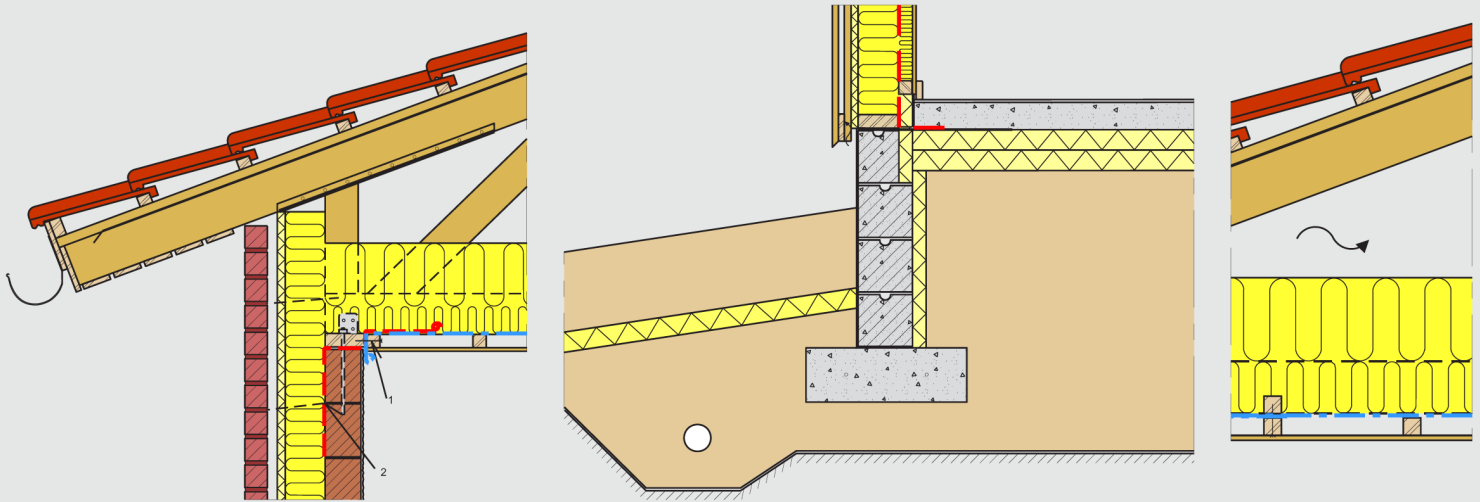




Hanna Aho & Minna Korpi (toim.)

Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa



Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.
Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 141
Tampere University of Technology. Department of Civil Engineering.
Structural Engineering. Research Report 141

Hanna Aho & Minna Korpi (toim.)

Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa

Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos
Tampere 2009

ISBN 978-952-15-2071-6 (nid.)
ISBN 978-952-15-2739-5 (PDF)
ISSN 1797-9161

Aho Hanna, Korpi Minna (toim.)

ILMANPITÄVIEN RAKENTEIDEN JA LIITOSTEN TOTEUTUS ASUINRAKENNUKSISSA

Tutkimusraportti 141, 100 s.

Tammikuu 2009

Hakusanat: ilmanpitävyys, tiiviys, rakennusfysiikka, asuinrakennukset, vaipparakenteet, liitokset

Tiivistelmä

Tässä julkaisussa on esitetty ohjeita ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteuttamiseksi. Julkaisu on osa Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) ja Teknillisen korkeakoulun (TKK) AISE-tutkimushanketta (*Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous*). Julkaisussa esitetyt rakenneratkaisut on kehitetty TTY:n tutkijoista kootun asiantuntijaryhmän toimesta ja niitä ovat kommentoineet rakennusalan asiantuntijat AISE-tutkimushankkeen johtoryhmässä. Hyvän ilmanpitävyyden saavuttamiseksi olennaista on yksittäisten rakennusten kohdekohtainen suunnittelu sekä tiivistystöiden huolellinen toteutus rakennusaikana.

Mikäli rakenneosa itsessään ei ole ilmanpitävä, tulee rakenteessa olla erillinen ilmansulkukerros. Puurankarakenteissa ilmansulkuna toimii yleensä höyrynsulkumuovi ja harkkorakenteissa pinnoitekerros eli rappaus tai tasoite. Elementtirakenteiden ilmanpitävyyttä suunniteltaessa tulee kiinnittää erityisesti huomiota elementtien välisten liitosten ilmanpitävyyteen. Tutkimusten mukaan suurin osa ilmapuotokohdista on eri rakenneosien (ulkoseinä, yläpohja, alapohja, välipohja, ikkunat, ovet) välisissä liitoskohdissa sekä läpivientien kohdalla. Rakennuksen ilmanpitävyyden kannalta onkin olennaista, että eri rakenneosien ilmansulut liittyvät toisiinsa ja ilmanpitävä kerros jatkuu yhtenäisenä koko rakennusvaipan yli. Rungon suuret muodonmuutokset (taipumat, painumat, lämpö- ja kosteusliikkeet) ja sekarakenteet, kuten puurankarakenteiden ja kivirakenteiden väliset liitokset voivat erityisesti hankaloittaa ilmanpitävien detaljien suunnittelua. Ilmanpitävyyden toteuttamiseen käytettyjen ratkaisujen ja materiaalien tulee säilyä ilmanpitävinä koko rakennuksen käyttöiän ajan. Erityisesti rakenneosien välisissä liitoksissa ja muissa piiloon jäävissä ratkaisuissa tulee pyrkiä varmistamaan pitkäaikaiskestävyys, koska myöhemmin ratkaisujen parantaminen edellyttää rakenteiden avaamista.

Julkaisun ensimmäisissä luvuissa selvitetään ilmanpitävyyden merkitystä sekä rakenteen rakennusfysikaalisen toimivuuden että energiankulutuksen kannalta. Erillisissä luvuissa käsitellään seinä-, yläpohja- ja alapohjarakenteiden ilmanpitävyyttä sekä näiden välisten liitosten toteutusta. Lisäksi märkätilojen, ikkuna- ja oviliitosten sekä läpivientien toteutusohjeille on omat lukunsa. Keskeisistä ilmanpitävyyden kannalta ongelmallisista liitoksista on tehty detaljipiirroksia ja toteutusohjeet, joissa esitetään yksi vaihtoehto ilmanpitävän ratkaisun saavuttamiseksi. Ohjekirjassa esitetyt periaatteet on tarkoitettu suunnittelutoimistoissa edelleen sovellettavaksi.

Alkusanat

Tämä julkaisu on tehty ”Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous (AISE)” -tutkimusprojektin yhteydessä, joka alkoi 1.3.2005 ja päättyi 31.12.2008. Tutkimuksen aihepiiri on ollut hyvin ajankohtainen, koska samaan aikaan tutkimuksen kanssa on Suomessa valmisteltu uusia rakennusten lämmöneristys- ja energiankulutusmääräyksiä ja -ohjeita. Uusissa määräyksissä korostuu entisestään rakennuksen vaipan ilmatiiviuden merkitys ja tämä onkin ollut tutkimuksessa keskeinen tutkimusalue.

Suomessa on ollut toistaiseksi varsin vähän ohjeita, jotka ovat käsitelleet rakenteiden ja niiden välisten liitosten suunnittelua vaipan ilmanpitävyyden kannalta. Tässä julkaisussa on nyt esitetty ohjeita tyypillisimpien asuinrakennuksissa käytettävien rakenteiden ja liitosten ilmanpitävyyden parantamiseksi. Ilmanpitävyyden ohella huomiota on kiinnitetty myös rakenteiden ja liitosten lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan, jotta ne toimisivat kaikilta osin mahdollisimman hyvin eri olosuhteissa. Lisäksi on tarkasteltu liitosten käytännön toteutusta, jotta eri työvaiheet voidaan tehdä yksinkertaisesti ja järkevästi.

Suunnitteluohjeet on laadittu TTY:n Rakennustekniikan laitoksen asiantuntijaryhmän toimesta. Ryhmän puheenjohtajana on toiminut tekn. toht. Juha Vinha. Ryhmän muina jäseninä ovat olleet prof. Ralf Lindberg, tekn. toht. Jussi Mattila, tekn. lis. Jukka Lahdensivu, dipl.ins. Jari Hietala, dipl.ins. Jommi Suonketo, dipl.ins. Minna Korpi, dipl.ins. Hanna Aho, dipl.ins. Kati Salminen ja rak.ins. Kimmo Lähdesmäki. Julkaisun ovat toimittaneet Hanna Aho ja Minna Korpi. Kuvat on viimeistellyt toimistosihteeri Sari Merontausta.

AISE -tutkimuksessa on ollut mukana laaja joukko rakennusalan yrityksiä ja yhdistyksiä sekä Ympäristöministeriön ja TEKESin edustajat. Tutkimus on toteutettu TEKESin yritysrahoitusprojektina, jossa yritysten koordinaattorina on toiminut Suomen Rakennustutkimus RTS Oy. AISE -tutkimus on tehty Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksen (TTY) ja Teknillisen korkeakoulun LVI-tekniikan laboratorion (TKK) yhteistyöprojektina. AISE -tutkimuksesta on julkaistu erikseen toinen tutkimusraportti, jossa on esitetty muut tutkimuksessa saadut tulokset.

