaler bör förläggas i varma utrymmen innan för klimatskiljande konstruktioner. Om kanaler behöver förläggas i uppvärmda utrymmen måste dessa isoleras

2.7 Tappvarmvatten

Att få hyresgästerna att använda mindre tappvarmvatten kan göras på två sätt, dels genom att installera snålspolande armaturer och dels genom att ge hyresgästerna incitament att spara på vattnet genom individuell mätning och debitering. För att minimera användningen kan dessa två sätt kombineras. I Hamnhuset använder man sig huvudsakligen av individuell mätning och debitering för att minska användningen av tappvarmvatten.

2.7.1 VVC

Förutom en minskad konsumtion bör VVC-förlusterna ses över. Samisolering av ingående och utgående vatten kan vara ett sätt att minska förlusterna.

VVC-förluster kan mätas på många olika sätt, förlust per lägenhet eller förlust per meter rör. Men en uppskattning är att en VVC-förlust på 40 W per lägenhet är ett normalvärde för nybyggda flerbostadshus och att det är svårt att komma under en VVC-förlust på 20 W/lägenhet.

För att utnyttja värmen på bästa sätt när VVC-slinga installeras i kombination med solvärme och ackumulatortank krävs extra eftertanke. Jobba därför tillsammans med en projektpartner som är van vid stora solvärmeanläggningar.

2.7.2 Armatur

I Hamnhuset har snålspolande kranar använts. I jämförelse med ett tidigare projekt Höghuset syns dock en tydlig skillnad i energianvändning. I det sk. Höghuset har mer avancerade snålspolande kranar med kallstart använts. Detta i kombination med individuell mätning av vatten har gett en energianvändning för varmvatten på 18 kWh/m², A_{temp} i Höghuset. Att jämföra med 25 kWh/m², A_{temp} i Hamnhuset.

Erfarenheter visar att om man bara installerar snålspolande armaturer sänker det endast vattenförbrukningen till en början då hyresgästerna själva efter en tid sätter in egna duschmunstycken etc. som ökar flödet. I Hamnhuset använder man sig av både snålspolande armaturer och av individuell mätning och debitering för att minska användningen av tappvarmvatten. (Bolminger 2011)

Tappvarmvatten

- VVC-systemet bör isoleras väl för att minimera värmeförluster. Målsättningen bör vara $< 25 \text{ W/lgh}$ (eller $< 0,3 \text{ W/m}^2 A_{temp}$)
- VVC i kopplat till solvärmesystemet måste tänkas igenom extra noga.
- En jämförelse mellan Hamnhuset och Höghuset visar att snålspolande armatur med kallstart ger lägre tappvarmvattenanvändning än vad endast vanlig snålspolande armatur gör.
- Individuell mätning och debitering är ett effektivt sätt att påverka beteendet avseende användning av tappvarmvatten.
- Lägst användning uppnås genom att kombinera individuell mätning och debitering med energieffektiva armaturer

2.8 Termiska solfångare

Hamnhuset är försett med en termisk solfångaranläggning. Vid projekteringen år 2006 var taxan på fjärrvärme i Göteborg en helt annan än vad den är idag. Idag är fjärrvärmen så billig under sommarmånaderna att det inte lönar sig att installera solvärme. Utifrån de förutsättningar som fanns vid projektering var beslutet att installera solvärme rätt. Men med facit i hand skulle det varit bättre att installera solceller. Hade huset byggts i en

annan kommun hade förutsättningarna varit annorlunda, i t.ex. Lerums kommun skulle beslutet om solvärme fortfarande vara riktigt eftersom fjärrvärmepriserna inte sjunker under sommaren där.

För att få en bra anläggning är det viktigt att få med sig en projektpartner som är bra på stora solvärmeanläggningar. Idag finns etablerad teknik på villamarknaden men det är viktigt att komma ihåg det är betydligt mer komplicerat att arbeta med solinstallationer av större mått, det är inte bara att förstora en villaanläggning.

I Hamnhuset hade man inledningsvis en felaktig styrning av solvärmesystemet, vilket kraftigt försämrade solvärmeutbytet.

Termiska solfångare

- Solfångarsystem i flerfamiljshus är mer komplicerade än i vanliga villor. Jobba med en projektpartner som är van vid stora solvärmeanläggningar.

