

# PUURUNKOISEN PIENTALON ERISTÄMINEN

Mineraalivillan ja polyuretaanin vertailu eristeenä

Roosa Vaarala

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Roosa Vaarala	<b>Vuosi</b>	2016
<b>Ohjaaja(t)</b>	Risto Airaksinen		
<b>Työn nimi</b>	Puurunkoisen pientalon eristäminen		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	20 + 17		

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja vertailla mineraalivillan ja polyuretaanin käyttöä puurankarunkoisen pientalon eristämässä. Tarkoituksena oli luoda mahdollisimman laaja kuva molemmista eristemateriaaleista ja näin ollen helpottaa eristeen valintaa rakennusprojektia suunniteltaessa. Työssä on vertailtu eristeiden ominaisuuksia, tuotantoa, ekologisuutta ja kustannuksia. Ongelmana työssä oli tutkimustiedon vähyys kummankin eristeen rakennusfysikaalisesta toiminnasta pitkällä aikavälillä. Mineraalivilla on todettu toimivaksi vuosikymmenten aikana, mutta tiukentuvat rakennusmääräykset kasvattavat eristepaksuutta niin, että rakennusfysikaalisesta toiminnasta ei ole varmuutta.

Aineistona työssä käytettiin eristevalmistajien ilmoittamia tietoja, Rakennustieto Oy:n materiaaleja, alan kirjallisuutta sekä Rakennustutkimus RTS Oy:n julkaisemia tietoja. Kustannusvertailu tehtiin noin 100 m<sup>2</sup> omakotitalolle, johon suunniteltiin myös esimerkkirakenteet alapohjasta, ulkoseinästä ja yläpohjasta. Kustannusarviot ovat suuntaa antavia.

Kustannusvertailun tuloksena todettiin, että polyuretaani oli kalliimpaa maanvraisessa alapohjassa sekä yläpohjassa, mutta ulkoseinien eristeenä hinnaltaan kilpailukykyinen.

Technology, Communication and  
Transport  
Degree Programme in Civil Engi-  
neering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Roosa Vaarala	Year	2016
<b>Supervisor</b>	Risto Airaksinen		
<b>Subject of thesis</b>	Insulation of a Timber-framed Detached House		
<b>Number of pages</b>	20 + 17		

---

The objective of this thesis was to survey and compare the use of mineral wool and polyurethane as thermal insulation in a timber-framed detached house. The goal was to receive an overview of both of the materials and thus simplify the choice of an insulation material when planning a building project. The properties, production, environmental impacts and costs of the mineral wool and polyurethane were compared in the thesis. The problem in the thesis was that there is so little scientific research material available about the physical functions of the structures with these insulation materials. The mineral wool has proved as a functional material during the decades. However, the tightened construction have increased the thickness of the insulation so that the physical functions of the structure can not be ensured.

The material used in this thesis was received from the insulation manufacturers, Rakennustieto Oy and Rakennustutkimus RTS Oy. The cost comparison was made for approximately a 100-square meter house. The necessary construction drawings were also made and the cost evaluations are suggestive.

It was discovered as a result of the cost comparison that polyurethane is more expensive on the base floor and the roof. However, there was not a significant difference between the costs of the mineral wool and the polyurethane in the exterior walls.

Key words                      mineral wool, polyurethane, thermal insulation, houses

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 ERISTEIDEN OMINAISUUDET, TUOTANTO JA EKOLOGISUUS .....	7
2.1 Mineraalivilla .....	7
2.2 Polyuretaanieristeet .....	10
3 PIENTALON KANTAVAT RAKENTEET .....	12
3.1 Alapohjarakenteet .....	12
3.2 Ulkoseinärakenteet .....	13
3.3 Yläpohjarakenteet .....	14
4 PIENTALON RAKENTEIDEN KUSTANNUKSET .....	16
5 POHDINTA .....	19
LÄHTEET .....	21
LIITTEET .....	22

## 1 JOHDANTO

Yleisin pientalojen rakennustapa Suomessa on puurankarunko, ja noin 75 % uusista pientaloista on puurankarunkoisia. Puurangan hyvinä puolina pidetään sen edullisuutta rakennusmateriaalin tuotannossa sekä talon rakennusvaiheessa. Tässä työssä vertaillaan mineraalivillan ja polyuretaanin ominaisuuksia eristeenä, tuotantoa, ekologisuutta, kustannuksia ja puurankarunkoisen talon alapohja-, ulkoseinä- ja yläpohjarakenteita. Vertailun pohjana käytetään puurunkoista, noin 100 m<sup>2</sup> omakotitaloa pohja- ja leikkauskuvineen (Liitteet 1-4) sekä vertailutason 2012 U-arvoja. (RTS Oy 2014b.)

Rakennuksen eristyksen tehtävänä on estää lämpöhäviöitä ja näin ollen minimoida energiakustannukset sekä pitää lämpötilat käyttötekniisten vaatimusten rajoissa. Myös äänen eristäminen voi kuulua eristyksen tehtäviin.

Alapohjissa yleisimmin käytetty eriste on solupolystyreeni eli EPS, jota käytetään noin 80 %:ssa rakennettavista alapohjista. Mineraalivillaa voidaan käyttää joko tuulettuvissa alapohjissa tai maanvaraisissa alapohjissa, kun villan lisäksi eristeenä käytetään polystyreeniä. Mineraalivillaa käytetään kuitenkin lähinnä korjausrakentamisessa. Polyuretaanin suosio on kasvussa, ja sitä käytetään reilussa 10 %:ssa alapohjista. Polyuretaanin suosio perustuu muita eristeitä parempaan lämmöneristykseen, jonka ansiosta saavutetaan tarpeellinen lämmöneristys mahdollisimman ohuella rakenteella. (RTS Oy 2014a.)

Ulkoseinien eristämisessä mineraalivillan käyttö on ehdottomasti suosituinta, sillä joidenkin tutkimusten mukaan jopa noin 70 % uusista pientaloista eristetään mineraalivillalla. Ulkoseinissä polyuretaania käytetään lähinnä lämpöharkkojen välissä, vaikka se soveltuisi mainiosti myös puurankarunkoisen talon eristykseen. (RTS Oy 2014a.)

Lämpö pyrkii poistumaan yläpohjan kautta eniten, sillä se liikkuu ilmassa aina ylöspäin. Tämän takia yläpohjien eristys täytyy tehdä kunnolla ja asuinrakennuksien yläpohjan eristepaksuus on tällä hetkellä noin 500 mm. Puukuitu- ja mineraalivilla ovat käytetyimmät yläpohjan eristeet, ja muita eristeitä on tähän mennessä käytetty hyvin vähän. (RTS Oy 2014a.)

Uudisrakennusta suunniteltaessa eristeeltä vaadittavat ominaisuudet yleensä määrittävät, mikä eriste rakennukseen valitaan. Kriteereitä voivat olla muun muassa eristeen hinta, paloturvallisuus ja lämmönjohtavuus. Monelle myös ympäristövaikutukset ja tuotteen kotimaisuus voivat olla suuri tekijä suunnitteilla olevan omakotitalon eristeratkaisuja tehtäessä. Eristeen ekologisuutta tarkasteltaessa on tärkeää huomioida, mistä tuotteen raaka-aineet saadaan, miten tuote valmistetaan ja miten ylijäämä ja jäte kierrätetään. Mineraalivilla on ollut viime vuosikymmeninä ylivoimaisesti suosituin eristevalinta pientalorakentamisessa, mutta hiljalleen sen rinnalle on noussut erilaisia vaihtoehtoisia eristeitä, kuten polyuretaani ja polystyreeni.

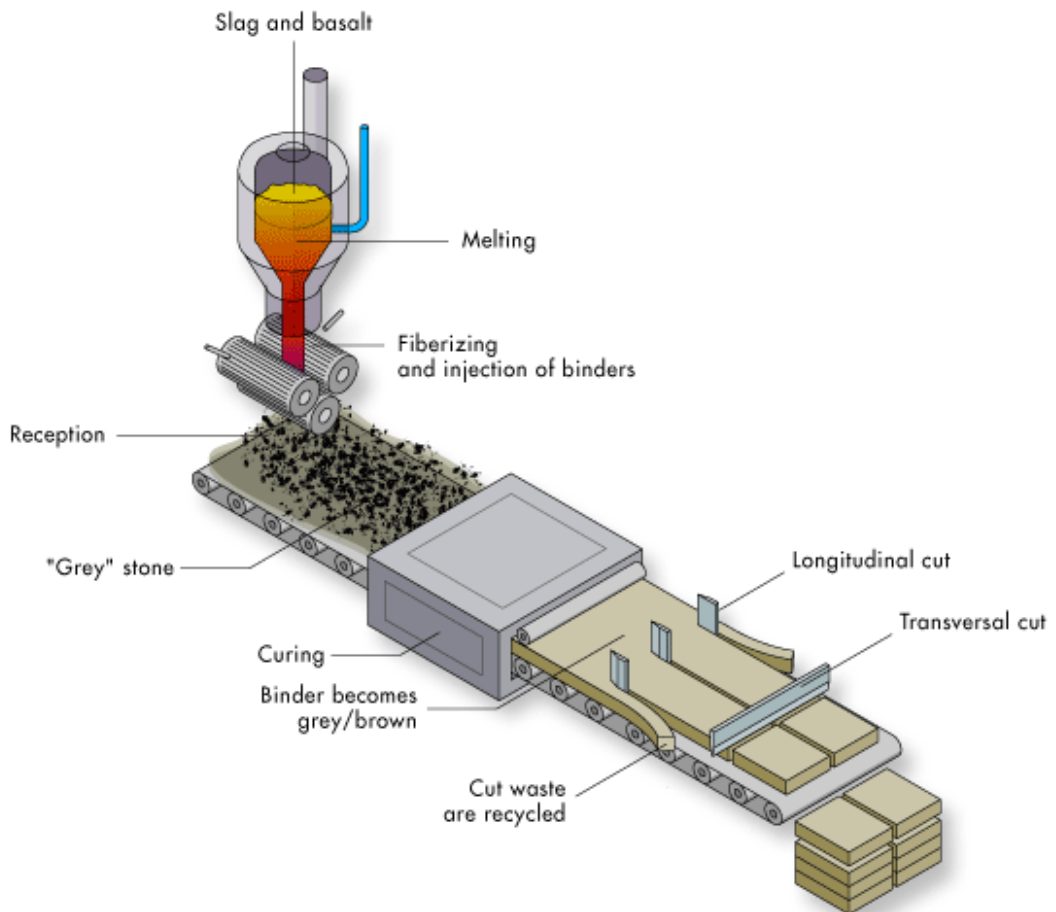
## 2 ERISTEIDEN OMINAISUUDET, TUOTANTO JA EKOLOGISUUS

### 2.1 Mineraalivilla

Yleisimpiä mineraalivilloja ovat kivi- ja lasivilla. Mineraalivillaeristeet ovat epäorgaanisista kuiduista ja orgaanisesta sideaineesta syntyviä lämmöneristeitä. Suomessa mineraalivillan valmistus on alkanut 1940-luvun alussa ja nykyaikaisten, muovia sideaineena sisältävien, mineraalivillalevyjen valmistus alkoi vuonna 1952. Mineraalivillan tiheys on 10–250 kg/m<sup>3</sup> ja yli 50 kg/m<sup>3</sup> painava tai tyyppihyväksytty kevyempi mineraalivilla hyväksytään Suomessa paloluokkaan A1 (Liite 5), sillä mineraalivillan kuidut ovat palamattomia, vaikka sideaineet ovatkin palavia aineita. Mineraalivillan puristuslujuus tuotteesta riippuen on 6–60 kN/m<sup>2</sup> ja se absorboi hyvin ääntä. Useimpien mineraalivillaeristeiden normaali käyttölämpötila on +200–250 °C:n välillä ja sekä kivi- että lasivilla sintrautuvat vasta erittäin korkeissa lämpötiloissa. Paloteknisesti vaativiin olosuhteisiin valmistetaan villaa, jossa sideaineita on hyvin vähän. Kivivillatuotteiden tiheys on noin kaksinkertainen verrattuna toiminnaltaan vastaavaan lasivillatuotteeseen. Mineraalivilla on kimmoisaa, huokoista ja se joustaa rakenteiden liikkeitä vastaavasti, jolloin ei synny rakoja. (Siikanen 2009, 217–221.)

Mineraalivillan lämmöneristyskyky pohjautuu paikallaan pysyvän ilman alhaiseen lämmönjohtavuuteen ja kuitujen väliin jäävän ilman osuus on noin 95 % tuotteen tilavuudesta. Tuotteesta riippuen mineraalivillan lämmönjohtavuus  $\lambda_n$  on 0,033–0,050 W/mK. Vesihöyryn läpäisevyys on 60–200x10<sup>-12</sup> kg/msPa, ja kosteuspitoisuus on alle 0,5 % kuivapainosta. Öljyllä käsitellyt mineraalivillat eivät ime vettä, ja koska vesihöyry kulkee tiivistymättä mineraalivillan läpi, on rakenteissa käytettävä diffuusiota estäviä tiiviitä rakennekerroksia, jos kosteuden riittävää poistumistietä eristeestä edelleen ulospäin ei voida varmistaa. Vesihöyrynläpäisevyyden vuoksi mineraalivillan läpi kulkevien metalliesineiden täytyy olla ruostumattomia tai suojattuja, jottei metallissa tapahdu korroosiota. Mineraalivilla ei lahoa tai mätäne, mutta epäsuotuisissa kosteus- tai lämpötilaolosuhteissa siinä voi ilmetä sieni- ja homekasvustoa. Mineraalivillaa voi käyttää myös sähköteknisenä eristeenä, sillä se ei varaa itseensä staattisia sähkövarauksia. (Siikanen 2009, 217–221.)

Kivillä valmistetaan emäksisistä kivilajeista, kuten basaltista, gabrosta, anortsiitista ja dolomiitista. Kiviaineen ja sideaineen suhde on 96–98 % kiviainetta ja 4–2 % sideainetta. Kivillä valmistuksessa kivet sulatetaan korkeassa lämpötilassa ja muodostunut kivisula valutetaan nopeasti pyöriville linkopyörille (binders). Sulatteesta sinkoaa pisaroita, jotka venyvät kuiduiksi voimakkaassa ilmavirrassa. Tämän jälkeen joukkoon lisätään pieni määrä sideaineita ja mattoaiho ohjataan haluttuun tiheyteen ja paksuuteen ja karkaistaan (curing) +250 °C:n lämpötilassa karkaisu-uunissa, kunnes sideaine kovettuu. Jäähdytyksen jälkeen matto leikataan valmistettavan tuotteen muotoon joko levyksi tai matoksi (Kuvio 1). (Paroc 2016b.)



