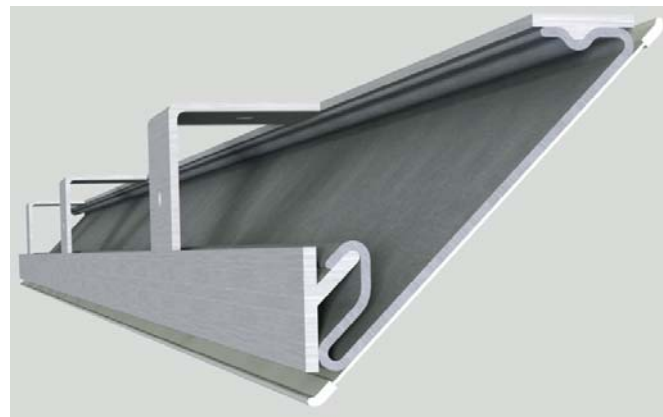


CHALMERS



Kompletterande uppvärmning av passivhus

- utformning med fokus på behov, placering och funktion

Kandidatarbete i Teknisk design
Isabelle Andersson, Gustav Bennegård,
Marie Ingemansson, Hennie Jensen & Niklas Lidberg

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen Design & Human Factors
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2009

KANDIDATARBETE

Kompletterande uppvärmning av passivhus

- utformning med fokus på behov, placering och funktion

Kandidatarbete i Teknisk design

Isabelle Andersson, Gustav Bennegård,
Marie Ingemansson, Hennie Jensen & Niklas Lidberg

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen för Design & Human Factors
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2009

Kompletterande uppvärmning av passivhus
- utformning med fokus på behov, placering och funktion
Kandidatarbete i Teknisk design

Isabelle Andersson, Gustav Bennegård,
Marie Ingemansson, Hennie Jensen & Niklas Lidberg

© ISABELLE ANDERSSON, GUSTAV BENNEGÅRD, MARIE
INGEMANSSON, HENNIE JENSEN & NIKLAS LIDBERG, 2009

Kandidatarbete
Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen Design & Human Factors
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
CAD-bild på projektets resultat monterat i ett foto samt en rendering från
CATIA.

Tryckeri / Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Göteborg, Sverige 2009

Sammanfattning

Syftet med projektet, på uppdrag av företaget LVI, var att komma fram till ett eller flera koncept på komplementär uppvärmning för passivhus byggda i ett nordiskt klimat. En önskan uttrycktes av LVI att undersöka nya teknikmöjligheter för uppvärmning. I uppgiften ingick främst att ta fram själva uppvärmningsenheten, dess teknik och hur lösningen skulle se ut och fungera, men även att titta på hur ett eventuellt styrsystem till dessa enheter skulle kunna se ut och fungera. Projektet genomfördes enligt fyra huvudsteg: behovsidentifiering, övergripande lösningar, dellösningar och slutliga lösningar.

Projektet började med en generell informationsinsamling och en omfattande användarundersökning med intervjuer och studiebesök. Dessa visade på behov och problem såsom att det var kallt på golven och i rum som används sällan, samt att det var kallt inomhus vid köldknäppar. Resultatet från urvalet av de övergripande lösningarna visade att direktverkande el kopplat till infraröda kolfiberpaneler var den bästa tekniken med hänsyn till de behov och önskemål som framkom under första fasen. I dellösningsfasen behandlades placering och styrsystem där placeringen blev en tak-/vägglösning som gav bäst spridning av värmestrålningen. Efter denna fas skapades också den slutliga behov/önskemålslistan. I slutkonceptfasen valdes mer specifika detaljer som vitfärgning av yta, upphängning samt installation.

Slutresultatet av projektet blev en IR-taklist som med sitt uttryck smälter väl in i rummet. För styrdosan finns tre olika förslag. Styrsystemet är utformat för att minimera onödig användning, fördela effekten mellan rummen samt medgöra olika inställningar. Slutresultatet bygger på en teknik som avviker från LVI:s ordinarie produktsortiment. För att lansera produkten kommer företaget att behöva vidareutveckla de slutsatser detta arbete lett fram till, vilket kan skapa en möjlighet för LVI att slå sig in på en ny marknad.

Abstract

The aim of the project, commissioned by the company LVI, was to come up with one or several propositions on how to design a complementary heating system for passive houses in a Nordic environment. LVI expressed a desire to investigate the possibility of new heating technology. The task was mainly concentrated to the heating unit, its technology and appearance; however the heating controlling system and device was also investigated.

The project was conducted in four main steps: identification of needs and requirements, overall solutions, partial solutions and final solutions. The project started with a wide gathering of information and an extensive investigation of the users by interviews and field trips. The inquiries brought to attention certain needs and problems where cold floors, coldness in rooms rarely used and coldness at sudden drops in outside temperature where some of them. After the selection process of the overall solutions, it was made clear that the best technology was infrared carbon fiber heater powered by electricity, in consideration of the needs and problems from the previous study. In the partial solution phase the heater was decided to be positioned between the wall and the roof which resulted in best distribution of the heat radiation. The controlling system and the final needs and requirements were also decided. In the final phase details of the product were developed such as coloring of the heaters surface, suspension device and installation.

The final result is an IR-cornice which blends in well with the room interior. There are three propositions for the controlling device. The controlling system is designed to minimize unnecessary usage, distribute the power between the rooms and to make adjustments possible. The final product is based on a technology which differs from the regular product assortment of LVI. Therefore it requires further investigation and development of the product to be successfully brought out to the market.

Förord

Kompletterande uppvärmning för passivhus är ett kandidatarbete utfört i samarbete med det beställande företaget LVI och har genomförts i kursen Kandidatarbete vid institutionen Produkt- och produktionsutveckling under våren 2009. Projektgruppen består Isabelle Andersson, Gustav Bennegård och Marie Ingemansson som läser civilingenjörsprogrammet Teknisk Design samt Hennie Jensen och Niklas Lidberg som läser civilingenjörsprogrammet Maskinteknik, alla vid Chalmers i Göteborg.

Gruppens förutsättningar för arbetet har varit att examinatorn, Örjan Söderberg, utformat ett kandidatprojekt i samförstånd med LVI. Detta arbete har sedan tilldelats sökande studenter från både civilingenjörsprogrammet Teknisk Design och Maskinteknik, dessa båda kompetenser har sedan funnits att tillgå under projektets gång. Efter projektstart har sedan all korrespondens överflyttats till gruppmedlemmarna, då det var upp till gruppen att organisera och driva arbetet. Först vill vi tacka LVI i Järpås och speciellt Rickard Adlercreutz, för engagemang i arbetet och er vilja att prova nya idéer. Vi vill absolut tacka vår handledare Lars-Ola Bligård för tips, råd och stöd under hela processen.

Tack också till er som låtit er intervjuas och observeras under våra studier och er som varit behjälpliga med att svara på frågor kring bland annat passivhus och uppvärmning.

Sist men inte minst vill vi tacka alla övriga personer i gruppens närhet som kommit med råd och stöttat oss i nödens stund.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	4
1.1	Syfte.....	5
1.2	Mål.....	5
1.3	Projektets upplägg.....	5
1.4	Avgränsningar.....	5
1.5	Arbetsfördelning inom projektgruppen	5
1.6	Presentation av uppdragsgivare	6
2	Teknisk teori	7
2.1	Grundläggande värmeteori.....	7
2.2	Värmeegenomgångskoefficient.....	8
2.3	Ljudteori	8
2.4	Den energipolitiska framtiden.....	8
2.5	Elproduktion och energianvändning i Sverige	9
2.6	Elanvändning och uppvärmning i svenska småhus.....	12
2.7	Elradiatorer	13
2.8	Hållbarhetsaspekter.....	14
2.9	Vad är ett passivhus?	15
3	Projektteori.....	18
3.1	Produktutvecklingsprocessen.....	18
3.2	Målgrupp	19
4	Metoder.....	20
4.1	Projektplanering	20
	Gantt-schema.....	20
4.2	Insamling av data/information	20
4.3	Analys av data/information.....	21
4.4	Kriteriebedömning.....	21
4.5	Idégenerering	22
4.6	Utvärdering av koncept.....	22
4.7	Konceptval.....	23
4.8	Visualisering.....	23
5	Genomförande	24
5.1	Planering.....	24
5.2	Faktainsamling.....	25
5.3	Dokumentering	25
5.4	Behovsidentifiering	27
5.4.1	Intervjuer	27
5.4.2	Studiebesök.....	27

5.4.3	Beskrivning av målgrupper.....	28
5.4.4	Tidigare studier om klimatkomfort i passivhus.....	28
5.4.5	Behov och önskemål version 1.....	28
5.5	Övergripande lösningar.....	28
5.5.1	Värmeenhet; teknik.....	28
5.5.2	Styrenhet; placering och funktion.....	29
5.5.3	Behov och önskemål version 2.....	29
5.6	Konceptlösningar.....	29
5.6.1	Värmeenhet, placering och utformning.....	29
5.6.2	Styrenhet, utformning.....	30
5.6.3	Slutlig kravspecifikation.....	30
5.7	Slutliga lösningar.....	31
5.7.1	Värmeenhet, Vidareutveckling av koncept.....	31
6	Behovsidentifiering.....	32
6.1	Resultat intervjuer.....	32
6.2	Resultat studiebesök.....	33
6.3	Beskrivning av målgrupper.....	35
6.3.1	Målgruppen Gemeneman.....	35
6.3.2	Målgruppen Medvetna.....	37
6.3.3	Kritisk målgrupp.....	37
6.4	Tidigare studier om klimatkomfort i passivhus.....	39
6.5	Behov och önskemål, version 1.....	40
6.6	Sammanfattning Behovsidentifiering.....	40
7	Övergripande lösningar.....	41
7.1	Värmeenhet; teknik.....	41
7.2	Vald teknik; infraröd-teknik.....	46
7.3	Styrenhet; placering och funktioner.....	47
7.4	Behov och önskemål version 2.....	51
7.5	Sammanfattning Övergripande lösningar.....	53
8	Konceptlösningar.....	54
8.1	Värmeenhet; placering och utformning.....	54
8.2	Styrenhet; utformning.....	58
8.3	Slutlig kravspecifikation.....	62
8.4	Motivering av behov och önskemål.....	65
8.5	Sammanfattning Konceptlösningar.....	69
9	Slutliga lösningar.....	70
9.1	Vidareutveckling av konceptet Taklist.....	70
9.2	Slutlig lösning.....	74
9.3	Sammanfattning.....	80

10	Diskussion.....	81
10.1	Projekresultat.....	81
10.1.1	Uppfyllelse syfte och mål.....	81
10.1.2	Resultatets relevans för Rettig Sweden AB:s verksamhet	81
10.1.3	Uttryck och teknik	81
10.2	Hållbar utveckling.....	82
10.3	Metod och processutvärdering	84
10.3.1	Information och källkritik	84
10.3.2	Avgränsningar och målgrupp.....	85
10.3.3	Metoder	85
10.3.4	Användarundersökningar	85
10.3.5	Projektavslut	86
10.4	Projektgruppens erfarenheter från projektet	86
11	Slutsats	87
12	Källförteckning.....	88
13	Bilagor	94

1 Bakgrund

Passivhus är ett namn på en huskonstruktion, där tanken är att sänka hastigheten på energiomvandlingen så mycket som möjligt. Bostadstypen bidrar betydligt mindre till energispridningen jämfört med ett traditionellt byggt hus: *"energiåtgången väntas minska från 216 till 92 kWh per kvm och år"* (Skoog, 2009). Dock är begreppet passivhus ett utländskt påfund från sydligare breddgrader och har därmed vissa brister i vårt nordiska klimat. Passivhus har enligt sin nuvarande definition ingen direkt uppvärmning, utan ska klara uppvärmningen endast med hjälp av god isolering, spillvärme från hushållsel, kroppsvärme från människor och djur, samt en värmeväxlare kopplad till friskluftssystemet, för vidare information se avsnitt 2.9.

Den goda ventilationen och värmeväxlarens interaktion med utomhusluften betyder att en viss värmeförlust ständigt sker då temperaturen i utomhusluften är lägre än i inomhusluften. Värmeväxlaren är därför ofta utrustad med ett batteri för extra eftervärmning, detta har dock visat sig vara otillräckligt. Därför finns det i Sverige önskemål om ytterligare värmeförsel i passivhus under de kallare månaderna på året. Det råder delade meningar om huruvida denna kompletterande uppvärmning behövs och vilket energislag som skulle användas för detta ändamål. På grund av passivhusens funktion är behovet av tillförd effekt väldigt liten. En alltför hög effekt är överdimensionerande för så välisolerade hus. Därför lönar sig heller inte större installationer som till exempel fjärrvärme eller bergvärmepump som innebär stora investeringar. Den extra värmen skulle också bara behöva tillföras i små mängder under en mycket liten del av året.

1.1 Syfte

Syftet med projektet var att komma fram till ett eller flera koncept på komplementär uppvärmning för passivhus i nordiskt klimat. Efter vidareutveckling av framförallt styrsystemet för värmeenheterna ska Rettig Sweden AB i egenskap av beställande företag överta rättigheterna och kunna lansera denna produkt.

1.2 Mål

Projektets huvudmål var att utveckla en uppvärmningsenhet som ska vara anpassad för användning i passivhus samt öka den upplevda klimatkomforten. Projektet hade även som mål att ta fram koncept på en styrenhet vilken de boende ska interagera med och som ska kommunicera med värmeenheterna och styra effektflödet.

1.3 Projektets upplägg

I projektets inledande skede bestämdes att olika uppvärmningstekniker skulle utvärderas med avseende på deras lämplighet att lösa uppgiften, utifrån de krav och restriktioner som passivhustekniken definierar. Rettig Sweden AB har här varit tydliga med att vi skulle vara öppna för andra tekniker än just deras. De ville gärna se en lösning som skiljde sig från de uppvärmningsenheter som finns idag. Företaget vill också se en bred idégenerering på olika funktioner och hur värmeenheten skulle kunna se ut. Det koncept som Rettig Sweden AB anger sig söka efter är innovativt men enkelt.

Gruppen skulle presentera slutligt teknikval, enhetens funktioner, dess form/utseende, storlek, material och placering i olika rum, samt enhetens interaktion med husets huvudsakliga värmesystem. En viktig del var också att visa hur installationen av värmeenheten är tänkt att fungera. Det slutliga konceptet skulle presenteras i text och bild, samt med schematiska bilder med huvudsakliga mått, dock inte med ritningar som gör konceptet produktionsfärdigt.

Projektet skulle även ge förslag på placering och utformning av styrenheterna. Styrningen av produkten skulle presenteras som ett antal möjliga förslag vilket innebär att ingen djupare teknisk analys av funktion, teknik och användargränssnitt skulle genomföras. Interaktionen mellan användaren och värmeenheterna via styrenheterna skulle diskuteras, men inte vidareutvecklas fram till ett slutligt koncept. Detta på grund av att Rettig Sweden AB i det aktuella projektet främst var intresserade av värmeenheten.

1.4 Avgränsningar

Produkten avgränsas till att avse användning i friliggande villor och radhus. Vi fokuserar på brukarna och inte på hyresvärdar och inköpare då dessa inte själva ska använda produkten och därför inte har samma behov som användarna i passivhusen. Vidareutveckling och detaljbestämning samt exakt utformning av styrenheterna kommer ej att ske, då huvudsakligt fokus ligger på värmeenheterna.

1.5 Arbetsfördelning inom projektgruppen

Projektgruppens medlemmar har hela tiden arbetat parallellt med varandra inom samma projektfas. Dock med små individuella ansvarsområden då den öppna problemformuleringen har krävt detta för

en effektiv totalprocess. Under framtagning av koncept och viktiga beslut för processen har fattats då hela gruppen varit närvarande. Olika delar i rapporten har olika huvudförfattare, men då gruppens medlemmar har tillfört ändringar till varandras stycken är det svårt att redovisa exakt vem som författat vad. Visualiseringar med hjälp av Alias Studiotools och CATIA, har teknologerna från Teknisk design producerat, men alla i gruppen har bidragit med skisser och övrigt grafiskt arbete.

1.6 Presentation av uppdragsgivare

LVI grundades 1922 under namnet Lidköpings Värmeledningsindustri. Fram till tidigt 70-tal tillverkades endast vattenburna värmesystem men 1973 började LVI även att tillverka oljefyllda elradiatorer och sedan 1990 har detta varit deras huvudsysselsättning. I sortimentet finns idag även elradiatorer i gjutgranit samt elektriska handdukstorkar. År 2000 blev LVI uppköpta av Rettig Group som är ett finskt familjeföretag och har verksamhet i ett flertal av Europas länder. LVI Produkter AB bytte namn till Rettig Sweden AB under 2008 men varumärket LVI lever vidare än idag. Rettig Sweden AB omsätter cirka 210 miljoner SEK om året och sysselsätter cirka 100 personer.

Rettig Sweden AB har sett en möjlighet i att utnyttja direktverkande el till kompletterande uppvärmning i passivhus, dels på grund av det låga effektbehovet och den höga verkningsgraden vid eluppvärmning. Men också för att eluppvärmda lösningar är lätta att reglera så att energianvändandet blir så litet som möjligt och även att de är lätta att installera i hus med så stora täthetskrav i byggnadsskalet som passivhus har.

2 Teknisk teori

Här beskrivs kortfattade teorier om de i rapporten förekommande begreppen och övrig för ämnet närliggande fakta. Sammanfattningsvis handlar teorin om klimatkomfort, direktverkande el, passivhus, värme och ljud.

2.1 Grundläggande värmeteori

Inom värmeteorin talar man om strålningsvärme och konvektionsvärme. Konvektionsvärme är den värme som överförs från en varm yta till omgivande luft med lägre temperatur. Den varma luften stiger och lämnar plats för ny kall luft att komma i kontakt med den varma ytan. Detta kan illustreras med att en luftström cirkulerar runt i rummet och den varma ytan är dess motor. Ju varmare ytan är desto snabbare cirkulerar den kalla luften.

Kallras är ett välanvänt begrepp på när kall luft strömmar nedåt i en omgivning med högre lufttemperatur. Kallras uppstår ofta i traditionellt isolerade hus där fönster är betydligt kallare än inomhusluften. Vid mycket kalla ytor är kallraset större och ger en större luftrörelse in i rummet, kalla luftrörelser bidrar till att rumsluften känns kallare än vad den verkligen är (LVI Radiatorskolan del 1, s. 1).

Alla föremål med en temperatur över den absoluta nollpunkten avger strålningsvärme till en kallare yta, så även vi människor (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut 2007). Strålningen sker mellan ytor med olika temperatur, där den varma ytan avger värme till den kallare. Som ett exempel kan man nämna värmen som mark och ytor avger efter en varm dag en klar sommarkväll, eller motsatt att kalla fönster ger en känsla av drag då denna kalla yta drar till sig värmestrålning från vår kropp (LVI Radiatorskolan del 1).

När ett material värms upp exciteras elektronerna i materialets atomer till ett högre energitillstånd på grund av den tillförda värmeenergin. När elektronerna återfår sitt ursprungliga energitillstånd avges energiskillnaden mellan tillstånden i form av elektromagnetisk strålning. Alla ämnen i det periodiska systemet har olika elektronkonfiguration och har därmed olika förmåga att uppta och sända ut energi, det vill säga energitillstånden skiljer sig mellan ämnena. Detta gör att den strålning som sänds ut har olika våglängd. (Nationalencyklopedin, *Elektromagnetisk strålning*). Infravärme ligger i våglängdsområdet 10^{-5} – 10^{-6} m (Nationalencyklopedin, *Temperaturstrålning*). Denna osynliga värmestrålning har minst lika stor inverkan på den mänskliga kroppen som lufttemperaturen.

Stora rörelser i luften leder till temperaturskillnader mellan olika delar av ett rum, vilket medför att energianvändningen för uppvärmning i regel ökar, eftersom man vill försöka utjämna dessa skillnader genom att vrida på mer värme. Det är oftast otätheter i byggkonstruktionen, kallras från fönster samt ventilationsanläggningar och konvektionsvärme från värmekällor som skapar dessa luftströmmar. Eftersom luftens rörelser påverkar hur vi upplever värmen omkring oss är det ofta en fördel om värmekällan i ett rum är utformad så att dessa rörelser minimeras. Vid utformning av värmekällan är det därför önskvärt att minska konvektionsvärmen som får luften att cirkulera, och istället öka strålningsvärmen.

Luftfuktigheten påverkar inte direkt hur vi upplever inomhustemperaturen, alltså vår värmebalans, hur varma eller kalla vi känner oss. Däremot påverkar luftfuktigheten hur vi upplever luftens kvalitet

då torr luft bland annat kan ge torra och irriterade slemhinnor på grund av dammpartiklar som inte binds lika bra som i fuktig luft. Med torr luft menas här luft med en relativ luftfuktighet på under 20 %. Denna uppkommer framförallt då utomhusluft leds in i huset vintertid och värms upp, detta minskar den relativa luftfuktigheten och luften blir torr vilket kan leda till olika besvär hos människan (LVI Radiatorskolan del 1, s. 3).

Operativ temperatur

Den temperatur som en människa upplever är en kombination av strålningsvärme och konvektionsvärme. Denna upplevda värme kallas operativ temperatur och beräknas enligt formeln:

$$t_{op} = (t_{rum} + t_{strål})/2 = (t_{rum} + (t_{rum} + \Delta t_{strål}))/2 = t_{rum} + (\Delta t_{strål})/2$$

där t_{rum} = lufttemperaturen
 $t_{strål}$ = stråltemperaturen (inkl. lufttemperaturen)
 $\Delta t_{strål}$ = stråltemperaturtillskottet (exkl. lufttemperaturen)

Det är på grund av den operativa temperaturen vi kan uppleva att det är behagligt varmt i solen en vindstilla vårdag även om lufttemperaturen är låg (Frico, *Teknisk Handbok*, s. 105).

2.2 Värmegenomgångskoefficient

Värmegenomgångskoefficient eller u-värde som det också kallas, är ett mått på hur mycket värme (effekt) som ett byggnadsskals olika delar släpper igenom och blir alltså ett mått på hur mycket energi man behöver tillföra för att behålla en viss inomhustemperatur (Passivhuscentrum, *Frågor och svar om passivhus*). Det mäts i enheten [W/m²K], där ett lågt värde är bättre än ett högt. Värdet 0 motsvarar ingen genomströmning av värme. Ofta har tak, väggar och golv ett betydligt lägre värde (0,05-0,10) än fönster och dörrar (0,6-1,0).

2.3 Ljudteori

Boverkets byggregler, BBR 99, anger att: *”Byggnader och deras installationer ska utformas så att ljud från byggnadens installationer, från angränsande utrymmen likväl som ljud utifrån dämpas”* (BBR *Bullerskydd* 2006, s. 173). Boverket indelar regler för ljudnivåer inomhus i fyra klasser: A, B, C, D. Där C uppfyller baskraven för god ljudmiljö och A och B ger än bättre ljudförhållanden. Ljudklass D uppfyller inte kraven. Om man utgår från Ljudklass C, motsvarar den en ekvivalent ljudnivå på 30 dB inomhus med ett maxvärde på 45 dB som inte får överskridas mer än tre gånger per natt (*Buller – Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av God bebyggd miljö*, 2007 sid. 19).

2.4 Den energipolitiska framtiden

Arbetet mot ett mer hållbart samhälle pågår inom många olika områden och måste styras övergripande genom politiska beslut för att få långsiktighet. Ett av områdena som på senare tid fått genomslag i Sverige är intresset att bygga energisnåla byggnader. (Uppgifterna i de nedanstående styckena har hämtats från Energimyndighetens hemsida om inget annat anges).

En rad olika styrmedel används för att påverka energihushållningen i byggnader. Generellt ska byggnader vara utformade så att man genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och

kylanvändning samt effektiv elanvändning begränsar energianvändningen. Villaägare i Sverige började energideklarerar den förste januari 2009, vilket innebär att de är skyldiga att redovisa byggnadens energianvändning och även vissa parametrar i inomhusmiljön. Anledningen är att man vill främja en effektiv energianvändning och en god inomhusmiljö för byggnader.

Från den 1 juli år 2000 ges stöd för investering till installation av solvärmeanläggning för tapp-, varmvatten och/eller uppvärmning eftersom staten vill främja användningen av solvärmeteknik. Även olika stöd för konvertering av värmesystem ges. Man vill dels minska oljeberoendet och dels främja en effektiv och miljöanpassad användning av energi samt en minskad elanvändning för uppvärmningsändamål i bostäder. Staten har infört premier till de hushåll som går över från direktverkande el till exempelvis eldnings med pellets, så kallade konverteringsstöd (Klintman, Mårtensson & Johansson 2003, s. 10). Statens generella riktlinjer för energipolitiken är som följer:

”Den svenska energipolitikens mål är att på kort och lång sikt trygga tillgången på el och annan energi på med omvärlden konkurrenskraftiga villkor. Enerkipolitiken skall skapa villkoren för en effektiv och hållbar energianvändning och en kostnadseffektiv svensk energiförsörjning med låg negativ påverkan på hälsa, miljö och klimat samt underlätta omställningen till ett ekologiskt ut hålligt samhälle.”

(Statens energimyndighet, *Energiläget* 2007, s. 5).

Då staten vill minska den generella användningen av direktverkande el och olja vill man få husägare att genom ekonomiska bidrag gå över till fjärrvärme, biobränsle, solvärme eller värmepump (sjö/jord/berg/luft). Stödet ska gälla från den 1 januari 2006 till 31 december 2010. Konverteringsstödet för olja går inte längre att söka. Ett elcertifikatsystem infördes 2003 vilket ska leda till en ökad produktion av el från förnyelsebara energikällor (Statens energimyndighet, *Energiläget* 2007, s. 5).

2.5 Elproduktion och energianvändning i Sverige

Elproduktionen i Sverige sker idag till största delen med hjälp av vattenkraft och kärnkraft. Sveriges totala energianvändning uppgick år 2007 till 624 TWh och energin används huvudsakligen inom tre områden. (Uppgifterna här och under nedanstående underrubriker är hämtade från Energimyndighetens hemsida, om inget annat anges):

- Industrin (samma som 1970)
- Byggnader (minskat)
- Transporter (ökat med 87 % sedan 1970)

Nedan listas olika vanliga tekniker för att producera el:

- **Kärnkraft**

I Sverige täcker kärnkraften ungefär hälften av elbehovet, cirka 70 TWh per år. Sveriges riksdag har bestämt att inga nya kärnkraftverk ska byggas och att de som finns ska avvecklas. Under mandatperioden 2006 – 2010 kommer inga beslut att fattas om avveckling av kärnkraften och inte heller om nya kärnkraftverk.

- **Vattenkraft**

Stora mängder energi framställs genom den rena energikällan vattenkraft och har i mer än 100 år varit den dominerande kraftkällan i Sverige. Nackdelen är dock att nya

vattenkraftverkanläggningar orsakar stora skador i naturen. Det är just dessa bestående miljöeffekter som gjort att Sveriges riksdag bestämt att vattenkraften inte får byggas ut mer än i mycket liten omfattning. I dag kommer ungefär hälften av vår el från vattenkraft. Ett normalår ger vattenkraften 64 TWh el (Telia 2004).

- **Vindkraft**

De senaste fem åren har vindkraften ökat med 25 % per år och är därmed den energiform som växer snabbast i världen. Sveriges riksdag har satt upp ett mål att det år 2015 ska vara möjligt att bygga vindkraft för en produktion på 10 TWh.

- **Naturgas**

Av den totala energianvändningen i Sverige utgör naturgasen bara cirka 2 % och används mest av industrin och för att värma upp bostäder och producera el. Naturgasen svarar för ungefär en femtedel av Europas energiförsörjning och nästan en tredjedel av USA:s.

- **Solenergi**

Solen är vår renaste energikälla och används både för att producera värme och elektricitet. Men användningen är liten och troligtvis dröjer det länge innan solproducerad el får en betydande plats i Sveriges energiförsörjning.

- **Kol**

Kol är liksom olja ett fossilt bränsle och var tidigare det mest använda bränslet i västvärlden och står fortfarande för 25 % av världens energianvändning (Svenska Kolinstitutet 2009). I Sverige minskar förbrukningen av kol hela tiden, främst för miljöns skull, och svarar i dag för 5 % av vår energitillförsel. Det mesta används för att producera värme i stora fjärrvärmeanläggningar.

- **Olja**

Olja är liksom kol ett fossilt bränsle och har under högt tryck och miljoner år bildats av växter och andra organismer i marken. Oljetillgångarna i världen räcker troligtvis inte i mer än cirka 50 år till med den takt som den förbrukas idag. Sedan 50 år tillbaka är oljan den mest använda energiråvaran i världen. Uppvärmning av bostäder genom oljeeldning är relativt dyrt. En gammal oljepanna kan ha en så låg verkningsgrad som under 50 %, medan en modern kan nå upp till 80-85 % (Statens energimyndighet, *Hushåll*). Även om verkningsgraden hos moderna oljepannor kan tyckas hög så bör vi av miljöskäl minska vår oljeanvändning eftersom förbränning av olja leder till utsläpp av en rad skadliga ämnen så som koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider.

Den globala ökade efterfrågan på energi toppas av utvecklingsländer som Kina och Indien. Efterfrågeökningar av energi med cirka 1,8 % per år mellan 2005 och 2030 har visats genom undersökningar gjorda av International Energy Agency (IEA) (Karringer 2008, s. 8). Nuvarande svensk energipolitik riktar in sig på att trygga landets energitillförsel, miljösäkra transporter och att öka andelen förnyelsebar energi.

Bostäder och service står tillsammans för cirka 35 % av Sveriges totala energianvändning och låg 2007 på cirka 143 TWh. Trots att antalet bostäder har ökat med cirka 40 % sedan 1970-talet är energianvändningen inom detta område ganska jämn.

Den så kallade hushållselen som innefattar belysning, vitvaror, apparater och annan elektrisk utrustning i hemmet, har däremot ökat från 9,2 TWh år 1970 till 19,5 TWh 2006. Av hushållselen går mest åt till belysningen, följt av kyl, frys och underhållningselektronik.

Om man ser till den totala energianvändningen i Sverige på senare år så beräknas den ligga konstant mellan åren 2007 och 2010. Detta beror till stor del på lågkonjunkturen och att framförallt industrin minskar sin energiförbrukning. Sverige beräknas fram till år 2030 att öka sin elproduktion mer än elförbrukningen och då exportera 25 TWh el.

2.6 Elanvändning och uppvärmning i svenska småhus

Svenska hushåll är bland de som använder mest el av hushåll i Europa (Klintman, Mårtensson, & Johansson 2003, s. 10). Under 80- och 90-talet har elanvändningen bland svenska hushåll ökat varje år med i genomsnitt 0,5 %. År 2006 användes totalt 81,4 TWh till uppvärmning av bostäder och varmvatten i Sverige. Av denna energi används cirka 42 % i småhus, 32 % i flerbostadshus och 26 % i kontor, affärs- och offentliga lokaler (Statens Energimyndighet, *Energiläget* 2007, s. 30).

Att värma med enbart elvärme definieras som: ”Uppvärmningssätt med elektrisk energi, där den installerade effekten för uppvärmning är större än 10 W/m^2 ” (Boverket 2009, s. 20). Att värma med el är det vanligaste sättet att värma småhus, cirka 33 % av alla småhus i Sverige år 2006. Drygt hälften av dessa hade direktverkande el och resten hade vattenburen elvärme. Ungefär 40 % kombinerar ett uppvärmningssystem med direktverkande el medan 8 % är anslutna till fjärrvärme. 11 % använder enbart biobränsle medan 6% eldar med olja (Statens Energimyndighet, *Energiläget* 2007, s. 30).

Det är just direktverkande el för uppvärmning i enfamiljshus, som oftast benämns som det största resursslöseriet. Men varför vill samhället då minska användandet av el vid uppvärmning av även andra typer av bostäder? Dels därför att de bostäder som idag använder elvärme har gamla radiatorer med dåliga eller obefintliga styrsystem. Med dåliga styrsystem riskerar man ett större slöseri av energi då elförbrukningen inte justeras vid till exempel solinstrålning och då många människor vistas i huset. Dåliga termostater på elradiatorerna ger också ett ojämnt inomhusklimat och ökar även risken för brand. Traditionellt byggda hus är också betydligt sämre isolerade än passivhus och därför blir förlusterna av denna dyrbara energikälla stora. Det ska sägas att även valet av elleverantör inverkar mycket på miljön, viss elektricitet produceras av icke-förnybara energikällor på ett mindre hållbart sätt.

Elvärme är den näst dyraste värmeformen efter olja (Statens Energimyndighet, *Uppvärmning i Sverige* 2007, s. 96). Utsattheten vid elavbrott är också stor om elen är enda uppvärmningskällan i ett traditionellt hus (Energimyndighetens hemsida, *Elvärme*).

2.7 Elradiatorer

Oljefyllda elradiatorer

Oljefyllda elradiatorer som värms upp av direktverkande el är produkter Rettig Sweden AB producerar och marknadsför idag. Vid direktverkande el omvandlas inkommande el från elnätet, via radiatorer, till värme i luften med hjälp av antingen olja/vatten eller elslingor. Man kan ha elpatroner som värmer upp ett värmebärande medium i radiatorerna och som i sin tur värmer upp luften, eller elslingor som värmer luften direkt. Det senare gäller dock för äldre radiatorer och studier har visat att öppna radiatorer med blottade elslingor inte ger lika behaglig värme som de slutna radiatorerna. I nybyggda hus har det blivit vanligt med komfortgolvvärme driven av direktverkande el (Energimyndighetens hemsida, *Elvärme*).

Oljefyllda elradiatorer är förhållandevis enkla att installera och styra för användaren. Med radiatorer från Rettig Sweden AB kommer en bifogad ”plug-in” kabel samt en väggdosa som gör att kontakten bara är att sätta i uttaget efter det att eventuella ledningar dragits fram. De elradiatorer som Rettig Sweden AB marknadsför idag har lättmanövrerade styrdon som kan vara både analoga och digitala. De ger en mycket exakt temperaturreglering som både är bra för inomhuskomforten, boendekostnaden och miljön.

Dessa moderna elradiatorer avger värme i form av ungefär 2/3 strålningsvärme och medan resten konvektionsvärme. Detta ska jämföras med de öppna elradiatorerna som värmer upp luften med hjälp av elslingor och där värmen avges med 33 % strålningsvärme och 66 % konvektionsvärme (LVI, *Radiatorskolan del 1*). En hög andel strålningsvärme är positivt då upplevelsen av luftdrag minskar och att just strålningsvärme känns behagligt för människan, se även avsnitt 2.7 ”Grundläggande värmeteorik”.

Ett element i standardutförande från Rettig Sweden AB kostar mellan cirka 2000 och 4500 SEK per styck i inköp. Om man jämför kostnaden mellan olika energislag för uppvärmning av ett traditionellt byggt småhus av standardstorlek i Sverige idag, ligger den på i medeltal 33 138 kr/år för elvärme, 23 153 kr/år för värmepump och 21 720 kr/år för fjärrvärme (Statens Energimyndighet, *Uppvärmning i Sverige 2007*, s. 96).

Omsluten elslinga

Denna teknik innebär att en böjbar värmealstrande elslinga täcks med något omslutande och värmeledande material. Ett exempel från Rettig Sweden AB:s produktsortiment är gjutgranitelementen där en elslinga har gjutits in i ett polymeriskt material som utgör den huvudsakliga resterande delen av elementet. Elslingor används också i handdukstorkar. Uppvärmningsförmågan är för denna radiator sämre än för ett traditionellt oljefyllt element, men de estetiska och utformningsmässiga möjligheterna är stora.

Vattenfyllda system

Vattenburen elvärme baseras på ett rörsystem i huset där vatten som värms upp av till exempel en elpatron eller elpanna pumpas runt med hjälp av en cirkulationspump. Vattensystemet kan också ha andra värmekällor till exempel en oljepanna eller en pelletspanna som värmer upp vattnet. Vattnet bör skyddas mot frysning och det finns en risk för luftbubblor i systemet. Vattnet som värmts upp, värmer sedan radiatorerna och sedan luften i huset. Vattnet kan också ledas runt i slingor i golvet (Statens energimyndighet, *Elvärme*).

Vill man gå över till ett vattenfyllt system från till exempel direktverkande el står man inför stora investeringskostnader då huset inte har ett färdigt rörsystem för vattencirkulation, men har under driftstiden lägre uppvärmningskostnader per år för ett vattenfyllt system (Klintman, Mårtensson, & med Johansson 2003, s. 82).

2.8 Hållbarhetsaspekter

Definitionen av uthållig utveckling lyder enligt Bruntlandkommissionen (Sundqvist, G. 2003, s. 51) *”en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationer att tillfredsställa sina behov”*. För att detta ska vara möjligt så måste uthållig utveckling innefatta flera olika dimensioner så som ekonomiska, sociala, demokratiska, etiska samt ekologiska.

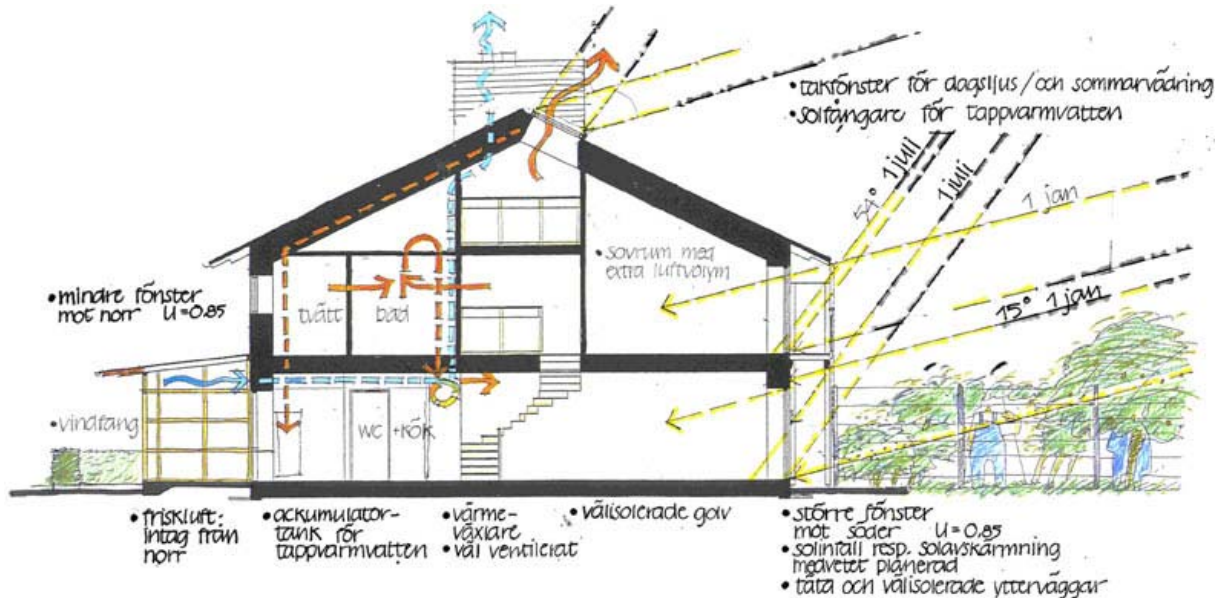
Som en följd av miljöförstöringen har designriktningar som grön design, ekodesign och hållbar design uppkommit. Definitionen av hållbar design är en vidareutveckling av definitionen av hållbar utveckling och lyder ”teorier och metoder för design som baseras på ekologiska, ekonomiska och kulturella betingelser som främjar mänsklig välfärd i obegränsad tid” (Thorpe, A. 2008, s. 21).

En grupp som kallar sig för Det naturliga steget, bestående av vetenskapsmän och läkare, har i under fyra punkter diskuterat fram svaret på ”Under vilka omständigheter skulle vi kunna ha ett hållbart system?” (Thorpe, A. 2008, s.40). Villkoren som måste uppfyllas för att detta ska var möjligt lyder som följer:

1. Material från berggrunden (litosfären) får inte tillåtas att systematiskt öka i naturen.
2. Av samhället producerade substanser som inte går att bryta ned får inte systematiskt öka i naturen.
3. Den fysiska basen för jordens produktiva naturliga kretslopp och biologiska mångfald får inte systematiskt förstöras.
4. Det måste finnas en rättvis och effektiv användning av resurser för att möta mänskliga behov.