Tutkimuksen johtoryhmään ovat kuuluneet:

Miimu Airaksinen, puheenjohtaja 12.5.2006 asti	Optiplan Oy/ NCC Rakennus Oy
Heikki Sarin, puheenjohtaja 12.5.2006 alkaen	Parma Oy
Matti Saarikoski, varapuheenjohtaja	Wienerberger Oy
Raimo Ahokas	Ympäristöministeriö
Pekka Kalliomäki	Ympäristöministeriö
Lasse Pöyhönen 21.10.2005 alkaen	TEKES
Esa Liesmäki 21.10.2005 asti	Finnforest Oy

Pasi Käkälä	H+H Finland Oy
Jyri Väilä	Honkarakenne Oy
Kati Alakoski 15.7.2008 asti	Knauf Oy
Juha Raitio 15.7.2008 alkaen	Knauf Oy
Ismo Nieminen	Lammin Betoni Oy
Vesa Räsänen	maxit Oy Ab
Harry Hiltunen 21.10.2005 asti	Meptek Oy
Jouni Tuomi 21.10.2005 alkaen	Meptek Oy
Veijo Matilainen 12.5.2006 – 3.10.2007	Optiplan Oy/ NCC Rakennus Oy
Kimmo Liljeström 3.10.2007 alkaen	Optiplan Oy/ NCC Rakennus Oy
Mikko Huhtala	Pyhännän Rakennustuote Oy
Tiina Suonio	Rakennusteollisuus RT ry
Timo Ristamäki 21.10.2005 asti	Rakennustoimisto Palmberg Oy
Heikki Kiilholma 21.10.2005 alkaen	Rakennustoimisto Palmberg Oy
Juha Metsälä	Rakennustoimisto Pohjola Oy
Aarne Jussila	Rakennustutkimus RTS Oy/ Pientaloteollisuus ry
Harri Kemppainen	Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy
Petri Mannonen	Suomen Betonitieto Oy
Ingo Achilles 21.10.2005 alkaen	Suunnittelutoimisto Dimensio Oy
Tapani Tuominen 27.6.2008 asti	SPU-Systems Oy
Janne Jormalainen 27.6.2008 alkaen	SPU-Systems Oy
Timo Niemelä 21.10.2005 – 12.5.2006	UPM-Kymmene Puuteollisuus
Simo Koponen 12.5.2006 alkaen	UPM-Kymmene Puuteollisuus
Pekka Nurro	Wood Focus Oy/ Metsäteollisuus ry
Fred Skuthällä	YPAP Oy
Jarek Kurnitski	TKK/ LVI-tekniikan laboratorio
Juha Vinha	TTY/ Rakennustekniikan laitos
Ralf Lindberg	TTY/ Rakennustekniikan laitos

Kiitämme johtoryhmän jäseniä ja heidän sijaisiaan, tutkimuksen rahoittajia sekä kaikkia suunnitteluohjeiden toteuttamiseen osallistuneita ja siinä avustaneita henkilöitä yhteistyöstä tutkimuksen aikana.

Tampereella

8.1.2009

Hanna Aho

Minna Korpi

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	1
Alkusanat	2
Sisällysluettelo.....	4
Käsitteet ja määritelmät	5
1 Johdanto.....	6
2 Rakennusten ilmanpitävyys	7
2.1 Ilmanpitävyyden merkitys.....	7
2.2 Ilmanpitävyys nykyisissä pien- ja kerrostaloissa - yleisimmät ilmavuotokohtat	9
2.3 Rakenteen ilmansulun sekä ilmanpitävän rakennuksen toteuttaminen	10
3 Seinät	12
3.1 Puurankaseinät	12
3.2 Puuelementtiseinät	16
3.3 Harkkoseinät ja puhtaaksimuuratut tiiliseinät	16
3.4 Betonielementtiseinät	17
3.5 Hirsiseinät.....	17
4 Yläpohjat.....	18
4.1 Puurakenteiset yläpohjat	18
4.2 Kivirakenteiset yläpohjat.....	20
5 Alapohjat.....	22
5.1 Maanvastaiset alapohjat	22
5.2 Tuulettuvat alapohjat.....	22
6 Alapohja-ulkoseinä	24
6.1 Kivirakenteinen alapohja – maanvastainen.....	24
6.2 Kivirakenteinen alapohja – tuulettuva.....	34
6.3 Puurakenteinen alapohja	36
7 Yläpohja – ulkoseinä.....	40
7.1 Puurakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä	40
7.2 Puurakenteinen yläpohja – puurakenteinen ulkoseinä	50
7.3 Kivirakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä	64
8 Välipohja – ulkoseinä.....	68
8.1 Puurakenteinen välipohja – puurakenteinen ulkoseinä	68
8.2 Kivirakenteinen välipohja – harkkorakenteinen tai betonielementtiulkoseinä	72
8.3 Kivirakenteinen välipohja – puurakenteinen ulkoseinä	72
9 Märkätilat ja saunat.....	73
9.1 Yleisiä ohjeita märkätilojen ja saunojen toteutukseen	73
9.2 Rakenne – esimerkkejä märkätiloista ja saunoista puurankaisissa taloissa	74
10 Ikkuna- ja oviliitokset	80
10.1 Puuranka- ja kivitalot	80
10.2 Hirsitalo	82
11 Läpiviennit	84
11.1 Läpivientien tiivistäminen.....	84
11.2 Putkiläpiviennit	86
11.3 Hormiläpiviennit	90
12 Yhteenveto.....	96
Lähteet.....	98
Kirjallisuusluettelo	99

Käsitteet ja määritelmät

Diffuusio	Diffuusio on kaasumolekyylien liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksessa olevia yksittäisen kaasun pitoisuuseroja (tai osapaine-eroja). Diffuusiosta kaasun siirtyminen korkeammasta pitoisuudesta alemmaan pitoisuuteen.
Höyrinsulku	Rakennekerros, jonka tehtävä on estää sisäilman vesihöyryn haitallinen siirtyminen diffuusiolla vaipparakenteeseen.
Ilmansulku	Ainekerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle. Kerroksellisissa vaipparakenteissa tarvitaan rakenteen sisäpinnassa ilmansulun lisäksi aina riittävän vesihöyrytiivis höyrinsulku. Yleensä sama ainekerros toimii sekä ilman- että höyrinsulkuna.
Ilmavuotoluku, n_{50}	Rakennusvaipan ilmavuodon suuruus 50 Pa (pascal) paine-erolla ilmanpitävyydestä. Ilmavuotoluku kuvaa rakennusvaipan ilmanpitävyyttä ja sen yksikkö on 1/h (vaihtoa tunnissa). Ilmavuotoluku määritetään lähteen 5 luvussa 2.2 kuvatulla tavalla.
Kosteuden kondensoituminen	Kosteuden kondensoituminen tarkoittaa vesihöyryn tiivistymistä rakenteiden pintoihin vedeksi tai jääksi, kun ilman vesihöyrypitoisuus on saavuttanut pinnan lähellä kyllästyskosteuden (RH 100 %).
Konvektio	Konvektiolla tarkoitetaan ilman virtausta paine-eron vaikutuksesta. Virtaavan ilman mukana siirtyy samalla myös lämpöenergiaa ja kosteutta.
Lämmönläpäisykerroin, U	Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirrantiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen [$W/(m^2 \cdot K)$].
Vedeneriste	Ainekerros, joka saumoineen kestää jatkuvaa kastumista ja jonka tehtävä on estää nestemäisen veden haitallinen tunkeutuminen rakenteeseen painovoiman vaikutuksesta tai kapillaarivirtauksena, kun rakenteen pinta kastuu.

1 Johdanto

Rakennusten energiankulutus ja niiden energiatehokkuus on ajankohtainen aihe. Rakennus- ja kiinteistöala kuluttaa kansantaloudellisesti merkittävän osan tuotetusta energiasta. Rakennusten lämmitysenergiankulutusta voidaan pienentää lisäämällä vaipparakenteiden lämmöneristepaksuutta ja parantamalla vaipan ilmanpitävyyttä. Lämmöneristepaksuuksien lisääminen ei yksinään riitä. Lämpö karkaa rakennuksesta paine-erojen aiheuttamien ilmavirtausten eli konvektion mukana ulos ja vastaavasti kylmä ilma virtaa sisälle, ellei rakennuksen ulkovaippa ole ilmanpitävä.

Rakennuksen vaipan ilmanpitävyys vaikuttaa myös rakenteiden kosteustekniseen toimintaan sekä edelleen niiden pitkäaikaiskestävyyteen. Myös ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelman mukainen toiminta edellyttää rakenteilta riittävää ilmanpitävyyttä. Ilmanpitävyydelle on asetettu vaatimuksia Suomen Rakentamismääräyskokoelman (RakMK) osassa C3. /2/. Sen mukaan rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä suunniteltaessa tulee kiinnittää erityishuomiota rakenteiden liitoksiin ja läpivienteihin.

Rakennusten ulkovaipan ilmanpitävyydestä on tehty useita tutkimuksia ja ohjeteoksia. Suurin osa uudisrakennuksista ei kuitenkaan saavuta ilmanpitävyydelle asetettua ohjearvoa $n_{50} = 1,0 \text{ l/h}$ /2/. Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) rakennustekniikan laitoksen ja Teknillisen korkeakoulun (TKK) LVI-tekniikan laboratorion tutkimushankkeissa *Kosteusvarma terve pientalo* ja *AISE – Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous* on tehty laajoja mittauksia uudehkoissa pien- ja kerrostaloissa muun muassa rakennusten ulkovaipan ilmanpitävyyden osalta. Näiden tutkimusten tulokset kokonaisuudessaan on julkaistu TTY:n julkaisusarjassa /6, 7/.

Tässä julkaisussa pyritään esittämään ilmanpitävyydeltään hyviä ja toteutettavissa olevia esimerkkiratkaisuja asuinrakennuksille. Keskeisistä, ilmanpitävyyden kannalta ongelmallisista liitoksista on tehty detaljipiirroksia, joissa esitetään yksi vaihtoehto ilmanpitävän ratkaisun saavuttamiseksi. Kaikkia rakenne- ja liitosvariaatioita ei ole esitetty, vaan on pyritty esittämään tapauskohtaisesti sovellettavia periaatteita. Rakenteiden ja liitosten suunnittelussa on otettu huomioon lämmön- ja kosteudeneristysmääräykset ja -ohjeet sekä rakenteille asetettavat muut vaatimukset kuten rakenteiden kantavuus ja rakennuksen paloturvallisuus. Rakenteille ja liitoksille on annettu detaljikuvien yhteydessä toteutusohjeet sekä ratkaisujen soveltamiskohteita. Tekstissä pyritään selventämään kussakin detaljissa ilmanpitävyyden kannalta olennaisia asioita. Toivomme, että rakennesuunnittelijat kehittävät detaljeja edelleen kohdekohtaisesti näiden periaatteiden pohjalta. Esimerkkikuvat ovat pääosin pientalojen rakenteita, mutta ratkaisuja voidaan soveltuvin osin toteuttaa myös rivi- ja kerrostaloissa. Kaikissa rakenteissa työn huolellisuudella on merkittävä vaikutus rakennuksen lopulliseen ilmanpitävyyteen.

2 Rakennusten ilmanpitävyys

2.1 Ilmanpitävyyden merkitys

Ilmavuodoilla tarkoitetaan rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välisten paine-erojen aiheuttamaa ilman virtausta eli konvektiota rakennuksen vaipan läpi. Paine-eroja aiheuttavat mm. ilmanvaihtolaitteet, tuuli, tulisijojen käyttö ja lämpötilaerot. Rakennusten ja rakenteiden ilmanpitävyyttä voidaan mitata ja tutkia eri tavoin. Rakennusmateriaalien ja tiettyjen rakennusosien (kuten ikkunat) ilmanpitävyyttä tutkitaan lähinnä laboratoriossa. On myös mahdollista tutkia rakennusosien tai liitosten ilmanpitävyyttä kenttäolosuhteissa esimerkiksi erityisen keräyskammion avulla.