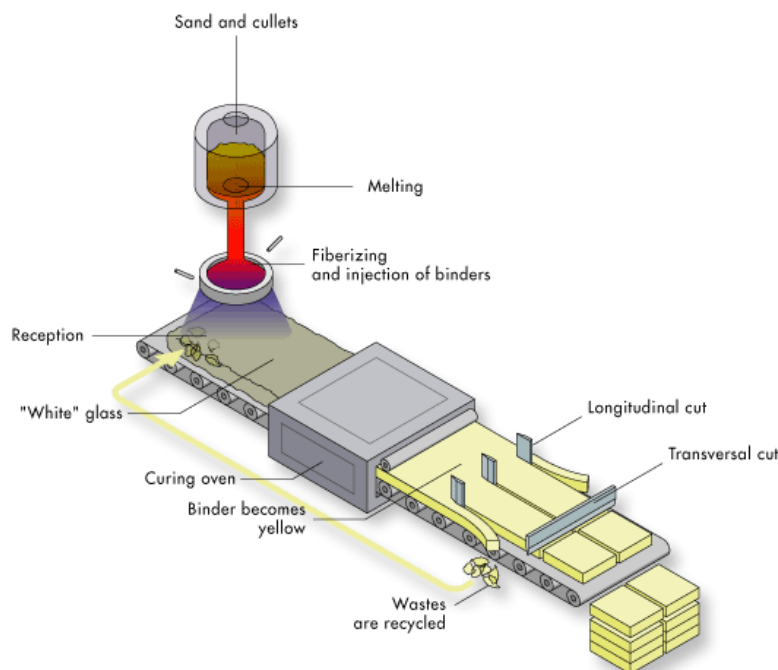
Kuvio 1. Kivillä valmistusprosessi (Eurima 2011)

Kivillä on erittäin kimmoisaa, jonka takia se voidaan pakattaessa puristaa pienempään tilaan ja näin sen käsittely on sekä edullista että helppoa. Leikkuujätteet kerätään takaisin tuotantoon ja näin vähennetään raaka-aineiden määrää sekä



säästetään energiaa ja ympäristöä. Valmistuksessa muodostuvat kaasut puhdistetaan suodattimilla sekä jälkipolttimilla. Kivivillan raaka-aineet ovat kotimaisia, mutta uusiutumattomia luonnonvaroja. Lämmöneristys säästää käyttöiän aikana energiaa yli satakertaisesti valmistukseen kuluvaan energiaan verrattuna. Rakennustyömaalta syntyvä leikkausjäte ja ylijäämä voidaan käyttää ullakon eristeenä puhallusvillan kanssa tai se voidaan palauttaa tehtaalle. Purkukohteista saatu käytetty kivivilla voidaan käyttää uudelleen jos levyt on irrotettu kokonaisina. Kivivilla voidaan myös murskata ja luvanvaraisesti käyttää kevyesti kuormitettujen maarakenteiden routaeristeenä tai täyttömaana. (Paroc 2016a.)

Lasivilla valmistetaan lisäämällä kierrätyslasin joukkoon lasin neitseellisiä raaka-aineita, kuten soodaa ja hiekkaa. Kierrätyslasin osuus on 50–60 % raaka-aineesta. Raaka-aineet punnitaan ja sekoitetaan jonka jälkeen ne syötetään lasiuuniin. Lasiuunissa seos sulatetaan (melting) sähköllä 1500 °C lämpötilassa. Sulatuksen jälkeen massa vedetään pyöriä linkojen (binders) läpi kuituaiheiksi, jotka pidennetään kuiduiksi (fiberizing) voimakkaiden ilmavirtojen avulla. Kuituihin lisätään sideaine ja se ohjataan karkaisu-uuniin (curing oven), jonka jälkeen syntynyt mineraalivilla jäähdytetään (Kuvio 2). Tämän jälkeen tuote leikataan tarvittaviin mittoihin ja pakataan puristepakkaukseen, jotta sitä on helppo käsitellä, kuljettaa ja varastoida. (Siikanen 2009, 217.)



Kuvio 2. Lasivillan valmistusprosessi. (Eurima 2011)

Esimerkiksi Suomessa lasivillaa valmistava Isover on siirtynyt Forssan tehtaalla käyttämään uusiutuvaa biokaasua nestekaasun sijaan. Tehtaalta syntyvä jäte voidaan kierrättää uudelleen tuotantoprosessiin tai energiaksi. Valmistuksessa jopa 80 % raaka-aineista on kierrätyslasia. Lasivillan valmistuksesta syntyvät kaasut pestään ympäristövaikutusten minimoimiseksi ja tehtailla säilytettävien kemikaalien määrää on vähennetty. Kemikaaleja käsitellään suoja-altaiden päällä ja tehdasalueilla olevia pohjavesiä tarkkaillaan vuosittain. ( Saint-Gobain Rakennustuotteet 2015.)

## 2.2 Polyuretaanieristeet

Polyuretaanieristeet ovat solumuovieristeitä, jotka jaetaan kahteen ryhmään: polyuretaani- (PUR) ja polyisosyanuraattieristeisiin (PIR). Eristeiden sisällä oleva kaasu parantaa eristyskykyä ja umpisoluiset PU-eristeet ovat huomattavasti parempia eristeitä kuin muut solumuovieristeet, joiden eristyskyky on noin 60 % umpisoluisen PU-eristeiden eristyskyvystä. Polyuretaanieristeiden eristyskyky perustuu sekä umpisolurakenteeseen että vaahdotusprosessin yhteydessä soluihin jäävään kaasuun, jonka lämmönjohtavuus on puolet ilman lämmönjohtavuudesta. Suomessa polyuretaanieristeitä valmistaa Kingspan, joka osti SPU eristeet vuonna 2015. (PU Eristeteollisuus 2014.)

Kingspanin eristet tuotteiden lämmönjohtavuus  $\lambda_n$  on 0,022–0,030 W/mK. Tuotteiden tiheys on 32–38 kg/m<sup>3</sup> ja vedenimeytyminen on  $\leq 1,5$  tilavuusprosenttia. Pinnoittamattoman eristeen vesihöyrynläpäisevyys on 0,1–1,2x10<sup>-12</sup> kg/msPa, jonka ansiosta eriste toimii myös höyrynsulku- ja tuulensuojakerroksena. Kevyiden polyuretaanieristeiden puristuslujuus on  $\geq 100$  kPa. Tuotteiden käyttölämpötila on +40–100 °C, lyhytaikainen lämpörasitus on +250 °C ja syttymislämpötila +300–400 °C. Kingspan Therma -tuotteet kuuluvat paloluokkiin B-s1,d0, E ja F (Liite 5). Palaessaan polyuretaani hiiltyy hitaasti, eikä se sula. Tietyt polyuretaanituotteet eivät myöskään läpäise radonia. Tuotteet eivät kutistu, mätäne tai lahoa ja kemiallisesti polyuretaani on neutraalia ja hyvin kestävä. (Kingspan Insulation Oy 2016.)

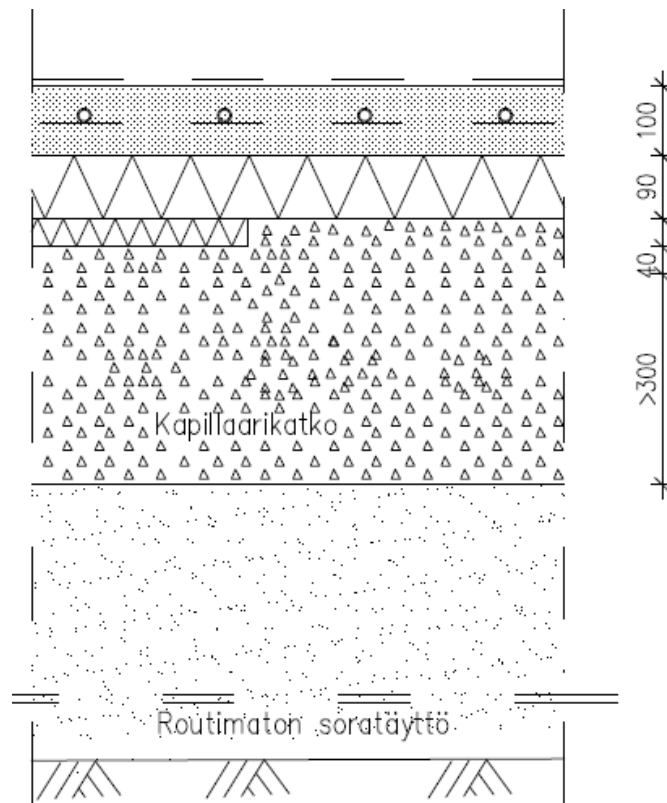
Polyuretaanin raaka-aineina käytetään isosyanaattia, polyolia ja punneainetta. PIR-eristeissä on kaksinkertainen määrä isosyanaattia PUR-eristeisiin verrattuna, mikä kasvattaa eristeen lämmönkestävyyttä. Lisäksi käytetään erilaisia apuaineita, joilla ohjataan kemiallisen reaktion kulkua ja valmiin tuotteen ominaisuuksia. Raaka-aineet sekoitetaan keskenään, jonka jälkeen alkaa kemiallinen reaktio, josta vapautuu lämpöä. Lämmön vaikutuksesta punneaine kaasuuntuu, mikä aiheuttaa seoksen tilavuuden laajenemisen 10–100-kertaiseksi. Lopputuloksena saadaan pienistä, kaasua sisältävistä soluista muodostuva polyuretaanieriste. Polyuretaanieristeet ovat hyvin keveitä, mutta vievät mineraalivillaan verrattuna huomattavasti enemmän tilaa kuljetuksen ja varastoinnin aikana. (PU Eristeteollisuus 2014; Kingspan Insulations 2016.)

Eristeiden käyttöikä on vuosikymmeniä ja rakennuksen elinkaaren lopussa ne voidaan uusiokäyttää, kierrättää tai polttaa energiaksi yhdyskuntajätteen polttolaitoksissa tai muissa voimaloissa. Polyuretaani ei aiheuta erityisiä ympäristö- tai terveysongelmia hyvin hoidetuilla kaatopaikoilla tai polttolaitoksissa. Esimerkiksi Kingspan ottaa ympäristön huomioon myös eristeiden valmistuksessa ja Suomen tehtaalla tähän prosessiin käytetään ainoastaan tuulisähköä. (PU Eristeteollisuus 2014; Kingspan Insulations 2016.)

### 3 PIENTALON KANTAVAT RAKENTEET

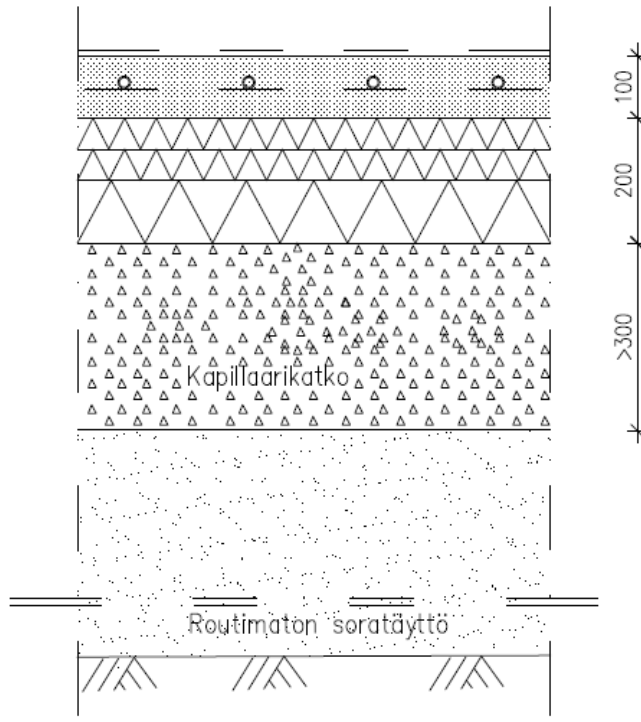
#### 3.1 Alapohjarakenteet

Esimerkkitalon alapohjarakenteeksi valittiin maanvarainen, valettu teräsbetoni-laatta, jonka U-arvo on 0,9 W/m<sup>2</sup>K. Polyuretaanilla eristetty alapohjarakenne (Kuvio 3) on muutoin samanlainen kuin solupolystyreenillä eristetty alapohjarakenne (Kuvio 4), mutta itse eristekerroksesta tulee huomattavasti ohuempi: reuna-alueilla 70 mm ja keskialueella 110 mm. Märkätiloissa on lisäksi vedeneristysjärjestelmä betonilaatan päällä.



Kuvio 3. Polyuretaanilla eristetty alapohja (ks. Liite 6)

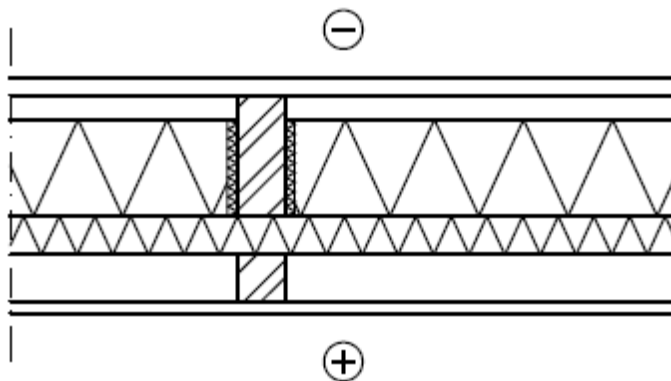
Polyuretaanieristeenä käytettiin Kingspan Kooltherm- ja Kingspan Therma -eristeitä 130 mm reuna-alueilla ja 90 mm koko pohjan alueella (Liitteet 6–7). Solupolystyreenieristeenä käytettiin 200 mm EPS-eristekerrosta (Liitteet 8–9).



Kuvio 4. Solupolystyreenillä eristetty alapohjarakenne (ks. Liite 8)

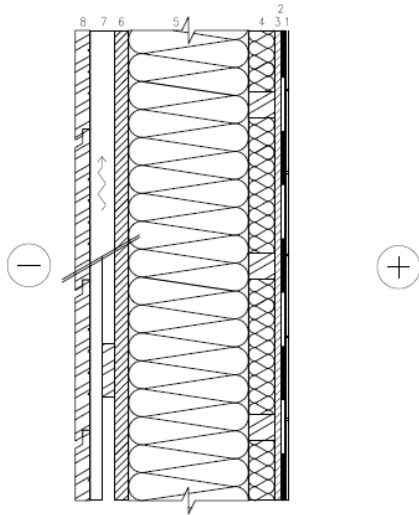
### 3.2 Ulkoseinärakenteet

Ulkoseinienrakenteiden U-arvo on  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja rakenteellisesti polyuretaanilla eristetty ulkoseinä (Liitteet 10–11) eroaa hyvin paljon mineraalivillalla eristetystä (Liitteet 12–13). Polyuretaanilla eristetyssä ulkoseinässä ei tarvitse käyttää höyrinsulkumuovia, eikä tuulensuojalevyä. Kun rungon lämpimällä puolella on yhtenäinen eristekerros, ja runkotolppien välissä Kingspan Therma k600 -runkolevy, eristekerroksen paksuudeksi saadaan 140 mm. Rakenteeseen on jätettävä tarvittava tila sähköasennuksille. Suunnittelussa tulee myös huomioida runkotolppien sijoitus (Kuvio 4).