3 Drift och underhåll

För att ett lågenergihus ska fortsätta använda lite energi under hela sin livstid krävs bra förståelse för systemen så att drift och underhåll kan göras på ett bra sätt.

3.1 Övervakning av inneklimat

I Hamnhuset har lägenhetstermostaterna en central och bra placering med liten påverkan av solinstrålning och interna värmekällor. Däremot hade det varit bra om de hade kunnat kommunicera med ett övergripande övervakningssystem, så att man kunde registrera och lagra såväl ärvärde som börvärde och utstyrning till varje lägenhets individuella eftervärmningsbatteriet. Därigenom skulle man fått ett bra underlag för att optimera utgående temperatur från de gemensamma vattenburna eftervärmningsbatterierna. Detta under förutsättning att man haft en bättre sektionering av de centrala ventilationskanalerna och att de individuella eftervärmningsbatterierna hade suttit närmare respektive lägenhet.

Övervakning av inneklimat

- Tänk igenom var eventuella temperaturmätare ska placeras. En temperaturmätare som placeras på garagets betongvägg ger inte speciellt pålitliga temperaturmätningar.

3.2 Utbildning och överlämnande

För att lågenergihusen ska hålla under lång tid krävs att driftsteknikerna vet vilken service huset behöver och när. Ju mer komplext huset är ju mer kunskap krävs. En bra överlämning till driftspersonalen måste ske så de förstår hur huset är tänkt att fungera. En bra dialog mellan beställare och utförare av servicearbete är också viktigt för att få ett välfungerande hus

Dålig skötsel av ett FTX-ventilerat hus kan leda till luktöverföring, ökad energianvändning och i värsta fall övertryck i byggnaden. I Hamnhuset har ventilationen

inte varit dåligt skött men det har ändå gjorts många justeringar för att undvika problem med luktöverföring och övertryck.

Utbildning och överlämnande

- Installationerna i lågenergihus är ofta komplicerade och kräver därför annan kompetens hos driftspersonalen jämfört med i ett vanligt hus. Ge personalen nödvändig utbildning.
- Dålig skötsel av FTX- ventilation kan leda till luftöverföring, ökad energianvändning och i värsta fall övertryck i huset. Rätt skött så har FTX-ventilationen många fördelar.

3.3 Brukarbeteende

I passiva hus krävs aktiva boende. Det är till exempel nödvändigt att vädra för att undvika övertemperaturer under sommar, höst och vår. För att minska solinstrålningen kanske persiennerna måste dras ner när hyresgästen går till jobbet på morgonen och sedan dras upp igen på kvällen.

Det är alltså viktigt att ge möjlighet för hyresgästerna att vara aktiva. Hyresgästerna måste kunna vädra nattetid utan att känna sig otrygga och det måste finnas persiennier eller liknande som kan skärma av solen under sommaren.

Från enkäterna har det framkommit att många av hyresgästerna inte vill vädra under nattetid pga. buller från vägen eller för att hyresgästen som bor på nedersta våningen inte känner sig trygg när fönstret är öppet. Otryggheten med öppna fönster kan enkelt åtgärdas med att vädringsluckor sätts in, läs mer om det i kapitel om övertemperaturer.

Vid inflyttning får hyresgästerna i Hamnhuset en pärm som förklarar hur de ska bete sig och vem de ska kontakta om något är fel. Eftersom de flesta hyresgäster inte är vana vid att aktivt reglera sitt inneklimat så krävs det mycket och tydlig information till hyresgästerna.

Brukarbeteende

- Skapa möjlighet för hyresgästerna att vara aktiva. Vädringsluckor och persiennier i alla rum är några exempel.
- Ge hyresgästerna mycket information. Informationen som ges ska vara lättillgänglig och lätt att förstå.

Individuell mätning och debitering

Individuell mätning och debitering är troligtvis det enklaste sättet att ge hyresgästerna incitament att spara energi. Samtal med hyresgästerna i Hamnhuset ger bilden av att de tycker att det är ett rättvist system, den som använder energin ska också betala för den. I Hamnhuset debiteras varmvatten, hushållsel samt den el som används för tillskottsvärme. En viss mängd värme ingår i hyran och tillsätts tilluften via fjärrvärmebatterier. Om hyresgästerna vill ha det varmare kan de använda sitt eget eldrivna eftervärmningsbatteri och sedan betala för det.