2.9 Vad är ett passivhus?

Passivhus är en byggnadstyp som ursprungligen kommer från Tyskland. Dessa har ett energibehov som endast är en fjärdedel av behovet för ett traditionellt hus. Behovet av energi för uppvärmning kan i passivhus vara så lågt som en tiondel av behovet i ett traditionellt hus (Passivhus Norden 2009, Feist, Dr. Wolfgang 2008). Detta åstadkoms genom mycket god isolering samt att frånluftsvärmen i ventilationen tillvaratas genom en värmeväxlare som värmer upp inkommande luft. Stigande energipriser gör det allt mer lönsamt men även tryggt att äga ett passivhus, (NCC, *Passivhus – en aktiv*



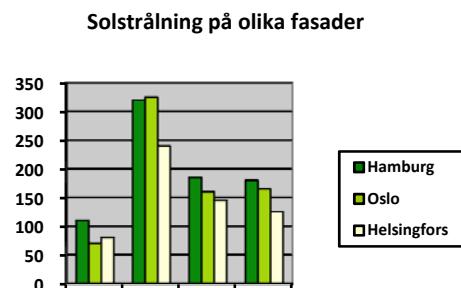
Figur 1 Skiss över Lindåshuset i genomskärning. Används med tillstånd av Hans Grönlind, EFEM arkitektkontor.

insats för en bättre miljö 2008-2009) och framför allt tjänar miljön på energieffektiva hus. Väggarna i ett passivhus är cirka 60 cm tjocka jämfört med ett vanligt hus vars väggar är cirka 30 cm tjocka (Eikeland, 2008). Definitionen av vad ett passivhus är bygger på en minimering av värmeförlusterna i husbygget samt att spillvärme från tekniska apparater och värme alstrad från de boende i huset tillvaratas (Passivhuscentrum, *Mer om passivhus* 2009).

Utformning

Viktigt är den arkitektoniska utformningen där hänsyn till exempel tas till solinstrålning under de olika årstiderna, storleken på fönster och placering av huset med tanke på väderstreck. Takskäggen dras ut för att avskärma stark solinstrålning på sommaren, men tillåta vinterhalvårets lågt stående sol att lysa in.

Figur 2 redovisar solinstrålning (kWh/m²) för olika fasader och städer. Att ha fönster mot söder ger betydligt mer instrålningseffekt (Klinski & Halleraker, 2008).



Figur 2 Solstrålning på olika fasader (Klinski & Halleraker, 2008)

Tak, väggar, golv och fönster samt ytterdörr ska alla ha så låg värmegenomgångskoefficient som möjligt. Som ett exempel har passivhusen i Värnamo följande värden (Wall & Janson, 2008):

Golvet på undervåningen (grund ej inräknat):	0,09
Ytterväggar:	0,10
Tak:	0,07
Fönster (medelvärde):	0,94
Ytterdörr:	0,60

Det är också viktigt att ljudalstringen från ventilationssystemet inte överskrider rekommenderade riktvärden för boende (Boverket, *BBR Bullerskydd* 2008). Värden från passivhusen i Värnamo visar följande:

Sovrum, vardagsrum	19,0, 19,0, 22,8 och 23,0 dB	Maxvärde: 26 dB
Köket	26,9 dB	Maxvärde: 35 dB
Badrum	31,4 och 34,9	Maxvärde: 35 dB
Hall	35,1 dB	Maxvärde: 35 dB

Uppvärmning av huset sker med hjälp av spillvärme från elektriska produkter i hemmet, människorna i huset samt solinstrålning. Ofta finns det ett värmebatteri installerat i värmeväxlaren på cirka 900W som värmer upp tilluften extra vid behov. Många passivhus har även solfångare för att värma upp varmvatten under sommarhalvåret och använder eldriven varmvattenberedare under vintern. Det finns även exempel på lösningar med värmepumpar som både värmer vattnet och huset. Gemensamt för passivhus är den goda luftkvaliteten på grund av husens effektiva ventilationssystem som ständigt byter ut luften i huset mot ny luft utifrån. (Passivhuscentrum, *Mer om passivhus* 2009).

Kravspecifikation för passivhus

En kravspecifikation för passivhus har tagits fram av Forum för energieffektiva bostäder. Denna säger att för den södra av de två klimatzonerna som Sveriges delas in i, får den tillförda effekten för uppvärmning högst uppgå till 10 W/m². För fristående villor eller parhus tillåts ytterligare 2 W/m², så sammanlagt blir det 12 W/m² (*Kravspecifikation för passivhus i Sverige* 2008)

Klimatzon söder:

Effektkrav: $P_{\max} = 10 \text{ W/m}^2$

Klimatzon norr:

Effektkrav: $P_{\max} = 14 \text{ W/m}^2$

Bostadshus mindre än 200 m²:

För fristående byggnader det vill säga, villor eller parhus, mindre än 200 m² är effektkravet med hänsyn tagen till aktuell klimatzon enligt nedan.

Effektkrav: $P_{\max 200} = P_{\max} + 2 \text{ W/m}^2$

Kartläggning av befintliga passivhus

Passivhusdefinitionen myntades år 1988 av Dr. Wolfgang Feist. Han arbetade redan i början av 70-talet med begreppet tillsammans med den svenska professorn Bo Adamsson (Ringman, 2005). Under 1990-talet utvecklade Feist idén med passivhus i Tyskland, där det första passivhuset byggdes i Darmstadt 1990 och Passiv Haus Institut grundades 1996 (Feist, Dr. Wolfgang, 2006).

Fem år senare, 2001, byggdes de första 20 bostäderna som enligt definitionen i Sverige räknas som passivhus, i Lindås söder om Göteborg (Passivhuscentrum, *Frågor och svar om passivhus*).

Sedan 1990 har flera passivhus byggts i Tyskland. Bland annat i Wiesbaden 1997; radhuslänga med 22 lägenheter, i Köln 1998; fem enfamiljshus, i Hamburg 2003; ett 11-våningshus byggt för en bostadsrättsförening. I nuläget är Tyskland det land som har flest antal byggda passivhus i världen: cirka 15 000 (Feist, Dr. Wolfgang, 2007).

Det första danska passivhusprojektet bestående av ett litet hyreshus med 8 lägenheter färdigställdes 2006 i Naestved tio mil söder om Köpenhamn (Pedersen, 2008). Hittills har 149 passivhus byggts i Danmark, däribland ett flertal privatägda villor men också studentbostäder och hyreshus (Passivhus.dk 2006).

I Japan byggde man som sitt första passivhus ett äldreboende 2006. I Norge byggdes 80 parhus med passivhusteknik under 2007 i Trondheim (Borglund, Ann-Sofie, 2007). Det första passivhusbygget i Norge som faktiskt följer den tyska passivhusnormen från Passiv Haus Institut påbörjades först under 2006. Detta är en viktig aspekt då Norge inte har någon egen passivhusstandard, den norska passivhusstandarderna beräknas vara färdigställd under 2009 (Klinski & Halleraker, 2008). Det finns alltså olika meningar om vad ett passivhus är beroende på vilken standard de följer.

Österrike har infört generella krav i delar av landet för framtida nybyggnation enligt passivhusstandarderna och EU har som mål att få fram en strategi angående framtida passivhusstandard vid nybyggnation under hösten 2008 (Byggfakta Projektnytt, 2007). I Österrike gäller de generella kraven främst kommunala byggnader, 2007 byggdes där 115 nya kommunala passivhusenheter (Gunnarsson, 2007). Passivhuscentrum i Sverige anger att en passivhusstandard, som generell byggnorm i framtiden, tidigast kommer att införas i Sverige om fem år. EU beräknar att standarderna kommer införas några år senare, mellan 2015-16 (Passivhuscentrum, *Frågor och svar om passivhus*).

En kravlista för hur ett passivhus ska byggas i Sverige och vad det är, har senast utarbetats 2008 av Energieffektiva bostäder på uppdrag av Energimyndigheten. I Sverige finns idag cirka 200 hyreslägenheter och radhus, samt ett tiotal enfamiljshus och några få skolor och badhus, som är byggda enligt denna standard (Passivhuscentrum, *Marknaden för passivhus/ Passivhus i Sverige*).

Av de länder i Europa som har tillämpat passivhusprinciperna ligger Tyskland och Österrike längst fram i utvecklingen. Belgien, Norge, Schweiz och Sverige ligger steget efter och befinner sig i början av utvecklingsfasen. I Polen, Danmark och Nederländerna är passivhusbyggen fortfarande något nytt och dessa länder ligger i introduktionsfasen för passivhusstandarderna (Mlecznik, 2007).

3 Projektteori

Här beskrivs grundläggande teori om hur produktutvecklingsprocessen generellt sett är uppbyggd samt vad som menas med en produkts målgrupp.

3.1 Produktutvecklingsprocessen

I produktutvecklingssammanhang talar man idag om design- eller konstruktionsprocesser beroende på yrkesslag. De båda processerna är uppbyggda på samma grundläggande princip och har varit så sedan designprocessbegreppet började utvecklas under femtiotalet. Ingenjörer och arkitekters arbetsätt antogs då alltmer av designers och de gick från att bara arbeta intuitivt och personorienterat, till att följa specifika, systematiska arbetssteg. Hela arbetet gick från att var en enda kreativ process till att delas in i faser och att dokumenteras på ett rationellt sätt (Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D, 2004). Detta var inledningen på den förvandling som lett till att dagens designingenjörer och industridesigners arbetar på ett mer problem- och systemorienterat vis. De arbetar med en systematisk problembehandling, den så kallade designprocessen.

Då man ser på design och konstruktion som ett problem som ska lösas delas arbetsgången upp i olika steg. Genom den enklaste formen av uppdelningen kan det, enligt Johannesson, Persson & Pettersson (s.398), se ut så här:

- Definiera problemet
- Undersöka problemet
- Lösa problemet

Parallellt under hela arbetet ska arbetsgången och de delsteg man tar genom hela processen dokumenteras. Processen kan ha vitt skilda utseenden beroende på arbetets natur, men utgående från ovanstående gäller det att först att definiera och formulera det grundläggande problemet.

Ett problem kan vara av skiftande natur. Det kan till exempel vara både slutet och styrt med en rätt lösning - eller öppet och skapande med flera acceptabla lösningar. Ett viktigt första steg är att konkretisera problemet, samtidigt som det är farligt att styra arbetet för mycket – det är viktigt att skapa utrymme för nytänkande och nya lösningar! (sid. 399)

Genom att gå vidare och undersöka problemet kommer vi till problemets kärna: hur ser dess bakgrund, nuläge och framtida position ut? (s. 404) Det är här som arbetsgruppen ska komma fram till den lista på krav, önskemål och definitioner som problemet ger och som sedan ska definiera en lösning (s. 405). Det är för att komma fram till dessa slutsatser och utvärderingar av problemet som man tillämpar en mängd metoder, vilka beskrivs närmre i kapitel 4 Metoder, i denna rapport.

För att slutligen kunna lösa problemet analyserar man det material som framkommit i undersökningsdelen av arbetet. Utifrån den kunskap som detta ger gäller det att framkalla en mängd ideér som i sin tur kan leda till andra, bättre ideér och så vidare. Målet är att komma fram till ett flertal tänkbara lösningar som sedan sällas och vidareutvecklas för att till slut leda till den optimala lösningen. Lösningförslag ska, då de slutligen appliceras på problemet, kunna uppfylla den kravlista som uppkommit, då detta följaktligen löser själva huvudproblemet (s. 424).

Gruppens övergripande arbete har följt denna designprocess med följande detaljerade processteg inlagda. Stegen har i det praktiska arbetet genomförts överlappande.

- Projektplanering
- Definiering av problem: uppgift, målgrupp, marknad
- Insamling av data
- Undersökning av problem: analys av data
- Framtagning av behov och önskemål
- Problemlösning: Idégenerering och konceptframtagning
- Konceptval
- Visualisering
- Validering

Projektets processplan, *figur 3*, beskriver på ett mer konkret sätt hur vi har arbetat med dessa steg i olika faser.

3.2 Målgrupp

Det finns en mängd intressenter som har eller kommer att ha synpunkter på produkten och även kommer att beröras av den under dess livstid. Dessa intressenter kallas för produktens målgrupp och kan vara till exempel kunder, konkurrenter, leverantörer, installatörer, finansiärer och myndigheter (Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D. 2004, s.112). Det är av yttersta vikt att man kan identifiera målgruppen för att senare kunna utföra brukarstudier och i förlängningen lösa de problem som identifierats.

Hur identifierar man då målgruppen för ett projekt? Företaget som vill få ett problem löst har ofta god kännedom om marknaden och konkurrenterna på denna. Marknadsgruppen på företaget som gett uppdraget har ofta en stor kunskap även om vilka kunderna är och kan ha tidigare gjorda kundenkäter att tillgå. Om man ger sig in i ett för företaget okänt marknadsområde kan en bild av målgrupperna fås genom intervjuer, studiebesök och andra typer av undersökningar. Det kan dock vara svårt att få ut alla de synpunkter som olika intressenter i målgruppen har (s. 113).

Användarna är de som innehar en stor kunskap om problemet och den produkt som ska analyseras. Genom intervjuer, observationer och studiebesök inhämtas fakta som bidrar till ge en uppfattning om vilka de verkliga användarna är. För mer information om vilka metoder som kan användas se avsnitt 4.2 Insamling av fakta.

4 Metoder

Nedan beskrivs i korta drag hur alla metoder som använts i detta projekt fungerar.

4.1 Projektplanering

Gantt-schema

I projektplaneringen användes ett Gantt-schema. Detta är ett sätt att schematiska planera arbetet med projekts delmål och faser längs en tidsaxel, vilka moment som ska genomföras när och under hur lång tid. Detta redovisas med olika fält som representerar olika moment. I detta schema kan även ansvarsområden inom gruppen redovisas (Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D. 2004, s. 581).

4.2 Insamling av data/information

Insamling av data och information genomfördes med flera olika metoder beskrivna nedan.

Frågebaserade metoder

Frågebaserade metoder innefattar intervjuer och enkäter. De används bland annat för att få en uppfattning om användarens beteende och attityder. De frågebaserade metoderna kan vara allt från väl strukturerade till helt ostrukturerade i sitt upplägg, beroende på vad det är man som undersökare önskar ta reda på. I detta projekt genomfördes intervjuer.

Intervjuer

Informationsinsamling om passivhus, dess uppvärmning och de boende skedde bland annat genom studiebesök och intervjuer. Det finns olika typer av intervjuer: personliga intervjuer, telefonintervjuer och gruppintervjuer. Vi valde att genomföra personliga intervjuer samt telefonintervjuer.

En intervju innebär att ett antal frågor ställs muntligt till en intervjuperson och att svaren registreras. Vi genomförde ostrukturerade intervjuer, där intervjuare och intervjuperson diskuterar relativt fritt kring ett ämne. Oftast finns en lista över frågeområden som man vill ta upp under intervjuens gång. I den ostrukturerade intervjun kan intervjupersonen ges möjlighet att uttrycka sig fritt kring ett ämne. På så vis ger den ostrukturerade intervjun större möjlighet att gå djupare på önskade frågor. Resultatet kan vara alltifrån fullständiga utskrifter av samtliga intervjuer till en sammanfattad bild av intervjuresultaten. Vi valde att transkribera svaren för att sen försöka skapa en sammanfattad bild (I. C. MariAnne Karlsson).

Observationsbaserade metoder

Observationen kan ske genom att undersökaren agerar observatör eller så kan olika tekniska hjälpmedel användas för att registrera till exempel beteenden hos individer. I projektet genomfördes studiebesök där några observerande metoder användes. Vi använde direkt observation som går ut på att observatören observerar utan att delta. Vi använde även deltagande observation som går ut på att observatören är delaktig och kan till exempel ställa frågor. En fördel som observationsmetoderna har är att man inte blir beroende av intervjupersonens vilja eller ovilja att svara på frågor och därför är dessa metoder ett bra komplement till intervjuer (I. C. MariAnne Karlsson).

Litteraturstudier

Relevant information samlas genom aktivt sökande bland elektronisk och/eller tryckt litteratur på ämnet. Man bör vara källkritisk och inte se all litteratur som fakta.

4.3 Analys av data/information

Efter insamling av informationen analyserades den. För att kunna göra detta måste informationen struktureras och göras överskådlig på något sätt, detta gjordes med hjälp av en KJ-analys. Struktureringen följs av en diskussion för att ta fram behov och önskemål ur den insamlade datan/informationen.

KJ-analys

Genom att genomföra en KJ-analys kan man snabbt få en överblick över en stor mängd information som man samlat in vid användarstudier och liknande. Metoden kan alltså med fördel användas för att strukturera verbal information. Den går övergripande till så att uttryckta behov och kommentarer från de boende eller experter som intervjuats, transkriberas ner på Post-It lappar eller liknande. Kommentarer skrivs ner obearbetade i samma form som de uttalats från personerna i fråga för att inte ge missvisande information och endast en kommentar skrivs per lapp. Alla lappar placeras först utan ordning på ett större papper, sedan plockar man lappar från denna samling. Den första lappen sätts mitt på pappret och sedan plockar man lapparna en efter en. Lapparna sätts sedan i grupper efter gemensamma ämnen som kommentarerna handlar om. När alla lappar är slut har man samlat dem i olika kategorier som kan vara till exempel: temperatur i olika rum, ljud, egna förslag eller liknande (Metodappendix).

4.4 Kriteriebedömning

De uppgifter som samlats in och analyserats utifrån problemet kan sammanfattas som kriterier som anges i en lista. Dessa delas sedan i behov och önskemål, där behov är en definition som innebär att dessa kriterier inte kan bortses ifrån, de måste alltid vara helt uppfyllda. Önskemål är samtidigt kriterier som kan vara mer eller mindre uppfyllda. Behov som går att mäta kan översättas till krav, detta görs ofta senare i arbetsprocessen.

Olika konstruktionslösningar som samtliga gått vidare vid urval, på grund av att de uppfyller alla behov kan således uppfylla de olika önskemålen på helt olika sätt eller olika väl. Därmed finns utrymme att utvärdera de olika lösningarna efter de önskemål som uppkommit genom att vikta önskemålen efter en lämplig skala. Till exempel kan en skala från 1-5 användas där 1 motsvarar mindre viktigt önskemål och 5 motsvarar ett önskemål av högre vikt. Då man sedan jämför en lösning mot dessa önskemål kan lösningarna också viktas efter hur väl de uppfyller dessa. Beroende på önskemålets vikt och uppfyllelsegraden får de olika lösningarna sedan olika betyg. Det exempel på kriteriebedömning som vi delvis följt beskrivs av Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D på sidan 437.

4.5 Idégenerering

Idégenerering kan ske på flera olika vis. I detta projekt har vi valt att använda oss av Brainstorming, katalogmetoden och Osborns idésporrar.

Brainstormingsession

En brainstormingsession är till för att stimulera gruppens kreativitet. Alla deltagare måste i förväg informeras om vilka problem som skall lösas och alla bör vara överens om reglerna för sessionen. Man bör ha en förutbestämd tid för sessionen, max 60 min. Under sessionen bör man sträva efter många idéer, dessa får sedan minskas i antal först efter att sessionen har avslutats. Kritik är helt förbjudet under sessionen. Uppkomna lösningar får klassificeras och bearbetas först efter att sessionen är klar (Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D 2004, s. 126).

Katalogmetoden

Katalogmetoden är en enkel metod för stöd i kreativt tänkande. Metoden går ut på att man söker information och inspiration i litteratur, kataloger via internet med mera. Detta kan ske systematiskt då man undersöker hur andra löst aktuella problem eller liknande problem eller så kan man ostrukturerat söka inspiration och idéer (Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D 2004, s. 432).

Osborns idésporrar

Denna metod består av ett antal utarbetade och formulerade frågor som kan användas på det redan framtagna idématerial, med fördel vid individuellt skapande. Man ställer en fråga i taget angående problemet eller förslaget. Förslag på frågor som kan användas: Förstora?, Förminska?, Ersätta?, Omplacera?, Göra tvärtom?, Kombinera? och Andra användningar? (Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D 2004, s. 433).

4.6 Utvärdering av koncept

För att kunna utvärdera vilka koncept man ska gå vidare med och utveckla mer kan man använda en mängd olika utvärderingsmatriser. Vi valde att jobba med Elimineringmatriser, Pughmatriser och För- och nackdelmatriser. Konceptval gjordes sedan utifrån dessa utvärderingsmetoder, diskussioner inom gruppen samt med det beställande företaget, Rettig Sweden AB.

Elimineringsmatris

I Elimineringmatrisen ställer man upp de olika lösningarna mot framtagna krav, behov eller önskemål. Om något av lösningsalternativen inte uppfyller ett krav eller behov utesluts denna lösning helt medan de lösningar som uppfyller alla krav och behov går vidare till nästa steg i urvalsprocessen. För att ytterligare separera lösningarna genom hur väl de uppfyller de olika kraven, behoven och önskemålen kan man även välja att vikta lösningsalternativets grad av uppfyllnad för respektive krav, behov och önskemål, samt vikta hur viktigt varje önskemål är. Denna typ av viktning ger en totalsumma för varje lösning och kan användas som beslutsunderlag för bedömning av olika koncept (Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D, 2004, kap. 5).

Pughmatris

Pugh är en relativ beslutsmatris. En lösning får vara referenslösning och de andra lösningarna jämförs med denna för varje uppsatt krav, behov eller önskemål. Om det finns många lösningsalternativ kan denna matris behöva användas flera gånger med olika referenslösningar för att få fram ett bra beslutsunderlag (Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D, 2004, kap. 5).

För- och nackdelsmatris

I för- och nackdelsmatrisen listas varje lösning och sedan markeras alla för- respektive nackdelar med de olika lösningarna. Alla fördelar ger ett plus och alla nackdelar ett minus, för att utvärdera lösningen räknas resultatet samman och ger därmed ett beslutsunderlag. Den lösning som är mest positiv är alltså mest fördelaktig. Olika för- och nackdelar kan också rangordnas, beroende på hur avgörande de är.

4.7 Konceptval

Innan projektet går från en delfas till nästa är det viktigt att smalna av mängden information/antalet koncept. För att genomföra dessa avsmalningar utvärderas koncepten med de ovan angivna utvärderingsmatriserna. Detta ger ett beslutsunderlag för val av koncept och vidare arbete.

4.8 Visualisering

Visualiseringstekniker används för att producera och visa upp bilder av konceptet/produkten som arbetats fram. Alias Studiotools är det ytmodelleringsprogram som primärt används av studenterna på Teknisk design under grundutbildningen för datorstödd modellering. CATIA är ett solidmodelleringsprogram som också används under grundutbildningens senare del. Genom enkla skissmodeller kan man också lätt visa idéer på ett snabbt sätt. Presentationsskisser kan presentera mer utarbetat och detaljerat material för arbetsgivare och beställare, dessa används ofta tillsammans med renderingar från Alias eller CATIA för att visa slutkoncept.

5 Genomförande

Projektuppgiften var ett så kallat öppet problem, vilket innebär att det kan finnas många olika lösningar. Då dessa bör arbetas fram genom tillämpning av vedertagna metoder för att inte riskera att förbise eventuella viktiga lösningar, var det därför av stor vikt att inte rusa rakt in i en kreativitetsfas för att försöka generera lösningar, utan att först bilda en stabil grund att stå på. Detta tillsammans med det för gruppmedlemmarna relativt nya begreppet passivhus, krävde att vi bildade oss en god uppfattning om de olika begreppen, kraven och begränsningarna som ämnet innebar. Omfattande förstudier krävdes därför både vad gäller faktainsamling och intervjuer. Materialinsamlingen var nödvändig för att få fram behov och önskemål och därmed hitta rätt teknik, utformning och placering av den kompletterande värmekällan.

Som illustreras i processplanen i figur 3, bestod projektets process av flera parallella flöden av aktiviteter. Planering, Faktainsamling, Dokumentering pågick under hela processen parallellt med Huvudprocessen. Huvudprocessen bestod av fyra faser: Behovsidentifiering, Övergripande lösningar, Konceptlösningar och Slutliga lösningar. Första fasen, Behovsidentifiering, resulterade i ett antal behov och önskemål. Andra fasen, Övergripande lösningar, resulterade val av teknik samt en ny nivå av kravsättning, Behov och önskemål version 2 som delades upp för styrenheten respektive värmeenheten. Tredje fasen, Konceptlösningar, genererade ett valt koncept för värmeenheten samt flera olika koncept för styrenheten samt en ytterligare nivå av kravsättning, Slutlig kravspekifikation. Den fjärde och sista fasen, Slutliga lösningar, genererade en slutlig lösning. Dessa fyra faser är en utveckling från de olika steg som redovisades under avsnittet Projektteori.

De fyra huvudfaserna i arbetet fungerade som trattar för att smalna av arbetet och därmed effektivt kunna komma vidare i arbetet. I början av varje huvudfas samlades mycket information och idéer. Dessa utvecklades och utvärderades för att sedan kunna genomföra ett val av lösning att gå vidare med i nästa huvudfas, samt för att ge initiala behov och sen öka graden av kravsättning till nästa huvudfas. Ökningen av kravsättningsnivåer gjordes parallellt med det ingående informationsflödet, företagskrav och utvärderingar. Detta har medfört flera nivåer av krav vilka illustreras i figur 3. Gruppen har även valt att arbeta med flera nivåer av design: övergripande lösning, valt koncept och slutlig lösning vilka är kopplade till nivåerna av kravsättning, så som illustreras i figur 3. Detta arbetssätt gav tydliga processflöden och steg som kunde leda projektet från Behovsidentifiering till en väl motiverad slutlig lösning.

5.1 Planering

I projektets inledande fas upprättade gruppen ett Gantt-schema för att planera in projektets olika delmoment och faser, se bilaga 1, Gantt-schema. Detta gjordes för att få en tydlig överblick över projektets alla delar och hur arbetet skulle fördelas på de veckor som fanns till förfogande. I denna planerades även vem i gruppen som skulle vara projektledare under vilken period. Gruppen beslutade även att sätta upp en egen projektplan med stöd från modeller som vår handledare rekommenderade, se figur 3. Denna användes för att skapa en bra och tydlig process och leda till ett effektivt och strukturerat arbete. Projektplanen kompletterades och uppdaterades när ny information tillkom under arbetets gång. Detta projekt har varit framtungt med ett stort initialt arbete för att få fram ett relevant och djupt informationsunderlag att stå på.

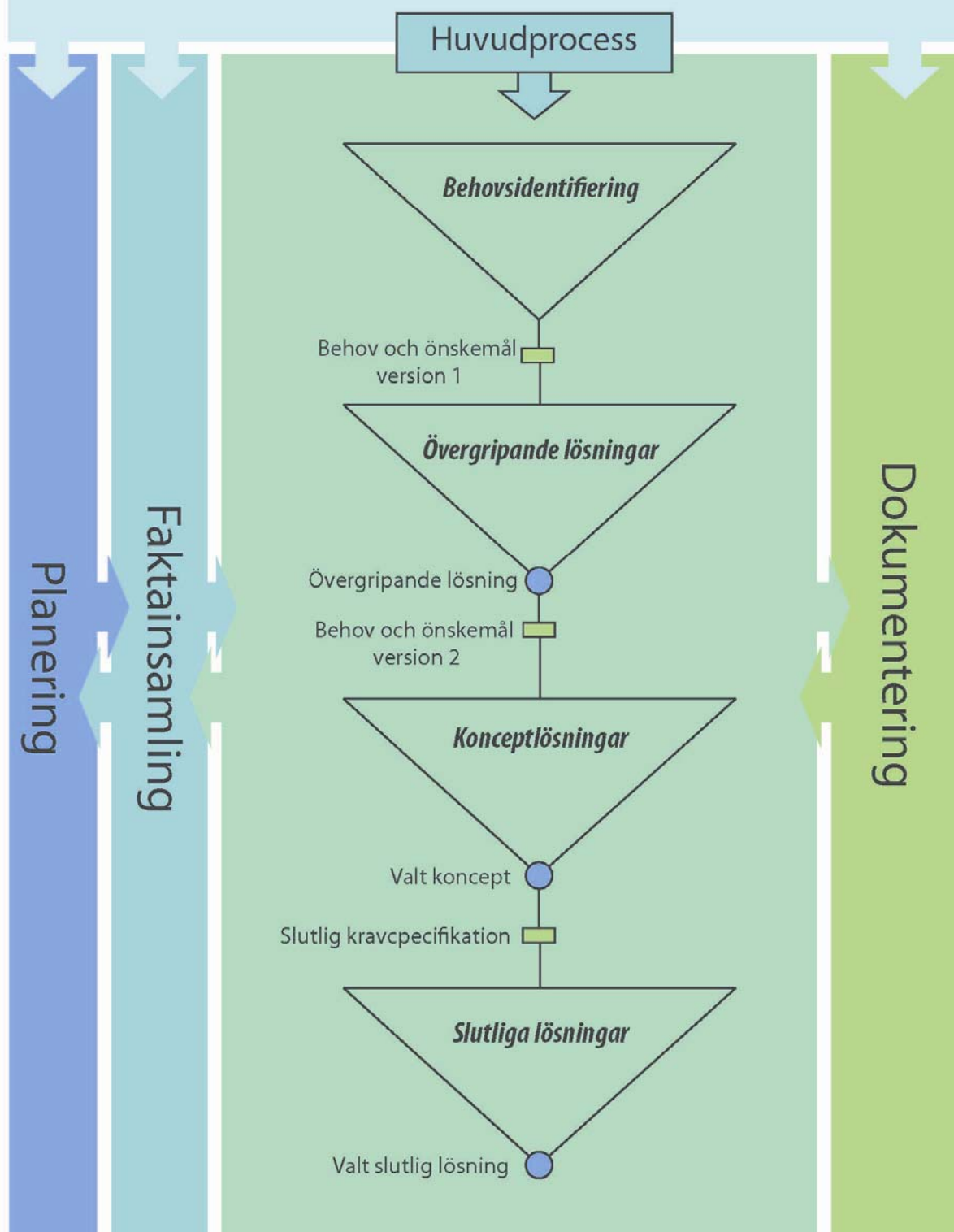
5.2 Faktainsamling

För att få fram bra fakta och en god kunskapsgrund att basera val och analyser på i arbetet, samlades mycket information om passivhus, uppvärmning och komfort. Detta arbete var omfattande i början av projektet då gruppens kunskap inom området var liten. Denna insamling har pågått under hela arbetet för att fördjupa gruppens kunskap.

5.3 Dokumentering

All den information som samlades under arbetes gång och de slutsatser som drogs, dokumenterades fortlöpande under arbetet. Detta för att bevara viktig information och dess källor samt för att underlätta skrivandet av denna rapport.

Processplan



Figur 3 Processplan.

5.4 Behovsidentifiering

Rettig Sweden AB hade under tiden innan projektet påbörjades gjort vissa efterforskningar inom ämnet passivhus och om det fanns ett behov av en kompletterande värmekälla. De trodde att ett sådant behov fanns, men hade vid projektets start inte gjort några användarundersökningar eller liknande för att bekräfta dessa uppgifter. De hade en aning om vad som var möjligt och att deras produkter kunde anpassas till denna marknad. Behovsidentifieringen och informationsinsamlingen var således fundament i det här projektet.

I den inledande fasen av arbetet hade gruppen liten kunskap och fakta om det som hela projektet baserades på: passivhusen, dess marknad och de som bor där. För att få denna information var det naturligt att ta sig ut till olika passivhus för att träffa de boende samt kunniga personer inom området. Behovsidentifieringen genomfördes genom studiebesök och intervjuer, och med hjälp av KJ-analys grupperades resultaten för att ge en överblick över den insamlade informationen. Dessa steg tillsammans med den parallella fasen faktainsamling gjordes analyser vilket resulterade i en första nivå av kravsättning, behov.

5.4.1 Intervjuer

Vi intervjuade de boende i passivhusen under flera av studiebesöken. Dessutom genomfördes några telefonintervjuer. Detta gjordes för att ta reda på hur de boende tycker att passivhusen fungerar idag, få en bild av hur uppvärmningen fungerar och för att se vilka behov som finns. Intervjuerna var förberedda med frågor som ställdes till alla de intervjuade. Detta för att samma frågor skulle ställas vid alla intervjuer, att alla frågor skulle fås med samt att inga viktiga detaljer skulle missas. Intervjuerna spelades in för att kunna transkriberas och för att minska vidden av tolkningar av svar samt för att minska risken att missa viktiga detaljer. På så vis kunde även svar sammanställas och lättare jämföras.

Följande intervjuer genomfördes:

Radhusboende i Lindås utanför Göteborg.

Hamnhuset i Sannegårdshamnen, Göteborg.

Villa Malmberg i Lidköping.

Vi har även gjort telefonintervjuer med:

Andreas Granbäck bor i fristående villa i Sollentuna. Huset värmekompletteras med en luft- till vattenvärmepump.

Erik Westholm i Falun, fristående villa: Huset har en vedkamin samt ett värmebatteri i ventilationssystemet för värmekomplettering.

5.4.2 Studiebesök

Ett antal studiebesök genomfördes för att ta reda på hur passivhusen fungerar idag och få en bild av hur uppvärmningen fungerar.

Vi besökte följande:

Villa Malmberg i utkanten av Lidköping. Ett fristående hus på cirka 170 kvm, som är ansluten till ett fjärrvärmenät.

Radhusboende i Lindås utanför Göteborg. Här besökte vi två stycken bostäder. Husen har ett centralvärmesystem med elpatron.

Hamnhuset i Sannegårdshamnen, Göteborg. Flerbostadshus kopplat till fjärrvärmenätet samt individuell elpatron i luftintaget.

Brogården i Alingsås. Flerbostadshus kopplat till fjärrvärmenätet. Varje lägenhet är utrustad med en egen värmeväxlare för separat mätning av värmeförseln.

Studiebesöken dokumenterades med filmkamera och bilder samt kortare anteckningar. För att få med alla frågor och inte missa viktiga iakttagelser samt att få en känsla av boendet, var alltid två eller fler personer från gruppen med på besöken.

5.4.3 Beskrivning av målgrupper.

Utifrån den information som samlades in med hjälp av de fråge- och observationsbaserade metoderna, med fokus på passivhusens utseende, de boendes livsstil och miljöengagemang, kunde de boende delas upp i två generaliserade grupper som skulle komma att bli målgrupper för projektet. För att få en tydlig bild av målgrupperna och kunna använda dem i det fortsatta arbetet förklarar de med Imageboard och Expressionboard samt med en tillhörande text, där Imageboarden beskriver målgruppen och dess vardagliga liv och där Expressionboarden beskriver ett uttryck som tilltalar målgruppen.

5.4.4 Tidigare studier om klimatkomfort i passivhus

Litteraturstudier genomfördes på tidigare skrivna rapporter om klimatkomfort och energisnåla hus. Detta för att få en uppfattning om tidigare intervjuer inom ämnet visade på samma saker som våra egna intervjuer.

5.4.5 Behov och önskemål version 1

För att få en överblick av den information vi samlat in genom intervjuer och studiebesök gjordes en KJ-analys. Detta medförde att vi fick en god uppfattning om olika problemområden och hur betydelsefulla de var. Resultatet diskuterades inom gruppen i syfte att identifiera behov och önskemål samt generera en lista över dessa. Detta genomfördes för att kunna utvärdera de kommande tekniklösningarna i fasen Övergripande lösningar

5.5 Övergripande lösningar

I denna fas arbetade vi med vilken teknik som skulle användas samt placering och funktion för värmeenheten.

5.5.1 Värmeenhet; teknik

Utifrån behoven och önskemålen uppsatta efter Behovsidentifieringen användes flera idégenereringsmetoder i syfte att hitta flera olika möjliga teknikkoncept. Med de tekniska behoven i fokus använde vi oss av metoden brainstorming och katalogmetoden för att stimulera gruppens kreativitet och få inspiration och idéer från andra lösningar på marknaden. Idéer vidareutvecklades till teknikkoncept för att kunna utvärderas.

Vi använde en koncepttratt för att smalna av bredden av koncepten genom att använda flera olika utvärderingsmatriser. Teknikkoncepten kontrollerades mot uppsatta behov i en Elimineringmatris. De koncept som uppfyllde alla behov gick vidare till en viktad Pughmatris för uppsatta behov och en ytterligare Elimineringmatris över uppsatta önskemål. Resultaten från dessa matriser sammanställdes för att få en beslutsgrund för vilket teknikkoncept vi skulle arbeta vidare med. Resultatet från

utvärderingen redovisades för Rettig Sweden AB som gav godkännande att gå vidare med utarbetat teknikkoncept.

5.5.2 Styrenhet; placering och funktion

Först bestämde vi vilken typ av styrenheter som skall finnas och var dessa skulle vara placerade. För att utvärdera de olika förslagen använde vi en för- och nackdelsmatris. Matrisen visade att det skulle finnas en centralenhet och små styrenheter i rummen vilket ledde till att vi skulle bestämma vilka funktioner dessa skall ha och hur de skulle kommunicera. Vi brainstormade då fram olika funktioner och diskuterade i gruppen deras relevans utifrån Behov och önskemål version 1.

5.5.3 Behov och önskemål version 2

Som en följd av de nya resultaten för uppvärmningsenheten kunde listan över behoven och önskemålen från Behovsidentifieringen uppdateras till en ny version, där valet av teknik och styrenhetens placering och funktion har tagits i beaktning. Denna lista delades in i två nya listor, en lista för styrenheten och en för värmeenheten. Detta gjordes för att kunna utvärdera de kommande konceptlösningarna för både styrenheten och värmeenheten mot respektive behov och önskemål under nästa huvudfas, Konceptlösningar.

5.6 Konceptlösningar

I denna fas arbetade vi på ett lite större djup med lösningar för värmeenheten samt att vi tog fram lösningar för styrenheten

5.6.1 Värmeenhet, placering och utformning

Under hela projektets gång har vi arbetat kontinuerligt med möjliga utformningar och placering av värmeenheten, detta för att ta vara på alla idéer. Vi har använt oss av metoden brainstorming, katalogmetoden och Osborns idésporrar för att stimulera gruppens kreativitet, få inspiration och idéer från andra lösningar på marknaden samt för att förbättra redan framtaget idématerial.

De framtagna koncepten illustrerades i skisser för att tydliggöra dessas placering och utformning. Ett första steg i utvärderingen av koncepten var att ta fram dess för- och nackdelar, vilka sedan redovisades för Rettig Sweden AB så att en diskussion mellan gruppen och företaget kunde föras. Bland annat de uppsatta behoven och önskemålen samt konceptens kompatibilitet med målgrupperna diskuterades. Diskussionen avslutades med att Rettig Sweden AB framförde vilket koncept de föredrog i första och i andra hand samt vilka delar av detta koncept de önskade att vi skulle arbeta vidare med.

För att ytterligare utvärdera koncepten användes utvärderingsmatriser. Först användes en viktad elimineringsmatris för de framtagna behoven för värmeenheten och sedan även för önskemålen. De koncept som fanns kvar efter elimineringarna utvärderades ytterligare med för- och nackdelsmetoden för att kunna göra ett bra konceptval. Utvärderingsmatriserna konfirmerade att Rettig Sweden AB:s förstahandsval av koncept bäst uppfyller behoven och önskemålen.

5.6.2 Styrenhet, utformning

Den initiala konceptgenereringen genomfördes utifrån framtagna behov och önskemål för styrenheten. Med de tekniska styrfunktionerna och passivhusens krav och egenskaper i fokus diskuterade och idégenererade gruppen fram flera olika koncept för hur värmeenheterna i ett passivhus skulle kunna styras. Dessa utvärderades med för- och nackdelsmetoden i syfte att kunna välja ett koncept att arbeta vidare med.

Gruppen genomförde diskussioner och brainstorming utifrån framtagna behov och önskemål samt med de tekniska styrfunktionerna och passivhusens krav och egenskaper i fokus. Nödvändiga funktioner för att uppfylla de uppsatta behoven kompletterades i behovs och önskemålslistan. Dessutom användes metoden brainstorming, katalogmetoden samt skissarbete gemensamt i gruppen för att stimulera gruppens kreativitet och få inspiration och idéer från andra lösningar på marknaden i syfte att skapa flera koncept som ytterligare uppfyller behov, önskemål och tilltalar målgrupperna.