Kuvio 4. Runkotolpan sijoittuminen (Kingspan Insulations 2016)

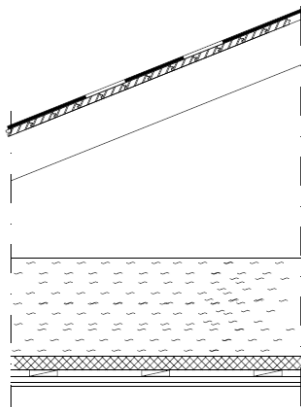
Mineraalivillalla eristetyssä ulkoseinässä (Kuvio 5) eristekerroksien yhteenlaskettu paksuus on 271 mm, mikä on 131 mm paksumpi kuin polyuretaanieristeellä. Kokonaisuudessaan polyuretaanilla eristetty seinärakenne on 105 mm ohuempi verrattuna mineraalivilla eristettyyn seinärakenteeseen, ja näin ollen rakennuksen hyötyala kasvaa 4,1 m<sup>2</sup>. Lisäksi märkätiloissa käytetään sisäpinnoitelevynä sementtilevyä kipsilevyn sijaan, sekä vedeneristysjärjestelmää.



Kuvio 5. Mineraalivillalla eristetty ulkoseinärakenne (ks. Liite 12)

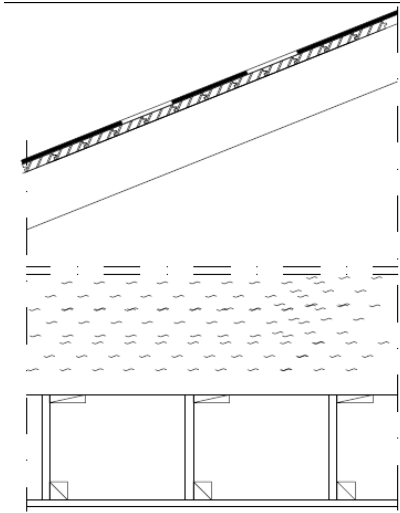
### 3.3 Yläpohjarakenteet

Yläpohjarakenteen vertailutasona käytettiin U-arvoa 0,09 W/m<sup>2</sup>K. Toisin kuin alapohjassa ja ulkoseinissä, pelkkä polyuretaani ei riitä eristeeksi kattoristikkorakenteisissa yläpohjissa (Kuvio 6). 50 mm polyuretaanikerroksen tarkoituksena on toimia höyrynsulkuna kattoristikkojen lämpimällä puolella ja ristikkojen välissä eristeenä on 350 mm puhallusvillakerros (Liitteet 14–15).



Kuvio 6. Polyuretaanilla ja puhallusvillalla eristetty yläpohja (ks. Liite 14)

Pelkällä puhallusvillalla eristettynä eristepaksuudeksi saadaan 420 mm (Liitteet 16–17). Voidaan siis todeta että vertailtaessa mineraalivillalla ja polyuretaanilla eristettyjä yläpohjarakenteita vertailutasossa 2012, polyuretaanin käyttö ei vaikuta merkittävästi eristepaksuuteen. Pesuhuone- ja saunatiloissa käytetään alas-laskettua kattorakennetta (Kuvio 7).



Kuvio 7. Mineraalivillalla eristetty alaslaskettu kattorakenne (ks. Liite17)

#### 4 PIENTALON RAKENTEIDEN KUSTANNUKSET

Pohja- ja rakennekuvien perusteella on laskettu materiaalimenekit, joiden pohjalta on määritetty sekä materiaali- että työkustannukset. Kustannukset sisältävät myös 24 % arvonlisäveron. Materiaalikustannuksiin on huomioitu materiaalisät ja -hukat, mutta niihin ei ole huomioitu mahdollisia työkalukorvauksia, sisätilojen pintamateriaaleja eikä märkätilojen vedeneristysjärjestelmiä. Materiaalikustannukset ovat muutoin Talo 2000 -nimikkeistön pohjalta, mutta polyuretaanieristeiden hinnat on tarkastettu jälleenmyyjiltä. Työkustannukset on laskettu T4-ajalla, johon sisältyvät kaikki työhön käytetyt tunnit aina siirrosta työpisteen siivoukseen. Työkustannuksien keskituntiansioina käytettiin työstä riippuen 14,71–24,22 €/h, ja niihin lisättiin 73 % sosiaalikulut.

Alapohjan kustannuksiin (Taulukko 1) merkittävimmin vaikuttaa eristemateriaalin valinta, sillä polyuretaani on huomattavasti solupolystyreeniä kalliimpaa. (Rakennustieto 2015, 53–54, 246, 249)

Taulukko 1. Alapohjien kustannukset

<b>ALAPOHJA EPS</b>	Materiaalimenekki	Materiaalikustannus	Työkustannus	Kustannus yhteensä
Teräsbetoni-laatta 100mm	104,2m <sup>2</sup>	1 619,98 €	826,93 €	2 446,91 €
Suodatinkangas	104,2m <sup>2</sup>	93,03 €	20,67 €	113,70 €
Solumuovi EPS 100 200mm	104,2m <sup>2</sup>	1 594,43 €	542,67 €	2 137,10 €
Sepelitäyttö >300mm	104,2 m <sup>2</sup>	1 498,81 €	213,19 €	1 712,00 €
<b>Yhteensä</b>		<b>4 806,25 €</b>	<b>1 603,46 €</b>	<b>6 409,71 €</b>

<b>ALAPOHJA Polyuretaani</b>	Materiaalimenekki	Materiaalikustannus	Työkustannus	Kustannus yhteensä
Teräsbetoni-laatta 100mm	110,1m <sup>2</sup>	1 787,78 €	873,75 €	2 661,53 €
Suodatinkangas	110,1m <sup>2</sup>	98,30 €	21,84 €	120,14 €
Kingspan Kooltherm 90mm+Kingspan Therma 40mm reuna-alueella	110,1m <sup>2</sup>	3 544,29 €	573,40 €	4 117,69 €
Sepelitäyttö >300mm	110,1m <sup>2</sup>	1 583,68 €	225,26 €	1 808,94 €
<b>Yhteensä</b>		<b>7 014,05 €</b>	<b>1 694,25 €</b>	<b>8 708,30 €</b>



Ulkoseinien kustannuksissa (Taulukko 2) ei ole huomioitu ikkunoiden ja ovien hintoja tai asennusta. Ulkoseinien eristeenä polyuretaani on kokonaiskustannuksiltaan kilpailukykyinen villan kanssa, kun eristeenä käytetään alumiinipinnoitteista Kingspan Therma -eristettä, joka toimii myös höyrynsulkuna ja tuulensuojalevynä. Lisäksi rungon tolpat ovat pienemmät, josta saadaan myös säästöä. Mineraalivillaisen ulkoseinän höyrynsulun materiaalikustannus ja asennus on lasitettu rungon kuluihin. (Rakennustieto 2015, 66–68, 87–90, 148, 247-250)

Taulukko 2. Ulkoseinien kustannukset

<b>ULKOSEINÄ Mineraalivilla</b>	Materiaalimenekki	Materiaalikustannus	Työkustannus	Kustannus yhteensä
Ulkoverhous UTV 23x120mm	167m <sup>2</sup>	3 124,84 €	3 512,08 €	6 636,92 €
Tuuletusrako	593 jm	442,28 €	256,39 €	698,67 €
Huokoinen puukuitulevy 25mm	171,6 m <sup>2</sup>	1 344,12 €	691,55 €	2 035,67 €
Runko	120m <sup>2</sup>	2 082,56 €	3 188,78 €	5 271,34 €
Mineraalivilla 223mm	124,8m <sup>2</sup>	1 528,80 €	549,37 €	2 078,17 €
Mineraalivilla 48mm	119,6m <sup>2</sup>	526,48 €	287,71 €	814,19 €
Kipsilevy GEK 13mm	114m <sup>2</sup>	681,36 €	884,77 €	1 566,13 €
<b>Yhteensä</b>		<b>9 730,44 €</b>	<b>9 370,65 €</b>	<b>19 101,09 €</b>

<b>ULKOSEINÄ Polyuretaani</b>	Materiaalimenekki	Materiaalikustannus	Työkustannus	Kustannus yhteensä
Ulkoverhous UTV 23x120mm	167 m <sup>2</sup>	3 124,84 €	3 512,08 €	6 636,92 €
Runko	121m <sup>2</sup>	877,46 €	2 256,60 €	3 134,06 €
Kingspan Therma/R 100mm k600	121m <sup>2</sup>	4 077,22 €	302,72 €	4 379,94 €
Kingspan Therma 40mm	120m <sup>2</sup>	1 898,21 €	300,22 €	2 198,43 €
Pystyynkoolaus 48x48mm	119m <sup>2</sup>	285,53 €	1 109,65 €	1 395,18 €
Kipsilevy GEK 13mm	118m <sup>2</sup>	705,26 €	832,56 €	1 537,82 €
<b>Yhteensä</b>		<b>10 968,52 €</b>	<b>8 313,83 €</b>	<b>19 282,35 €</b>

Yläpohjien kustannuksissa (Taulukko 3) ei ole otettu huomioon kattoristikoita eikä eristekerroksen yläpuolisia rakenneosia, koska niiden materiaali- ja työkustannukset ovat samat sekä mineraalivillalla että polyuretaanilla eristetyissä yläpohjissa. Kustannuksissa ei myöskään ole huomioitu märkätilojen alaslasketun katon

materiaalimenekkejä tai työkustannuksia. Yläpohjarakenteissa käytetyn puhallusvillan hinta on ilmoitettu puhallettuna. (Rakennustieto 2015, 134, 140-141, 205, 249)

Taulukko 3. Yläpohjien kustannukset

<b>YLÄPOHJA Mineraalivilla</b>	Materiaalimenekki	Materiaalikustannus	Työkustannus	Kustannus yhteensä
Paroc BLT 6 420mm, puhallettuna	118m <sup>2</sup>	3 692,98 €	0,00 €	3 692,98 €
Höyrynsulkumuovi	118m <sup>2</sup>	155,10 €	80,47 €	235,57 €
Ristikoolaus 25x100mm k400	106,6m <sup>2</sup>	524,77 €	880,34 €	1 405,11 €
Kipsilevy GN-13, ruuvi-kiinnitys k200	104m <sup>2</sup>	582,18 €	435,88 €	1 018,06 €
<b>Yhteensä</b>		<b>4 955,03 €</b>	<b>1 396,69 €</b>	<b>6 351,72 €</b>

<b>YLÄPOHJA Polyuretaani</b>	Materiaalimenekki	Materiaalikustannus	Työkustannus	Kustannus yhteensä
Paroc BLT 6 350mm	118,3m <sup>2</sup>	3 085,31 €	0,00 €	3 085,31 €
Kingspan Therma 50 mm	118,3m <sup>2</sup>	2 255,15 €	756,93 €	3 012,08 €
Ristikoolaus 25x100mm k400	112m <sup>2</sup>	551,35 €	924,94 €	1 476,29 €
Kipsilevy GN-13, ruuvi-kiinnitys k200	109,6m <sup>2</sup>	613,53 €	459,36 €	1 072,89 €
<b>Yhteensä</b>		<b>6 505,34 €</b>	<b>2 141,23 €</b>	<b>8 646,57 €</b>

## 5 POHDINTA

Maanvaraisissa alapohjissa polyuretaani ei kustannuksien osalta pärjää solupolystyreenille, ja molempien eristeiden ominaisuudet ja ympäristövaikutukset ovat samankaltaisia. Ainoa merkittävä ero eristeillä on se, että polyuretaanin radoninläpäisevyys on noin 0, ja polyuretaanin käyttö lattian eristeenä olisi tässä tapauksessa järkeenkäypää, jos jostain syystä ei voida tai haluta rakentaa tuulettuvaa alapohjaa. Tokihan tuulettuvan alapohjan voi myös eristää polyuretaanilla, mutta tällöin tarvitaan erillinen askeläänieriste.

Ulkoseinien osalta molemmissa eristeissä on puolensa. Villa on hyväksi todettu ja sen käytöstä on vuosikymmenten kokemus, kun taas polyuretaania pidetään verrattain uutena materiaalina, vaikka sitä on käytetty käytännön rakenteissa yli 50 vuotta. Toisaalta taas polyuretaanin käyttö eristeinä nykyisessä muodossaan on melko uutta, eikä voida varmasti sanoa millainen eri rakenneosien rakennusfysikaalinen toiminta on polyuretaanilla eristettäessä. Suurin huoli on varmasti kosteuden kertyminen rakenteeseen, jota ulkoseinien osalta ehkäistään sillä, että runkotolppia ei saa upottaa kokonaan eristeeseen sisään, jotta ne pääsevät myös kuivumaan vuoden aikana. Mineraalivillaeristeitä on kritisoitu eristepaksuuksien vuoksi, jotka tuntuvat aina vain kasvavan, kun uudet rakennusmääräykset julkaistaan. Ulkoseinärakenteen U-arvoa parannettaessa eristepaksuutta on kasvatettava, jonka johdosta rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta voi tässäkin tapauksessa vaarantua. Myös rakentamisen aikana tehdyt virheet voivat johtaa epäsuotuisiin ympäristöolosuhteisiin villan kannalta, joka voi aiheuttaa villan kasvamisen ja sienikasvuston syntymisen. Tässä suhteessa polyuretaani on ehkä turvallisempi valinta eristeenä, sillä se ei vety. Polyuretaani on myös ympäristöystävällisempää valmistaa, varsinkin kivivillaan verrattuna, jonka raaka-aineet ovat uusiutumattomia.

Yläpohjissa mineraalivilla on kustannuksiltaan paljon edullisempi vaihtoehto, kun rakenne suunnitellaan vertailutason 2012 mukaan. Polyuretaanin sijoitus yläpohjarakenteeseen on varmaankin mielekästä silloin, jos rakenteen U-arvoa tahdotaan parantaa, jolloin eristekerroksen paksuutta saadaan pienennettyä. Eristekerroksen paksuuden kasvaessa liian suureksi, yläpohjan tarvittava ilmanvaihto

voi vaarantua. Tällöin kosteutta voi alkaa kerääntyä rakenteisiin, jolloin syntyy oiva kasvualusta home- ja lahottajasienille.

Rakennusmääräysten tiukentuessa polyuretaanista voi lähivuosina tulla varsin kilpailukykyinen eriste mineraalivillalle. Toivottavasti molempien eristeiden rakennusfysikaalisesta toimivuudesta saadaan tulevaisuudessa enemmän tutkimustietoja, jotka auttavat eristevalintaa tehtäessä. Ja ehkäpä polyuretaanin tuotekehityksessä tehdään iso loikka eteenpäin, minkä ansiosta polyuretaanieristeiden tuotantokustannukset pienentyvät.

