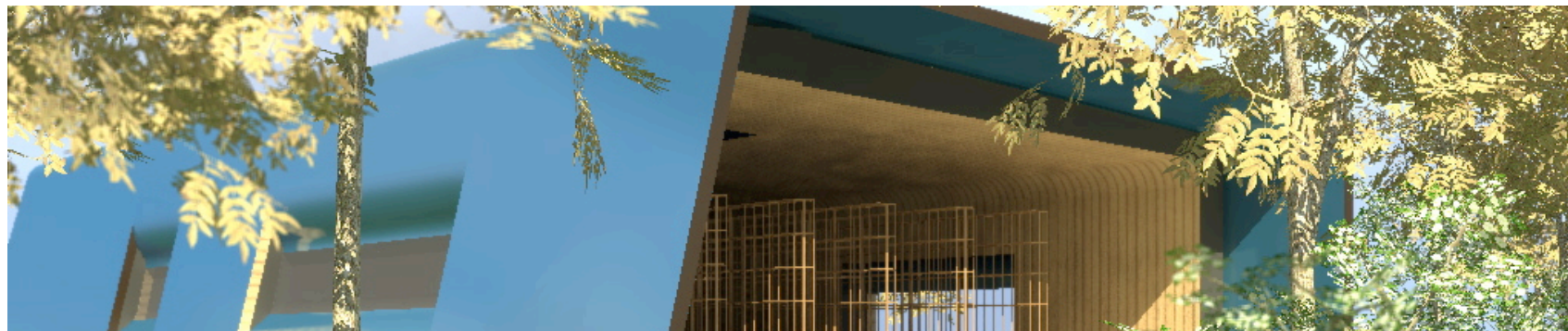
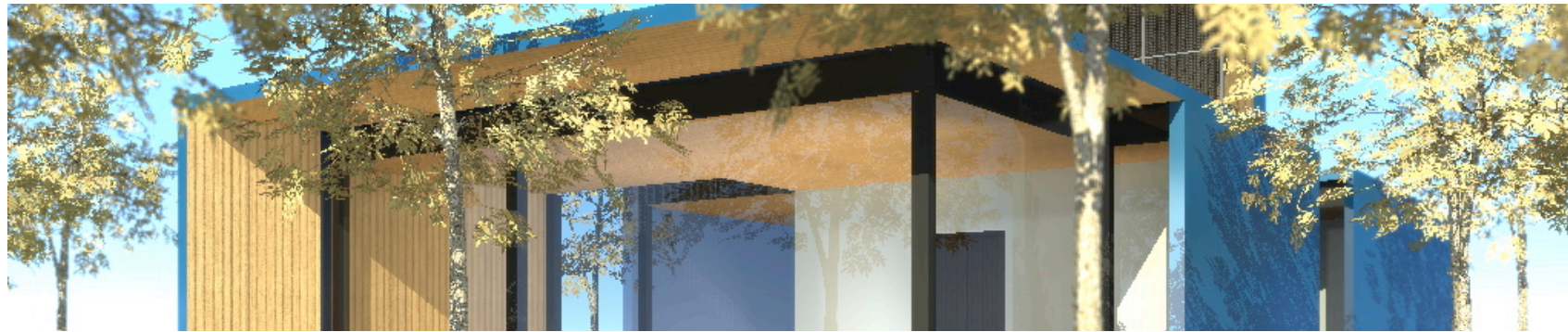


KL^oMMARI

EKOTEHOKAS RAKENTAMINEN

TERÄSRAKENTEISET HALLIT





EKOTEHOKAS RAKENTAMINEN

TERÄSRAKENTEISET HALLIT

DIPLOMITYÖ

EEVAMARIA TIMLIN

TARKASTAJA

PROF. KARI SALONEN

20. 5. 2009

ALKUSANAT

Opiskeluajanani olen pohtinut arkkitehdin työkenttää ja kunnioituksella suhtautunut siihen tiedon ja asiantuntemuksen määrään, jota kestävän arkkitehtuurin synnyttäminen vaatii. Tiedon lisääntyessä on lisääntynyt myös ymmärrys siitä, kuinka pintapuolisesti kuhunkin yksittäiseen asiaan ehtii syventymään. Diplomityöaihetta miettiessäni keskeisenä oli ajatus oppimisprosessista.

Ekologisesti kestävä rakentaminen tarkoittaa monen nykyisin toisistaan erillään olevan asian yhdistämistä. Ekologinen suunnittelu ohjaa eri alojen suunnittelijoita entistä tiiviimpään yhteistyöhön. Rakentajien ja suunnittelijoiden yhteinen päämäärä kohti ympäristöystävällisempää rakentamista on hyvä lähtökohta asioiden eteenpäin viemiselle.

Itselleni tämän työn suuri anti on ollut yhteistyö terästuotteistaan tunnetun Ruukki Oyj:n kanssa. Lähtökohtana oli tutkia ekologisen rakentamisen periaatteiden soveltuvuutta teollisuustilojen suunnitteluun ja niiden vaikutusta rakennusten arkkitehtuuriin. Mielekäs toteuttamistapa ja aihepiirin rajaus muodostui perehtymisen kautta. Työtä aloittaessani en arvannut, kuinka laajaan kokonaisuuteen joutuisin tutustumaan. Nyt voin sanoa, että onneksi en tiennyt.

Olen kiitollinen Ruukki Oyj:lle luottamuksesta ja sen innostuksen tarttumisesta, joka heillä on kehitystyötä kohtaan. Petteri Lautsoa kiitän rohkaisevista keskusteluista ja yhteisestä ymmärryksestä.

Kiitokset Kari Saloselle työn asiantuntevasta ohjauksesta. Opiskelu- ja työtovereilleni kiitos läsnäolosta ja kuuntelemisesta.

Läheisten tuki on ollut merkittävä. Kolme pientä poikaani ovat auttaneet laittamaan asiat tärkeysjärjestykseen yhä uudestaan ja rutistuksillaan päivän päätteeksi antaneet voimia. Markuksen työpanos opiskeluajanani perheen hyvinvoinnin eteen on ollut suuri. Haluan kiittää sinua rakkaudestasi.

TIIVISTELMÄ

Ekologista rakentamista esittelevä kirjallisuus pursuaa hyvää tahtoa ja moninaisia keinoja vähentää rakennuksen aiheuttamaa ympäristökuormaa. Rakentajaa tai rakennuttajaa ohjataan valitsemaan matalaenergia, passiivitalo tai jonkun muun määritelmän alla oleva ratkaisu. Saksassa uskotaan passiivirakentamisen ihmeitä tekevään vaikutukseen, monessa muussa maassa sen rakenteellisiin ratkaisuihin ja osin jopa koko huippuunsa vietyyn eristävyteen suhtaudutaan epäilevästi.

Yhteinen piirre kaikissa keinoissa lisätä energiatehokkuutta on huolellisen suunnittelun korostaminen siinä tehtyjen valintojen vaikuttaessa merkittävästi rakennuksen energiankulutukseen. Mistä asioista sitten rakennuksen energiatehokkuus koostuu ja miten ne voidaan huomioida suunnittelussa?

Työssäni oli tavoitteena luoda selkeästi hahmotettava, ekologisen rakentamisen keinoja ja haasteita esittelevä kokonaisuus avuksi hallirakentamiseen. Ratkaisut ovat käytettävissä kooltaan ja toiminnoiltaan vastaaviin rakennuksiin. Taloudellisuus ja toteutettavuus olivat taustavaikuttajina koko työn ajan. Kustannus- ja materiaalitehokas rakentaminen on myös ekologiselta kannalta järkevää.

Työ jakaantuu tutkimus- ja analyysiosioihin. Tutkimusosioista käy ilmi ekologisen rakentamisen kenttä. Analyysiosiossa havainnollistan esimerkkihallien avulla eri keinojen ja ratkaisujen vaikutuksia niin rakennuksen arkkitehtuuriin kuin energiatehokkuuteenkin. Analyysiosion visuaalinen selkeys ja helppo käytettävyys olivat tärkeitä lähtökohtia. Symboleiden käyttö auttaa kokonaisuuden hahmottamista, jolloin eri ratkaisuiden vertaaminen ja valitseminen helpottuu. Tarvittaessa lisätietoa voi etsiä muun muassa lähdeluettelon avulla.

Edullisinta energiansäästöä ovat passiiviset, ilman sähköä tai kalliita laiteasennuksia toimivat järjestelmät. Niiden rinnalla voidaan käyttää aktiivisia järjestelmiä, jotka hyödyntävät uusiutuvia energiamuotoja.

Papereiden yhteenliittämiseen käytettävä klemmari on yksi nerokkaimmista keksinnöistä; minimoitu, huoltovapaa ja kestävä rakenne yhdistettynä luotettavaan toiminnallisuuteen ja funktionaaliseen muodon estetiikkaan.

ABSTRACT

The literature shows a wide scale of different ways to reduce the environmental damages coming through building construction. The builder is guided to select a solution, which goes under some ecological norm; a nollenergyhouse, a passivhouse, a lowenergybuilding or some other. In Germany people trust to the miracle making passivhouse, when at the same time in many other countries the structural solutions and even the very tight insulation has criticism.

The ways to increase energy-efficiency have something common; the planning as a process is underlined, for the most important choices affecting the energy consumption are made there. What are the issues that consist energy-efficiency and how can they be taken into consideration in the planning?

In this work my aim was to collect as a whole the ways and the challenges to plan an ecological building. The viewpoint was in industrybuildings, but the solutions can be adapted in other kind of buildings, too. Economy and realization have been important views during the workprocess. Reducing costs and materials supports the ecological idea, too.

I have divided the work in two parts. The research shows the field of energy-efficiency. In the analysis I elucidate with examples how the solutions affect the architecture and energy-efficiency of a building. Clarity and usability have been essential. The use of symbols helps to perceive the whole. It makes it easier to choose and compare the solutions. More information can be found with the use of bibliography.

The cheapest ways to save energy are passive, without using energy or expensive technologies. Active renewable-energysystems can be used beside them.

One of the most ingenious inventions is a paperclip, which binds the papers together; a minimal, carefree and lasting structure is combined with solid usability and functional aesthetics of form.

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|-----------|
| Johdanto | 15 |
| Työvälineitä ekologiseen suunnitteluun | 15 |
| Energiatehokkuuden arvionti | 17 |
| Ekologia | 18 |
| Ekologia ja arkkitehtuuri | 18 |
| Ekologisuus teollisuusrakentamisessa | 19 |
| Toteutuksen haasteet | 22 |
| Teräsrakenteisten hallien suunnittelu | 24 |
| Tarveselvitys | 24 |
| Hankesuunnittelu | 24 |
| Arkkitehtuuri | 25 |
| Komponenttirakentaminen | 25 |
| Energiatehokkuus | 26 |
| Teräksen ekologisuus | 27 |
| Teräksen ekologisuuden kartoitus | 27 |
| Teräksen kierrätettävyys | 27 |

| | |
|---|-----------|
| Ekologisuuden normittaminen ja mittaaminen | 29 |
| Problematiikkaa | 29 |
| Energiasimulaatiot | 30 |
| Kustannukset | 31 |
| Energiankäyttöstandardit | 32 |
| Rakennuksen ekologinen taso | 32 |
| Passiivirakentaminen | 34 |
| Matalaenergia | 36 |
| 0-energia | 36 |
| Minergie | 37 |
| Minergie-P | 37 |
| Esimerkkirakennuksia | 38 |
| Ekorakentaminen | 38 |
| Suunnittelutoimisto Indes | 39 |
| Nah & Frisch Thening | 39 |
| Nah & Frisch Graz-Waltendorf | 40 |
| Lidl Mannheim | 40 |
| Uusiutuvat energiamuodot | 41 |
| Energian käyttö kokonaistarkasteluna | 41 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Aurinko | 43 |
| Suunnittelu | 43 |
| Passiivinen | 44 |
| Auringolta suojautuminen | 46 |
| Luonnonvalo | 46 |
| Aktiivinen | 48 |
| Aurinkosähkö | 50 |
| Aurinkolämpö | 52 |
| Aurinkokeräimet ja arkkitehtuuri | 53 |
| Lämpöenergian varastointi | 53 |
| Tuuli | 54 |
| Suunnittelu | 55 |
| Huolto | 55 |
| Lämmityskäyttö | 56 |
| Tuulivoima ja arkkitehtuuri | 56 |
| Lämpöpumput | 57 |
| Maalämpö | 57 |
| Poistoilmalämpöpumppu | 60 |
| Ilma-ilmalämpöpumppu | 61 |
| Ilma-vesi lämpöpumppu | 61 |

| | |
|---|-----------|
| Ilmanvaihdon ratkaisut | 63 |
| Painovoimainen ilmanvaihto | 63 |
| Koneellinen poistoilmanvaihto | 66 |
| Koneellinen poistoilmanvaihto LTO-laitteella | 67 |
| Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO-laitteella | 67 |
| Lämmöntalteenotto | 67 |
| Lämmöneristäminen | 69 |
| Energiatehokkuus | 69 |
| Lämmöneristeet | 69 |
| Mineraalivilla | 70 |
| Muovieristeet | 72 |
| Puukuitueristeet | 73 |
| Läpinäkyvät rakennusosat | 75 |
| Lämmityksen tarpeeseen vaikuttavat tekijät | 76 |
| Lämmön varastointi | 77 |
| Kausittainen vaihtelu | 77 |
| Terminen massa | 78 |
| Faasimuutosmateriaalit | 78 |
| Ekologinen teräshalli | 82 |

| | |
|---------------------|-----------|
| Klemmari | 85 |
| Arkkitehtuuri | 85 |
| Vyöhykkeet | 85 |
| Rakennusosat | 87 |
| Klipsu | 89 |
| Arkkitehtuuri | 89 |
| Vyöhykkeet | 89 |
| Niitti | 93 |
| Lopuksi | 96 |
| Kannanotto | 96 |
| Lähteet | 98 |
| Kirjat | 98 |
| Lehtiartikkelit | 100 |
| Tutkimukset | 101 |
| RT-kortit | 101 |
| sähköiset julkaisut | 101 |
| Asiantuntijälähteet | 103 |

JOHDANTO

TYÖVÄLINEITÄ EKOLOGISEEN SUUNNITTELUUN

Ekologinen rakentaminen on noussut ilmaston lämpenemisen myötä keskeiseksi osaksi rakennusalaan. Uusiutuvien energiamuotojen käyttö ja energian kulutukseen kohdistuvat määräykset tuovat lisähaasteita arkkitehtisuunnitteluun. 2000-luvun rakennus on eri tekijöiden summa, jossa rakennetekniikka, arkkitehtuuri, teknologiat ja ekologisuus pyritään yhdistämään. Onnistunut lopputulos vaatii kaikkien rakennuksen suunnitteluun vaikuttavien asioiden sisäistämistä.

Rakennuksen suunnittelun ja energiatarpeen suhde on kompleksinen. Rakennuksen kaikkien osa-alueiden on pyrittävä minimoimaan energiankulutusta; esimerkkeinä aluetehokkuus, rakennuksen muoto ja sijoittuminen ja tekniset ja julkisivujärjestelmät. Arkkitehteillä on omat näkemyksensä, joiden he haluavat näkyvän valmiissa rakennuksessa. Käyttäjät haluavat mukavuutta, ali-urakoitsijoilla on uuden tekniikan mukanaan tuomat haasteet ja rakennuttaja keskittyy aikatauluun ja kustannuksiin. Rakennuksen pitkän tähtäimen käyttö sisältäen muunneltavuuden ja laajentamisen ja rakennuksen huollon ovat tärkeitä asioita rakennuksen omistajalle. ¹

Tietoa ekologisesta rakentamisesta on paljon ja tutkimuksia käynnistetään jatkuvasti. Ympäristövaikutusten arvioiminen ei ole yksiselitteistä. Ekologisen rakentamisen kentän hahmottaminen on työlästä. Ympäristön huomioon ottavaa ja ympäristöstä lähtevää rakentamista on kuitenkin ollut niin kauan, kuin ihminen on rakentanut itselleen suojan. Savimajat, kammit, jurtat, iglut ja luolat ovat loistavia esimerkkejä ympäristöön sopeutumisesta ja sulautumisesta. 1900-luvulla alkanut teknologioiden kiihtyvä kehitys on tuonut rakennuksiin paremman

¹ Gonzalo, R., Habermann, K.J. 2006, sivut

sisäilmaston laadun ja kontrolloinnin mutta samalla nostanut rakennusten energiankulutusta ja monimutkaistanut rakentamisprosessia. Ympäristötietoisuus ja fossiilisten polttoaineiden väheneminen nostaa ekologisuuden tärkeäksi osaksi tätä suunnittelu- ja rakentamisprosessia.

Rakentamismääräykset ja -ohjeet ohjaavat oikeaan rakentamistapaan. Energiatehokkaaseen rakentamiseen olisi kyettävä tarjoamaan selkeä keinovalikoima, josta ilmenisi tehtyjen valintojen ja ratkaisuiden vaikutus rakennuksen arkkitehtuuriin, rakennetekniikkaan, käyttöön ja energiategokkuuteen. Tehtyjen tutkimusten valossa näyttää, että rakennusten saaminen entistä ekologisemmiksi tarvitaan uudenlaista kokonaisuuden hallitsemista, jopa uudenlaista rakenteellista ajattelua. Tämän tiedon olisi kuitenkin oltava helposti hyödynnettävissä, jotta se voisi olla kaiken rakentamisen edellytyksenä. Arkkitehtuuriltaan onnistuneet esimerkkikohteet ovat hyvä keino energiatietoisuuden lisäämisessä. ²

Ensimmäinen askel on tavoiteltavan energiategokkuuden tason määrittäminen. Seuraavaksi valitaan keinot, joilla tuo taso voidaan saavuttaa. Työssäni olen koonnut ekotehokkaaseen suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ja ratkaisuja yhteen. Kokonaisuuden hahmottaminen helpottuu. Esimerkkihallien avulla näytän, mikä on valintojen vaikutus rakennuksen arkkitehtuuriin ja toimintaan. Samat valinnat voivat synnyttää hyvinkin erilaisia lopputuloksia. Valintojen vaikutuksesta esimerkkihallien energiankulutukseen ei ole tarkkoja laskelmia, sillä jokainen suunnittelukohde on yksilöllinen. Kirjallinen osio esittelee eri keinojen peruseriaatteita ja antaa suuntaviivoja muun muassa kustannusten ja niiden takaisinmaksuajan arvioimiseen.

² BRITA in PuBs Ecobuildings 2008;

Hautajärvi, H. 2008, 16-17

ENERGIATEHOKKUUDEN ARVIONTI

Energiatehokkuuden arvionnissa on tarkasteltava rakennuksen kokonaisenergiakulutusta huomioiden rakennuksen toiminnan vaikutus suunnitteluun ja tilojen käyttöön. Esimerkiksi varasto- ja työpaja rakentamisessa logistiikan rooli rakennuksen sijoittamisessa tontille nousee usein ilmansuuntia tärkeämmäksi. Energiatehokkuus ei saisi vähentää rakennuksen toimivuutta tai haitata sen tehokasta käyttöä. Varastoissa, joissa tavaran vaihtuvuus on suuri, ovat ovet – joskus molemmissa päissä rakennusta koko ajan auki trukkikuskien purkaessa ja täyttäessä varastoa. Tällöin rakennuksen vaipan eristävyydellä ja ilmatiiviydellä on merkitystä lähinnä yöaikaiseen energiankulutukseen. Lämpöhäviöitä estetään ilmaverhoilla tai muilla konsteilla, jotka lisäävät rakennuksen sähköenergian kulutusta merkittävästi. Voisikin olla mielekkäämpää – niin kauan kuin ongelmaan ei ole toimivaa ratkaisua - keskittyä esimerkiksi luonnonvalon hyödyntämiseen ja sähkön tuottamiseen uusiutuvalla energialla eristepaksuuden lisäämisen sijaan. Normaalina on rakennuksen jakaminen eri lämpöisiin osiin, jolloin sosiaali-tiloissa pyritään mahdollisimman pieniin lämpöhäviöihin ja varastotilassa mietitään lämmityksen todellinen tarve.

Teollisessa ja toimistorakentamisessa on primäärienergian tarpeen tarkasteluun monia eri näkökulmia, jotka kaikki lähtevät rakennuksen toiminnasta. Uimahalli tarvitsee paljon energiaa veden lämmittämiseen ja tilojen ilmanvaihtoon, kun taas toimistotilojen lämpimän veden tarve on vähäinen ja ilmanvaihto voidaan toteuttaa painovoimaisena. Kun rakennuksen energian kulutusta lasketaan, on otettava huomioon ilmasto ja rakennuksen käyttö; ulkolämpötilan kuukausittainen vaihtelu, auringon säteily, lämpimän veden tarve, sisälämpötilan tarve ja käyttötunnit. Uusiutuvien energiamuotojen rinnalla voidaan joutua käyttämään varajärjestelmää kattamaan kulutuksen huippuja. Toiminnan ja sijainnin mukaan valitaan energiaratkaisut. Kulutustottumukset ja energiatietoisuus ovat merkittävä asia energiansäästön kannalta.³

³ Solt, J. 2004, 8-13

EKOLOGIA

EKOLOGIA JA ARKKITEHTUURI

Ekologia tarkoittaa alunperin oppia ihmiskunnan suhteesta ympäristöönsä. Nykyään se ymmärretään laajemmin elämäntavaksi, jossa ihminen pyrkii minimoimaan elämisensä jäljet luontoon. Rakentamisessa ekologisuus tarkoittaa uusiutuvien luonnonvarojen käyttöä, raaka-aineiden ja energian säästöä, haitallisten materiaalien ja jätteen vähentämistä. Ristiriitoja syntyy, kun käyttämällä haitallisista materiaaleista valmistettuja lämmöneristeitä saavutetaan huomattavia lämmitysenergiäsäästöjä. Valittujen menetelmien ja materiaalien ympäristökuormat on tunnettava ja pyrittävä niiden pienentämiseen. Ekologiseen rakentamiseen ei ole olemassa yhtä oppia, vaan se on perehtymisen kautta syntyviä valintoja.⁴

Edistyksellisissä, rakentamisen kokonaisuutena huomioivissa energiakonsepteissa on usein yllättävän perinteisiä tilajärjestyksiä. Historiassa, alkaen igluista aina 2000-luvun kokeellisiin rakennuksiin, on paljon esimerkillisiä projekteja, joissa ekologia ja arkkitehtoninen tavoite sulautuvat yhdeksi. Energiatehokkuus arkkitehtuurissa ei saa jäädä vain rakennuksen avaamiseen etelään ja sulkemiseen pohjoiseen ilmansuuntaan. Pohjois-etelä-suuntautuneisuuden ainoa ongelma ei ole vain monotonisuus ja vaikeasti toteutettava luonnonvalon saanti aina syvälle runkoon asti, vaan myös huonosti muuntuva pohjaratkaisu. Runkosyvyys jää tällöin helposti pieneksi, mikä aiheuttaa epäkompaktin rakennusmassan. Kompaktisuus on energiategokkuuden lähtökohta. Pohjan ollessa pyöreä ja volyymin kupoli, on sisätilan suhde ulkopintaan optimaalinen, mikä pienentää energiahäviöitä. Rakentamisen tehokkuus, logistiikka, luonnonvalon ja lämmön saanti vaikuttavat usein rakennuksen energiategokkuuteen optimaalista muotoa enemmän.⁵

⁴ Gonzalo, R., Habermann, K.J. 2006, sivut ;

Schittlich, C. 2003, 8-11

⁵ Gonzalo, R., Habermann, K.J. 2006, sivut;

Solt, J. 2004, 8-13

Hyvät suunnitelmat kumoutuvat usein myös käyttäjän toiminnan kautta. Talvipuutarhat olivat kauan energiatehokkaiden pientalojen tunnuspiirre. Frauenhofer-instituutin tekemä tutkimus osoittaa, että yli 80% asunnoista, joissa on talvipuutarha käyttää keskimäärin enemmän energiaa kuin muut, koska pääsääntöisesti huonosti eristetyt talvipuutarhat pidetään lämpiminä sen sijaan että ne toimisivat puskurivyöhykkeenä suunnitelmien mukaan. Keskustelua ekologisesta rakentamisesta hallitsevat ideologia, jopa uskomusasiat. Tunnumerkitys on korkea; onko käsitelty puu todella "luonnollisempi" kuin luonnonkivi? Kuinka kauan kestää huoltovapaalla alumiinijulkisivulla kuolettaa sen käyttämä suuri määrä harmaata energiaa?⁶

Ekologisuuden nimissä tehtyjen ratkaisuiden välittömien ja välillisten vaikutusten arvioiminen on vaikeaa. Se ei kuitenkaan saisi olla este yrittämiselle. On viimeinen aika siirtyä käyttämään uusiutuvia energialähteitä, jotka ovat suoraan tai epäsuorasti aurinkoon liittyviä, kuten lämpösäteily, tuulivoima ja maalämpö. Arkkitehtuurin ja rakentamisen merkitys on suuri. Lähes puolet Euroopan energiankulutuksesta muodostuu rakennuksista; niiden rakentamisesta ja käytöstä, kuten lämmitys, jäähdytys ja valaistus. Tietoisuus ympäristön tilasta ja halu vaikuttaa ovat tärkeitä askeleita kohti entistä vihreämpää maailmaa.⁷

EKOLOGISUUS TEOLLISUUSRAKENTAMISESSA

Teollisuusrakennukset muodostavat suuren osan rakennetusta ympäristöstämme. Teollisuus on merkittävä sähköenergian ja polttoaineiden kuluttaja ja hiilidioksidipäästöjen tuottaja. Ilmastotavoitteiden toteuttamiseksi koko rakentamisen sara on saatava ympäristötietoisen rakentamisen piiriin. Teollisuusrakennusten tilakaavio ja elementtirakentaminen ohjaavat rakennuttajaa valittavan usein persoonattomaan laatikkoratkaisuun, jonka yhteydessä voidaan harvoin puhua arkkitehtuurista. Teräsrakentamisessa käytetty rakenteiltaan ja materiaalihäviöiltään optimoitu komponenttitekniikka sallii muuntojoustavan ja täysin kierrätettävissä olevan

⁶ Gonzalo, R., Habermann, K.J. 2006, sivut ;

Haas, M. 2008, 2-3

⁷ Schittich, C. 2003, 8-11;

Solt, J. 2004, 8-13

ratkaisun. Komponenttirakentaminen mahdollistaa arkkitehtonisilta, toiminnallisilta ja ekologisilta tavoitteiltaan tasapainoisen teollisuusrakennuksen suunnittelun.⁸

Yritykselle energiatehokkuuden parantaminen on kannattavaa, koska se on tehokas tapa karsia turhia kustannuksia ja lisätä sitä kautta yrityksen kilpailukykyä. Energiatehokkuuden parantuessa vähenevät myös ympäristölle haitalliset hiilidioksidipäästöt. Kansainväliset ja EU:n taholta tulevat ilmastonmuutoksen hillintään liittyvät tavoitteet ja vaatimukset voivat muuttaa yritysten toimintaympäristöä haasteellisemmaksi jo lähitulevaisuudessa. Energiatehokkuuttaan hyvissä ajoin parantaneille yrityksille tämä saattaa antaa entistä vahvemman aseman markkinoilla.⁹