De framtagna koncepten illustrerades i skisser för att tydliggöra dess utformning och funktion. Ett första steg i utvärderingen av koncepten var att ta fram dess för- och nackdelar. Skisser på koncepten och dess för- och nackdelar redovisades för Rettig Sweden AB. Koncepten diskuterades gemensamt med företaget och de meddelade att de var nöjda med hur långt vi tagit koncepten för styrenheten och att de inte önskade ytterligare utveckling av koncepten och inte heller slutlig lösning.

5.6.3 Slutlig kravspecifikation

Kravspecifikationen är en sammanställning av de behov och önskemål som har framkommit ur Huvudfaserna och Faktainsamlingsfasen och har fortlöpande uppdaterats utifrån information som tillkommit under arbetets gång. Detta skedde till exempel antingen när Rettig Sweden AB kom med ytterligare krav eller önskemål på de konceptlösningar som redovisats eller när gruppen kom på nya nödvändiga funktioner för värme- eller styrenheten.

5.7 Slutliga lösningar

Eftersom Rettig Sweden AB inte önskade att vi skulle ta koncepten för styrenheten längre än vad som gjorts i fasen Konceptlösningar arbetade vi endast vidare med värmeenheten och dess detaljer.

5.7.1 Värmeenhet, Vidareutveckling av koncept

När teknik-, placering- och utformningskonceptet var bestämt genomförde gruppen en vidareutveckling av den valda konceptlösningen Taklist, till flera olika möjliga varianter. Gruppen diskuterade och skissade gemensamt på varianter av olika lösningar som skulle kunna uppfylla kravspecifikationen samt tilltala målgrupperna vad gäller ytfinish och detaljer. Vi använde återigen idégenereringsmetoderna brainstorming, katalogmetoden och Osborns idésporrar för att stimulera gruppen att skapa flera koncept med tekniska detaljer och utformningsdetaljer. Dessa illustrerades i mer detaljerade skisser för att kunna utvecklas vidare och utvärderas. Utvärderingen skedde sedan genom att beakta för- och nackdelar samt med en avgörande diskussion där gruppen var eniga om vilken slutlig lösning som skulle fungera bäst.

Utvärdering

Den slutliga lösningen för värmeenheten utvärderades mot behoven och önskemålen i den slutliga kravspecifikationen. I denna slutliga utvärdering skiljer vi på de behov och önskemål som redan är teoretiskt uppfyllda och de som kan uppfyllas av den slutliga lösningen när dess detaljer är fastställda, styrenheten är utvecklad och produkten är klar och har testats under en längre tid. Betygsättningen skedde alltså i tre nivåer: 0= inte uppfyllt, 1=uppfylls vid fastställning av detaljer och 2= teoretiskt uppfyllt.

6 Behovsidentifiering

Fram tills nu har det beskrivits hur hela vårt arbete planerades och hur genomförandet för varje del av projektet såg ut. I detta kapitel redovisas resultatet från den inledande fasen av arbetet; Behovsidentifieringen, som innehåller resultat från intervjuer och studiebesök samt en beskrivning av de platser vi besökte. Vidare redovisas vår målgrupp med Imageboards och även det tänkta uttrycket för vår slutliga produkt genom Expressionboards. Här läggs även tidigare gjorda användarstudier i passivhus fram, samt den slutliga lista på behov och önskemål som Behovsidentifieringen gav som resultat.

6.1 Resultat intervjuer

Intervjuerna som genomfördes gav mycket och viktig information till det fortsatta arbetet. Projektgruppen fick insikt i hur det är att bo i ett passivhus, var problemen finns och vad som önskas av en ny produkt för komplementär uppvärmning. Då flera av intervjuerna utfördes på plats i respektive passivhus, upplevde och iakttog även intervjuaren samma saker som den intervjuade, vilket bidrog till ökad förståelse. För sammanställning av de transkriberade intervjuerna, se bilaga 2 och för längre sammanfattning av dessa, se bilaga 3

Nedan redovisas en sammanställning av svar på utvalda frågor som skulle komma att påverka projektgruppens fortsatta arbete.

När vi frågade de boende om varför de valt att bo i ett passivhus fick vi bland annat nedanstående svar:

"Det har alltid varit bra att göra saker som är bra för miljön."

"En slump."

"Jag har varit lite energintresserad jämt "

"Energitätgången är lägre. Driftskostnaden är en stor del."

"Tänkte inte på det."

Dessa svar tillsammans med svaren på resten av intervjufrågorna gav oss slutligen en bild av vilka de passivhusboende var och hur de kunde delas in i två olika huvudgrupper utifrån livsstil och miljöengagemang. Dessa två grupper beskrivs i kapitel 6.3, Beskrivning av målgrupper.

Vi var vid intervjuerna även intresserade av vad de boende ansåg om inomhusklimatet och vilka eventuella problem de upplevde med sitt boende. Kommentarererna nedan handlar om den upplevda klimatkomforten och om huruvida de boende känner något behov av att tillföra extra värme:

"Jag har tofflor på mig till exempel och det behöver man ha på det här golvet tycker jag, det är lite för kallt annars."

"Kaminen behövs."

"Nackdelarna är att det är en oregelbunden temperatur mellan rummen och att det inte finns något att styra det med."

"Nej! Det behövs inget extra."

Sammanfattningsvis verkade de boende nöjda med inomhuskomforten. De flesta använde dock vid behov någon form av värmekomplement utöver det installerade värmeväxlersystem som redan fanns i huset. Vanliga sätt att höja värmen då man upplevde det som för kallt var till exempel att tända värmeljus eller att använda en eldriven kupévärmare. I Lindås hade de intervjuade personerna kompletterat med ett extraelement på nedervåningen, detta hade en hög effekt, var portabelt och drevs med en vanlig elkontakt till eluttaget. I det ena huset hade den boende valt att köpa till en

portabel radiator samtidigt som de i det andra huset fått ett element fast installerat av byggföretaget innan de boende flyttade in. Under besöken i passivhusen såg också gruppen att tilluftsdonen för ventilationen oftast sitter i takhöjd på undervåningen och vid golvet på ovanvåningen. Frånluftsdonen sitter i takhöjd på varierande ställen i husen.

Det var viktigt att få en bild av de boendes önskningsar och idéer om hur ett eventuellt värmekomplement skulle kunna utformas, vad det skulle kunna ha för funktioner samt var det skulle kunna placeras. Viktigt för oss var här att ta reda på vad de boende upplever för problem med de källor för komplementvärme, som de använder idag. Några av de kommentarer vi fick när vi diskuterade denna fråga kan läsas nedan:

"Jag funderar på om man ska ha ett vanligt element eller kanske bara ett diskret rör."

Angående fjärrvärme: *"Men regleringen är väldigt osmidig."*

"Nackdelarna är att det är en oregelbunden temperatur mellan rummen och att det inte finns något att styra det med."

Angående lämplig placering: *"En naturlig placering är ju under fönstren. Jag tycker inte att det känns så aktuellt utan snarare centralt placerad."*

Vi uppfattade ett önskemål om att den kompletterande värmekällan helst inte ska associeras med en traditionell radiator eller associeras till att lösningen drivs av direktverkande el. Detta beror dels på att traditionella radiatorer upplevs som besvärliga att hålla rena och dels för att de boende inte vill att det ska synas att man har ett behov av en eldriven komplementvärmare, om man bor i ett passivhus. Intervjuerna gav en tydlig indikation om att det finns ett behov av en kompletterande värmekälla i passivhus. De system som finns idag fungerar inte helt tillfredsställande i praktiken, till exempel går det inte att justera temperaturen individuellt i olika rum.

6.2 Resultat studiebesök

För att fördjupa oss ytterligare i ämnet passivhus och hur det är att bo i ett sådant har vi varit på två studiebesök guidade av fackfolk samt ett seminarium.

Hamnhuset

Den 6 februari 2009 var projektgruppen på ett studiebesök i Hamnhuset beläget i Sannegårdshamnen i Göteborg. Jan Larsson från White Arkitekter AB, en av de två ansvariga arkitekterna för byggnaden, ledde studiebesöket och besvarade frågor. Hamnhuset är idag Sveriges största flerbostadshus byggt med passivhusteknik. Huset består av två huskroppar, är byggt i 4-5 våningar och rymmer totalt 115 hyresrättslägenheter i varierande storlekar. Byggandet av Hamnhuset utfördes under projektledning av Älvstranden Utveckling AB och på totalentreprenad av NCC Construction AB, lägenheterna stod klara för inflyttning under 2008 (*Hamnhuset – Ett effektivt flerbostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem* 2008).

Hamnhuset har solfångare på taket och återvinner värmen i ventilationsluften med hjälp av värmeväxlare. Hamnhuset är även anslutet till fjärrvärmenätet för att behov av extra värme ska kunna tillgodoses. Värmeväxlingen sker centralt för hela huset och från detta centrala rum går sedan luftkanaler ut till respektive lägenhet. En eftervärmare som till sin funktion kan liknas vid en liten brödrost, är placerad precis efter att luftkanalen lämnar värmeväxlingen i källaren och sedan går ut till respektive lägenhet. Denna eftervärmare kan kontrolleras via ett vred i respektive lägenhet. Grundflödet av värme, det vill säga från värmeväxlaren och fjärrvärmen, är dock konstant och kan

inte påverkas av de boende, luftflödet ligger konstant på en temperatur på 22 °C. Man skulle rent tekniskt ha kunnat sätta eftervärmaren närmre lägenhetens utblås och/eller gett de boende möjlighet att även reglera grundflödet från värmeväxlare och fjärrvärme till lägenheten, men detta har inte gjorts då det anses för komplicerat och dyrt. Själva munstyckena för utblås är placerade under fönstren inne i lägenheterna, dessa enheter för komplementär uppvärmning är monterade utan bakgrundsstudie. Anledningen till installationen i Hamnhuset är att hyresvärden är väldigt mån om att undvika klagomål från hyresgäster som fryser, därför installerades lösningar vars nödvändighet inte är kartlagd.

Fönstren i Hamnhuset har inte ett extremt lågt U-värde, utan man har enligt Jan Larsson istället valt att sätta in ”vanliga svenska kvalitetsfönster”. Ytterväggarna är cirka 10 cm tunnare än de på husen i Lindås, detta för att projektledningen inte anser sig kunna räkna hem dessa extra kostnader som en tjockare vägg skulle innebära.

Vi tror att man hade resonerat annorlunda om inte huset bestod av hyresrätter, då lägenheterna ska hyras ut blir det genast mycket viktigare att investeringar kortsiktigt ska löna sig än att de ska vara hållbara ur ett längre perspektiv som vid ett köp till exempel.

Finns möjlighet att ansluta ett hus till fjärrvärmenätet är detta det nu mest miljövänliga sättet att tillföra komplementvärme enligt Jan Larsson. Möjligheten att kunna ansluta sig till fjärrvärmenätet är dock reserverad för de hus som byggs där fjärrvärmenät redan finns tillgängligt, vilket ofta är i och omkring större städer eller tätorter. De stora kostnaderna som uppkommer vid utbyggnad av fjärrvärmenäten anser vi gör att det i framtiden inte kommer vara aktuellt att dra fram fjärrvärme till områden som endast består av passivhus. Passivhusen förbrukar så pass lite energi att detta inte skulle vara en lönsam investering för fjärrvärmebolagen.

Brogården

Den 19 februari 2009, anordnade Passivhuscentrum i Alingsås ett seminarium som behandlade passivhus och passivhusteknik och som avslutades med ett studiebesök i Brogården, Alingsås. Brogården är ett område med flerbostadshus innehållandes hyresrätter som byggdes 1970, området ingick i det så kallade miljonprojektet (*Alingsås hem bygger en hållbar framtid* 2006). I nuläget har ett av husen i området renoverats och byggts om efter Passivhusprincipen. Tanken då renoveringen startades var inte att göra en så omfattande ombyggnation som det senare blev. Det visade sig dock att huset på många sätt var i sämre skick än man hade trott, vilket inte sällan är fallet för miljonprojektshusen där varje hus byggdes upp under kort tid och med så låg kostnad som möjligt. Renoveringen blev så pass omfattande att i princip det enda som förblev orört var själva husstommen.

Då renoveringen blev mer likt en nybyggnation än en renovering, öppnade detta upp för att implementera passivhustekniken fullt ut, med att till exempel ändra planlösningar och dylikt. En viktig skillnad jämfört med en fullständig nybyggnation är dock att i Brogården finns till varje hus framdragen fjärrvärme sedan tidigare. I det renoverade huset valde man att placera ventilationsdonen på väggarna så nära taket som möjligt, i varje lägenhet fanns en separat värmeväxlare utplacerad.

Då ett hus renoveras till passivhus finns i många fall ett gammalt värmesystem kvar. Efter renoveringen blir detta kraftigt överdimensionerat då behovet av extra tillförd värme minskar markant. Därför är idag inte hus renoverade till passivhus en primär marknad för en produkt som ger komplementär uppvärmning.

6.3 Beskrivning av målgrupper

Vid intervjuer och besök hos de som idag bor i passivhus ställdes frågor om livsstil och miljöengagemang, se bilaga 2, Transkriberade intervjuer. Utifrån svaren som gavs kunde de boende delas upp i två generaliserade grupper som vi sedan namngav till; Gemeneman och Medvetna. Dessa två grupper utgör enligt vår undersökning dagens målgrupper. Med hög sannolikhet kommer dessa att vara aktuella även i framtiden, därför beskrivs de mer ingående nedan.

6.3.1 Målgruppen Gemeneman

Målgruppen Gemeneman tycker ofta att energiförbrukningen i hemmet är en viktig fråga och räknar gärna på hur mycket pengar de kan spara. De letar inte aktivt efter passivhus att bo i för miljöns skull. En anledning för denna grupp att bo i ett passivhus är att de lockas av de låga uppvärmningskostnaderna, eller att de önskar bo i ett specifikt område och att det eventuellt finns passivhus just där. Ett boende i passivhus för denna målgrupp ska även ge mervärden i form av till exempel naturnära boende.

Vid intervjuer och kontakt med boende som vi bedömer tillhör denna målgrupp har en viss skepsis funnits mot "hus utan element", man är rädd för att detta inte fungerar. Gruppen Gemeneman använder sig först och främst av välbeprövad och därmed ofta lite äldre teknik. På grund av att ekonomin är central i vardagen så resonerar man ofta kortsiktigt vad gäller investeringar, då detta är mest ekonomiskt för stunden. Denna målgrupp väljer sällan ekologiska varor eller KRAV-alternativ på grund av att dessa ofta är dyrare än övriga alternativ. Imageboarden på nästa sida beskriver vardagslivet för Gemeneman.

Den produkt för komplementär uppvärmning av passivhus som attraherar denna målgrupp är en produkt som uttrycker pålitlighet och trygghet. Då denna grupp är skeptisk mot hur väl ett hus utan traditionella element fungerar, är det viktigt att värmeenheten upplevs som driftsäker och effektiv så att man därför kan lita på den och känna sig trygg i hemmet. Expressionboarden på nästa sida beskriver uttrycket pålitlig.



Figur 4 Imageboard; Gemeneman.



Figur 5 Expressionboard; Pålittig.

6.3.2 Målgruppen Medvetna

De boende som räknas till målgruppen Medvetna är väl insatta i och engagerade i miljöfrågor. De söker ofta aktivt själva efter mer miljövänliga sätt att leva och därmed räknas bland annat intervjuade personer som själva bestämt sig för att bygga ett eget passivhus till denna grupp. På grund av sin medvetenhet så är man inte rädd för att testa ny teknik om det kan innebära en förbättring för miljön, denna grupp attraheras snarare av ny spännande teknik som "kan göra skillnad". I vardagen väljs så gott som alltid gröna alternativ vad gäller färdmedel, elleverantör, matvaror och så vidare.

Personer i gruppen Medvetna är väl pålästa i klimatfrågor och vi har vid kontakt med dessa stött på ett ifrågasättande av hur mycket vi människor kan tära på jordens resurser bara för att vi hävdar att det är vår mänskliga rättighet. Vilket praktiskt kan omvandlas till att man hellre tar på sig en tjock tröja istället för att höja värmen. Är det en mänsklig rättighet att gå inomhus i shorts på vintern på nordens breddgrader? Imageboarden på nästa sida beskriver vardagslivet för Medvetna.

Medvetna är gruppen som tilltalas av solpaneler istället för att tycka att dessa är "fula". Deras miljöengagemang får gärna synas i de produkter som de väljer att konsumera, till exempel genom avvikande design, placering, materialval, teknik och så vidare. Därför uttrycker en produkt som tilltalar denna målgrupp engagemang och nytänkande. Expressionboarden på nästa sida beskriver uttrycket engagerad.

6.3.3 Kritisk målgrupp

Då projektet ska resultera i ett koncept på en komplementär värmekälla anser Rettig Sweden AB och projektgruppen att den mest kritiska av de ovan beskrivna målgrupperna är Gemeneman. På grund av att passivhus än så länge är ett relativt okänt begrepp och att en klar majoritet av Sveriges befolkning bor i hus byggda med traditionell teknik, så bedöms även Gemeneman vara en betydligt större grupp idag än Medvetna. Detta gör att det beställande företaget anser att Gemeneman ska vara projektets primära målgrupp, den kritiska målgruppen. Ett koncept som tilltalar Gemeneman kan även tilltala Medvetna om graden av nytänkande och idériakedom är tillräckligt hög. Däremot kommer ett koncept utvecklat för Medvetna troligen inte att falla Gemeneman i smaken då detta kan verka alltför opålitligt och skrämmande. Detta är inte vårt mål då vi vill attrahera den större målgruppen av de båda.



Figur 6 Imageboard; Medvetna.



Figur 7 Expressionboard; Engagerad.

6.4 Tidigare studier om klimatkomfort i passivhus

Nedan redovisas centrala delar av information som framkommit vid tidigare studier av klimatkomfort i passivhus i Sverige. Detta redovisar vi för att projektgruppen vill styrka sina egna antaganden.

I sitt examensarbete ”Passivhus – studie om miljövänliga och energisnåla bostäder” redovisar Anders Karringer, Lunds Universitet, i avsnitt 4.2 sidan 25-26, följande punkter angående de boendes synpunkter på sitt passivhusboende:

Positivt

- *”Frisk och bra inomhusluft, omsätts ungefär varannan timme.*
- *Välisolerat klimatskal samt högkvalitativa maskiner gör det till en tyst och lugn bostad.*
- *Behaglig inomhustemperatur (20-23°C) under hela året samt goda ljusförhållanden.*

Negativt

- *Luften uppfattas av en del som torr att andas in. Detta på grund av att luften avfuktas innan den förs in i bostaden, en åtgärd för att spara energi.*
- *Risk för temperaturförändring. Främst då boende eller granne har varit bortrest en längre tid. Helt enkelt beroende på låg aktivitet i bostaden, både vad gäller människor och maskiner.”*

I rapporten ”Tvärvetenskaplig analys av lågenergihusen i Lindås Park, Göteborg” av Boström et al. kan man på sidorna 32-38 bland annat läsa följande kommentarer om den upplevda boendemiljön i Lindåshusen:

”Merparten av brukarna lyfter fram att det är en temperaturskillnad mellan våningsplanen.”

”Merparten av brukarna anser att det på morgonen är tydligt varmare på övervåningen.”

”Merparten, men inte alla, menar att det inte gör någonting om temperaturen är ojämn.”

”Badrummet på övervåningen har av flera brukare pekats ut som något kallare än de övriga rummen på samma våningsplan. Några hushåll menar att det stora sovrummet mot norr är lite kallare. Ett par av hushållen har inte upplevt några större skillnader mellan rummen, medan andra anser att det enbart är mellan de olika våningsplanen som det finns en upplevd temperaturskillnad.”

”Flertalet av brukarna upplever att golven på undervåningen är kalla, golvet i hallen är den plats som särskilt har nämnts. Flera anser också att badrumsgolvet på övervåningen är för kallt. Ingen av brukarna upplever att de övriga rummen på övervåningen har särskilt kalla golv. Flera av brukarna skulle gärna vilja ha golvvärme i såväl badrum som hall om det hade varit möjligt.”

”Nästan samtliga brukare menar att luftkvaliteten upplevs som bra eller mycket bra. Även de brukare som har någon form av allergi påpekar att luftkvaliteten är god, vilket har gjort att de nu mår bättre.”

6.5 Behov och önskemål, version 1

Behovsidentifieringen innehållande bland annat intervjuer och studiebesök, resulterade slutligen i en lista över ett antal behov, som bör uppfyllas av produkten, och önskemål, som är bra om de uppfylls av produkten. Dessa redovisas i Behov och önskemål version 1, tabell 1, som här i det inledande skedet av projektet ännu är en gemensam lista för både värmeenhet och styrenhet.

Tabell 1 Behov och önskemål version 1.

Behov och önskemål version 1
Behov
Lösningen bör klara kraven enligt passivhusdefinitionen med avseende på tillförd effekt för uppvärmning.
Lösningen bör vara anpassad för industriell massproducering.
Lösningen bör bibehålla/förbättra inomhusluftens kvalité.
Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.
Användaren bör uppleva behaglig värme i rummet inom 20 minuter från temperaturer på 17° C.
Lösningen bör bibehålla rumstemperaturen vid snabba temperaturväxlingar utomhus ner till -20° C.
Ljudstyrka över 25 dB får inte överskridas.
Installations- och driftskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.
Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.
Användaren bör uppleva att lösningen ger en jämn värmespridning i rummet.
Användaren bör uppleva behaglig värme i alla delar av rummet.
Användaren bör inte associera lösningen till traditionella element.
Lösningen bör vara så exergieeffektiv som möjligt.
Lösningen bör ej gå att bränna sig på vid normal användning.
Lösningen bör för ändamålet vara mer fördelaktig än en kupévärmare.
Önskemål
Användaren bör uppleva att lösningen är enkel att sätta på/stänga av.
Lösningen bör vara integrerad med husets basvärmesystem.
Lösningen bör vara underhållsfri.
Boende bör kunna ställa in önskad rumstemperatur med en tolerans på 1° C.
Uppvärmning av oönskade rum bör undvikas.
Lösningen bör tilltala målgruppen; Medvetna.
Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig.
De boende bör uppleva att lösningen uttrycker en varm grundkänsla.
Uppvärmning med 5° C av önskade rum inom 20 minuter.
De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen samt städa runt omkring den.

6.6 Sammanfattning Behovsidentifiering

Sammanfattningsvis ska vi ta fram en produkt för kompletterande uppvärmning som snabbt kan värma upp önskade ytor och ge en jämn spridning av värmen i rummet. Effekten ska användas effektivt, eftersom passivhus har en liten effekt att tillgå, och får inte överskrida kraven för maximal effektinstallation för passivhus. Lösningen ska tilltala de identifierade målgrupperna och därmed inte associeras med traditionella element, utan snarare vara en produkt som är diskret eller integrerad. Ska det däremot vara en lösning som syns får den gärna uttrycka en varm grundkänsla.

7 Övergripande lösningar

Innan denna fas i arbetet har lösningens målgrupp och dess behov tagits fram. Gruppen har även fått en bild av hur det är att bo i ett passivhus. I detta avsnitt presenteras vald teknik för värmeenheten, hur denna teknik fungerar, uppskattning av dess pris samt styrenhetens övergripande placering och funktioner.

7.1 Värmeenhet; teknik

Det första steget i att ta fram värmeenheten innebar en övergripande lösning för hur värmeenheten ska fungera. Detta innebar att välja vilken teknik som skulle användas. Nedan presenteras olika tekniker som eventuellt skulle kunna vara aktuella. Senare utvärderas de mest konkurrenskraftiga mot Behov och önskemål, version 1.

Vår beräkningsgrund

Våra beräkningar och designförslag grundas på de förutsättningar som ges av en medelstor villa i Sveriges södra klimatzon, på 144 m². Maximalt tillåten tillförd effekt enligt passivdefinitionen blir då: $144 \text{ m}^2 \times 12 \text{ W/m}^2 = 1728 \text{ W}$

För att kunna tillämpa vår lösning i hus med eftervärmare i ventilationen drar vi av effekten för denna:

$$1728 \text{ W} - 900 \text{ W} = 828 \text{ W}$$

Detta gör att vi har 828 W kvar att spela med för utveckling av den kompletterande värmeenheten.

Uppvärmningstekniker

Fjärrvärme

Fjärrvärme fås bland annat genom förbränning av kol, olja, gas, torv, flis och avfall. Värmen produceras i en central anläggning och förs ut i form av hett vatten till användarna genom ett kulvertsystem. I varje byggnad som ska värmas sitter en värmeväxlare dit det varma vattnet förs. Där växlas sedan värmen från det varma vattnet till husets slutna uppvärmningssystem (Nationalencyklopedin, *Fjärrvärme*). Utbyggnad av fjärrvärmenätet är ett relativt dyrt projekt och det är därför viktigt att se till att utbyggnad sker i de områden där man kan räkna med att en investering lönar sig. När det gäller passivhus finns idag ett fåtal som är anslutna till fjärrvärmenätet. Troligtvis kommer man i framtiden att bygga hela områden med passivhus, och man räknar då med att dessa områden inte har behov av tillräckligt mycket energi i form av fjärrvärme för att en utbyggnad ska löna sig där.

Bergvärme

Bergvärme är en energikälla som utnyttjar den solvärme som finns lagrad i marken. Man borrar helt enkelt ett hål i marken, ofta 120m djupt, i vilket det sedan förs ned en slang innehållande ett flytande medium. Kall vätska trycks ned i slangen och värms upp av värmen i marken för att därefter tryckas vidare tillbaka upp till marknivå. Väl uppe kan det varma vattnet tas tillvara genom värmeväxling och kan slutligen användas för till exempel uppvärmning av bostäder (Nationalencyklopedin, *Bergvärme*). Bergvärme har hög investeringskostnad.

Jordvärme

Genom att gräva ner en slang innehållande ett cirkulerande medium i de övre jordlagren i trädgården, kan man ta vara på markens lagrade solenergi på samma sätt som vid utnyttjande av bergvärme (Nationalencyklopedin, *Jordvärme*). Jordvärme har också en relativt hög investeringskostnad.

Kamin

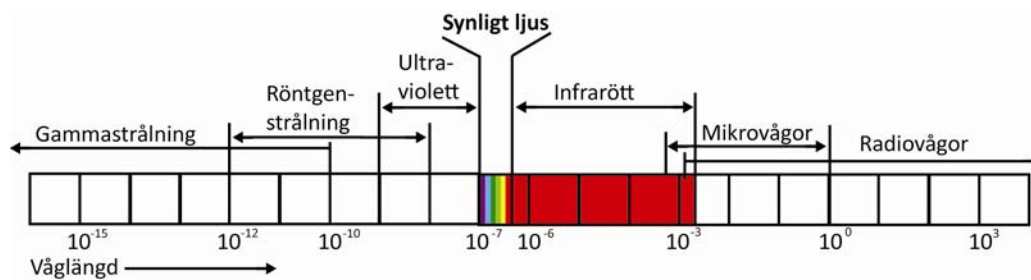
Kaminen är ett effektivt sätt att elda ved. Effekten ligger vanligtvis mellan 3-10 kW och har en verkningsgrad mellan 50-70% (Nationalencyklopedin, *Braskamin*). Moderna kaminer har möjlighet att transportera värme mellan olika rum med hjälp av ventilationssystem (Energiportalen, *Kaminer & Braskaminer*).

Tjockfilm

Tjockfilm framställs genom att ett isolerande material läggs på ett isolerande underlag där sedan en pasta sprutas på i förbestämda mönster. Denna pasta består av metall-, oxid-, eller keramikpulver beroende på om man vill att filmen skall fungera som ledare, motstånd eller isolator. Bindemedlet som håller samman pastan med det isolerande materialet består av glaspulver som smälter vid sintring samt konsistensgivare som ger lämplig konsistens för tryckningen av filmen. Filmen får en tjocklek på 10-50 μm efter sintring. Tekniken möjliggör en kompakt montering av IC-kretsar och används även inom mikrovågstekniken (Nationalencyklopedin, *Tjockfilmsteknik*).

Infraröd värme

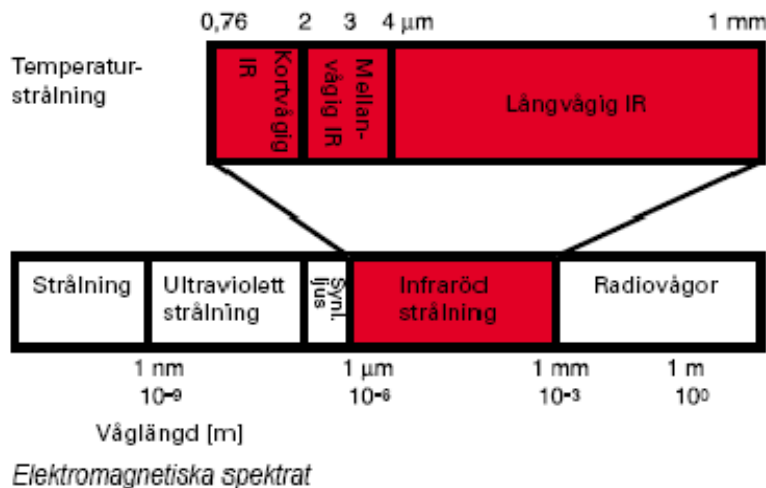
Elektromagnetisk strålning kan delas upp i joniserande och icke joniserande strålning. Röntgen-, gamma- och radonstrålning hör till joniserande strålning medan ultraviolett (UV)-, laser- och infraröd strålning räknas till icke joniserande strålning. Den joniserande strålningen joniserar till exempel människans molekyler medan den icke joniserande skapar förändringar på cellnivå så att till exempel kroppstemperaturen ökar.



Figur 8 Strålningsspektra. Hedberg N, Fjärranalys.

Den infraröda strålningen kan delas upp i tre intervall: IR A, IR B och IR C där IR C är den med längst våglängd. IR-strålning kallas även värmestrålning och uppkommer från kroppar med en temperatur ovanför den absoluta nollpunkten. Ju varmare kroppen är desto kortare blir våglängden och desto intensivare blir strålningen. Värmeöverföring mellan två kroppar sker endast om det är en temperaturskillnad mellan dem (InfraSWED AB).

Den mest fördelaktiga värmestrålningen för människan är den långvågiga IR-strålningen med våglängder mellan 7-14 μm . Detta intervall innehåller vattenmolekylens resonansfrekvens på 9,4 μm vilket innebär att vi kan absorbera upp till 93 % av de infravågor som träffar oss. Strålningen har förmågan att tränga ett par centimeter in i kroppens vävnader, vilket leder till ett ökat blodflöde i muskelvävnader och inre organ genom vidgade blodkärl och stimulerad hjärtverksamhet. Detta är positivt för muskler och för hjärt-/kärlkonditionen. Det är helt ofarligt att bli exponerad för IR-värme, det är hälsosamt och långvågig IR-värme används idag till exempel inom sjukvården för att värma nyfödda spädbarn (Luxway).



Figur 9 Strålning. Frico teknisk handbok, s 107.

Värmestrålare med infraröd strålningsteknik används även till uppvärmning av bostäder och industrilokaler med argumentet att det sparar energi jämfört med traditionella radiatorer. Detta för att lufttemperaturen kan sänkas och för att värmefördelningen i rummet blir bättre eftersom värmestrålarna inte värmer luften direkt utan först personer som vistas i rummet, inredning, väggar och golv. Detta minimerar problemet med att den uppvärmda luften stannar i taket och skapar temperaturdifferenser mellan golv och tak, vilket bland annat orsakas av traditionella radiatorer (InfraSWED AB).

Elradiator

Oljefyllda elradiatorer som värms upp av direktverkande el är produkter Rettig Sweden AB producerar och marknadsför idag. Vid direktverkande el omvandlas inkommande el från elnätet, via radiatorer, till värme i luften med hjälp av antingen olja/vatten eller elslingor. Här kan man ha elpatroner som värmer upp ett värmebärande medium i radiatorerna och som i sin tur värmer upp luften, eller elslingor som värmer luften direkt. Det senare gäller dock för äldre radiatorer och studier har visat att detta inte ger lika behaglig värme (Energimyndighetens hemsida, *Elvärme* 2009). Oljefyllda elradiatorer är förhållandevis enkla att installera och styra för användaren. De ger en mycket exakt temperaturreglering som både är bra för inomhuskomforten, boendekostnaden och miljön.

Moderna elradiatorer avger värme i form av ungefär 2/3 strålningsvärme, resten är konvektionsvärme. Detta ska jämföras med de öppna elradiatorerna som värmer upp luften med hjälp av elslingor och där värmen avges med ungefär 1/3 strålningsvärme och 2/3 konvektionsvärme (Rettig Sweden AB). En hög andel strålningsvärme är positivt då upplevelsen av luftdrag minskar och att just strålningsvärme känns behagligt för människan; se även avsnitt 2.7, Grundläggande värmeteorik.

Omsluten elslinga, innebär att en böjbar värmealstrande elslinga täcks med något omslutande och värmeledande material. Ett exempel från Rettig Sweden AB:s produktsortiment är gjutgranitelementen där en slinga har gjutits in i det omslutande materialet. Elslingor används också i handdukstorkar. Uppvärmningsförmågan är för denna lösning sämre än för ett traditionellt oljefyllt element, men de estetiska och utformningsmässiga möjligheterna är stora. För mer information om elradiatorer; se avsnitt 2.4 Eluppvärmning - direktverkande el, i denna rapport.

Urval och avgränsning

I ett första steg mot att välja uppvärmningsteknik valdes tre tekniker bort direkt på grund av avgränsningarna för projektet. Dessa tekniker visade uppenbara nackdelar för kompletterande uppvärmning av passivhus:

Fjärrvärme, all former av värmepumpar samt braskamin valdes bort i detta initiala skede: För passivhus som har möjlighet att ansluta sig till ett befintligt fjärrvärmenät är detta fördelaktigt. Dock har vi i våra avgränsningar sagt att vi endast studerar fristående villor. Dessa är ofta belägna långt från ett fjärrvärmenät och för att vår lösning skall passa alla fristående hus väljer vi att inte fortsätta arbetet med fjärrvärmetekniken.

Olika typer av värmepumpar kräver en omfattande investering och för att få lönsamhet krävs en viss mängd energiförbrukning. Eftersom passivhus har en så pass låg energiförbrukning är det svårt att få en vinst på grund av de höga investeringskostnaderna. Skulle däremot flera passivhus dela på en värmepump skulle lönsamhet kunna uppnås, men denna lösning passar inte alla passivhus och därför avfärdas denna värmeteknik.

Braskaminen kan fungera som en kompletterande värmekälla för passivhus och används med fördel av de som tycker om att elda i kamin. Det är ändå en osmidig lösning där ved måste köpas, fraktas och lagras. Den avfärdas på grund av detta och att den aktivt kräver att de boende eldar och är bekväma med lösningen, vilket inte alla i målgruppen behöver vara.

De tekniker som gick vidare till mer noggrann utvärdering blev alltså:

- Tjockfilm
- IR-teknik
- Elradiatorer (plåt/olja och omsluten elslinga)

Tjockfilmstekniken går vidare på grund av att den öppnar upp för många olika möjligheter angående utformning och placering av komplementvärmaren tack vare dess ringa tjocklek. Positivt för IR-tekniken är att den har en lägre installationskostnad än de tidigare nämnda värmeteknikerna. Den har även fördelen att skapa mer strålningsvärme än en elradiator, vilket är positivt för snabb uppvärmning av kalla föremål och människor. Elradiatorer går vidare av samma anledningar som IR-tekniken.

De kan med fördel användas i passivhus eftersom effekten lätt kan anpassas till kravspecifikationen för passivhus och de är lätta att installera.

Konceptutvärdering

De tre kvarvarande teknikkoncepten utvärderades i tre steg och minskades därigenom successivt i antal. Slutligen fanns endast ett vinnande koncept kvar som gick vidare till vidareutveckling.

Teknikerna utvärderades först mot behoven från Behov och önskemål, version 1. För komplett utvärderingssteg, se bilaga 4 Elimineringsskema av tekniker mot behov. Tjockfilm valdes då bort på grund av för lite information kring tekniken. Vi konstaterade att det skulle vara alltför resurskrävande att få tillräckliga svar på de frågetecken som uppkom i elimineringsskemat. Rettig Sweden AB jobbade parallellt med projektgruppen under en tid för att få fram mer detaljerad information om tjockfilm som skulle vara relevant för projektet, men utan att tillräckliga resultat uppnåddes inom ramen för detta projekt.

Elradiator och IR-tekniken gick vidare eftersom de båda uppfyllde kraven men med vissa frågetecken som behöver undersökas inför den slutgiltiga produkten. Elradiator-tekniken delas nu upp i två tekniker: en där plåt/olja värmer upp och en där ett omslutande material värms upp av en elslinga.

Från det första utvärderingssteget gick alltså följande tekniker vidare:

- IR-teknik
- Elradiator (plåt/olja)
- Elradiator (omsluten elslinga)

I nästa steg utvärderades de kvarvarande teknikerna mot önskemålen från Behov och önskemål, version 1. Detta skedde med hjälp av en Pughmatris och resultatet sammanfattas nedan, för komplett utvärderingssteg, se bilaga 5, Pughmatris av tekniker mot behov.

I Pughmatrisen användes IR som referens och utfallet såg ut så här:

- IR-teknik: 0
- Elradiator (plåt/olja): -4
- Elradiator (omsluten elslinga): -3

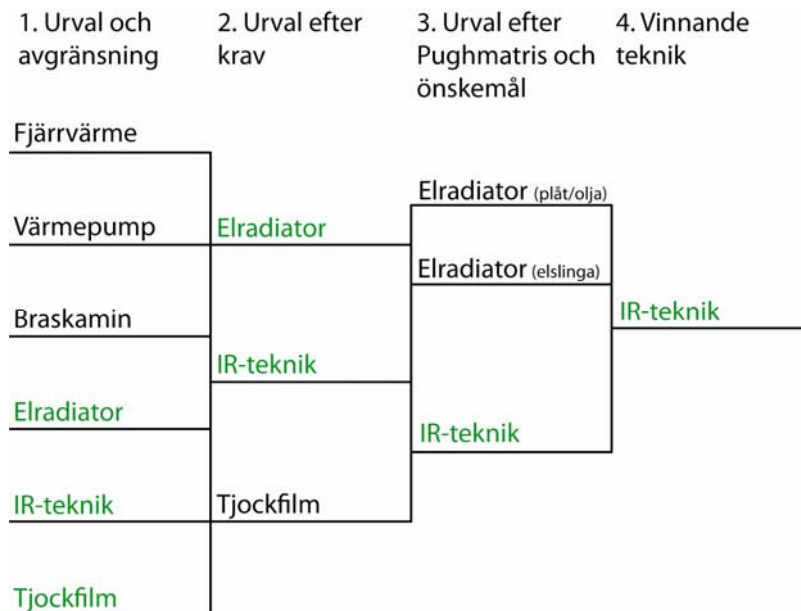
Resultatet av Pughmatrisen visade alltså tydligt att IR-tekniken var den mest fördelaktiga tekniken att arbeta vidare med.

I det sista utvärderingssteget dubbelkontrollerades de tre kvarvarande teknikerna mot önskemålen. Detta med hjälp av en elimineringsskema med viktade önskemål, vilket gav följande värden för teknikerna, där högt värde är mer fördelaktigt än lågt. En sammanfattning visas nedan, för komplett utvärderingssteg, se bilaga 6, Elimineringsskema av tekniker mot önskemål.

- IR-tekniken: 105 poäng
- Elradiator (plåt/olja): 93 poäng
- Elradiator (omsluten elslinga): 91 poäng

Konceptval

Det slutgiltiga valet blev IR-teknik. Resultaten från konceptutvärderingen visar att IR-tekniken uppfyller önskemålen väl jämfört med de två andra alternativen. Detta medför att IR-tekniken är en klar vinnare i teknikvalsprocessen.