Koko rakennuksen tiiviystason määrittämisessä käytetään yleisesti painekoetta. Kokeessa tutkittavan rakennuksen ilmanvaihtoventtiilit ja muut rakennuksen vaippaan tarkoituksellisesti tehdyt aukot suljetaan ja tarvittaessa tiivistetään. Rakennuksen yhteen ovi- tai ikkunaukkoon asennetaan tiiviisti puhallin, jonka avulla rakennuksen sisä- ja ulkoilman välille luodaan paine-ero. Tietyn paine-eron ylläpitämiseksi tarvittava ilmavirtaus mitataan puhaltimen läpi kulkevasta ilmasta. 50 Pa paine-eroa vastaava ilmavirtauslukema [m^3/h] jaetaan rakennuksen sisätilavuudella [m^3], jolloin tulokseksi saadaan yksi rakennuksen ilmanpitävyyden vertailuluvuista eli ilmavuotoluku n_{50} [1/h]. Luku kuvaa, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa, kun paine-ero on 50 Pa. Mitä pienempi n_{50} -luku sitä ilmanpitävämpi rakennus on. Suomen rakentamismääräyskokoelman asettama ohjearvo on $n_{50} = 1,0$ 1/h. Paineekoemenetelmä ei yksinään paljasta missä rakennuksen vuotokohdat sijaitsevat. Vuotokohtia voidaan selvittää esimerkiksi lämpökamerakuvausella tai merkkisavun avulla. Molemmat menetelmät soveltuvat tehtäväksi painekokeen yhteydessä. Lämpökamerakuvaus tehdään usein kaksivaiheisena, ensin normaaleissa paineolosuhteissa ja sitten 50 Pa sisäpuolisessa alipaineessa. Näitä kahta kuvaa vertailemalla erotetaan ilmavuotokohdat kylmäsilloista paremmin.

Yksi tärkeimmistä hyvän ilmanpitävyyden vaikutuksista on rakennuksen energiankulutuksen pieneminen. Ilmanpitävässä rakennuksessa lämpö ei karkaa ilmavirtausten mukana ulos eikä kylmää ilmaa tule sisälle. Vuotoilma aiheuttaa noin 15–30 % lämmitysenergiantarpeesta niin sanotussa tavanomaisessa pientalossa, jonka n_{50} -luku on 4,0 1/h. Edelleen lämmitysenergian kulutus kasvaa noin 7 % jokaista n_{50} -luvun kokonaisuusyksikön muutosta kohti [7]. Nykyisillä lämmöneristepaksuuksilla vuotoilmanvaihdon vähentäminen on merkittävimpiä ja ennen kaikkea edullisimpia keinoja jo sinällään energiataloudeltaan hyvien rakennusten parantamisessa.

Ilmanpitävässä rakennuksessa voidaan kontrolloida paremmin ilmanvaihtoa ja sisäilman laatua. Ilmanvaihtojärjestelmän kautta tuleva ilma voidaan suodattaa epäpuhtauksista, toisin kuin esimerkiksi ikkunan raosta vuotava ilma. Koneellisen tulo- ja

poistoilmanvaihtojärjestelmän toiminta on tehokkaampaa hyvin ilmanpitävässä rakennuksessa ja lämmöntalteenottolaitteistosta saatava hyöty on suurempi, kun ilma poistuu ilmanvaihtojärjestelmien venttiilien kautta. Sisäilman laadun kannalta erityisesti alapohjan ilmanpitävyys on tärkeää, jotta maaperässä mahdollisesti esiintyvän radonin ja mikrobin pääsy sisäilmaan voidaan estää. Tiiviissä rakennuksissa ilmanvaihtolaitteiston tulee olla hyvin tasapainotettu ja riittävän tehokas, koska ilma ei vaihdu käytännössä lainkaan vuotokohtien kautta.

Rakenteiden ilmanpitävyydellä on suuri merkitys myös kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Lämpimään sisäilmaan sitoutunut kosteus voi kulkeutua konvektion avulla ilmavuotokohdissa sisältä ulospäin ja tiivistyä rakenteeseen aiheuttaen kosteusvaurioita. Myös kylmän vuotoilman aiheuttama rakenteiden jäähtyminen aiheuttaa kosteuden tiivistymisriskin.

Asumismukavuuteen vaikuttavat erityisesti alapohjan ja ulkoseinien alaosan ilmavuodot. Kylmä vuotoilma tuntuu asukkaille ikävänä vedon tunteena ja aiheuttaa sisäpintojen kylmenemistä. Rakennuksen vetoisuuden poistamisella voidaan lisäksi vaikuttaa välillisesti energiankulutukseen. Vetoisissa taloissa pidetään usein yllä korkeampaa sisälämpötilaa kuin ilmanpitävissä taloissa saman asumismukavuuden saavuttamiseksi.

Ilmavuotokohdista tulee asuntoihin myös melua ja hajuja. Kerrostaloissa ilmavuoto-ongelma voi ilmetä esimerkiksi tupakan ja ruoan käryjen kulkeutumisena huoneistosta toiseen. Ilmanpitävyys parantaa myös paloturvallisuutta hidastamalla savukaasujen leviämistä rakenteen läpi.

Vuoden 2008 alusta voimaan tulleissa rakentamismääräyksissä ilmanpitävyys kuuluu lämmönläpäisykertoimien ja lämmöntalteenoton ohella ns. lämpöhäviöiden tasauksen piiriin. Tavoitteena kuitenkin on, että hyvää ilmanpitävyyttä käytetään ensisijaisesti rakennuksen energiatehokkuutta parantavana tekijänä heikentämättä lämmöneristys- ja lämmöntalteenottotasoa. Hyvällä ilmanpitävyydellä voidaan parantaa rakennuksen energiatehokkuusluokkaa energiatodistuksessa.

Jatkossa rakennuksen ilmanpitävyys voidaan todeta joko kohdekohtaisella ilmanpitävyysmittauksella tai ilmoitusmenettelyllä /4/. Ilmoitusmenettelyllä talotoimittajat eli rakennuksen ilmanpitävyydestä vastaavat toimijat voivat määritellyin toimenpitein saada tietynlaiselle talotyypille niin sanotun ilmoitetun ilmavuotoluvun. Tätä lukua voidaan käyttää kyseiseen talotyypin kuuluvan rakennuksen lämpöhäviöiden määräystenmukaisuutta osoitettaessa ja energiankulutusta laskettaessa ilman kohdekohtaista ilmanpitävyysmittausta. Ilmoitusmenettelyn ohjeet on myös laadittu AISE-projektin yhteydessä.

2.2 Ilmanpitävyys nykyisissä pien- ja kerrostaloissa - yleisimmät ilmapuotokohdat

Rakennuksen ilmanpitävyyttä on tutkittu Suomessa painekoemenetelmällä laajemmin viimeisten parinkymmenen vuoden ajan. Uusimpia laajoja tutkimuksia aiheesta on Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitoksen ja Teknillisen korkeakoulun LVI-tekniikan laboratorion tekemät tutkimukset 100 puurunkoisessa pientalossa, 20 hirsitalossa, 50 kivitalossa ja 56 kerrostaloasunnossa /6, 7/. Uudehkojen puurunkoisten pientalojen n_{50} -luvun keskiarvo oli 3,9 l/h, hirsitalojen 6,0 l/h, kivitalojen 2,3 l/h ja kerrostaloasuntojen 1,6 l/h. Kerrostalot oli mittauksissa jaettu puukerrostaloihin (keskiarvo 2,9 l/h), betonielementtikerrostaloihin (1,6 l/h) sekä kerrostaloihin, joissa välipohjat olivat paikallavalettuja (0,7 l/h). Viimeisessä ryhmässä rakennusten muut vaipan rakenteet olivat pääosin betonielementtejä. Puurunkoisten talojen joukossa elementtirakenteiset talot olivat keskimäärin paikalla rakennettuja taloja tiiviimpiä. Puurunkoiset koekohteet, joissa oli polyuretaanieriste sekä yläpohjassa että ulkoseinissä olivat muita taloja ilmanpitävämpiä. Hirsitalokohteet, joissa oli käytetty tiiviimpiä saumaeristeitä (solukumi, paisuvat eristenauhat) hirsien välissä olivat ilmanpitävämpiä kuin talot, joissa oli käytetty perinteisiä saumaeristeitä (mineraalivilla, pellava, polypropeeni). Kivitalot, joissa myös yläpohja oli kivrakenteinen, olivat ilmanpitävämpiä kuin talot, joissa oli puurakenteinen yläpohja.

Kaikkien tutkittujen taloryhmien sisällä oli hajontaa. Samankaltaisten talojen tulosten vaihteluvälin suuruus osoittaa, että ilmanpitävyyteen vaikuttaa erityisesti rakentamisen laatu ja tiivistystyön huolellisuus. Jos halutaan tehdä ilmanpitävä talo, tulee tiiviyyteen kiinnittää huomiota niin rakennedetaljien suunnittelussa kuin työn suorituksessakin. Ilmanpitävyys on ensisijaisesti rakennuksen ominaisuus ja huolellisella työnsuorituksella käytännössä kaikista yleisesti käytössä olevista rakennevaihtoehdoista pystytään toteuttamaan ilmanpitävyydeltään hyviä rakennuksia.

Tutkimuksessa tehdyissä lämpökamerakuvauksissa löydettiin tyypillisimmät ilmapuotokohdat. Pientaloissa suuri osa ilmapuotokohdista (37 %) oli ulkoseinän ja yläpohjan liitoskohdassa. Lisäksi merkittäviä ilmapuotokohtia olivat ikkunat ja ovet sekä niiden liitoskohdat ulkoseinään (31 %), ulkoseinän ja välipohjan liitos (12 %) ja ilmansulun läpiviennit (8 %). Lisäksi vuotokohtia löytyi ulkoseinän ja alapohjan liitoskohdasta ja ulkonurkasta. Kerrostaloissa suurimmat vuotokohdat olivat ikkunat ja ovet ja niiden liitoskohdat (72 %). Seuraavaksi suurimmat vuotokohdat olivat ulkoseinän ja välipohjan liitos (11 %) ja ulkoseinän ja yläpohjan liitos (8 %). Tuloksia analysoitaessa pitää ottaa huomioon, että kaikissa mitatuissa kohteissa ei ollut kaikkia liitostyyppisiä (esimerkiksi yksikerroksisesta pientalosta puuttuu ulkoseinä-välipohjaliitos). Ilmapuotokohdienten sijaintia on tarkemmin analysoitu lähteessä /7/.