## LÄHTEET

Eurima 2011. Production process. Viitattu 20.3.2016 <http://www.eurima.org/about-mineral-wool/production-process.html>.

Kingspan insulation Oy. Miksi valita Kingspan -eristeet. Viitattu 27.3.2016 <http://www.spu.fi/miksi-valita-kingspan-eristeet/>.

Paroc 2016a. Kestävä kehitys. Viitattu 20.3.2016 <http://www.paroc.fi/know-how/kestava-kehitys>.

– 2016b. Knowhow. Viitattu 19.3.2016 [http://www.paroc.fi/knowhow?sc\\_lang=fi-FI](http://www.paroc.fi/knowhow?sc_lang=fi-FI).

PU Eristeollisuus ry 2014. Mitä polyuretaani on. Viitattu 27.3.2016 <http://www.pueristeet.fi/pu-eristeet/mita-polyuretaani-on/>.

Rakennustieto Oy 2015. ROK Rakennusosien kustannuksia 2015. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RTS Oy 2014a. Pientalon lämmöneristys. Viitattu 25.2.2016 <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/pientalon-lammoneristys>.

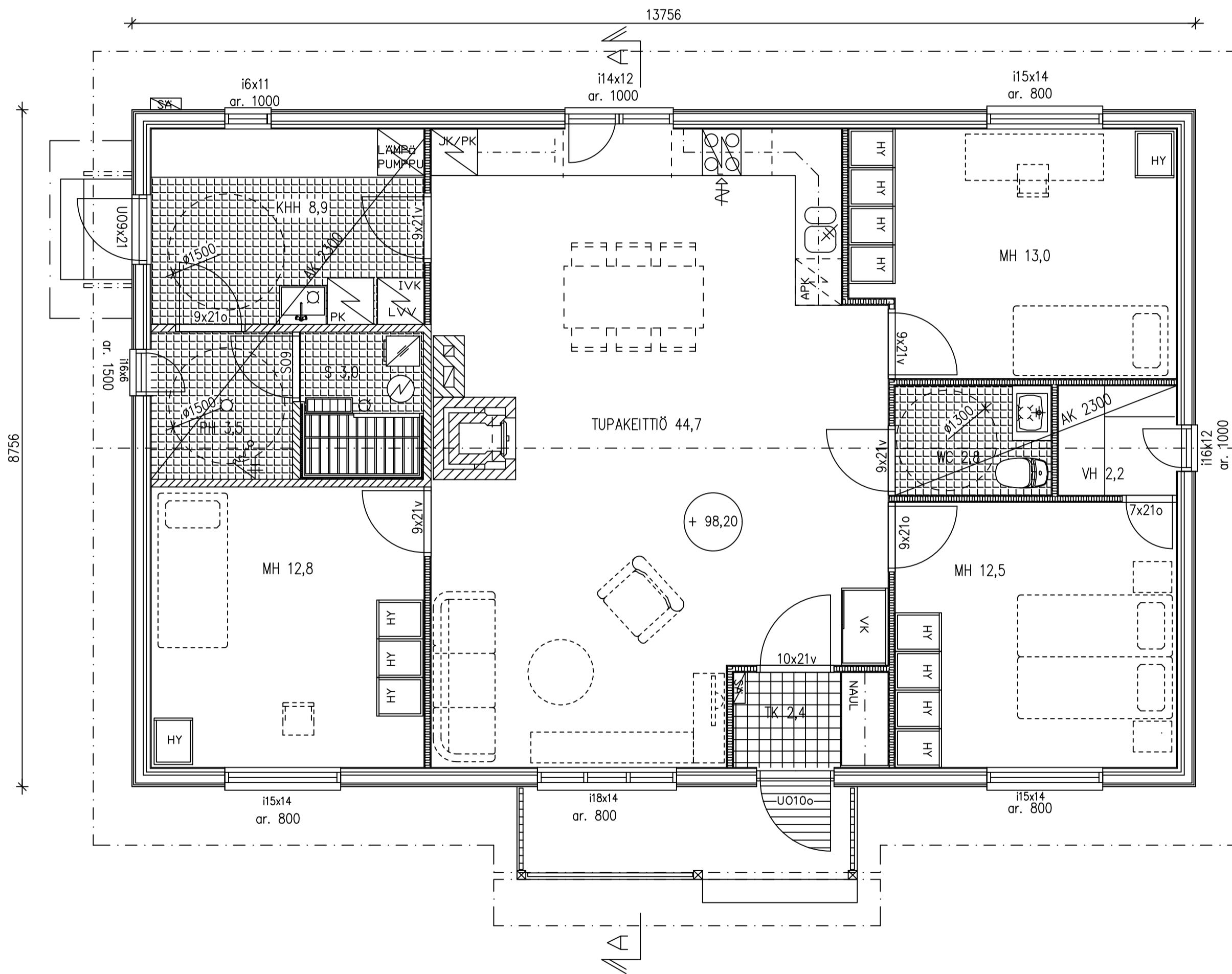
– 2014b. Runkoratkaisun valinta. Viitattu 25.2.2016 <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/runkoratkaisun-valinta>.

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy 2015. Ympäristövastuu. Viitattu 26.3.2016 <http://www.isover.fi/yritys/vastuullinen-yritystoiminta/ymparistovastuu>.

Siikanen, U. 2009. Rakennusaineoppi. 7. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

## LIITTEET

- Liite 1. Pohjakuva polyuretaanieristeellä
- Liite 2. Julkisivu- ja leikkauskuva polyuretaanieristeellä
- Liite 3. Pohjakuva mineraalivillaeristeellä
- Liite 4. Julkisivu- ja leikkauskuva mineraalivillaeristeellä
- Liite 5. Rakennusmateriaalien paloluokitus
- Liite 6. Alapohjarakenne polyuretaanieristeellä
- Liite 7. Märkätilan alapohjarakenne polyuretaanieristeellä
- Liite 8. Alapohjarakenne EPS – eristeellä
- Liite 9. Märkätilan alapohjarakenne EPS – eristeellä
- Liite 10. Ulkoseinärakenne polyuretaanieristeellä
- Liite 11. Märkätilan ulkoseinärakenne polyuretaanieristeellä
- Liite 12. Ulkoseinärakenne mineraalivillaeristeellä
- Liite 13. Märkätilan ulkoseinärakenne mineraalivillaeristeellä
- Liite 14. Yläpohjarakenne polyuretaanieristeellä
- Liite 15. Märkätilan yläpohjarakenne polyuretaanieristeellä
- Liite 16. Yläpohjarakenne mineraalivillaeristeellä
- Liite 17. Märkätilan yläpohja mineraalivillaeristeellä



**HORMISTO 1:20**

1. SAUNANKUIAS  
2. LEIVINUUNI

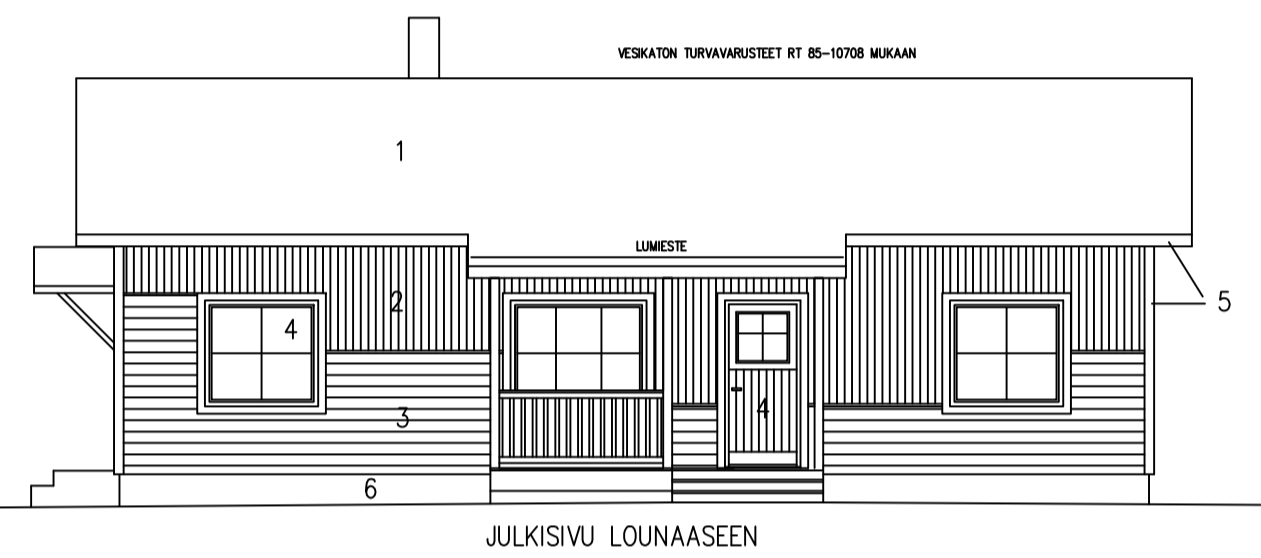
Paikallamuurattu savupiippu, hormitiili 127x254  
Yläpohjan läpiviennissä ja ullakolla paloeristys  
Paroc FPS-50+50 mm  
Hormit ja tulisijat SRakMK E3 ohjeiden mukaisesti  
huomioiden voimassa olevat määräykset suojaetäisyyksistä

H-ALA 105,8 m<sup>2</sup>  
K-ALA 117,4 k-m<sup>2</sup>  
TILAVUUS 411 m<sup>3</sup>

RAKENNUKSESSA VESIKIERTONEN LATTIALÄMMITYS (MAALÄMPÖPUMPPU)  
JA KONEellinen ILMANVAIHTO LÄMMÖN TALLENOTOLLA, LÄMPÖTILA-  
HYÖTYSUHDE YLI 50% ERIKESISUUNNITELMAN MUKAAN

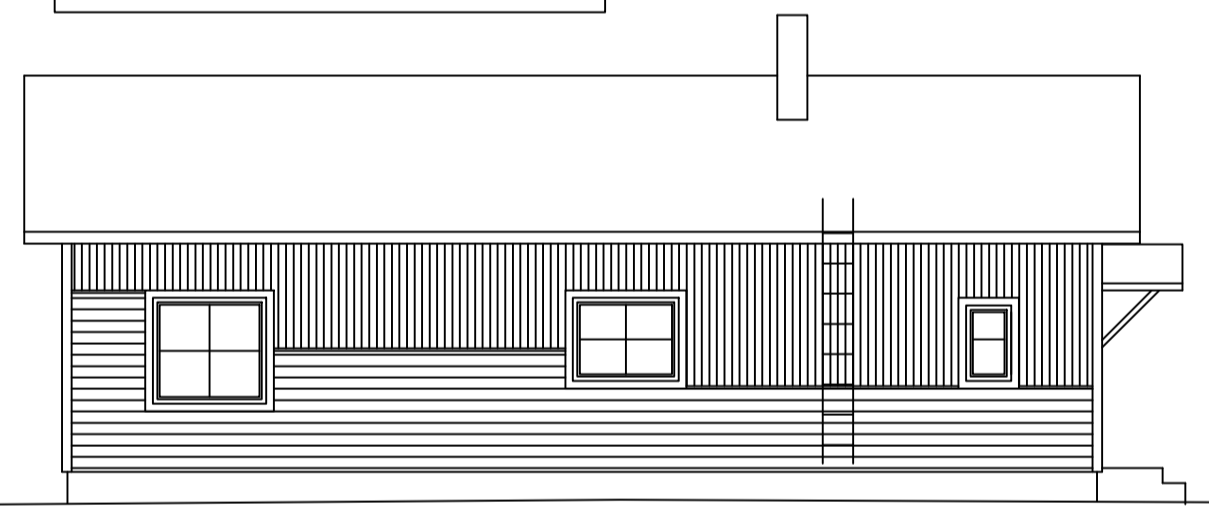
IKKUNAPINTA-ALA 12,2 m<sup>2</sup> = 10,4 % /k--alasta

Nimi	Pätevyys	Suunnittelija	Selitys
K. Koski/työ Rakennusohje <b>UUDISRAKENNUS</b> Rakennuskohde: ovi ja ovi	Kartti	Tarja	Vaivastalon ovi- ja ovi-työt Pääpiirustus Pivulinen 0808 POHJAPIIRUSTUS POLYURETAANIERISTE 1:50
SUUNNITTELUALA	TYÖ N:O	PIIRUSTUS N:O	Muutos
ARK	1		PWT

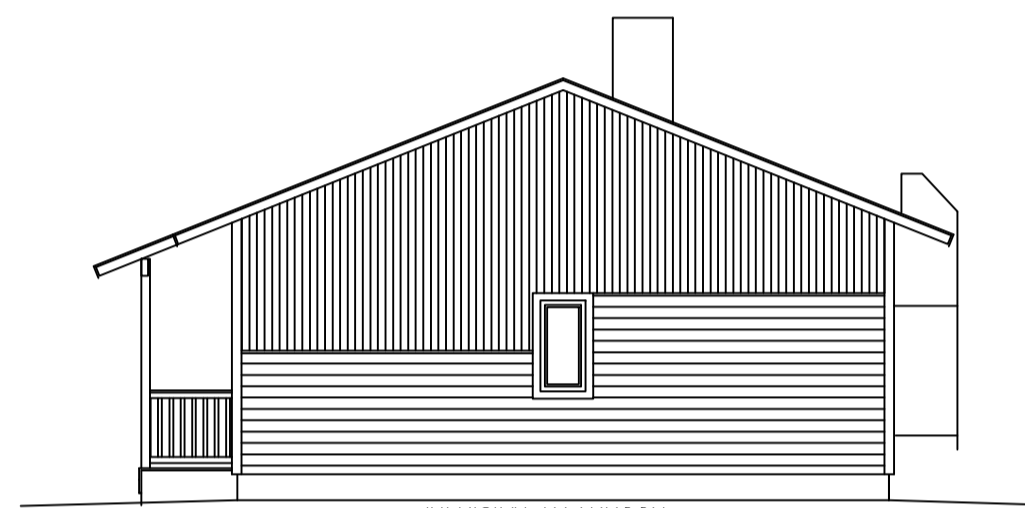


JULKISIVU LOUNAASEEN

- JULKISIVUMATERIAALIT JA VÄRIT:
1. Palahuopakate , musta
  2. Pystypaneli , vaalea
  3. Vaakapaneli , vaalea
  4. Ikkunoiden ja ovien puuosat valkoiset
  5. Tehosteväri valkoinen
  6. Betoni, harmaa