Figur 10 Utvärdering av teknik

7.2 Vald teknik; infraröd-teknik

Den teknik vi valt att använda är en infraröd kolfibervärmare som används idag i IR-bastur. Plattan består av kolfiber med en koppartråd invävd som alstrar värme till kolet som sedan sänder ut IR-strålning. Med IR-plattan fås en förhållandevis liten effekt på en stor yta och tjockleken ligger på 0.5 mm. Kolet blir snabbt varmt och inom 10 min har plattan uppnått önskad strålning. Den börjar bli kännbart varm direkt när strömmen slås på och har en jämn värmespridning längs hela plattan (Evolution Health and Fitness *Infrared Carbon Fiber vs Infrared Ceramic Heater*). Enligt gruppens Luxway-kontakt ligger ytemperaturen på panelen mellan 40 och 45° C. Andelen energi som blir till värmestrålning är 98 %, plattan sänder ut strålning inom våglängderna 7-14 µm (Delta T, *Introduction to Radiant/ Infrared Heating*). Livstiden för IR-plattan är ungefär 100 000



Figur 11 IR-kolfiberplatta bakom träribbor i en IR-bastu. Fotad av gruppen.

timmar vilket motsvarar användning dygnet runt i 11 år (Evolution Health and Fitness *Infrared Carbon Fiber vs Infrared Ceramic Heater*).

Prisuppgifter

Angående inköpspriset kan gruppen ge ett ungefärligt värde utgående från de uppgifter från företaget i Kina som tillverkar den kolfiberpanel som används i dessa bastur. Enligt Shenzhen Anpan Technology Company ligger deras infraröda värmeenheter på ett försäljningspris mellan 7 och 30 USD. Utgående från den största storleken på 18x32 cm som kostar 30 USD så antas att deras inköpspris är något lägre. Gruppen har även med hänsyn taget till den annorlunda form och effektdistribution vi kräver, dragit slutsatsen att inköpspriser för Rettig Sweden AB vid en eventuell lansering av aktuell leverantör, inte kommer överskrida 30 USD per 0,05 kvm kolfiberpanel.

7.3 Styrenhet; placering och funktioner

Här presenteras resultatet av hur olika övergripande lösningar på styrenhet arbetats fram utifrån Behov och önskemål, version 1. Tekniken för styrenheterna var bestämd från start, där det bestämdes att någon form av elektronik som styr värmeenheterna skulle utarbetas, men att det låg utanför avgränsningarna för detta projekt att utveckla teknikdelen vidare.

Den övergripande lösningen på styrenheten innebar bestämning av styrenhetens placering, dess funktioner samt hur temperatur skall mätas. Olika förslag på lösningar har genererats, utvärderats och slutligen har en variant valts.

Placering

Konceptgenerering

Den initiala konceptgenereringen resulterade i tre olika koncept av styrenheten, varav det tredje är en kombination av de två första. Exakt vilka funktioner som ska finnas i styrenheten behandlas senare i detta avsnitt.

Koncept 1 – endast en central styrenhet

I huset kommer endast en eller två styrenheter att finnas, till exempel en per våning. Denna kommer att vara fast monterad på väggen och vara centralt placerad på respektive våning. Styrenheten kommunicerar via elnätet med värmeenheterna. Detta koncept innebär att all justering av effekt sker via den centrala enheten, vilken också ger återkoppling till användaren angående aktuell effektanvändning i olika rum, samt uppmätt temperatur.

De boende har också möjlighet att kommunicera med styrenheten på distans via till exempel SMS från en mobiltelefon, vilket vi valt att kalla för en ”bortafunktion”. Man kan på detta sätt aktivera husets värmesystem en tid innan man kommer hem, detta om familjen varit bortrest en längre tid. Detta var en viktig funktion för användarna som tyckte att komforten i passivhusen framförallt sänktes under en längre bortavaro (över ett dygn). Vilken temperatur som önskas att värmesystemet arbetar mot då bortafunktionen aktiveras, ställs in på förhand via styrenheten i huset innan man åker bort. Även passivhusets värmeväxlare kopplas till centralenheten så att all klimatkontroll sker från denna.

Koncept 2 – endast en lokal enhet vid varje värmeenhet

Detta koncept innebär att en mindre styrenhet sitter monterad i direkt anslutning till varje värmeenhet. Om värmeenheten sitter monterad så att användaren enkelt kan nå denna så sitter styrenheten placerad på värmeenheten. Om värmeenheten sitter placerad långt från användaren, till exempel i taket, så sitter den lokala styrenheten placerad i närheten på väggen. Styrenhet och värmeenhet kommunicerar via direkt elektrisk anslutning till varandra.

Via den lokala styrenheten justerar de boende värmeenheterna till önskad effekt samt får återkoppling via denna. Endast en värmeenhet kan alltså justeras per styrenhet.

Koncept 3 – en central styrenhet som är sammankopplad med lokala enheter

Det tredje konceptet är en kombination av koncept 1 och 2 och består av både en central styrenhet och lokala enheter tillhörande respektive värmeenhet. Lokala enheter kan då exempelvis vara placerade; en per rum, eller om det finns flera värmeenheter i varje rum; en per enhet. Styrenheterna monteras och kommunicerar med värmeenheten enligt beskrivning för de tidigare koncepten.

Konceptutvärdering

Nedan redovisas en utvärdering av konceptens för- och nackdelar. Beroende på hur viktiga respektive för- och nackdelar anses vara så har de viktats mellan 1 och 5, där 5 har störst vikt.

Tabell 2 För- och nackdelsmatris för övergripande koncept för styrenheten.

<i>Styrenhetskoncept</i>	Fördelar (+)	Nackdelar (-)	Summa
Koncept 1 – endast en central styrenhet.	+ (5) god överblick + (2) lite installation	- (5) kan inte justera efter behov i det aktuella rummet	+2
Koncept 2 – endast en lokal enhet vid varje värmeenhet.	+ (5) lätt att justera efter behov som upplevs i det aktuella rummet	- (5) ingen överblick - (krav) inte möjligt att begränsa effekten för hela systemet	Ej aktuellt på grund av svårigheten i effektbegränsning som är ett krav!
Koncept 3 – en central styrenhet som är sammankopplad med lokala enheter.	+ (5) god överblick + (5) lätt att justera efter behov som upplevs i det aktuella rummet	- (1) många enheter att hålla reda på - (2) mycket installation, främst då de lokala enheterna inte sitter monterade direkt på värmekällan	7+

Analys

Både koncept 1 och 2 har fördelar men samtidigt så stora nackdelar att de skulle innebära komplikationer vid olika behov av justering eller återkoppling. Då dessa båda koncept kombineras, så som i koncept 3 så kompletterar de varandra på ett tillfredställande sätt och bidrar till enkel justering av husets värmesystem samt ger även en enkel översikt över detta.

Konceptval

Det koncept som valdes blev alltså koncept 3; en central styrenhet som är sammankopplad med lokala enheter. Detta koncept gick vidare för funktionsframtagning.

Funktioner

Konceptgenerering

Diskussioner inom projektgruppen utifrån Behov och önskemål, version 1, samt brainstorming, gav vilka funktioner som borde finnas hos den lokala samt den centrala styrenheten. Resultatet redovisas nedan för respektive enhet.

Resultat

Funktioner hos lokal enhet

- Av/på-knapp.
- Reglage för att justera värmeenheten till önskad effekt.
- Indikator för om värmeenheten är av eller på.
- Indikator för värmeenhetens aktuella effekt.
- Dold lufttemperaturmätare.

Funktioner hos central enhet

- Av/på-knapp för alla enheter - likt en huvudströmbrytare, detta är en fysisk knapp som ändrar läge då den används.
- Justering av aktuell använd effekt till uppvärmning i olika rum.
- Inställning av maxtemperatur, det vill säga en lufttemperatur som ställs in i centralenheten och som gör att centralenheten automatiskt stänger av systemet då denna uppnås. Maxtemperaturen ska kunna väljas individuellt för varje rum.
- Översikt av husets olika rum, feedback på använd effekt i hela huset samt visa aktuell lufttemperatur i varje rum.
- Bortaläge, där förinställd temperatur kan justeras och som kan aktiveras med SMS på distans. Den förinställda lufttemperaturen eftersträvas av systemet då det aktiveras genom SMS eller direkt på den centrala enheten.
- En möjlighet att styra temperaturen som värmeväxlaren arbetar mot, det vill säga alla klimatkomfortsinställningar görs från en enhet.

Centralenheten tillåter att maximal tillåten effekt används totalt på en och samma gång sett över hela huset. Om flera värmeenheter är i konflikt med varandra, det vill säga flera enheter slagits på så att deras gemensamma effekt överskrider vad som är tillåtet, justeras detta centralt av styrenheten. Effekten minskas procentuellt i berört rum, mot den i rummet installerade effekten, så pass mycket att det maximala värdet precis nås totalt i huset. På så sätt blir effektfördelningen både rättvis och enligt de boendes önskade prioritet.

Ett exempel på hur detta skulle kunna fungera i praktiken följer nedan. Om ett friliggande passivhus på 144 m² har ett värmebatteri på 900 W i sin värmeväxlare så återstår 828 W i tillåten tillförd värmeeffekt. Igenom att installera olika mycket effekt i olika rum prioriteras också olika rum efter deras värmebehov. Om huset har tre rum i detta exempel så kanske 800 W finns installerade i rum 1, 600 W i rum 2 samt 400 W i rum 3. Om alla enheter i samtliga rum vrids på till max så minskar den centrala enheten samtliga rums effekt till 46 % av den installerade eftersom $(0,46 \cdot 400 + 0,46 \cdot 600 + 0,46 \cdot 800) = 828 \text{ W}$.

Analys av styrenhetsfunktioner

För att det sammansatta systemet av lokala och central enhet inte ska upplevas som komplicerat utan inbjuda till interaktion så är det en viktig avvägning med lagom många och rätt funktioner hos varje enhet. Då värmeenheterna är tänkta för komplementär uppvärmning är det smidigt om samtliga kan justeras enkelt från en central plats i huset. För att tillgodose de behov som uppkommer just då de boende vistas i vissa rum är det även viktigt att elementära funktioner ska finnas i direkt anslutning till värmeenheten. Begränsad möjlighet att som användare själv justera efter behov har ofta negativ inverkan på hur väl fungerande ett system upplevs. Därför har gruppen beslutat att placera alla funktioner i den centrala enheten, medan de allra viktigaste för den direkta klimatkomforten även finns i de lokala enheterna.

Vi har valt att inte som standardläge ha termostatregering som innebär att IR-panelerna sätts av och på för att bibehålla en viss temperatur utan endast ha en avstängningstemperatur. Detta för att vår lösning är en kompletterande värmekälla och inte skall vara något som används i onödan. Bortalägesfunktionen fungerar nu som ett läge där IR-panelerna eftersträvar att hålla en viss förinställd temperatur i de olika rummen. Skulle ett behov av att kunna bibehålla ett rums temperatur uppkomma skulle detta läge kunna aktiveras.

Styrenhetens temperaturmätning

Resultat

Temperaturen mäts som lufttemperatur av en termostat som sitter placerad i direkt anslutning till den lokala styrenheten eller värmeenheten, beroende på värmeenhetens utformning och placering. De boende justerar värmeenheten till behaglig effekt med hjälp av justeringsreglage vid varje enhet eller via den centrala styrenheten. Den effekt vi enligt Passivhusdefinitionen har att tillgå är så pass liten, att vi bedömer risken för så stark strålningsvärme att den ska upplevas som obehaglig, som mycket liten. Därför är det inte aktuellt med en mätare av strålning på samma sätt som det är för lufttemperaturen. Termostaterna kommer att vara elektroniska då detta är att föredra framför bimetalls termostater (LVI, *Radiatorskolan, del 3*), både ur komforthänsyn och ur ett ekonomiskt perspektiv.

Analys av styrenhetens temperaturmätning

Temperaturen kommer att mätas i varje rum och mätdatan används dels till att ge feedback till de boende och dels för att slå av värmeenheten i rummet om inställd maxtemperatur nås, till exempel om man har råkat glömma att stänga av enheten.

Lufttemperaturen är enkel att mäta och ger en relativt rättvis bild av temperaturen i hela rummet. Detta även om termostaten är placerad nära värmeenheten, då den uppmätta lufttemperaturen kan justeras efter en förprogrammerad algoritm för att beräkna trolig lufttemperatur på ett visst avstånd från enheten.

Strålningsvärmen är mer komplicerad att mäta än lufttemperaturen, då termostatens placering i förhållande till strålarnas spridning är mycket viktig. Hur strålarna sprids i rummet är dessutom beroende av bland annat möblering och var de boende befinner sig i rummet. Detta kräver att strålningsvärmen registreras på flera olika ställen i rummet samtidigt för att tillsammans ge en rättvis bild. Detta skulle i sin tur medföra att många olika separata installationer skulle krävas vilket skulle ge ett relativt komplext system.

7.4 Behov och önskemål version 2

Kapitlet Övergripande lösningar resulterade i nya behov och önskemål som sammanställts i en ny uppdaterad lista över behov och önskemål. Dessutom delades Behov och önskemål version 2 upp i två delar, där en är för värmeenheten och en för styrenheten. Behoven, som bör uppfyllas av produkten, är markerade med ett "B" i marginalen. Önskemålen är graderade mellan 1 och 5, efter hur viktigt det är att de uppfylls av produkten, gradering 5 är mest viktigt och gradering 1 är minst viktigt. Dessa redovisas i tabell 2, Behov och önskemål version 2 – Värmeenhet och i tabell 3, Behov och önskemål version 2 – Styrenhet. De nytillförda behoven och önskemålen är markerade i vänster marginal med en asterisk.

Tabell 3 Behov och önskemål version 2- värmeenhet.

Behov och önskemål version 2 - Värmeenhet	
Funktion	Gradering
Behov	
* Lösningen bör gå att fast installeras i valda utrymmen.	B
* Lösningen får inte orsaka skada på övrig interiör.	B
* Lösningen bör ge någon form av feedback då den är aktiv, via värmeenheten eller lokal styrenhet.	B
Lösningen bör klara kraven enligt passivhusdefinitionen med avseende på tillförd effekt för uppvärmning.	B
Lösningen bör vara anpassad för industriell massproducering.	B
Lösningen bör bibehålla/förbättra inomhusluftens kvalitet.	B
Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.	B
Användaren bör uppleva behaglig värme i rummet inom 20 minuter från temperaturer på 17° C.	B
Lösningen bör kunna bibehålla rumstemperaturen vid snabba temperaturväxlingar utomhus ner till -20° C.	B
* Lösningens effektanvändning bör kunna styras av användaren	B
Ljudstyrka över 25dB får inte överskridas.	B
Installations- och driftskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.	B
* Installationen av lösningen i huset bör ej kräva rördragning.	B
Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.	B
Användaren bör uppleva att lösningen ger en jämn värmespridning i rummet.	B
Användaren bör uppleva behaglig värme i alla delar av rummet.	B
Användaren bör inte associera lösningen till traditionella element.	B
Lösningen bör vara så exergieffektiv som möjligt.	B
Lösningen bör ej gå att bränna sig på vid normal användning.	B
* Lösning med yttemperatur över 40° C bör placeras minst 180 cm över golvytan.	B
Lösningen bör för ändamålet vara mer fördelaktig än en kupévärmare.	B
* Uppvärmningen bör vara elektrisk	B
* Lösningen bör ha en effekt som är tillräcklig i 20 år framåt.	B
* Lösningens bör utformas för att kunna passa i olika rum.	B
* Lösningen bör uppfylla ovanstående behov i 20 år.	B
Önskemål	
* Lösningens ergonomi bör vara god för installatören.	5
* Lösningens ergonomi bör vara god för användaren.	5
Användaren bör uppleva att lösningen är enkel att sätta på/stänga av.	5
Lösningen bör vara integrerad med husets basvärmesystem.	5
Lösningen bör vara underhållsfri.	5
Lösningen bör tilltala målgruppen; Medvetna.	4
Boende bör kunna ställa in önskad rumstemperatur med en tolerans på 1°C.	4
Uppvärmning av oönskade rum bör undvikas.	4
Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig.	4
* Lösningen bör kunna regleras på distans.	4
* Lösningens design och placering bör återspegla hur frekvent den används.	4
De boende bör uppleva att lösningen uttrycker en varm grundkänsla.	3
De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen samt städa runt omkring den.	2

Tabell 4 Behov och önskemål version 2 - Styrenhet.

Behov och önskemål version 2 - Styrenhet		
Behov		
#	Funktion	Gradering
*	Lösningen bör klara att begränsa tillförd effekt till max: $E=(12x)-900$ [W] för friliggande hus. Där x betecknar husets boyta.	B
*	Lösningen bör slå av värmeenheten automatiskt då en av användaren definierad lufttemperatur uppnåtts.	B
	Lösningen bör vara anpassad för industriell massproducering.	B
	Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.	B
*	Användaren bör uppleva att det är lätt att välja inställning på husets värmeenheter.	B
*	Användaren bör uppleva lösningens usability som god.	B
*	Lösningen bör erbjuda en distribution av effekten mellan olika prioriterade rum enligt användarens önskemål.	B
*	Installationskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.	B
	Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.	B
*	Användaren bör anse att styrenheten är ett positivt hjälpmedel.	B
	Lösningen bör uppfylla dessa krav under lika lång tid som värmeenheten.	B
Önskemål		
*	Lösningens ergonomi bör vara god för installatören.	5
*	Lösningens ergonomi bör vara god för användaren.	5
	Lösningen bör tilltala målgruppen; Medvetna.	4
*	Lösningen bör gå att integrera med husets värmeväxlare och värmebatteri.	5
	Lösningen bör vara underhållsfri.	5
	Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig.	4
*	Lösningen bör kunna regleras på distans.	5
*	De boende bör uppleva att lösningen uttrycker en samhörighet med värmeenheten.	3
*	Boende bör kunna ställa in önskad värmetillförsel samt när det sätts på, en månad i förväg.	4
*	Lösningen bör medföra en överblick och en enkel styrning av varje enhet.	5
	De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen.	2

7.5 Sammanfattning Övergripande lösningar

Sammanfattningsvis hade vi nu kommit fram till att uppvärmningen skulle ske elektrisk med IR-teknik genom kolfiberpaneler och att värmeenheten skulle vara fast installerad i rummen. Styrenheten ska integreras med husets värmeväxlare och värmebatteri samt ge en överblick för användaren och en enkel styrning av varje enhet.

8 Konceptlösningar

I projektarbetets föregående fas har IR-teknik valts som uppvärmningsteknik, styrenheternas huvudsakliga placering och funktion har också bestämts. I detta avsnitt presenteras resultaten och analyserna från projektets tredje fas; Konceptlösningar. I denna fas väljs värmeenhetens placering och utformning och förslag på styrenheternas utformning arbetas fram.

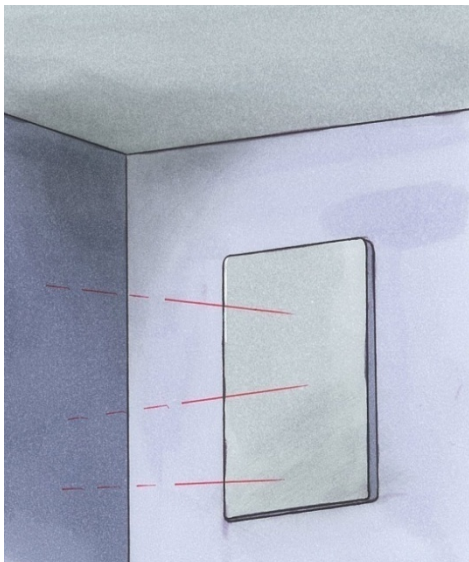
8.1 Värmeenhet; placering och utformning

Då IR-tekniken valts i fasen Övergripande lösningar innebar nästa projektfas, Konceptlösningar, bestämning av värmeenhetens placering och utformning. Olika koncept har genererats samt utvärderats och slutligen har ett valts för vidareutveckling.

Placering och utformning

Konceptgenerering

Konceptgenereringen resulterade i sex olika koncept som visar huvudsaklig placering och utformning.



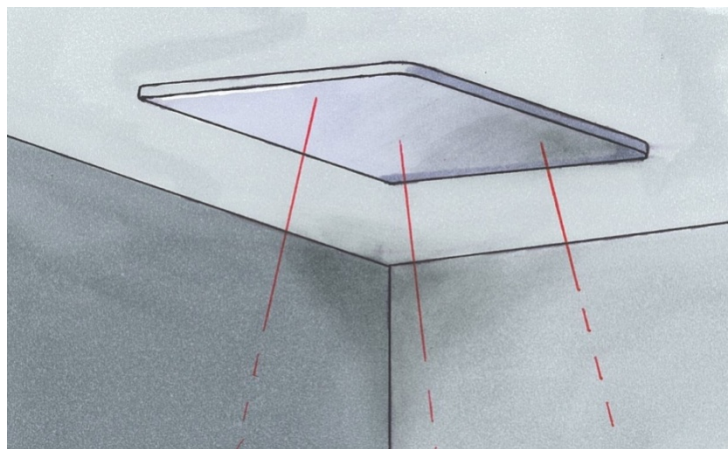
Figur 12 Vägplatta.

Koncept 1 – Vägplatta

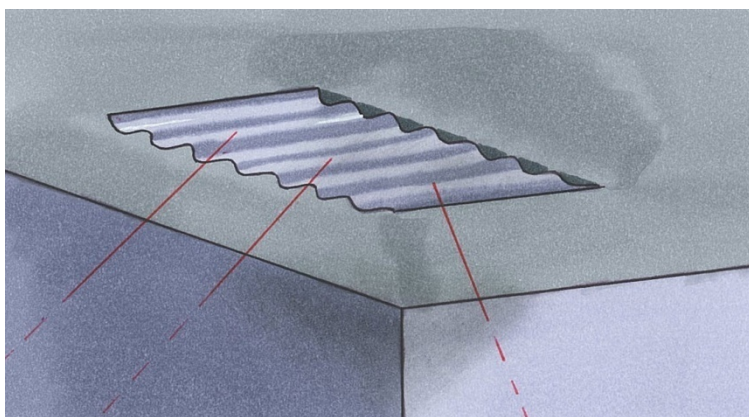
Det första konceptet är en platta som sitter på väggen och sänder ut IR-strålning. Plattan sitter relativt långt ner på väggen för att den ska vara i samma höjd som människorna i rummet är. Plattan kan ha olika storlek och form.

Koncept 2 – Takplatta

Det andra konceptet är snarlikt det första till utformningen men placeras istället i taket. IR-strålningen infaller därmed med en annan vinkel i förhållande till de boende.



Figur 13 Takplatta.



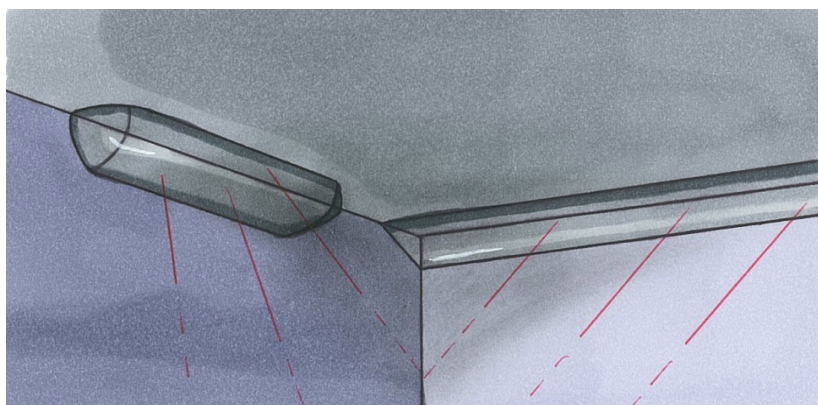
Figur 14 Bucklig i tak.

Koncept 3 – Bucklig i tak

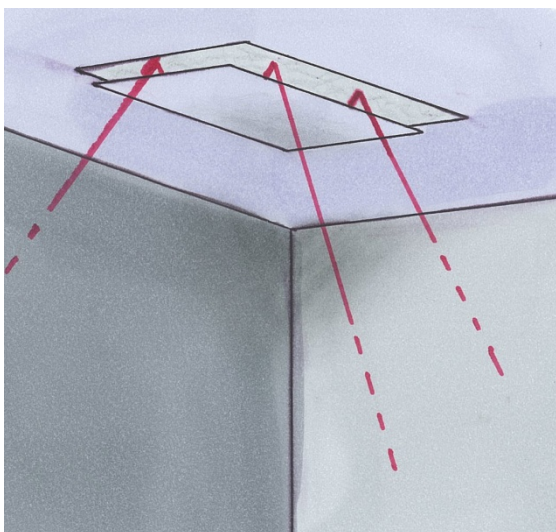
Det tredje konceptet är en vidareutveckling av koncept nummer 2. Det är en platta som sitter i taket, men plattan är bucklig eller veckad för att sända ut IR-strålarna i mer spridda vinklar och därmed täcka in en större del av rummet.

Koncept 4 – Taklist

Det fjärde konceptet är en taklist. En IR-panel sitter vinklad snett ner mot golvet längs med kanten mellan tak och vägg. Antingen kan listen se likadan ut runt hela rummet, vilket visas till höger i bilden. Eller så kan listen sitta i separata sektioner, vilket visas till vänster i bilden.



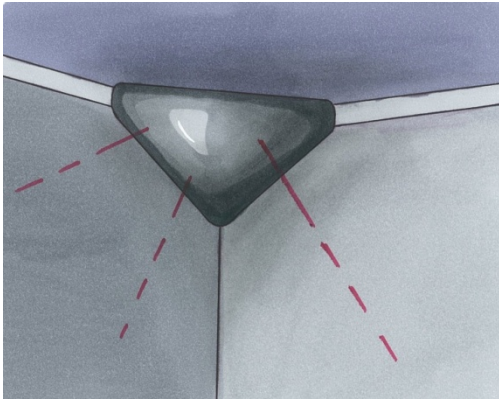
Figur 15 Taklist.



Figur 16 Krabban.

Koncept 5 – Krabban

Det femte konceptet är också en värmeenhet som sitter i taket. Ytan som sänder ut strålningen är dock riktad upp mot taket istället. IR-panelen är monterad med ett mellanrum till taket och strålarna reflekteras mot en reflekterande yta som placerats direkt mot taket. Strålarna reflekteras på detta sätt ned och ut i rummet. IR-panelen kan för bättre spridning vara något buktande mot taket. Detta koncept ger stor utformningsfrihet av ytan som är vänd mot golvet.



Koncept 6 - Hörn

Det sjätte och sista konceptet är placerat i rummets övre fyra hörn, där en utåt buktande panel är vinklad snett in mot rummet.

Figur 17 Hörn.

Konceptutvärdering

Koncepten utvärderades i tre steg och minskades därigenom successivt i antal. Slutligen fanns endast ett vinnande koncept kvar som gick till vidareutveckling.

I det första utvärderingssteget utvärderades koncepten mot Behov och önskemål, version 2, för värmeenheten med hjälp av en viktad elimineringsmatris. För komplett matris se Bilaga 7 Elimineringsmatris av värmeenhetens konceptlösningar mot behov.

Konceptet Vägglatta eliminerades vid detta steg då denna värmeenhet inte uppfyller behovet: ”Lösning med yttemperatur över 40° C ska placeras minst 180 cm över golvytan”. Högsta möjliga resultat i matrisen, det vill säga om ett koncept skulle uppfylla alla krav väl, är 75 poäng. Resultatet för de kvarvarande fem koncepten var relativt jämnt för fyra av dem medan konceptet Hörn fick endast 64 poäng, jämfört med de övriga konceptens resultat som låg mellan 70 och 72 poäng. Därför eliminerades även Hörnkonceptet. De övriga koncepten fick poäng enligt följande;

- Taklist 72 poäng
- Krabba 71 poäng
- Takplatta samt Bucklig i tak 70 poäng

De fyra återstående koncepten utvärderades mot de viktade önskemålen för värmeenheten, även detta med hjälp av en viktad elimineringsmatris. För komplett matris se Bilaga 8, Elimineringsmatris av värmeenhetens konceptlösningar mot önskemål.

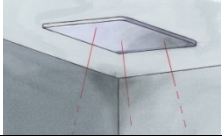
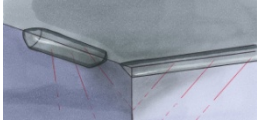
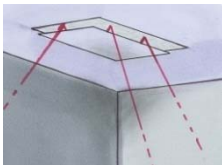
Högsta möjliga poäng ett koncept kunde få i detta utvärderingsteg var 162. Konceptet Bucklig i tak avvek här från övriga koncept och fick endast 137 poäng och därmed eliminerades konceptet.

Resterande tre koncept fick följande poäng;

- Krabba 145 poäng
- Taklist samt Takplatta 143 poäng

De tre återstående koncepten har alla stora fördelar om man ser till tidigare utvärderingsresultat. En för- och nackdelsmatris gav till slut ett koncept att arbeta vidare med.

Tabell 5 För- och nackdelsmatris, koncept för värmeenhet.

	Fördelar (+)	Nackdelar (-)	Summa
Koncept 2 Takplatta 	+ Enkel installation + Kan vara integrerad i taket + Kan komplettera i efterhand + Placering utanför normalt synfält	- Utstickande ur tak - Kan kräva ingrepp på tak - Flera synliga utspridda enheter	+ 1
Koncept 4 Taklist 	+ Kan integreras i interiören + Vinkling ger god värmespridning + Enkel installation + Enkelt att dölja elektronik + Frihet i effektdistribution + Originalitet + Behöver ej traditionella lister	- Storleksbegränsad yta - Kan förhindra möblering upp till takhöjd - Begränsar frihet i takdekoration	+ 4
Koncept 5 Krabba 	+ Enkel installation + Valfri utformning av synlig yta + Vinkling kan öka värmespridning + Originalitet	- Utstickande ur tak - Flera synliga utspridda enheter	+ 2

Tabell 6 Kommentarer från Rettig Sweden AB på koncept för värmeenhet.

	Kommentarer från Rettig Sweden AB
Koncept 2 Takplatta	Inte speciellt spännande lösning jämfört med Taklisten och Krabban. Kommer inte strålningen att komma lite väl mycket rakt ovanifrån? Välj bort detta koncept.
Koncept 4 Taklist	Bra att strålningen vinklas snett ner mot människorna i rummet. Intressant att använda en del av rummet som traditionellt inte används till placering av värmeenheter. Konceptet är väldigt bra, förutsatt att taklistens synliga yta kan ha andra färger än svart; undersök detta närmre. Gå helst vidare med detta koncept.
Koncept 5 Krabba	Krabban är ett innovativt och nytänkande koncept som ger stor designfriheten på den synliga ytan, spännande idé. Om den strålade ytan är något buktad mot taket så kommer strålarna att spridas i olika vinklar i rummet, det är bra. Konceptet är dock något mer komplicerat än Taklisten. Gå vidare med detta koncept om Taklisten inte skulle fungera att arbeta vidare med.

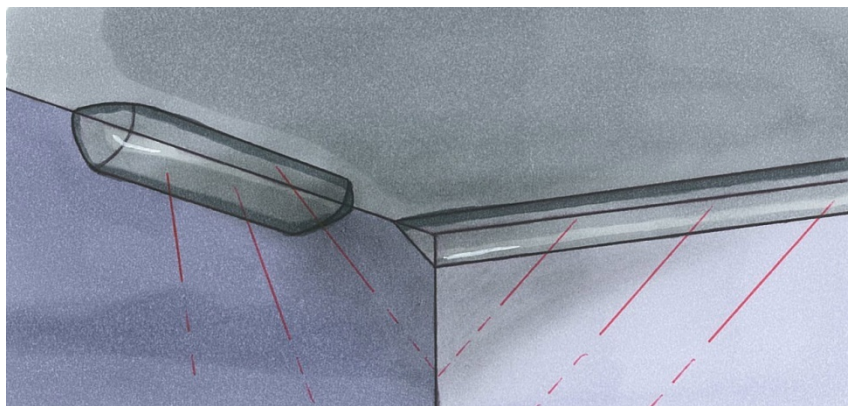
Analys

Koncepten Hörn och Vägplatta var relativt enkla att välja bort. De fyra då kvarstående koncepten har alla stora fördelar. Efter att ytterligare två koncept valts bort och endast Taklisten och Krabban fanns kvar var det betydligt svårare att välja ett koncept att arbeta vidare med. Det koncept som Rettig Sweden AB har sagt sig söka är ett innovativt men enkelt koncept. Både Krabban och Taklisten är nytänkande i sin placering i rummet men även i sin utformning och då vi har undersökt

marknaden har vi inte funnit dessa typer av produkter. Det slutgiltiga avgörandet var först och främst enkelheten hos koncepten, Krabban blir något mer i ögonfallande och blir mer komplicerad i sin konstruktion. Därför valdes Taklisten som det koncept som förs till vidareutveckling.

Konceptval

Det koncept som valdes blev alltså koncept 4; Taklist. Konceptet kommer i nästa arbetsfas, Slutliga lösningar, att vidareutvecklas och specificeras mer.



Figur 18 Taklist.

8.2 Styrenhet; utformning

Projektfasen Konceptlösningar innebar även framtagning av koncept för hur styrenheten skulle kunna utformas. Olika förslag på lösningar har genererats och sedan utvärderats utifrån vilka för- respektive nackdelar de har. Då Rettig Sweden AB var nöjda med framtagningen av de tre koncepten så har inget slutligen valts och därför finns heller inget definitivt slutkoncept. Detta för att värmeenheten är det primära i detta projekt. Koncepten på utformningen av styrenheten ger tillsammans dock en gemensam linje för hur ett slutkoncept skulle kunna se ut.

Utformning

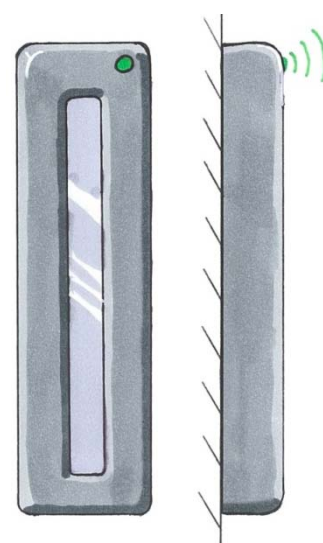
Konceptgenerering

Konceptgenereringen resulterade i tre olika koncept, varav det första visar förslag på utformning av både central och lokal enhet, det andra visar en central enhet och det tredje visar en lokal enhet. Alla tre koncepten är tänkta att vara relativt diskreta i rummet vilket är viktigt för att passa bra ihop med värmeenheten som också ska upplevas som diskret och integrerad.

Koncept 1 – Flipp

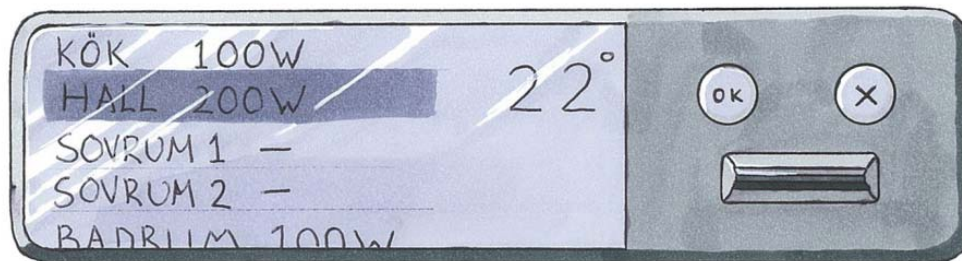
Flipp är ett koncept som visar både hur en lokal enhet och den centrala styrenheten skulle kunna se ut. Båda enheterna har en diskret ljus färg för att de inte ska vara alltför i ögonfallande.

Den lokala enheten är till formen en vertikalt placerad rektangel med rundade hörn. Användaren interagerar med enheten genom att föra fingret uppåt eller neråt längs med touchscreen-listen som finns i mitten av enheten. För att öka värmen förs fingret uppåt längs listen och samtidigt syns på listen hur en stapel ökar i höjd. På samma sätt minskas värmen genom att användaren för fingret nedåt längs listen.



Figur 19 Koncept 1 - Flipp, lokal enhet.

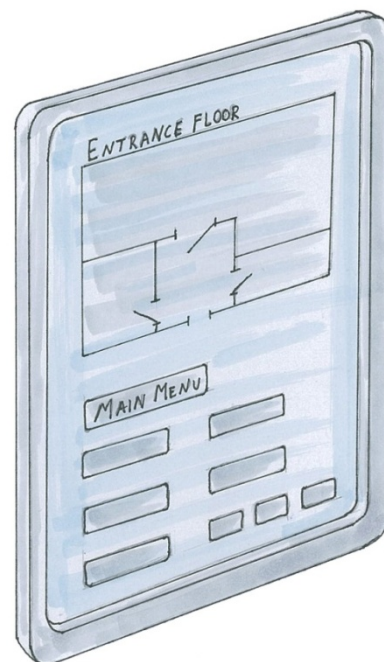
En svagt lysande diod indikerar att värmeenheten är aktiv och höjden på stapeln är proportionell mot hur mycket av den installerade effekten som används för tillfället. Den centrala enheten har samma form som den lokala, men är istället horisontellt placerad och något större än den lokala enheten. Den vänstra delen av enheten består av en display som i text visar aktuella rum samt använd effekt och temperatur i dessa. För att bläddra längre ner i rullisten används den avlånga ”flippknappen”. Denna knapp återgår hela tiden till sitt ordinarie läge efter att man tryckt den uppåt eller nedåt. Dessutom finns en knapp för OK/gå in i meny och en för avbryt/gå ur meny. Längst ner i rullisten skulle generella inställningar kunna göras, så som bortafunktionen.



Figur 20 Koncept 1- Flipp, central enhet.

Koncept 2 – Touchscreen

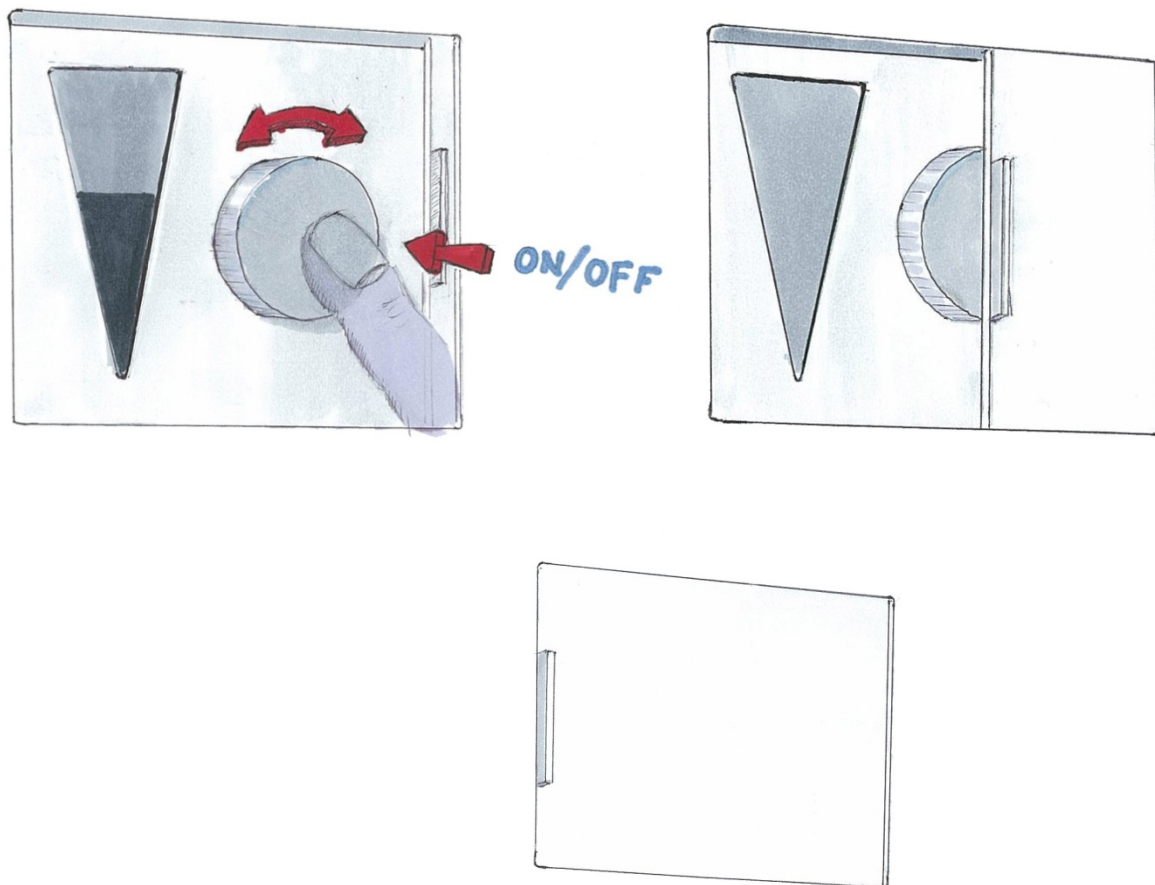
Touchscreen visar hur en central styrenhet skulle kunna se ut. Även denna enhet är något rektangulär, men mer kvadratisk än formerna i första konceptet, och hörnen är avrundade. Displayen är platt, vilket tillsammans med att den har en ljus färg gör den diskret. Styrenheten har inga fysiska knappar utan består endast av en enda stor tryckkänslig skärm omgärdad av en ram i ett annat material. På skärmen visas sedan grafiska knappar som användaren kan trycka på och husets rum visas som en skiss över planlösningen. I planlösningen kan effekt och temperatur i valt rum eventuellt visas direkt. Att enheten saknar fysiska knappar gör den lätt att uppgradera eller ändra utseende på om behov av detta skulle finnas.