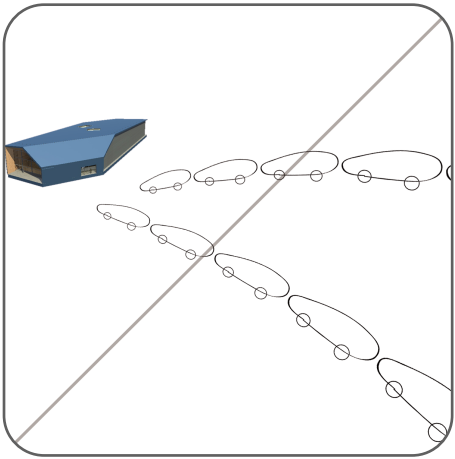
Teollisuushallit ovat yleensä yhtä viidestä kymmeneen metriin korkeata tilaa. Sisälämpötila on suhteellisen matala, usein vain 15-18°C. Teollisuushallin lämmitys voidaan toteuttaa esimerkiksi aurinkosähköllä, joka voidaan kytkeä vesikiertoiseen lattialämmitysjärjestelmään. Tapauskohtaisesti voidaan käyttää erilaisia passiivisia järjestelmiä, joiden rinnalle tarvitaan usein korvaava järjestelmä kovimpia pakkasia varten. Teollisuushallien lämmitysenergian tarpeeseen vaikuttavat vaipan eristävyys, ulkolämpötila ja suuret käytön aikaiset lämpöhäviöt. Korkeat sisäiset lämpökuormat, hallin ovien jatkuva auki oleminen, paljon tilaa vievien tavaroiden liikuttelu vaikuttavat hallien lämmitykseen välittömästi. Termisen massan lisääminen rakennukseen tasaa lämpövaihteluita.¹⁰

Energiatehokkuus merkitsee nykyisillä ratkaisuilla rakentamiskustannusten nousua. Rakentajalle ja tilaajalle on kyettävä osoittamaan näiden investointien kannattavuus pidemmällä aikavälillä. Energiatehokkaan teollisuusrakentamisen yleistyessä kustannukset tulevat laskemaan menetelmien yleistyessä ja suunnittelijoiden saadessa kokemusta. Panostaminen energiatehokkuuteen voisi samalla olla myös panostus korkealaatuisempaan arkkitehtuuriin. Tässä on mielestäni mielenkiintoinen haaste arkkitehdeille, suunnittelijoille ja rakentajille yhdistää ekologiset tavoitteet esteettisiin. Ekologisuuden jäädessä irrallisiksi elementeiksi esimerkiksi julkisivussa töröttävinä ilmalämpöpumppuina, rakennuksen ilme kärsii entisestään ekologialisäyksestä. Kokonaisvaltaisia ratkaisuja on kehitettävä. Energiatehokkuuden “myyntivaltteina” voisi olla

⁸ Saarni, R. 1998, 28-29; Salonen, K. 1996, 17-30

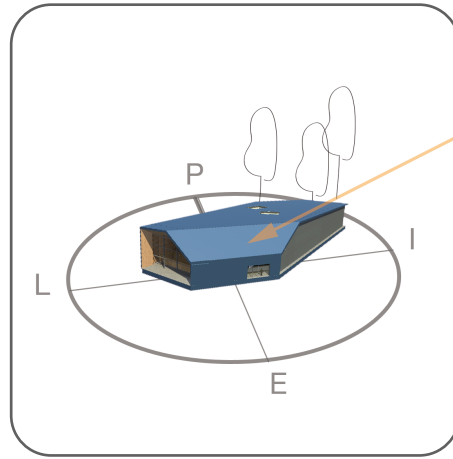
⁹ Teollisuus. Motiva Oy

¹⁰ Jaehnig, Weiss, 2008, 203-204



SIJAINTI

- logistiikka
- julkinen liikenne



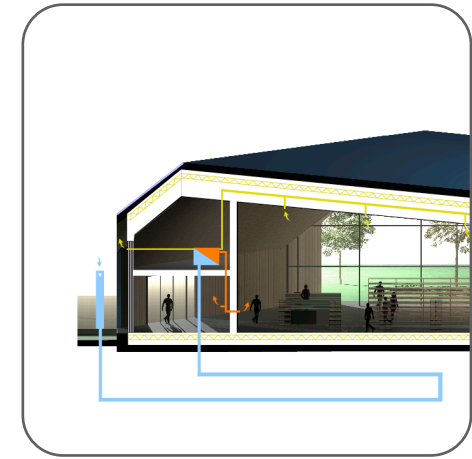
ILMANSUUNNAT

- energiälähteet
- suojautuminen
- luonnonvalo



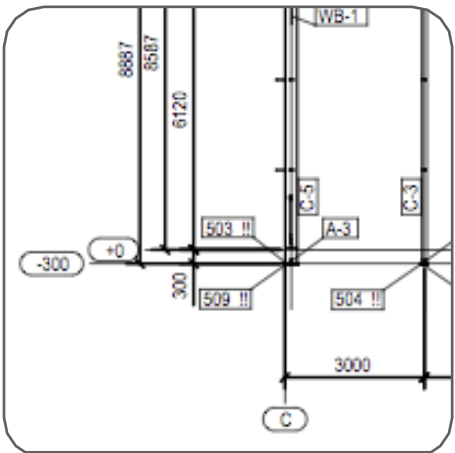
ARKKITEHTUURI

- pohjan tehokkuus
- muuntojoustavuus
- kestävyys
- toiminnallisuus
- ekologisuus



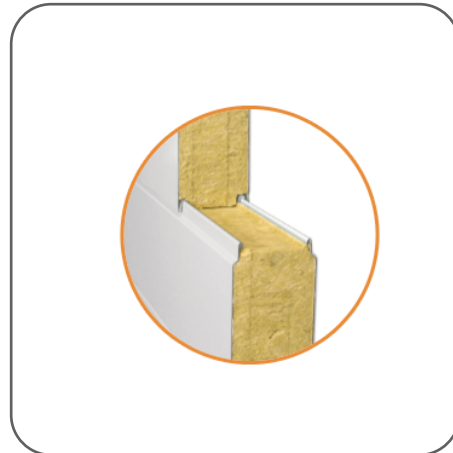
ENERGIAKONSEPTI

- uusiutuvat energiamuodot
- passiiviset järjestelmät
- ilmanvaihto
- lämmitysjärjestelmä



RAKENTEET

- optimointi
- muuntojoustavuus
- kierrätettävyys
- pitkäikäisyys



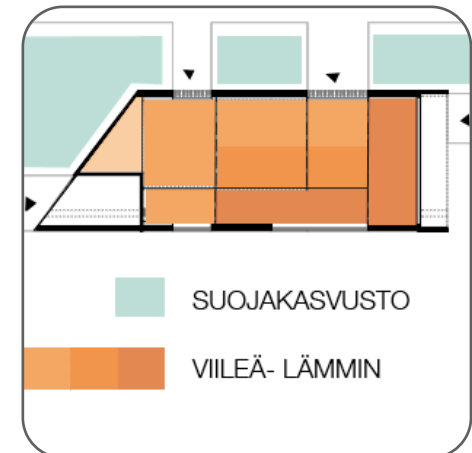
MATERIAALIT

- optimointi
- tiivyeys, eristävyys
- kierrätettävyys
- pitkäikäisyys



LVI

- passiiviset järjestelmät
- uusiutuvat energiamuodot
- lämmön varastointi



ELINKAARI

- muuntojoustavuus
- oikea käyttö ja huolto
- kierrätettävyys

sen mukanaan tuoma esteettisyys, toiminnallisuus ja viihtyisyys.

TOTEUTUKSEN HAASTEET

Ekologisen rakentamisen yksi peruspilari on säästäväinen suhtautuminen energiaan suunnittelussa, rakennuksen käytössä sekä rakentamisen ja purkamisen aikana. Laajemmin ymmärrettynä se tarkoittaa rakennuksen tarkastelua pidemmällä aikavälillä; joustava pohjansuunnittelu vähentää energiankäyttöä jos rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu tai sitä laajennetaan. Kaavoitus tuo mukanaan pyrkimyksen aluetehokkuuteen ja pitkien ajomatkojen vähentämiseen. Raaka-aineita voidaan säästää käyttämällä uusiutuvia luonnonvaroja, kuten puuta ja savea ja välttämällä uusiutumattomia, kuten öljyä ja harvinaisia puulajeja. Perusteltua voi olla myös käyttää kierrätettäviä, pitkäikäisiä ja vähäistä huoltoa tarvitsevia materiaaleja, kuten terästä tai muoveja. Materiaalien haitalliset ympäristövaikutukset syntyvät niiden valmistusprosessissa, rakennuspaikalla tai rakennuksen käytön aikana. Niiden huomioon ottaminen ei ole yksinkertaista.¹¹

Järkevää on käyttää oikeaa materiaalia oikeassa paikassa. Nykyisin käytössä olevilla rakennusmateriaaleilla on jokaisella käyttökohteensa ja käyttäjäryhmänsä. Materiaalien haitalliset ympäristövaikutukset pyritään minimoimaan ja hyötyvaikutukset optimoimaan. Monet nykyisistä rakennusmateriaaleista ovat ainakin osittain kierrätettäviä tai uudelleenkäytettävissä. Tällaisia uudelleenkäyttökohteita voivat olla esimerkiksi maanparannus tai tienrakennustyömaat. Käsittelemättömien ja helposti palavien materiaalien käyttö helpottaa niiden kierrätystä tai lajiteltua jätehuoltoa. Jätteiden välttäminen alkaa talon suunnittelusta ja päättyy aikanaan sen purkamiseen.¹²

Kestävän kehityksen huomioon ottaminen rakentamisessa ei ole yksittäisiin teknologioihin keskittymistä, vaan rakennuksen energiatehokkuuden kokonaisuuden hallitsemista, pehmeiden arvojen ja sosiaalisuuden lisäämistä suunnitteluprosessiin. Tarvitaan näkemys kokonaisuudesta ja tavoitteista. On haastavaa hallita ja huomioida monia eri alueita yhtä aikaa. Avain onnistuneeseen ratkaisuun on osaavan suunnittelutiimin koostaminen. Parhaimmillaan suunnitteluprosessi on eri alojen asiantuntijoiden välisestä vuorovaikutuksesta nousevaa uusien asioiden oivaltamista. Eri suunnittelijoiden tavoitteiden ja näkemysten on kohdattava ja suunnittelijoita voi vaatia

¹¹ Dransfeld, P. 2004, 14-19

¹² Mt., 14-19

keskinäiseen dialogiin ja avarakatseisuuteen. Ekologisen rakentamisen ollessa suhteellisen tuntematonta suurelle osalle niin suunnittelijoita, rakentajia kuin tilaajiakin, nousee suunnitteluun tarvittun ajan määrä. Esimerkkiprojektien ja kokemusta omaavien asiantuntijoiden määrän kasvaessa tilanne tulee paranemaan. Monissa maissa on käytössä erilaisia ohjelmia helpottamaan projektin seuraamista, dokumentointia ja ympäristötavoitteiden saavuttamista. Laskenta- ja mallinnusohjelmilla voi laskea, mikä tulee olemaan valmiin rakennuksen energiantarve ja -häviöt.¹³

TERÄSRAKENTEISTEN HALLIEN SUUNNITTELU

TARVESELVITYS

Tarveselvitysvaiheessa tarkastellaan tulevia rakennukseen kohdistuvia vaatimuksia kuten tilantarvetta, sijaintia, rakentamisen ajankohtaa, toteutustavan valintaa ja selvitetään hankkeen rahoitusta. Tuotantotilan ekologinen tarveselvitys lähtee rakennuksen sijainnista, käyttötarkoituksesta ja tavoiteltavasta energiatehokkuden järkevästä tasosta. Tuotanto-, myymälä-, ja varastorakennusten lämmityksen, jäähdytyksen ja valaistuksen tarve vaihtelee hyvinkin paljon. Ekologisen hallirakentamisen peruseräotteita, eri ratkaisuja ja vaihtoehtoja sovelletaan kohdekohtaisesti.

Teollisuustilat ovat suurilta osin samantyyppistä, tilaratkaisuiltaan yksinkertaista ja usein suhteellisen yhtenäistä tilaa. Tekniset ratkaisut ovat yksilöllisiä. Toiminta vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiantarpeeseen. Asunto- ja toimistorakentamisessa tilaohjelmat ja tilojen käyttö ovat vakiintuneita ja rakennukset voidaan suunnitella rakentamistapaohjeiden mukaisesti. Määräykset ja käytetyt rakenteet ovat kehittyneitä ja sovellettavissa lähes jokaiseen rakennuskohteeseen. Sisälämpötilan ollessa vakio ja lämpöhäviöiden tunnettuja, rakennuksen energiatehokkuuden lisääminen esimerkiksi eristävyttä parantamalla on yksiselitteisempää kuin teollisuusrakentamisessa.

HANKESUUNNITTELU

Teollisuusrakennuksen hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään hankkeen toteuttamisvaihtoehdot ja asetetaan hankkeelle täsmälliset laajuutta, kustannuksia, laatua ja aikataulua koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun pohjalta tehdään investointipäätös. Hankesuunnitteluvaihe sisältää tilaohjelman, tavoitehintalaskelman, rakennuspaikkaselvityksen, geotekniset selvitykset ja hankeaikataulun. Viimeistään tässä vaiheessa on tärkeää ottaa energiatehokkuus suunnittelun ja selvitysten pohjaksi.

Energiatehokkaiden teollisuustilojen suunnittelussa valittujen ratkaisuiden vaikutukset energian kulutukseen on tiedostettava. Näitä ratkaisuja ovat muun muassa logistinen sijoittuminen niin tavarantoiminnan, henkilökunnan kuin

asiakkaiden liikkumisen kannalta, tavarankuljetus sisältäen lastausovien tai -siltojen suunnittelun, luonnonvalon ja auringon lämpösäteilyn hyväksikäyttö ja rakennusmateriaalien ja -tapojen valinta.

ARKKITEHTUURI

Suurimmassa osassa kaupan- ja teollisuudenrakennuksia arkkitehtuuri on alisteisessa osassa. Rakentamisessa tuntuu olevan tärkeintä kustannustehokkuus niin tilan käytössä, rakenteissa, julkisivuissa kuin kaavoituksessakin. Usein rakennukset pohjautuvat valmiisiin hallityyppeihin, joita monistetaan sijainnista ja toiminnasta välittämättä. Arkkitehtonisesti korkeatasoinen teollisuusrakennus on usein myös rakentamis- ja käyttö kustannuksiltaan edullinen.

KOMPONENTTIRAKENTAMINEN

Komponenttitekniikkaa käytetään paljon teollisuus- ja varastorakentamisessa. Sen kehityksessä tärkeitä lähtökohtia ovat mittajärjestelmä, järjestelmän avoimuus, soveltamisen mahdollisuudet, purettavuus ja muunneltavuus, uudelleen pystytettävyyden, tekniset ratkaisut, käytettävät materiaalit ja kuljetuksen ja asentamisen helppous ja nopeus. Erään teollisen sovelluksen mittajärjestelmä perustuu moduulimitoitukseen, jossa yksi suunnitteluruutu on esimerkiksi 4,8 m x 4,8 m, 6,0 m x 6,0 m tai 4,8 m x 6,0 m ja korkeussuuntainen moduulimitta esimerkiksi 1,2 m. Suunnitteluruudukko noudattaa 12M:n järjestelmää seinä- ja kattoelementtien ollessa samankokoiset. Räystäillä, nurkissa ja liitoskohdissa käytetään 3M:n kerrannaisia tarvittaessa. Mittajärjestelmästä syntyy rakenneratkaisu, jossa lähtökohtana ovat vakiomittaiset seinä- ja kattoelementit. Konepajalla täysin valmistettu teräsrunko kootaan rakennuspaikalla pulttiliitoksilla. Runkoon kiinnitetään metallisilla välillä seinäelementit ja kattoelementit ladotaan palkiston päälle. Osien valmis pintakäsittely nopeuttaa rakentamista ja parantaa rakentamisen laatua.¹⁴

Komponenttirakentaminen on ekologista rakentamista. Materiaalihukkaa syntyy niukasti ja vältetään materiaalien ja rakennusosien säilytyksen tai työstön aikainen vahingoittuminen työmaalla.

¹⁴ Salonen, K. 1996, 17-30

ENERGIATEHOKKUUS

Teräksen ekologisuus perustuu sen kierrätettävyyteen ja muuntojoustavaan rakennustapaan. Ekologisen teräshallin olisi kyettävä samaan; valituista ratkaisuista ei saisi syntyä kuormakaupalla jätettä, jos rakennuksen elinikä jääkin odotettua lyhyemmäksi. Erilaiset varastot, myymälät ja konepajatilat on sinällään varsin vaivatonta suunnitella yksinkertaisia, passiivisia energiansäästömalleja hyödyntäviksi niiden vuorokausirytmien takia. Hallissa voidaan käyttää yöaikaan tehokasta tuuletusta sen ollessa ihmisistä tyhjillään, jolloin kukaan ei kärsi vedosta. Tilaohjelman ollessa usein varsin yksinkertainen, voidaan ilmanvaihto monin paikoin toteuttaa luonnollisena tai koneellisella poistolla varustettuna, kun rakennus on lähes yhtä suurta tilaa eli yhtä palo-osastoa.

Rakennuksen aukotus on yleensä vapaata, kun sisäseiniä on vähän joten tilat voidaan avata haluttuihin ilmansuuntiin; pohjoiseen epäsuoran valon ja etelään auringonlämmön ja valon takia. Massiivinen alapohja toimii lämpötilojen tasaajana; se varastoi matalalta paistavan talviauringon säteet ja luovuttaa ne lämpönä huonetilaan, se viilenee kesäisin yöaikaisella tuuletuksella ja hidastaa tilan lämpenemistä.

Ekologisessa rakentamisessa on tärkeää rakennuksen käyttöikä, muuntojoustavuus ja huollettavuus. Energiatehokkuuden kustannuksien kuoletusaika lasketaan. Nykyiset teollisuusympäristöt eivät viesti rakennuskannan pitkäikäisyydestä ja ajattomuudesta. Teollisuushalleja leimaa väliaikaisuuden tuntu. Markkinat ohjaavat liikkeiden sijoittumista. Uusien keskusten nousun myötä vanhoja jää tyhjilleen. Kuinka käy energiateräshallin, jos rakennus puretaan ennen kuin se on ehtinyt kuolettaa rakentamiseen käytetyn energian?¹⁵

15 Jaeger, F. 2004, 48-53

TERÄKSEN EKOLOGISUUS

TERÄKSEN EKOLOGISUUDEN KARTOITUS

Eri rakennusmateriaalien ympäristökuormat koostuvat monista eri asioista; raaka-aineiden tuotanto, valmistus, kuljetus, elinkaaren suhde valmistukseen käytettyyn energiaan, kierrätettävyys ja lopulta hävittäminen. Kuluttajan on usein mahdotonta arvioida koko ympäristövaikutusten kenttää. Vastuu ympäristöstä tulisi olla niin materiaalivalmistajilla kuin käyttäjillä. Valmistajat voivat pyrkiä mahdollisimman ympäristöystävälliseen valmistus- ja tuotantoprosessiin ja kehittää entistä kierrätettävämpiä ja pitkäikäisempiä tuotteita. Käyttäjän kannattaa valita eri materiaaleja harkiten ja kutakin ominaisimpaan käyttötarkoitukseensa.

Metallit ovat uusiutumattomia luonnonvaroja eikä niitä riitä loputtomiin. Niiden louhiminen ja jalostaminen kuluttaa paljon energiaa, saastuttaa ympäristöä ja louhoksista jää arvet ympäristöön. Metallit ovat kuitenkin pitkäikäisiä, kestäviä ja kierrätettäviä materiaaleja. Niiden käyttö mahdollistaa keveät rakenteet ja suuret jännevälit. Metallit ovat suhteellisen huoltovapaita ja hyvin säästä ja aikaa kestäviä. Pilariperustus on perustamistavoista ympäristöystävällisimpiä; sen jättämät jäljet luontoon ovat vähäiset. Teräksen valmistaminen ja jalostaminen kuluttaa energiaa. Raakaraudan valmistukseen tarvitaan energiaa 4,14 kWh/kg, raakateräksen valmistamiseen malmista 5,78 kWh/kg ja valuraudan jalostukseen 9,56 kWh/kg.¹⁶

TERÄKSEN KIERRÄTETTÄVYYS

Terästä on tyypillisesti käytetty teollisuus- ja toimistorakentamisessa. Teräksen etuna on sen kierrätettävyys ja materiaalitehokkuus. Nykyisestä teräksestä teollisuuden metallijätteestä kierrätetään 97% ja rakentamisen metallijätteestä 91%. Käytön ja purkamisen jälkeen teknisesti hyväkuntoinen teräs voidaan käyttää uudelleen tai rakenneosien valmistukseen. Metallirohua käytetään teräksen valmistuksen raaka-aineena. Maailman teräksen kulutus on kuitenkin suurempi, kuin käytetyn teräksen paluu kiertoon johtuen osittain tuotteiden pitkäikäisyydestä. Teräksen laatu ei heikkene kierrättämällä ja sen kierrättäminen on valmistamista edullisempaa.¹⁷

¹⁶ Siikanen, U. 2001, 196-197; Teräksen kierrätys.

¹⁷ Siikanen, U. 2001, 196-197; Teräksen kierrätys

Teräksen valmistuksessa syntyviä sivutuotteita käytetään mahdollisimman tehokkaasti. Suurin ryhmä on mineraalituotteet, joita käytetään korvaamaan sora-ainesta maarakentamisessa, kalkkikiveä maataloudessa ja klinkkeriä sementtiteollisuudessa. Kemianteollisuus käyttää prosessin oheistuotteina syntyvää tervaa, bentseeniä ja rikkiä raaka-aineena. Prosesseissa syntyvät lämpö ja höyry hyödynnetään sähköntuotantoon ja lämmitykseen tehdasalueilla ja kaukolämpönä lähiympäristössä. Masuuni- ja koksikaasuja käytetään energiana prosesseissa ja sähköntuotannossa. Terästeollisuus pyrkii alentamaan prosessien energiankulutusta, pienentämään ympäristökuormitusta ja säästämään raaka-aineita. Suomen terästeollisuuden lämmöntalteenottoprosentti on 50% ja rikkioksidipäästöt ovat laskeneet huomattavasti viime vuosikymmeninä.¹⁸

¹⁸ Teräksen kierrätys.; Ympäristötietoisuus teräsrakentamisessa.

EKOLOGISUUDEN NORMITTAMINEN JA MITTAAMINEN

Rakentamisen ja rakennuksen ympäristöhaittoja tarkastellaan elinkaaren aikaisena luonnonvarojen kulutuksena, päästöinä ilmaan, veteen ja maaperään, kaatopaikka- ja ongelmajätteiden syntyä ja luonnonmonimuotoisuuden säilymisenä. Ympäristöhaitat määritetään primäärituottoina, eli esimerkiksi energiantuoton ja kuljetusten energiankäytön hyötysuhteet otetaan huomioon. Ekotehokkuuteen on useampia laskentatapoja. Yleisimpiä ovat laaja-alainen tarkastelu (Harvard-malli) ja suppea päätekijöihin keskittyvä tarkastelu (Pohjoismainen malli). Yleistä, laaja-alaiseen ympäristöhaittaprofiiliin perustuvaa ekologiatarkeastelua käytetään rakennusmateriaalien, rakennusosien ja rakennuskonseptien tuotekehityksessä. Suppea tarkastelu soveltuu tavalliseen kohdekohtaiseen suunnitteluun.¹⁹

Hankesuunnitteluvaiheessa ympäristöhaittoja lasketaan karkeilla, kohteen laajuuteen ja tyyppiin perustuvilla tunnusluvuilla. Luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheessa laskelmat ovat tarkempia ja perustuvat rakennusosien ja materiaalien tuotetietoihin. Rakentamisen aikana voidaan ympäristökuormat laskea hyvinkin tarkasti rakennusosavalmistajien ilmoittamien ja työmaatuotannossa syntyvien ympäristöhaittojen perusteella.

Koko elinkaarta tarkasteltaessa voi rakennuksen käyttö (lämmitys, valaistus, jäähdytys, talotekniikkalaitteet, ja lämpimän veden tuotto) kuluttaa noin kymmenkertaisen määrän energiaa materiaalien valmistus- ja rakentamisvaiheeseen verrattuna.²⁰

PROBLEMATIIKKAA

Voidaanko rakentamisen yhteydessä ylipäättään puhua ekologisuudesta? Energiatehokkainta rakentamista on vanhan korjaaminen tai ettei rakenneta ollenkaan. Tämä yleisesti tunnustettu totuus kuvastaa ekologisen rakentamisen haasteita. Rakennuksen ekologisuutta voidaan tarkastella monelta kantilta; yleinen on sen ekologisuuden vertaaminen vastaaviin rakennustyyppeihin. Tällöin tarkastelun kohteena ovat rakennuksen

¹⁹ Dransfeld, P. 2004, 14-19

²⁰ Hoffmann, C., Voss, K. 2005, 665-671

primäärienergian tarve, lämmitysenergian tarve, lämmityksen häviöt, vaipan tiiviys ja rakennusmateriaalien energiatehokkuus ja kierrätettävyys. Rakennuksen suunnittelussa ja sen ekologisuuden arvioinnissa olisi lähdettävä tilojen suunnittelusta, pohjapinta-alan optimoisesta ja muuntojoustavuudesta. Hukkaneliöiden rakentaminen, lämmittäminen ja ylläpito kuluttaa nopeasti sen energiamäärän, joka voitetaan esimerkiksi rakennuksen vaipan lisäeristämällä ja tiivistämällä. Pinta-alan optimoiminen on myös mahdollisuus rakentajalle säästää investoikustannuksissa.

ENERGIASIMULAATIOT

Rakennusten energiasimulaattoiden merkitys suunnitteluun on kasvamassa. Energiatehokkuuden tavoitteiden saavuttamisessa arkkitehdit ja suunnittelijat tarvitsevat tehokkaita suunnittelutyökaluja rakennuksen kokonaisenergiatarpeen analysoinnissa ja ymmärtämisessä. Rakennussimulaatiotekniikoiden käyttö suunnitteluprosessissa auttaa suunnittelijaa kehittämään ja optimoimaan teknisiä ratkaisuja ja helpottaa tekniikkaa tuntemattomia ihmisiä graafisten ja kuvallisten esimerkkien avulla sisäistämään asioita, joita tapahtuu kun rakennus on valmis. Tietokoneiden tehojen ja muistin kasvaessa mahdollistuu aiempaa älykkäämpien ja täydellisempien järjestelmien käyttö suunnittelun apuvälineenä.