2.3 Rakenteen ilmansulun sekä ilmanpitävän rakennuksen toteuttaminen

Rakenteen ilmatiiviys toteutetaan yleensä erillisellä ilmansulkukerroksella, ellei rakenne itsessään ole riittävän ilmanpitävä. Kerroksellisissa rakenteissa tarvitaan aina höyrynsulku, joka usein toimii myös ilmansulkukerroksena. Riittävä höyrynsulun vesihöyrynvastus riippuu tarkasteltavan rakenteen muista ominaisuuksista eikä sitä käsitellä laajemmin tässä yhteydessä. Erilaisille kerroksellisille rakennekokonaisuuksille suositeltavia höyrynsulkuratkaisuja esitetään lähteessä /5/.

Muuratuissa harkkorakenteissa ilmansulkukerros on yleensä tasoitekerros ja puurankarakenteissa erillinen kalvomainen tai levymäinen ilman- ja höyrynsulkukerros. Massiivisissa rakenteissa ei välttämättä tarvita erillistä ilmansulkukerrosta, mikäli rakenteen ilmatiiviys itsessään on riittävä. Tällöinkin on kiinnitettävä huomiota rakenteen liitoskohtiin. Puurankarakenteissa ilmansulku ja höyrynsulku toteutetaan yleensä yhdellä yhteisellä kerroksella, jolloin sulun tulee olla lähellä rakenteen lämmintä sisäpintaa. Rakenneosien ilmanpitävyyden toteuttamista on käsitelty luvuissa 3, 4 ja 5.

Ilmanpitävän kerroksen tulee jatkua yhtenäisenä koko rakennuksen vaipan ympäri, joten eri rakenneosien ilmansulkujen tulee liittyä tiiviisti toisiinsa. Heikosti toteutetut ilmanpitävän kerroksen liitoskohdat aiheuttavat erilaisia ongelmia riippuen ilmavuotokohtien sijainnista rakennuksessa. Esimerkiksi alapohjan ja ulkoseinän välinen ilmavuoto koetaan enemmän asumisviihtyvyyttä heikentävänä vetona, kuin yläpohjan ja ulkoseinän välinen ilmavuoto. Rakenteille jälkimmäinen vuotokohta sen sijaan voi aiheuttaa merkittäviä ongelmia, koska rakennuksen yläosassa olevasta ylipaineesta johtuen rakenteeseen voi siirtyä ja tiivistyä kosteutta. Rakenneosien välisten liitosten toteutusohjeita on esitetty luvuissa 6, 7 ja 8. Luvussa 9 on käsitelty erillisenä kohtana ilman- ja höyrynsulkujen toteutusta märkätilojen ja saunojen kohdalla.

AISE – Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous tutkimuksen yhteydessä tehdyissä lämpökamerakuvauksissa todettiin, että merkittäviä lämpövuoto- ja samalla ilmavuotokohtia olivat ikkunoiden liitokset seinään sekä varsinainen ikkunarakenne /7/. Etenkin kosteusteknisen toiminnan kannalta ongelmallisia ovat lisäksi yläpohjan putki- ja hormiläpiviennit. Näitä liitoksia on käsitelty luvuissa 10 ja 11.

Jokaisessa erillisessä rakennuskohteessa tarvitaan huolellinen yksityiskohtien suunnittelu, etenkin sekarakenteiden yhteensovittaminen on usein ongelma rakennuksen ilmanpitävyydelle, koska ratkaisuja ei ole ohjeistettu riittävästi. Ilmanpitävyyden varmistamiseksi rakennuksen ilmanpitävän kerroksen jatkuminen rakennusosasta toiseen tulee suunnitella kokonaisuutena. Hyvin suunnitellut rakennedetaljit eivät kuitenkaan yksinään johda ilmanpitävään ratkaisuun. Työn tekijällä ja työnjohdolla täytyy olla tieto siitä,

miksi halutaan tehdä ilmanpitävä rakennus, ja motivaatiota tehdä se. Tällöin työ suoritetaan riittävällä huolellisuudella.

Ilmanpitävyyden toteuttamiseen käytettyjen ratkaisujen tulee säilyä ilmanpitävinä koko rakennuksen käyttöiän ajan. Rakenteiden ja niiden liittymien tulee kestää pieniä muodonmuutoksia ilman merkittäviä halkeamia tai muita haitallisia muutoksia. Rakennus tulee kuitenkin pääsääntöisesti suunnitella niin, ettei merkittäviä muodonmuutoksia pääse syntymään. Ilmansulkuun rakennusaikana syntyvät reiät tulee paikata ilmansulkukerroksen tyypistä riippuen joko vaahdottamalla, kittaamalla tai riittävän tartuntakyvyn ja pitkäaikaiskestävyyden omaavalla teipillä. Ilmansulkuna käytettyjen materiaalien tulee olla kestäviä. Erityisesti rakenneosien välisissä liitoksissa ja muissa piiloon jäävissä ratkaisuissa tulee pyrkiä varmistamaan pitkäaikaiskestävyys, koska myöhemmin ratkaisujen parantaminen edellyttää rakenteiden avaamista tai jopa uusimista. Viime vuosina markkinoille on tullut useita erityyppisten liitosten tiivistämiseen tarkoitettuja erikoistuotteita. Tässä julkaisussa ei kuitenkaan esitellä näitä tuotteita, vaan tiivistysratkaisut perustuvat yleisesti käytössä olevien rakennusmateriaalien käyttöön.

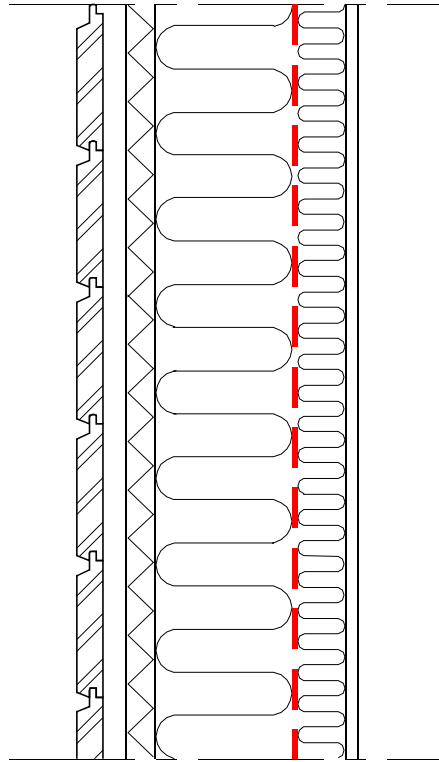
3 Seinät

3.1 Puurankaseinät

Asuinrakennusten rankaseinät ovat pääosin puurakenteisia, mutta tässä luvussa esitetyjä ohjeita voidaan soveltaa myös metallirankaseinille. Ilmasulkukerros sijaitsee yleensä lähellä rakenteen sisäpintaa ja sen pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle. Puurankaseinissä tarvitaan rakenteen sisäpinnassa ilmansulun lisäksi aina riittävän vesihöyrytiivis höyrynsulku. Yleensä sama ainekerros toimii sekä ilman- että höyrynsulkuna. Ilman-/höyrynsulkukerros toteutetaan puurankaseinissä tavanomaisesti kalvomaisilla tuotteilla, jotka ovat joko muovikalvoja tai riittävän vesihöyrynvastuksen omaavia paperipohjaisia ilmansulkukalvoja.

Ilmansulkukalvo voidaan sijoittaa joko suoraan sisäpinnan levyn taakse tai noin 50 mm etäisyydelle siitä lämmöneristeen sisään. Jälkimmäinen tapa (kuvat 3.1 a ja 3.1 b) on hyvän ilmanpitävyyden saavuttamiseksi suositeltavampi, koska ilmasulkukerros on paremmin suojassa, eivätkä esimerkiksi seinään lyödyt naulat tee siihen reikiä. Myös upotetut sähköasiat ja levyn takana kuljetettavat sähköputkitukset voidaan tällöin tehdä rikkomatta ilmasulkukerrosta. Mikäli ilmansulun sisäpuolelle tulee lämmöneriste (kuva 3.1 a), se asennetaan vasta, kun sisäpuoliset suurta kosteusrasitusta aiheuttavat työvaiheet on tehty (esimerkiksi lattialaatan valu) ja suurin osa rakennusaikaisesta ylimääräisestä kosteudesta on kuivunut. Jos sisäpuolinen lämmöneriste asennetaan liian aikaisin, rakennusaikainen kosteus voi kondensoitua ilman-/höyrynsulkukerroksen sisäpintaan ja aiheuttaa kosteuden kertymistä seinän sisäpinnan levyn taakse. Kalvomaisen ilmasulkukerroksen upottaminen lämmöneristeen sisään soveltuukin näin ollen paremmin paikalla rakennettaviin kohteisiin kuin elementtirakentamiseen. Kun ilman-/höyrynsulkukalvo viedään lämmöneristeen sisään, tulee ainakin $\frac{3}{4}$:n lämmöneristeen paksuudesta sijaita kalvon ulkopuolella $\frac{1}{5}$. Lisäksi, jos ilmansulun sisäpuolella käytetään ristiinkoolausta, on pystyrungon ulkopuolella suositeltavaa käyttää hyvin lämpöeristävää tuulensuojalevyä puurungon kylmäsilta vaikutuksen katkaisemiseksi $\frac{1}{5}$.

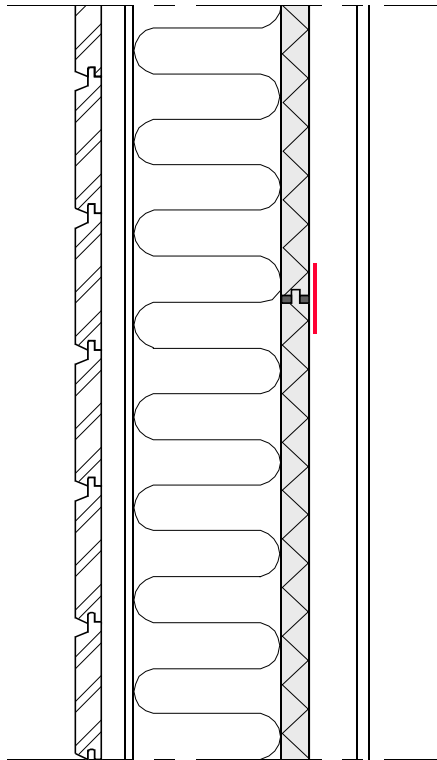
Kun ilmasulkukerros tehdään kalvomaisella tuotteella suoraan sisälevyn taakse, tulee varmistaa, etteivät sähköasennukset riko kalvoa. Tämä koskee putkitusten lisäksi erityisesti sähkörasioita. Rasian tiivistäminen sisälevyyn tai kalvoon ei riitä takaamaan kohdan ilmanpitävyyttä, sillä yleensä sähkörasian rakenne itsessään ei ole ilmatiivis.