Figur 21 Koncept 2 - Touchscreen.

Koncept 3 – Dold

Dold är ett koncept som visar en eventuell utformning av den lokala enheten. Formen på enheten är även rektangulär med rundade hörn. Styrenhetens reglage är insänkta i väggen och döljs av en lucka som skjuts över i sidled då enheten inte används. Luckan har samma färg och textur som väggen, enheten göms på så sätt effektivt då detta önskas. Interaktion med styrenheten sker via en rund större knapp. För att slå av eller på värmeenheten trycker användaren mitt på knappen, vilket ger återkoppling i form av ett mekaniskt klick. För att justera effekten vrider man på reglaget och den triangelformade displayen till vänster visar aktuell använd effekt genom att den mörkt markerade stapeln höjs eller sänks.



Figur 22 Koncept 3 - Dold.

Konceptutvärdering

Tabell 7 För- och nackdelsmatris, utformning av styrenhet.

	Fördelar (+)	Nackdelar (-)
Koncept 1 (central + lokal)	+ få knappar/reglage + tydlig visuell feedback vid effektjustering + möjligt att visa grafiska bilder	- diod på de lokala enheterna kan vara irriterande
Koncept 2 (central)	+ fri/justerbar utformning av menysystem och knappplacering + möjligt att visa grafiska bilder + planlösningsskiss ger god översikt	- många knappar/reglage - mycket information visas samtidigt på skärmen -kan verka komplicerad
Koncept 3 (lokal)	+ få knappar/reglage + tydlig visuell feedback vid effektjustering + integreras i vägg, kan enkelt döljas	- inbyggnad i vägg komplicerar installation

Tabell 8 Kommentarer från Rettig Sweden AB på utformning av styrenhet.

	Kommentarer från Rettig Sweden AB
Koncept 1 (central + lokal)	Dioden på de lokala enheterna känns inte så bra, men den höj- och sänkbara stapeln bakom justeringslisten verkar vara en bra idé. Härlig flipp-knapp.
Koncept 2 (central)	Bra att kunna lägga till eller ta bort funktioner, kan då kanske uppgradera systemet efterhand. Risken kanske blir att man utnyttjar detta för mycket och adderar för många finesser.
Koncept 3 (lokal)	Spännande idé att bygga in styrenheten i väggen, men varför ha en lucka framför? Användaren kanske vill se reglagen och effektstapeln.

Analys

Alla de tre framtagna koncepten är diskreta i rummet vilket är viktigt då uppvärmningen är komplementär och ska kännas enkel och trygg. Däremot visar koncepten olika förslag på hur displayer och knappsatser skulle kunna utformas, en följd av detta blir även att menysystemen ser olika ut för de olika koncepten. Då projektet i huvudsak handlar om att utforma värmeenheten och inte styrenheten samt att Rettig Sweden AB ansåg att vi arbetet tillräckligt långt med styrenheterna, så lämnar vi utvecklingen av dessa här. De framtagna koncepten ger dock en linje för hur en styrenhet som känns enhetlig med värmeenheten skulle kunna se ut.

8.3 Slutlig kravspecifikation

I utvärderingen av konceptlösningarna kom vi fram till att Taklisten måste kunna vara vit. Detta behov adderades till den slutliga kravspecifikationen för värmeenheten, tabell 9, # 25. Eftersom det i fasen Konceptlösningar beslutades att vi inte skulle utveckla konceptlösningarna för styrenheten längre än vad vi redan gjort, har inte heller dennas slutliga kravspecifikation, tabell 10, uppdaterats, utan innehåller samma behov och önskemål som version 2. I Slutliga kravspecifikationen redovisas alltså de krav och önskemål som sammanställts för värmeenheten respektive styrenheten utifrån faserna Behovsidentifieringen, Övergripande lösningar och Konceptlösningar. Behoven, som bör uppfyllas av produkten, är markerade med ett ”B” i marginalen och önskemålen är graderade efter hur viktigt det är att de uppfylls av produkten, där gradering 5 är mest viktigt och gradering 1 är minst viktigt.

Tabell 9 Slutlig kravspecifikation för värmeenhet.

Slutlig kravspecifikation - Värmeenhet		
#	Funktion	Graderin g
Behov		
1	Lösningen bör gå att fast installeras i valda utrymmen.	B
2	Lösningen får inte orsaka skada på övrig interiör.	B
3	Lösningen bör ge någon form av feedback då den är aktiv, via värmeenheten eller lokal styrenhet.	B
4	Lösningen bör klara kraven enligt passivhusdefinitionen med avseende på tillförd effekt för uppvärmning.	B
5	Lösningen bör vara anpassad för industriell massproducering.	B
6	Lösningen bör bibehålla/förbättra inomhusluftens kvalitet.	B
7	Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.	B
8	Användaren bör uppleva behaglig värme i rummet inom 20 minuter från temperaturer på 17° C.	B
9	Lösningen bör kunna bibehålla rumstemperaturen vid snabba temperaturväxlingar utomhus ner till -20° C.	B
10	Lösningens effektanvändning bör kunna styras av användaren	B
11	Ljudstyrka över 25dB får inte överskridas.	B
12	Installations- och driftskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.	B
13	Installationen av lösningen i huset bör ej kräva rördragning.	B
14	Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.	B
15	Användaren bör uppleva att lösningen ger en jämn värmespridning i rummet.	B
16	Användaren bör uppleva behaglig värme i alla delar av rummet.	B
17	Användaren bör inte associera lösningen till traditionella element.	B
18	Lösningen bör vara så exergieffektiv som möjligt.	B
19	Lösningen bör ej gå att bränna sig på vid normal användning.	B
20	Lösning med yttemperatur över 40° C bör placeras minst 180 cm över golvytan.	B
21	Lösningen bör för ändamålet vara mer fördelaktig än en kupévärmare.	B
22	Uppvärmningen bör vara elektrisk	B
23	Lösningen bör ha en effekt som är tillräcklig i 20 år framåt.	B
24	Lösningens bör utformas för att kunna passa i olika rum.	B
25	Lösningens synliga delar bör vara vita	B
26	Lösningen bör uppfylla ovanstående krav i 20 år.	B

Önskemål		
27	Lösningens ergonomi bör vara god för installatören.	5
28	Lösningens ergonomi bör vara god för användaren.	5
29	Användaren bör uppleva att lösningen är enkel att sätta på/stänga av.	5
30	Lösningen bör vara integrerad med husets basvärmesystem.	5
31	Lösningen bör vara underhållsfri.	5
32	Lösningen bör tilltala målgruppen; Medvetna.	4
33	Boende bör kunna ställa in önskad rumstemperatur med en tolerans på 1°C.	4
34	Uppvärmning av oönskade rum bör undvikas.	4
35	Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig.	4
36	Lösningen bör kunna regleras på distans.	4
37	Lösningens design och placering bör återspegla hur frekvent den används.	4
38	De boende bör uppleva att lösningen uttrycker en varm grundkänsla.	3
39	De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen samt städa runt omkring den.	2

Tabell 10 Slutlig kravspecifikation för styrenhet.

Slutlig kravspecifikation - Styrenhet		
#	Funktion	Gradering
Behov		
1	Lösningen bör klara att begränsa tillförd effekt till max: $E=(12x)-900$ [W] för friliggande hus. Där x betecknar husets boyta.	B
2	Lösningen bör slå av värmeenheten automatiskt då en av användaren definierad lufttemperatur uppnåtts.	B
3	Lösningen bör vara anpassad för industriell massproduktion.	B
4	Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.	B
5	Användaren bör uppleva att det är lätt att välja inställning på husets värmeenheter.	B
6	Användaren bör uppleva lösningens usability som god.	B
7	Lösningen bör erbjuda en distribution av effekten mellan olika prioriterade rum enligt användarens önskemål.	B
8	Installationskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.	B
9	Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.	B
10	Användaren bör anse att styrenheten är ett positivt hjälpmedel.	B
11	Lösningen bör uppfylla dessa krav under lika lång tid som värmeenheten.	B
Önskemål		
12	Lösningens ergonomi bör vara god för installatören.	5
13	Lösningens ergonomi bör vara god för användaren.	5
14	Lösningen bör tilltala målgruppen; Medvetna.	4
15	Lösningen bör gå att integrera med husets värmeväxlare och värmebatteri.	5
16	Lösningen bör vara underhållsfri.	5
17	Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig.	4
18	Lösningen bör kunna regleras på distans.	5
19	De boende bör uppleva att lösningen uttrycker en samhörighet med värmeenheten.	3
20	Boende bör kunna ställa in önskad värmeförsel samt när det sätts på, en månad i förväg.	4
21	Lösningen bör medföra en överblick och en enkel styrning av varje enhet.	5
22	De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen.	2

8.4 Motivering av behov och önskemål

Behov och önskemål har sammanställts utifrån resultaten från Behovsidentifieringen, Övergripande lösningar och Konceptlösningar samt från faktainsamlingen kring passivhus och infraröd strålning. För de behov och önskemål som inte har uppenbar koppling till dessa resultat följer här en motivering för respektive krav och önskemål.

Behov värmeenhet

1. Lösningen bör gå att fast installeras i valda utrymmen

Krav från Rettig Sweden AB.

3. Lösningen bör ge någon form av feedback då den är aktiv, via värmeenheten eller lokal styrenhet.

Eftersom värmeenheterna ska placeras i passivhus kommer de ha relativt låg effekt i jämförelse med vanliga radiatorer. Därmed kan det vara svårare att veta om värmeenheten är påslagen endast baserat på den alstrade värmen. Feedback är också viktigt generellt för att driften bör ske energieffektivt och kundorienterat.

4. Lösningen bör klara kraven enligt passivhusdefinitionen med avseende på tillförd effekt för uppvärmning.

Nödvis för att värmeenheten ska kunna användas för dess ändamål, komplementvärme i passivhus, där det finns ett maxvärde för tillförd effekt per area.

6. Lösningen bör bibehålla/förbättra inomhusluftens kvalitet.

Behovsidentifieringen visar att de boende är nöjda med inomhusluftens kvalitet och att denna inte bör försämrats.

8. Användaren bör uppleva behaglig värme i rummet inom 20 minuter från temperaturer på 17° C.

Undersökningarna visar att passivhusen är kalla vid till exempel hemkomst från semester och så vidare, när huset inte använts på ett tag. När detta sker måste de boende kunna lita på att värmeenheten snabbt kan öka den upplevda temperaturen och därmed klimatkomforten.

9. Lösningen bör kunna bibehålla rumstemperaturen vid snabba temperaturväxlingar utomhus ner till -20° C.

Värmeenheten kommer främst att användas under vinterhalvåret då köldknäppar kan inträffa. Studierna av passivhusen har visat att det behövs ett kompletterande värmekälla när detta inträffar, vid stabil temperatur som inte är för låg, så klarar passivhusen värmehållningen bättre.

10. Lösningens effektanvändning bör kunna styras av användaren

Framtagna målgrupper behöver kontroll för att känna sig säkra på att passivhuset går att få varmt samt att de själva kan påverka energiförbrukningen, både av ekonomiska och miljömässiga skäl.

11. Ljudstyrka över 25dB får inte överskridas.

Rettig Sweden AB har arbetat med denna gräns tidigare då de inte vill att lösningen ska uppfattas störande, den baseras på Boverkets byggregler, se avsnittet Ljudteori.

13. Installationen av lösningen i huset bör inte kräva rördragning.

Krav från Rettig Sweden AB.

14. Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.

Samhället blir mer och mer miljömedvetet och här är passivhus ett medel för att minska miljöpåverkan. En värmeenhet för passivhus måste därmed också följa denna miljöanpassade väg. Enligt Passivhuscentrum bör det minst klimatpåverkande alternativet väljas i varje givet läge (Passivhuscentrum, *Myter om passivhus*)

15. Användaren bör uppleva att lösningen ger en jämn värmespridning i rummet.

”Ett gott klimat med hög värmekomfort betyder mycket för ditt välbefinnande” (Rettig Sweden AB, *Det handlar om ett bra inomhusklimat*). Jämn värme upplevs som mer behaglig än ojämn (Rettig Sweden AB).

16. Användaren bör uppleva behaglig värme i alla delar av rummet.

I Behovsidentifieringen framkom det att det kan vara kallt på golven.

17. Användaren bör inte associera lösningen till traditionella element.

Behovsidentifieringen visade att några av de boende ansåg traditionella element vara fula, att det var skönt med ”rena” väggar och att det helst inte skulle synas att det behövdes kompletterande värme i ett passivhus.

18. Lösningen bör vara så exergieffektiv som möjligt.

Det mest exergieffektiva och minst klimatpåverkande alternativet bör väljas i varje givet läge (Passivhuscentrum, *Myter om passivhus*). Exergi är ett mått på energins kvalitet (Nationalencyklopedin, Exergi 2009).

19. Lösningen bör ej gå att bränna sig på vid normal användning.

Nödvändigt för att lösningen ska vara säker att ha i ett hem

20. Lösning med ytemperatur över 40° C bör placeras minst 180 cm över golvytan

Den internationella standarden SS-EN 60335-2-30 säger att det inte finns någon gräns för temperaturökning på höjden 1.80 meter över golvet för värmeelement. Vi vill inte ha det för varmt ändå, då vi inte vill att användare ska tycka att lösningen är obehagligt varm.

22. Uppvärmningen bör vara elektrisk

Krav från Rettig Sweden AB.

23. Lösningen bör ha en effekt som är tillräcklig i 20 år framåt

Värmeenheterna ska vara en investering till passivhuset och därmed måste största möjliga effekt, inom ramen för passivhuskraven, vara möjligt att installera. Detta för att kompensera för framtidens potentiella minskning av spillvärme från multimedieprodukter och byten till lågenergilampor. Detta motsvarar en maximal ökning av 4 W/m².

24. Lösningen bör utformas för att kunna passa i olika rum.

Nödvändigt för att uppfylla krav nummer 1

25. Lösningens synliga delar bör vara vita

Estetiska skäl för att taklisten ska kunna smälta in i inredning.

26. Lösningen bör uppfylla alla ovanstående krav i 20 år

Värmeenheterna ska vara en investering till passivhuset och därmed måste de hålla kraven under lång tid för att vara en konkurrenskraftig lösning.

Önskemål värmeenhet

30. Lösningen bör vara integrerad med husets basvärmesystem

I Behovsidentifieringen framkom det att värmesystemen idag inte är helt kompatibla och att detta var något som efterfrågades.

31. Lösningen bör vara underhållsfri

Lösningen ska vara ett komplement och främst användas under vinterhalvåret. När lösningen väl behövs och ska användas bör den fungera väl utan underhållsarbete.

33. Boende bör kunna ställa in önskad rumstemperatur med en tolerans på 1° C

Detta för att konkurrera med andra värmesystem.

34. Uppvärmning av oönskade rum bör undvikas

Detta för att minimera energiförbrukningen.

35. Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig

Enligt Passivhuscentrum bör det minst klimatpåverkande alternativet väljas i varje givet läge (Passivhuscentrum, *Myter om passivhus*).

36. Lösningen bör kunna regleras på distans.

I Behovsidentifieringen framkom det att ett av problemen med passivhus var att de blev kalla när de inte används på ett tag, till exempel när de boende varit bortresta. Om lösningen kan regleras på distans kan detta problem elimineras genom att de boende till exempel kan sätta på värmen en stund innan de kommer hem. Detta minskar energiförbrukningen eftersom värmen inte behöver stå på under bortavistelsen bara för att de boende vill ha det varmt just när de kommer hem.

37. Lösningens design och placering bör återspegla hur frekvent den används.

I Behovsidentifieringen framkom det att de boende var nöjda med att inte ha några traditionella element under fönstren och att det är något de vill behålla. Det är även en fördel för passivhusens image att inte ha stora eller iögonfallande värmeenheter.

39. De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen samt städa runt omkring den.

I Behovsidentifieringen framkom det att de boende var nöjda med att inte behöva städa runt några traditionella element. Det är också en fördel för luftkvalitet och i hälsosyfte om det inte samlas damm och smuts.

Behov styrenhet

1. Lösningen bör klara att begränsa tillförd effekt till max: $E=(12x)-900$ [W] för friliggande hus. Där x betecknar husets boyta.

Förutsättning för att klara passivhuskraven (Forum för energieffektiva bostäder (2008).

Kranspecifikation för passivhus i Sverige - Energieffektiva bostäder). Där huset antas ha ett värmebatteri på 900W.

2. Lösningen bör slå av värmeenheten automatiskt då en av användaren definierad lufttemperatur uppnåtts.

Detta för att minimera energiförbrukningen

7. Lösningen bör erbjuda en distribution av effekten mellan olika prioriterade rum enligt användarens önskemål.

Detta för att kunna maximera utnyttjandet av tillåten installerad effekt enligt passivhuskraven

8. Installationskostnaden bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar

För att konkurrera med andra värmesystem

9. Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt

Enligt Passivhuscentrum bör det minst klimatpåverkande alternativet väljas i varje givet läge.

(Passivhuscentrum, *Myter om passivhus*).

Önskemål styrenhet

15. Lösningen bör gå att integrera med husets värmeväxlare och värmebatteri

I Behovsidentifieringen framkom det att värmesystemen inte uppfattades som helt kompatibla och att detta var något som efterfrågades.

16. Lösningen bör vara underhållsfri

Lösningen ska vara ett komplement och främst användas under vinterhalvåret. När lösningen väl behövs och ska användas bör den fungera väl utan underhållsarbete.

17. Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig

Enligt Passivhuscentrum bör det minst klimatpåverkande alternativet väljas i varje givet läge

(Passivhuscentrum, *Myter om passivhus*).

18. Lösningen bör kunna regleras på distans

I Behovsidentifieringen framkom det att ett av problemen med passivhus var att de var kalla när de inte använts på ett tag, till exempel när de boende varit bortresta. Om lösningen kan regleras på distans kan detta problem elimineras genom att de boende till exempel kan sätta på värmen en stund innan de kommer hem så att det är lagom varmt när de kommer hem. Detta minskar energiförbrukningen eftersom värmen inte behöver stå på under bortavistelsen när de boende vill ha det varmt när de kommer hem.

20. Boende bör kunna ställa in önskad värmeställning samt när det sätts på, en månad i förväg.

Detta för att de boende ska kunna planera när enheten ska sättas på och därigenom minimera energiförbrukningen och maximera värmekomforten.

21. Lösningen bör medföra en överblick och en enkel styrning av varje enhet

Detta för att användarna ska få en känsla av kontroll och för att minimera onödig energiförbrukning.

8.5 Sammanfattning Konceptlösningar

Sammanfattningsvis har vi nu beslutat att värmeenheten kommer att vara en taklist som sänder ut IR-strålning. Utformningsförslag på den centrala och de lokala styrenheterna har också tagits fram, men arbetet med dessa enheter avslutas i denna projektfas. I nästa fas vidareutvecklas endast Taklisten.

9 Slutliga lösningar

Slutligen presenteras resultaten och analyserna från projektets fjärde fas; Slutliga lösningar. Här har projektgruppen vidareutvecklat det valda konceptet på värmeenheten, Taklisten, och utarbetat tekniska detaljer som till exempel färgning av panelens yta, vinklingen på panelen och hur panelen ska monteras. Hur dess uttryck ska fungera i ett rum har också avbildats samt hur styrenheten ska bilda en enhet med listen. Styrenheten i sig har inte vidareutvecklats från förra fasen; Konceptlösningar.

9.1 Vidareutveckling av konceptet Taklist

I vidareutvecklingen av konceptet tittade vi i huvudsak på fyra områden. Färgning av yta, fördelning av effekt, vinkling och krökning samt upphängning och montering.

Färgning av yta

Eftersom den specifika kolfiberpanel vi har studerat är svart, behöver projektgruppen få den i en annan färg för att estetiskt kunna passa in den komplementära uppvärmningsenheten i ett rum på ett bra sätt. Eftersom vi anser att ljusa färger på taklister och väggar är vanligt, väljer vi att främst titta på en utveckling av vitfärgning av panelen, men den vita kulörten har vi valt att inte definiera närmare. Vit är också en färg som passar bra tillsammans med de flesta andra färger och mönster. Eventuellt kan en vidareutveckling till färgning med andra färger vara aktuell vid en eventuell lansering, men ligger därmed utanför målet för detta projekt.

Konceptgenerering

Vi kom fram till tre möjliga sätt att få panelen i vitt. Det första alternativet är att beställa en vit kolfiberpanel där den täckande och bindande epoxin i fiberväven har färgats. Det andra alternativet är att måla kolfiberpanelen med vit färg. Ett tredje alternativ kan vara att klä in panelen med vit textil.

Analys

Alternativet med att beställa panel som är vit från början kan innebära estetiska nackdelar eftersom ytan är blank. Det kan se uppseendeväckande ut med blank vit färg på en list, vilket i sin tur gör att listen sticker ut på ett negativt sett. Dessutom har vi inte under vår informationsinsamling kunna hitta några siffror på om den vita panelen har andra värmestrålningsegenskaper än den svarta vi redan har, detta är viktigt att veta då passivhus har en liten tillgänglig effekt att utnyttja. En eventuellt stor effektförlust vid användning av en vit kolfiber istället, skulle vara ödestiger. Den uppenbara fördelen med en vitfärgad kolfiberpanel är att panelen inte behöver behandlas ytterligare för att bli vit.

Genom att måla listen med vit färg kan den smälta in bra med vägg- och takfärgen och på så sätt bli diskret. Det kan dock vara problematiskt att hitta uppgifter på hur en viss färg påverkar panelens värmeegenskaper samt hur den i sin tur, kemiskt påverkar panelen. Ett annat problem är att vit färg som värms upp gulnar snabbare än vid normal temperatur. För att få en bra uppfattning om det går att använda en färg behövs det göras tester med målade paneler vilket skulle ligga utanför detta projekts ramar.

Tyg används idag i IR-bastur, som ett skyddande skikt för panelen. Positivt med tyg är att det inte påverkar panelen kemiskt såsom en färg kan göra. Det kan vara en estetisk fördel med möjligheter till ett ”varmare” uttryck för värmeenheten och att det ger en matt, trevlig yta. Nackdelen är att det kan vara svårt att få tyg att passa som list i taket, fästning av tyg på ytan kan vara mer komplicerat än att

måla och att tyg kan påverka strålningsegenskaperna negativt. Därför är det viktigt att en textil med god genomsläpplighet av IR-strålar användas om det skulle bli aktuellt att klä panelen med textil.

Slutsats angående färgning av yta

Vi ser tre möjligheter att få panelen vit. Vilket alternativ som bör väljas kräver ytterligare undersökningar och tester, särskilt under en längre tid, där fokus bör ligga på att kontrollera hur de olika alternativen påverkar IR-strålningen från panelen, estetik samt hur färgen påverkas. Vi tar inget beslut i denna fråga då mängden tillgänglig information är för liten.

Fördelning av effekt

Vi behövde bestämma hur vi skulle fördela effekten och kolfiberpanelerna längs listkonceptets yta för att maximalt kunna utnyttja den begränsade effekt vi hade till förfogande.

Konceptgenerering

Projektgruppen kom fram till två alternativ för effektspridning i listen. Antingen så placeras infraröda kolfiberpaneler jämnt utspridda över hela listen, eller så består listen av moduler med och utan infraröda paneler. Moduler med kolfiberpanel skulle kunna tillverkas i två olika längder, en på cirka 1 meter och en på 2 meter, de utan kolfiberpanel kan i så fall också vara omkring 2 meter. Detta för att dessa moduler ska kunna installeras i olika stora rum efter behov.

Analys

Vi har en effekt på maximalt 828 W att fördela i vår standardvilla. Med möjligheten att med styrenhetens centrala enhet fördela effekten mellan rummen, kan vi också installera den maximala effekten i varje rum. Dock skulle det innebära att endast ett rums värmeenhet kan användas om all effekt skall läggas där, vilket kan anses som ovanligt i ett hushåll med flera personer. Därför är det positivt om möjlighet ges att fördela effekten på olika sätt.

För att möjliggöra detta talar det för att använda moduler både med och utan infraröd panel så att effekten kan portioneras ut längs listen och designas för varje rums behov och utformning. De värmestrålande panelerna kan därmed placeras ut i listen så att ytor, där de boende vistas i oftare, prioriteras. För områden i rummet där de boende vistas mer sällan och i hörn innehåller listen endast plattor utan värmestrålare. Modulalternativet med delar med och utan kolfiber, har den stora fördelen att kunna omfördelas och anpassas efter rummets möblemang. Alternativet med att ha infraröda paneler i hela listen skulle innebära att onödig yta i rummet värms upp.

En mer koncentrerad fördelning av värmepanelerna i moduler skulle ge en mer effektiv och användbar värmedistribution i de bestrålade områdena. Ett problem som en tät effektkoncentration i sektioner skulle kunna medföra är att man uppfattar skiftningarna i temperatur. Eftersom de kallare sektionerna är områden som används mer sällan anser vi att problemet är försumbart, samt att stora skillnader sällan uppträder.

Att ha en lägre effektkoncentration genom en homogen fördelning skulle ge en längre livstid på värmepanelen i sig. En homogen fördelning skulle också minska risken för eventuell överhettning eller att man bränner sig på panelen (Ogden Manufacturing). Risker som vi ser som små då temperaturen på våra paneler ligger konstant på 40-45° C och placeringen är högt ovan golvet. Enligt civ. ing. Ulf Ingemansson, Gyptech AB, anses det generellt att en låg temperatur och en stor yta är positivt för komforten, alltså en låg effektkoncentration. Däremot ser projektgruppen att effekten per ytenhet är liten för den infraröda panelen oavsett om den koncentreras mer eller mindre.

Konceptval

Vi valde slutligen modulkonceptet, där vissa delar sänder ut infraröd strålning och andra inte, på grund av dess möjligheter att designa värmeförseln i rummen utifrån möblering och behov, samt att den hushåller med effekten på ett bättre sätt.

Vinkling och krökning

Konceptgenerering

Taklistens möjlighet att vinklas är från att ha den dikt an mot väggen till att ha den dikt an mot taket, och alla vinklar däremellan. Taklisten skulle kunna vara helt plan och rak, men möjligheten finns att kröka listen så den blir konvex ut från väggen, detta för att få en så bra spridning av strålningen som möjligt.

Analys

För att undvika att strålning träffar intilliggande tak bör den inte placeras dikt an mot väggen och av samma anledning, inte heller dikt an mot taket, listen bör vara vinklad någonstans däremellan. Genom att välja 45° så minimeras andelen strålningen som absorberas i väggen och taket.

En krökning av listen kan medföra att mer strålning riktas mot vägg och tak istället för in mot rummet. Vi ser heller inga estetiska fördelar med en krökning och vi anser det mer krävande att tillverka en krökt panel än en rak panel.

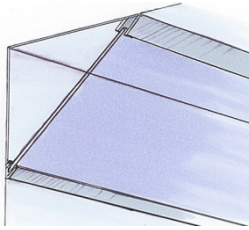
Konceptval

Vi väljer enligt ovanstående anledningar att ha en plan och rak list med 45° lutning från tak och vägg.

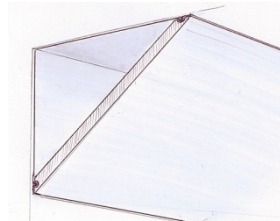
Upphängning och montering

För alla koncept har vi ett vägg/takfäste som sätts upp där listen skall sitta, sedan skall panelerna monteras på detta fäste. Eftersom panelen endast är 0,5 mm tjock behöver vi stadga upp den med en bakgrundsplatta för att få styrsel samt för att på denna platta kunna montera fästen som skall göra det möjligt att i sin tur sätta fast panelen på vägg/takfästet.

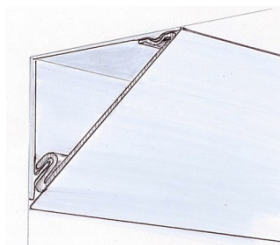
Konceptgenerering



Ett koncept för upphängning som vi kallar *Skår-konceptet* innebär att plattan fäster i en ram med en övre och en undre skåra. Då panelen skall monteras förs den först in i den övre, djupare, skåran och sedan i den undre. Plattan vilar sedan på skårornas ytterkanter och den nedre skårans botten.



Klick-konceptet innebär att det finns urgröpnings längs långsidorna på plattan som panelen sitter på. På vägg/takfästet skall det finnas ett flexande material i en sträng längsledes varpå urgröpfungarna på plattan klickas i.



Hake-klick – konceptet innebär att plattan är utformad som en hake nertill med 45° lutning och med ett utstickande avslut överst med en nedbuktning. På vägg/takfästet finns det en hane i 45° lutning som passar till plattans hake nedtill, samt en utbuktande sträng som passar i plattans nedbuktning upptill. Plattan med panel monteras genom att först haka på den nedtill på fästet i tak/väggfästet, för att sedan trycka fast det övre snäppfästet på tak/väggfästet upptill. Plattans kanter skyms med tunna plastlister.

Takfästet är tillverkat av ett standardstål och anpassas efter upphängningsfunktionen för bakgrundsplattan.

Analys

Skår-konceptets fördel är att det blir en enkel montering och att panelens kanter täcks. Däremot är nackdelarna att fästena täcker en del av panelen samt att precisionen kan vara sämre eftersom panelen ligger på fästena vilket kan innebära att panelerna ligger skevt i förhållande till varandra. Dessutom kan det vara en estetisk nackdel med skåror som är olika stora och syns.

Klick-konceptets fördel är att panelen är fixerad mellan två friktionsfästen och att monteringen är enkel. Nackdelen är att det krävs ett ytterligare material, som flexar, vilket skall fästas i vägg/takfästet. Detta gör det något besvärligare ur tillverkningsynpunkt.

Hake-klick-konceptets stora fördel är att bakgrundsplattan kan tillverkas i ett enda stycke utan att olika delar behövs svetsas ihop. Med haken och snäppfästet bli monteringen enkel. Panelen får även ett stilrent uttryck genom den böjda plattan. En nackdel kan vara att detta fästkoncept har den förhållandevis mest komplexa geometrin.

Konceptval

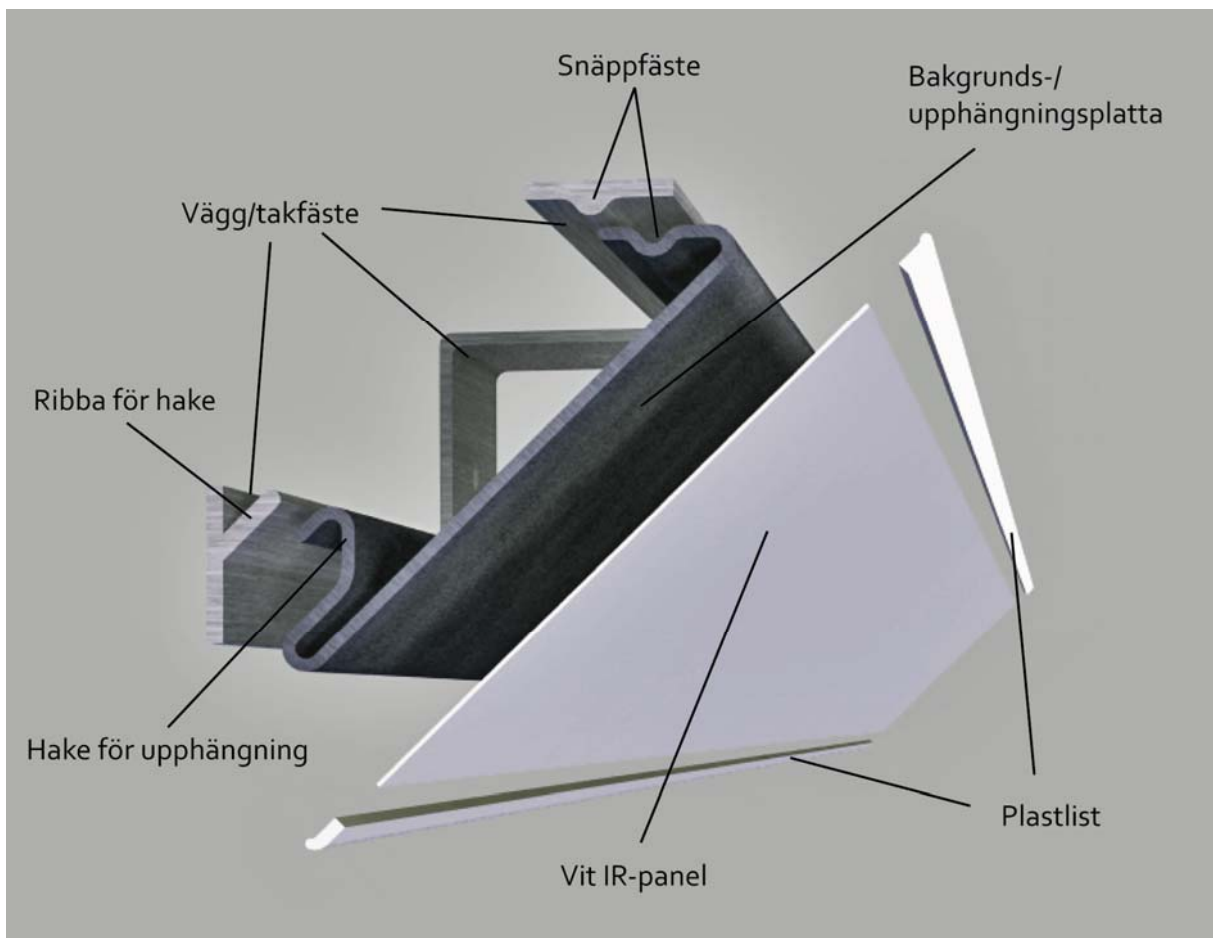
Vi har valt Hake-klick-konceptet på grund av dess tillverkningsfördelar och monteringsfunktion som vi anser är överlägsna de andra två koncepten. Den har inte heller någon uppenbar nackdel i jämförelse med de andra. Denna variant av montering medför även att nedmontering kan lösas på ett bra sätt, till exempel med sugproppar, skruvmejsel eller med ett utvecklat specialverktyg.

9.2 Slutlig lösning

De valda slutliga koncepten för fördelning av effekt, vinkling och krökning samt upphängning och montering är sammansatt till den slutliga lösningen för vårt projekt, som redovisas nedan i detalj. Att panelen ska vara vit är också bestämt dock inte hur detta teknisk ska genomföras, se avsnitt 9.1. Först redovisas själva värmeenheten, sedan styrenhetskoncepten och slutligen helheten där deras samverkan och totala uttryck beskrivs.

Värmeenheten

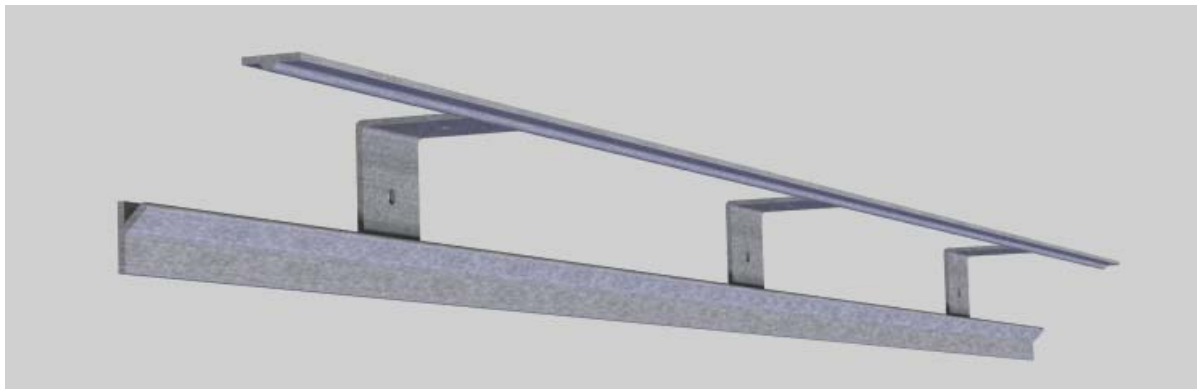
Värmeenheten består av två delar där vägg/takfästet är en del och själva värmepanelen med upphängning är en del. Nedan visas en sprängskiss med värmeenhetens alla komponenter.



Figur 23 Sprängskiss för värmeenhet.

Konstruktion och tillverkning av vägg/takfäste:

Vägg/takfästet består av en konstruktion tillverkad av stål nr: 1312. Stålet har en tjocklek på 2 mm och levereras på rullar till tillverkaren. Metallskivor mäts ut i rätt bredd och längd och därefter stansas hålrum ut för att spara material. Konstruktionen bockas sedan till 90° vinkel. Materialspillet som blir över från tillverkningen säljs vidare och blir på så sätt en besparing. Fästet kommer att tillverkas i två



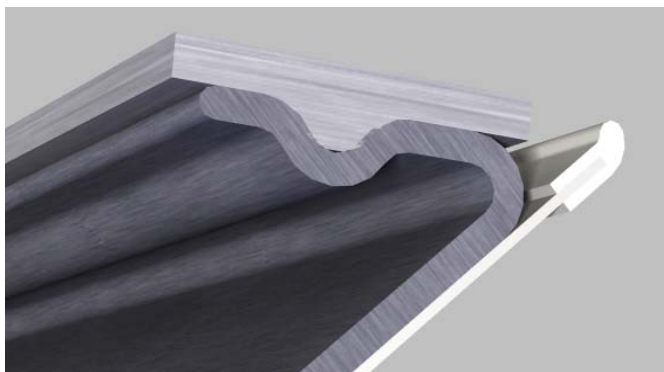
Figur 24 Vägg/takfäste värmeenhet.

olika längder på 1000 och 2000 millimeter som installatören själv kapar efter behov vid installation. Det 1000 mm långa fästet tillverkas också med ena änden avkapad med 45° vinkel för installation i hörn.

En längsgående ribba, som har samma längd som fästet, svetsas fast på vägg/takfästets nedre del i 45° lutning mot väggen. På samma sätt svetsas en mindre ribba fast längs takdelen. Detta är de fästen som värmepanelen sedan kommer att fästas i. Vägg/takfästet på 1000 millimeter har tre tvärgående vinkeljärn som har två skruvhål i sig per styck medan längden 2000 millimeter har fem vinkeljärn. Storleken på skruv är en standardvariant på 5 mm i diameter och dessa skruvas genom fästets förborrade hål i vägg och tak.

Värmepanelens konstruktion:

Plattan har en hake placerad längs nedsidan, se figur 25. Denna hake är en i profil böjd form som hakar i vägg/takfästets nedre hake vid montering. Utrymmet på insidan av haken är lite mer än tredubbelt så stort som den ribba på fästet den skall hakas fast på. Detta är för att underlätta vid montering så att haken lätt kan hakas på.



Figur 25 Snäppfäste, övre del av värmepanel.



Figur 26 Hakfäste, nedre del av värmepanel.