Viime vuosikymmeninä monissa maissa on kehitetty ja päivitetty rakennusten energiamääräyksiä. Uudet ohjeet rakennusten energian kulutuksen laskemiseen ja luonnolliseen ilmanvaihtoon liittyviin määräyksiin tulevat olemaan mahdollisuus ja haaste suunnittelijoille. Uusien energiamääräysten myötä nousee rakennusten energiasimulaatioiden ja mallinnusohjelmien käyttö. Niiden tekniikat kehittyvät aiempaa muuntautuvimmiksi, selkeämmiksi ja tehokkaammiksi. Kuitenkin arkkitehdit ja insinöörit harvoin käyttävät niitä suunnittelun ja harjoittelun välineinä. Suunnittelijoilta puuttuu luottamusta niistä saatuihin tuloksiin ja aikaa ja kykyä niiden käytön oppimiseen.

Ohjelmia on monentasoisia. Usein suunnittelijat valitsevat ohjelman tuttuuden tai tunnettavuuden mukaan. Vaikka ohjelma sinällään olisi luotettava ja toimiva, voi sen hyöty kumoutua väärällä ja taitamattomalla käytöllä, kun suunnittelija ei tunne ohjelman rajoituksia. Parhaimmillaan rakennuksen energiasimulaatio ohjelma voisi toimia suunnittelun apuvälineenä jo ensimmäisistä luonnosvaiheista lähtien. Tällöin saadut tulokset palvelisivat suunnitteluprosessia ja edistäisivät energiatehokkuuden mukanaoloa alusta asti kiinteänä osana suunnittelua.

Vaarana on, että rakennuksen energiatehokkuus pohjautuu suunnittelijoiden oletuksiin, jotka pyritään suunnitelman loppuvaiheessa mallinnuksella osoittamaan tuloksellisiksi. Asioiden korjaaminen loppuvaiheessa on vaikeaa ja johtaa harvoin hallittuun kokonaisuuteen.

KUSTANNUKSET

Energiasimulaatio-ohjelmien kustannukset syntyvät lähinnä niiden opiskeluun käytetystä ajasta. Itse ohjelmat ovat usein ilmaisia tai maksavat vähän. Ohjelmien opiskelu tuo noin 5%-10% lisän suunnittelukustannuksiin. Simulaatio-ohjelmien käytön hyötyä rakennuksen rakentamisen ja käytön kustannuksiin on vaikea laskea. Varmaa on, että niiden käyttäminen suunnittelussa edesauttaa hallitun ja toimivan kokonaisuuden saavuttamista.²¹

²¹ BRITA in PuBs Ecobuildings 2008

ENERGIANKÄYTTÖSTANDARDIT

RAKENNUKSEN EKOLOGINEN TASO

”Vihreän rakentamisen” kirjo on laaja ja esimerkkirakennuksia on piharakennuksista suuriin toimistotalokokonaisuuksiin. Rakennusten ekologisuuden taso on yhtä kirjava. Vain yleinen mielipide valvoo, voiko jotakin rakennusta nimittää muita ekologisemmaksi. Ekologisen rakentamisen tullessa yhä tavanomaisemmaksi, ei ”eilispäivän ekologisuus” ehkä olekaan huomenna enää ekologista.

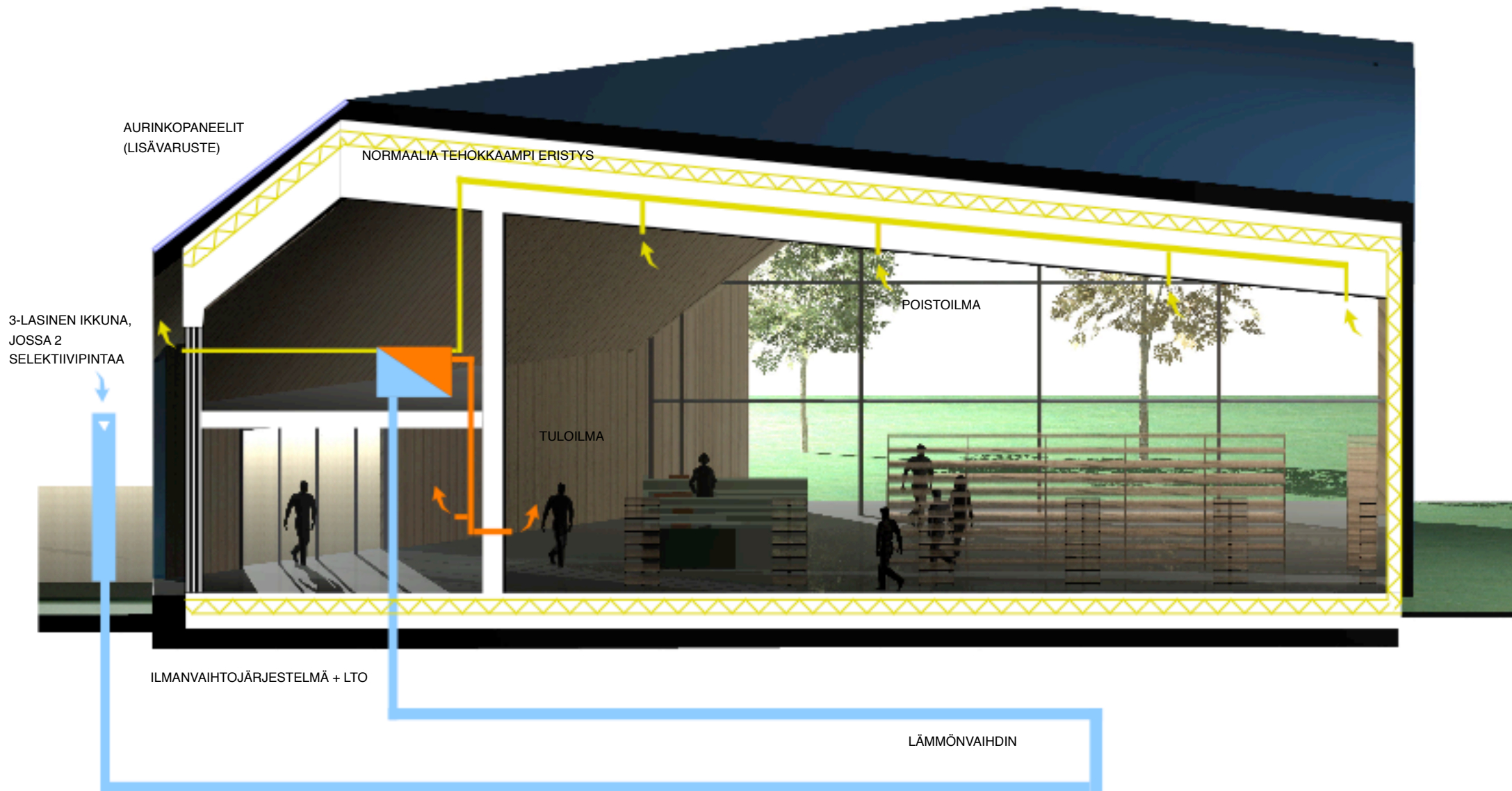
Määritelmiä on paljon, mutta ne kaikki pyrkivät luomaan käsite- ja ratkaisumalli kokonaisuuden, jolla rakennuksen ekologinen taso ja käytetyt ratkaisut voidaan määritellä. Näillä määritelmillä pyritään hahmottamaan rakennuksen ekologisuutta ja antamaan rakennuksen tarkastelijalle selkeä mielikuva rakennuksen ympäristöarvoista. Rakennuksen ei tarvitse täyttää tarkalleen tiettyä energiankäyttöstandardia tai määritelmää, ollakseen ekologinen. Määritelmiin ei saisi jäädä vangiksi, vaan harkita jokainen ratkaisu erikseen lähtien olosuhteista ja rakentamisen ja rakennuksen käytön järkevästä ja vastuuntuntoisesta tarkastelusta.

Tunnetuimpia energiankäyttömääritelmiä ovat 0-energia, passiivitalo, minergie-P, minergie ja matalaenergia. Muita maa- tai aluekohtaisia määritelmiä on paljon. Maailmalla on lisäksi projekteja, jotka kokoavat yhteen suunnitteluohjeistuksia ja esimerkkirakennuksia pyrkien niiden avulla hahmottamaan ja kehittämään ekologisen rakentamisen kenttää. SARA on projekti, jossa pyritään suunnittelemaan kestäviä, taloudellisia, energian käytöltään tehokkaita julkisia ekorakennuksia, joita on mahdollista ”monistaa” suuressa koossa eri alueilla. Kohteissa yhdistetään kestävä kehityksen tavoitteet täyttävät energiateknologiat innovatiiviseen arkkitehtuuriin ja älykkäisiin rakennusautomaatioihin. SARA esittelee seitsemän kohdetta, joista kuusi on EU maissa ja yksi Uzbekistanissa. Avainasioita on rakennusten julkisuus, oivaltavat, kustannustehokkaat ja monistettavat ratkaisut, tietoisuus loppukäyttäjistä ja kurinalainen ryhmätyöskentely.²²

IED -(Integrated Energy Design) projekteissa kootaan eri suunnittelijat yhteen projektin alkuvaiheessa, jossa tehtävillä päätöksillä on suurin vaikutus rakentamisen kustannuksiin. IED keskittyy määrittämään lupaukset ja tavoitteet selvästi suunnittelun alkumetreillä. Passiiviset keinot, kuten rakennuksen sijoittaminen tontille ja materiaalitietoisuus ovat tärkeitä asioita energiatehokkaassa suunnittelussa. IED projekti tuottaa rakennuksia,

²² Dransfeld, P. 2004, 14-19; Sara Introduction.

Klemmari. Esimerkki passiivirakentamisen periaatteilla toteutetusta hallista.



jotka ovat joustavia muutoksiin. IED sallii suunnittelijan keskittyä passiivisiin ratkaisuihin ennen keskittymistä mekaanisiin ja sähköisiin asennuksiin kuten jäähdytykseen. IED:ssä tarkastellaan jokaisen osa-alueen vaikutuksia koko suunnitteluprojektiin.²³

PASSIIVIRAKENTAMINEN

Käsite passiivitalo tarkoittaa tiettyä standardoitua rakennustapaa, jossa toteutetaan hyvät elinolosuhteet talvella ja kesällä ilman koneellista tulo- ja poistoilmastoinia ja aktiivista jäähdytystä. Yleensä se tarkoittaa normaalia parempaa eristävyyttä ja ilmatiiviyttä. Hyvä sisäilmasto toteutetaan koneavusteisella ilmanvaihdoilla, joka on varustettu tehokkaalla lämmöntalteenotolla. Suunnittelussa pyritään mahdollisimman pieneen lämpökuormaan, joka voidaan siirtää mahdollisimman pienellä ilmanliikkeellä. Tilojen lämmityksen ei tarvitse kuitenkaan tapahtua ilmastointijärjestelmän kautta. Pohjoisille 40-60 leveysasteille on määritetty arvot PHPP laskentaohjelmassa:

- lämmityksen kokonaisenergian tarpeen on oltava alle 15 kWh/m²
- kokonaisprimäärienergian tarve kaikille järjestelmille (sisältäen lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen) on rajattu alle 120 kWh/m²

Passiivitalo eristetään hyvin, rakentamisessa vältetään kylmäsiltojen syntymistä, se on vedoton ja käyttää passiivisesti auringonsäteilyä ja lämmöntalteenottoa. Loppu lämmöntarve toteutetaan esimerkiksi käyttämällä uusiutuvia energiamuotoja.²⁴

²³ What is Integrated Energy Design?

²⁴ Dransfeld, P. 2004, 14-19; Informationen zum Passivhaus

PASSIIVITALO

MATALAENERGIA

0-ENERGIA

MINERGIE

MINERGIE-P

MÄÄRITELMÄ

Ei ulkoista lämmitysjärjestelmää. Vaipan tiiveys ja eristävyys pitää lämmön, joka syntyy ihmisistä ja laitteista.

-rakentaminen, rakennus ja sen käyttö kokonaisuutena

Rakennus tuottaa kaiken tarvitsemansa energian

-Lämmitysenergian-tarve 80% normaalitasosta
-ekologisuus

Sveitsiläinen vastine passiivitalo-määritelmälle.

KOKONAISENERGIA

alle 60 kWh/m²

LÄMMITYSENERGIAN TARVE

suhteessa käyttöön ja pinta-alaan

-alle 60% normaalista
-alle 42 kWh/m²

-alle 20% normaalista
-alle 20 kWh/m²

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

ei erillistä järjestelmää ilmalämmitys mahdollinen

normaali

ilmalämmitys mahdollinen

VAIPAN TIIVIYS

alle 0,6 h⁻¹ testausta suositellaan

mahdollisimman hyvä

alle 0,6 h⁻¹ testataan

ERISTÄMINEN

-seinien U-arvo 0,13–0,15 W/m²K
-yläpohjan U-arvo 0,08–0,12 W/m²K ja alapohjan 0,13–0,15 W/m²K

ENERGIATEHOKKUUS

A- luokan kodinkoneita suositellaan

A- luokan kodinkoneita suositellaan

A- luokan kodinkoneita suositellaan

A- luokan kodinkoneet pakolliset

UUSIUTUVAT ENERGIAT

suositeltavia

suositeltavia

pakollisia

ILMANVAIHTO

kontrolloitu, LTO yli 75%

kontrolloitu, LTO

kontrolloitu

kontrolloitu, LTO

LÄHTÖMAA

Saksa

-

-

Sveitsi

Sveitsi

MATALAENERGIA

Matalaenergiarakentamisessa rakentamista, rakennusta ja sen käyttöä tarkastellaan kokonaisuutena. Se käsittää rakennuksen koon ja muodon, massan sijoittelun tontille, vaipan lämmöneristävyyden ja ilmanpitävyyden, lämmitysjärjestelmän ja lämmöntuottotavan, lämmön talteenotolla varustetun ilmastoinnin, pienen vedenkulutuksen, vähän kuluttavat vesikalusteet ja sähköratkaisut ja teknisten järjestelmien tarpeenmukaisen ohjauksen.

Matalaenergiatalolla saavutetaan Suomen olosuhteissa noin 40–50 % säästöt energian ja veden kulutuksessa verrattuna tavallisiin rakennuksiin. Rakennuskustannuksiin matalaenergiarakentaminen tuo noin 3–5 % lisän. Lisäkustannusten takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta.

Matalaenergiatalon seinien U-arvon tulee olla 0,13–0,15 W/m²K. Se vastaa rankorakenteisissa seinissä 250–300 mm mineraalivillaeristystä rakenteesta ja tuulensuojasta riippuen. Yläpohjan U-arvon tulee olla 0,08–0,12 W/m²K ja alapohjan 0,13–0,15 W/m²K. Maavaraisessa alapohjassa se tarkoittaa noin 225–250 mm lämmöneristystä ja tuulettuvassa rossipohjassa 275–300 mm.²⁵

0-ENERGIA

Nollaenergia ei varsinaisesti ole ekologisen rakentamisen normi vaan pikemminkin määritelmä, joka kattaa kaikki rakennukset, jotka eivät vuositasolla käytä lainkaan ulkopuolista energiaa. Rakennuksen suunnittelussa ja laite- ja järjestelmähankinnoissa nollaenergiatavoite on keskeinen.

Rakennuksen energiantarvetta pienennetään aurinkoenergian passiivisella hyödyntämisellä, luonnollisella ilmanvaihdoilla, vaipan eristävyydellä ja tiiviydellä. Energiantarve katetaan rakennuskohtaisella uusiutuvia polttoaineita käyttävällä voimalalla tai uusiutuvalla energialla kuten aurinkosähkö ja tuulivoima.

²⁵Dransfeld, P. 2004, 14-19; Hänninen 2008, 18-21

Rakennettuja kohteita on suhteellisen vähän ja niiden käyttötarkoitus ja energiatehokkuutta parantavat ratkaisut vaihtelevat. Nollaenergiasta pidemmälle viety muoto on plusenergiarakennukset, jotka tuottavat energiaa yli oman tarpeen. Ylimääräinen energia voidaan monissa maissa syöttää yleiseen verkkoon verkkotariffin kautta.²⁶

MINERGIE

Minergie on sveitsiläinen ekologisen rakentamisen normi, jossa rakennuksen lämmitysenergiatarve on alle 42 kWh/m², mikä on 80% normaalitasosta. Energiatarvetta pienennetään vaipan tiiveydellä ja eristepaksuuden lisäämisellä. Hankinnoissa suositellaan energiatehokkaita laitteita. Ilmanvaihto on kontrolloitu ja uusiutuvien energiamuotojen käyttö suositeltavaa.²⁷

MINERGIE-P

Minergie-P:ssä rakennuksen ekologinen taso on minergietä pidemmälle viety. Minergie-P on sveitsiläinen vastine saksalaiselle passiivitalo-määritelmälle. Rakennukseen lämmitysenergiatarve on alle 20 kWh/m², mikä on 20% normaalitasosta. Minergie-P luokituksen saadakseen muun muassa rakennuksen vaipan tiiveys mitataan. Energiatehokkaat kodinkoneet, kontrolloitu ilmanvaihto ja uusiutuvien energiamuotojen käyttö ovat pakollisia.²⁸

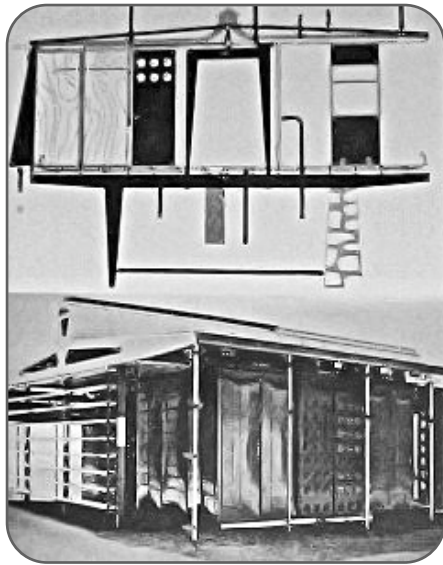
²⁶ Dransfeld, P. 2004, 14-19; Hänninen, P. 2008, 18-23

²⁷ Dransfeld, P. 2004, 14-19; Was ist Minergie?

²⁸ Dransfeld, P. 2004, 14-19; Was ist Minergie?

ESIMERKKIRAKENNUKSIA

EKORAKENTAMINEN



Jean Prouvé: Tropenhaus, 1949 Leikkaus ja näkymä (Kuva Ulrich Pfammaterin arkisto, julkaistu archithese 4.2004)

1900-luvulla öljykriisi nosti ekologisen rakentamisen ja öljynkulutuksen vähentämisen tärkeäksi kehitysteemaksi. Kriisin helpottuessa suuri osa suunnitelmista unohdettiin. 2000-luvun vaihteen nousukautena suunnittelussa korostui käyttömukavuus ja sisäilmaston hallittavuus. Tekniikan nopea kehitys toi mukanaan monimutkaiset ja kalliit sisäilmaston ja valaistuksen hallinta- ja säätöjärjestelmät.

Huoli ympäristöstä on tuonut ekologisen rakentamisen uudelleen tärkeäksi. Nyt käännetään katsetta menneisiin vanhoihin ratkaisumalleihin ja toisaalta kehitetään uusia, osin hyvinkin teknisiä konsepteja. Esimerkkirakennuksia esitellään julkaisuissa ympäri maailmaa. Ideat ovat globaaleja ja hyvän konseptin eteenpäin kehittäminen hyödyttää kaikkia. Toteutuneiden suunnitelmien kautta rakennusten ekologista perusideaa voidaan tarkastella käytännössä ja todentaa ratkaisuiden toimivuus, heikkoudet ja jatkokehittelyalueet.²⁹

SUUNNITTELUTOIMISTO INDES

Arkkitehdit: Arconico Architecten

Enschedeessä sijaitseva suunnittelutoimisto Indes ei ole teollisuusrakentamisen kohde, mutta sen rakenteelliset ja ekologiset ratkaisut ovat peruseriaatteiltaan sovellettavissa teollisuusrakentamiseen. Rakennuksen nouseva muoto on saanut innoituksensa luonnollisesta ilmanvaihdosta. Katolla teräsrilän takana sijaitsevat ilmanvaihdon hormit ja aurinkopaneelit. Rakennuksen teollinen henki sopii hyvin sen sijaintipaikkaan rautatien varteen.³⁰



NAH & FRISCH THENING

Arkkitehdit: Poppe Prehal

Valmistuminen: 2003

Pinta-ala: 634 m²

Kirchbergiin Theningiin passiivitaloperiaatteilla rakennettu Nah & Frisch ketjun myymälä osoittaa, ettei matalaenergia- ja passiivirakentaminen ole este korkealaatuiselle arkkitehtuurille. Innovatiivinen ja tulevaisuuteen katsova rakennusprojekti syntyi eri alojen asiantuntijoiden yhteistyönä. Rakennus avautuu suurella lasipinnalla kohti auringon valoa ja lämpöä. Sisäänkäyntijulkisivussa on seinärakenteeseen integroidut aurinkopaneelit.³¹



³⁰ Falkenberg H., Muenster R., Weiler E. 2008, 72-79

³¹ Referenzen Gewerbegebäude. Poppe Prehal.



NAH & FRISCH GRAZ-WALTENDORF

Arkkitehdit: Poppe Prehal Architekten

Rakentaminen aloitettu: kesäkuu 2006

Pinta-ala: 1 426 m²

Suunnittelun lähtökohtina olivat passiivitalorakentamisen periaatteet, Nah & Frisch myymäläketjun tunnistettava arkkitehtuuri, ekologia ja energiatehokkuus ja vastuullinen suhtautuminen energiaan ja raaka-aineisiin.

Rakennuksen lämmitysenergiatarve ja jäähdytyksen ja kylmälaitteiden tarvitsema viileys katetaan maalämpöjärjestelmällä. Aurinkokeräinten ylimääräinen energia varastoidaan pysäköintitilojen alle otettavaksi käyttöön tarvittaessa. Koneellisella ilmanvaihdoilla taataan hyvät sisäolosuhteet ilmatiiviissä rakennuksessa.³²



LIDL MANNHEIM

Arkkitehdit: Atelier Jörg Rügemeier

Valmistuminen: 2005

Pinta-ala: 1 806 m²

Mannheimin keskustaan suunniteltu Lidl-keijun myymälä poikkeaa ilmeeltään keijun tavanomaisesta betonielementtirakentamisesta. Vaikka rakennusosat ja -materiaalit ovat kierrätettäviä, on suunnittelussa tavoiteltu aikaa kestävää arkkitehtuuria. Julkisivujen päämateriaalina on kivillä täytetyt korit, joita pitkin viherkasvit pääsevät kasvamaan. Vesikatolla kasvaa ruoho. Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto.³³

³² Referenzen Gewerbegebäude. Poppe Prehal.

³³ AJR Architekten 2006

UUSIUTUVAT ENERGIAMUODOT

ENERGIAN KÄYTTÖ KOKONAISTARKASTELUNA

Auringon maahan säteilemä energia on 3000 kertainen verrattuna maailmanlaajuiseen energiantarpeeseen³⁴. Maapallon pinnalle tulee tunnin aikana enemmän auringon säteilyenergiaa, kuin koko ihmiskunta kuluttaa energiaa vuodessa³⁵. Nyt vastaamme energian kysyntään pääosin käyttämällä uusiutumattomia energiamuotoja kuten fossiilisia polttoaineita. Tuloksena on ympäristöongelmia, kuten ilman saasteet, happosateet, kasvihuoneilmiö ja ilmastonmuutos. Intian ja Aasian väestön omaksuessa läntisen maailman elintavat kulutuksen kasvu kiihtyy. Se tulee johtamaan mittaviin ekologisiin ja poliittisiin ristiriitoihin lähitulevaisuudessa kun nykyisin käytössä olevat energialähteet vähenevät. Erityisesti vesi- ja öljyvarojen hallinta aiheuttaa kiistoja.³⁶

Uusiutuvista energianlähteistä lähes kaikki ovat jollain lailla auringon säteilemään energiaan liittyviä, kuten auringon lämmönsäteily, tuulivoima ja maahan varastoitunut lämpö. Itseasiassa nykyiset lämmitysjärjestelmien käyttämät polttoaineet ovat alkujaan auringosta peräisin. Ne ovat aurinkoenergiaa, joka on miljoonien vuosien aikana tiivistynyt öljyksi, hiileksi tai maakaasuksi tai fotosynteesin kautta orgaaniseksi aineeksi kuten puuksi ja oljeksi.

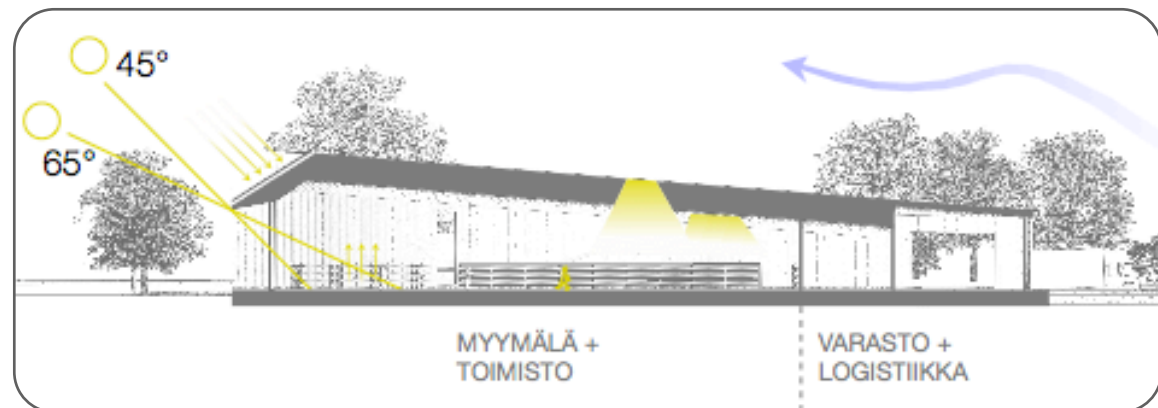
Jäähdytyksen ja valaistuksen merkitys energiatehokkuteen on jätetty pitkäksi aikaa lähes huomiotta. 1970-luvun suuret öljykriisit nostivat aurinkoenergian esiin. Rakentamisessa keskityttiin kuitenkin lähes ainoastaan lämpöhukan pienentämiseen ja ilman ja käyttöveden lämmittämiseen. Ilmastointi on etenkin suurissa toimistorakennuksissa paljon suurempi ongelma ja suurin tekijä energiansäästöissä. Luonnonvalo ja jäähdytys nousevat tärkeiksi. Aurinkoarkkitehtuuri ei saisi jäädä irralliseksi osaksi, josta esimerkkinä rakennuksen katoille asennettavat arkkitehtuurista irrallaan olevat aurinkokeräimet. Rakennus tulisi nähdä kokonaisuutena, joka hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla saatavilla olevat luonnonvarat pienilmastosta aina aurinkoenergian kaikkiin muotoihin saakka. Yhdistelemällä passiivisia ja aktiivisia keinoja huomioidaan rakennuksen sijoittelu ja suuntaus tontilla ja käytetään lämpimän veden ja käyttöenergian saamiseksi erilaisia joustavia järjestelmiä.