Kuva 3.1 a Kalvomainen ilmansulkukerros suositellaan sijoitettavaksi 50 mm etäisyydelle sisäpinnan levyn taakse. Ilmansulkukerroksen sisäpuolinen lämmöneriste asennetaan vasta riittävän kuivumisajan jälkeen, kun rakennusaikainen kosteus ei enää kondensoidu kerrokseen.

Ilmansulkukerros voidaan toteuttaa myös levymäisillä tuotteilla. Sulkuna voidaan käyttää esimerkiksi yhtenäistä riittävän tiivistä solumuovieristyslevyä, jonka saumat on vaahdotettu polyuretaanivaahdolla tai teipattu riittävän tartuntakyvyn omaavalla teipillä. Teippaus parantaa saumakohdan pitkäaikaiskestävyyttä, mikäli puurakenteen kosteusliikkeet aiheuttavat saumakohdan vaahdotukseen halkeaman.

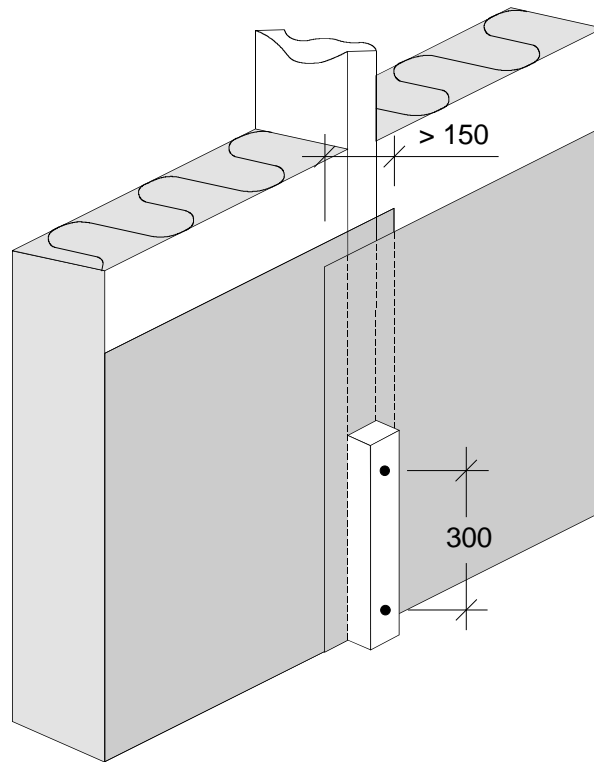
Solumuovieristyslevy sijoitetaan kalvomaisen höyrinsulun paikalle rakenteeseen ja sen eristyskyky voidaan ottaa huomioon seinärakenteen U-arvoa laskettaessa. Ilmansulun sisäpuolelle jätetään asennusvara sähköasennuksia varten. Levymäisen ilmansulun suositeltava paksuus on vähintään 20 mm ja sauman leveys vähintään 10 mm, jotta saumat, liitokset ja erityisesti läpiviennit voidaan tiivistää luotettavasti saumavaahdolla.



Kuva 3.1 b Vaihtoehtoisesti ilmansulku voidaan toteuttaa solumuovieristyslevyllä, jonka saumat on vaahdotettu ja/tai teipattu.

Kalvomaisen ilmansulkukerroksen jatkoskohdat aiheuttavat seinärakenteeseen potentiaalisen ilmavuotokohdan. Jatkokset saadaan suoralla seinänosalla ilmanpitäviksi limittämällä vierekkäiset kalvot ja puristamalla limityskohta kahden puun, esimerkiksi runkotolpan ja sisäpuolisen pystykoolauksen, väliin (kuva 3.2). Näin voidaan toimia, kun ilmansulkukalvo viedään seinärakenteen sisään, kuten kuvassa 3.1 a on esitetty. Suositeltava limityksen leveys on vähintään 150 mm. Puristusliitoksessa toinen (puristava) puurima voidaan tehdä lyhyemmistä pätkistä, mikäli käytetty puutavara ei ole riittävän suoraa jatkoksen tiivyyden varmistamiseksi. Riittävä puristus varmistetaan tiheällä (k300) ruuvikiinnityksellä. Naulakiinnityksellä puurimojen välille ei saada riittävää puristusta ja liitos löystyy puun kuivuessa.

Vaihtoehtoisesti limityksen reuna voidaan teipata riittävän pitkäaikaiskestävyyden omaavalla ja tarkoitukseen sopivalla teipillä toiseen kalvoon. Tällöin riittää lyhyempikin limitysleveys, kunhan varmistetaan jatkoksen yhtenäisyys koko seinän korkeudelta. Ellei teipin tartuntakyvystä ja pitkäaikaiskestävyydestä ole varmuutta, tulee liitos teippauksen lisäksi vielä puristaa tiiviiksi. Varmin vaihtoehto on yhdistelmä, jossa jatkos on sekä teipattu että puristettu. Ilmansulun yhtenäisyys nurkissa tulee varmistaa riittävällä limitysleveydellä ja puristuksella tai teippauksella. Tiivistyskohdan tulee nurkkajatkoksessa olla aina jommankumman seinän puolella.



Kuva 3.2. Ilmansulkukalvon jatkokset limitetään puurankarakenteisessa seinässä mieluiten pystyrungon kohdalla. Liitos puristetaan tiiviiksi ruuvaamalla runkotolppaa vasten puurima.

Sisäpuolisen ilmansulkukerroksen lisäksi myös lämmöneristeen ulkopuolella olevan tuulensuojakerroksen yhtenäisyys ja tiiviys on seinän toimivuuden kannalta tärkeää. Lämmöneristekerrokseen ulkoa pääsevä kylmä ilma voi aiheuttaa huokoisissa lämmöneristekerroksissa sekä eristeen ja rungon väliin jäävissä raoissa sisäistä konvektiota, mikä alentaa lämmöneristeen eristävyyttä ja edelleen ulkovaipan energiatehokkuutta. Sisäisen konvektion estämiseksi tulisi eristämistyön aikana varmistaa, että käytetty lämmöneriste täyttää mahdollisimman hyvin runkopuiden välit. Tuulensuojana voidaan käyttää esimerkiksi mahdollisimman hyvin vesihöyryä läpäisevää tuulensuojapintaista lämmöneristelevyä, tuulensuojalevyä tai -kangasta.

Rakennekerrosten vesihöyrynvastuksen tulee lähtökohtaisesti laskea sisältä ulospäin mentäessä, jottei rakenteeseen synny lämmöneristeen kylmälle puolelle kosteuden kertymisen mahdollistavaa rajapintaa. Tämän vuoksi ilmansulkukerroksen toimiessa myös höyrynsulkuna, tulee tiiviin kerroksen sijaita aina lähellä lämmintä sisäpintaa.

3.2 Puuelementtiseinät

Monista eri ratkaisuvaihtoehdoista johtuen tässä julkaisussa ei ole ohjeistettu puuelementtien ratkaisuja kuvin, vaan elementtisuunnittelijoiden toivotaan soveltavan puurankarakenteille annettuja ohjeita omissa suunnitelmissaan. Puuelementtiseiniä koskevat pääosin samat ohjeet kuin muitakin puurankaseiniä. Valmistusmenetelmästä johtuen on seuraavaksi esitetty muutamia tarkennuksia.

Ilmansulkukalvoa ei suositella vietäväksi elementtiseinissä lämmöneristeen sisään, ellei pystytä varmistamaan sisäpuolisen lämmöneristekerroksen kuivana pysymistä rakennusaikana. Yleensä rakentamisen aikaiset kosteusrasitukset (esimerkiksi betonivaluista aiheutuvat) ovat niin merkittäviä, ettei tämä ole mahdollista. Elementtiratkaisuissa ilmansulkukalvo asennetaan löysästi sisäverhouslevyn taakse, jolloin sähköasennukset voidaan tehdä sisäverhouslevyn ja ilmansulun väliin ja varmistaa ilmansulun ehjänä pysyminen. Mikäli ilmansulkukerros on sijoitettu heti seinän sisäpinnan levyn taakse, on varmempaa tehdä sähkövedot pinta-asennuksina.

Elementtien liitokset toisiinsa tulee suunnitella huolellisesti. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon ilmanpitävyyden asettamat vaatimukset. Ilmansulkukerroksen tulee jatkua yhtenäisenä elementistä toiseen, myös märkätilojen kohdalla. Elementtien välisessä liitoksessa kalvot tulee limittää ja puristaa toisiaan vasten. Limitsyveys voi huolellisesti suunnitelluissa ja toteutetuissa elementtiliitoksissa olla suorille seinälinjoille suositeltua leveyttä huomattavasti pienempi. Vierekkäiset elementtien runkokuuut tulee kiinnittää toisiinsa tiiviisti, esimerkiksi nurkissa kulmateräksillä, jotteivät puun kosteusliikkeet avaa liitosta ja samalla riko ilmanpitävän kerroksen yhtenäisyyttä. Liitokset muihin rakenteisiin, esimerkiksi välipohjan ontelolaattoihin, tulee suunnitella niin että elementtien välisten liitosten tiivistäminen on mahdollista ja etteivät liittyvän rakenteen liikkeet riko elementtirakenteen tiiviyttä.

Liitosten toimintaperiaatteiden ja työn huolellisuusvaatimusten tulee olla selvillä myös elementtien asentajilla, ettei heikolla työn laadulla aiheuteta huonoa lopputulosta hyvin suunniteltuihin rakenteisiin.

3.3 Harkkoseinät ja puhtaaksimuuratut tiiliseinät

Muuratuilla, ilmaa läpäisevillä harkkoseinillä rakenteen ilmanpitävyys perustuu pintakäsittelyihin. Harkot itsessään tai niiden väliset saumat eivät välttämättä ole riittävän ilmanpitäviä. Myös halkeamat aiheuttavat ilmavuotoja rakenteeseen. Tällaisen ulkoseinän molemmat pinnat tulee käsitellä rappaamalla tai tasoittamalla. Myös puhtaaksimuuratujen tiiliseinien ilmanpitävyys voidaan tarvittaessa varmistaa pintakäsittelyllä. Ellei puhtaaksimuuratua tiiliseinää pinnoiteta, tulee muuraustyö tehdä erittäin huolellisesti.