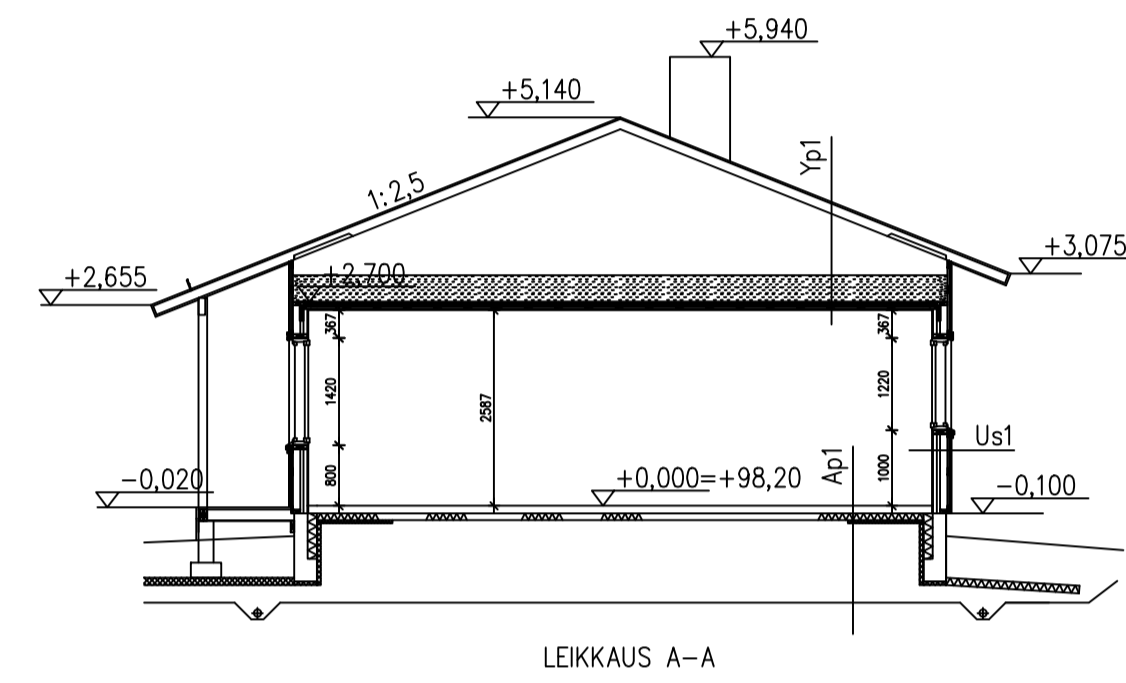
JULKISIVU KOILLISEEN



JULKISIVU KAAKKOON



JULKISIVU LUOTEESEEN



LEIKKAUS A-A

- YLÄPOHJA YP 1 , U-ARVO 0,080
- PALAHUOPAKATE
  - RAAKAPONTTI 23x95
  - NAULALEVYRISTIKOT K 900
  - ERISTE BLT 350 mm
  - Uretaanieriste SPU AL 50 mm
  - RISTIKOOLAUS 25x100 k 400
  - KIPSILEVY GN-13 mm

- ULKOSEINÄ US1 , U-ARVO 0,16
- PUUPANELI , UTV 23 x 110/120 hienosahattu kuusi
  - ILMARAKO ( ristiinkoolaus 25x100 k 600 )

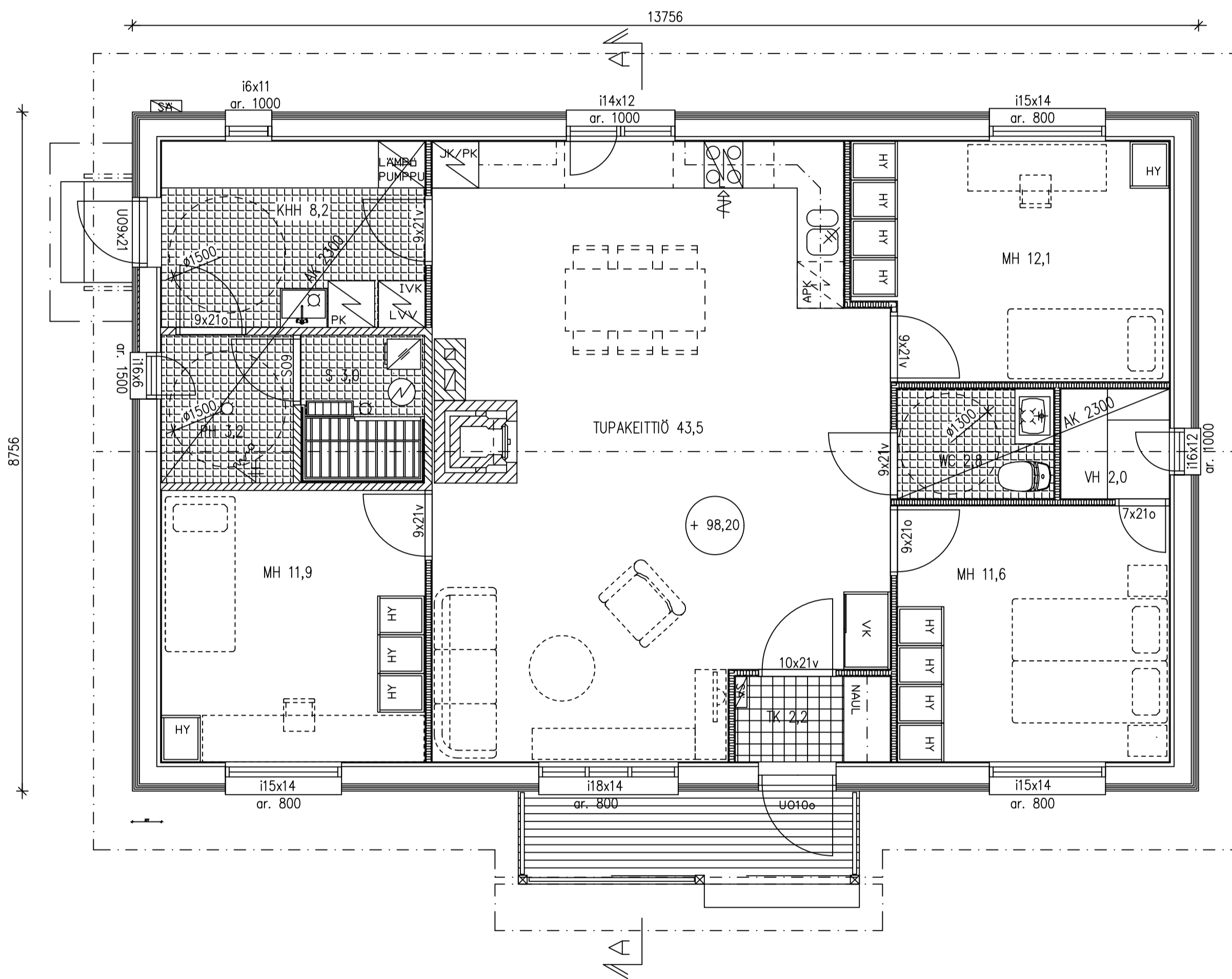
- RUNKO 48 x 125 k 600 + SPU AL 100 mm
- SPU AL 40 mm
- PYSTYYNKOOLAUS 48x48 mm
- SISÄVERHOUSLEVY GYPROC 13 mm

- ALAPOHJA AP 1 , U-ARVO 0,17
- LATTIAPINNOITE
  - BETONILAATTIA 100 mm
  - SPU AL 90 mm + 40 mm
  - KAPILLAARIKATKO, SALAOJASEPELI 300 mm
  - TIIVISTETTY SORATÄYTTÖ

- IKKUNAT , selektiivi , U-ARVO 1,0
- ULKO-OVET, U-ARVO 1,0

Muoto	Pöytä	Suunnittaja	Selitys
Kaav./Ks	Kartti	Tuottaja	Veronmaksajan rekisteröintinumero
Rakennuslupa UUDISRAKENNUS Rakennuksen nimi ja osoite	Pääpiirustus Pääpiirustus AS.RAKENNUS JULKISIVUT, LEIKKAUS A--A	Julkaisun Mittakaava 1:100	
SUUNNITTELUALA	TYÖ N:o	PIIRUSTUS N:o	Muoto
ARK	2		Pöytä





HORMISTO 1:20

1. SAUNANKUIAS  
2. LEIVINUUNI

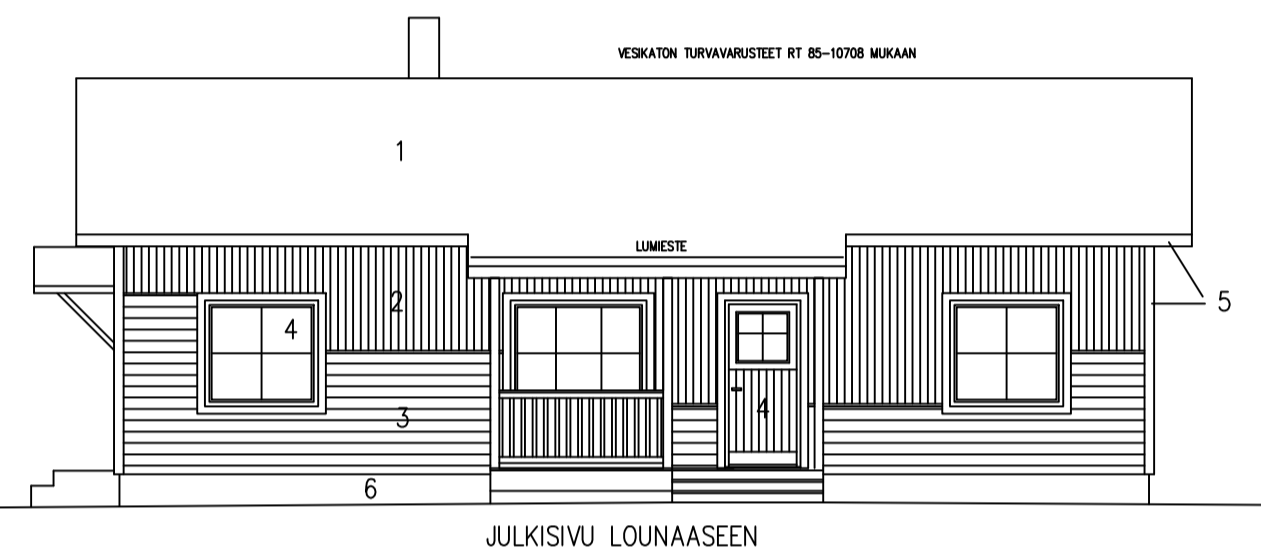
Paikallamuurattu savupiippu, hormitili 127x254  
Yläpohjan läpiviennissä ja ullakolla paloeristys  
Paroc FPS-50+50 mm  
Hormit ja tulisijat SRakMK E3 ohjeiden mukaisesti  
huomioiden voimassa olevat määräykset suojaetäisyyksistä

H-ALA 100,5 m<sup>2</sup>  
K-ALA 117,4 k-m<sup>2</sup>  
TILAVUUS 411 m<sup>3</sup>

RAKENNUKSESSA VESIKIERTONEN LATTIALÄMMITYS (MAALÄMPÖPUMPPU)  
JA KONEELLINEN ILMANVAIHTO LÄMMÖN TALLENOTOLLA, LÄMPÖTILA-  
HYÖTYSUUNNITELMAN MUKAAN

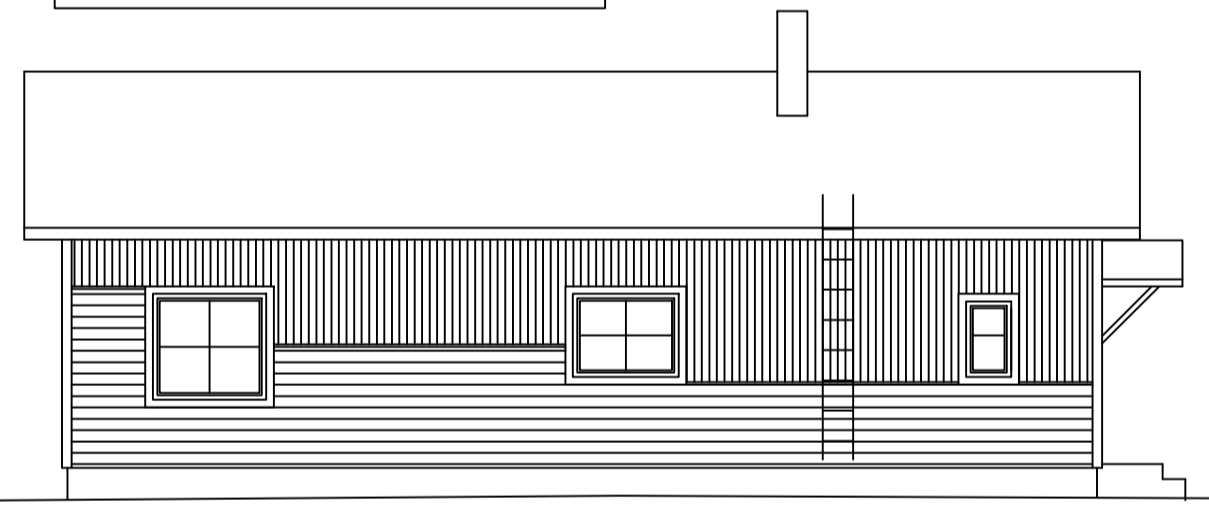
IKKUNAPINTA-ALA 12,2 m<sup>2</sup> = 10,4 % /k--alasta

Nimi	Pätevyys	Suunnittelija	Selitys
K. Koski/työ	Kartti	Taru	Voimassa olevien määräysten mukainen
Rakennusvaihe	UUDISRAKENNUS	Rakennusvaihe	1:50
SUUNNITTELUALA	TYÖ N:O	PIIRUSTUS N:O	Muoto
ARK	1		PWT

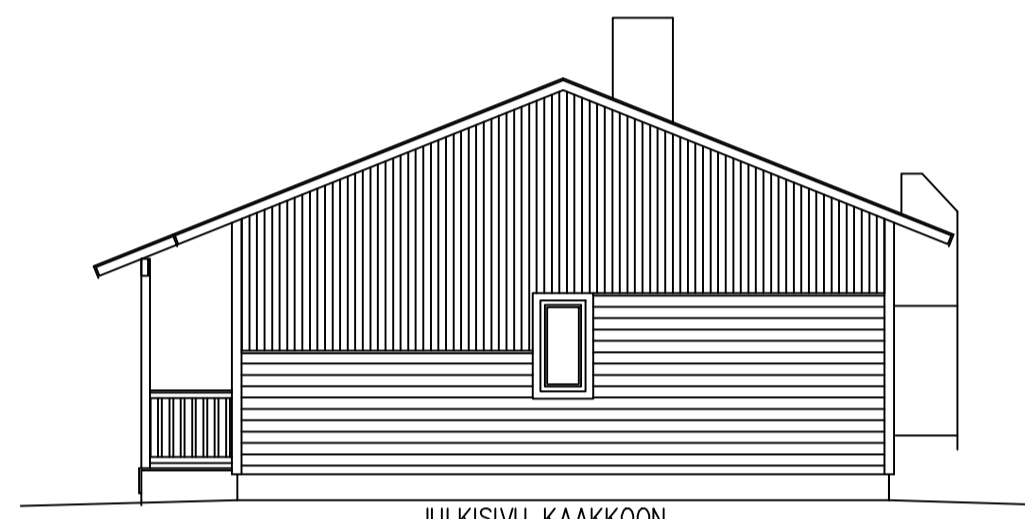


JULKISIVU LÖUNAASEEN

- JULKISIVUMATERIAALIT JA VÄRIT:
1. Palahuopakate , musta
  2. Pystypaneli , vaalea
  3. Vaakapaneli , vaalea
  4. Ikkunoiden ja ovien puuosat valkoiset
  5. Tehosteväri valkoinen
  6. Betoni, harmaa