³⁴ Schittlich, C. 2003, 8-11

³⁵ Uusiutuva energia. Motiva Oy

³⁶ Schittlich, C. 2003, 8-11

Rakentamisessa on noussut tärkeäksi kontrolloitujen, eri tilanteisiin reagoivien ratkaisuiden käyttäminen. Se merkitsee rakentamisen eri osapuolten osallistumista suunnitteluun jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Varmaa on, että uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen ja käytön lisääminen tulee muuttamaan maailman arkkitehtuurin kasvoja.



AURINKO

Jonkin aikaa sitten jokaista rakennusta, jolla oli mitään tekemistä energiansäästön kanssa, mainostettiin aurinkoenergiarakennuksena. Sen jälkeen on tullut useita toimivia ja käytännöllisiä integroituja aurinkoenergiajärjestelmiä ja yksilöllisiä ratkaisuja. Tavallisesti rakennuksesta ei edes näe ulospäin sen energiatehokkuutta. Toimistorakentamisessa eri rakennusosien ekotehokas lämmitys ja jäähdytys on tullut etenkin ulkomailla monille arkkitehteille jo rutiiniksi. Kokonaisvaltaisia järjestelmiä on silti liian vähän ja ongelmana on estetiikan ja toiminnan välinen ristiriita.

SUUNNITTELU

Tehokkainta ja edullisinta aurinkoenergian hyödyntämistä on sen passiivinen käyttö. Oikealla kaavoituksella, rakennusten sijoittelulla, aukotuksilla ja materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa aurinkoenergian saatavuuteen jopa ilman lisäkustannuksia. Rakennusten lämmitys- ja sähköenergian kulutusta voi osin tai kokonaan kattaa aktiivisilla aurinkoenergiajärjestelmillä.³⁷

Ilmansuuntien, tontille sijoittumisen ja luonnonvalon huomioiminen on osa normaalia arkkitehtisuunnittelua. Ekologisessa rakentamisessa auringon lämmön ja valon hyödyntämistä ja toisaalta liialta lämmöltä suojautumista joudutaan tarkastelemaan entistä huolellisemmin. Suhtautuminen aurinkoenergian hyödyntämiseen voi vaihdella kohdekohtaisesti suuresti. Hyvin eristetyssä rakennuksessa ongelmaksi voi muodostua liika auringon lämmön tuleminen sisätilaan. Tällöin voi olla perusteltua avata rakennusta pohjoiseen etelän sijaan.

37 Erat, B. et al. 2008

PASSIIVINEN

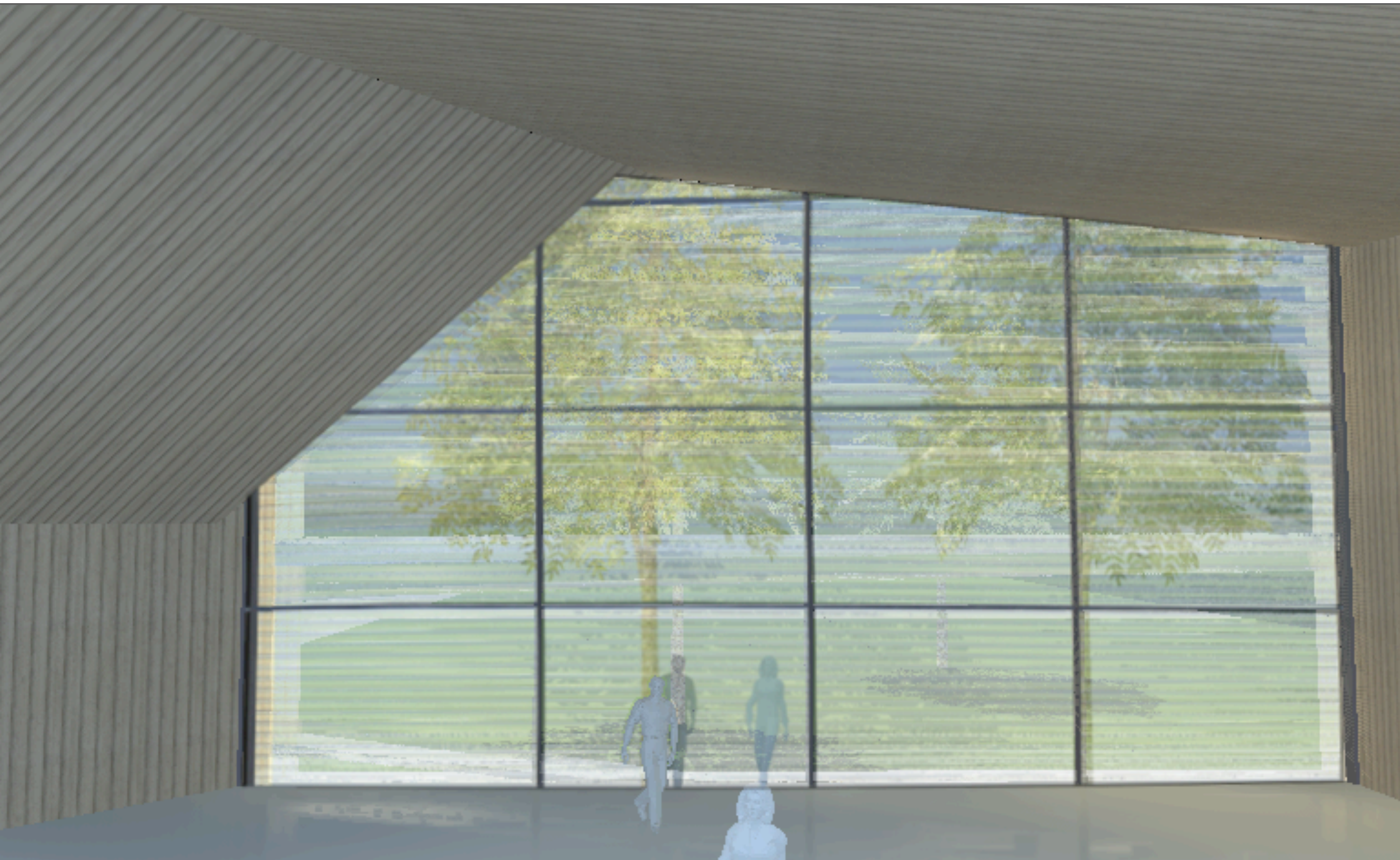
Aurinkoenergian tehokas passiivinen hyödyntäminen vähentää rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysenergian tarvetta. Rakennus kerää energiaa ja varastoi sitä rakenteisiin. Rakennuksen lämmitysenergian tarvetta voidaan pienentää noin viidenneksellä passiivisen aurinkoenergian huolellisella suunnittelulla.

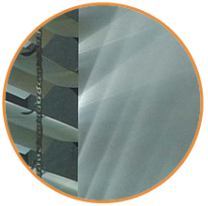
Keinoja

- Rakennuksen sijoittaminen tuulensuojaan. Kasvillisuutta ja maastonmuotoja voidaan käyttää tuulensuojana.
- Puolilämpimien ja kylmien tilojen sijoittaminen pohjoispuolelle, eteläpuolella sijaitsevien tilojen avaaminen auringonsäteille. Etelärinne mahdollistaa tiiviin rakentamisen ilman, että rakennukset varjostavat liikaa toisiaan.
- Pitkät räystäät eteläjulkisivulla estävät kesäisin korkealta paistavan auringon säteiden tulemisen tilaan, jolloin vähennetään tilojen lämpenemistä. Talven matalalta paistavan auringon säteet tulevat sisään rakennukseen ja varastoituvat rakenteisiin, joista lämpö säteilee ilman viiletessä illalla.
- Havupuut varjostavat rakennusta. Lehtipuut eivät varjosta talvella, mutta estävät kesäisin liian auringon lämmön tulemisen sisätilaan.
- Lämpötila nousee n. 1°C/10m:n korkeusero, joten rakennus kannattaa sijoittaa korkealle paikalle. Notkoissa on usein kylmiä ilmavirtauksia.
- Rakennusmassa ja pääosa ikkunoista kannattaa suunnata suoraan etelään. Kaakkoon tai lounaaseen suuntaaminen vähentää aurinkoenergian saantia noin 15%.
- Ulkovaipan ja rakenteiden tiiveys ja eristävyys vaikuttavat rakennuksen lämmönpitävyyteen. Auringosta saatua lämpöä ei kannata hukata vuotoina rakennuksen vaipan läpi.³⁸

38 Erat, B. et al. 2008

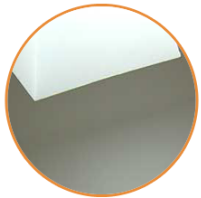
Klemmari. Lasien väliin sijoitetut kaihtimet tuovan kohtisuoran valon pehmeästi ja tasaisesti tilaan.





AURINGOLTA SUOJAUTUMINEN

Liialta auringolta suojautuminen on osa aurinkolämmön passiivista hyödyntämistä. Varjostukseen voidaan käyttää rakennuksen osia, räystäitä, katoksia, kasvillisuutta ja erilaisia kaihdiratkaisuja. Varjostus on suunniteltava niin, että varmistetaan optimaalinen lämmön saanti talviaikaan ja estetään tilojen lämpeneminen kesäaikaan. Massiivirakenteiset rakennukset varaavat kevytrakenteisia paremmin aurinkolämpöä ja pitävät tilat viileänä pidempään.



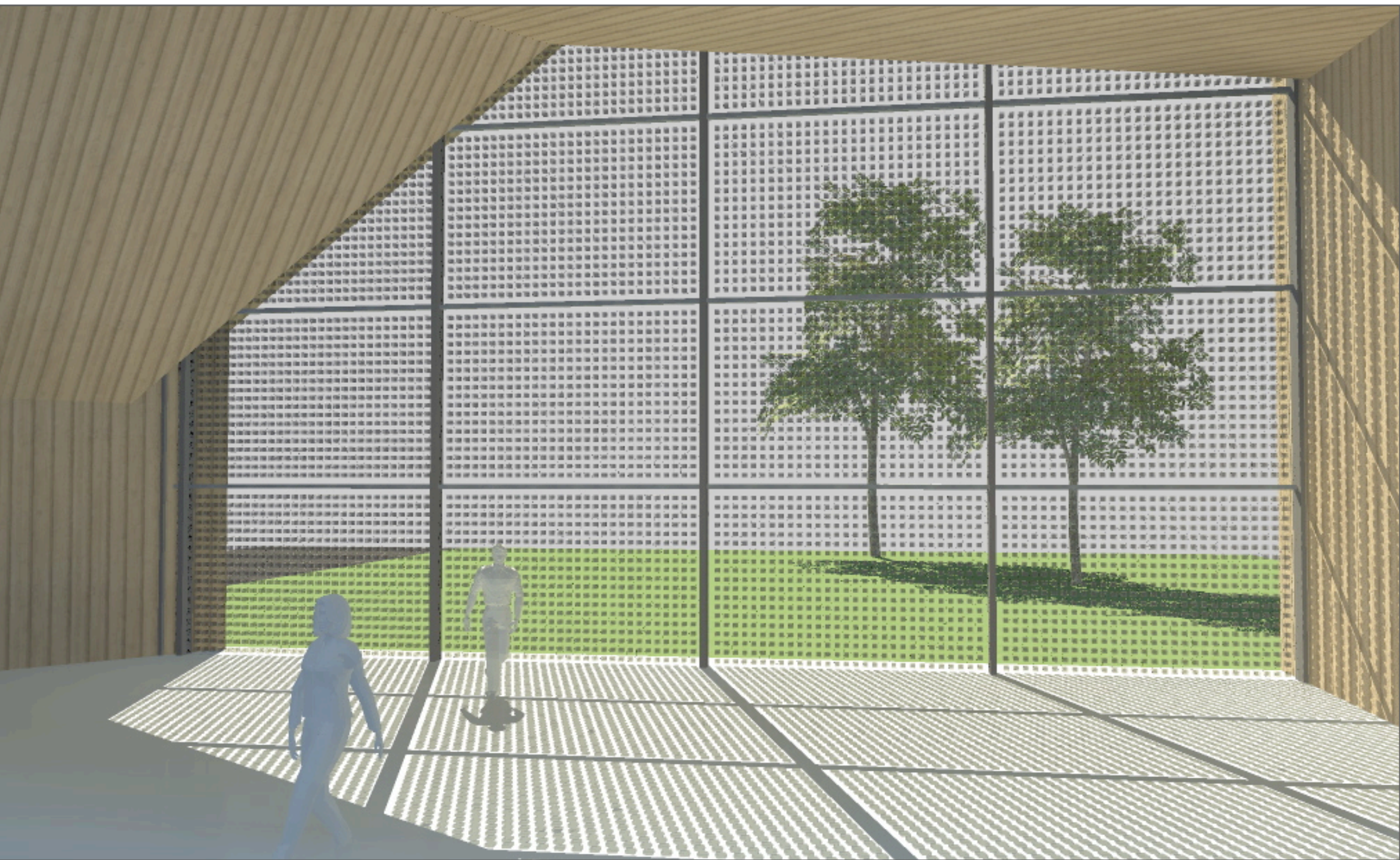
LUONNONVALO

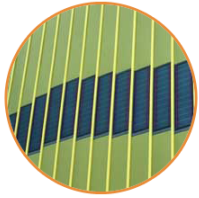
Valaistus on tärkeä osa rakennuksen ja sen tilojen suunnittelua. Pehmeän valon merkitys tilojen tunnelmaan on merkittävä. Luonnonvalo saadaan rakennuksiin ennemmin arkkitehtuurin kuin rakennusjärjestelmien avulla. Epäsuoran luonnonvalon saannin optimoiminen säästää energiaa ja vähentää lämpökuormia. Työskentelytilojen valaistus ei saa häikäistä eikä lämmittää tilojen käyttäjää. Ikkunoiden avaminen pohjoiseen tuo kauniin valkoisen valon tilaan. Etelään suuntautuvien lasipintojen suunnittelussa auringon valon suora pääsy huonetilaan voidaan estää monilla eri tavoilla. Nämä keinot eivät saa vähentää valon laatua tai muuttaa sen sävyä. Normaalilla huonekorkeudella valoa tulee rakennusrunkoon noin kuuden metrin syvyyteen.

Hallirakentamisessa runkosyvyys on pääsääntöisesti yli 12 metriä. Luonnonvaloa voidaan ottaa kattoikkunoiden kautta, jotka toimivat samalla reitteinä savun poistolle. Käytössä on kirkkaita lasipintoja, läpinäkyviä, valonsäteet sirottavia ratkaisuja ja jopa valonläpäiseviä eristeitä. Aurinkokennot voidaan laminoida lasien väliin halutulla jaolla, jolloin kaakko- luode sektorille sijoitetut ikkunat keräävät osan auringon säteistä energiana ja päästävät osan huonetilaan, jolloin lämpökuorma tilaan jää alle 10 %. Eristetyt lasiratkaisut vähentävät lämpöhäviöitä talviaikaan.³⁹

³⁹ Brandt, U. 2004, 368-379

Suuri lasipinta etelään on toteutettu kaksoislasiratkaisulla, jossa aurinkokennot ovat lasien välissä. Näin saadaan samaan aikaan aurinkoenergiaa, varjostusta tilaan ja säilytetään pinnan läpinäkyvyys.





AKTIIVINEN

Auringonsäteilyn muuttaminen sähköksi aurinkopaneelilla tai lämmöksi aurinkokeräimillä on aurinkoenergian aktiivista hyödyntämistä. Aurinkoenergia on oikea valinta, kun kokonaisenergiatarve on pieni tai käytössä on suuri katto- tai julkisivupinta paneelien asennukseen. Aurinkosähkösovelluksissa auringon valo muutetaan suoraan tasasähköksi. Aurinkopaneeleissa aurinkokennot on kapseloitu paneeliksi. Auringon energia on ilmainen polttoaine, paneelit eivät tarvitse huoltoa ja ne toimivat myös hajasäteilyllä. Paneelien elinikä on noin 30 vuotta. Niiden teho vähenee koko ajan, mutta ne eivät koskaan lakkaa tuottamasta energiaa. Paneelit toimivat paremmin kylmässä kuin lämpimässä ja ottavat talteen myös lumesta heijastuvaa auringonvaloa.⁴⁰

Aurinkokennojen materiaalista suurin osa on piitä, jota on maapallolla runsaasti esimerkiksi hiekassa. Sen jalostaminen ja puhdistaminen rasittaa ympäristöä jonkin verran, kuitenkin suhteessa vähemmän, kuin mikä on aurinkosähkön käyttämisen hyöty ilmastonmuutoksen hillitsemisessä.

Suunnittelu

Keräimen suuntauksessa on kaksi muuttujaa: suuntakulma ja kallistuskulma. Paras asennussuunta ja -kulma on etelä, mutta parhaaseen kallistuskulmaan vaikuttaa sovellus: mitä asiaa halutaan painottaa ja mitkä ovat ympäristön ominaisuudet. Jos halutaan painottaa koko vuoden tuottoa, paras kallistuskulma on 45°. Järjestelmän suuntaus voi vaihdella +/- 45° etelästä. Tällöin vuositason häviöt jäävät noin 7%:iin. Mikäli halutaan optimoida tuottoa kesällä, riittää loivempi kulma. Vahvistettaessa kevättalven tuottoa keräimet kannattaa nostaa pystympään asentoon (60°).⁴¹

Mikäli rakennuksessa tiedetään olevan sähköenergiatarpeen kuormitushuippuja, on perusteltua suunnata aurinkosähköjärjestelmä itä-länsisektorille. Itään suuntaaminen tuottaa energiaa tehokkaasti aamulla ja länteen suuntaaminen illalla.

Aurinkosähköjärjestelmä kannattaa sijoittaa varjottomaan paikkaan niin että aurinkosäteily tulee tasaisesti koko laitepinta-alalle. On varmistettava, etteivät puut tai rakennukset pääse varjostamaan laitteiston pintaa. (3)

⁴⁰ Leppänen, J. 2008

⁴¹ Erat, B. et al. 2008; Aktiivinen aurinkolämpö

Paras aurinkosäteilyn tulokulma aurinkosähköjärjestelmän pintaan on 0°. Auringon korkeus vaihtelee vuodenaikojen ja vuorokauden mukana. Mahdollisuus kallistuskulman säätämiseen parantaa aurinkosähkölaitteen vuositason tehoa. Rakennuksen sijaintipaikan leveysaste vaikuttaa auringon korkeuteen. Optimaalinen kallistuskulma on pääsääntöisesti sama kuin rakennuksen sijainnin leveysaste. (3)

Aurinkosähköjärjestelmä tulisi asentaa Suomessa 15-20° kulmaan, jotta saataisiin talviaikaan optimaalinen teho. Tehon optimoimiseksi touko- heinäkuulle asennetaan paneelit leveysastetta pienempään kulmaan.

Aurinkoenergialaite asennetaan yleensä kiinteään kulmaan. Kiinteä asennus on taloudellinen tapa ja mahdollistaa järjestelmän integroinnin osaksi rakennuksen arkkitehtuuria. Eniten säteilyä saadaan kerättyä kahden akselin seurantalaitteen avulla. Kesäaikaan se voi nostaa aurinkoenergiajärjestelmän tuottoa jopa 30%.⁴²

Insolaatio

Insolaatio tarkoittaa auringon säteilyvoimakkuutta, ja sitä mitataan kilowattitunteina neliometriä kohden vuorokaudessa. Insolaatioon vaikuttavat muun muassa auringon kulma, maanpinnan kaltevuus ja pilvisyys. Vuorokauden insolaatio on vuorokauden keskimääräinen insolaatio, ja siten aurinkoisina tunteina lämpösäteily neliometriä kohden on yötä suurempi. Korkeilla leveysasteilla, kuten Suomessa, insolaatio on talvella alhainen, aurinkotunteja on vähän ja siten auringosta saatava lämpöhyöty on eteläisempiä alueita huomattavasti vähäisempi.⁴³

Suora auringonsäteily on suoraan ilmakehän läpi tulevaa auringonsäteilyä. Hajasäteily on pilvistä ja ilman molekyyleistä heijastuvaa säteilyä. Vaakasuuralle pinnalle valosta on pilvisenä päivänä noin 80% hajasäteilyä, kun kirkkaana päivänä sen osuus on noin 20%. Suomen olosuhteissa voi puolet kokonaissäteilystä olla hajasäteilyä.⁴⁴

42 Erat, B. et atl. 2008

43 Erat, B. et atl. 2008; Energy Efficiency

44 Erat, B. et atl. 2008



AURINKOSÄHKÖ

Aurinkosähköä tuotetaan aurinkopaneeleilla. Paneelit koostuvat aurinkokennoista, joissa auringonsäteiden energia saa aikaan sähköjännitteen. Kennojen raaka-aineena käytetään useimmiten kiteistä, monikiteistä tai amorfista piitä. Haluttu jännitteen taso saadaan kytkemällä tarpeellinen määrä kennoja sarjaan. Kiteisten kennojen hyötysuhde on kaksinkertainen verrattuna ohutkalvotekniikkaan, joka on kuitenkin kehittymässä nopeasti. Ohutkalvotekniikan käyttö antaa rakennuksen ja sen energiansaannin suunnitteluun valtavasti mahdollisuuksia. Tulossa on myös biologisia kennoja. Erilaiset pintamateriaalit aurinkosähkön kerääjinä ovat laboratoriovaiheessa.⁴⁵

Auringon säteilyenergiasta vain osa voidaan muuttaa sähköksi. Aurinkosähköjärjestelmän hyötysuhde muodostuu paneelin hyötysuhteesta, joka jää 10- 14 % tietämille ja muiden osien kuten johdotusten ja akuston hyötysuhteesta.⁴⁶

Kiteiset kennot

Kiteisten kennojen pääraaka-aine on yksi- tai monikiteinen pii. Yksikiteisen piin valmistaminen on monikiteistä kalliimpaa sen vaatiman työn takia.

Ohutkalvopaneelit

Ohutkalvopaneelit valmistetaan amorfisesta piistä höyryttämällä se ohueksi kerrokseksi alusmateriaalin pintaan. Ohutkalvopaneelit mahdollistavat aurinkosähköjärjestelmän integroimiseksi esimerkiksi osaksi rakennuksen julkisivuverhousta. Ohutkalvopaneelit kestävät varjostumista kiteisiä kennoja paremmin.

Aurinkosähkön edut:

- polttoaineen kulutusta ei lainkaan tai vain varaenergian osalta
- järjestelmien modulaarisuus mahdollistaa laajentamisen
- luotettavuus
- huollon tarve on vähäinen

⁴⁵ Leppänen, J. 2008

⁴⁶ Erat, B. et al. 2008

- yksinkertainen järjestelmä
- asennuksen nopeus
- ympäristöystävällisyys
- integroimalla osaksi rakennuksen arkkitehtuuria katetaan hankintakustannuksia materiaalisäästöllä.

Aurinkosähkön haitat:

- lainsäädännön puute
- korkeat hankintakustannukset
- sähköenergian saannin kausittaisuus.

Aurinkosähkön varastominen

Aurinkoenergian tuoton ja kulutuksen erojen tasaamiseksi aurinkosähköjärjestelmät varustetaan akuilla. Akut vaikuttavat aurinkosähköjärjestelmän hankintahintaan merkittävästi. Ylimääräinen energia voidaan mahdollisesti syöttää yleiseen verkkoon, jolloin akustoa ei välttämättä tarvita.

Kustannukset

Aurinkosähköjärjestelmän kokoluokka ei juurikaan vaikuta hintaan. Paneeleiden hintaan vaikuttaa raaka-aineiden, lähinnä piin hinta. 14 m² kattopinta-ala tuottaa Etelä-Suomen olosuhteissa noin 1100 kWh vuodessa, 30 vuoden aikana noin 33 000 kWh. Järjestelmän energeettinen takaisinmaksuaika on 4-8 vuotta. Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa sähkön hinta, järjestelmän hankintahinta ja sen asennustapa. Paneelit voivat korvata osan julkisivuverhouksesta tai esimerkiksi parvekkeen kaiteen tai ne voidaan integroida osaksi lasipintaa. Ohutkalvotekniikassa hinta/kWh on suunnilleen sama, kuin kiteisillä kennoilla, mutta pinta-alaa tarvitaan kaksinkertainen määrä.⁴⁷

Joissakin maissa on käytössä Rooftop-ohjelmia. Aurinkosähköjärjestelmät varustetaan verkkonsyöttämahdollisuudella ja niihin saadaan investointiavustuksia. Suomessa yritysten ja yhteisöjen on mahdollista saada investointiavustus järjestelmän hankintaan.

⁴⁷ Leppänen, J. 2008

AURINKOLÄMPÖ

Aurinkolämpöä tuotetaan aurinkokeräimellä, jotka ovat joko neste- tai ilmakiertoisia. Nestekiertoisista tavallisimpia ovat taso- ja tyhjiöputkikeräimet. Aurinkolämpöjärjestelmissä yleisin keräintyyppi on karkaistun lasin takana oleva tasokeräin. Tyhjiöputki perustuu lämmönsiirtonesteen kiertämiseen tyhjiöputkessa tai niin sanotussa ”heat-pipe” lämpöputkessa olevan nesteen höyrystymiseen. Tyhjiöputkia voidaan käyttää tasokeräimissä tai koverissa, keskittävässä keräimissä.⁴⁸

Aurinkokeräimen tuottamaa lämpöä voidaan käyttää käyttöveden lämmittämiseen tai tilojen lämmittämiseen ilman tai vesikiertoisien lämmitysjärjestelmän kautta. Tyhjiöputkikeräimet tuottavat talviaikaan enemmän energiaa kuin kennorakenteiset keräimet, mutta niiden hankintahinta on kalliimpi. Kesäaikaisessa lämmöntuotossa ei ole suurta eroa.

Aurinkokeräinten hyötysuhteeseen vaikuttavat:

- keräinten suuntaus ja kallistuskulma
- keräimen katteen ominaisuudet
- lämmöneristys ja tiiviys
- lämmönsiirtoaineen ominaisuudet
- aurinkokeräimen käyttölämpötila
- varaajan ja keräimen välinen etäisyys
- lämmönsiirtoputkien lämmöneristys
- varaajan lämpötila
- sääolosuhteet
- auringon tulokulma
- varjot.