Pinnoitekerros tulee levittää kauttaaltaan ulkoseinien sisäpinnoille ja sen tulee liittyä toimivasti muiden rakennusosien sekä ikkunoiden ja ovien ilmanpitäviin kerroksiin. Pinnoitteen tulee ulottua seinän ylä- ja alareunaan saakka, myös kiintokalusteiden ja alaslaskettujen kattojen taakse.

Pintakäsittelyvaatimukset koskevat myös harkoista rakennettujen kellareiden seiniä, ainakin sisäpinnan osalta. Sokkeliharkoissa pinnoite estää radonin tunkeutumisen sisäilmaan maaperästä harkkoja pitkin. Aihetta on käsitelty myös luvussa 5 alapohja-ulkoseinä liitosratkaisujen yhteydessä.

3.4 Betonielementtiseinät

Betonielementti on yksittäisenä rakenneosana ilmanpitävä, kunhan suurten halkeamien syntyminen on estetty riittävän tiheällä raudoituksella. Rakenteeseen käytön aikana syntyneet halkeamat voidaan ilmanpitävyyden parantamiseksi tiivistää esimerkiksi pintakäsittelyllä.

Koko seinärakenteen ilmanpitävyys riippuu suurelta osin elementtien välisistä liitoksista sekä ikkuna- ja oviaukkojen tiivistyksestä. Seinäelementtien väliset saumat tehdään juotosvaluilla tai joustavien elastisten saumojen avulla, esimerkiksi kittaamalla. Juotosvalujen ilmanpitävyyden varmistamisessa olennaisin osuus on työn suorituksella. Huolellisuutta tarvitaan etenkin seinäelementtien alasaumojen täytöissä.

3.5 Hirsiseinät

Hirsirakenteiden painuma on suunnittelussa otettava aina huomioon. Painuminen parantaa ajan myötä jossain määrin hirsiseinän ilmanpitävyyttä. Tämä kuitenkin edellyttää, että aukkojen ja painumattomien rakenneosien kohdalle on jätetty painumavarat ja näiden ilmanpitävyys on myös huolellisesti suunniteltu. Suunnitteluratkaisuissa tulee varmistaa, ettei rungon painumista ole missään kohtaa estetty eivätkä rakenneosien väliset painumaerot kasva merkittäviksi. Ikkuna-aukkojen painumavarojen toteutusta on tarkemmin käsitelty luvussa 10.1.

Suoralla seinäosalla hirsiprofiili vaikuttaa eniten rakenteen ilmanpitävyyteen. Hirsien välissä käytetään saumaeristettä. Eristeenä voidaan käyttää tiiviitä ja joustavia solumuovi- tai kumitiivisteitä, mutta muillakin tiivistevaihtoehdoilla voidaan saavuttaa koko rakennuksen osalta riittävä ilmanpitävyys /6/. Hirsiseinien ilmanpitävyydessä suoraa seinän osuutta kriittisempiä kohtia ovat nurkkasalvokset. Hirsitalon ilmanpitävyyttä voidaan painumisen jälkeen parantaa tiivistämällä liitos- ja saumakohtia uudestaan esimerkiksi polyuretaanivaahdolla.

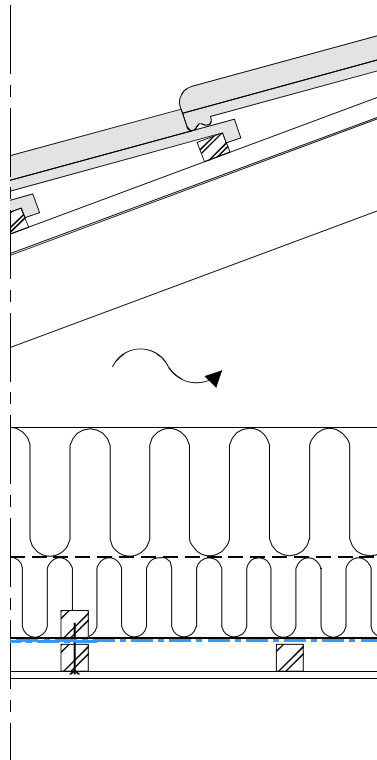
4 Yläpohjat

4.1 Puurakenteiset yläpohjat

Puurakenteiset yläpohjaratkaisut ovat Suomessa hyvin yleisiä sekä puurankaseinien että kivrakenteisten seinien kanssa yhdistettynä. Samoin kuin puurankaseinissä, myös puuyläpohjissa ilmansulkukerros toimii usein myös höyrynsulkukerroksena ja sijoittuu siksi rakenteen sisäpintaan. Ilmansulku voi tässäkin tapauksessa olla joko kalvomainen tai levymäinen kerros.

Kalvomaisia ilmansulkuja käytettäessä tulee varmistaa etteivät yläpuoliset lämmöneristeet pääse painamaan ilmansulkukalvoa tai sen jatkoskohtaa niin, että kalvo tai jatkoskohta ajan myötä venyy tai menee rikki. Levymäiset lämmöneristeet ovat yleensä niin jäykkiä, ettei niiden omapaino rasita normaalilla alapuolisella koolauksella (k400) tuettua ilmansulkukalvoa liikaa (kuva 4.1 a). Tämän vuoksi suositellaankin levymäisen lämmöneristeiden käyttöä alimpana kerroksena myös muuten puhallettavilla lämmöneristeillä eristetyssä yläpohjassa. Levymäinen lämmöneriste puhallettavan eristeen alla myös pienentää puhallettavan lämmöneristeiden mahdollisten asennusvirheiden aiheuttamia kylmäsiltaongelmia. Kevyet puhallettavat lämmöneristeet voidaan asentaa yläpohjissa suoraan kalvomaisen ilmasulun varaan, jos kalvon haitallinen painuma on estetty alapuolelta riittävän tiheällä ($\leq k400$) rimoituksella tai laudoituksella.

Ilmansulkukalvon jatkokset tulee yläpohjissa limittää ja teipata yhteen. Teipillä tulee tällöin olla riittävä tartuntakyky ja pitkäaikaiskestävyys. Varmempi ratkaisu on vielä puristaa teipattu jatkos puurimoilla tiiviisti yhteen (kuva 4.1 a). Ristikoiden väliin tulee puristusliitosta varten asentaa tällöin vastakappalerimat.



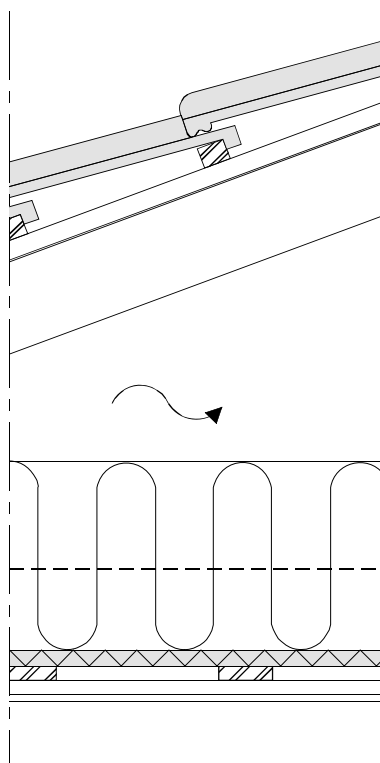
Kuva 4.1 a Puuyläpohjarakenne, jossa ilmanpitävänä kerroksena on kalvo. Kalvon jatkoskohta on limitetty, teipattu ja puristettu. Alin lämmöneristekerros on levymäinen ja niin jäykkä ettei sen paino rasita merkittävästi ilmansulkukalvoa. Ylempi kerros voi olla puhallettava tai levymäinen eriste.

Solumuovieristyslevyistä tehtyä ilmansulkukerrosta käytettäessä levyjen väliset saumat saadaan tiiviiksi vaahdottamalla. Levyt ovat yleensä niin jäykkiä, että ne kestävät yläpuolisen lämmöneristeen painon rikkoutumatta. Sauman paksuuden tulisi tässäkin tapauksessa olla vähintään 20 mm ja leveyden 10 mm vaahdotuksen onnistumisen varmistamiseksi. Saumat voidaan tarvittaessa vaahdotuksen lisäksi vielä teipata riittävän muodonmuutoskyvyn omaavalla teipillä. Tällöin rakenteen ilmanpitävyys säilyy käytön aikana, vaikka kosteuden vaihtelusta johtuvat puurakenteiden liikkeet aiheuttaisivat vahtosaumaan halkeaman.

Ilmansulkukalvoa ja lämmöneristettä voidaan tukea myös alapuolisella rakennuslevyllä, mikä parantaa jatkosten teippausten pitkäaikaiskestävyyttä. Toisaalta levytys hankaloittaa alaslaskurimojen kiinnitystä ristikkoon.

Alakatoissa kuljetetaan usein paljon sähköjohtoja, joten molempien ilmansulkuvaihtoehtojen kanssa tulee ilmansulun ja sisäverhouslevyn väliin jättää riittävä asennusvara. Alaslaskurimojen väli saa sisäverhouslevyn tai paneelien kiinnityksen vuoksi olla enintään 400 mm (k400). Levymäisillä ilmansuluilla tai kun ilmansulkukalvon alle asennetaan rakennuslevy, asennusväli suositellaan tehtäväksi ristiinkoolattuna (kuva 4.1 b), jotta sähkövetoja voidaan kuljettaa katossa molempiin suuntiin. Kalvomaisia ilmansulkuja

käytettäessä ristikon suuntaiset sähkövedot voidaan kuljettaa alaslaskuriman ja ilmansulkukalvon välistä pujottamalla.