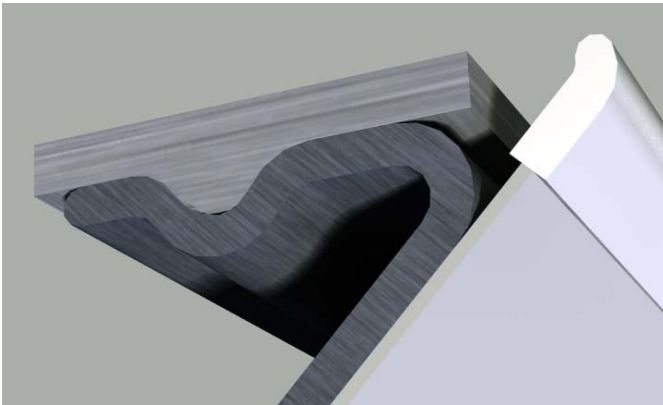
Ovantill på plattan finns på samma sätt en utsvängd form som snäpper fast i vägg/takfästets ribblist, se figur 26, detta efter att nederdelen först hakats i. Panelen har tunna vita plastlister på kanterna mot tak och vägg för att åstadkomma ett estetiskt bra avslut på panelen. Här bildas också en glipa mellan plastlist och tak/vägg för varm luft att komma ut igenom. För fler beskrivande bilder se figur 28-31 på nästa sida. Elen är parallellkopplad och dras genom två sladdar per panel bakom fästmodulen från ena sidan kortsidan ut på andra. Värmepanelen kommer att förutom i två olika längder på 1000 och 2000 millimeter, finnas i en 2000 mm längd av panel utan IR-panel, men som ser likadan ut. Detta för att möjliggöra spridning av effekten i rummet. Elsladdarna dras även via dessa paneler för att sedan gå runt i rummet från panel till panel.

Tillverkning av värmepanel:

Kolfiberplattan färgas vit på lämpligt sätt och fästs i sin tur genom att limmas fast på en bakgrundsplatta. Plattan tillverkas i samma material som vägg/takfästet av 1,5 mm plåt som bockas till önskad form. Tjockleken på plåten har vi valt för att den ska tillåtas flexa i det övre snäppfästet men samtidigt vara en stabil bakgrund för IR-panelen. Två hål borras på baksidan på bakgrundsplattan för elsladdarna att gå ut genom. Ena hålet nära den ena kortsidan och det andra hålet nära den andra kortsidan. Modulen tillverkas i längderna 1000 och 2000 mm.



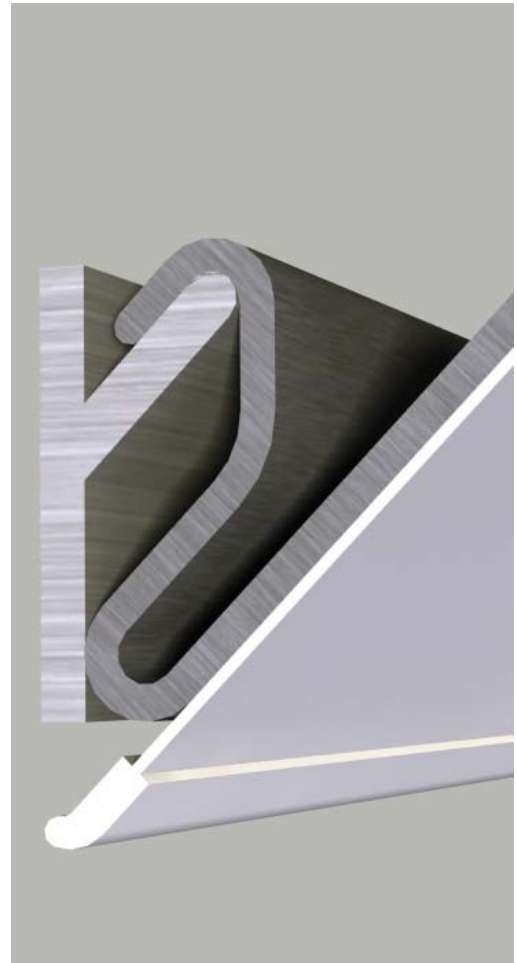
Figur 30 Total vy av värmeenhet, baksida.



Figur 29 Snäppfäste, övre del.



Figur 27 Total vy av värmeenhet, framsida.



Figur 28 Hakfäste, nedre del.

Montering

Först monteras vägg/takfästet upp runt rummet där listen skall sitta. I hörnen används de fästen med ett 45° avslut i ena änden. Fästet kapas med metallsåg där det behövs för att passa in i rummet. Därefter monteras panelerna på plats genom att först haka på haken i tak/väggfästets nedre ribba för att sedan trycka fast panelen så att det övre fästet snäpps på plats. Modulerna utan IR-panel kan kapas med metallsåg för att passa in i rummet. För hörnen sågas de tomma panelernas ena ände med 45° vinkel. Elsladdarna dras upp bakom väggen och ut genom ett hål vid listen där sedan den första plattan monteras. De efterföljande modulernas sladdar kopplas sedan ihop efter varandra i takt med att de monteras på fästet. För de moduler som inte består av någon infraröd panel så dras bara en längre sladd från den föregående infraröda panelen, bakom modulen utan, för att sedan kopplas ihop med den efterföljande modulen med infraröd panel.

Styrenheten

Koncepten för styrenheten togs inte längre än vad som redovisades i kapitel 8.2, vilket var ett beslut från Rettig Sweden AB. Alla de tre framtagna koncepten för styrenheten är diskreta i rummet vilket är viktigt då uppvärmningen är komplementär och ska kännas enkel och trygg. Dessutom ska styrenhetskoncepten kännas enhetliga och ha samma diskreta uttryck som värmeenheten.

Helheten

Den slutliga helheten ger ett förhållandevis anonymt och enhetligt uttryck. Se Figur 32 och 33. Genom att placeringen av enheten är så känslig för fel intryck så har vi fått vara försiktiga med uttrycket. Vi vill att den i första hand ska attrahera målgruppen Gemeneman och därför andas pålitlighet. Detta är ett uttryck som framförallt styrenheten därför ska uttrycka eftersom den i första hand kommer att synas. Värmeenheten ska uppfattas som en diskret och vanlig list men med den dolda förmågan att värma upp människor och föremål i rummet.

I bilaga 9 visas en ritning på IR-taklisten. De mått som är angivna kommer från projektgruppens CAD-modell och utifrån ritningen skulle en funktionsmodell kunna byggas för ytterligare analyser av IR-taklisten. Måtten är endast angivna för att visa att en prototyp går att tillverka - ritningen fungerar således inte som underlag för tillverkning.



Figur 31 Rendering av värmeenheten i ett rum.



Figur 32 Rendering av värmeenheten i ett rum.

Utvärdering av slutlig lösning

Utvärderingen av den slutliga lösningen mot behoven och önskemålen i den slutliga kravspecifikationen samt dess givna betyg redovisas i bilaga 10. Alla behov och önskemål fick betygen 2 eller 1, där 2 är den starkare uppfyllningsgraden. Betyget innebär att behoven är teoretiskt uppfyllda respektive att behoven kan uppfyllas när den slutliga lösningen och dess detaljer är fastställda; styreenheten är utvecklad och produkten är klar och har testats under en längre tid.

9.3 Sammanfattning

Den slutliga lösningen består av ett tak/väggfäste som först monteras i rummet. Värmeenheten kopplas sedan till de dragna elsladdarna och hakas i nederdelen på fästet samt klickas i upptill. Panelerna tillverkas också i längder utan infraröd teknik för att möjliggöra en smidig spridning av effekten i rummet.

Sammanfattningsvis har den slutliga lösningen, efter fastställning av alla detaljer, goda möjligheter att uppfylla alla behov och önskemål i den slutliga kravspecifikationen. Hur den slutliga lösningen bland annat färgas vit lämnas vidare för ytterligare undersökningar.

10 Diskussion

Nedan följer gruppens diskussioner angående projektets resultat, hållbar utveckling, det valda arbetssättet, och våra erfarenheter från projektet.

10.1 Projektresultat

Den centrala frågan är om den slutliga lösningen med en taklistutformning och infraröd kolfibertechnik uppfyller målet som en komplementär värmekälla i ett passivhus. Med den effektbegränsning vi arbetat efter enligt passivhusdefinitionen känner vi starkt att vår lösning är den bästa och effektivaste värmeenheten för ändamålet. Däremot kräver frågan om effekten är tillräcklig för ett behagligt inomhusklimat att en prototyp tillverkas och testas, men detta ligger utanför projektets mål.

10.1.1 Uppfyllelse syfte och mål

Vårt slutkoncept i form av en kolfiberpanel placerad i 45° vinkel där tak möter vägg uppfyller syftet med projektet då det är en komplementär värmekälla för passivhus. Rettig Sweden AB måste dock vidareutveckla framförallt dess styrenhet för att kunna lansera produkten i framtiden. Vi kom fram till, i samförstånd med företaget, beslutet att stanna vid ett antal koncept för styrenheten. Enligt vårt projektupplägg skulle vi utvärdera en mängd olika tekniker och ha en väldigt bred idégenerering för värmeenheten från start, vilket vi har haft. Vald teknik, dess funktioner, utseende, storlek och placering har definierats.

10.1.2 Resultatets relevans för Rettig Sweden AB:s verksamhet

Slutkonceptet för värmeenheten har en teknik och placering med mera som ligger långt ifrån det beställande företagens verksamhet idag. Detta har delvis skett på grund av deras vilja att ta fram en helt ny produkt och att de uppmuntrat oss till val av ny teknik och innovativa lösningar. Passivhusmarknaden är också en ny marknad vilket motiverar en helt ny produkt för ändamålet. Gruppen ser den slutliga lösningen som en bra möjlighet för Rettig Sweden AB att ta sig in på en ny marknad och att tänka i nya banor.

Rettig Sweden AB måste ta ett beslut om de ska satsa på Taklisten och då genomföra tester, vidareutveckling till en färdig produkt och en lansering. Det finns en mängd ny information de måste ta in och tillämpa. Även en helt ny produktionskedja eller leverantörskedja behöver etableras. Vi tror därför att en lansering av en vidareutveckling av vårt koncept inte kommer att ske inom den närmaste framtiden.

10.1.3 Uttryck och teknik

Taklisten associerar absolut inte till ett traditionellt element, vilket är bra i detta sammanhang då vi förstått att de boende i passivhus tycker det är skönt att slippa traditionella element som sitter på väggarna. Resultatet tilltalar målgruppen därför att det är anonymt, pålitligt, innovativt, men ändå med en beprövad teknik i grunden. Den ringa storleken på Taklisten gör att enheten inte blir iögonfallande. Genom att utforma enheten så att den kommunicerar med övrig värmeteknik i passivhuset blir den också en integrerad del av huset och uppfattas därför inte som ett tillägg, vilket är viktigt.

Valet av lämpligt sätt att göra den svarta ytan på listen vit har varit ett svårt steg. Det ska poängteras att gruppen sett att vita kolfiberpaneler finns idag och marknadsförs av ett annat företag. Således borde produkten också fungera, vilket ger oss skäl för att det skulle fungera även för konceptet för Rettig Sweden AB. Dessa vita kolfiberpaneler är dock tänkta att användas i traditionella hus, vilket gör att man vid konstruktionen av dessa inte har haft strikta effektbegränsningar. Det är därför osäkert om dessa fungerar i passivhus.

Gruppen har valt den bästa tekniken för ändamålet. Den är känd sedan tidigare även om den inte används för uppvärmning av boendeyta. En beprövad teknik har kombinerats med en utformning och placering som är ny och vi har applicerat denna teknik på en helt ny marknad: passivhusmarknaden. Lösningen medför också ett maximalt utnyttjande av den lilla effekt som är tillåten. Det ska betonas att detta är vad vi kan anta utifrån den information vi har och gruppen har inte utfört några mer utförliga tester på vare sig teknik, placering eller effektdistribution. Att det är den bästa produkten för marknaden kan inte bevisas förrän tester gjorts, men det mesta i vårt arbete talar för det.

10.2 Hållbar utveckling

Passivhus är ett diskuterat område och det finns olika uppfattningar om hur bra passivhus är för miljön. I gruppen råder det ingen tvekan om att passivhus är energieffektiva och att en utveckling mot fler passivhus i världen är positivt för att minska energiförbrukningen. Att minska energianvändningen i våra bostäder idag är nödvändigt för framtida generationer. Enligt bland annat Passivhuscentrum kostar det några procent mer i investeringskostnad att bygga ett passivhus jämfört med att bygga ett vanligt hus, men de ger lägre totala kostnader redan efter några år eftersom utgifterna för energiförbrukningen minskar.

Enligt Passivhusdefinitionen (se avsnitt 2.6 "Vad är ett passivhus?") ska den tillförda effekten för uppvärmning högst uppgå till 12 W/m² för småhus i Sveriges södra klimatzon. Denna gräns för tillförd effekt uppskattar vi endast nås under ungefär 100 timmar per år då komplementvärmaren är på. Behovet av komplementvärmaren varierar mycket från år till år, beroende på hur kalla vintrarna är. Det eldrivna värmebatteriet i ventilationssystemet som har en effekt på 900 W, beräknar vi vara på i omkring ett halvår med full effekt. Detta skulle motsvara en energitillförsel för uppvärmning på cirka 27 kWh/m² för ett passivhus under det kallare halvåret. Detta ska jämföras med ett konventionellt byggt småhus idag som med direktverkande el har en energitillförsel för uppvärmning på 78 kWh/m².

Om detta är en riktig uppskattning innebär det att om alla småhus med direktverkande el i framtiden skulle bytas ut mot passivhus med vår komplementvärmare och befintligt värmebatteri installerat, minskar energiförbrukningen för 340 000 småhus med 51 kWh/m², vilket är en minskning på cirka 65 %. Även om komplementvärmaren skulle behöva användas dygnet runt under hela vinterhalvåret, skulle detta motsvara en energiförbrukning på cirka 52 kWh/m², vilket fortfarande är en minskning på cirka 33 % av dagens energianvändning för cirka 340 000 småhus. Vi tror att vår komplementvärmare kommer, med dessa beräkningar som underlag, bidra till att boende i och byggnation av passivhus ökar och därmed indirekt medverka till en bättre miljö.

Projektets syfte att arbeta fram en komplementär värmekälla för passivhus kan vara ett viktigt steg mot att kunna påverka inställningen till passivhus. Med en pålitlig och effektiv kompletterande

uppvärmning, som är några av målen med projektet, kommer passivhus att få en hög inomhuskomfort med en hög tillförlitlighet. Detta är ett sätt att tillfredställa dagens behov utan att äventyra kommande generationers behov, vilket är definitionen av uthållig utveckling (Sundqvist, G. 2003, s.51).

I och med att klimatförändringarna blir allt tydligare, är valet av energikällor mycket viktigt. Elproduktionen i Sverige idag sker till största delen med hjälp av vattenkraft och kärnkraft. Att använda direktverkande el för att generera kompletterande värme behöver inte automatiskt betyda att man använder en ”dålig” energikälla. Så kallad ”grön el” går att utvinna med hjälp av bland annat solceller och vindkraftverk och detta är något som de boende själva kan påverka genom att själva till exempel ha solceller på taket eller välja en ”grön” elleverantör.

Det är viktigt att tänka på miljön under ett utvecklingsarbete. Hela idén med passivhus bygger på hushållning med energi för att minska miljöbelastningen och resursslöseri. Detta gör att utvecklingsarbetet av produkter inom detta område verkligen måste ha miljön i fokus. Förutom fokus på miljöbelastningen vid drift måste även hänsyn tas till tillverkning och transporter. Det är till exempel viktigt att välja material som i största mån är möjliga att återvinna, eller annars att deponi kan undvikas genom att förbränning för energiutvinning är möjligt.

Gruppen ville genomföra en LCA, livscykelanalys, för en befintlig produkt på marknaden och sedan jämföra med vår lösning för att se hur val av material, produktion och återvinning påverkar miljön. När undersökning gjordes för att finna indikatorer för de olika materialen i vår lösning visade det sig att kolfiber, som är vårt huvudmaterial, inte finns med i något av de register som undersöktes. Detta medför att en LCA inte skulle kunna ge några relevanta siffror att jämföra och därför inte genomfördes.

Istället för en fullständig LCA för vi en kort generell diskussion om fördelar och nackdelar med de olika detaljernas material i förhoppning om att detta ska ge en indikation om hur mycket de kan komma att belasta miljön. (Fakta i nedanstående stycken har hämtats från kompendiet ”Design med omtanke 2004”).

Plastmaterial: De flesta plastmaterial framställs ur olja, som är en ändlig resurs. Vid framställningen släpps också olika skadliga ämnen ut i naturen. Detta gör att man bör välja återvunnen plast i största möjliga mån. Dock försämras ofta kvaliteten på plastmaterial kraftigt vid återvinning och en del plastmaterial lämpar sig inte alls för återvinning. De flesta plastmaterial förbränns när materialets livslängd är uppnådd. Vid förbränningen frigörs energi som kan tas tillvara för till exempel användning i fjärrvärmesystem. Vad gäller tillverkningen av panelen ska därför plastmaterial väljas som är återvinningsbara och sedan lämpliga att förbränna.

Metall: Metall är en ändlig naturtillgång och därför bör nyproduktion av materialen hållas nere så mycket som möjligt. Även energiåtgången vid bearbetningen från råvara till färdig metall är hög, liksom utsläppen av skadliga ämnen. Vidare ger gruvdriften stora sår i naturen. Stål är lämpligt att återvinna då kvalitetsförlusterna är mycket små, vilket innebär att det kan användas om och om igen. Vid val bör således återvunnet material av en i naturen vanligt förekommande metall väljas.

Kolfiberplatta: Kolfiberplattan består i huvudsak av koppar, kolfiber och epoxi. På baksidan sitter en tunn metallfolie, och sladdar för anslutning är gjorda av koppar och PVC. Koppar, metallfolie och

PVC väljs enligt de hänsyn som presenteras under respektive stycken ovan. Även epoxi är en typ av polymeriskt material. Detta sammansätts med kolfiberväv för att uppnå rätt egenskaper. Huruvida materialen går att återvinna, separeras från varandra eller bränns för energiåtervinning har projektgruppen inte fått fram tillförlitliga uppgifter om. Vid val av leverantör av kolfiberplattor bör dock uppgifter om de olika ingående materialens, såväl som hela plattans, miljöpåverkan kunna begäras för att möjliggöra jämförelse. Enligt de uppgifter vi har är tillverkarna av kolfiberpanelen i huvudsak belägna i Kina, men även någon tillverkare i USA finns. Detta innebär att långväga transporter är nödvändiga, troligtvis med båt. Fördelen är att panelerna är både små, tunna och har låg vikt vilket gör att mycket stora mängder går att frakta vid varje transporttillfälle. Miljöbelastningen på grund av transporter av färdiga paneler blir därför väldigt liten beräknat per styck.

Färg: I Sverige blir färger som inte innehåller metaller allt vanligare, dock finns fortfarande en del sådana kvar på marknaden. Vid val av färg är det därför viktigt att välja en färg som inte innehåller ovanliga metaller, helst inga alls.

Textil: Syntetiskt framställda textilier framställs ur olja vilket är en ändlig resurs och orsakar utsläpp vid förädlingen. Många av textiliernas färger innehåller metaller så som koppar, bly, kadmium, nickel, krom och kobolt. Vid framställning används en mängd ämnen som är svåra för naturen att bryta ned och även om lagstiftningen i Sverige är relativt hård, används många giftiga ämnen under tveksamma hanteringsformer i många utvecklingsländer, där en stor del av textilproduktionen är belägen. Det finns produktion av bomull, lin och ull där man undviker konstgödning och kemikalier. Man bör därför välja textilier tillverkade av ekologiska textilfibrer med miljöanpassade kemikalier.

Slutligt val av material och tillverkningslokalisering måste göras av Rettig Sweden AB. Det är de som har kunskap om utformningen av eventuella nya tillverkningsprocesser. Detta gäller även val av leverantörer för eventuella samordningsvinster, långsiktiga samarbetsavtal och undersökning av om underleverantörerna motsvarar Rettig Sweden AB:s värderingar och miljöengagemang.

10.3 Metod och processutvärdering

Vi har använt oss av en processplan som haft parallella arbetsflöden under hela projektet. Parallellt med Huvudprocessen har Planering, Faktainsamling och Dokumentering pågått. Huvudprocessen bestod av fyra faser: Behovsidentifiering, Övergripande lösningar, Konceptlösningar och Slutliga lösningar. Dessa olika faser startade alltid på ett brett generellt plan där vi försökte täcka in så mycket material, olika lösningar och idéer som möjligt. Successivt smalnades varje fas av likt en tratt, genom att göra de bästa valen. När vi sedan gick över till nästa steg breddades fasen igen och faserna har således utseendet av trianglar med basen uppåt. Processens huvudsyfte har varit att säkerställa kvalitén på arbetet och samtidigt vara vägledande. Vår process var mycket framgångsrik, med många frågetecken vid starten. Mycket information skulle samlas in om till exempel passivhus och inför målgruppsidentifiering och användarundersökningar, och genom att följa planen gav detta arbete i början ett snabbt resultat i slutet.

10.3.1 Information och källkritik

Informationsinsamlingen i detta projekt var ganska omfattande och något som vi stötte på många svårigheter inom. Bland annat då vi skulle konsultera professorer inom Chalmers var de ofta

upptagna med annat än att svara på våra frågor. Att hitta information överhuvudtaget var omständligt och tidskrävande men mycket viktig då det gav grunden för hela arbetet och även tog det framåt. Internet gav mycket information då det finns förhållandevis litet publicerat och skrivet i böcker om passivhus i allmänhet och uppvärmning av dessa i synnerhet. Mest information insamlades från Internet, däribland flera rapporter i digital form, avhandlingar samt statliga rapporter. Viss information kom även från kommersiella hemsidor där källkritik är viktigt och informationen behandlats med kritiska ögon.

10.3.2 Avgränsningar och målgrupp

Vi har försökt minimera antalet avgränsningar så mycket som möjligt och istället slipat på syftes- och målformulering för att få in alla delar där. Själva avgränsningarna är annars tillägg till syftet och målet för arbetet. Genom att ha bra avgränsningar fokuserar man tydligare på uppgiften och minskar risken för misstag i arbetet.

Vi har bland annat inte inriktat oss på flerbostadshus eller offentliga lokaler där en komplementär uppvärmningsenhet skulle blivit alltför komplex. Målgruppsuppdelningen har känts bra under hela projektet, men den kritiska målgruppen Gemeneman har ibland känts för generell och svår att inrikta arbetet mot, men ändå rätt då det är en förutsättning för att produkten ska slå igenom att den tilltalar just Gemeneman.

10.3.3 Metoder

Ganttscemat var framförallt en hjälp precis i starten av planeringen av projektet, med att synliggöra de olika faserna av arbetet. Ganska snart tog vår egen processplan över och hjälpte oss att arbeta effektivt genom hela projektet.

Studiebesök och intervjuer gav oss en stor del av den grund vi arbetade vidare från vid starten. Här fick gruppen den inblick som behövdes i hur ett passivhus ser ut och fungerar samt hela den behovsstruktur som låg till grund för utvecklingsarbetet.

Vi uppfattade det som att för- och nackdelsmatrisen var den utvärderingsmetod som gav mest jämfört med elimineringsmatrisen och Pughmatrisen. Varje lösning får här alla för- och nackdelar redovisade och det bästa alternativet väljs. Elimineringsmatrisen var dock mest fördelaktig att använda tidigt i processen då vi skulle rensa bland de tidiga idéer vi hade.

10.3.4 Användarundersökningar

Vi valde att genomföra besök i småhus, radhus och flerbostadshus för att få ett någorlunda brett urval. Från de intervjuer och studiebesök vi genomförde har en mängd olika behov framkommit och vi har lagt störst vikt vid de behov som de boende i radhus eller fristående villor hade. Dessa hade också mest åsikter då de oftast gjort ett aktivt val att flytta till ett passivhus. Vissa boende var färgade av att de, eftersom de bodde i ett så speciellt hus hade haft mycket kontakt med intresseföreningar för passivhus och så vidare. Detta innebar att en del därför var överdrivet positiva. Bland annat hade vi mycket kontakt med Passivhuscentrum i Alingsås som lobbar för att passivhustekniken ska bli mer använd vid husbyggen och de var ofta enbart positiva till tekniken. Detta vägde upp det faktum att vi var så inriktade på att se de problem som fanns, så vi tror att de rätta behoven ändå kom fram.

Användarundersökningar på en specifik produkt har inte varit möjlig då vi inte hade en ursprunglig produkt att utgå från och omvandla, utan att vi skapat en ny produkt från grunden. Därför fick vi också börja från start med undersökningar och informationsinsamling.

10.3.5 Projektavslut

Vi har haft ett separat utformningsarbete för värmeenheten och styrenheten, där värmeenheten har setts som den viktigare. Båda har dock utformats parallellt och har haft varsin del av de behov och kravlistor som uppförts. Arbetet med de två olika delarna har hamnat i olika avslutningsstadier på grund av Rettig Sweden AB:s önskan att vi främst skulle ta fram en bra värmeenhet och att styrningen av den har en lösning som gärna får utforskas i ett annat projekt.

10.4 Projektgruppens erfarenheter från projektet

Begreppet passivhus var i huvudsak ett nytt begrepp för projektgruppens medlemmar och arbetet har upplevts intressant och stimulerande. Kompetensen inom området hos det uppdragsgivande företaget var också begränsad vilket kom att kräva omfattande undersökningar och kunskapsinsamling under första halvan av projektiden. Detta upplevdes bitvis som stressande eftersom gruppen vid projektets slut ville presentera en så färdig produkt som möjligt. Samtidigt är det just detta som har gjort projektet extra spännande och givande.

Projektgruppen har presenterat ett lösningsförslag som ligger lång ifrån traditionellt utformade värmekällor. Detta var möjligt tack vare omfattande studier och faktainsamling i projektets första del. Den inhämtade kunskapen och fakta gjorde att gruppen kunde "tänka utanför lådan" och hitta en lösning som på ett optimalt sätt tar vara på den, genom passivhusdefinitionen starkt begränsade effekt som är tillåten att installeras i ett passivhus. Om försök till idégenerering och konceptframtagning hade gjorts i ett tidigt skede av processen hade sannolikt viktiga behov och önskemål inte kunnat tillgodoses fullt ut, varvid lösningen hade blivit mindre tillfredsställande. Vidare ledde de omfattande inledande studierna till att olika val kunde göras enklare och vid rätt tidpunkt i arbetsprocessen vilket innebar stor tidsbesparing och effektivitet i arbetet. Gruppen drar slutsatsen att ett väl genomfört förarbete i projektets början är en förutsättning för att hitta den bästa slutlösningen och att också hela produktframtagningsprocessen underlättas väsentligt. Gruppen kan också konstatera att målet att ta fram ett förslag till lösning, där vidareutveckling, tester och utvärdering lämnas till det uppdragsgivande företaget, har uppfyllts.

Att arbeta mot ett riktigt företag ger ett skolprojektarbete en extra dimension. Förutom att arbetet ska uppfylla skolans krav måste företagets intressen och synpunkter tillgodoses. Gruppmedlemmarna är genomgående positiva till att ha haft en extern uppdragsgivare. Rettig Sweden AB har från början gett oss fria tyglar och varit noga med att inte styra arbetet på ett sätt som skulle kunna verka hämmande för kreativiteten och viljan att hitta en optimal lösning på problemet. Detta har upplevts som mycket positivt, samtidigt som gruppen ibland önskat lite klarare riktlinjer. Det har dock lösts genom återkommande samtal under processens gång.

Detta kandidatarbete är det mest omfattande arbetet hittills på Chalmers för gruppmedlemmarna. Vi känner att vi har haft stor nytta av tidigare års inhämtad kunskap, dels ren faktakunskap men framförallt kunskap om arbetsmetodik. Kandidatarbetets omfattning har dock stärkt insikten om behovet av strukturerat arbete, tillämpning av vedertagna metoder samt betydelsen av tydlig kommunikation, både internt i gruppen men även mot extern uppdragsgivare såväl som mot handledare och examinator.

11 Slutsats

Enligt de behov som framkom under användarundersökningarna, var ett nytt teknikval en nödvändighet för att få lösningen integrerad och accepterad i en typ av husbygge med uttalat fokus på att minska energiförbrukningen.

Våra undersökningar har visat att direktverkande el i ett passivhus inte behöver vara motsägelsefullt, utan tvärtom det bästa alternativet. Den infraröda panelen ger en snabb värmegenerering med hög verkningsgrad och en behaglig värme. Lutningen på listen optimerar värmestrålningens spridning i rummet. Vi tror därmed att listen kommer att lösa de problem angående komplementär uppvärmning som påfunnits i dagens passivhus. Lösningens uttryck känns så anonymt, men samtidigt modernt och högteknologiskt att det kommer att fungera för båda våra målgrupper, där Gemeneman har varit den primära målgruppen. Det känns som en lösning för framtiden.

Däremot finns mycket att jobba vidare med som inte ryms inom detta arbetes ramar och som Rettig Sweden AB behöver utveckla inför en eventuell lansering. Framförallt behövs en vidare undersökning av styrenheterna och därmed brukarens interaktion med värmeenheter.

Det har framkommit under arbetets gång att det finns många personer som är medvetna om, samt engagerade och insatta i miljöproblematiken. Dessa personer är villiga att offra både mycket tid och pengar för att driva utvecklingen framåt. Ibland hindras de dock av lagstiftningar som förbjuder dem att välja de ur miljösynpunkt bästa lösningarna. Om politiker kan förmås att agera för att snabbt anpassa regler och krav så att de gynnar energisnålt boende, skulle stora miljövinster kunna uppnås. Man kan konstatera att utvecklingen av energisnåla bostäder har gått relativt trögt och att ingen av de etablerade aktörerna på byggmarknaden riktigt har vågat ta steget att börja producera passivhus i stor skala. Detta börjar emellertid ändras, troligtvis på grund av den senaste tidens fokus på miljöfrågor i debatten och att energisnåla byggnader spås öka stort inom en snar framtid. Detta borde utgöra incitament för Rettig Sweden AB att vidare undersöka möjligheten att ta andelar på denna marknad.

12 Källförteckning

Personliga källor:

E Westholm, Falun, Telefonintervju den 2 februari 09

A Granbäck, Sollentuna, Telefonintervju den 10 februari 09

Amgarth, Lindås, Intervju den 3 februari 09

H Lundholm, Lindås, Intervju den 3 februari 09

A Tisell, Hamnhuset, Intervju den 6 februari 09

M Malmborg, Lidköping, Intervju den 3 februari 09

Litteratur:

Johannesson H, Persson J-G, & Pettersson D. (2004). *Produktutveckling - effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.

Karlsson, I. C. MariAnne. *Kurskompendium "Lyssna till kundens röst"*.
Institutionen för produkt- och produktionsutveckling, Avdelningen Design

Sundqvist, Gunnar (2003). *Utbållig utveckling – mänsklighetens framtid*. Lund: Studentlitteratur.

Thorpe, Ann (2008). *Design för hållbar utveckling*. Stockholm: Raster Förlag.

Publikationer från statliga myndigheter:

Boverket

Regelsamling för byggande, BBR 2008. Supplement februari 2009, 9 Energibushållning. (februari 2009).
(elektronisk) Hämtat från www.boverket.se:

<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/regelsamling_for_byggande_bbr_2008_supplement_avsnitt_9.pdf> den 30 april 2009

BBR Bullerskydd. (december 2006). (elektronisk) Hämtat från www.boverket.se:

<http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Bygg-%20och%20konstruktionsregler/BBR_avsnitt_7/BBR_avsnitt7_bullerskydd.pdf> den 28 april 2009

Buller – Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av God bebyggd miljö 2007. (den 29 januari 2009).

(elektronisk). Hämtat från www.boverket.se:

<<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2007/Buller.pdf>> den 28 april 2009

Statens Energimyndighet

Energiläget 2007. (2007). Eskilstuna: Statens Energimyndighet. s. 5, 6, 30 (elektronisk) Hämtad från:

<[http://www.swedishenergyagency.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2007_49.pdf/\\$FILE/ET2007_49.pdf?OpenElement](http://www.swedishenergyagency.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2007_49.pdf/$FILE/ET2007_49.pdf?OpenElement)> den 11 maj 2009

Uppvärmning i Sverige 2007. (2007). Pdf, (elektronisk). Stockholm: Sara Sundberg. Hämtat från:
<[http://www.swedishenergyagency.se/web/bibshop.nsf/FilAtkomst/EMIR2007_03W.pdf/\\$FILE/EMIR2007_03W.pdf?OpenElement](http://www.swedishenergyagency.se/web/bibshop.nsf/FilAtkomst/EMIR2007_03W.pdf/$FILE/EMIR2007_03W.pdf?OpenElement)> den 11 maj 2009

Forum för energieffektiva bostäder (2008). *Kravspecifikation för passivhus i Sverige - Energieffektiva bostäder*. Version 2008:1. Pdf (elektronisk) LTH. Tillgänglig:
<http://www.energieffektivbyggnader.se/download/18.2f3a7b311a7c8064438000482307/Kravspecifikation+f%C3%B6r+bost%C3%A4der+2008_1.pdf> Hämtat den 11 maj 2009.

Webbsidor:

Delta T

Introduction to Radiant/ Infrared Heating (elektronisk). Tillgänglig:
<http://www.deltat.com/radiant_infrared_heating_intro.html> Hämtat den 2 april 2009

Energimyndighetens hemsida

Elvärme (senast ändrad 2009-03-16). (elektronisk) Tillgänglig:
<<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/Elvarme/>> Hämtat den 11 maj 2009

Sverige blir nettoexportör av el (senast ändrad 2009-03-06). (elektronisk) Tillgänglig:
<<http://www.energimyndigheten.se/sv/Press/Pressmeddelanden/Sverige-blir-nettoexportor-av-el/>> Hämtat den 21 April 2009.

Politiska beslut (elektronisk) Tillgänglig:
<[http://www.energikunskap.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/\(vLookupDocumentsWeb\)/D89220C839A257E8C1256B680051493A?OpenDocument&count=-1](http://www.energikunskap.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/(vLookupDocumentsWeb)/D89220C839A257E8C1256B680051493A?OpenDocument&count=-1)> Hämtat den 12 februari 2009.

Energikunskap (senast ändrad 2009-01-09). (Elektronisk)
Tillgänglig: < <http://www.energikunskap.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/>> Hämtat den 22 april 2009.

Hushåll (senast ändrad 2009-03-26) (Elektronisk) Tillgänglig:
<<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/Olja/>> Hämtat den 24 april 2009.

Vad är elcertifikatsystemet? (senast ändrad 2008-01-15) (Elektronisk) Tillgänglig:
<<http://www.energimyndigheten.se/sv/Energifakta/FAQ/Vad-ar-Elcertifikatsystemet/>> Hämtat den 24 april 2009.

Energideklaration av byggnader (senast ändrad 2009-04-17) (Elektronisk) Tillgänglig:
<<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Lokaler-och->> Hämtat den 24 april 2009.

Energiportalen

Kaminer & Braskaminer (Elektronisk)

Tillgänglig: <<http://www.energiportalen.se/energi/braskaminer-kakelugnar-25760.asp>> Hämtat den 23 april 2009

Evolution Health and Fitness

Infrared Carbon Fiber vs Infrared Ceramic Heater (elektronisk). Tillgänglig:

<http://www.evolutionhealth.com/Infrared_Saunas/infrared-fibercarbon-vs-ceramicheater.html>

Hämtat den 1 april 2009

Feist, Dr. Wolfgang, Passiv Haus Institut;

Energieeffizient. (den 11 september 2008) Hämtat från <<http://www.passiv.de/>> Tillgänglig:

<http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/energieeffizienz.html> den 24 april 2009

Geschichte Passivhaus. (den 16 september 2006) Tillgänglig:

<http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Geschichte_Passivhaus.html> den 11 maj 2009

Beispiele passivhaus (den 18 augusti 2007) Tillgänglig:

<http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Beispiele_passivhaus.html> den 28 april 2009

Fjärranalys, hämtat från www.fjarranalys.com

Hedberg, Neta *Infraröd strålning* Tillgänglig:

<<http://www.fjarranalys.com/vadarfjarranalys/sld004.htm>> den 3 april 2009

Frico

Teknisk handbok Tillgänglig: <http://www.frico.se/swe/pdf/technical_hb_radiant_heater_se.pdf>

Hämtat den 12 februari 2009

InfraSWED AB

Teknik: Infraröd uppvärmning och din hälsa Tillgänglig: <http://www.infraswed.se/main/?page_id=72>

Hämtat den 27 april 2009

Luxway

Vad är infrarött ljus? Tillgänglig: <<http://www.luxway.se/>> Hämtat den 27 april 2009

Nationalencyklopedins nätupplaga, hämtat från <www.ne.se>

Energi (elektronisk) Tillgänglig: <http://ne.se/lang/energi/162380?i_whole_article=true> Hämtat den 14 maj 2009

Exergi (elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.ne.se/1%C3%A5ng/exergi>> Hämtat den 30 april 2009

Temperaturstrålning (elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.ne.se/neimage/357255.jpg>> Hämtat den 29 april 2009

Elektromagnetisk strålning (elektronisk) Tillgänglig:

<http://www.ne.se/1%C3%A5ng/elektromagnetiskstr%C3%A5lning?i_whole_article=true#>

Hämtat den 29 april 2009

Fjärrvärme (elektronisk)

Tillgänglig: <<http://www.ne.se/1%C3%A5ng/fj%C3%A4rrv%C3%A4rme>> Hämtat den 29 april 2009

Jordvärme, Bergvärme (elektronisk)

Tillgänglig: <<http://www.ne.se/l%C3%A5ng/jordv%C3%A4rmesystem>> Hämtat den 29 april 2009

Braskamin (elektronisk)

Tillgänglig: <<http://www.ne.se/l%C3%A5ng/braskamin>> Hämtat den 29 april 2009

Tjockfilmtsteknik (elektronisk)

Tillgänglig: <<http://ne.se/artikel/328487>> Hämtat den 21 april 2009

NCC

Passivhus – en aktiv insats för en bättre miljö (elektronisk)

Tillgänglig: <<http://www.ncc.se/sv/Projekt-och-koncept/Passivhus/?gclid=CNT-od->> Hämtad den 4 april 2009

Ogden Manufacturing. Hämtat från Determine appropriate watt density:

www.ogdenmfg.com/pdf/tech2.pdf den 22 april 2009

Passivhus.dk (2006) *Danske passivhuse*, Tillgänglig:

<http://www.passivhus.dk/nordiske_passivhuse.html> den 28 april 2009

Passivhuscentrum,

Frågor och svar om passivhus, Alingsås (elektronisk) Tillgänglig:

<[http://www.passivhuscentrum.se/fragorochsvar.html?&L=0&no_cache=1&sword_list\[0\]=20&sword_list\[1\]=lind%C3%A5s](http://www.passivhuscentrum.se/fragorochsvar.html?&L=0&no_cache=1&sword_list[0]=20&sword_list[1]=lind%C3%A5s)> Hämtat den 3 maj 2009

Marknaden för Passivhus, (elektronisk) Tillgänglig:

<[http://www.passivhuscentrum.se/marknaden.html?&L=0&no_cache=1&sword_list\[0\]=byggnorm](http://www.passivhuscentrum.se/marknaden.html?&L=0&no_cache=1&sword_list[0]=byggnorm)> Hämtat den 11 maj 2009

Mer om passivhus, (senast uppdaterad 2009-04-03) (elektronisk)

Tillgänglig: <http://www.passivhuscentrum.se/mer_om_passivhus.html> Hämtat den 23 januari 2009

Myter om passivhus, (senast uppdaterad 2009-04-01) (elektronisk)

<Tillgänglig: http://passivhuscentrum.se/myter_om_passivhus.html> Hämtat den 24 april 2009.

Passivhus i Sverige (elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.passivhuscentrum.se/projekt.html>> Hämtat den 29 april 2009

Passivhus Norden (27-29 april 2009) Tillgänglig:

<<http://www.passivhusnorden.se/horizontellmeny/ompassivhus.4.2f3a7b311a7c8064438000652935.html>> Hämtat den 11 maj 2009

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut

Strålning. (2007-04-03) Tillgänglig:

<<http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=6612&a=18275&l=sv>> Hämtat den 11 maj 2009

Svenska Kolinstitutet,

Kolproduktion, (2009-03-31) (Elektronisk)

Tillgänglig: <http://www.kolinstitutet.se/images/bp_coal-production_2.gif> Hämtat den 24 april 2009

Telia (Granskad 2004-07-03) (Elektronisk)

Tillgänglig: <<http://web.telia.com/~u46710954/vattenkraft.htm>> (2009-04-23)

Elektroniska artiklar:

Borglund, Ann-Sofie (den 25 september 2007) *Rec Indovent redo för fler Passivhus*, VVS-forum.se.