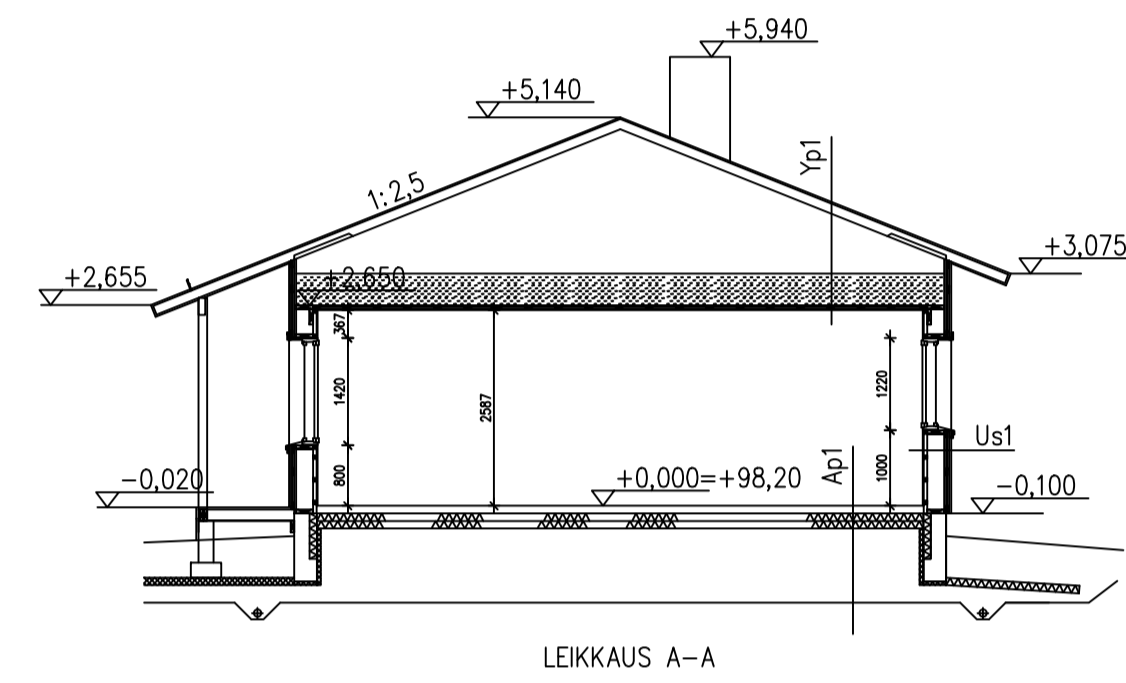
JULKISIVU KOILLISEEN



JULKISIVU KAAKKOON



JULKISIVU LUOTEESEEN



LEIKKAUS A-A

- YLÄPOHJA YP 1 , U-ARVO 0,090
- PALAHUOPAKATE
  - RAAKAPONTTI 23x95
  - NAULALEVYRISTIKOT K 900
  - ERISTE BLT 420 mm
  - RISTIKOOLAUS 25x100 k 400
  - KIPSILEVY GN-13 mm

- ULKOSEINÄ US1 , U-ARVO 0,16
- PUUPANELI , UTV 23 x 110/120 hienosahattu kuusi
  - ILMARAKO ( ristinkoolaus 22x100 k 600 )
  - TUULENSUOJALEVY RUNKOLEIJONA 25 mm
  - RUNKO 48 x 198 k 600 + MIN.VILLA 200 mm
  - HÖYRYNSULKUMUOVI PEL-muovi 0,20 mm
  - VAAKARUNKO 48x40 k 300 + MIN.VILLA 50 mm
  - SISÄVERHOUSLEVY GYPROC 13 mm

- ALAPOHJA AP 1 , U-ARVO 0,17
- LATTIAPINNOITE
  - BETONILAATTIA 100 mm
  - STYROX 100+100 mm
  - KAPILLAARIKATKO, SALAOJASEPELI 300 mm
  - TIIVISTETTY SORATÄYTTÖ

- IKKUNAT , selektiivi , U-ARVO 1,0
- ULKO-OVET, U-ARVO 1,0

Muoto	Pöytä	Suunnittaja	Selitys
Kaav./Ks	Kartta	Tuottaja	Veronmaksajan rekisteröintinumero
Rakennuslupa UUDISRAKENNUS Rakennuksen nimi ja osoite	Pääpiirustus Pääpiirustus AS.RAKENNUS JULKISIVUT, LEIKKAUS A--A	Julkaisun Mittakaava 1:100	
SUUNNITTELUALA	TYÖ N:o 2	PIIRUSTUS N:o	Muoto Pöytä

## Liite 5. Rakennusmateriaalien paloluokitus

Rakennustarvikkeiden luokat lukuun ottamatta lattiapäällysteitä kuvataan merkinnöillä: A1, A2, B, C, D, E, F.

Savun tuotto ja palava pisarointi ilmaistaan lisämääreillä s ja d. Savun tuoton luokitus on s1, s2, s3 ja palavan pisaroinnin d0, d1, d2.

A1 = Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon (palamaton).

A2 = Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.

B = Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.

C = Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.

D = Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.

E = Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.

F = Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.

s1 = Savuntuotto on erittäin vähäistä.

s2 = Savuntuotto on vähäistä.

s3 = Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia.

d0 = Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.

d1 = Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.

d2 = Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

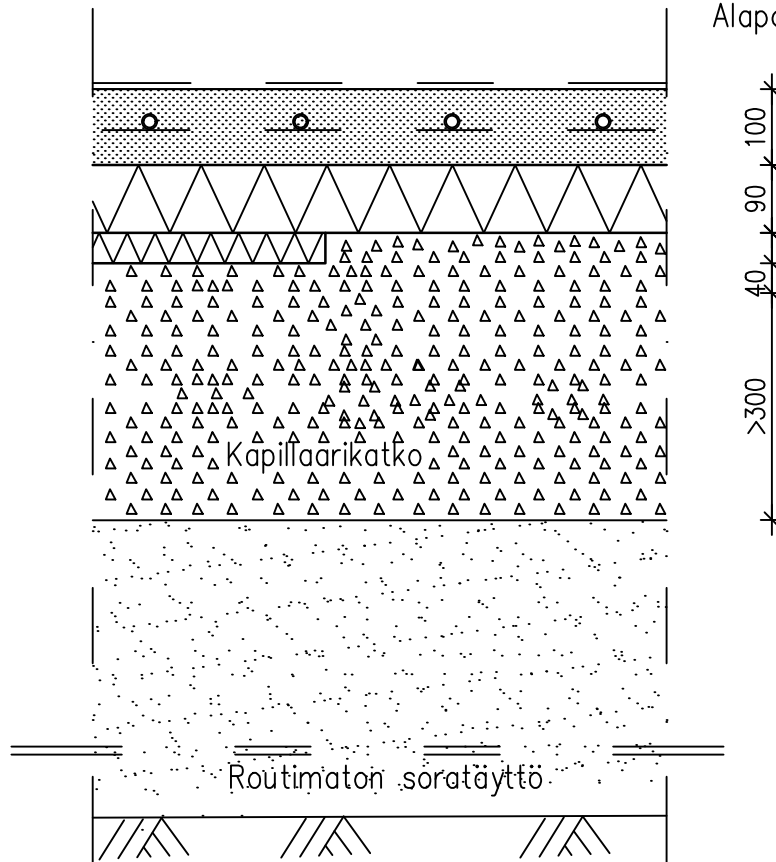
Luokat A1 ja F esiintyvät aina ilman lisämääreitä. E ilman lisämäärettä tarkoittaa, että tarvikkeesta ei irtoa palavia pisaroita. Kaikki muut luokat sisältävät myös lisämääreet, esim. A2-s1, d0, B-s1, d0, D-s2, d2, E-d2.

# Liite 6

# Ap1

1:10

Alapohja: Asuinrakennus



Pintamateriaali ja käsittely huoneselityksen mukaan

100 mm

Teräsbetonilaatta, BY45 luokka A-4-30  
teräkset: 6-150 B500K keskeisesti, reunoille  $\varnothing$  8 jp.>500 mm

90 mm

SPU AL 90 koko alapohjan alueelle

> 40 mm

SPU AL 40 ainoastaan reuna-alueelle, vähintään metrin levyisenä kaistana

> 300 mm

Tiivistetty kapillaarikatko ( sepeli # 10...16 mm)

Massanvaihto routimaton soratäyttö, kapillaarisuus <0,30 m, tiiveys  $\geq$ 95%  
Perustusten alle sora- tai mursketäyttö >400 mm, tiiveys  $\geq$ 95%

U-arvo

0,16 W/m<sup>2</sup>K (SPU AL  $\lambda_D$  0,023 W/mK)

SPU AL eristelevyistä ei tule poistaa laminaattia levyn kummaltakaan puolelta.  
Kahden SPU AL eristelevyn väliin jääviä laminaatteja ei tule myöskään poistaa.

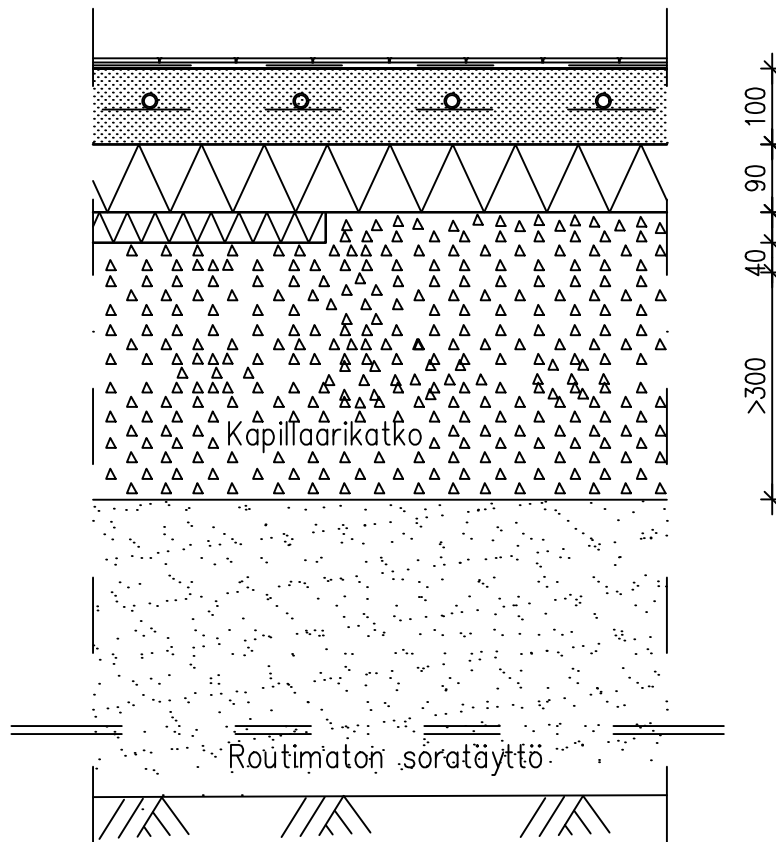
Reuna-alueen ohuempi SPU AL eristekerros asennetaan kapillaarikatkokerroksen päälle vähintään yhden metrin levyisenä kaistana, jonka jälkeen sisäalueen kapillaarikatkokerroksen tasataan reuna-alueen SPU AL 40 eristekerroksen yläpinnan tasalle. Paksumpi SPU AL eristekerros asennetaan yhtenäisenä koko alapohjan alueelle, jolloin rauditus- ja valutöille saadaan yhtenäinen tukeva alusta.

On suositeltavaa, että paksumman SPU AL eristekerroksen levyjen saumat vaahdotetaan.

On suositeltavaa, että SPU AL eristeen ja betonivalun välissä käytetään valusuojakangasta.

1:10

Alapohja: Märkätilat



—	Lattialaatta Sertifioitu vedeneristysjärjestelmä
100 mm	Teräsbetonilaatta, BY45 luokka A-4-30 teräkset: 6-150 B500K keskeisesti, reunoille $\varnothing$ 8 jp.>500 mm
90 mm	SPU AL 90 koko alapohjan alueelle
40 mm	SPU AL 40 ainoastaan reuna-alueelle, vähintään metrin levyisenä kaistana
300 mm	Tiivistetty kapillaarikatko ( sepeli # 10...16 mm)
	Massanvaihto routimaton soratäyttö, kapillaarisuus <0,30 m, tiiveys $\geq$ 95% Perustusten alle sora- tai mursketäyttö >400 mm, tiiveys $\geq$ 95%
U-arvo	0,16 W/m <sup>2</sup> K (SPU AL $\lambda_D$ 0,023 W/mK)

SPU AL eristelevyistä ei tule poistaa laminaattia levyn kummaltakaan puolelta. Kahden SPU AL eristelevyn väliin jääviä laminaatteja ei tule myöskään poistaa.

Reuna-alueen ohuempi SPU AL eristekerros asennetaan kapillaarikatkokerroksen päälle vähintään yhden metrin levyisenä kaistana, jonka jälkeen sisäalueen kapillaarikatkokerroksen tasataan reuna-alueen SPU AL 40 eristekerroksen yläpinnan tasalle. Paksumpi SPU AL eristekerros asennetaan yhtenäisenä koko alapohjan alueelle, jolloin rauditus- ja valutöille saadaan yhtenäinen tukeva alusta.

On suositeltavaa, että paksumman SPU AL eristekerroksen levyjen saumat vaahdotetaan.