⁴⁸ Krippner, R. 2003, 26- 37

AURINKOKERÄIMET JA ARKKITEHTUURI

Aurinkokeräimen toiminnassa oleellista on tumman pinnan lämpeneminen. Keräin kannattaa suojat tuulelta ja vedeltä pinnan jäähtymisen estämiseksi. Keräin muodostaa tavallaan rakennuselementin, jota voidaan käyttää myös muuhun tarkoitukseen, kuten osana vesikatetta, tuulensuojana, julkisivuverhouksena tai meluaitana. Keräinten integroinnilla osaksi rakennusta voidaan materiaalin säästöllä kattaa yli 10% keräinten hankintakustannuksista. Tuoton optimoiminen vaikuttaa rakennuksen arkkitehtuuriin optimaalisten tulokulmien varmistamisen takia. Toisaalta materiaali- ja asennuskustannuksista syntyvien säästöjen kautta keräinpinta-alaa voidaan kasvattaa tarvittun energian tuottamiseksi.⁴⁹

LÄMPÖENERGIAN VARASTOINTI

Aurinkoenergian kausittainen vaihtelu on suurta. Sitä voidaan kuitenkin ennakoida tilastoidun tiedon avulla. Säästä aiheutuvia vaihteluja ei voida hallita. Aurinkosähköjärjestelmän hyödyntämisessä energian varastointi on tärkeää. Useimmiten lämpöä varastoidaan tasaamaan muutaman vuorokauden aikaisia lähinnä säänvaihtelusta aiheutuvia eroja.

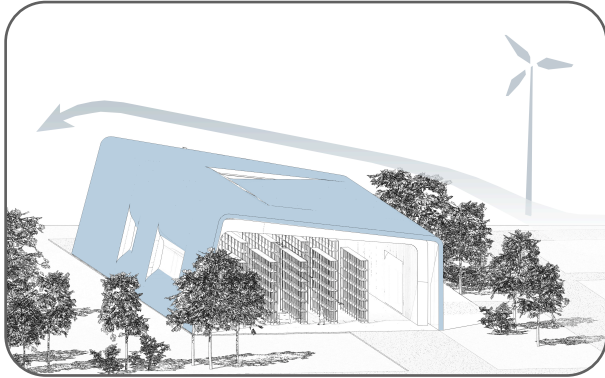
Auringosta ikkunoiden kautta ja suoraan rakennusosiin tulevaa lämpöä voidaan varastoida massiivisiin rakenteisiin tai olomuotoaan muuttavien materiaalien avulla. Aktiivisesti tuotettua aurinkoenergiaa voidaan varastoida akkuihin tai vesi-, kivi- ja faasimuutosvaraajaan. Vesivaraaja on yleisin käytössä oleva aurinkolämmön varastointimuoto. Tavallisesti sitä käytetään varmistamaan vuorokauden aikainen lämmöntarve. Kausivarastot, joilla lämpöä varataan kesäkuukausilta talvikuukausille voivat olla kooltaan kymmeniä tuhansia kuutiometrejä.

Varaajan koko tulee mitoittaa keräimien koon ja niiden tuottaman tehon mukaan. Se tarkoittaa noin 50-100 litraa keräinneliötä kohti. Varaajan kokoon vaikuttaa aurinkoenergian käyttötarve. Jos energiaa käytetään paljon myös aurinkoisina päivinä, riittää pienempi varaaja. Keräinneliömetri voi aurinkoisena päivänä tuottaa energiaa 2-3 kWh, mikä nostaa 100 litran vesimäärän lämpötilaa 15-25 astetta.⁵⁰

49 Erat, B. et atl. 2008

50 Erat, B. et atl. 2008

TUULI



Tuulivoiman käyttö on suunniteltava huolellisesti perustuen mitattuihin tuuliolosuhteisiin.

Tuulienergia on auringosta lähtevää energiaa. Toisin kuin auringon säteilyenergia sitä on saatavissa kaikkina vuodenaikoina. Tuulisuus vaihtelee vuorokauden, vuodenaikojen ja säärintamien mukaan. Tuulivoimalan energiantuotto sopii kuukausitasolla hyvin yhteen lämmitys- ja valaistusenergian kulutuksen kanssa, kun talvisin tuulee enemmän kuin kesällä.

Tuulivoimalan voi kytkeä samaan järjestelmään aurinkosähkön kanssa. Tavallisesti tuulivoimalla ladataan akkuja, joista energia muutetaan sähköksi invertterin avulla. Ohjausjärjestelmän kautta tuulivoimala voidaan kytkeä suoraan sähkölämmitykseen tai vesivaraajaan. Kytkemällä tuulivoimala vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään tai massavaraajaan sitä voidaan käyttää lämmöntuotantoon.⁵¹

Pientuulivoimalat ovat hyvä vaihtoehto rakennuksen sähkön ja lämmitysenergian tuotantoon. Tuulivoiman kustannukset ovat suurimmat sen rakennusvaiheessa. Käytönaikaiset raaka-aine- ja huoltokustannukset ovat pienet. Pientuulivoimaloiden huollontarve on vähäinen.

Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa. Tuulivoimala muuttaa tuulen liike-energian propellin avulla pyörimisenergiaksi ja edelleen sähköksi. Pientuulivoimalan äänitaso on matala.

Vaativaan käyttöön, kuten teollisuustilojen energiantuottoon tarkoitetut voimalat on varustettava tuulen nopeuden ja suunnan mittaavilla antureilla. Tuulennopeuden ollessa liian suuri, kääntömoottorit kääntävät voimalan poispäin tuulesta.⁵²

⁵¹ Tuulivoimakäsikirja 2009;

Uusiutuva energia Motiva 2009

⁵² Mt.

SUUNNITTELU

- Tehontarve ja paikalliset tuuliolosuhteet määrittävät valittavan tuulivoimalan.
- Tuulivoimaloiden energiantuoton alueet vaihtelevat. Huomiota on kiinnitettävä voimalaa valittaessa siihen, millä tuulen nopeudella voimala aoittaa energian tuoton ja kuinka voimakasta tuulta tarvitaan nimellistehon tuottamiseen.
- Sähköntuotto alkaa tuulen nopeuden ollessa noin 3 m/s. Nimellistehon alue vaihtelee tuulen nopeusalueella 6-14 m/s.
- Hyviä asennuspaikkoja ovat rannikkoalueet, sisämaassa järvien rannat, isot peltoaukeat ja suurten mäkien tai vuorien rinteet ja laet, joissa tuulen keskinopeus on 5,5-7,5 m/s.. Metsäisessä paikassa voimala on asennettava puurajan yläpuolelle, usein mäen päälle. Tuulen tyypillisimmän tulosuunnan edessä on oltava mahdollisimman paljon tyhjää tilaa, jopa satoja metrejä.
- Tuulennopeusmittarilla tulee mitata paikalliset tuuliolosuhteet kun tuulivoimalan mallia ja paikkaa valitaan.⁵³

HUOLTO

Tuulivoimala kannattaa tarkastaa ja rasvata kolmen vuoden välein. Kuluvimmat osat ovat laakerit, jotka voi vaihtaa tarvittaessa. Tuulivoimalan tekninen käyttöikä on 15 -25 vuotta. Akkujen käyttöikä on 6 -12 vuotta.

⁵³ Tuulivoimakäsikirja 2009;

LÄMMITYSKÄYTTÖ

Tuulivoimaa voidaan käyttää rakennuksen lämmitykseen kytkemällä voimala suoraan rakennuksen lämmitysjärjestelmään, jolloin ei tarvita akkuja. Tuulesta saatavaa energiaa voidaan varastoida useiden tuhansien litrojen vesisäiliöihin tai massavaraajaan, joista esimerkkinä takkaan asennetut lämpövastukset. Useissa vesikattiloissa on valmiina sarja vastuksia vaihtoehtoista sähkölämmitysjärjestelmää varten. Vastuksiin kytketty lämmitysoptimoija mahdollistaa voimalan toimimisen parhaalla mahdollisella hyötysuhteella.⁵⁴

TUULIVOIMA JA ARKKITEHTUURI

Tuulivoimaloiden muotoiluun vaikuttaa tuulienergian tehokas saanti. Voimaloista syntyvä ääni on suhteessa voimalan energian tuottoon. Tuulivoimala voidaan suunnitella ja asentaa rakennuksen katolle osaksi sen arkkitehtuuria. Tuulivoimalan vaikutus rakennuksen arkkitehtisuunnitteluun on vähäinen. Lähinnä tuulivoima jää yhdeksi uusiutuvan energian vaihtoehdoksi. Tuulivoimalan osien muotoiluun voi vaikuttaa vain vähän menettämättä voimalan tehoja.

⁵⁴Tuulivoimakäsikirja 2009

LÄMPÖPUMPUT

MAALÄMPÖ

Auringonlämpö varastoituu maa- ja kallioperään ja vesistöihin sateiden ja auringon lämpösäteilyn myötä. Maaperästä saa lämpöä myös talviaikaan, jolloin aurinkosäteilyn hyödyntäminen muulla tavoin on vaihtelevaa. Vuotuisen lämmöntarpeen kattamiseen Suomessa riittää noin 3% maahan varastoituneesta energiasta. Lämpöpumppu on sähkölämmityksen muoto, jossa 2/3 lämpöenergiasta otetaan maaperästä. Maalämpö on varma ja tasainen lämmönlähde. Lämpöä kerätään maaperästä joko vaakasuoraan asennettavan putkiston tai porakaivon avulla. Vesistöistä lämpöä kerätään pohjaan ankkuroidulla putkistolla.⁵⁵

Lämmön varastoiminen

Lämpöpumpun yhteyteen tarvitaan usein varaaja, johon keräinten tuottama energia varastoidaan myöhempää käyttöä varten. Erityisesti lämpimän käyttöveden saatavuuden varmistamiseksi on lämpöpumpussa yleensä joko sisäänrakennettu tai erilleen asennettava varaaja.

Maalämpöpumppu

Maahan, kallioon tai vesistöön upotetussa muoviputkistossa kiertävä kylmä jäätyvätön liuos kerää lämmön höyrystin-lämmönsiirtimelle, jossa lämpö siirtyy kylmäaineeseen. Lauhdutin-lämmönsiirtimessä lämpöenergia siirtyy kylmäaineesta vesikiertoiseen lattialämmitykseen tai käyttöveden lämmitykseen. Mitoittamalla höyrystinlämpötila mahdollisimman korkeaksi ja lauhdutuslämpötila alhaiseksi paranee lämpöpumpun hyötysuhde merkittävästi. Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä on pitkäikäinen ja joustava järjestelmä, joka mahdollistaa vaihtoehtoisten lämmitysjärjestelmien käytön. Kesäaikana maapiiriä voidaan käyttää rakennuksen sisäilman viilentämiseen kierrättämällä liuospiiriä sen kiertoon asennetun patterin kautta.⁵⁶

Maalämpöpumppujen perusinvestointikustannukset ovat suhteellisen korkeat. Järjestelmän takaisinmaksuaika pienenee suhteessa energiankulutukseen. Matalaenergiarakentamisessa sen takaisinmaksuaika voi olla jopa 10-15 vuotta nykyisillä sähkön hinnoilla. Pumppu voi ottaa tarvitsemansa energian myös uusiutuvien

⁵⁵ Maalämpöpumppu

⁵⁶ Mt.

energiajärjestelmien, kuten aurinkosähkön tai tuulivoiman kautta. Lattia- tai ilmalämmityksellä lämmitettävät teollisuustilat ovat hyvä kohde maalämpöpumppujen käytölle. Lämpöpumppuja voi olla järkevää kytkeä toimimaan useampi rinnakkain riippuen lämmöntarpeesta. Lämpöpumppujen keskimääräinen vuositason lämpökerroin on 2,6-3,6.⁵⁷

Lämpöpumpun maksimiteho mitoitetaan vastaamaan 50-70% rakennuksen lämmitystehon maksimitarpeesta, jolloin lämpöpumppu tuottaa lämmitysenergian kokonaisvuositarpeesta 85- 98%. Näin varmistetaan lämpöpumpun hyvä hyötysuhde. Huipputehon lisätarve katetaan lisävastuksella kylmimpinä päivinä. Lisävastuksella tuotettu sähköteho on merkittävästi pienempi, kuin mitä suurempi kompressori kuluttaa.⁵⁸

Vaakasuoraan asennettava lämmönkeruuputkisto

Jokainen suunnittelukohde on yksilöllinen. Lämmönkeruuputkiston mitoituksessa merkittävien tekijä on maaperän lämmönjohtavuus ja kosteuspitoisuus. Ne voivat vaihdella suuresti pienelläkin alueella. Putkisto kannattaa mieluummin yli- kuin alimitoitaa. Karkea putkimäärän arvio on 1-2 putkimetriä eli 1,5-3 m2 maa-alaa lämmitettävää rakennuskuutiota kohti. Putkisto kaivetaan vähintään metrin syvyyteen, etelässä matalemmalle kuin pohjoisessa.⁵⁹

Maasta saatava lämpöenergia kWh/m

(arvot ovat ohjeellisia)

| Sijainti | Savi | Hiekka |
|---|-------------|---------------|
| Etelä-Suomi | 50...60 | 30...40 |
| Keski-Suomi | 40...45 | 15...20 |
| Pohjois-Suomi (Lappia lukuunottamatta) | 30...35 | 00..10 |

⁵⁷ Maalämpöpumppu

⁵⁸ Mt.

⁵⁹ Mt.

| Lämpöpumppu | Lämpökerroin | Hinta | Toiminta-alue | Edut | Huomioitavaa |
|-----------------------|--------------|-------------|--|--|--|
| MAALÄMPÖPUMPPU | 2,6-3,6 | korkea | -jatkuva -lämmöntuotto tasainen | -pitkäikäinen ja joustava -kesäaikainen jäähdytys -ei tarvita rinnakkaista järjestelmää | -pitkä takaisinmaksuaika lämmitystarpeen ollessa pieni |
| POISTOILMALÄMPÖPUMPPU | 1,5-2,2 | kohtalainen | -jatkuva -lämmöntuotto tasainen | -kesäaikainen jäähdytys | -usein tarvitaan rinnakkaista järjestelmää |
| ILMA-ILMA LÄMPÖPUMPPU | 1,8-2,2 | edullinen | -ulkolämpötila alle -25°C -lämpökerroin laskee nopeasti ulkoilman lämpötilan mukaan | -asentaminen ja ohjaaminen helppoa -soveltuu lämmitys- kustannusten alentamiseen leudoilla säillä | -tarvitaan rinnakkainen järjestelmä -häiritsevät puhallinäänet -ulkoasennus rumentaa julkisivua |
| ILMA-VESI LÄMPÖPUMPPU | 1,5-2,0 | edullinen | -ulkolämpötila alle -20--25°C -lämpökerroin laskee nopeasti ulkoilman lämpötilan mukaan | -asentaminen ja ohjaaminen helppoa -soveltuu lämmitys- kustannusten alentamiseen leudoilla säillä | -tarvitaan rinnakkainen järjestelmä -lämpökerroin laskee nopeasti ulkoilman lämpötilan mukaan -häiritsevät puhallinäänet -ulkoasennus rumentaa julkisivua |

Porakaivo

Suljettu järjestelmä

Maalämpöpumpun lämmönlähteenä voidaan käyttää rakennuksen viereen porattua kaivoa, johon lämmönkeruuputki upotetaan. Porakaivon etuna on kaksinkertainen energiansaanti putkimetriä kohden verrattuna vaakasuoraan asennettavaan putkistoon. Porakaivoa varten ei tarvita laajoja kaivuita tontilla ja se on pitkäikäinen, toimintavarma, routimaton ja helposti ilmattava järjestelmä. Porakaivon hankintahinta on selvästi vaakasuoraan asennettavaa putkistoa korkeampi.

Porakaivoa ei kannata porata 200 metriä syvempään. Energiantarpeen ollessa suuri kaivoja porataan vierekkäin noin 10-20 metrin välein ja ne yhdistetään rinnakkaisiksi putkisilmukoiksi maanpinnan yläpuolisissa kaivoissa. Porakaivon tehollinen syvyys on sen vedellä täytynyt osuus.⁶⁰

Avoim järjestelmä

Suurissa laitoksissa, joissa lämpöä otetaan talteen hukkalämmöstä on avoin järjestelmä suljettua järjestelmää käyttökelpoisempi. Avoimessa järjestelmässä pohjavettä pumpataan porakaivosta lämmönsiirtimeen, jossa lämpö siirretään jäätyttömän väliainepiirin avulla höyrystimelle. Jäähdytynyt vesi palautetaan toiseen tai samaan porakaivoon tai avoimeen vesistöön.

POISTOILMALÄMPÖPUMPPU

Poistoilmalämpöpumppu kerää lämpöä rakennuksen jäteilmasta. Lämmön keruu tapahtuu höyrystin- tai liuospatterin avulla, josta se luovutetaan lauhdutinpatterin avulla rakennuksen käyttövedenlämmittämisen varaajaan, lämmitysverkoston veteen tai tuloilman lämmitykseen. Lisälämmön tarpeeseen vastataan automaattisesti kytkeytyvien sähkövastusten avulla. Poistoilmalämpöpumpun teho pysyy samana sisäilman ollessa vakio.

Poistoilmalämpöpumpun kokonaishankintahinta on maalämpöpumppua jonkin verran alhaisempi, koska laite sisältää myös rakennuksen ilmanvaihtolaitteiston. Sitä voidaan käyttää kesäaikaan jäähdytykseen.

60 Maalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpulla voidaan kattaa vain osa rakennuksen lämmitysenergiatarpeesta. Sen vuositason lämpökerroin on noin 1,5-2,2.⁶¹

ILMA-ILMALÄMPÖPUMPPU

Ilma-ilma lämpöpumppu kerää lämmön ulkoilmasta puhallin/höyrystinyksikön avulla, josta lämpö luovutetaan yhden tai useamman puhallin/lauhdutinyksikön kautta suoraan rakennuksen sisäilmaan. Lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti ulkoilman lämpötilan mukaan. Ulkolämpötilan ollessa -25°C tai kylmempi, lämpöpumppua ei kannata käynnistää ollenkaan. Lämpöpumpun vuositason lämpökerroin vaihtelee Suomen oloissa huomattavasti, ollen noin 1,8-2,2.

Ilma-ilma lämpöpumppu tarvitsee rinnalleen suurimman mahdollisen lämmitysenergiatarpeen mukaan mitoitettun rinnakkaisen järjestelmän, koska juuri kovimmilla pakkasilla lämpöpumppu ei ole käytettävissä. Ilma-ilma lämpöpumpun hankintakustannus on maalämpöpumppua huomattavasti edullisempi. Sitä käytetään paljon alentamaan lämmityskustannuksia syksyisin ja keväisin.⁶²

Lämpöpumpun asentaminen ja ohjaaminen on helppoa ja se on varmatoiminen. Ulkoseinäpintaan asennetut lämpöpumput rumentavat usein rakennuksen julkisivua ja niiden puhallinäänet ovat suhteellisen kovat.

ILMA-VESI LÄMPÖPUMPPU

Myös Ilma-vesi lämpöpumppu kerää lämmön ulkoilmasta puhallin/höyrystinyksikön kautta. Lämpö luovutetaan lauhdutin-lämmönsiirtimessä joko käyttöveden esilämmitykseen tai lämmitysverkoston veteen. Ilma-vesi lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti, eikä sitä kannata käynnistää ulkolämpötilan ollessa -20- -25°C tai kylmempi.

61 Ulkoilmalämpöpumppu

62 Mt.

Vuositasen lämpökerroin vaihtelee 1,5-2,0 välillä. Myös ilma-vesi lämpöpumppu tarvitsee rinnalleen korvaavan järjestelmän. Sen hankintakustannus on maalämpöpumppua huomattavasti edullisempi.⁶³

63 Ulkoilmalämpöpumppu

ILMANVAIHDON RATKAISUT

Lämpöhäviöiden pienentämiseksi rakennukset eristetään ja rakennusosien liittymät tiivistetään hyvin. Sisäilmaston laatuun vaikutetaan riittävällä ilmanvaihdolla. Ilmanvaihdossa on tärkeää riittävän korvausilman saanti, jäteilman tehokas poisto ja lämpöhäviöiden minimoiminen. Ilmanvaihtojärjestelmä valitaan ja suunnitellaan aina kohdekohtaisesti.

PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO

Painovoimaisessa järjestelmässä rakennuksen ilmanvaihto järjestetään rakennuksen vaipan, tavallisimmin yläpohjan läpi rakennettujen kanavien tai putkien kautta. Ilman liike perustuu sisä- ja ulkolämpötilojen eron aiheuttaman ilman tiheuserojen aikaansaamaan ilman liikkeeseen ja tuulen aiheuttamaan virtaukseen. Järjestelmä on edullinen, mutta sen heikkoutena on ilmanvaihdon huono hallittavuus. Ilman suodattaminen on hankalaa, eikä poistoilmasta voida ottaa lämpöä talteen. Monissa maissa on mahdollista käyttää painovoimaista ilmanvaihtoa suurissakin rakennuskokonaisuuksissa. Tällöin rakennuksen kokonaisenergiankulutus etenkin ilmanvaihdon lämpöhäviöiden osalta on kompensoitava.⁶⁴

Hybridi-ilmanvaihto

Hybridi-ilmanvaihdolla tarkoitetaan painovoimaista usein silti koneavusteista ilmanvaihtoa, jossa ilman kulkureittinä ovat huonetilat tai vastaavat. Ilma kuljetetaan tuulen ja lämpötilaeron aiheuttaman paine-eron vaikutuksella. Usein hybridi-ilmanvaihdon kanssa käytetään sisäolosuhteita mittaavaa rakennusautomaatiojärjestelmää, joka ohjaa ilmanvaihtoa.

64 RT 56-10591

Kolme yleisintä konseptia ovat

- julkisivuilmanvaihto, joka hyödyntää kaksoisjulkisivua
- läpivirtausilmanvaihto, jossa hyödynnetään maalämpöä ilman esilämmityksessä
- tuuletusilmanvaihto, jossa ilma otetaan ikkunoista tai venttileistä suoraan sisälle.

Luonnollisen ilmanvaihtojärjestelmän rinnalle rakennetaan usein koneellinen ilmanvaihto takaamaan miellyttävän sisäilman ääriolosuhteissa talven kovimmilla pakkasilla, kesän helteillä ja ilmanlaadun ollessa huono.

Luonnollisessa ilmanvaihdossa tuloilman suodattaminen on vaikeaa. Puhaltimet, jäähdytyslaitteet tai koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä käynnistetään kuitenkin vasta sitten, kun luonnollinen ilmanvaihto ei riitä.⁶⁵

Luonnollisen ilmanvaihdon laitetekniikka

Koneellisessa ilmanvaihdossa ilma kulkee horneissa, josta se ohjataan hallitusti huonetilaan. Luonnollisessa ilmanvaihdossa ilman liikkumistilana pyritään käyttämään rakennuksen omia tiloja, kuten huoneita, käytävä- ja aulatiloja, sisäpihoja ja kaksoisjulkisivuja. Maanalaisia tunneleita tarvitaan joissakin tapauksissa ilman sisäänottoon ja esilämmitykseen. Kaikki rakennuksen osat ovat ilmanvaihtojärjestelmän osia. Ikkunat, erilaiset kaihtimet ja toisaalta rakennuksen sisällä olevat avattavat luukut, huoneiden väliset ovet ja julkisivun ratkaisut ovat osa ilmanvaihtojärjestelmää. Ilmanvaihdon perustuessa matalapaineeseen, on perinteisen ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden sovelluttava siihen. Uusia, tarpeesta syntyneitä ratkaisuja ovat erilaiset ilman sisäänottotornit, poistoilmapiiput, yhdistetyt ilman sisäänotto- ja poistoilmalaitteet ja tornit, ilman sisäänottolaitteet lämmityksellä ja/tai suodatuksella varustettuna ja jäteilmatornit lämmöntalteenotolla.