Systemet med att en viss temperatur på tilluften ingår i hyran och att hyresgästen sedan får stå för eventuell spetsvärme har fungerat bra. Det som skulle gjorts annorlunda är placeringen av individuella elvärmare som nu sitter för långt från lägenheterna. Mycket energi går tillspillo i form av kanalförluster, med andra ord får hyresgästerna inte riktigt vad de betalar för. Elvärmarna skulle istället placerats så nära lägenheterna som möjligt.

Vid inköp av mätare ska marknaden undersökas noga. Tyvärr finns idag problem med att många mätare tappar mätdata vilket leder till mycket mer arbete då administrativ personal måste hantera avsaknaden av data. För att lättare få överblick bör det system som används ge larm då något betar sig onormalt, exempelvis om energianvändningen ökar eller minskar onormalt.

För att minska kostnaden för kalibrering bör en huvudmätare användas i kombination med fördelningsmätare.

Individuell mätning och debitering

- Undersök marknaden noga vid upphandling. Många system fungerar inte helt felfritt
- Använd system som larmar om något är onormalt

4 Litteraturförteckning

Bolminger, Staffan, intervjuad av Pernilla Gervind. *Miljöchef på ÄUAB* (2011).

Fuktsäkra byggnade. *Fuktteknisk bedömning*.

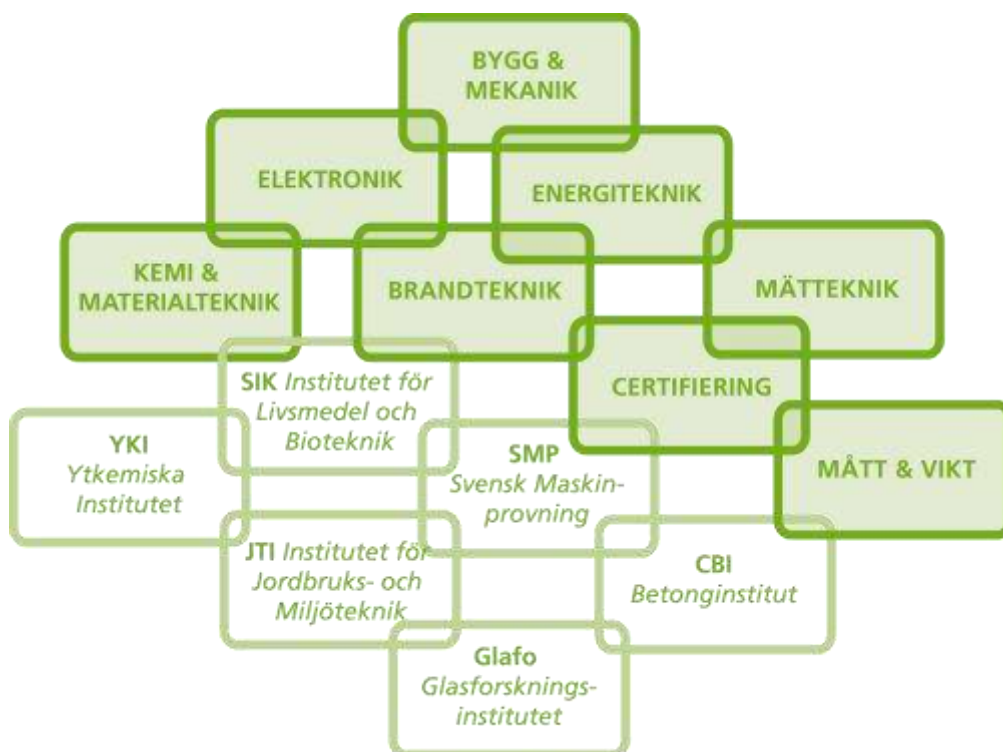
http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/tak/vindar/fukttek_bedomning/Sidor/default.aspx (använd den 22 09 2011).

Gervind, Pernilla, Svein Ruud, Ulrik Petterson, och Johan Björkman.

Erfarnhetsåterföring från Hamnhuset - Uppföljande mätningar av energianvändningen och termisk komfort. SP-rapport, Borås: SP, 2011.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 9000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

Energiteknik

SP Rapport :2011:78

ISBN ISBN 978-91-87017-10-0

ISSN 0284-5172