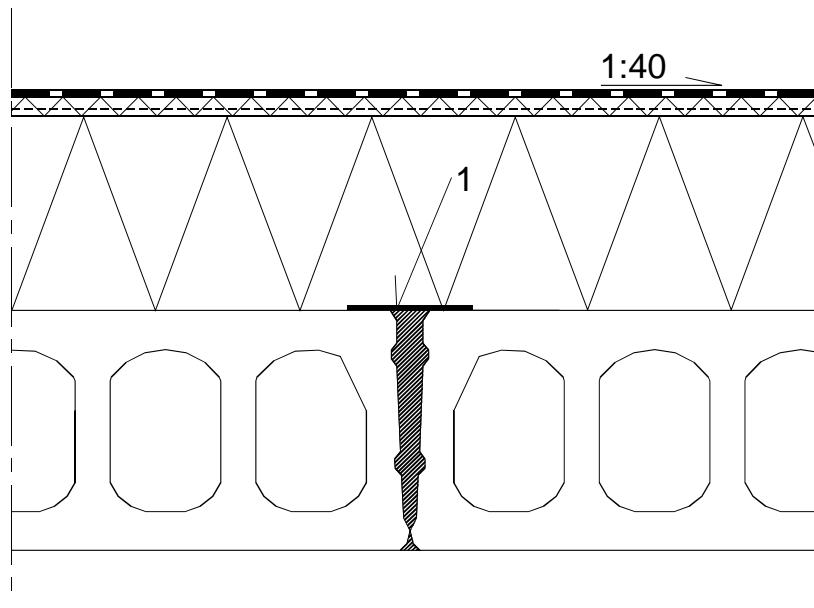


Kuva 4.1 b Puuyläpohjarakenne, jossa ilmanpitävänä kerroksena on solumuovieristyslevy. Alaslasku on ristiinkoolattu sähkövetojen helpottamiseksi.

4.2 Kivirakenteiset yläpohjat

Kivirakenteiset yläpohjat tehdään asuinrakennuksissa yleensä ontelolaatoista. Kevytbetonitaloissa yläpohja on usein myös kevytbetonia. Kevytbetonirakenteisen seinä-yläpohja -liitoksen ilmanpitävyyttä on tarkemmin käsitelty luvussa 7.3.

Ontelolaatta ja muut teräsbetonielementit sekä kevytbetonielementit ovat rakenteena pääsääntöisesti ilmanpitäviä, mutta elementtien väliset saumat on yläpohjissa ilmanpitävyyden varmistamiseksi tiivistettävä erikseen. Saumavaluihin tulee käytännössä aina halkeamia, joista ilmaa pääsee rakennekerroksen läpi. Erityisesti halkeamia havaitaan elementtien päätysaumoissa. Tiivistämättömistä elementtisaumoista pääsee konvektion mukana yläpohjan lämmöneristekerrokseen helposti suuria määriä kosteutta, koska rakennuksen yläosa on yleensä ylipaineinen. Etenkin pelkästään ylimmän eristekerroksen urien kautta tuuletetuissa umpikatoissa tämä aiheuttaa ongelmia. Ontelolaattayläpohjan ilmanpitävyyden ja erityisesti yläpohjan kosteusteknisen toimivuuden varmistamiseksi elementtien välisten saumojen yläpuolelle tulee asentaa ilmansulkukaistat, esimerkiksi joustavat bitumikermit (kuva 4.2).



Kuva 4.2 Ontelolaattayläpohja. Elementtien välinen sauma on saumavalun lisäksi tiivistetty yläpuolisella hitsattavalla tai liimattavalla bitumikermikaistalla (1). Vastaavanlainen tiivistys tulisi tehdä myös elementtien päätysaumoissa.

Alapuolisilla tasoitekerroksilla ei saavuteta yhtä varmasti hyvää ilmanpitävyyttä, koska myös niihin tulee halkeamia juuri saumojen kohdalle. Lisäksi eniten kosteusrasitetuissa tiloissa (märkätilat) ontelolaatasta ei yleensä tasoiteta sisäpuolelta, koska tiloihin rakennetaan IV-hormeja varten alaslaskettu katto.

Bitumikermikaistan tulee kestää rikkoontumatta alustan pienet liikkeet, mikä täytyy myös ottaa huomioon kaistaa kiinnitettäessä. Kaistan suositeltava leveys on vähintään 200 mm. Varsinaisissa liikuntasaumoissa, kaistojen tulee olla riittävältä leveydeltä alustasta irrotettuja.

Ilmansulkukerros voidaan toteuttaa myös kauttaaltaan elementtien päälle levitetyllä ilmansulkumateriaalilla, esimerkiksi muovikalvolla, joka on hyvin tiivistetty sekä muihin rakenteisiin että läpivientien kohdalta tai laatastons päälle valettavalla raudoitettulla pintavalulla. Kevytbetonielementtiyläpohjan päälle ei tule asentaa muovikalvoa tai muuta vesihöyrytiivistä ilmansulkua, koska kevytbetonin rakennekosteus pyrkii kuivumaan elementin yli vallitsevan lämpötilaeron johdosta ulospäin.

5 Alapohjat

5.1 Maanvastaiset alapohjat

Ilmanpitävät rakenteet edesauttavat hyvän sisäilman saavuttamista. Tämä koskee erityisesti alapohjarakenteita, joissa rakenteen läpi virtaava ilma tuo yleensä mukanaan paljon epäpuhtauksia. Yksi haitallisimmista alapohjien ilmapuotokohdista sisäilmaan virtaavista yhdisteistä on radon-kaasu.

Maanvastaisina alapohjina käytetyt paikallavaletut teräsbetonilaatat ovat rakenteina riittävän ilmanpitäviä, joten suurin huomio tulee kiinnittää rakenteen liitoksiin sekä läpivientien tiivistämiseen. Liitoskohtia seinärakenteisiin on tarkemmin käsitelty luvussa 6.1. Radonin kulkeutuminen sisäilmaan on näissä ohjeissa yleisimmin estetty liitokseen tulevalla kumibitumikermikaistalla.

Läpivientiputket laatan keskiosalla voidaan putken ulkopuolelta tiivistää valamalla. Jos läpiviennin juuren tiiviys halutaan erityisesti varmistaa, voidaan tiivistys viimeistellä vielä kittaamalla. Suuret tyhjää tilaa sisältävät läpivientivaraukset on suositeltavaa tiivistää myös sisäpuolelta esimerkiksi tiiviillä villasullonnalla tai asettamalla varausputken sisään muovipussi, joka vaahdotetaan täyteen polyuretaanivaahtoa. Kun varausputki halutaan ottaa käyttöön, voidaan polyuretaanivaahdo vetää muovipussissa putkesta pois.

5.2 Tuulettuvat alapohjat

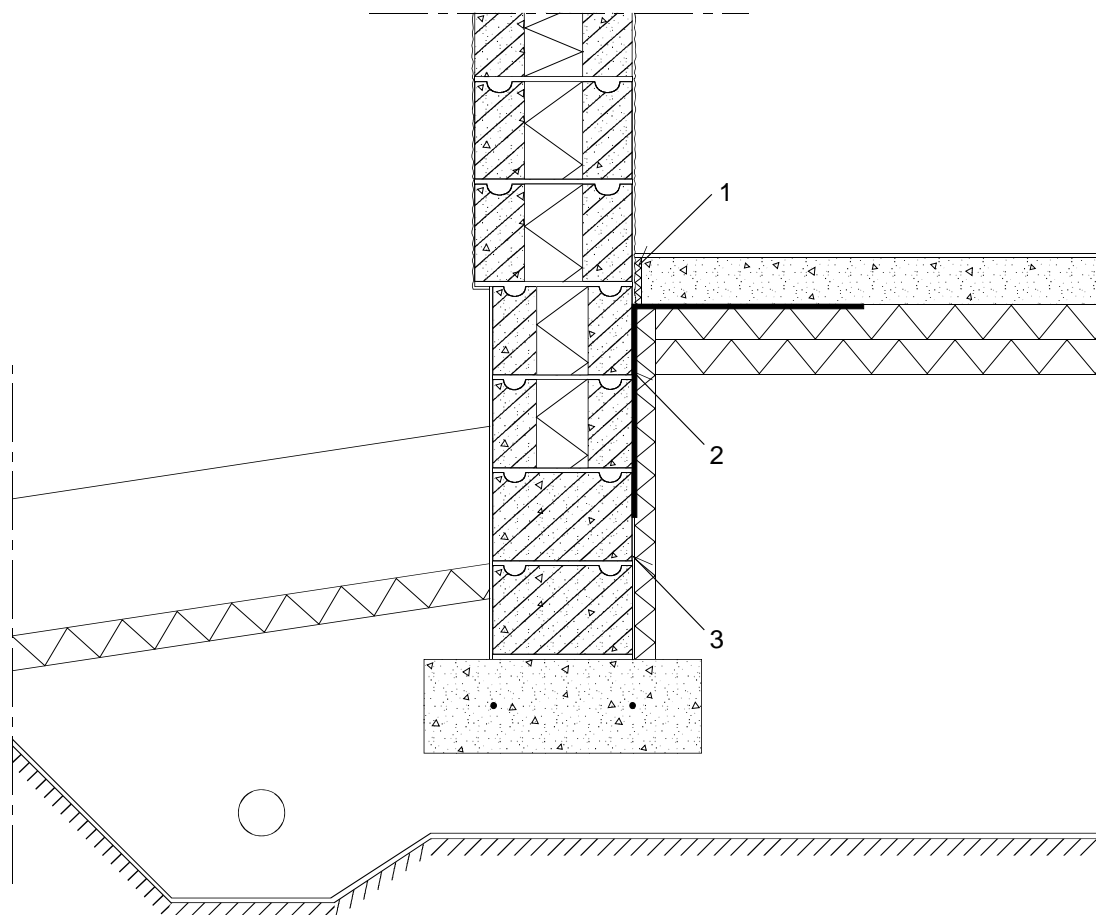
Kivirakenteinen tuulettuva alapohja tehdään yleensä ontelolaatoista, joiden alapuolelle on kiinnitetty valmiiksi lämmöneristyslevy. Samoin kuin betonielementtirakenteisten yläpohjien kohdalla, myös alapohjien elementtisaumat vaativat erillisen ilmansulkukerroksen, koska saumavaluihin tulee käytön aikana halkeamia, joista ilma pääsee virtaamaan. Lämmöneristekerroksen yhtenäisyyden varmistamiseksi elementtien alapuolisen eristekerroksen saumat tulisi vaahdottaa polyuretaanivaahdolla tiiviiksi. Mikäli ontelolaataston päälle tulee yhtenäinen pintabetonilaatta, voidaan sitä pitää rakenteen riittävän ilmanpitävyyden varmistavana kerroksena, eikä erillisiä ilmansulkukaistoja saumoissa tarvita. Läpiviennit voidaan tiivistää samoin kuin maanvastaisilla alapohjilla.

Erityisesti puurakenteisilla tuulettuvilla alapohjilla olennaista on ryömintätilan tehokas tuuletus. Tämän vuoksi lattiarakenteen tuulensuojan tulisi olla lämpöä eristävä, kosteutta kestävä sekä riittävän ilmatiivis, jottei ryömintätilan kylmä ilma pääse alapohjarakenteen lämmöneristekerrokseen. Tuulensuoja ei kuitenkaan saa toimia rakenteessa höyrynsulkuna, koska se sijaitsee rakenteen kylmässä pinnassa.