Suunnittelu

Suunnittelussa on tärkeää eri osapuolten yhteistyö jo alkuvaiheessa. Ilmanvaihto ohjaa rakennuksen perusratkaisujen valintaa aina massoittelusta kerroskorkeuteen. Tulo- ja poistoilmapiiput vaikuttavat rakennuksen

⁶⁵ Ripatti H. 2005

| | JÄRJESTELMÄ | LAITE-OSAT | PÄÄTELAITTEET | KÄYTTÖKOhteET | EDUT | HAITAT |
|--|--|---|--|--|---|---|
| PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO | <ul style="list-style-type: none"> -jokaisesta tilasta erillinen hormi ulkoilmaan vesikaton yläpuolelle -jokaiseen tilaan tuloilmareitti -lisänä tehostus ikkunatuuletuksella | <ul style="list-style-type: none"> -kanavat -ulkoilma-aukon ja poistoilmakanavan yläpään korkeusero vähintään 4,5 m -pystykanavien kallistus enentään 30° | <ul style="list-style-type: none"> -ulkoilma tilaan erillisen ulkoilmaventtiilin kautta -painehäviön oltava pieni, vain karkeasuodattimien käyttö mahdollinen -hyvä sijoituspaikka patterintaus | <ul style="list-style-type: none"> -rakennukset alueella, jossa ulkoilma puhdasta eikä ympäristömelua | <ul style="list-style-type: none"> -teknisiltä järjestelmiltään yksinkertainen -ilmanvaihto ei kuluta energiaa -ääneton | <ul style="list-style-type: none"> -toimii huonosti lämpimään vuodenaikaan -järjestelmän hallinta ja säätö vaikeaa -suodatus ja ääneneristys vaikeaa -ei lämmöntalteenottoa |
| KONEELLINEN POISTO- ILMANVAIHTO | <ul style="list-style-type: none"> -ilmavirtaus puhaltimella, huippumuri yleinen -ulko- ja poistoilmaventtiilit joka tilaan | <ul style="list-style-type: none"> -puhallin sijoitetaan niin, että kanavisto alipaineinen -poistoilma vesikaton yläpuolelle -puhaltimen ja kanaviston välissä äänenvaimennin -ulospuhalluksen korkeus Suomessa 0,7-0,9 | <ul style="list-style-type: none"> -ulkoilma tilaan erillisen ulkoilmaventtiilin kautta -ulkoilmaventtiileissä suodatus, ääneneristävyys 30-35 dB -venttiili voitava sulkea ja huoltaa | <ul style="list-style-type: none"> -rakennukset alueella, jossa ulkoilma puhdasta -tarvittava ilmanvaihto niin pieni, ettei ulkoilman sisäänvirtaus aiheuta vedontunnetta tai tuloilman käsittelyä | <ul style="list-style-type: none"> -teknisiltä järjestelmiltään yksinkertainen -puhaltimien energiantarve pieni -ilmanvaihto hallittua | <ul style="list-style-type: none"> -veto -ääneneristys -ilmanvaihdon lämpöhäviöt |
| KONEELLINEN POISTO- ILMANVAIHTO LTO-LAITTEELLA | <ul style="list-style-type: none"> -ilmavirtaus puhaltimella, huippumuri yleinen -ulko- ja poistoilmaventtiilit joka tilaan -lämmöntalteenotto poistoilmasta | <ul style="list-style-type: none"> -puhallin sijoitetaan niin, että kanavisto alipaineinen -poistoilma vesikaton yläpuolelle -puhaltimen ja kanaviston välissä äänenvaimennin -ulospuhalluksen korkeus Suomessa 0,7-0,9 -poistoilmalämpöpumppu | <ul style="list-style-type: none"> -ulkoilma tilaan erillisen ulkoilmaventtiilin kautta -ulkoilmaventtiileissä suodatus, ääneneristävyys 30-35 dB -venttiili voitava sulkea ja huoltaa | <ul style="list-style-type: none"> -rakennukset alueella, jossa ulkoilma puhdasta -tarvittava ilmanvaihto niin pieni, ettei ulkoilman sisäänvirtaus aiheuta vedontunnetta tai tuloilman käsittelyä | <ul style="list-style-type: none"> -teknisiltä järjestelmiltään yksinkertainen -puhaltimien energiantarve pieni -ilmanvaihto hallittua -poistoilmasta lämpö talteen | <ul style="list-style-type: none"> -veto -ääneneristys -poistoilmalämpöpumppu kuluttaa energiaa |
| KONEELLINEN TULO- JA POISTO- ILMASTOINTI LTO-LAITTEELLA | <ul style="list-style-type: none"> -ilman vaihtuvuus ja sisäilmanlaatu tulo- ja poistoilmastoinnilla | <ul style="list-style-type: none"> -tulo- ja poistoilmakone -ulkosäleikko, äänenvaimennin, sulkupelti, suodatin, lämmityspatteri, puhallin | <ul style="list-style-type: none"> -tulo- ja poistoilmalaitteet -sekoittava tai syrjäyttävä ilmanjako | <ul style="list-style-type: none"> -kaikki rakennuskohteet | <ul style="list-style-type: none"> -terveysyys -hygieenisuus -vedottomuus -lämpö talteen -ääneneristys | <ul style="list-style-type: none"> -tekninen järjestelmä suuri -investointi- ja käyttökustannukset -ilmastoinnin ääni |

ulkohahmoon.⁶⁶

Hybridi-ilmanvaihdon edut:

- Vie vähemmän tilaa kuin esimerkiksi koneellinen ilmastointi.
- Luonnollisessa ilmanvaihdossa on pyrkimyksenä ettei kesällä kuumimpanakaan aikana tarvita koneellista jäähdytystä. Ratkaisuna luonnollinen ilmanvaihto ja yötuuletus.
- Pienennetään rakennusten sähköenergian kulutusta. Ratkaisuna luonnollinen ilmanvaihto, jossa vain ajoittain käyvät tehostavat puhaltimet. Näin puhaltimien painetaso on pienempi, kun ”kanavat” suuremmat.
- Tavoitteena on alhaiset hankinta- ja käyttökustannukset, mikä toteutuu tuuletusilmanvaihdossa
- Luonnollinen ilmanvaihto osana ekologista rakennusta on tärkeä imagotekijä. ⁶⁷

Soveltaminen Suomessa

Suomessa riittävät luonnonvoimat luonnollisen ilmanvaihdon toteutumiseen. Näitä ovat tuuli ja lämpötilaerot. Tuotekehitystä tarvitaan järjestelmä- ja laitetasolla uusien suodatus- ja lämmöntalteenottojärjestelmien kehittämiseen. Rakennusmääräysten osalta rakennuksen tiloja olisi voitava käyttää ilmanvaihtoreitteinä, jolloin kanavointia käytetään vain tarvittaessa. Olisi hyväksyttävä jousto lämpötilataseissa ulkolämpötilan mukaan.⁶⁸

KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilma poistetaan tavallisimmin puhaltimien avulla rakennuksesta. Rakennuksen sisälle syntyvä alipaine vetää korvausilmaa rakennuksen vaipan aukkojen kautta.

⁶⁶ Mt., 32

⁶⁷ Ripatti H. 2005, 35

⁶⁸ Mt.

Poistoilmapuhallin voidaan varustaa puhaltimen pyörimisnopeuden säätölaittein, jolloin puhaltimen tehoa voidaan ohjata esimerkiksi sisälämpötilan mukaan. Järjestelmän hankintahinta on suhteellisen edullinen ja sisäilman laatu on tyydyttävä suuren osan vuotta. Sisääntuleva ilma on lämmittämätöntä ulkoilmaa, mikä lisää vedontunnetta rakennuksessa. Kylminä vuodenaikoina ilmankosteus voi nousta liian suureksi, kun ilmaa ei voida vaihtaa riittävästi sisälämpötilan alenemisen vuoksi. Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä korvausilman luukkujen sijoitukseen ja kokoon on kiinnitettävä erikoista huomiota vetohaittojen estämiseksi.⁶⁹

KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO LTO-LAITTEELLA

Järjestelmä on muuten sama, kuin koneellisessa poistoilmanvaihdossa mutta siinä on lisäksi poistoilmalämpöpumppu, jolla saadaan poistoilmasta lämpö talteen.

KONEELLINEN TULO-JA POISTOILMANVAIHTO LTO-LAITTEELLA

Koneellinen tulo- ja poistoilmastointi on yleisin nykyisin käytössä oleva ilmanvaihdon muoto uudisrakentamisessa, koska se mahdollistaa hyvän sisäilmaston riippumatta sääolosuhteista. Ilman vaihtuvuutta ja laatua hallitaan tulo- ja poistoilmakoneiden avulla. Tuloilma voidaan suodattaa, lämmittää, jäähdyttää, kostuttaa ja kuivata ja poistoilmasta saadaan lämpö talteen.⁷⁰

LÄMMÖNTALTEENOTTO

Ilmanvaihto ilman lämmöntalteenottoa tuhlaa energiaa, kun poistoilman mukana siirtyy lämpöä ulos rakennuksesta. Lämmöntalteenotolla voidaan kattaa yli kolmannes rakennuksen lämmitysenergiatarpeesta. Jos poistoilmasta talteen otettu lämpö siirretään tuloilman lämmitykseen, on pyörivä lämmöntalteenottokiekko ja

⁶⁹ RT 56-10591

⁷⁰ Mt.

levylämmönsiirrin eli tulo- ja poistoilmakanavat sijoitettava lähekkäin. Poistoilmasta talteen otettu lämpö voidaan käyttää myös esimerkiksi vesikiertoiseen lattialämmitysjärjestelmään tai käyttöveden lämmitykseen.⁷¹

71 Mt.

LÄMMÖNERISTÄMINEN

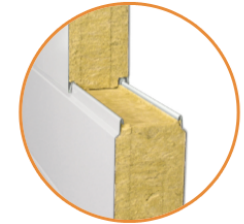
ENERGIATEHOKKUUS

Rakennuksen kuoren päätarkoitus on toimia ihmisen asumisen ja toimimisen suojana vaihtelevia ympäristöoloja vastaan. Rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutus on sitä pienempi, mitä tehokkaammin tämä suojautuminen on toteutettu. Tekniset ratkaisut täytyy suunnitella tasapuolisesti yksityiskohtiaan myöten lähtien käytön ja ilmaston vaatimuksista.⁷²

Rakennuksen kuorella on monia eri tehtäviä; suojautuminen tuulelta, vedeltä, säteilyltä, kylmältä, lämmöltä, näkyvyydeltä ja tulelta. Se erottaa ulkotilat sisätiloista ja tarjoaa mahdollisimman miellyttävän termisen, akustisen ja visuaalisen sisäympäristön ihmisten toimimiseen. Energiatehokkuus ja -tiiviyys on tärkeä asia rakenteiden valinnassa. Valitut rakentamistavat ja -materiaalit lähtevät usein arkkitehtisuunnittelusta. Rakennuksen pinta jaetaan yleensä läpinäkyviin ja läpinäkymättömiin rakennusosiin. Lasipintojen kautta tapahtuvat lämpöhäviöt ovat paljon suuremmat, kuin läpinäkymättömillä rakennusosilla niiden korkeiden U-arvojen takia.⁷³

LÄMMÖNERISTEET

Jokaisella aineella on lämmöneristyskykyä. Lämmöneristeenä kuitenkin yleensä pidetään ainetta, jonka lämmönjohtavuus on alhainen ja joka sijoitetaan rakenteeseen runkorakenteen tukemana. Lämmöneriste voi toimia myös rakennuksen runkona. Yleisimmin käytetyt lämmöneristeet valmistetaan mineraalivillasta, puukuituvillasta tai vaahdotetusta muovista. Kaikilla eristetyypeillä voidaan saavuttaa haluttu eristystaso, joten energiansäästön kannalta eri materiaalit ovat samalla viivalla.⁷⁴



⁷² Gonzalo, R., Habermann, K. 2006, sivut

⁷³ Hegger, M. 2003, 12- 25; Gonzalo, R., Habermann, K. 2006, sivut

⁷⁴ Siikanen, U. 2001,217-222

MINERAALIVILLA

Mineraalivilla on yleinen rakentamisessa käytetty lämmöneriste. Se muodostuu epäorgaanisista kuiduista ja orgaanisesta sideaineesta. Mineraalivilloista yleisimpiä ovat emäksisistä kivilajeista valmistettu kivivilla ja kvartsihiekkasta valmistettu lasivilla. Lasivillan raaka-aineesta 50-80% on kierrätyslasia. Markkinoilla on lisäksi masuunikuonasta valmistettava kuonavilla ja kivi- ja kuonavillan välimuoto, silikaattivilla.⁷⁵

Ominaisuuksia

-Mineraalivillan tiheys vaihtelee valmistustavasta ja materiaaleista riippuen 10-250 kg/m³ välillä. Ne jaetaan tiheyden perusteella pehmeisiin (10-35 kg/m³) ja jäykkiin (45-250 kg/m³) eristeisiin ja tuulensuojalevyihin (60-210 kg/m³).

-Mineraalivillan suuren ilmanläpäisevyyden takia se täytyy sijoittaa ilmatiiviiden rakennekerrosten väliin. Mineraalivillan lämmöneristävyys perustuu sen huokoiseen rakenteeseen ja paikallaan pysyvän ilman lämmönjohtavuuteen.

-Materiaalin tiheys, kuitujen suunnat, paksuus ja sideainepitoisuus vaikuttavat tuotteen lujuuteen.

-Mineraalivilla on tarkoitettu ensisijaisesti tasaisten pintojen eristämiseen, mutta sitä voidaan käyttää puhallettuna myös käyrillä pinnoilla.

-Mineraalivillan käytöllä saavutetaan tiivis vaippa, sillä se joustaa rakenteiden liikkuessa, eikä rakoja synny.

-Mineraalivillan kuidut ovat palamattomia, sideaineet ja öljy palavia. Niiden osuus on kuitenkin niin pieni, että mineraalivillat luokitellaan palamattomiksi tai lähes palamattomiksi.⁷⁶

⁷⁵ Siikkanen, U. 2001,217-222

⁷⁶ Mt.

| TUOTTEET | RAAKA-AINEET | EDUT | HAITAT | KIERRÄTETTÄVYYS | |
|-------------------------|--|--|--|--|---|
| MINERAALIVILLAT | -kivivilla -lasivilla -kuonavilla -silikaattivilla | -emäksiset kivilajit -yli 95 % kiveä, loput kovetettua hartsia ja öljyä -kvartsihiekkä ja kierrätyslasi (50-80%) -masuunikuona -kivi ja masuunikuona | -palamattomuus -hyvä ääneneristävyys -hyvä tiiveys | -valmistus kuluttaa paljon energiaa -eristepaksuus suuri -raaka-aineet uusiutumattomia luonnonvaroja | -ei maadu -uusiokäyttö puhdistettuna tai puhdistamattomana mahdollinen, vielä vähäistä |
| MUOVIERISTEET | -polystyreeni -polyuretaani | -vaahdotettu polyuretaani tai polystyreeni -ponneaineena hiilidioksidi tai pentaani | -keveys -lahoamattomuus -hyvä kosteuseristys -pieni eristepaksuus | -raaka-aineen uusiutumattomuus -valmistusprosessin päästöt -jätemuovin käsittely | -bromatut palonestoaineet ovat myrkyllisiä ja luonnossa kertyviä yhdisteitä |
| PUUKUITUERISTEET | -nauhamaiset eristeet -sahanpuru ja kutterin lastu -puukuitulevyt -selluvilla | -keräyspaperi, puuhioke ja sellu -noin 80 % keräyspaperia -sahanpuru -puhalluseristeessä sidonta-aineena vesi -palon- ja lahonestoaineita, kuten boori | -valmistetaan uusiutuvasta raaka-aineesta -valmistusprosessi kuluttaa varsin vähän energiaa | -käsittelemättömänä herkkä lahoamaan ja palamaan -eristepaksuus voi olla jopa yli kaksinkertainen mineraalivillaan verrattaessa | -raaka-aineet maatuvia ja uusiutuvia |

Ekologisuus

Mineraalivillan kuitujen raaka-aineet ovat uusiutumattomia luonnonvaroja. Lasivillan raaka-aineesta noin 60% on kierrätettyä laisa. Side-aineet ovat öljypohjaisia. Mineraalivilla ei maadu, mutta sitä voidaan uusiokäyttää esimerkiksi maanrakennustöissä. Nykyään on käytössä menetelmiä, joilla mineraalivilla saadaan imettyä rakenteesta kokonaan talteen, jonka jälkeen se puhdistetaan ja käytetään puhallusvillana uudelleen. Mineraalivillan valmistuksessa energiaa kuluu raaka-aineiden sulattamiseen, kuidutukseen ja sideaineen kypsytykseen.

Kiristyvien lämmöneristysvaatimuksien myötä mineraalivillaeristekerroksen paksuutta rakenteessa on jouduttu kasvattamaan. Lisääntynyt lämmönpitävyys pienentää energiankulutusta huomattavasti. Mineraalivillaeristeet eivät lahoa tai mätäne. Vaipan eristävyuden lisääminen muuttaa rakennusosien kosteus- ja lämpötilaolosuhteita, jolloin mineraalivillassa voi esiintyä sieni- ja homekasvustoa. Huolellisen suunnittelun ja riittävän tuuletuksen tarve korostuu. Lisääntynyt rakennepaksuus vaikuttaa myös rakennuksen ulkonäköön ja rakentamiskustannuksiin.⁷⁷

MUOVIERISTEET

Polystyreeni eli EPS

Paisutettu polystyreeni eli EPS-eriste valmistetaan paisuttamalla polystyreeniä vesihöyryn avulla. Ponneaineena toimii pentaani, joka korvautuu ilmalla valmistuksen yhteydessä. Muoviraaka-ainetta lopullisessa umpisoluisessa eristeessä on 2-5 % eristeen tilavuudesta.⁷⁸

Ominaisuuksia

- vettymätön, lahoamaton, ei ravintoa homeille
- lämmönkestävyys -200 °C - + 80 °C
- puristuskestävyys 50-500 kPa

⁷⁷ Matalaenergiarakenteiden toimivuus

⁷⁸ Siikanen, U. 2001,248-277

- palava (S-laatu itsestään sammuva)
- täyttää M1-päästöluokituksen vaatimukset
- ei siedä orgaanisia liuottimia (benssiini, mineraaliöljy, hiilivetyliuottimet)
- raaka-aineesta 5 - 70 % kierrätettävissä
- lämmönjohtavuus 0,033-0,050 W/m°C.

Polyuretaani

Polyuretaania valmistetaan sekoittamalla kahta tai useampaa polyuretaanin esiastetta toisiinsa. Polyuretaanin esiasteita ovat polyolit ja difenyyliimetaani-di-isosyanaatti (MDI). Niiden lisäksi käytetään katalyyttejä, pinta-aktiivisia aineita ja pigmenttejä.

Ominaisuuksia

- vettymätön, lahoamaton, ei ravintoa homeille
- nimellispuristuslujuus vähintään 100 kPa
- vesihöyryn läpäisevyys 0,1-1,2. 10-12kg/msPa
- palava, lämmöneristena käytettävät laadut itsestään sammuvia
- täyttää M1 -päästöluokituksen vaatimukset
- lämmönkestävyys -40...+100 °C, lyhytaikaisesti +250 °C
- raaka-aine huonosti kierrätettävissä
- lämmönjohtavuus 0,027 W/m°C
- nimellispaino 33 kg/m³.

PUUKUITUERISTEET

Sahajauho ja kursonlastu

Sahanpuru ja kutterinlastu ovat vanhoja perinteisiä lämmöneristeitä. Niitä syntyy puuhjalostuksen kuten sahauksen ja höyläyksen sivutuotteina.

Ominaisuuksia

- lämmönjohtavuus käyttötavasta ja rakenteen tiiveydestä riippuen 0,055-0,075 W/m°C
- tiheys valmiissa rakenteessa 80-230 kg/m³
- herkkä lahoamaan
- herkkä palamaan
- herkkä painumaan esim ikkunoiden alla
- oltava asennettaessa ehdottoman kuivaa.

Puhallettava puukuituvilla eli selluvilla

Puukuituvillan raaka-aineesta noin 80% on hienonnettua ja käsiteltyä keräyspaperia. Sen lahon- ja palonestoaineeksi lisätään booraksia ja boorihappoa noin 20% massan painosta. Selluvillan tilavuudesta on ilmaa noin 85-92%.⁷⁹

Ominaisuuksia

- tiheys noin 30 kg/m³
- lämmönjohtavuus asennustavasta riippuen noin 0,041-0,050 W/m°C
- yhtenevät ominaisuudet sahajauhon ja kursonlastun kanssa; tasaa kosteuden liikkumista rakenteessa
- asennus puhaltamalla.

Puukuitueristelevy

Puukuituiset lämmöneristelevyt valmistetaan puukuiduista yhtenäiseksi huokoiseksi lämmöneristelevyksi tai ”huopauttamalla” 3-15 mm paksuiksi levyiksi. Laminoimalla ja yhteen sitomalla saavutetaan haluttu eristepaksuus.

Ominaisuuksia

- valmistusaineena jätepuu

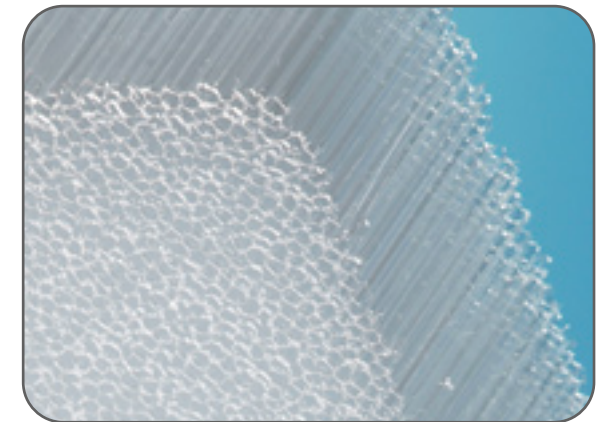
⁷⁹ Siikanen, U. 2001,15-43

- eristeeseen lisätään sumuttamalla nestemäistä palon- ja lahonestoainetta 3-4% tuotteen painosta
- luokitellaan huokoisiin, puolikoviin ja koviin kuitulevyihin
- lämmöneristyskyky lisääntyy huokoisuuden lisääntyessä, huokoisimmilla n. 0,050 W/m°C
- voidaan käyttää akustoivana pinnoitteena ja verhoilutarkoituksiin
- kovemmat laadut ovat huonompia lämmöneristeitä ja samalla ne ovat huokoisia levyjä ohuempia, joten niiden merkitys lämmöneristeinä on vähäinen.⁸⁰

LÄPINÄKYVÄT RAKENNUSOSAT

Ikkunoiden merkitys rakennuksen toiminnassa on suuri; ne voivat toimia osana luonnollista ilmanvaihtojärjestelmää, ne tuovat sisätilaan luonnonvaloa ja yhdistävät sisä- ja ulkotilan visuaalisesti toisiinsa. Ikkunoilla voi rytmittää ja elävöittää rakennuksen julkisivua. Läpinäkyvien rakennusosien käytöstä tulevia lämpöhäviöitä voi kokonaisenergiankulutuksessa kompensoida vain vähän niiden kautta tulevalla passiivisella auringon lämpösäteilyllä.⁸¹

Valoa läpäisevillä eristeillä voidaan yhdistää läpinäkyvien ja -näkyttömien rakennusosien ominaisuuksia. Ne eristävät päästään auringon valon ja lämmön sisälle. Eristyslasien rakenne koostuu kahdesta erillisestä lasista ja näiden välitilaan sijoitetusta 8-40 mm paksusta valoa hajottavasta ja ohjaavasta kapillaarikennostosta. Lasityyppejä ja kapillaarikennoston paksuutta ja rakennetta voidaan muuttaa kohdekohtaisten vaatimusten mukaisesti. Näin voidaan optimoida lasin valonläpäisy-, auringonsuoja- ja lämmöneristysominaisuudet parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi.



Kuvassa kapillaarikennostoa. Kuvan lähde Okalux. Saatavissa:

<http://www.okalux.de/produkte/marken/kapilux/kapilux-t.html>

⁸⁰ Siikanen, U. 2001,15-43

⁸¹ Hegger, M. 2003, 12- 25; Okalux

LÄMMITYKSEN TARPEESEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Rakennuksen lämmityksen tarve määräytyy lähinnä rakennuksen kuoren läpi tapahtuvista lämpövuodoista. Niiden vähentämisessä auttavat tehokas suunnittelu ja yhtenäisenä toteutettu lämmöneristäminen. Laadun tärkeys korostuu laajoja pintoja kattavien rakennusosien eristämisen tehokkuudessa. Ekologista rakentamista leimaavat parempien U-arvojen saavuttamiseen tähtäävät paksut eristekerrokset, jotka kasvattavat useilla nykyisin käytössä olevilla eristemateriaaleilla seinän paksuutta huomattavasti.

Energiatehokkuuden tavoittelu eristepaksuuksia kasvattamalla ja rakenteita ja liittymiä tiivistämällä on suhteellisen uusi asia, josta tutkimuksia ja pidemmän ajanjakson käytännön kokemusta on vähän. Rakennusratkaisuja on monenlaisia, joista osa toimii rakennusfysikaalisesti kohtuullisen hyvin, mutta eivät ole taloudellisesti ja teknisesti mielekkäitä. Osassa ratkaisuja rakenteen kosteusteknisessä toimivuudessa tulee ongelmia. Kosteusvaurioriskin suuruus riippuu muun muassa käytettävistä rakenteista, rakennusmateriaaleista, työmenetelmistä ja rakennuksen ja rakennuspaikan olosuhteista.⁸²

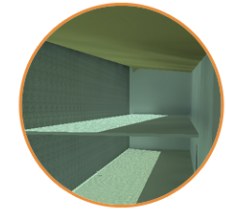
Lämmöneristeiden lisääminen rakennuksen vaippaan parantaa rakennuksen lämmönpitävyttä, mikä tarkoittaa rakennuksen ulkovaipan ulkopintojen viilenemistä. Tällöin homeen kasvun ja kosteuden kondensoitumisriski niissä lisääntyy. Lämmöneristyksen lisääminen massiivirakenteisiin heikentää auringon lämpösäteilyn varastoitumista. Rakennuksen lämmitys- tai jäähdystystarve voi lisääntyä lämmön poistumisen heikentyessä. Lämmöneristeiden lisäämisen vaikutukset muun muassa maarakenteiden routaeristyksen riittävyteen on huomioitava.

Ilmastonmuutos muuttaa ulkoilmastoa entistä kosteampaan ja lämpimämpään suuntaa. Se altistaa rakenteiden ulkopinnat tuulelle ja viistoosateelle, jotka lisäävät homekasvun riskiä. Nyt kaavailut 30-40 % lämmöneristysmääräysten kiristäminen ei ole järkevää rakennusfysikaalisesti ja -teknisesti. Kiristykset tulisi painottaa rakennusosiin, joissa se on suhteellisen turvallista ja taloudellisesti kannattavaa. Lämmöneristeiden lisäämisen tarkastelussa on otettava rakennus ja rakentaminen kokonaisuutena huomioon tapauskohtaisesti.⁸³

⁸² Matalaenergiarakenteiden toimivuus

⁸³ Matalaenergiarakenteiden toimivuus

LÄMMÖN VARASTOINTI



Rakennuksen vaippa suojaa sisätiloja ulkolämpötilojen vaihtelulta. Hyvä eristävyys pienentää lämpöhäviöitä talvella, jolloin energiaa tarvitaan vähemmän lämmitykseen. Kesällä se estää rakennuksen ylikuumenemista vähentäen jäähdysenergian tarvetta. Suurin osa lämmöstä tulee ikkunoiden kautta auringon lämpösäteilynä. Massiivinen vaippa vähentää sisälämpötilan laskua yöaikaan. Rakennuksen massalla on tärkeä tehtävä lämpötilaerojen tasaamisessa. Sisälämpötilaan vaikuttavat ikkunapinta-ala, rakennuksen suuntaus ja massiivisuus, eristävyys ja sisäiset lämmönlähteet.

KAUSITTAINEN VAIHTELU

Luonnollisia energialähteitä on maapallolla paljon mutta niiden hyödyntäminen on vähäistä. Auringosta saatavan energian ongelmana on energiansaannin kausittainen vaihtelu. Erilaisten aurinkosähköjärjestelmien rinnalle tarvitaan usein päällekkäisiä lämmitys- tai sähköenergiaratkaisuja. Talvella aurinko tuo toivottua lämpöä, mutta aiheuttaa kesäisin jäähdtyksen tarvetta. Ongelmana on, miten saadaan talvisin päivän lämpöä säilymään yöhön ja kesäisin yön viileyttä pitkälle päivään.⁸⁴

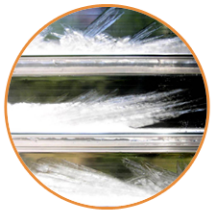
Pohjoisen olosuhteissa aurinkoenergian kausittaisuus korostuu, kun rakennusten suurin energiantarve on talviaikaan, jolloin auringon säteilyenergia on kesäkausia pienempi. Aurinkoenergian varastointi talvikuukausia varten on vaikeaa. Suurissa rakennuskokonaisuuksissa voidaan käyttää isoja maanalaisia vesisäiliöitä tai maamassaa lämmönvarastointiin. Muilla rakennuskohtaisilla lämmönvarastointijärjestelmillä voidaan lämpöä varastoida yhdestä kahteen viikkoa.⁸⁵

84 Kaltenbach, F. 2005, 660-665

85 Hegger, M. 2003, 12- 25;

TERMINEN MASSA

Lämpötilaeroja tasaamaan on perinteisesti käytetty massiivihirttä, tiilimuurattuja takkoja, luonnonkiveä ja betonia, jotka varastoivat energiaa suhteessa niiden massaan. Lämmön varastoituesa materiaalin pintalämpötila nousee. Massiivinen rakennus pitää lämmön kevyitä rakennuksia pitempään ja toisaalta pysyy mukavan viileänä kuumaan aikaan. Lämpöä varaavat rakennusosat tasaavat aurinkolämmön vaihteluja ja varaavat viileyttä osana luonnollista ilmanvaihtoa. Kevytrakenteisten rakennusten lämmönvarastointikykyä voidaan kasvattaa esimerkiksi massiivisella alapohjalla, sydänmuurilla tai olomuotoaan muuttavien materiaalien avulla.⁸⁶



FAASIMUUTOSMATERIAALIT

Rankarakentamisessa massiivisten rakennusosien käyttö on vähäistä. Olomuotoaan muuttavien materiaalien avulla saadaan rakennukseen lämmönvarastointikykyä pienellä massalla ja volyymillä. Faasimuutosmateriaalin lämmönvarastointikyky nousee huomattavasti riippuen sen sulamispisteestä. Energianvarastointi ei tunnu materiaalin lämmön nousuna, minkä vuoksi puhutaan *kätketystä* lämmönvarastoinnista.