Tillgänglig: <<http://www.vvs-forum.se/index.php3?use=publisher&id=3612>> den 29 april 2009

Byggfakta Projektnytt (den 2 maj 2007). *Klimatsmarta passivhus kan bli standard i Europa*, Projektnytt.se

Tillgänglig: <<http://www.projektnytt.se/Artikel.aspx?type=1&id=1726>> den 28 april 2009

Eikeland, K. (den 31 januari 2008). *www.gp.se*. Hämtat från Göteborgsposten:

<<http://www.gp.se/gp/jsp/Crosslink.jsp?d=765&a=398571>> den 30 april 2009

Gunne, N. (den 16 maj 2007). *Sveriges Arkitekter*. Tillgänglig: <<http://www.arkitekt.se/s30337>> den 29 april 2009

Ringman, Mikael (2005) *Bo01 lever inte upp till energimålen menar forskare*. Hämtat från:

www.ekostaden.com Tillgänglig:

<<http://www.ekostaden.com/information/nyheter.aspx?pageID=8&parentID=147&introID=147§ionID=4&newsID=606>> den 11 maj 2009

Konferenshandlingar:

Klinski, M. & Halleraker, L. K. (2008). Det første sertifiserte passivhus i Norge. *The first Nordic conference on passive houses* (s. 116). Trondheim: Passivhus Norden.

Mlecnik, E. (2007). Marketing of Passive Houses: Experiences from the Low Countries. *The first Nordic Conference on passive houses* (s. 199). Trondheim: Passivhus Norden 2008.

Pedersen, P. V. (2008). The first Nordic Conference on Passive Houses. *Passivhus Norden 2008* (s. 22). Trondheim: www.passivhusnorden.com.

Wall, M. & Janson, U. (2008). Apartment buildings as passive houses in Värnamo, Sweden. *The first Nordic conference on Passive Houses* (s. 97). Trondheim: Passivhus Norden.

Elektroniska dokument och rapporter:

Klintman, M., Mårtensson, K., & Johansson, M. (2003). *Bioenergi för uppvärmning-bushållens perspektiv*.

Lund: Department of sociology, Lunds University. Hämtat från:

<<http://www.energimyndigheten.se/Global/Filer%20%20Forskning/Bygg/Bioenergi%20f%C3%B6r%20uppv%C3%A4rmning%20-%20hush%C3%A5llens%20perspektiv.pdf>> den 11 maj 2009.

Metodappendix. Hämtat från www.chalmers.se/idc:

<<http://www.cs.chalmers.se/idc/ituniv/kurser/06/analys/metodappendix.pdf>> den 24 april 2009

Karringer, Anders (2008) *Passivhus -studie om miljövänliga och energisnåla bostäder* (Elektronisk) Lunds Tekniska Högskola (Skapad 2008-02-15)

Tillgänglig:

<<http://portal.ch.lu.se/Campus.NET/Services/Publication/Export.aspx?id=965&type=doc>>

Hämtad den 28 april 2009.

Boström, Glad, Isaksson, Karlsson, Persson, Werner (2003) *Tvåvetenskaplig analys av lågenergihusen i Lindås Park*, Göteborg s.32-38, Hämtad från <www.liu.se> den 11 april 2009

Företagskällor:

LVI. Elvärme och inomhusklimat. i *Radiatorskolan del 1*. Järpås.

LVI. Elvärme och inomhusklimat. i *Radiatorskolan del 3*. Järpås.

LVI. *Det handlar om ett bra inomhusklimat* (elektronisk)

Tillgänglig: <<http://www.lviprodukter.se/inomhusklimat.htm>> Hämtat den 5 maj 2009

Artiklar:

Skoog, G. (den 28 April 2009). Intresset växer för passivhus. *Göteborgsposten*, s. 6.

Broschyrer:

Hamnhuset – Ett effektivt flerbostadsbus utan traditionellt uppvärmningssystem (2008). Älvstranden Utveckling

Alingsåsbem bygger en hållbar framtid (2006). AB Alingsåshem

Kompendie:

Design med omtanke 2004, utdelat i kursen PPU065 – Miljöteknik- hållbar utveckling, vid Chalmers Tekniska Högskola höstterminen 2008.

Bilagor

Planering

Bilaga 1 - Gantt-schema

Behovs identifiering

Bilaga 2 - Transkiberade Intervjuer

Bilaga 3 – Sammanfattning av transkiberade intervjuer

Övergripande lösningar

Bilaga 4- Elimineringssmatris av tekniker mot behov

Bilaga 5- Pughmatris av tekniker mot behov

Bilaga 6 - Elimineringssmatris av tekniker mot önskemål

Konceptlösningar

Bilaga 7 - Elimineringssmatris av konceptlösningar mot behov

Bilaga 8 - Elimineringssmatris av konceptlösningar mot önskemål

Slutliga lösningar

Bilaga 9 – Ritning IR-taklist

Bilaga 10 - Utvärdering av slutlig lösning

Bilaga 1 – Gantt-schema

Vid projektets initialfas satte projektgruppen upp ett Gantt-schema för att planera in projektets olika delmoment och faser. Detta ger en överblick över projektets alla delar och hur arbetet skulle fördelas på de veckor som fanns till förfogande. I denna planerades även vem i gruppen som skulle vara projektledare under vilken period.

Gantt-schema	Vecka																					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
	Läsvecka																					
Aktivitetens namn	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3			4	5	6	7	8	9			
Behovsidentifiering																						
Övergripande lösning																						
Konceptlösningar																						
Slutliga lösningar																						
Planering																						
Faktainsamling																						
Dokumentering																						
Projektledare:																						
Isabelle																						
Gustav																						
Marie																						
Niklas																						
Hennie																						
Viktiga datum:																						
24/2 - Delredovisning med klassen																						
27/2 - Delredovisning med LVI																						
19/5 - Slutredovisning med klassen																						
26/5 - Slutredovisning med LVI																						

Bilaga 2 - Transkriberade intervjuer

Vi intervjuade de boende i passivhusen under flera av studiebesöken. Dessutom genomfördes några telefonintervjuer. Detta för att ta reda på hur de boende tycker att passivhusen fungerar idag, få en bild av hur uppvärmningen fungerar och för att se vilka behov som finns. Frågor och svar från respektive intervju återfinns nedan i transkriberad form:

Villa Malmberg – Mikael Malmberg

Intervju den 3/2 -09

Villa malmberg är ett fristående hus som är ansluten till ett fjärrvärmenät beläget i utkanten av Lidköping. Den transkriberade intervjun följer nedan:

Hur torkar du dina blöta vantar?

Det är inget större problem i och med att vi har fjärrvärmväxlaren, där vi har ganska mycket förluster ut, det kommer värme från rören som kommer från marken, så vi har en liten hylla i det skåpet så då torkar det väldigt bra.

Varför valde du att bo i passivhus?

När jag var liten demonstrerade jag med mina föräldrar mot kärnkraft, det sitter in min ryggmärg på något sätt. Det har alltid varit bra att göra saker som är bra för miljön.

Det vi störde oss mest på var att vi hade ett hus som var byggt -77 och vi kunde välja att elda olja eller värma med el, vattenburen el i och för sig.

Vi fick en kombinerad el och hushållsräkning 28 000 kr/år för värme och el och det var ingen rolig räkning att få och vi funderade på vad man vill lägga pengarna på.

Kan man ha olika temperaturer i olika rum?

Vi kan styra vilken mängd energi vi tillför.

Vi var lite oroliga för ett rum som ligger helt i norr men vi upplever inte att det är särskilt kallt

Var (i vilka rum och var i rummet) upplever ni att det är kallare?

Inblåset gör egentligen att det bildas en värmekudde i taket, värmen samlas ju till en viss del uppe och det kan ju vara ett problem då. Så vi har ju diskuterat om att skulle man inte ha dragit ner utblåset till golvhöjd, det är sådana saker man kan fundera på.

Det som är kallt här är fönstren som går ända ner här, där känner man det.

Vi kan känna det lite litegrann kalldrag vid fönstren

Jag har tofflor på mig till exempel och det behöver man ha på det här golvet tycker jag, det är lite för kallt annars.

En del morgnar kan man ha 18,5 när man kommer ner här. Det är väldigt avhängigt på den automatiken vi har som inte fungerar utan det får vi ställa in manuellt. Vi får pröva oss fram lite grann, vissa dagar är det 19 och andra 21, beroende på vädret ute. Men den optimala temperaturen kanske är 20,5. Men det där beror ju väldigt på. Det är många som vill ha 24 grader inne och gå shorts, det beroende på vad man kan tänka sig, är det en mänsklig rättighet att kunna gå med shorts och t-shirt inne och barfota på vintern. Eller kan man tänka sig att man faktiskt inte gör det för att det är onödigt.

Vilket värmesystem använder du i dag? (fungerar det bra, är du nöjd med fjärrvärmem?)

I den mån det är miljövänligt att bränna sopor, men det är det vi har här och det är ett väldigt smidigt sätt att få varmvatten på.

Vi hade tänkt tillföra värme med solvärme och med el till att börja med, men så pratade vi med vår energirådgivare som sa: Varför ska ni ha el, ni kan ju ha fjärrvärme som det finns framdraget. Vi hade tänkt att vi skulle vara lite mer fristående, men det slutade med att vi drog in fjärrvärme. Vi reglerar med en vanlig fjärrvärmeväxlare.

Vi har inblåsningsdon i taket och på golvet på övervåningen.

Luften byts varannan timme, det är väldigt välventilerat och bra kvalitet på luften här.

Men regleringen är väldigt osmidig, kan bero på att fjärrvärmebolaget levererar en utrustning och sen levereras värmväxlarutrustningen av ett bolag och så dosan av ett tredje och ingen vet egentligen hur den andres produkt fungerar. Så det saknar jag verkligen.

Det vi ville komma bort från var den typen av värme det blir när man värmer med el. Det kan vara lite hälsofarligt med den typen av luft. Det är just det här med direktverkande el och element, att det blir en lite torrare värme och har du smutsig luft som cirkulerar runt ett sådant batteri inne så får du en dålig kvalitet. Det har jag hört, kan inte säga var ifrån.

Dosan är endast kopplad till fjärrvärmem medans värmväxlaren står i ett läge där den återvinner så mycket som möjligt och det finns en funktion där den slutar värma och den har vi ställt upp till 29 grader, så det ska finnas ett span som fjärrvärmem kan jobba emellan på, styrt av dosan.

Dosan är inställd så den stänger av sig på natten och det är inte så fiffigt, då får vi bara den luftvärme vi har, den temperaturen gånger 85 %, som är verkningsgraden, gånger antal timmar, så då tappar vi värme varje timme.

Som ni märker är det inte helt lätt, man skulle vilja kunna bestämma nu vill jag ha 20 grader, så. Man ska inte behöva gå och pilla på två ställen tycker jag.

Vilken energiförbrukning har ni i dag?

Efter första året hade vi en förbrukning för tillförd värme på 3500 kWh och det ligger inom normen för passivhus, men det var en mild vinter och huset ligger rätt utsatt det blåser rätt mycket här. Detta är ett betydligt kallare år och vi håller på att kolla på vad förbrukningen kommer hamna på i år.

Vilka förmåner, typ skattelättnad och banklån har ni fått?

Nej, det får man inte. Man ska ju aldrig vara först med något. Vi får ju en lägre driftkostnad och det tyckte jag man skulle kunna ta hänsyn till i kalkylen. Men det tas det inte heller någon hänsyn till och det dröjer säkert 10 år innan man förstår det.

Hur fungerar det när ni varit bortresta?

Då får man ställa in den nivån man vill ha så får den stå och gå. Och då tycker jag att det vore fiffigt att kunna ställa in i förväg att det ska vara 16 grader i 13 dagar och att den 14:e dagen vill man att temperaturen ska gå upp, där är vi väl inte riktigt kan man säga

Vädrar ni någonsin?

Nej, det behövs inte. Men på sommaren behövs det, det blir väldigt varmt. Då vi har dålig avskärmning för fönstren på övervåningen, som gör att det blir jättevarmt där uppe, men nu har vi fått ett öppningsbart fönster. Men att öppna och vädra för luftkvalitets skull finns ingen anledning till, för den är så bra.

Hur gör ni i badrummet? (fukt /uppvärmning)

Vi hade hört att det skulle vara lite rätt där så har satt in elektriska handdukstorkare och de har vi haft på en gång tror jag, men det har inte känts som att det behövs.

Fukten går ut genom värmväxlaren via ett vanligt utsug.

Märker du av ventilationsljudet?

Ja, det gjorde vi till en början innan vi satte in en ljuddämpare och då var det 35db och nu är det nere på 20dB tror jag.

Det är väldig skillnad och det var väldigt irriterande när det var på 35, då blir man väldigt störd av det. Men med ljuddämparen på är det inget problem, nu hörs det ett litet väsande bara.

Vilka tekniska prylar har ni i dag som alstrar värme?

Det som ger mest är torktumblaren och ugnen det andra tror jag är ganska försumbart. Det man kan märka av är halogenlamporna vi har, de blir väldigt varma. Det märks om vi är hemma och bakar och barnen springer runt och det är stor skillnad att komma hem när någon har varit här i 4-5 timmar.

Har ni ändrat livsstil? Fördelar och nackdelar?

Ja man tänker mer på det, vi har börjat köpa bara kravmat. Över huvudtaget påverkas man mycket i allmänhet, vi har två bilar och den ena har vi som en gasbil och den andra är en vanlig bil, man har alltid dåligt samvete när man åker i den vanliga bilen. Men vi är samtidigt som vem som helst, vi har en liten motorbåt med bensinsnurra på, så att vi är inga extremer på något sätt.

Jag tror att vi kommer ha ett sämre resultat när den ”första kärleken har lagt sig”, att nä, nu vill jag faktiskt ha 22 grader eller att man nej nu köper vi en liten braskamin, bara för att det är mysigt, man får försöka hitta en balans där tror jag.

Vi har en jättelåg värmekostnad men en gigantisk värmeljuskostnad, nej det har vi ju inte men vi tänder mycket mer ljus än vad vi gjorde innan, men jag skulle nog gärna vilja ha en liten öppen spis också, just för att det är mysigt och ger värme såklart .

Hur känns det för någon som har satsat på miljöval?

Kalla det för rätt sak. Ej direktverkande el.

När vi hörde om passivhus så verkade det som om man i princip inte behövde tillföra någon värme över huvud taget. Men verkligheten var en annan. Vissa år behövs nästan ingenting, medan andra år så behövs mer. När man ger sig in i ett sådant här projekt så gäller det att förstå att vid våra breddgrader så krävs ett värmetillskott även i ett passivhus. Mindre i Malmö.

Har du räknat på kW/m² någonting?

Det sägs ju att passivhusdefinitionen är 12-13 kWh/m² och år. Vi ligger på den gränsen, enligt de mätningar som gjordes in november när vi hade det kallt.

Hur stort är huset?

Huset är på 170 kvm.

Varifrån fick ni bilden av att man inte skulle behöva tillföra någon elenergi?

Från Hans Eek som har drivit den här frågan i Sverige. Det gäller att lyssna kritiskt. Lyssna på många människor och att lyssna på rätt sätt. Han har säkert sagt att vi behöver tillföra el men det är inget som har fastnat.

Det svåraste är att reglera temperaturen när det är runt noll grader ute, inte runt -7 grader. Det är svårt för huset att ställa in sig.

Om du skulle bygga ett hus till hade du gjort något annorlunda då?

Jag hade försökt att bygga ett plushus som genererar ett energiöverskott i sig själv. Till exempel genom vind eller vågkraft. Och att bygga med helekologiskt materialval. Jag hade nog även satt in någon typ av braskamin som finns i Tyskland som är mer anpassad.

Hur länge höll ni på med planerandet? Från tanke till färdigt?

I tre år. Nu finns det större kunskap.

Vad har ni för takmaterial?

Plåt. Det spelar ingen roll för själva funktionen. Det är 75 cm isolering i taket.

Övrigt

Från 1 juli får man ju sätta upp vindkraftverk. Den elen som man överproducerar kan man föra tillbaka till elnätet och på så sätt minska räkningen. Titta på miljöbiten och säg att tillför man det här så blir det faktiskt ingen nettokostnad.

Värmeväxlaren

Det här är fjärrvärmeväxlaren, och här kommer varmvatten in och sedan går det in i en pump som driver runt vattnet. Och i den här justeras, då från 0 till 1, nivån på hur mycket värme den ska föra vidare. Här ser vi vad förbrukningen har varit totalt sedan vi flyttade in, 12270. Efter ett år var den 6700. Nu har det varit kallare så nu kommer vi överstiga förra årets förbrukning. Det ska bli intressant att se vad vi landar på. Här är en mätare som mäter varmvattenåtgången. Här styr jag om jag vill ha styrning av den där lilla shunten där ute under taket eller om jag kör den manuellt. Från det här röret här sedan så går... Ja här värms vattnet förresten, ...de här två, ni ser de här två mätarna, de två går in där så där kommer vattnet som tillförs. Den här reglerar hur öppet det är, det vill säga hur mycket vatten som går in där, hur hög temperatur det är. Detta är själva luftningsaggregatet. Så här är filter. Här går luften ut, de ska man byta en gång per halvår för luften måste ju filtreras. Här inne sker värmeväxlingen och här i de här reglagen ut nu är det 22 grader inne i den här. Det är den återvinningsgraden som vi får. Så principen är här vidare där och sedan ut.

Om vi tar värme från solen så tjänar de inte lika mycket pengar på oss och då får de också för varmt vatten till sig i returledningen. Jag förstår inte. Kommunen säger nej!

På ovanvåningen

Här är österläge så här ligger solen på rätt kraftigt så på sommaren blir det väldigt mycket solinstrålning. För att skydda sin mot detta har man då byggt en sådan här liten keps. Det har man inte gjort på den här sidan, och det är väldigt viktigt att man har. Vi ska sätta på markiser. Förut stod luften väldigt still här, nu har vi ett öppningsbart fönster. Vi har även ett takfönster.

En naturlig placering är ju under fönstren. Jag tycker inte att det känns så aktuellt utan snarare centralt placerad. Det bästa vore ett element med en liten fläkt som inte hörs, som sprider ut det här.

I barnens rum (ovanvåningen)

De här inblåsen ser ut så här (i golvet) och ni hör ljudnivån.

Allrum ovanvåning

Jag funderar på om man ska ha ett vanligt element eller kanske vara ett diskret rör. Om jag hade ett eget vindkraftverk skulle jag gärna ha direktverkande el. Eller om man har grön el. Dålig klang med direktverkande el. Jag valde bort elen. För mig beror det väldigt mycket på var elen kommer ifrån. Det skulle bli ett väldigt skönt klimat om du hade ett litet rör runt om. Det viktiga då är ju ventilationen. Hu ventilerar man huset då? Det gäller ju ändå att man tar var på den värme som lämnar huset.

Om vi har 85 % verkningsgrad och om vi har 20 grader så är det tre grader som måste skjutas till.

Hamnhuset-Annica Tisell

Intervju den 6/2 - 09

Flerbostadshus i Göteborg med central fjärrvärme och individuell elpatron i luftintaget för komplementerande värme.

Varför valde ni att bo i passivhus?

Ja nu är ju jag lite partisk eftersom jag jobbar här. Ja men det är ju lite spännande om det skulle fungera i början. Men det gör det ju. Det blir ju en jämnare temperatur i lägenheten

Hur ofta använder ni fjärrvärme?

Ja det kan inte jag påverka om det till exempel skulle bli 15 grader kallt länge behöver vi ta in extra fjärrvärme för att hålla dem här 20 graderna. Man kan reglera det på så sätt att det finns eftervärmare i rören som går in i lägenheten. Värmaren är som en brödrost. Det finns en termostat i hallen och vrider man upp så slår brödrosten på och så har luften den temperaturen som jag har angivit innan den går in i lägenheten, men det får jag betala själv. Tanken är ju att luften ska värmas upp av människor och maskiner. Blir det extremt kallt får man använda fjärrvärme.

Hur cirkuleras luften ut sen till lägenheterna?

Det sitter don under varje fönster och det är där luften kommer in.

Var tar ni luften ifrån?

Den luften som finns i lägenheten går ju ut i utsug och så går den ner i källaren i en värmeväxlare och så får man in luft utifrån och så renar man den och sen så värmer man upp den i rätt temperatur och sen leds den upp i lägenheterna. Blir det varmt får man öppna fönster.

Hur torkar man sina blöta väntar?

Ja då får man lägga dem på en vanlig tork men det finns en värmekälla i badrummet, en elektrisk handdukstork.

Har ni någon golvvärme?

Nej ingen golvvärme enbart handdukstorken

Har ni på den mycket?

Ja vi har på den väldigt ofta. Den används ju inte som en värmekälla utan mer till att torka handdukar

Välja olika temperaturer i olika rum?

Nej det går inte jag kan höja temperaturen i hela lägenheten men inte i speciella rum.

Är det några rum det är kallare i?

Nej det vill jag inte påstå

Fönstren?

Ja lägger man handen där så känner man att det är kallare men det e inte så att det drar och att man upplever att det är kallare.

Använder du tofflor?

Nej däremot där det varit riktigt kallt ute och inte använt eftervärmaren kunde man känna att det var lite kallt på golvet på morgonen.

Vilken energiförbrukning har ni?

Vet bara vattenförbrukning, den e ganska hög. Vi har solfångare på taken som värmer upp på sommaren.

Hur gör ni när ni varit bortresta, blir det kallt då?

Det har alltid varit någon hemma så jag vet inte.

Varför vädrar ni?

För att få bort värmen. Det blir fort väldigt varmt om det är många i lägenheten och om man tänder ljus.

Händer det att ni tänder ljus för värmens skull?

Nej, bara för mysigheten.

Vilka hushållsapparater bidrar mest till värmen?

Torktumlaren

Livsstil, har du ändrat livsstil?

Nej det har man nog med sig om man flyttar dit men jag tror man kanske har det med sig. Man kanske tycker det är skämmigt att fortsätta leva som en slösare när man flyttat in i ett sådant hus.

Märker ni av ventilationsljud?

Nej inte nu men i början lät de som en hel motorväg i de översta lägenheterna men nu har de bytt don och justerat dem så nu e det bättre. Nu e det ett ljud men det är inte störande men går upp på natten och lyssnar så hör man ju ett susande men det är inget man störs av.

Är det något som stör utseendemässigt?

Nej jag kan inte påstå att dem är jättesnygga men jag kan inte säga att de stör mig.

För- och nackdelar med passivhus?

Ja att man slipper elementen och att det är en jämnare temperatur än vanliga lägenheter.

Hur skulle man kunna öka inomhuskomforten?

Nej det är inget jag tänker på.

När man hade förbättrat donen vad var det man hade gjort?

Man bytte typ av don och så satte de några brickor bakom. Sen så blev det en acceptabel nivå.

Om man inte har eftervärmare och har ett element, hur skulle du se på det?

Ja det skulle inte bli något bättre för att ha ett element snarare tvärtom för att värmen inte fördelas lika bra och så har du ett fult element.

Lindås – Hans Lundholm, nr 26

Intervju den 3/2- 09

Radhusområde i Lindås. Lägenheterna har ett värmebatteri i ventilationssystemet till varje lägenhet. Dessutom har de boende valt att sätta in extraelement.

Varför valde ni att bo i ett passivhus?

En slump – 2001 byggdes de.

Kan man ha olika temperatur i olika rum? Hur justerar man detta?

Vi har ganska lika temperatur i alla rum, det behövs inte, finns inte.

Var/När upplever ni att det är kallare/varmare i huset?

På kalla vintrar då det är kallt ute, så känns det lite kallare – om det kommer en köldknäpp precis så hänger inte elpatronen med.

Vilket värmesystem använder ni idag? Fungerar det bra?

Elpatron, solceller som ju inte är någon, det är ju en temporär källa, men går lika bra sommar som vinter – ett extraelement [Hur kom det sig att ni köpte ett sånt element?] –”Jo det ska jag berätta...det beror på farbror Lennart...det var nämligen farbror Lennart som köpte det här elementet.....så jag vet inte varför han valde just det.....jag bad honom köpa ett element och så kom han hit med det

och då sa jag...bra.....så att det är möjligt att man hade köpt något annat om man hade... men jag har pratat med andra som bor här som sa att det är lika bra att köpa något som är kraftfullare än nåt sånt där litet fjuttigt. För när man väl behöver det där då vill man ju att det ska bli varmt. För annars använder man det inte och då är det ju dumt att köpa något som när man sätter på det så händer det ingenting...Kanske jag tror att han tänkte lite så..."

Hur fungerar det när ni varit bortresta?

Då är det svinkallt, om det inte är sommar.... [Hur gör ni då för att få det varmt?] Jaa då går man ju in i huset och så sätter man ju på det där elementet.....[och det tar inte så hemskt långt tid innan det är varmt?] ja...du menar utan element? [Ja eller med element] ja med element, nej då tar det inte så lång tid men utan elementet så tar det faktiskt en...då ska det ju värmas upp med en massa andra prylar.. datorer är som små element och kanske man har en diskmaskin t ex. det är ju ganska vanligt...[springa upp och ner i trappor?] Ja man kan liksom bara släppa in barnen och så lever de runt, jättebra.

Ja det stod faktiskt så här i en broschyr om hur man skulle göra om det var kallt: bjud in grannarna och tänd några värmeljus! Och det gör man kanske inte, men om man däremot har barn som vi och har deras vänner här inne så är det klart att då blir det varmt...det är ganska kul att det funkar.

Hur ofta vädrar ni och hur gör ni då?

Mmm det finns ju dörrar och det finns fönster...och då öppnar man dom...beroende på om man vill ha korsdrag eller om man vill ha...det beror på hur mycket man vill vädra. [hur länge kan man vädra, dröjer det länge innan det blir utkyllt?] ...nej det det är ingenting vi har tänkt på.

Hur gör ni i badrummet, med fukt och uppvärmning?

...ja du menar om det skulle bli kallt, eller hur menar du? [Behöver du nån värmekälla där?] man har ju liksom en värmekälla i badrummet, för där har du ju dusch och så finns det ju tvättmaskiner och torktumlare och allt sånt där - men det är klart. Och det finns även en sån där handdukstork...

Upplever ni att det blir för varmt nån gång?

Ja det blir det ...på sommaren. [och hur gör ni då?] Då kan man inte göra nånting faktiskt [Inte?] nej då är det bara svettigt.... men så är det ju i alla hus. Man kan ju liksom öppna alla fönster och dörrar och så där. Men är det riktigt varmt en varm dag så där ...så ligger solen på här och husen är svarta och jätteväl isolerade och temperaturen och det börjar bli väldigt varmtdå e de ju lite varmt alltså det får man ju säga.

Märker ni av ventilationsljudet någonting?

...ja det är klart att det låter *går bort till skåp i kök** om man står här så hör man ju...Men näe inte.. låter ju inte mer än vårat kylskåp eller nånting. [och dom låter inget eller? *pekar på ventilation i tak på andra sidan rummet**] NejFast jag har för mig faktiskt att när vi precis flyttat in att jag tyckte att det lät det, jag vet att det finns andra som haft problem med det. Att det låter. Har för mig att jag tyckte att det lät lite någon period, men vet inte om jag vande mig eller om det bara...

Vilket värmesystem använder ni idag? [Men ni har ingen värmeförsel? Ingen elpatron?]

Jo men det är ju så husen värms upp alla hus har en elpatron, vet inte exakt hur den funkar faktiskt, alla hus har en sån där elpanna som står därinne *menar skåpet på toaletten** med en massa knappar och skruvar och grejer och där ställer du ju in ...värmen...så det är ju el och för vattnet och så där. Men sen tror jag att ventilationen den ställer man in här *menar skåpet i köket** och då ändå så har du inget...[Den räcker inte till att stå emot en köldknäpp?] Eeh...nej därför att den inte värmer upp tillräckligt fort, så att det är ju inte som att den känner av att nu så och så anpassar den sig utan den står ju liksom på ett visst..då hinner den inte med [för då är det ju som att man måste öka ventilationen för att få mer värme och då låter det – men det är ingenting ni har gjort nångång va?] Eeeh näe vi brukar sätta på det här elementet...jo men det är ju sant det kan man ju göra, öka vent...men det är ju liksom lite så där är det ju....

Vilka tekniska prylar har ni idag som alstrar värme och har ni lågenergilampor och så där?

Ja det har vi det är lite blandat faktiskt, lågenergi och vanliga energilampor. Så det är ju inte någon konsekvens i det. Tyvärr...men annars tycker jag att det är väldigt coolt med de här lågenergilamporna – hela ideén är ju väldigt trevlig. [Sen är det ju lite konstigt med just lampor] ja har hört mkt om de där lågenergilamporna de verkar inte vara så där himla bra...[Nej, de läggs ju på deponi för man kan ju inte återvinna dem] nej just det [det är kvicksilver i dem – och så är det ju man håller ju på med diodlampor som de tror är framtiden] ja just det! Så det känns ju bara att det är en tillfällig grej för att i början så tyckte man ju att det verkade väldigt bra men det verkar inte så bra nu. [alltid så med allt som är nytt, med passivhus också att passivhus är jättedåligt] Jaha säger du det? Varför säger man det? [Ja hon Karin Lidberg hon jämför de här husen 70-talshus med fjärrvärme och det är svårt att jämföra med energisnåla hus som inte kan ha fjärrvärme] Knepig jämförelse. Kan ju vara intressant. [Räknade att just elen då som var så dålig] Ja det är den ju.

Har ni ändrat livsstil sedan ni flyttade in? För- och nackdelar?

Vad skulle det vara? när du säger ändra livsstil...[att man måste tänka mer på vad man har på sig t ex på morgonen] ...jaa det är sant tjocka sockor ibland – kallt på golvet. Kan ju var en sorts livsstils [låter konstigt med livsstil kanske...]. [Någon skillnad jämfört med första året] nej, vi flyttade in här på våren så då var det rätt varmt i och med att vi flyttade från stan och hit var det en större omställning än om man kanske flyttat hit från ett annat ställe nära här till ett passivhus. Så det var inget vi tänkte på.

Är det något som ni saknar i huset, något ni vill ändra på?

Njaee vi tycker att det funkar väldigt bra, det är klart det elementet som vi köpte till då det hade ju givetvis kunnat finnas på något sätt. Men det förstår man om det kanske inte vill sätta in element i huset- för det innebär ju att idén inte funkar av sig själv. Så det lär ju inte hända av den anledningen. Men det är ju klart att om de varit lite mer krassa och sagt att ..eller de kunde ha tänkt att det kanske behövs något extra att värma upp med då det är kallt eller man varit borta – men de har inte tänkt ut någon smart lösning, som är lika smart som allt annat i huset. Det har de inte gjort. Så då får man ha ett sånt här element som dels är i vägen...då man inte använder det så bara står det ju och samlar damm och sen är det ju inte världens smartaste element det finns säkert nåt element som är fiffigt på

något sätt. Så det vore väl jättebra om man kunde tänka ut nåt bättre. [Vet du hur mycket det kostar?] nej inte en aning, rätt billigt tror jag, kommer inte ihåg tyvärr. [Skulle ni vara emot om det fanns en integrerad lösning på något sätt?] Nej..man använder det ju men i så fall skulle det ju vara att man använde det...det ska ju inte vara något som ska stå på hela tiden, det behövs ju inte....

Hur mycket skulle ni vilja betala för ett löst element som är bättre? Eller installera någonting?

Jag tror att om vi bor så här - alla som vi känner som flyttat in här och känt behovet har ju köpt ett extraelement – så då vill man ju inte lägga ut en massa pengar på en installation i huset på nåt avancerat sätt. För så stort är inte behovet, det är okej med det lilla vi har. Däremot om det hade funnits i huset när det byggdes... det är nog det som är svårt, för byggföretagen vill ju inte ha element i husen – det ska ju inte behövas och dom som redan bor där köper ju vilka element som helst och bryr sig ju inte. [Därför som vi vill lyssna på er som bor i husen, det går ju inte att prata med de som håller på med passivhus och det är svårt för forskare på Chalmers att veta] Ja det bor man inte i ett passivhus så...

Ser du något behov av extra värmekälla?

Behovet finns, särskilt för hus längre norrut än Göteborg. Ju längre norrut man kommer desto mer kommer passivhusideén att likna en kompromiss. Där krävs det mer elvärme för det räcker inte när det är kallt. Passivhus är ju så nytt i Sverige – behovet kommer upptäckas. –men behovet finns bara vid vissa tillfällen, ska endast användas då och då, inget som står på jämt – det behövs ju inte. Billig att installera pga detta. Braskamin går ej(?) Bara el som går, vettigast då det känns konstigt att blanda värmekällor...

Egna förslag?

Placering av element, bra med en lösning med ett löst (kraftfullt) element (som står vid matplats vid köket). Skönt att det inte finns (fasta) element i huset (jobbiga att städa, fula osv.). Att de inte finns gör ju att man ser ett löst element som enda lösning. Om de finns ska de inte synas.

Så det är väl en lösning om LVI vill ha in element i passivhus får de vara som brandsläckare, att kanske döpa om dem, de som bygger säger ju att det inte behövs element. Men ställ frågan till dem som bygger passivhus: ”vad händer om man varit borta och det är svinkallt, eller något av dessa, man har småbarn t ex man vill att det ska bli varmt snabbt – hur gör man då?” Då skulle säkert de som bygger passivhus säga att man ska hålla på och mecka med inställningar och egentligen använda elvärmesystemet, det är ju det de säger. [Ja det värmebatteriet då ja] Ja på nåt sätt...sätter på alla elgrejor i huset på full fart och då säger man att det går inte tillräckligt fort. Känns sämre. Borde vara energisnålare med ett litet element som sedan stängs av. Då kanske de skulle säga ja om man kallar det något annat. Nybyggda hus är deras enda chans och att det är inbyggt, inte till de hus som redan är byggda. Vilket är mest energisnålt – att värma upp snabbt vid tillfällig kyla med ett element eller med det befintliga systemet [elpatron och elapparaturer].

Lindås – Paret Amgarth, nr 37

Intervju den 3/2 – 09

Radhusområde i Lindås. Lägenheterna har ett värmebatteri i ventilationssystemet till varje lägenhet. Denna är en kantlägenhet och har därför dessutom ett installerat element på bottenvåningen.

Varför valde ni att bo i ett passivhus?

Tänkte inte på det. Ville ha gavelradhus. Fick reda på då när vi fick det att det var ett passivhus – hade aldrig tänkt på att det fanns. Men gick in i det... var lite dumma kanske...

Kan man reglera värmen i huset?

Sätter på – kan ställa in termostaten på den temp vi vill ha men gör det inte kontinuerligt, låter den vara, den håller en jämn temp på 20-21 grader

Var upplever ni att det är varmast?

Här nere, vi lever mest på 2:a vån

Var upplever ni att det är för kallt?

Nej ingenstans inte för kallt, men ibland på morgonen när man kommer ner och ska äta frukost så känns det kallt, men så är det ju i alla hus det är ju inget exceptionellt för oss. Värmen stiger ju uppåt.

Känner ni att ni behöver extra värme någon gång?

Nej, vi har satt på vårt element någon enstaka gång, nu efter nyår i januari kom en liten knäpp, sätter på och stänger sedan av. Sätter på elementet när vi ska laga mat och stänger sedan av när vi går härifrån igen.

Känns det bra att ha ett element?

Äsch, det kunde lika gärna varit, kände inget behov av det innan, blev förvånade när de satte in det. När man har då tar man och skapar behovet. De tänkte ju att vi har tre ytterväggar så att vi skulle behöva det. Egna hem satte in det, bolaget som sålde husen.

Brukar ni vädra?

Nej, inte så mycket, tycker inte att det behövs, gör det inte mycket, har vi alltid gjort, inte mer än den vanliga perioden

Hur gör ni när ni har varit bortresta?

Bara bortresta i augusti och september så då märker man ingen skillnad

Hur har ni det i badrummet, har ni någon extra värme där?

Nej ingenting och det är ingen skillnad från det förra vanliga enplansvillan vi bodde i, nej ingen skillnad, nej

Vilken energiförbrukning har ni idag?

Från 22 000 kr per år har vi gått ner till 7000 kr. Huset drar bara 1000 kWh per år!

Telefonintervju - Andreas Granbäck

Intervju den 10/2 - 09

Granbäck bor i en villa belägen i Sollentuna och värmer upp huset med en Nibe 410P värmepump.

Varför valde du att bo i ett passivhus?

Energiåtgången är lägre. Driftskostnaden är en stor del.

Kräver systemet mycket underhåll?

Rengöring och byte av filter. Nibe säger 1ggr/år.

Kan man ha olika temperaturer i olika rum?

Det går inte att reglera i olika rum. Det går dock att fixa genom att ha olika ventilationskanaler och justera luftflödet. Sovrummet är väl det enda rum där vi skulle önska att vi kunde reglera temperaturen.

Vilket värmesystem använder ni idag?

Nibe 410P värmepump. Denna sørjer för ventilation, värme och varmvatten. Nibe beräknar energiåtgången för pumpen till cirka 3500 kWh/år. Ska även komplettera med solfångare på taket.

Var (i vilka rum och var i rummet) upplever ni att det är kallare?

Det är ungefär samma temperatur i hela huset. Det är dock kallast i hallen. Vi har en traditionell hall med dörrar. Ingen farstu alltså. In mot allrummet sitter en glasdörr.

När och var har du upplevt att du fryser?

Vi frös precis vid inflyttningen. Då tog vi fram ett gäng värmeljus och temperaturen ökade med 2°C på 40 min. Vi tror att anledningen till att det var kallt just då var att det fanns en inneboende kyla efter själva byggandet.

Känner du att det behövs extra värme någon gång?

Nej! Det behövs inget extra.

Hur fungerar det när ni varit bortresta?

Vi har varit borta som längst två veckor i streck. När vi kom hem så var det ungefär 2 grader lägre temperatur än normalt. Det tog två timmar att få upp temperaturen till den normala.

Vädrar ni någonsin?

Nej vi vädrar inte. Har inte känt något behov. Luftkvaliteten är så bra ändå.

Hur gör ni i badrummet? (Fukt/uppvärmning)

Nibepumpen ger ett överskott av varmvatten. Detta leder vi in till vattenslingor i golvet och får på så sätt golvvärme så att man slipper de kalla klinkerplattorna.

Märker du av ventilationsljudet?

Nej. Vi har inte märkt av något sådant. Talade med Malmborg som sade att han hade problem med detta men det är ingenting som vi har upplevt.

När och var har du upplevt att det är för varmt?

Det var för varmt i somras. Vi hade ett 220 cm brett skjutglasparti mot öster och det gjorde att det blev väldigt varmt. Huset är ej färdigt. Vi har flyttat skjutdörrarna till söder istället. Vi ska också sätta upp utanpåläggande jalousier. Vidare ska vi gräva ned en 150-200m lång slinga, ca 1m ned i marken, för att ta vara på markkylan sommartid. Detta är en lösning som Nibe har föreslagit.

Vill ni öka inomhuskomforten?

Vi skulle vilja göra det i sovrummet för vi vill ha kallt när vi sover. Om inte kylslingan är tillräcklig så funderar vi på att sätta upp solceller på taket för att kunna driva en liten AC som kyler i sovrummet.

Vad upplever du är för och nackdelar med boendet?

Fördelar: Elräkningen är väldigt låg, det är bra inomhusluft, det är som vilket annat hus som helst att bo i.

Nackdelar: Jag är besviken på att kraven för passivhusboende inte även omfattar hushållselen.

Tycker du att det skulle behövas någon form av kompletterande värmeanläggning?

Nej. Jag tror inte att det behövs till exempel en kamin. Vi har köpt en dekorationsspis som eldas med etanol. Den avger 3kW. Det blir riktigt varmt.

Hur torkar du dina blöta vantar?

Vantarna torkar men hjälp av ventilationssystemet.

Vad skulle du göra annorlunda om du skulle bygga om huset.

Jag skulle projektera elen bättre och ändra planlösningen. Detta har ju ingenting med själva passivhusboendet att göra.

Det stora problemet är att man väljer den bästa löningen som finns och när man har fått den installerad så har det kommit så mycket bättre saker. Utvecklingen går rasande fort. Så man sitter alltid med gamla lösningar.

Har du fått några skattelättnader eller förmånliga banklån på grund av passivhuset?

Nej. Jag har hört att den Norske Bobanken ger förmåner.