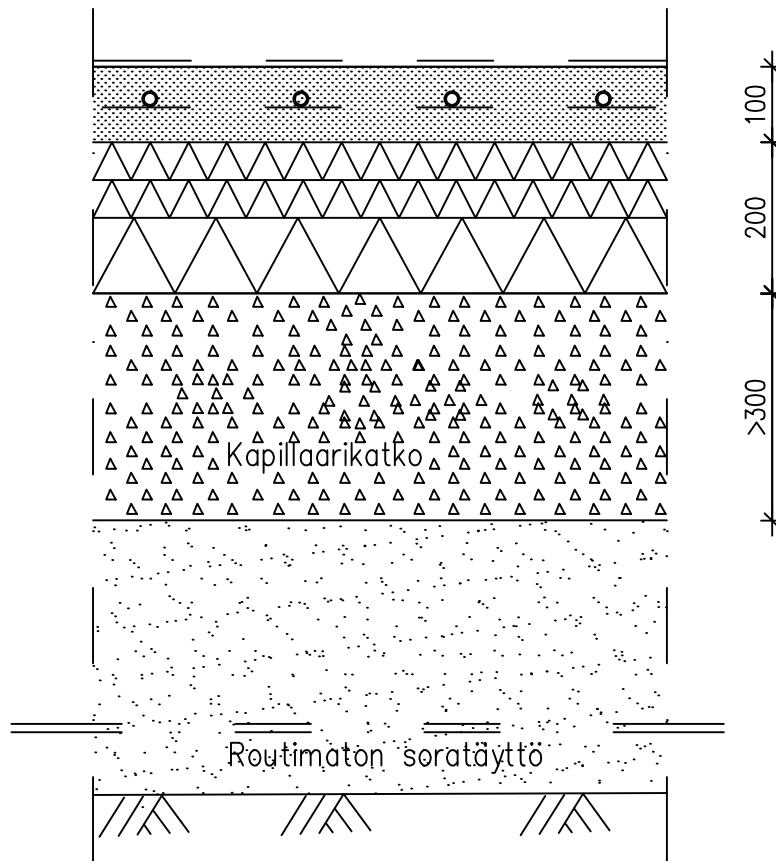
On suositeltavaa, että SPU AL eristeen ja betonivalun välissä käytetään valusuojakangasta.

# Liite 8

# Ap1

1:10

Alapohja: Asuinrakennus



Pintamateriaali ja käsittely huoneselityksen mukaan

100 mm Teräsbetonilaatta , BY45 luokka A-4-30  
teräkset: 6-150 B500K keskeisesti, reunoille  $\phi$  8 jp.>500 mm

200 mm SOLUMUOVI EPS 100 LATTIA

≥ 300 mm Tiivistetty kapillaarikatko ( sepeli # 10...16 mm,)

Massanvaihto routimaton soratäyttö, kapillaarisuus <0,30 m, tiiveys >95%  
Perustusten alle sora- tai mursketäyttö >400 mm, tiiveys >95%

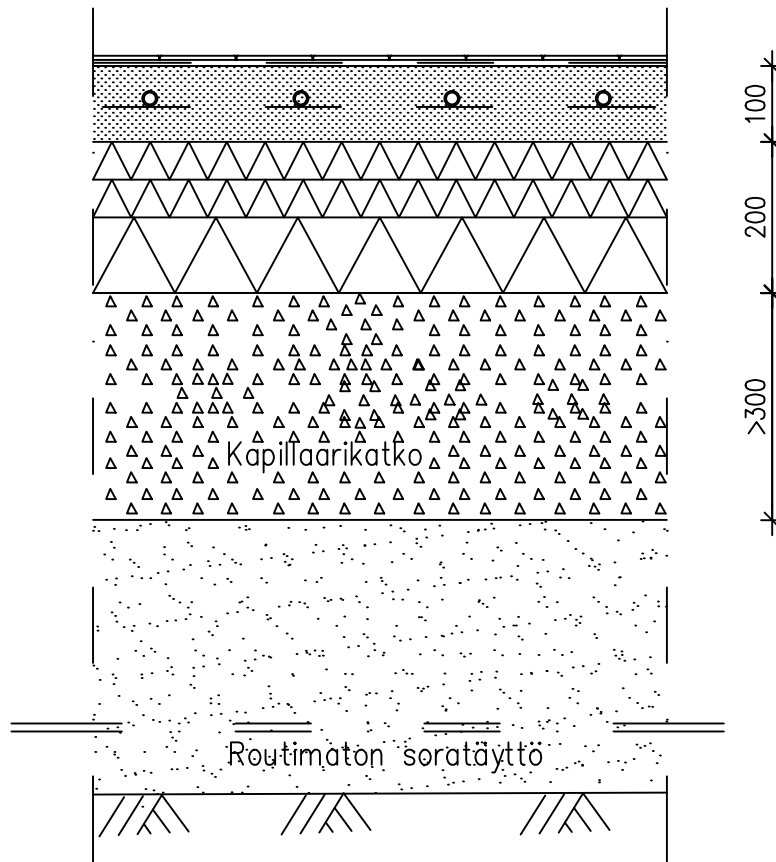
HUOM!

Lattiat irroitetaan kantavista rakenteista solumuovikaistalla (UPOTERM- reunakaista) , saumaan elastinen kitti

u-arvo= 0,16 W/m<sup>2</sup>K

1:10

Alapohja: Märkätilat



Lattialaatta

Sertifioitu vedeneristysjärjestelmä

100 mm Teräsbetoni-laatta, BY45 luokka A-4-30  
teräkset: 6-150 B500K keskeisesti, reunoille  $\phi$  8 jp.>500 mm

200 mm SOLUMUOVI EPS 100 LATTIA

≥ 300 mm Tiivistetty kapillaarikatko (seveli # 10...16 mm,)

Massanvaihto routimaton soratäyttö, kapillaarisuus <0,30 m, tiiveys  $\geq$ 95%  
Perustusten alle sora- tai mursketäyttö >400 mm, tiiveys  $\geq$ 95%

HUOM!

Lattiat irroitetaan kantavista rakenteista solumuovikaistalla (UPOTERM- reunakaista), saumaan elastinen kitti

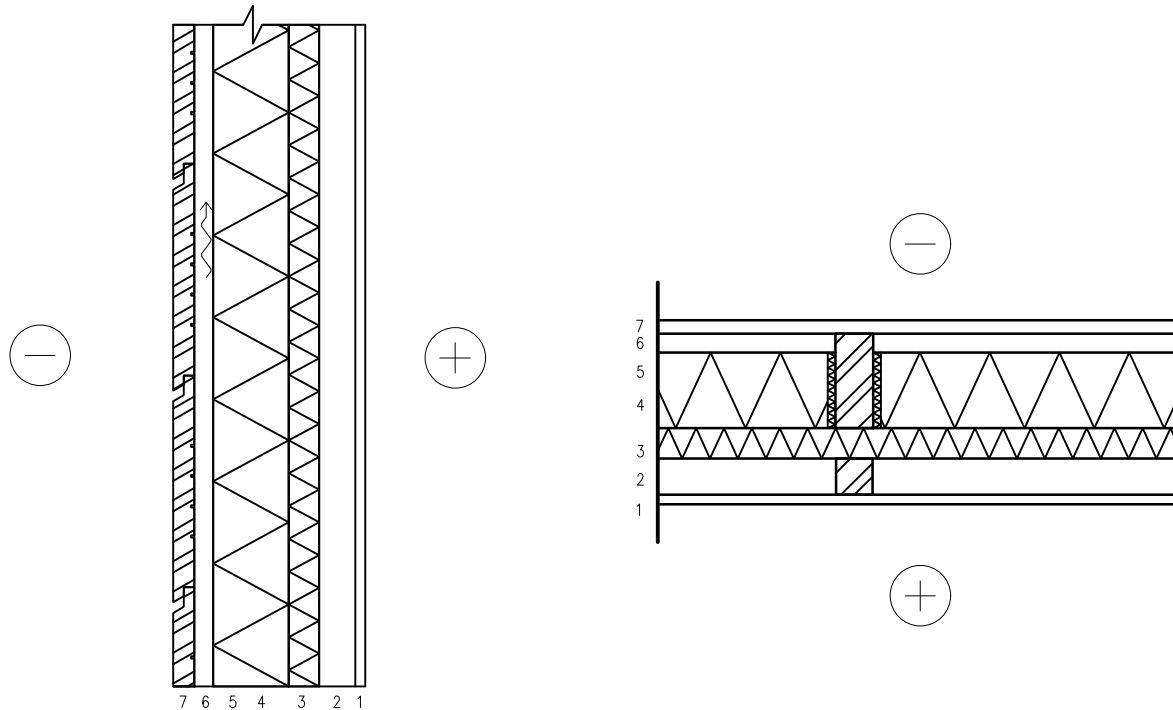
u-arvo= 0,16 W/m<sup>2</sup>K

# Liite 10

# Us1

Ulkoseinä: As.rakennus

1:10



NRO	TARKOITUS	VAATIMUS	ESIMERKKITUOTE / -MENETelmä	PAKSUUS
1	Sisäverhous	D-s2, d2	Kipsilevy GEK 13 mm	13 mm
2	Tila sähköasennuksille		Pystyyn koolaus 48x48 k 300	48 mm
3	Lämmöneristys		SPU AL 40 mm, saumat vaahdotetaan	40mm
4	Lämmöneristys		SPU AL / R 100mm k600 (SPU Runkolevy), vaahdotus runkoon	100mm
5	Kantava runko		Runkotolpat 46x125 k600 RAK suunn. mukaan	125 mm
6	Tuuletus		Rako	25 mm
7	Julkisivu		Ulkoverhouslauta	23 mm

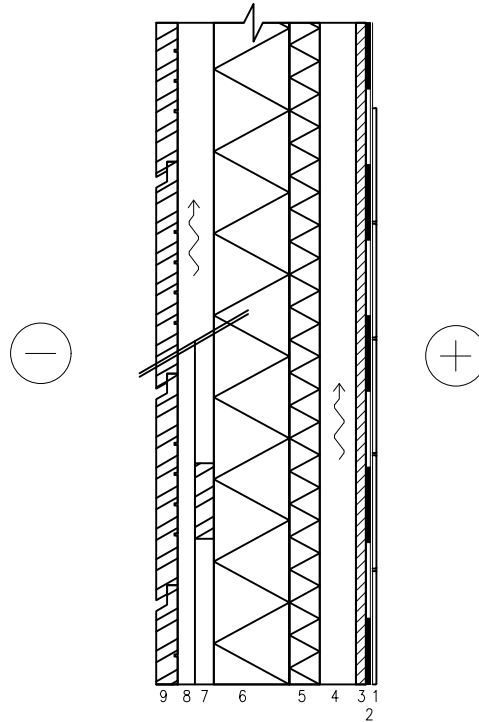
## TEKNISET TIEDOT

U-arvo	0,16 W/m <sup>2</sup> K (lämmöneristeen $\lambda_d = 0,023$ W/mK)
Paloluokitus	P3-paloluokka => ei vaatimusta



Ulkoseinä: Märkätila

1:10



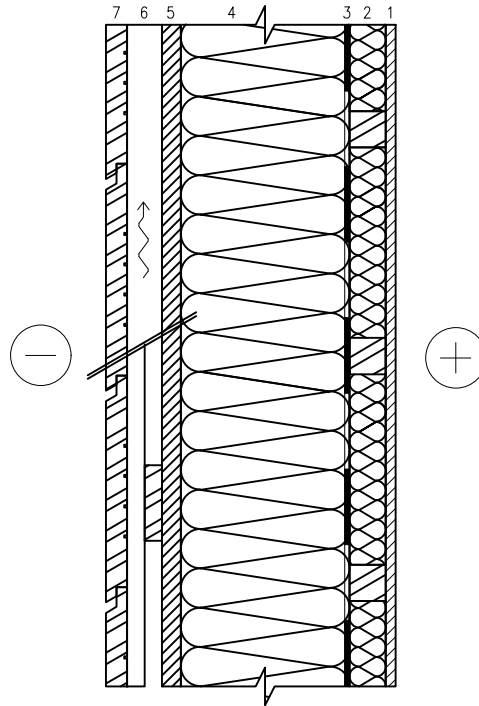
NRO	TARKOITUS	VAATIMUS	ESIMERKKITUOTE / -MENETELMÄ	PAKSUUS
1	Laatoitus			
2	Sertifioitu vedeneristysjärjestelmä			
3	Levytyks		Aquaroc Sementtilevy	13 mm
4	Tuuletusväli		Pystyynkoolaus 22x100 mm, tuuletetaan kuivaan lämpimään tilaan	22 mm
5	Lämmöneristys		SPU AL 40 mm, saumat vaahdotetaan	40 mm
6	Lämmöneristys		SPU AL / R 100mm k600 (SPU Runkolevy), vaahdotus runkoon	
7	Kantava runko		Runkotolpat 46x125 k600 RAK suunn. mukaan	125 mm
8	Tuuletus		Rako	25 mm
	Julkisivun kiinnitysalusta **		Koolaus k600	23 mm
9	Julkisivu		Ulkoverhouslauta	23 mm

## TEKNISET TIEDOT

U-arvo	0,16 W/m <sup>2</sup> K (lämmöneristeen $\lambda_d = 0,023$ W/mK)
Paloluokitus	P3-paloluokka => ei vaatimusta

Ulkoseinä: As.rakennus

1:10



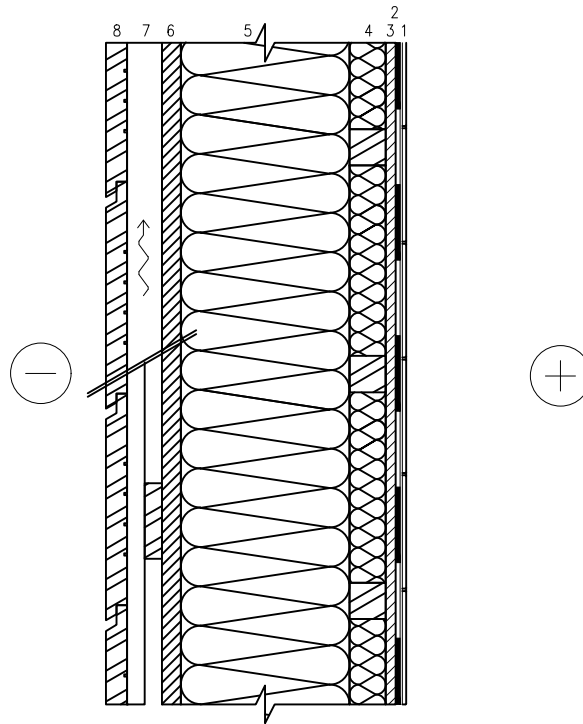
NRO	TARKOITUS	VAATIMUS	ESIMERKKITUOTE / -MENETELMÄ	PAKSUUS
1	Sisäverhous	D-s2, d2	Kipsilevy GEK 13 mm	13 mm
2	Lämmöneristys		Mineraalivilla	48 mm
3	Tila sähköasennuksille		Koolaus 48x48 k 300	48 mm
3	Ilman- ja höyrynsulku *		Höyrynsulkumuovi, saumat teipataan	0,2 mm
4	Lämmöneristys		Mineraalivilla	223 mm
4	Kantava runko		Tolpat 48x223 k600 RAK suunn. mukaan	223 mm
5	Tuulensuoja		Huokoinen puukuitulevy	25 mm
5	Jäykistävä levytys			
6	Tuuletus		Rako	22 mm
6	Julkisivun kiinnitysalusta **		Koolaus k600	23 mm
7	Julkisivu		Ulkoverhouslauta	23 mm