Tunnetuin faasimuutosmateriaali on vesi. Vettä on varastoitu vuosisatojen ajan sen jäähtyneessä muodossa jäänä maanalaisissa varastoissa, joista sitä on otettu elintarvikkeiden säilytykseen ja huoneilman jäähdytykseen. Japanissa ja Ruotsissa on jää uudelleen otettu käyttöön tilavuudeltaan jopa 2200 m³ rakennusten jäähdytykseen. Jäähdytykseen ja lämmitykseen on kuitenkin järkevämpää käyttää materiaaleja, jotka jäähtyvät ja uudelleen kiteytyvät normaaliin huonelämpötilojen puitteissa ja jotka säilyttävät lämmön ilman viiletessä tai lämmitessä.

Käytäntö on osoittanut kaksi materiaaliryhmää toimivimmiksi sulamispisteen ollessa 20°C - 35°C lämpötilavälillä. Toinen niistä ovat orgaaniset, pitkäketjuiset hiilivetymolekyylit, parafiinit ja toinen suolahydraatit, kuten kalsiumkloridi-hexahydraatti (CaCl₂·6H₂O) sulamispisteellä 27°C tai natriumsulfaatti-decahydraatti (Na₂SO₄·10H₂O, glaubersuola) sulamispisteellä 32°C.⁸⁷

⁸⁶ Hegger, M. 2003, 12- 25;

Siikanen, U. 2001

⁸⁷ Kaltenbach, F. 2005, 660-665

Lämmitys

Valoa läpäisevä, jopa osittain läpinäkyvä lasijulkisivu voi toimia kaakeliuunin tavoin. Auringonsäteet päästetään hallitusti faasimuutosmateriaalin pintaan, johon se varastoituu ja luovuttaa lämpönsä ilman viilettämistä.

Faasimuutosmateriaalin etu on sen hyvä lämmönvarastointikyky ja hitaasti luopuva lämpö. Tila lämpenee vasta ilman viilettämistä ja vain sen verran, kuin on tarpeen.

Jäähdytys

Faasimuutosmateriaali kiteytyy jäähtyessään ja varastoi samalla itseensä viileyttä luovuttaen lämpöä. Materiaalin sulaessa viileys haihtuu ja materiaali varastoi uudelleen lämpöä. Saneerauskohteissa ja rankarakentamisessa voidaan faasimuutosmateriaalin käytöllä tasata lämpötilavaihteluja ilman että alapuoliset rakenteet kuormittuvat tai rakennusosien massa kasvaa liikaa. Siirrettäviä ja pysyviä seiniä voidaan tehdä faasimuutosmateriaalista, jotka jäähdytetään tehokkaalla tuuletuksella yöaikaan. Lämpötilojen ollessa korkeat pitkäjaksoisesti, voidaan käyttää aktiivista järjestelmää, jossa faasimuutosmateriaalin pintaan puhalletaan viileätä ilmaa pienien venttiilien läpi vähällä energialla.

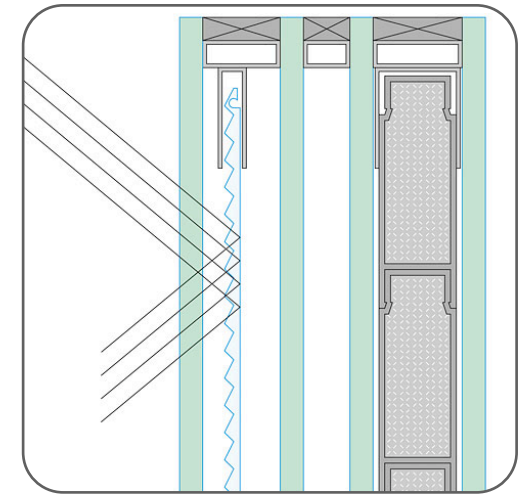
Faasimuutosmateriaalitäyteinen seinäelementti voi toimia ilmastointilaitteena, jossa lämmin sisäilma imetään seinän yläpinnasta, viedään faasimuutosmateriaaliputkiston läpi ja tuodaan seinän alapinnasta jäähtyneenä takaisin huonetilaan. Faasimuutosmateriaalin jäähdytykseen käytetään joko passiivista tai aktiivista järjestelmää.

Teknologiat

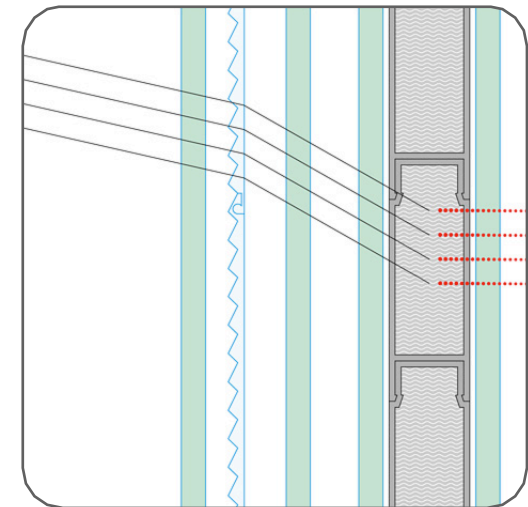
Faasimuutosmateriaaleja voidaan käyttää eri muodoissa ja eri rakennusosissa. Ne ovat helposti työstettäviä ja niitä on paljon saatavilla. Faasimuutosmateriaalin integroinnissa rakennusosiin on käytössä kolme eri teknologiaa:

- mikrokapselointi
- kapillaarinen istutus runkomateriaaliin
- makrokapselointi.

Mikrokapseloinnissa parafiini laitetaan mikroskooppisen pienen akryylipäällysteisen kuulan sisälle. Sekoittamalla kuulat veteen, voidaan syntyneellä emulsiolla päällystää esimerkiksi kipsilevyjä. Höyryttämällä vesi pois, saadaan



GlassX kesällä,
auringon paistaessa yli 40° kulmassa. Kuvan lähde:
<http://www.glassx.ch/index.php?id=152>



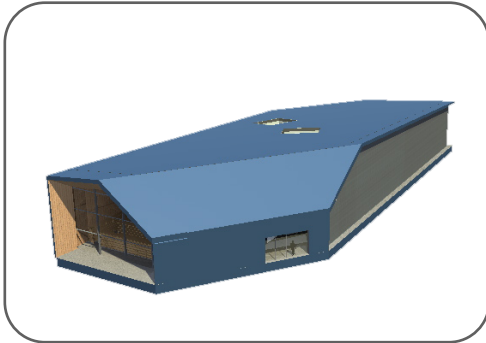
GlassX talvella,
auringon paistaessa alle 35° kulmassa. Kuvan
lähde: <http://www.glassx.ch/index.php?id=152>

jauhetta, jota voidaan sekoittaa kipsiin tai jolla voidaan täyttää kahden kankaan väliin jäävät taskut. Faasimuutosmateriaalia voidaan työstää levyiksi, pulveriksi tai vaahdoksi.

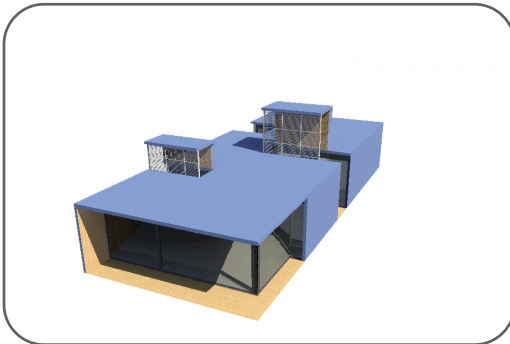
Makrokapseleita käytetään esimerkiksi lattioissa tai jäähdytysyksiköiden alumiinikoteloissa. Mitoiltaan kapseleita on monenkokoisia, halkaisijaltaan lähes kymmeneen senttimetriin asti. Makrokapseleiden kuori on muovia. Makrokapseloitu faasimuutosmateriaali varaa lämpöä mikrokapseloitua tehokkaammin, mutta pienemmän pinta-alan takia lämmön käyttöönotto on hitaampaa.

Suunnittelu

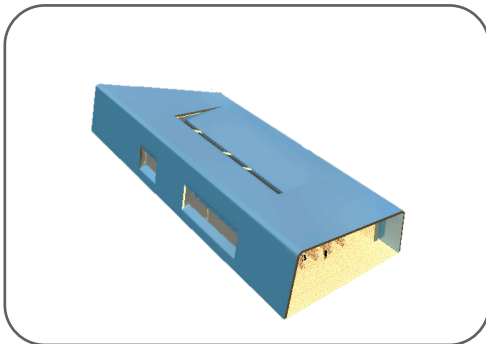
Tärkein lähtökohta suunnittelussa on oikean sulamispisteen valitseminen. Useat faasimuutosmateriaalit alkavat kiteytymään vasta muutama aste ennen sulamis-/ jäähtymispistettä. Suolahydraateissa löytyy eri sulamispisteille eri suolahydraatteja, kun parafiineissa on sulamispiste stabiili. Toiminnaltaan parafiinit ja suolahydraatit eivät paljon eroa toisistaan. Suolahydraattien tiheys on parafiineja suurempi, joten niiden lämmönvarastointikyky on suurempi. Suolahydraatteja on markkinoilla sulamispisteväliltä -7°C - $+100^{\circ}\text{C}$. Parafiinit ovat syttyviä, joten ne täytyy useimmiten suojata paloa kestäviksi. Suolahydraattien paloluokka on B1. Suolahydraatit korrosoivat joitakin metalleja, jonka takia esimerkiksi alumiinikotelot täytyy vuorata muovilla tai ruostumattomalla teräksellä. Parafiinit reagoivat lähes kaikkiin materiaaleihin neutraalisti ja ovat biologisesti uusiutuvia. Molempien materiaalien etujen hyödyntämiseksi on kehitetty niiden seoksia.



KLEMMARI



KLIPSU



NIITTI

EKOLOGINEN TERÄSHALLI

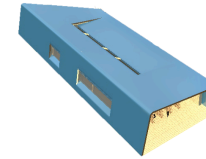
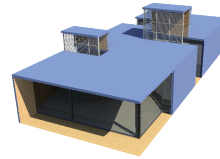
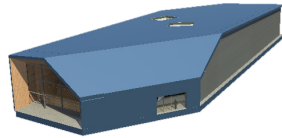
Ekologisessa rakentamisessa käytettyjen ratkaisujen kenttä on laaja. Sen kokonaisvaltainen hahmottaminen ja tehtyjen ratkaisuiden vaikutukset rakennuksen arkkitehtuuriin koetaan vaikeiksi. Klemmari, Klipsu ja Niitti ovat esimerkkihalleja, joissa energiatehokkuutta on lähestytty ekologisen rakentamisen eri näkökulmista. Suunnittelun lähtökohtana oli teräsrakenteinen ekotehokas teollisuushalli, jonka käyttäjää ja sijaintia ei ole yksilöity. Esimerkkihallit mahdollistavat erilaisten energiajärjestelmien ja teknisten ratkaisuiden käytön.

Halleille yhteistä on tehokas massa, aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen, käyttötarkoituksen muunneltavuus, komponenttirakentamisen mittajärjestelmän soveltaminen, rakennusosien ja -materiaalien uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys.

Esimerkkihallit ovat kooltaan noin 24 m X 54 m. Ne ovat teräsrunkoisia, seinät ja katto sandwichelementeistä. Sandwichelementin paksuus vaihtelee valitun U-arvon mukaan. Lasipinnat voidaan toteuttaa eri vaihtoehdoilla, muun muassa olomuotoaan muuttavista materiaaleista tai aurinkoenergia- ja varjostusratkaisuilla.

Arkkitehtoninen ilme syntyy energiatehokkuuden mukanaan tuomista aiheista ja muuntuu sijainnin, olosuhteiden, logististen ratkaisuiden ja toiminnan mukaan.

ENERGIAKONSEPTTI JA ARKKITEHTUURI



Tekijät, jotka ovat vaikuttaneet kaikkien esimerkkihallien suunnitteluun

GEOMETRIA

-tehokas massa
-muuntojoustavuus

SUUNTAUTUMINEN

-auringon lämpö ja valo

- *passiivinen*
- *aktiivinen*

-suojautuminen

- *tilojen sijoittelu*

-auringon lämpö ja valo

- *passiivinen*
- *aktiivinen*

-suojautuminen

- *tilojen sijoittelu*
- *tuuli*

ILMANVAIHTO

-luonnollinen ilmanvaihto

- *hormiefekti*

-tuloilman esilämmitys tai jäähdytys

-tuloilman esilämmitys tai jäähdytys

LÄMMITYS JA JÄÄHDYTYS

-terminen massa
-uusitutuvat energiamuodot

RAKENNUSOSAT

-kierrätettävyys
-muuntojoustavuus
-materiaalitehokkuus

MATERIAALIT

-kierrätettävyys
-muuntojoustavuus
-materiaalitehokkuus

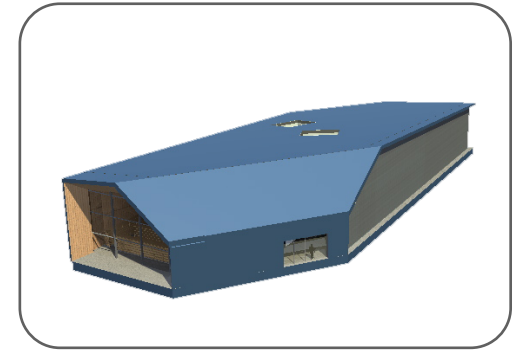
- *Rakennuksen suunnitteluun erityisesti vaikuttaneet tekijät*



KLEMMARI

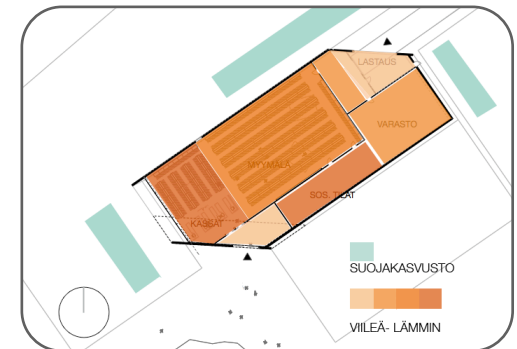
ARKKITEHTUURI

Klemmarin arkkitehtuurin innoittajana on aurinkoenergian tehokas passiivinen ja aktiivinen hyödyntäminen. Avautumiset ovat harkittuja ja niillä saadaan sisätilaan luonnonvaloa ja auringon lämpöä. Rakennuksen massa on kompakti, jolloin vaipan pinta-ala jää pieneksi. Eteläkulman viistäminen mahdollistaa aurinkokennojen sijoittamisen suoraan etelän suuntaan tehokkaaseen 45° kulmaan.

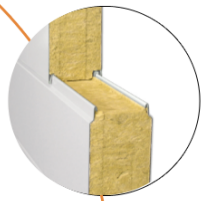


VYÖHYKKEET

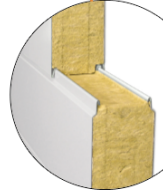
Sisätilat on ryhmitelty erilämpöisiin vyöhykkeisiin niiden käyttötarkoituksen ja käyttölämpötilan mukaan. Pohjoisjulkisivulla on viileä tuulilta suojattu lastaustila, seuraavana puolilämmin purku- ja varastotila. Aamuaurinko lämmittää ja valaisee sosiaalitylöitä ja ilta-aurinko myymälätilan kassan puoleista osaa. Liialta auringon säteilyltä suojaudutaan pitkillä räystäillä tai käyttämällä avautumisissa olomuotoaan muuttavia materiaaleja tai valoaläpäiseviä eristeitä. Kasvillisuus tuo tuulensuojaa ja varjoa.



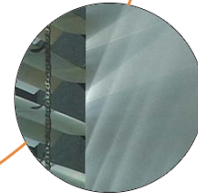
SPA eri paksuusluokat



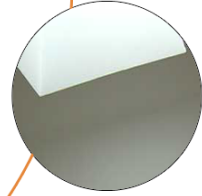
SPA eri paksuusluokat



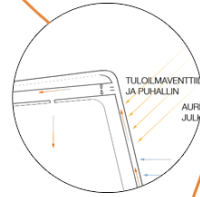
erilaiset kaihdiratkaisut



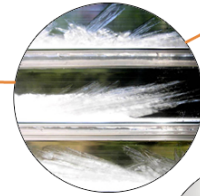
Kattoikkunat



tuloilman esilämmitys julkisivussa



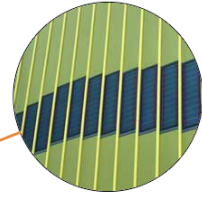
faasimuutosmateriaalit



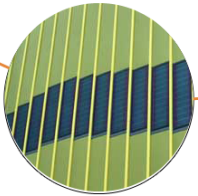
Rakennuksen suuntaus erikäyttö tuloilman esilämmitykseen



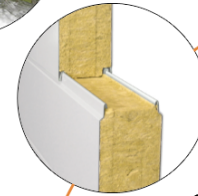
integroidut aurinkopaneelit



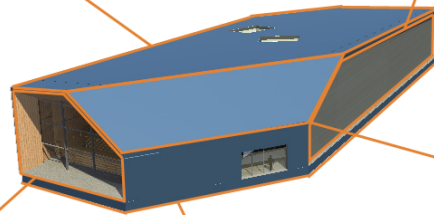
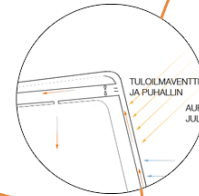
Aurinkokeräimet



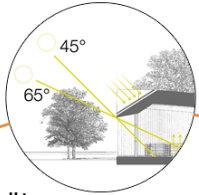
SPA eri paksuusluokat



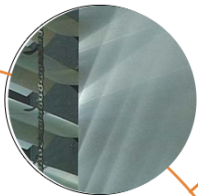
tuloilman esilämmitys julkisivussa



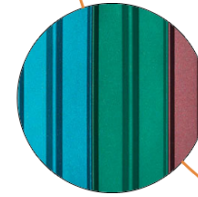
Pitkät räystäät



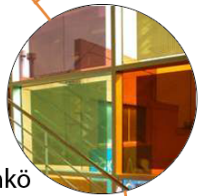
erilaiset kaihdiratkaisut



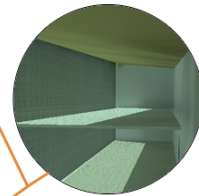
aurinkokenno kalvolla



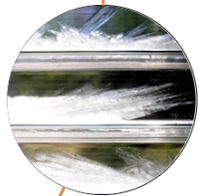
aurinkosähkö



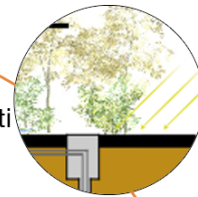
Terminen massa-lämmön varastointi-yöjäähdytys



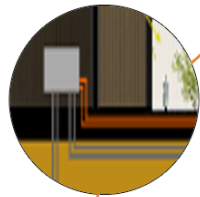
faasimuutosmateriaalit



maalämpö



Vesikiertoinen lattialämmitys



RAKENNUSOSAT

Klemmari on ensisijaisesti myymäläkäyttöön suunniteltu esimerkkihalli. Arkkitehtoninen idea mahdollistaa rakennusosien ja tilojen muunneltavuuden. Vaipan osat voidaan tavoitteista ja sijainnista riippuen toteuttaa hyvinkin erilaisilla teknisillä ja rakenteellisilla ratkaisuilla.

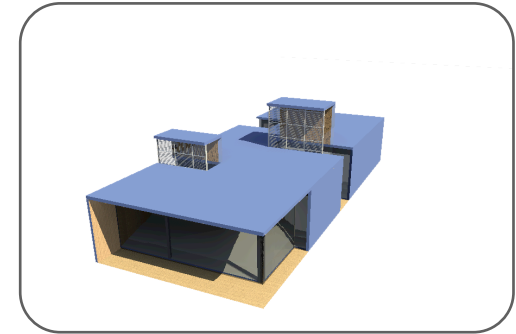
Esimerkiksi aurinkopaneelit tai tuloilman esilämmitys voidaan integroida kummalle katon lappeelle tahansa. Kaavio esittelee vaihtoehtojen kirjoa.



KLIPSU

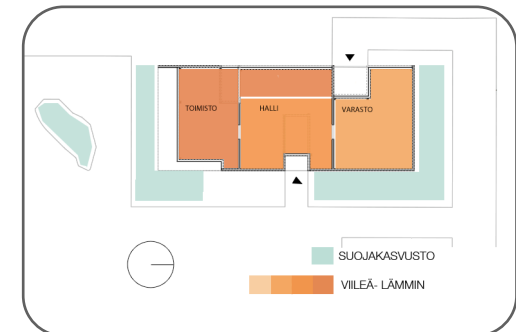
ARKKITEHTUURI

Klipsun arkkitehtuuri saa ilmeensä luonnollisen ilmanvaihdon hormiratkaisusta. Rakennus on suunniteltu varastokäyttöön, jossa on myös toimisto-osuus tai kahden eri yrityksen tiloja.

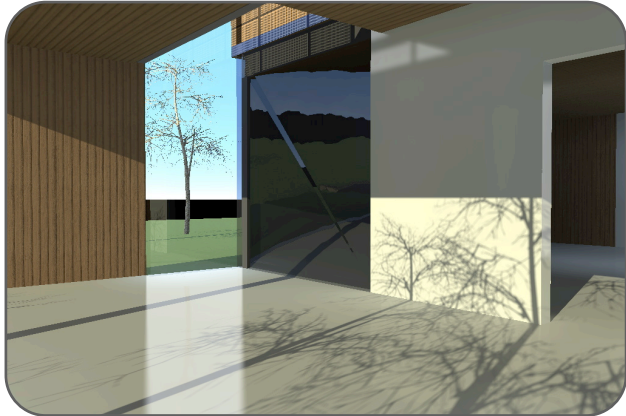


VYÖHYKKEET

Rakennuksen käyttötarkoitus vaikuttaa tilojen, sisäänkäyntien ja hormien sijoittumiseen. Auringon valon ja lämmön tarve määrittelee suljettujen ja avonaisten julkisivupintojen suhteen.



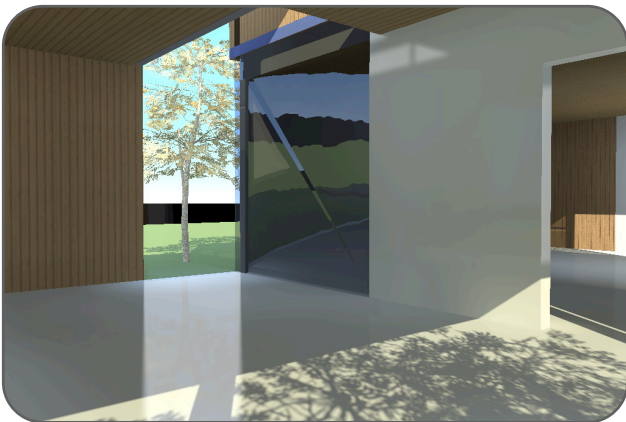
AURINGON VALON JA LÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN



HELMIKUU 20. KLO 11:30

Matalalta paistava talviaurinko lämmittää alapohjaa ja seiniä ja tuo luonnonvaloa syvälle rakennusrunkoon. Rakennuksen viereiset lehtipuut varjostavat vain vähän.

Luonnollisen ilmanvaihdon tarvitsema hormi tuo myös valoa ja lämpöä tilaan. Tilan valaistus muuttuu päivän aikana auringon kierron mukaan.



HUHTIKUU 22. KLO 10:30

Keväällä korkeammalta paistavan auringon säteet eivät ulotu enää syvälle rakennusrunkoon. Puiden saadessa lehtiä ne varjostavat sisätilaa liialta auringon valolta ja lämmöltä.

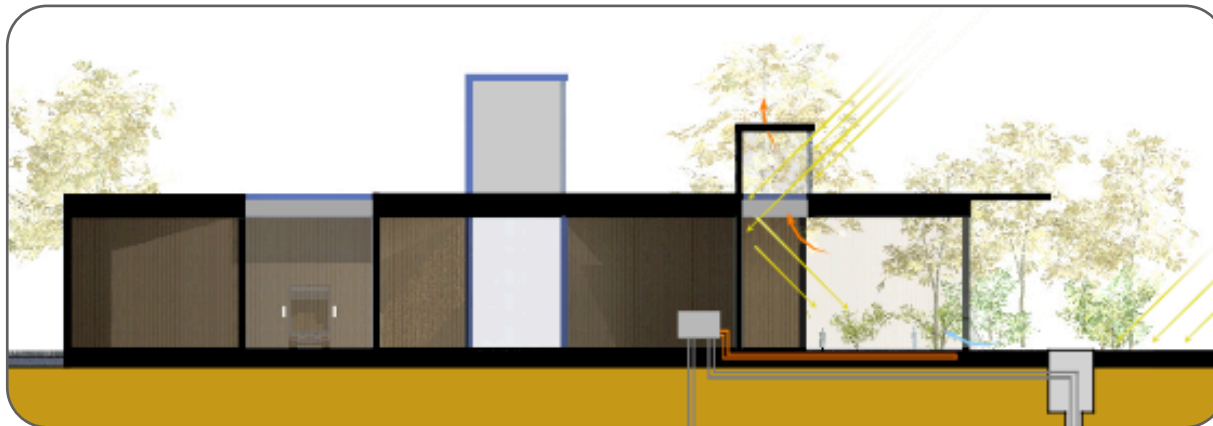
Kesällä pitkä räystäs estää auringon säteiden pääsyn suoraan sisätilaan. Näin vähennetään tilan yllämpenemistä ja estetään auringon valon aiheuttamaa häikäisyä.