Övrigt

Vi ska sätta in LED-belysning överallt. De är på bara 6 W styck. Detta gör vi för att få ner elförbrukningen. Det är inget problem eftersom den värme som de vanliga lamporna alstrar kan försummas.

Telefonintervju - Erik Westholm

Intervju den 2/2 - 09

Westholm bor i en villa belägen i Falun och har en vedkamin och värmebatteriet i ventilationssystemet för komplementerade värme och har solfångare och elpatron för uppvärmning av vatten.

Varför valde du att bo i passivhus?

Jag har varit lite energiintresserad jämt och i det gamla huset som var 100 år hade vi solfångare. Men när vi ändå skulle bygga ett nytt hus av andra skäl så ville vi ha min syster som arkitekt och hon höll på med passivhus. Så efter att ha tittat på passivhus och funderat på om vi vågade detta tyckte vi det var jätte spännande och bestämde oss för att bygga ett.

Kan man ha olika temperaturer i olika rum? Hur exakt kan ni bestämma och reglera temperaturen i huset?

Vi valde att sätta en vedkamin i vardagsrummet och resten av rummen har i princip inget sätt att reglera temperaturen på vanligtvis med och det betyder som idag var det minus 16, vi har haft svinkall vinter, mellan 7 och 15 grader sen i december ibland 20 eller mer men och det e så att vi byggde inte ett sånt här på att det var energioptimerat, det e ganska avlångt och öppet med mycket fönster i nedervåningen vilket är en nackdel energimässigt. Eftersom vi har satt in en vedkamin behöver vi inte dra ned på fönstertyorna. Det e lite kallare där de stora fönstren är. Sovrummen på övervåningen är

också kallare om man inte använder dem. På övervåningen är lite kallare, det e konstigt att det e inte går att reglera värmen då det kommer någon så att det blir 21 grader.

Hur lång tid tar det att värma upp?

Vi har ju inget sätt att värma upp vi öppnar dörren till rummen och värmen jämnar ut sig. Jag tänder en brasa då jag tycker det blir kallt.

Var (i vilka rum och var i rummet) upplever ni att det är kallare

Ovanvåningen, rum som används sällan som sovrummen.

Vilket värmesystem använder du i dag.? (fungerar det bra?)

Vi har solfångare och elpatron, vi går på direktel för uppvärmning av vatten och en liten golvslinga i badrummet på nedervåningen som går på el. Första vintern hade vi inte på värmebatteriet i ventilationssystemet. Men i år hade vi på den. Jag vet inte hur mycket värmebatteriet varit igång. Vedkamin.

Vilken energiförbrukning har ni i dag?

6000kWh el till allting plus någon kubik ved, det var nog 3 kubik ved. Vi har haft lite hjälp av elvärmen också. Kaminen behövs.

Vilka förmåner, typ skattelättnad och banklån har ni fått?

Nej, man får bidrag till solfångaren annars inget.

När och var har du upplevt att du fryser?

Nej då eldar jag ju det e så himla lätt att få varmt. Ja jag har upplevt att det varit för kallt och då eldar jag bara mer. Det visste vi från början vi e ju gamla vedledare.

Känner du att det behövs extra värme någon gång?

Om jag behöver mera värme slänger jag i några vedträn och i gränsfallet så kanske jag tänder några ljus så hjälper det.

Hur fungerar det när ni varit bortresta?

Ja då tappar vi ju värme sakta men jag vet faktiskt inte hur bra de 900 W är som sitter i ventilationssystemet, det är dem som ska stå emot då.

Kan ni ringa till den så den sätts igång?

Nej vi har inga sofistikerade styrgrejer. Vi har förberett så att vi kan sätta en vattenmantlad kamin i vardagsrummet och elda där så att det kommer varmvatten i tanken och den skulle man kunna koppla till ventilationssystemet med vattenbatteri också ganska enkelt. Då skulle vi kunna elda i vardagsrummet och få ut värmen i alla rum så det omfördelas i hela huset.

Vädrar ni?

Man behöver inte vädra för luftkvalitétens skull eftersom ventilationssystemet bidrar ... den omsätter hela luftvolymen varannan timme. Det e väldigt kraftig ventilation i grundläget i ett sådant här hus. Men när det blir vår däremot kan man vädra och liksom njuta av det mer eftersom det e så lätt att ta igen förlorad värme så kan man ha balkongdörren öppen. Det kanske folk har i vanliga hus också men då får dem betala för det.

Hur gör ni i badrummet?

Värmeslinga som drivs av el i golvet.

När och var ha du upplevt att det är för varmt?

Ja det kan det vara just när man har eldat men inte så att det är något problem. Då öppnar jag dörrarna till andra rum så sprider sig det snabbt.

Märker du av ventilationsljudet?

Nej bara där inne i tvättstugan där den sitter. Ja jag kan höra ett svagt sus i några av rummen men absolut inte störande. Det var vi väldigt noggranna med och ville inte bygga ett hus där det fanns något grundmuller i eller så.

Vilka tekniska prylar har ni i dag som alstrar värme? Lågenergilampor?

Vi har väl inga ovanliga grejer allt som ett hushåll har ungefär. Det är lite olika på olika ställen vi försöker ha lågenergilampor till ytterbelysningen för vi kan ju använda värmen av lamporna inomhus. Man kan ju tänka sig att man på vinter har vanliga lampor och på sommaren lågenergilampor.

Har ni ändrat livsstil? Fördelar och nackdelar?

Fördelar är att det är så lite som behövs och att det inte finns några kallras från fönster och dörrar och så att det är en slags varmare grundkänsla. Man sitter väldigt nära ett fönster. För att åtgärda om det e för varmt e det bara att öppna altandörrarna, om det är kallt så är det bara så små värmestillskott så det är inte så mycket att snacka om. Nackdelarna är att det är en oregelbunden temperatur mellan rummen och att det inte finns något att styra det med.

Vad saknar ni och hur skulle huset kunna förbättras?

Om jag fick göra om det, jag kanske skulle gjort en lite golvvärmeslinga i hallen centralt sådär så att jag skulle kunna, om jag inte vill elda ved eller så, kunna dra på lite när det är så här kallt. Jag uppfattar det inte som ett problem men jag kan tro att de som har växt upp i en vanlig lägenhet där det varit väldigt stabil värme kan tycka det. Jag tycker det e jättebra alternativ att vedelda.

Vad upplever du för för- och nackdelar med boendet?

Ja alltså man tänker ju inte på det som ett passivhus. I början tänkte vi att vi skulle bygga ett experimenthus och tänkte på för- och nackdelar men nu när vi bor här är det ju vårt vanliga hus. Den största fördelen är att vi har så låg energikostnad och att man gör något som är hållbart på lång sikt eller i alla fall tagit ett steg åt det hållet. Det är en fantastisk kvalité att duscha i så varmt vatten till exempel och då brukar folk höja på ögonbrynen och tänka, det e väl samma känsla av varmvatten, men det är inte det när man liksom har börjat att tänka på naturresursfrågor och att det är nästan slöseri med naturresurser att gå ur duschen när solen värmt upp duschen och så är det precis tvärtom om jag går på direkt el då måste jag dra ned på duschtiden så gott det går. Jag skulle vilja vända på frågan och säga att det är ofattbart att de inte försöker bygga ett energisnålt hus och det är dem man vill fråga hur de tänker egentligen.

Ser du att det skulle behövas till exempel små element i varje rum man kan styra som drivs av el?

Vi var väldigt inne på att inte göra massa anläggningar utan att bygga det klockrent först, ett hus som har väldigt lite teknik. Man kan ju köpa små kupévärmare på Clas Ohlsson och så kan jag sätta på lite sådant, det går ju att styra klockvis också om man vill och det kanske är en liten nackdel att börja plocka med lösa grejer och så men för mig är det absolut ett fullgott alternativ, men jag har inte tagit till det ännu. Jag kan ta och ställa den i gästrummet eller i biblioteket om det e så här kallt ute men problemet är så lite jag öppnar dörrarna och går in där med två ljus så är det okej sen. I julas var det 22 grader kallt och då hade jag min son och hans tjej i det mest avlägsna sovrummet och då sa jag att det finns en värmefläkt ni kan använda och efter två dygn frågade jag om de hade använt den och de hade de inte. De tyckte inte den behövdes. Jag tror de levde där med 17- 18 grader eller nått men eftersom de bara sov där var det okej och hade de inte bara sovit där hade de ju varit där mer och orsakat mer värme.

Egna förslag?

Det finns ju två sätt det ena är ju någon liten möjlighet att detaljstyra varje rum det skulle man kunna tänka sig men det går att göra med en kupévärmare. En annan grej är att lägga ut från ackumulatortanken och lägga en värmeslinga någonstans och kunna dra på lite. Det som dem sa att om man eldar med ved i ett rum kommer värmen flytta sig genom ventilationssystemet men så tycker jag det inte är faktiskt. Jag tycker det blir stor skillnad i det rum jag eldar i kaminen med.

Bilaga 3 - Sammanfattning av transkriberade intervjuer

Intervjuer av boende i passivhus genomfördes för ta reda på hur de boende tycker att passivhusen fungerar idag, för att få en bild av hur uppvärmningen fungerar och för att se vilka behov som finns. Dessa transkriberades och är sammanfattade i denna bilaga, för att ge en lättöverskådlig bild av intervjuerna.

Villa Malmborg – Mikael Malmborg

Intervju den 3/2 - 09

Villa malmborg är ett fristående hus som är ansluten till ett fjärrvärmenät beläget i utkanten av Lidköping.

Varför valde du att bo i passivhus?

”Det har alltid varit bra att göra saker som är bra för miljön.”

”Det vi störde oss mest på var att vi hade ett hus som var byggt -77 och vi kunde välja att elda olja eller värma med el, vattenburen el i och för sig.”

”Vi fick en kombinerad el och hushållsräkning 28000kr/år för värme och el och det var ingen rolig räkning att få och vi funderade på vad man vill lägga pengarna på.”

Var upplever ni att det är kallare?

”Jag har tofflor på mig till exempel och det behöver man ha på det här golvet tycker jag det är lite för kallt annars.”

Är du nöjd med uppvärmningen?

Malmborg har Varmluftintag i taket på bottenvåningen och i golvet på övervåningen.

”Vi hade tänkt tillföra värme med solvärme och med el till att börja med...men det slutade med att vi drog in fjärrvärme. ”

”Det vi ville komma bort från var den typen av värme det blir när man värmer med el. Det kan vara lite hälsofarligt med den typen av luft. Det har jag hört, kan inte säga var ifrån.”

”Men regleringen är väldigt osmidig”

Övriga kommentarer

”Vi tändar mycket mer ljus än vad vi gjorde innan, men jag skulle nog gärna vilja ha en liten öppen spis också, just för att det är mysigt och ger värme såklart. ”

”Om jag hade ett eget vindkraftverk skulle jag gärna ha direktverkande el”

”Dålig klang med direktverkande el. För mig beror det väldigt mycket på var elen kommer ifrån.”

Hamnhuset-Annica Tisell

Intervju den 6/2 - 09

Flerbostadshus i Göteborg med central fjärrvärme och individuell elpatron i luftintaget för komplimenterande värme.

Varför valde ni att bo i ett passivhus?

”Ja nu e ju jag lite partisk eftersom jag jobbar här. Ja men det e ju lite spännande om det skulle fungera i början. Men det gör det ju.” Vi tolkar det som att den boende inte gjorde ett aktivt val, men är öppen för nya boendeformer.

Vilket värmesystem använder ni?

Hamnhuset är ett passivhus som även har fjärrvärme. ”Den luften som finns i lägenheten går ju ut i utsug och så går den ner i källaren i en värmeväxlare och så får man in luft utifrån och så renar man den och sen så värmer man upp den i rätt temperatur och sen leds den upp i lägenheterna.” ”...om det till t.ex. skulle bli 15 grader kallt länge behöver vi ta in extra fjärrvärme för att hålla dem här 20 graderna. Man kan reglera det på så sätt att det finns eftervärmare i rören som går in i lägenheten”.

Hur upplever ni inomhuskomforten?

Den boende tycker att inomhusklimatet är bra. ”Det blir ju en jämnare temperatur i lägenheten.” ”...det är en jämnare temperatur än vanliga lägenheter.”

Lindås – Hans Lundholm, nr 26

Intervju den 3/2 - 09

Radhusområde i Lindås. Lägenheterna har ett värmebatteri i ventilationssystemet till varje lägenhet. Dessutom har de boende valt att sätta in extraelement.

Varför valde ni att bo i ett passivhus?

”En slump.”

Vilket värmesystem använder ni?

”Elpatron, solceller som ju inte är någon, det är ju en temporär källa, men går lika bra sommar som vinter – ett extraelement”. ”...om det kommer en köldknäpp precis så hänger inte elpatronen med.” Den boende har ett extraelement som står vid köket och vardagsrummet på nedervåningen. Detta sätts på då det är kallt ute (i januari) eller om de varit bortresta t ex. Den boende anser också att andra apparater såsom datorer och torktumlare i badrummet är som små element i sig.

Hur upplever ni inomhuskomforten?

”Vi har ganska lika temperatur i alla rum, det behövs inte [justeras]”. ”[varmt?] Ja det blir det ...på sommaren. [och hur gör ni då?] Då kan man inte göra någonting faktiskt [Inte?] nej då är det bara svettigt... men så är det ju i alla hus.” Den boende tycker att det finns vissa problem med kyla på vintern och värme på sommaren men att huset fungerar bra däremellan.

Lindås – Paret Amgarth, nr 37

Intervju den 3/2 - 09

Radhusområde i Lindås. Lägenheterna har ett värmebatteri i ventilationssystemet till varje lägenhet. Denna är en kantlägenhet och har därför dessutom ett installerat element på bottenvåningen.

Varför valde ni att bo i ett passivhus?

”Tänkte inte på det. Ville ha gavelradhus. Fick reda på då när vi fick det att det var ett passivhus – hade aldrig tänkt på att det fanns. Men gick in i det...var lite dumma kanske...”

Vilket värmesystem använder ni?

Detta passivhus har samma centralvärmesystem som alla andra. ”vi har satt på vårt element någon enstaka gång, nu efter nyår i januari kom en liten knäpp”

Hur upplever ni inomhuskomforten?

”nej ingenstans inte för kallt, men ibland på morgonen när man kommer ner och ska äta frukost så känns det kallt, men så är det ju i alla hus det är ju inget exceptionellt för oss. Värmen stiger ju uppåt.” Annars var allt annat bra.

Telefonintervju - Andreas Granbäck

Intervju den 10/2 - 09

Granbäck bor i en villa belägen i Sollentuna och värmer upp huset med en Nibe 410P värmepump.

Varför valde du att bo i ett passivhus?

”Energiåtgången är lägre. Driftskostnaden är en stor del.”

Känner du att det behövs extra värme någon gång?

”Nej! Det behövs inget extra.”

Hur gör ni i badrummet? (Fukt/uppvärmning)

”Nibepumpen ger ett överskott av varmvatten. Detta leder vi in till vattenslingor i golvet och får på så sätt golvvärme så att man slipper de kalla klinkerplattorna.”

Tycker du att det skulle behövas någon form av kompletterande värmeanläggning?

”Nej. Jag tror inte att det behövs till exempel en kamin. Vi har köpt en dekorationsspis som eldas med etanol. Den avger 3kW. Det blir riktigt varmt.”

Övriga kommentarer

”Vi ska sätta in LED-belysning överallt. De är på bara 6W styck. Detta gör vi för att få ner elförbrukningen. Det är inget problem eftersom den värme som de vanliga lamporna alstrar kan försummas”

Telefonintervju - Erik Westholm

Intervju den 2/2 - 09

Westholm bor i en villa belägen i Falun och har en vedkamin och värmebatteriet i ventilationssystemet för komplementerade värme och har solfångare och elpatron för uppvärmning av vatten.

Varför valde du att bo i passivhus?

”Jag har varit lite energiintresserad jämt ”

”Tyckte det var jättespännande”

Känner du att det behövs extra värme någon gång?

”Det e lite kallare där de stora fönstren är. Sovrummen på övervåningen är också kallare om man inte använder dem. ”

”Vi öppnar dörren till rummen och värmen jämnar ut sig”

”Kaminen behövs”

”Om jag behöver mera värme slänger jag i några vedträn och i gränsfallet så kanske jag tänder några ljus så hjälper det.”

”Nackdelarna är att det är en oregelbunden temperatur mellan rummen och att det inte finns något att styra det med.”

Övriga kommentarer

”Det är lite olika på olika ställen vi försöker ha lågenergilampor till ytterbelysningen för vi kan ju använda värmen av lamporna inomhus. Man kan ju tänka sig att man på vinter har vanliga lampor och på sommaren lågenergilampor.”

”Nackdelarna är att det är en oregelbunden temperatur mellan rummen och att det inte finns något att styra det med.”

”Jag tycker det e jättebra alternativ att vedelda.”

Bilaga 4 – Elimineringssmatris av tekniker mot behov

En elimineringsmatris användes för att utvärdera de framtagna teknikkoncepten och därmed kunna utesluta de tekniker som inte uppfyller alla behov.

Gradering: + =Tekniken uppfyller behovet, ?= mer information behövs och -= Tekniken uppfyller inte behovet

Elimineringsmatris av teknik mot behov				
Behov	IR	Plåt och olja	Omsluten elslinga	Tjockfilm
Lösningen bör klara kraven enligt passivhusdefinitionen med avseende på tillförd effekt för uppvärmning.	+	+	+	+
Lösningen bör vara anpassad för industriell massproducering.	+	+	+	?
Lösningen bör bibehålla/förbättra inomhusluftens kvalitet.	+	+	+	?
Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.	+	+	+	+
Användaren bör uppleva behaglig värme i rummet inom 20 minuter från temperaturer på 17 °C.	+	?	?	?
Lösningen bör bibehålla rumstemperaturen vid snabba temperaturväxlingar utomhus ner till -20 °C.	+	+	+	?
Ljudstyrka över 25dB får inte överskridas.	+	+	+	+
Installations- och driftskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.	+	+	+	?
Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.	?	+	?	?
Användaren bör uppleva att lösningen ger en jämn värmespridning i rummet.	+	+	+	?
Användaren bör uppleva behaglig värme i alla delar av rummet.	+	+	+	?
Användaren bör inte associera lösningen till traditionella element.	+	+	+	+
Lösningen bör vara så exergieffektiv som möjligt.	+	+	+	+
Lösningen bör ej gå att bränna sig på vid normal användning.	+	+	+	+
Lösningen bör för ändamålet vara mer fördelaktig än en kupévärmare.	+	+	+	-
Beslut	Gå vidare	Gå vidare	Gå vidare	Uteslut

Bilaga 5 – Pughmatris av tekniker mot behov

Pughmatrisen är en relativ utvärderingsmatris som användes för att utvärdera teknikkoncepten mot varandra.

Gradering: +=bättre, 0= lika bra, -= sämre och ?=mer information behövs

Pughmatris av tekniker mot behov			
Behov	IR	Plåt och olja	Omsluten elslinga
Lösningen bör klara kraven enligt passivhusdefinitionen med avseende på tillförd effekt för uppvärmning.	Referens	0	0
Lösningen bör vara anpassad för industriell massproducering.	Referens	0	0
Lösningen bör bibehålla/förbättra inomhusluftens kvalitet.	Referens	0	0
Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.	Referens	0	0
Användaren bör uppleva behaglig värme i rummet inom 20 minuter från temperaturer på 17 °C.	Referens	-	-
Lösningen bör bibehålla rumstemperaturen vid snabba temperaturväxlingar utomhus ner till -20 °C.	Referens	0	0
Ljudstyrka över 25 dB får inte överskridas.	Referens	0	0
Installations- och driftskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.	Referens	?	?
Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.	Referens	?	?
Användaren bör uppleva att lösningen ger en jämn värmespridning i rummet.	Referens	0	-
Användaren bör uppleva behaglig värme i alla delar av rummet.	Referens	-	-
Användaren bör inte associera lösningen till traditionella element.	Referens	-	0
Lösningen bör vara så exergieeffektiv som möjligt.	Referens	0	0
Lösningen bör ej gå att bränna sig på vid normal användning.	Referens	-	0
Lösningen bör för ändamålet vara mer fördelaktig än en kupévärmare.	Referens	?	?
Totalt		-4	-3
Beslut	Gå vidare	Gå vidare	Gå vidare

Bilaga 6 – Elimineringssmatris av tekniker mot önskemål

Sista utvärderingssmatrisen som användes i fasen Övergripande lösningar var en Elimineringssmatris som utvärderade teknikkoncepten mot de uppsatta önskemålen.

Gradering av teknik: 3 = Lösningen uppfyller önskemålet väl, 2 = Lösningen uppfyller troligen önskemålet, 1 = Lösningen uppfyller knappt önskemålet och 0 = Lösningen uppfyller inte önskemålet

Gradering av önskemål: 5 = mest viktigt och 1 = är minst viktigt

Elimineringssmatris av tekniker mot önskemål							
Önskemål	Önskemåls gradering	IR		Plåt och olja		Omsluten elslinga	
		Gradering	Totalt	Gradering	Totalt	Gradering	Totalt
Användaren bör uppleva att lösningen är enkel att sätta på/stänga av.	5	3	15	3	15	3	15
Lösningen bör vara integrerad med husets basvärmesystem.	5	3	15	3	15	3	15
Lösningen bör vara underhållsfri.	5	3	15	3	15	3	15
Boende bör kunna ställa in önskad rumstemperatur med en tolerans på 1°C.	4	2	8	3	8	3	12
Uppvärmning av oönskade rum bör undvikas.	4	3	12	1	12	1	4
Lösningen bör tilltala målgruppen; Medvetna.	4	5	20	2	8	3	12
Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig.	4	2	8	2	8	2	8
De boende bör uppleva att lösningen uttrycker en varm grundkänsla.	3	2	6	3	6	2	6
De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen samt städa runt omkring den.	2	3	6	2	6	2	4
Totalt			105		93		91
Beslut		Gå vidare		Uteslut		Uteslut	

Bilaga 7 – Elimineringssmatris av värmeenhetens konceptlösningar mot behov

Utvärderingen av konceptlösningarna för placering och utformning gjordes bland annat med en viktad Elimineringssmatris mot uppsatta behov på nästa sida.

Gradering: 3 = Lösningen uppfyller behovet väl, 2 = Lösningen uppfyller troligen behovet 1 = Lösningen uppfyller knappt behovet 0 = Lösningen uppfyller inte behov

Elimineringsmatris av värmeenhetens konceptlösningar mot behov

Behov Värmeenhet	Taklist	Takplatta	Hörn	Väggplatta	Bucklig i tak	Krabba
Lösningen bör gå att fast installeras i valda utrymmen.	3	3	3	3	3	3
Lösningen får inte orsaka skada på övrig interiör.	3	3	3	3	3	3
Lösningen bör ge någon form av feedback då den är aktiv, via värmeenheten eller lokal styrenhet.	3	3	3	3	3	3
Lösningen bör klara kraven enligt passivhusdefinitionen med avseende på tillförd effekt för uppvärmning.	3	3	3	3	3	3
Lösningen bör vara anpassad för industriell massproducering.	3	3	3	3	3	3
Lösningen bör bibehålla/förbättra inomhusluftens kvalitet.	3	3	3	3	2	2
Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.	3	3	2	3	2	3
Användaren bör uppleva behaglig värme i rummet inom 20 minuter från temperaturer på 17 °C.	3	2	2	3	3	3
Lösningen bör kunna bibehålla rumstemperaturen vid snabba temperaturväxlingar utomhus ner till -20 °C.	3	3	3	3	3	3
Lösningens effektanvändning bör kunna styras av användaren	3	3	3	3	3	3
Ljudstyrka över 25 dB får inte överskridas.	3	3	3	3	3	3
Installations- och driftskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.	2	2	2	2	2	2
Installationen av lösningen i huset bör ej kräva rördragning.	3	3	3	3	3	3
Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.	2	2	2	2	2	2
Användaren bör uppleva att lösningen ger en jämn värmespridning i rummet.	3	2	1	2	3	3
Användaren bör uppleva behaglig värme i alla delar av rummet.	3	2	1	2	3	3
Användaren bör inte associera lösningen till traditionella element.	3	3	3	3	3	3
Lösningen bör vara så exergieeffektiv som möjligt.	3	3	3	3	3	3
Lösningen bör ej gå att bränna sig på vid normal användning.	3	3	3	1	3	3
Lösning med ytemperatur över 40° C bör placeras minst 180 cm över golvytan.	3	3	3	0	3	3
Lösningen bör för ändamålet vara mer fördelaktig än en kupévärmare.	3	3	3	-	3	3
Uppvärmningen bör vara elektrisk	3	3	3	-	3	3
Lösningen bör ha en effekt som är tillräcklig i 20 år framåt.	3	3	2	-	3	3
Lösningens bör utformas för att kunna passa i olika rum.	2	3	1	-	2	2
Lösningen bör uppfylla ovanstående krav i 20 år.	3	3	3	-	3	3
Totalt	72	70	64	-	70	71
Beslut	Gå vidare	Gå vidare	Uteslut	Uteslut	Gå vidare	Gå vidare

Bilaga 8 – Elimineringssmatris av värmeenhetens konceptlösningar mot önskemål

Utvärderingen av konceptlösningarna för placering och utformning gjordes slutligen med en viktad Elimineringssmatris mot uppsatta önskemål. Här graderades hur väl lösningen uppfyllde önskemålen

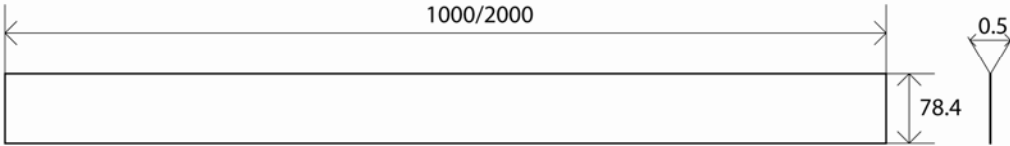
Gradering av koncept: 3 = Lösningen uppfyller önskemålet väl, 2 = Lösningen uppfyller troligen önskemålet, 1 = Lösningen uppfyller knappt önskemålet och 0 = Lösningen uppfyller inte önskemålet

Gradering av önskemål: 5 = mest viktigt och 1 = är minst viktigt

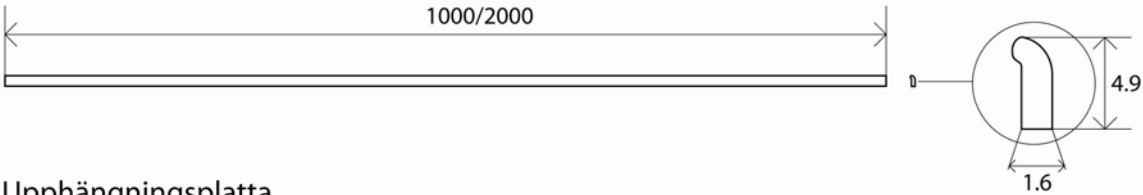
Elimineringssmatris av värmeenhetens konceptlösningar									
Önskemål värmeenhet	Önskemåls gradering	Taklist		Takplatta		Bucklig i tak		Krabba	
		Gradering	Totalt	Gradering	Totalt	Gradering	Totalt	Gradering	Totalt
Lösningens ergonomi bör vara god för installatören.	5	3	15	3	15	3	15	3	15
Lösningens ergonomi bör vara god för användaren.	5	3	15	3	15	3	15	3	15
Användaren bör uppleva att lösningen är enkel att sätta på/stänga av.	5	3	15	3	15	3	15	3	15
Lösningen bör vara integrerad med husets basvärmesystem.	5	3	15	3	15	3	15	3	15
Lösningen bör vara underhållsfri.	5	3	15	3	15	3	15	3	15
Lösningen bör tilltala målgruppen; Medvetna.	4	2	8	2	8	2	8	3	12
Boende bör kunna ställa in önskad rumstemperatur med en tolerans på 1°C.	4	2	8	2	8	2	8	2	8
Uppvärmning av oönskade rum bör undvikas.	4	3	12	3	12	3	12	3	12
Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig.	4	2	8	2	8	2	8	2	8
Lösningen bör kunna regleras på distans.	4	3	12	3	12	3	12	3	12
Lösningens design och placering bör återspegla hur frekvent den används.	4	2	8	2	8	1	4	2	8
De boende bör uppleva att lösningen uttrycker en varm grundkänsla.	3	2	6	2	6	2	6	2	6
De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen samt städa runt omkring den.	2	3	6	3	6	2	4	2	4
Totalt önskemål			143		143		137		145
Beslut		Gå vidare		Gå vidare		Uteslut		Gå vidare	

Bilaga 9 - Ritning IR-taklist

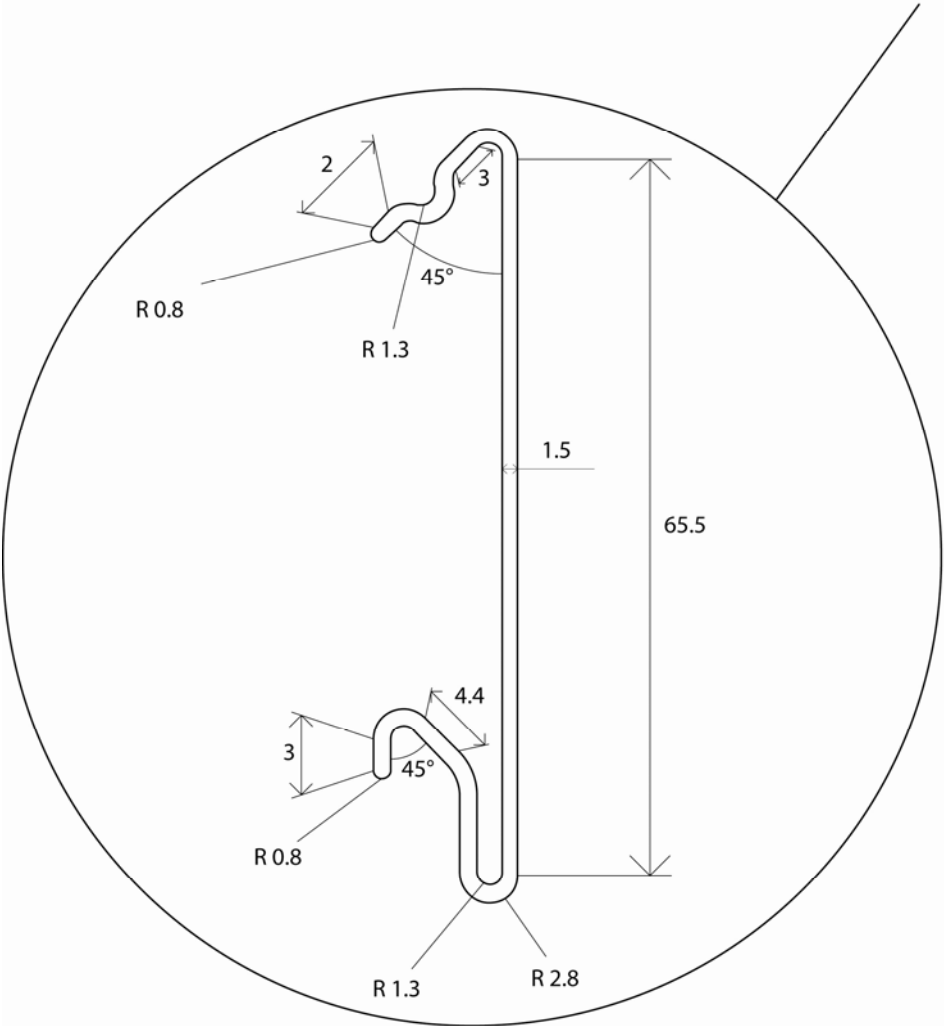
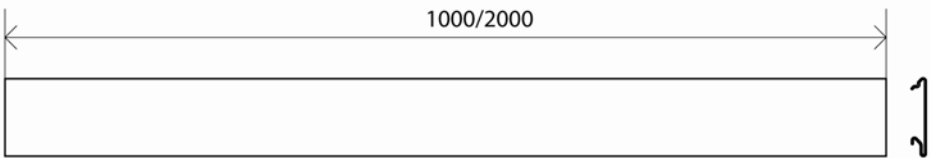
IR-panel



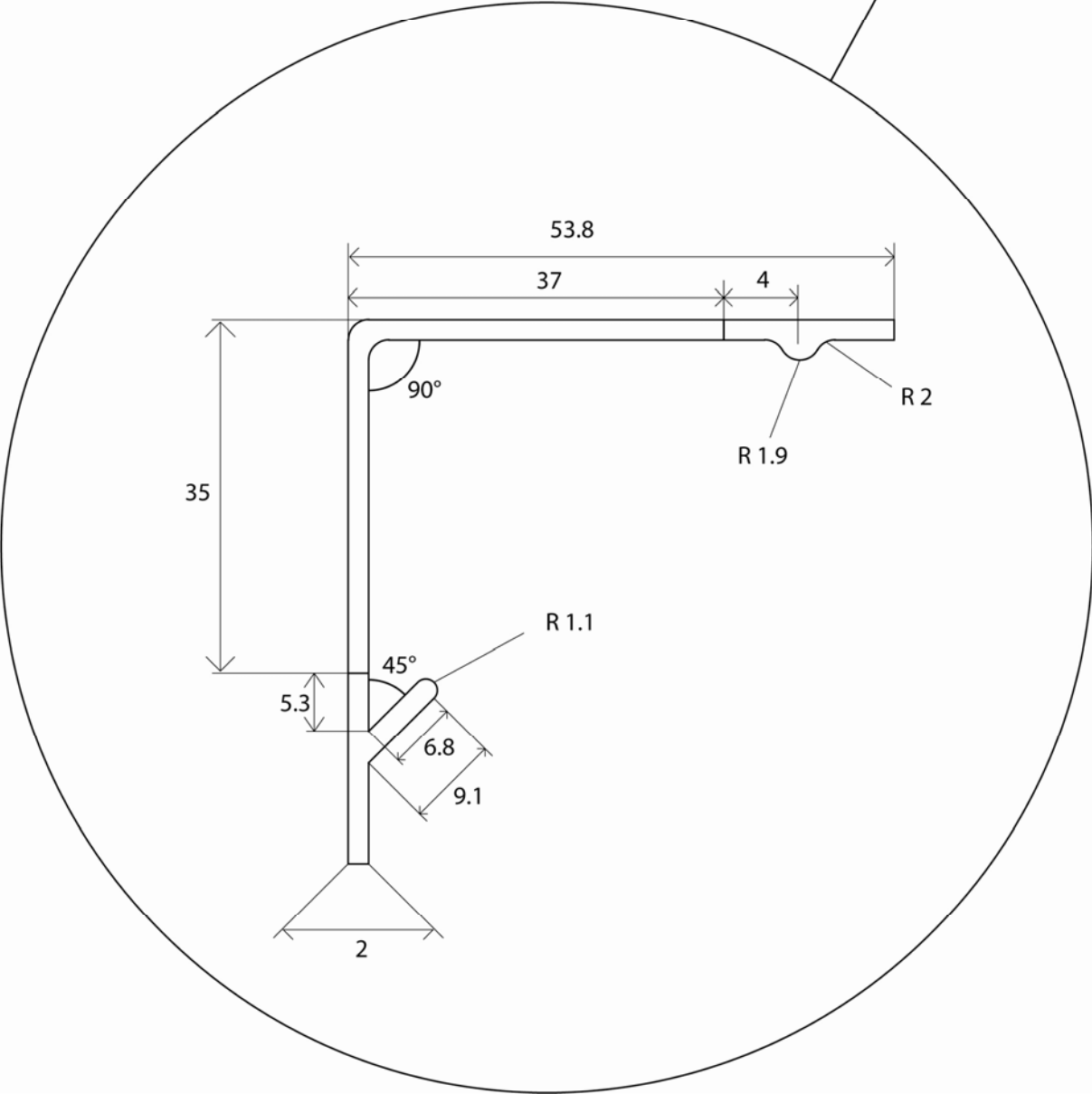
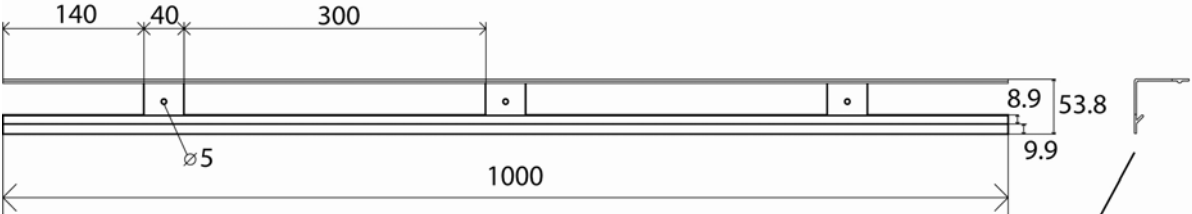
Plastlist



Upphångningsplatta



Vägg/takfäste



Bilaga 10 - Utvärdering av slutlig lösning

För att utvärdera om den slutliga lösningen verkligen uppfyller alla behov och önskemål viktades den mot den slutliga kravspecifikationen.

Betygsgradering för lösning: 0=inte uppfyllt, 1=Uppfylls vid färdigställning och 2=teoretiskt uppfyllt

Utvärdering av slutlig lösning		
#	Funktion	Betyg
Behov		
1	Lösningen bör gå att fast installeras i valda utrymmen.	2
2	Lösningen får inte orsaka skada på övrig interiör.	2
3	Lösningen bör ge någon form av feedback då den är aktiv, via värmeenheten eller lokal styrenhet.	1
4	Lösningen bör klara kraven enligt passivhusdefinitionen med avseende på tillförd effekt för uppvärmning.	2
5	Lösningen bör vara anpassad för industriell massproducering.	1
6	Lösningen bör bibehålla/förbättra inomhusluftens kvalitet.	2
7	Lösningen bör tilltala målgruppen; Gemeneman.	2
8	Användaren bör uppleva behaglig värme i rummet inom 20 minuter från temperaturer på 17 °C.	1
9	Lösningen bör kunna bibehålla rumstemperaturen vid snabba temperaturväxlingar utomhus ner till -20 °C.	1
10	Lösningens effektanvändning bör kunna styras av användaren	2
11	Ljudstyrka över 25 dB får inte överskridas.	2
12	Installations- och driftskostnad bör vara fördelaktig jämfört med andra värmetekniska lösningar.	1
13	Installationen av lösningen i huset bör ej kräva rördragnig.	2
14	Lösningen bör kunna produceras och sluthanteras på ett miljömässigt hållbart sätt.	1
15	Användaren bör uppleva att lösningen ger en jämn värmespridning i rummet.	1
16	Användaren bör uppleva behaglig värme i alla delar av rummet.	1
17	Användaren bör inte associera lösningen till traditionella element.	2
18	Lösningen bör vara så exergieffektiv som möjligt.	2
19	Lösningen bör ej gå att bränna sig på vid normal användning.	2
20	Lösning med yttemperatur över 40° C bör placeras minst 180 cm över golvytan.	2
21	Lösningen bör för ändamålet vara mer fördelaktig än en kupévärmare.	1
22	Uppvärmningen bör vara elektrisk	2
23	Lösningen bör ha en effekt som är tillräcklig i 20 år framåt.	2
24	Lösningens bör utformas för att kunna passa i olika rum.	2
25	Lösningens synliga delar bör vara vita	2
26	Lösningen bör uppfylla ovanstående krav i 20 år.	1
Önskemål		
26	Lösningens ergonomi bör vara god för installatören.	1
27	Lösningens ergonomi bör vara god för användaren.	2
28	Användaren bör uppleva att lösningen är enkel att sätta på/stänga av.	1
29	Lösningen bör vara integrerad med husets basvärmesystem.	1
30	Lösningen bör vara underhållsfri.	2
31	Lösningen bör tilltala målgruppen; Medvetna.	2
32	Boende bör kunna ställa in önskad rumstemperatur med en tolerans på 1°C.	1
33	Uppvärmning av oönskade rum bör undvikas.	2
34	Lösningens klimatpåverkan bör vara minsta möjlig.	1
35	Lösningen bör kunna regleras på distans.	2
36	Lösningens design och placering bör återspegla hur frekvent den används.	2
37	De boende bör uppleva att lösningen uttrycker en varm grundkänsla.	1
38	De boende bör uppleva att det är lätt att rengöra lösningen samt städa runt omkring den.	2