## TEKNISET TIEDOT

U-arvo	0,16 W/m <sup>2</sup> K (lämmöneristeen $\lambda_d = 0,037$ W/mK)
Paloluokitus	P3-paloluokka => ei vaatimusta

Ulkoseinä: Märkätila

1:10



NRO	TARKOITUS	VAATIMUS	ESIMERKKITUOTE / -MENETelmä	PAKSUUS
1	Laatoitus			
2	Sertifioitu vedeneristysjärjestelmä			
3	Levytys		Sementtilevy Aquaroc	13 mm
4	Lämmöneristys Koolaus 48x48 k 300		Mineraalivilla	48 mm 48 mm
5	Lämmöneristys Kantava runko		Mineraalivilla Tolpat 48x223 k 600 RAK suunn. mukaan	223 mm 223 mm
6	Tuulensuoja Jäykistävä levytys		Huokoinen puukuitulevy	25 mm
7	Tuuletus Julkisivun kiinnitysalusta **		Rako Koolaus k600	22 mm 23 mm
8	Julkisivu		Ulkoverhouslauta	23 mm

## TEKNISET TIEDOT

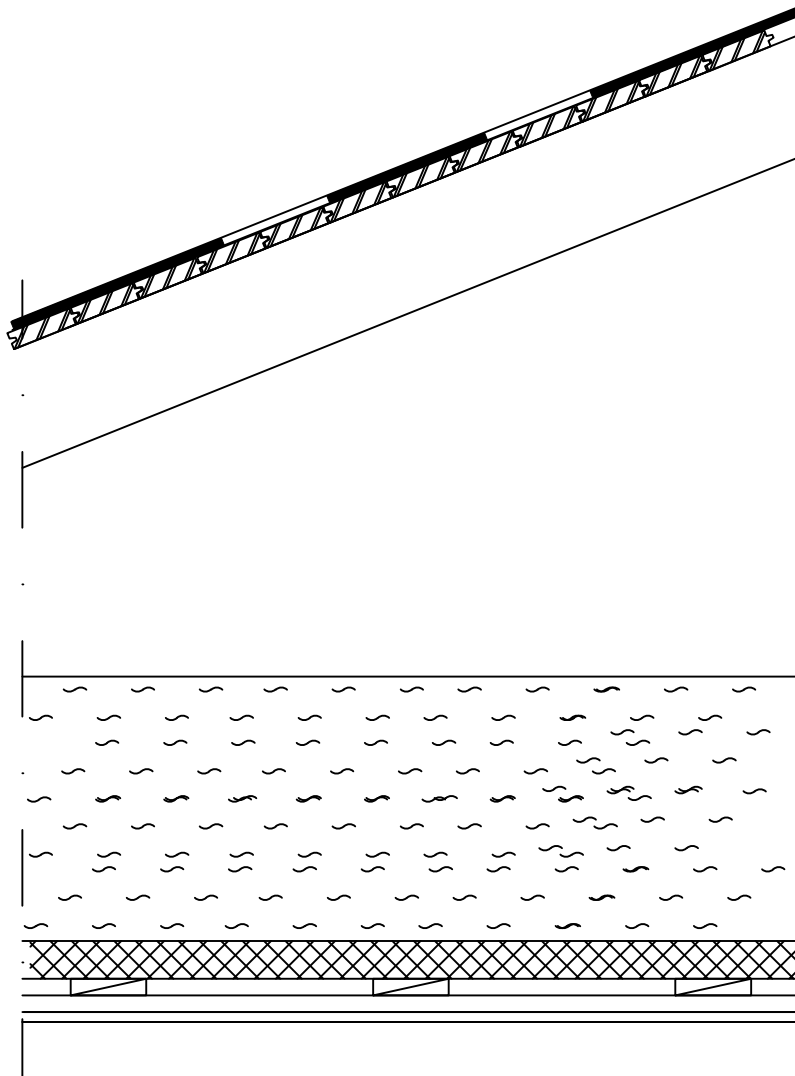
U-arvo	0,16 W/m <sup>2</sup> K (lämmöneristeen $\lambda_d = 0,037$ W/mK)
Paloluokitus	P3-paloluokka => ei vaatimusta

Liite 14

Yp1

1:10

Yläpohja: As.rakennus



23	mm	Vedeneristys palahuopa+alushuopa
		Raakapontti 23x95
		Kattokannattajat rakennepiirustusten mukaan
		Tuuletettu ilmatila
350	mm	Lämmöneriste Paroc BLT
50	mm	SPU AL 50 mm uretaanieriste,saumat vaahdotetaan ja teipataan
25+25	mm	Ristikoolaus 25x100 k 400
13	mm	Kipsilevy GN-13, ruuvikiinnitys k 200

Pintakäsittely

HUOM!

Räystäälle tippapelti  
Räystäälle tuulenohjaimet

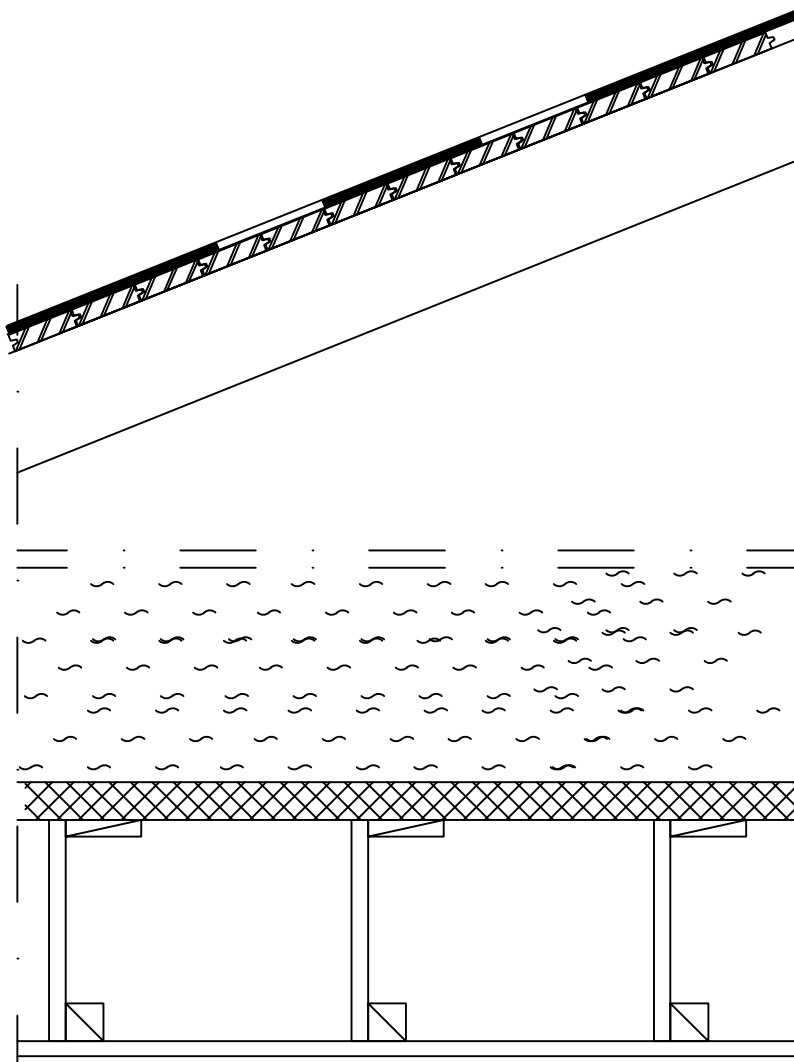
u-arvo: 0,09 W/m<sup>2</sup> K

Liite 15

Yp2

1:10

Yläpohja: Sauna ja pesuhuone



23	mm	Vedeneristys palahuopa+alushuopa
		Raakapontti 23x95
		Kattokannattajat rakennepiirustusten mukaan
		Tuuletettu ilmatila
350	mm	Lämmöneriste Paroc BLT
50	mm	SPU AL 50 mm uretaanieriste,saumat vaahdotetaan ja teipataan
25	mm	Koolaus 25x100 k 400
		Alaslaskettu katto

HUOM! Rästäille tippapelti  
Rästäille tuulenohjaimet

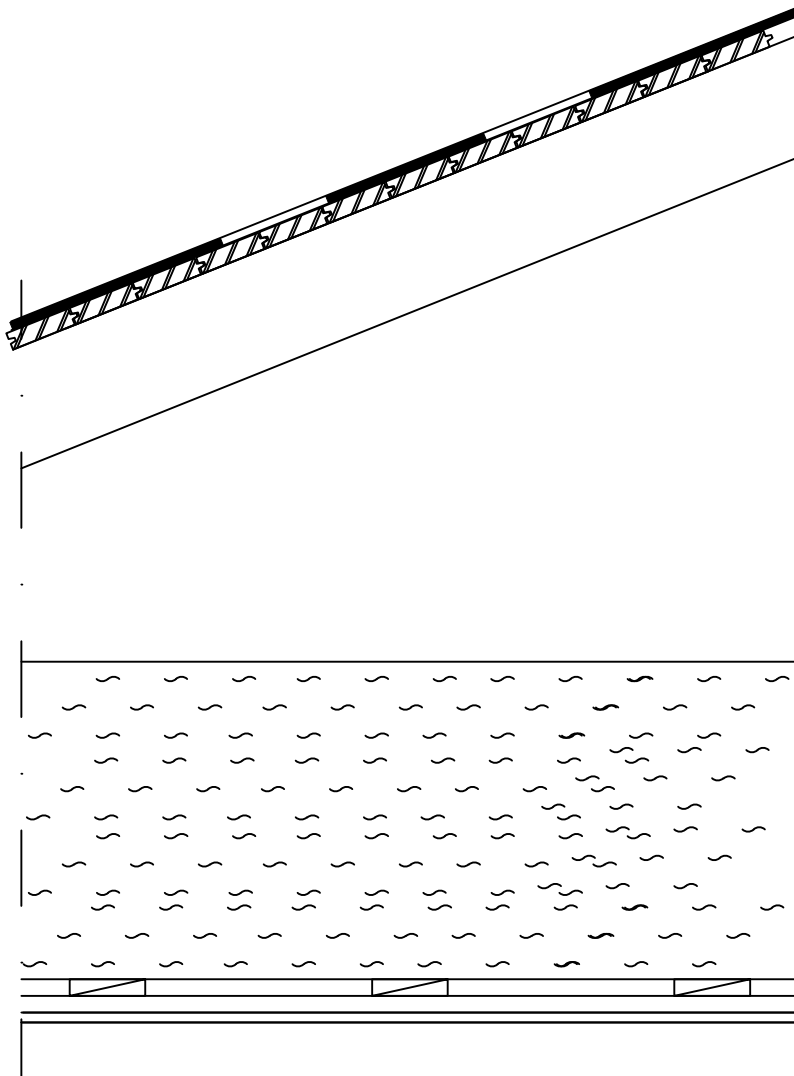
u-arvo: 0.075 W/m<sup>2</sup> K

Liite 16

Yp1

1:10

Yläpohja: As.rakennus



23 mm

Vedeneristys palahuopa+alushuopa

Raakapontti 23x95

Kattokannattajat rakennepiirustusten mukaan

Tuuletettu ilmatila

420 mm

Lämmöneriste Puhalluskivivilla PAROC BLT 6

0,2 mm

Ilman- tai höyrynsulku

25+25 mm

Ristikoolaus 25x100 k 300

13 mm

Kipsilevy GN-13, ruuvikiinnitys k 200

Pintakäsittely

HUOM!

Räystäälle tippapelti

Räystäälle tuulenohjaimet

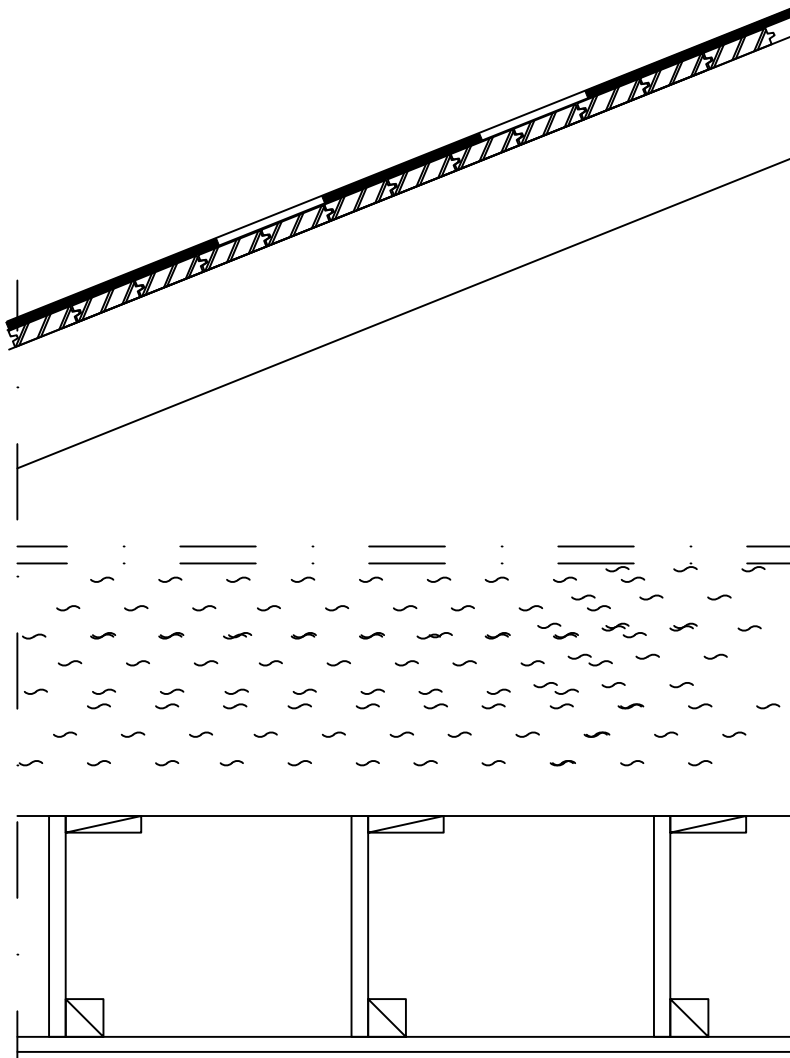
u-arvo: 0.09 W/m<sup>2</sup> K

Liite 17

Yp2

1:10

Yläpohja: Sauna ja pesuhuone



23	mm	Vedeneristys palahuopa+alushuopa
		Raakapontti 23x95
		Kattokannattajat rakennepiirustusten mukaan
		Tuuletettu ilmatila
420	mm	Lämmöneriste Paroc BLT 6
		Höyrynsulku
25	mm	Koolaus 25x100 k 300
		Alaslaskettu katto

HUOM! Rästäille tippapelti  
Rästäille tuulenohjaimet

u-arvo: 0.09 W/m<sup>2</sup> K