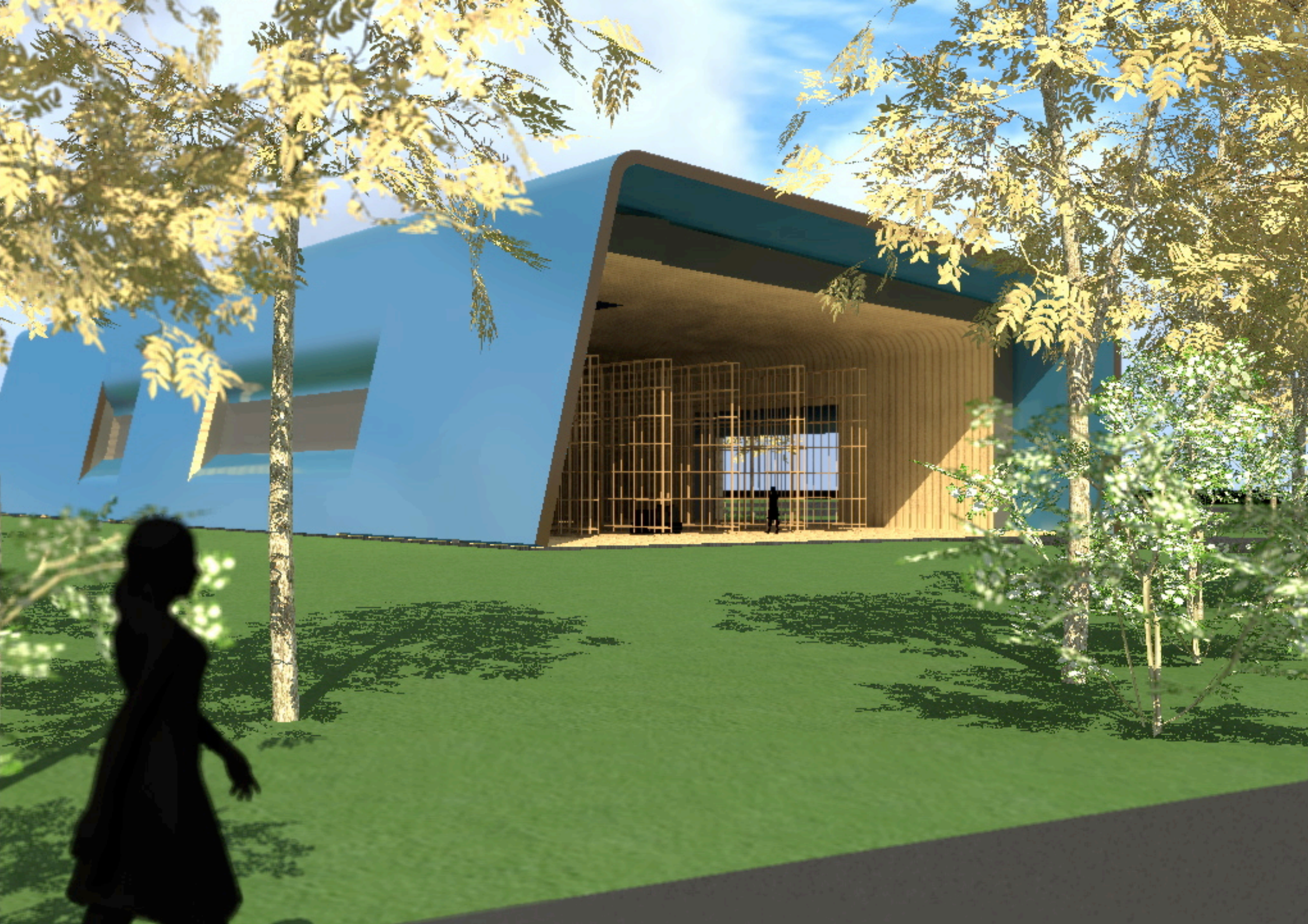
MAALÄMPÖ

Maahan varastoitunut auringon lämpö kerätään porakaivon avulla ja johdetaan vesikiertoiseen lattialämmitykseen ja käyttöveden lämmittämiseen.

LUONNOLLINEN ILMANVAIHTO

Klipsun arkkitehtuuri syntyi luonnollisen ilmanvaihdon hormiratkaisusta. Hormien eteläsivut ovat lasia, joiden välissä on aurinkokennot. Hormin taustaseinä toimii termisenä massana. Hormissa oleva lämmin ilma synnyttää suuremmat paine-erot, jolloin ilmanvaihto tehostuu.

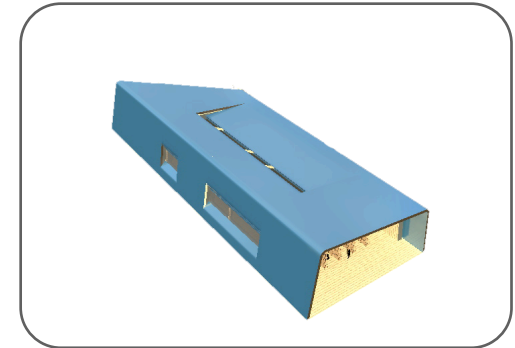




NIITTI

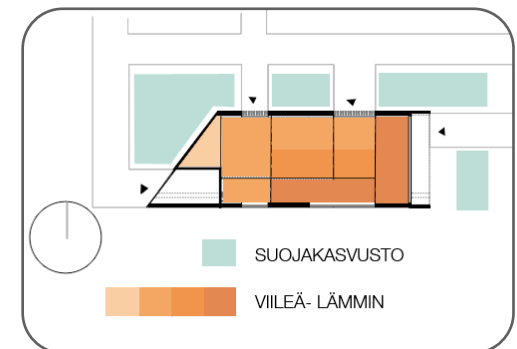
ARKKITEHTUURI

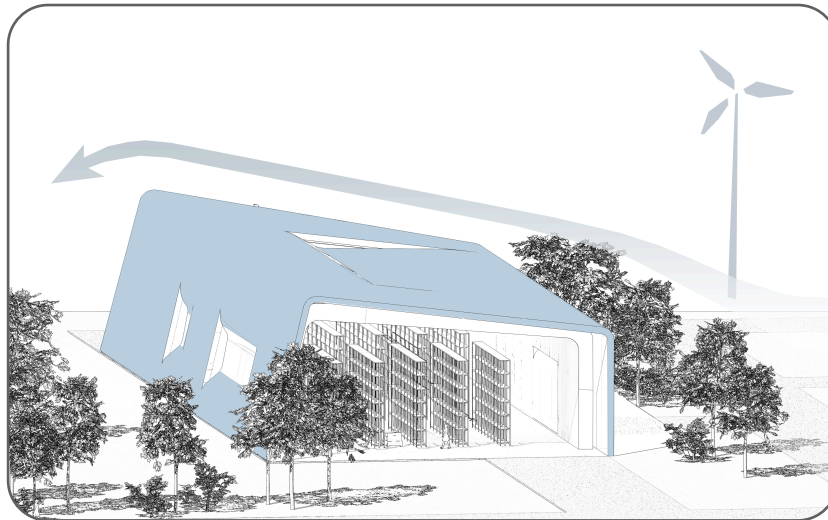
Niitin muotokieli on saanut vaikutteita teräsohutlevyjen kanttaamisesta. Yksinkertainen, selkeä massa kätkee tilat auringolta ja tuuilta. Avautumiset ovat rakennuksen päässä ja painaumina seinästä katoksi muuntuvassa julkisivupinnassa. Katon painaumia voidaan käyttää luonnonvalon saantiin tai kätkemään esimerkiksi poistoilmaventtiilit. Niitin julkisivu- ja lasipintoja voidaan toteuttaa monilla eri ratkaisuvaihtoehdoilla. Eteläjulkisivun kurottuminen kohti aurinkoa parantaa julkisivupinnan lämpenemistä mahdollistaen tuloilman tehokkaan esilämmittämisen ja tuoden rakennuksen ilmeeseen vauhdikkuutta.



VYÖHYKKEET

Niitti voi olla yhtenäistä, suurta varastotilaa, tai se voidaan jakaa esimerkiksi toimisto-, konepaja- ja varastotiloiksi. Logistiikan merkitys hallin sijoittamisessa tontille ovat usein merkittävät. Niitin muoto ja rakenteelliset ratkaisut mahdollistavat hyvinkin erilaisten pohjaratkaisuiden käytön. Tässä esimerkissä lastaus- ja varastotilat ovat pohjoisen puolella ja lämpimämmät tilat itään ja etelään.

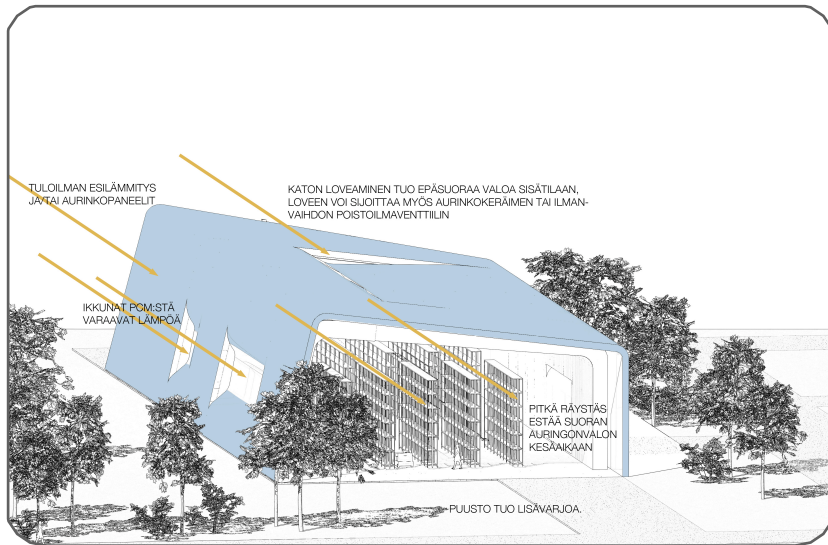




TUULET

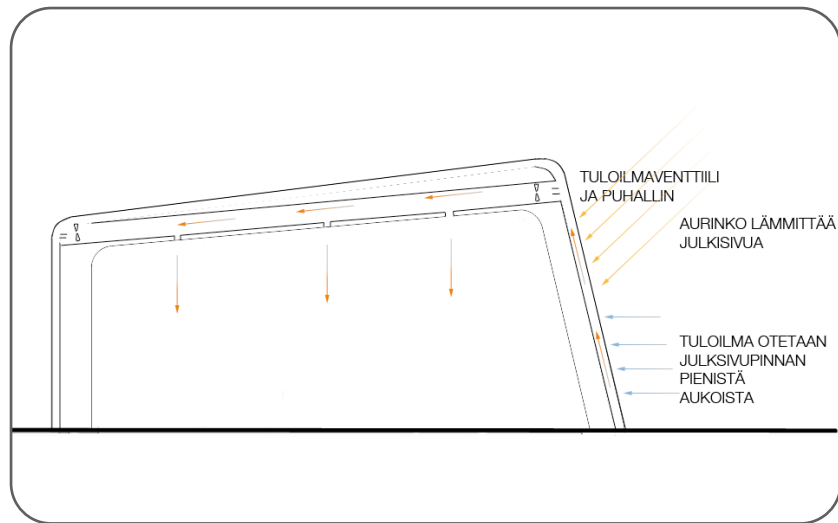
Rakennuksen muoto ja suojakasvillisuus ohjaavat tuulet rakennuksen yli.

Energiantarvetta voidaan kattaa tuulienergialla.



AURINKO

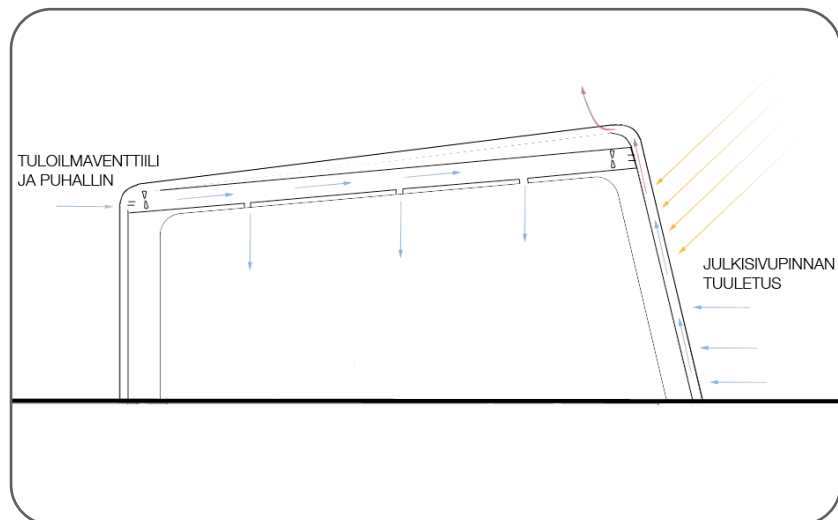
Rakennuksen kuori toimii yhteistyössä auringon kanssa. Rakennuksen sijainnista, toiminnasta, tilojen sijoittelusta, valon ja lämmön tarpeesta riippuen kuorta voidaan aukottaa, loveta ja venyttää. Muotokieli ja kaltevat pinnat mahdollistavat aurinkoenergian tehokkaan passiivisen ja aktiivisen hyödyntämisen.



TULOILMAN KÄSITTELY

TALVI

Eteläpuolen julkisivupinta lämpenee auringon paistaessa siihen. Tuloilma otetaan puhaltimen avustuksella julkisivupinnassa olevien pienien reikien läpi ja kuljetaan julkisivupinnan takana. Lämmennyt ilma johdetaan kanavia pitkin tilaan.



KESÄ

Lämpiminä päivinä ilmanvaihdon tuloilma otetaan varjon puolelta puhaltimen avustuksella. Viileä ilma johdetaan kanavia pitkin tilaan.

Eteläpuolen julkisivun tausta tuulettuu vähentäen rakennuksen lämpökuormaa.

LOPUKSI

KANNANOTTO

Ekologisen rakentamisen kiinnostavuus on noussut muutaman vuoden aikana varsinkin asuntorakentamisessa. Nykyään taitaa olla ennemminkin poikkeus, jos omakotitalorakentaja ei millään keinoin pyri vähentämään rakennuksen aiheuttamaa ympäristökuormaa. Kaupallisessa rakentamisessa tilanne on toinen mutta toimivien esimerkkikohteiden yleistyessä paranemaan päin. Vaikuttavin keino energiatietoisuuden lisäämisessä rakennuttajille ovat toteutuneista kohteista saatavat tutkimustulokset. Tämä on kuitenkin hidasta, kun kyse on uusien rakenteellisten ja teknisten ratkaisuiden toimivuuden tarkastelusta pitkällä aikavälillä. Ilmastonmuutoksen jo aiheuttamat muutokset ilmastoon muun muassa kosteuden lisääntymisenä tuo uusien rakenteiden käyttöönottoon kasvavia epävarmuustekijöitä. Suomessa on jo havahduttu huomaamaan muun muassa vuosikymmeniä toimineiden maalipintojen rapautumisessa tarve kehittää rakentamissaraa. Kun vanhat keinot eivät enää käy ja uusista kiistellään, tuntuu rakentaminen nykyään vaativan suurta riskinottoa, perehtymistä ja rakentamisen kokonaisvaltaista hallintaa aina rakentamisen laatuun ja rakennuksen oikeaan käyttöön ja ylläpitoon asti.

Voitaisiinko oppia ottaa maista, joissa ilmasto on jo kauan ollut pohjoismaita kosteampi? Löytyykö sellaisia maita näiltä leveyspiireiltä? Jos löytyy, kuinka nämä rakennustavat voitaisiin sopeuttaa Suomen tiukkaan rakentamismääräyskulttuuriin? Tunnettua on myös, että ilmastoltaan kosteissa maissa on rakennuksissa varsin vakavia kosteusongelmia. Tällöin tärkeäksi nousee rakennusosien ja -tilojen hallittu ja riittävä ilmanvaihto ja tuuletus. Ekologisessa rakentamisessa suosittu luonnollinen ilmanvaihto joutuu haasteen eteen.

Suomalaisilla riskinottoa on - onneksi vai ei - suhteellisen vähän. Leimaavaa on, että muut tekevät ja kokeilevat ja me osoitamme että ei olisi kannattanut. Tästä hyvänä esimerkkinä varsin ansiokas tutkimustyö, joka on tehty Tampereen teknillisessä yliopistossa rakennuksen vaipan lämmöneristyksen lisäämisen kosteusongelmista. Tai tutkimus ilmanpuhtaudesta, kun maanalaisia tiloja käytetään luonnollisen ilmanvaihdon kulkureittinä tuloilman esilämmitykseen.

Jokainen uskaliaampi yrittäjä leimataan ”Pelle Pelottomaksi” ja kokeellinen tutkimus sivuutetaan olankohautuksella. Tarvittaisiin ravistelua! Nyt peräänkuulutetaan riskinottokykyä, uutta raikasta ajattelua, kokeilemista ja tutkimistakin. Epäonnistuneistakin kokeiluista opitaan ja moni idea voisi kehittämällä nousta merkittäväksi askeleeksi kohti entistä ekologisempaa rakentamista, asumista ja elintapaa.

Ilmastonmuutos on rakentajia ja suunnittelijoita nopeampi. Tipuaskelilla hiipiminen sivuille vilkuillen ei riitä. Terveyden ja talouden kustannuksella kokeileminen ei ole toivottua. Kysymys kuuluukin, kenen rahoja käytetään, kun etsitään kenties koko maailmaa hyödyttäviä ratkaisuja?

LÄHTEET

KIRJAT

Erat B., Erkkilä, V. Nyman, C. Peippo, K. Peltola, S. Suokivi, H. 2008 Aurinko- opas Aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo, Aurinkoteknillinen yhdistys

Falkenberg H., Muenster R., Weiler E. 2008 Urban Style -Städtische Häuser. Köln: Evergreen. 255 s.

Gonzalo R., Habermann K. J. 2006 "Resource-conserving and energy-efficiency building: Origins ." Energy Efficient Architecture. Basics for planning and construction. Basel: Birkhäuser

Gonzalo R., Habermann K. J. 2006 "Energy Efficient detail design and technical completion, Measures and materials." Energy Efficient Architecture. Basics for planning and construction. Basel: Birkhäuser

Hegger, M. 2003 From Passive Utilization to Smart Solar Architecture. In: Schittlich, C., in Detail Solar Architecture. Strategies, Visions, Concepts. Muenchen: Birkhäuser. s.12-25

Huhdankoski, E. 1996 Teräsmateriaalit. In: Saarni R. Teräsrakentaminen. RT Oy Helsinki, Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere. s.35-39

Jaehnig, D., Weiss, W. 2008 Design of Solar Plants to Heat Industrial Halls. In: Book of Abstracts. Eurosun 2008 1st International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings. Lisboa: SPES. 674s.

Krippner, R. 2003 Solar Technology -From Innovative Building Skin to Energy-Efficient Renovation. In: Schittlich, C., in Detail Solar Architecture. Strategies, Visions, Concepts. Muenchen: Birkhäuser.

Kuehn, M., Mattner, D. 2003 Solar Concepts for Building. In: Schittlich, C., in Detail Solar Architecture. Strategies, Visions, Concepts. Muenchen: Birkhäuser. s.38-55

Mueller, H. F. O., Schuster, H.G. 2003 Utilizing Daylight. In: Schittlich, C., in Detail Solar Architecture. Strategies, Visions, Concepts. Muenchen: Birkhäuser. s.56-69

Ripatti H. 2005 Luonnollinen hybridi- ilmanvaihto, RT Oy Helsinki , Tammer-Paino Oy

- Saarni, R. 1998 Teräksen kilpailukyky. In: Piironen E., Saarni R., Teräs julkisessa rakentamisessa. RT Oy Helsinki: Tammer-Paino Oy. s. 28-29
- Saarni, R. 1996 Teräsrakenteiden talous. In: Saarni R. Teräsrakentaminen. RT Oy Helsinki, Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere. s.185-204
- Salonen, K. 1996 Teräsarkkitehtuuri ja komponenttirakentaminen. In: Saarni R. Teräsrakentaminen. RT Oy Helsinki, Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.s. 17-30
- Salonen, K. 1996 Suomalaisia sandwich-elementtejä. In: Saarni R. Teräsrakentaminen. RT Oy Helsinki, Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.s. 129-131
- Schittlich, C. 2003 Toward Solar Architecture. In: Schittlich, C., in Detail Solar Architecture. Strategies, Visions, Concepts. Muenchen: Birkhäuser. s.8-11
- Siikanen, U. 2001 Mineraalivilla. In: Siikanen, U. Rakennusaineoppi. RT Oy Helsinki, Karisto Oy Hämeenlinna. 328 s.
- Siikanen, U. 2001 Muovit. In: Siikanen, U. Rakennusaineoppi. RT Oy Helsinki, Karisto Oy Hämeenlinna. 328 s.
- Siikanen, U. 2001 Puu. In: Siikanen, U. Rakennusaineoppi. RT Oy Helsinki, Karisto Oy Hämeenlinna. 328 s.
- Siikanen, U. 2001 Teräs. In: Siikanen, U. Rakennusaineoppi. RT Oy Helsinki, Karisto Oy Hämeenlinna. 328 s.
- Siikanen, U. 2001 Ympäristövaikutukset. In: Siikanen, U. Rakennusaineoppi. RT Oy Helsinki, Karisto Oy Hämeenlinna. 328 s.
- Weiler E. 2008 Natural Flair -Ländliche Häuser. Köln: Evergreen . 255 s.

LEHTIARTIKKELIT

AJR Architekten.2006 Supermarkt in Mannheim. A+W Bauten fuer Handel und Gewerbe 207(2006) Sebtember. Stuttgart: Karl Krämer Verlag. s. 42- 45

Brandi, U. 2004 Tageslichtlenkung. Detail Bauen mit Licht 4. 2004. Institut fuer internetionale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG. s. 368- 376

Dransfeld, P. 2004 Begriffe, Fakten, Zahlen: Kleinen Klossar zum ökologischen Bauen. Arcithese Ökologisch bauen 4. 2004 Blauen: Schweizer Baudokumentation,s. 14-19

Haas, M. 2008 Energieeffiziente Architectur. A+W Energieeffizientes Bauen 214(2008) Juni. Stuttgart: Karl Krämer Verlag. s. 2-3

Hautajärvi, H. 2008 Oletko valmis muutokseen? Arkkitehti 1. 2008 Suomen arkkitehtiliitto Helsinki: Forssan kirjapaino Oy

Hoffmann, C., Voss, K. 2005 Energieeffizienz von Wohngebäuden -Normen und Standards in Europa. Detail Solares Bauen 6. 2005 Institut fuer internationale Architektur- Dokumentation GmbH & Co. KG. s. 665-671

Hänninen, P. 2008 Mitä maapallolla tapahtuu?Arkkitehti 1. 2008 Suomen arkkitehtiliitto Helsinki: Forssan kirjapaino Oy

Jaeger, F. 2004 Stilhuelse und Ökokern. Arcithese Ökologisch bauen 4. 2004 Blauen, Schweizer Baudokumentation,s. 48-53

Kaltenbach, F. 2005 PCM- Latentwärmespeicher- Heizen und Kuehlen ohne Energieverbrauch? Detail Solares Bauen 6. 2005 Institut fuer internationale Architektur- Dokumentation GmbH & Co. KG. s. 660- 665

Pfammater, U. 2004 Warum immer Neues? Arcithese Ökologisch bauen 4. 2004 Blauen, Schweizer Baudokumentation,s. 20-33

Solt, J.2004 Fragen ueber Fragen: Chancen und Konflikte des ökologischen Bauens. Arcithese Ökologisch bauen 4. 2004 Blauen, Schweizer Baudokumentation,s. 8- 13

TUTKIMUKSET

Tampereen teknillinen yliopisto Rakennustekniikan laitos Talonrakennustekniikka Tutkimusselostus nro TRT/1706/2008 "Matalaenergiarakenteiden toimivuus"

RT-KORTIT

RT 56-10591 joulukuu 1995 Ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät

SÄHKÖISET JULKAISUT

Aktiivinen aurinkolämpö [WWW]. Opetushallitus. [Viitattu 13.2.2009] Saatavissa: http://www.edu.fi/oppimateriaalit/aurinko/aktiivinen_aurinkolampo/tasokeraajan_suuntaus/index.html

Bringing Retrofit Innovation to Application in Public Buildings - BRITA in PuBs D16 Handbook of design guidelines, tools and strategies for low energy refurbishment of public buildings [PDF]. EcoBuildings.[Viitattu 12.10.2008] Saatavissa: <http://www.brita-in-pubs.eu/>

Energiakatselmukset [WWW]. Motiva Oy [Viitattu 25.4.2009]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/fi/yjay/teollisuus/energiakatselmukset/>

Energy Efficiency [WWW]. Suntool. [Viitattu 24.11.2008] Saatavissa: <http://www.suntool.net/>

Informationen zum Passivhaus [WWW]. Passivhaustagung. [Viitatti 26.4.2009]. Saatavissa: http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/passivhaus.html

Maalämpöpumppu [WWW]. Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry [viitattu 25.4.2009] Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=77

Model Designs [WWW]. Model Designs in Steel [Viitattu 26.4.2009]. Saatavissa: <http://www.modeldesigninsteel.com/index2.html>

Poistoilmalämpöpumppu [WWW]. Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry [viitattu 25.4.2009] Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=78

Referenzen Gewerbegebäude [WWW]. Poppe Prehal Architekten [Viitattu 26.4.2009] Saatavissa: www.poppeprehal.at

Sara Introduction [WWW]. EcoBuildings [Viitattu 26.4.2009] Saatavissa: www.ecobuildings.info/pop_up_template/pop_up_SARA_SupermarketLjubljanaSlovenia.

Sustainability [WWW]. SCI [Viitattu 26.4.2009] Saatavissa: <http://www.steel-sci.org/Innovation/Sustainability.htm>

Teollisuus [WWW]. Motiva Oy [Viitattu 25.4.2009]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/fi/yjay/teollisuus/>

Teräksen kierrätys [WWW]. Ruukki. [Viitattu 26-4-2009] Saatavissa: <http://www.ruukki.com/www/corporate.nsf/documents/8B2C5099B772D8F2C225729100300549?openDocument&lang=2>

Tuulivoimakäsikirja [PDF]. Tuulivoimala.com Espoo [Viitattu 15.3. 2009] Saatavissa: www.tuulivoimala.com

Tuulivoima [WWW]. Tuulivoimayhdistys [viitattu 15. 3. 2009] Saatavissa: www.tuulivoimayhdistys.fi/node/16

Ulkoilmalämpöpumppu [WWW]. Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry [viitattu 25.4.2009] Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=79

Uusiutuva energia [WWW]. Motiva Oy [Viitattu 26.4.2009] Saatavissa: <http://www.motiva.fi/fi/toiminta/uusiutuva-energia/>

Ympäristötietoa teräsrakentamisesta [WWW]. Teräsrakenneyhdistys. [Viitattu 26.4.2009] Saatavissa: <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/>

Was ist Minergie? [WWW]. Minergie. [Viitattu 26.4.2009]. Saatavissa: http://www.minergie.ch/das_wichtigste.html

What is Integrated Energy Design? [WWW]. Intend. [Viitattu 26.4.2009] Saatavissa: <http://www.intendesign.com/>
www.okalux.de

ASiantuntijalähteet

Kalema, T. Konstruktitekniikan professori TTY. Keskustelu. Kevät 2009

Leppänen, J. Naps systems Oy. Luentomuistiinpanot ”Ekologia rakentamisessa” -kurssi TTY Rakennetun ympäristön tiedekunta. Syksy 2008