Puurakenteisessa tuulettuvassa alapohjassa on suositeltavaa olla erillinen ilmansulkukerros lattian levyrakenteen alla. Kerros voi olla esimerkiksi kalvomainen ilmansulku tai muovieristyslevy. Mikäli ilmanpitävä kerros toteutetaan pelkästään lattialevyllä, tulee levynä käyttää ympäripontattua, paksua kansivaneria. Levyt liimataan sekä alustaan että toisiinsa ja saumojen tiiviys varmistetaan myös yläpuolisella teippauksella. Ulkoseinälinjoilla ilmanpitävä kerros liitetään seinän ilmansulkuun esimerkiksi höyrynsulkumuovikaistalla.

6 Alapohja-ulkoseinä

6.1 Kivirakenteinen alapohja – maanvastainen



Kuva 6.1 Maanvastaisen betonilaatan ja ulkoseinän liitos.

Sovelluskohteet

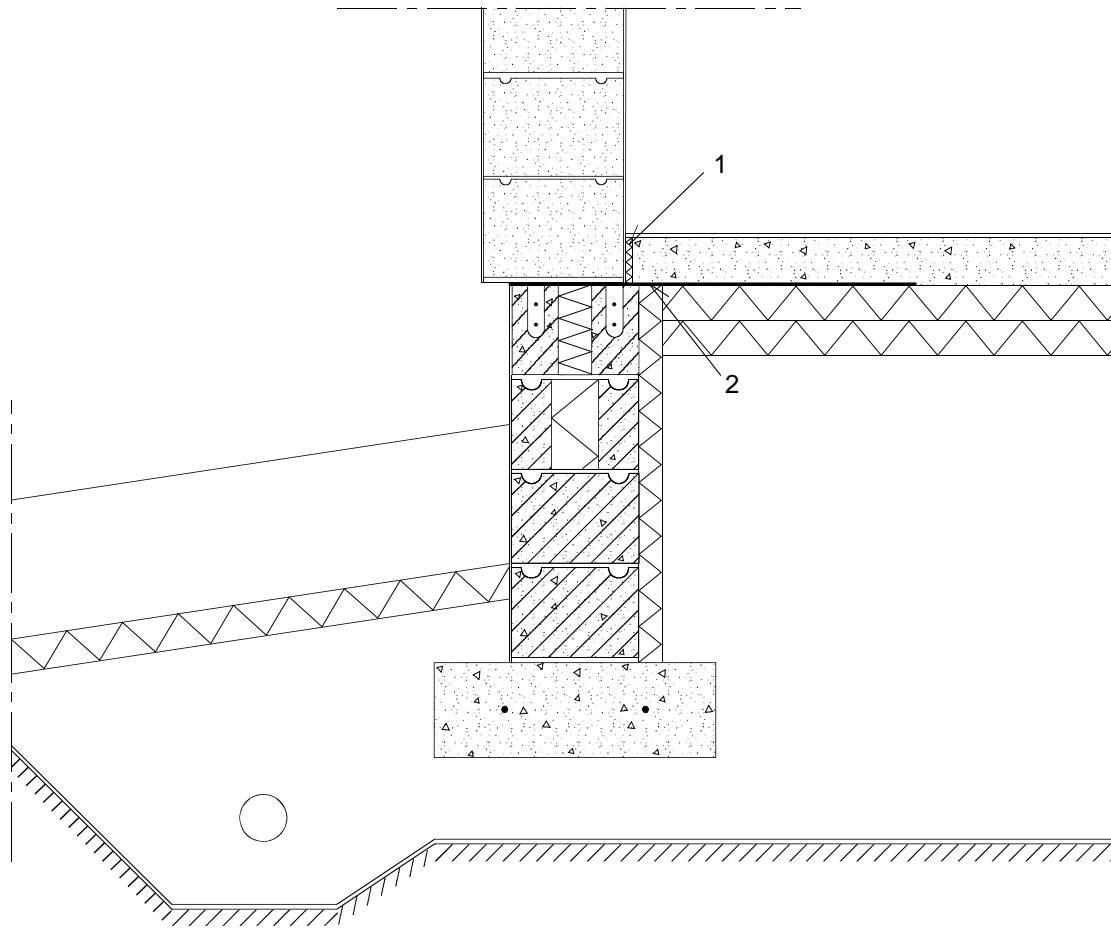
- Kohteet, joissa kivirakenteinen seinä tehdään ennen lattialaatan valua.

Toteutusohjeet

- Kumibitumikermikaista (2) (hitsattava/liimattava) kiinnitetään harkkoihin ja käännetään lattiaeristeen päälle laatan alle.
- Laatan ja seinän väliin asennetaan lämmöneristekaista, umpisoluihin solupolyeteeni. Laatan kutistuessa se ei kuitenkaan riitä tiivistämään saumaa, vaan sauma täytyy lisäksi tiivistää pysyvästi elastisella kitillä (1).
- Sokkeliharkot pinnoitetaan molemmista pinnoistaan anturaan saakka (3). Näin estetään radonin pääsy harkkoja pitkin sisäilmaan ja myös kermin kiinnitys on helpompaa, kun alusta on tasainen.

Muuta

- Kumibitumikermikaista estää myös radonin pääsyn sisäilmaan.
- Harkkoseinän ilmanpitävyys perustuu pinnoitusten yhtenäisyyteen, joten pinnoitteen tulee ulottua seinän alareunaan saakka.
- Sokkeliharkon pinnoitteen tulee olla tasainen, jotta eristelevyt saadaan tiiviisti kiinni sokkeliin.
- Vaihtoehtoisesti sokkelin sisäpuolen tiivistys voidaan tehdä tiivistämällä sisäpuolisen lämmöneristeen saumat vaahdolla ennen sisäpuolista täyttöä.



Kuva 6.2 Maanvastaisen betonilaatan ja ulkoseinän liitos. Kivirakenteinen ulkoseinä on tehty ennen laatan valua.

Sovelluskohteet

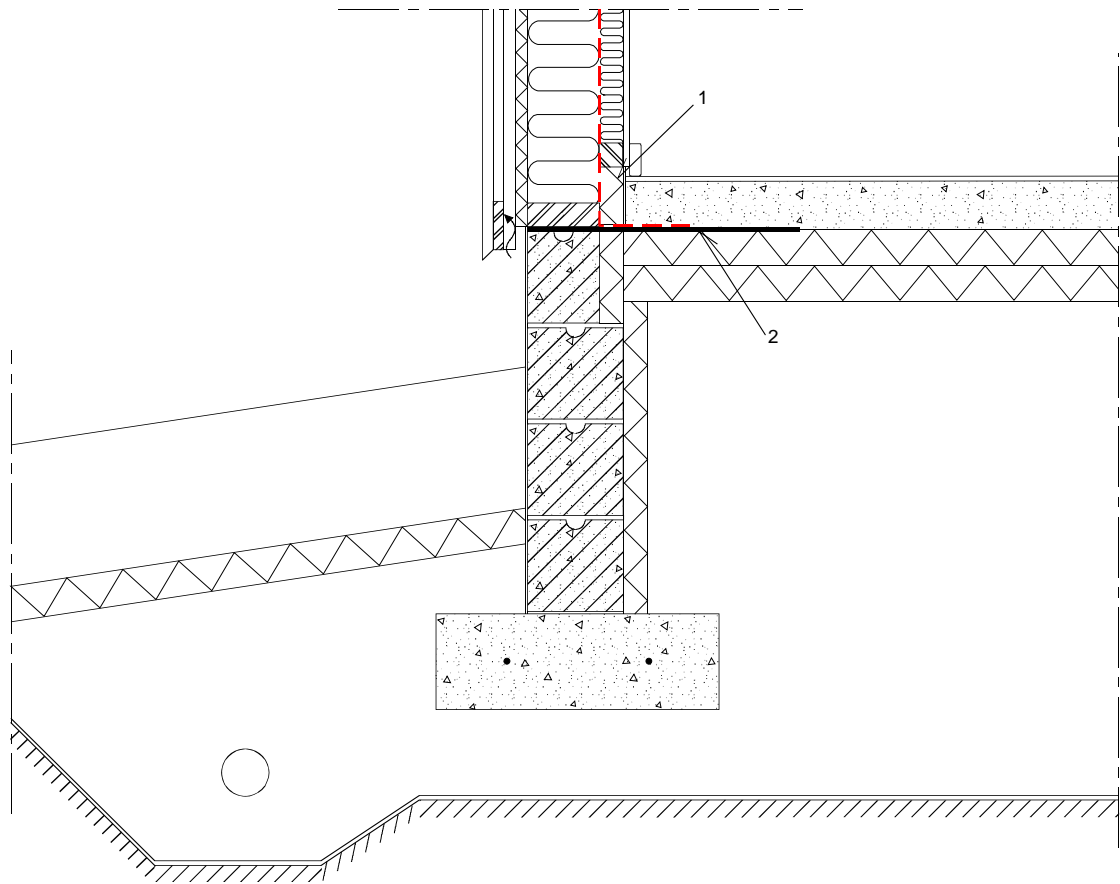
- Kohteet, joissa seinärakenne tehdään ennen laatan valua. Lattiat valetaan seinää vasten.
- Laatan alapinta on seinä- ja sokkeliharkon välisen sauman tasalla.

Toteutusohjeet

- Kumibitumikermikaista viedään suorana seinä- ja sokkeliharkon välisestä saumasta lattialaatan alle (2).
- Laatan ja seinän väliin asennetaan lämmöneristekaista, umpisoluinen solupolyeteeni. Laatan kutistuessa se ei kuitenkaan riitä tiivistämään saumaa, vaan sauma täytyy lisäksi tiivistää pysyvästi elastisella kitillä (1).

Muuta

- Kun sokkelin ylimmäinen harkko on palkkiharkko, voidaan lattialaatta tukea reunaltaan siihen. Näin liitos pysyy tiiviinä, vaikka maa painuisi vähäisessä määrin laatan alla.
- Kumibitumikermikaista estää radonin pääsyn sisäilmaan sekä liitoksesta että harkkoja pitkin (vertaa kuvaan 6.1)
- Sokkeliharkot suositellaan kuitenkin pinnoitettavaksi molemmista pinnoistaan ilmanpitävyyden varmistamiseksi.



Kuva 6.3 Maanvastaisen betonilaatan ja puurankaseinän välinen liitos. Laatta valetaan seinän pystytyksen jälkeen.

Sovelluskohteet

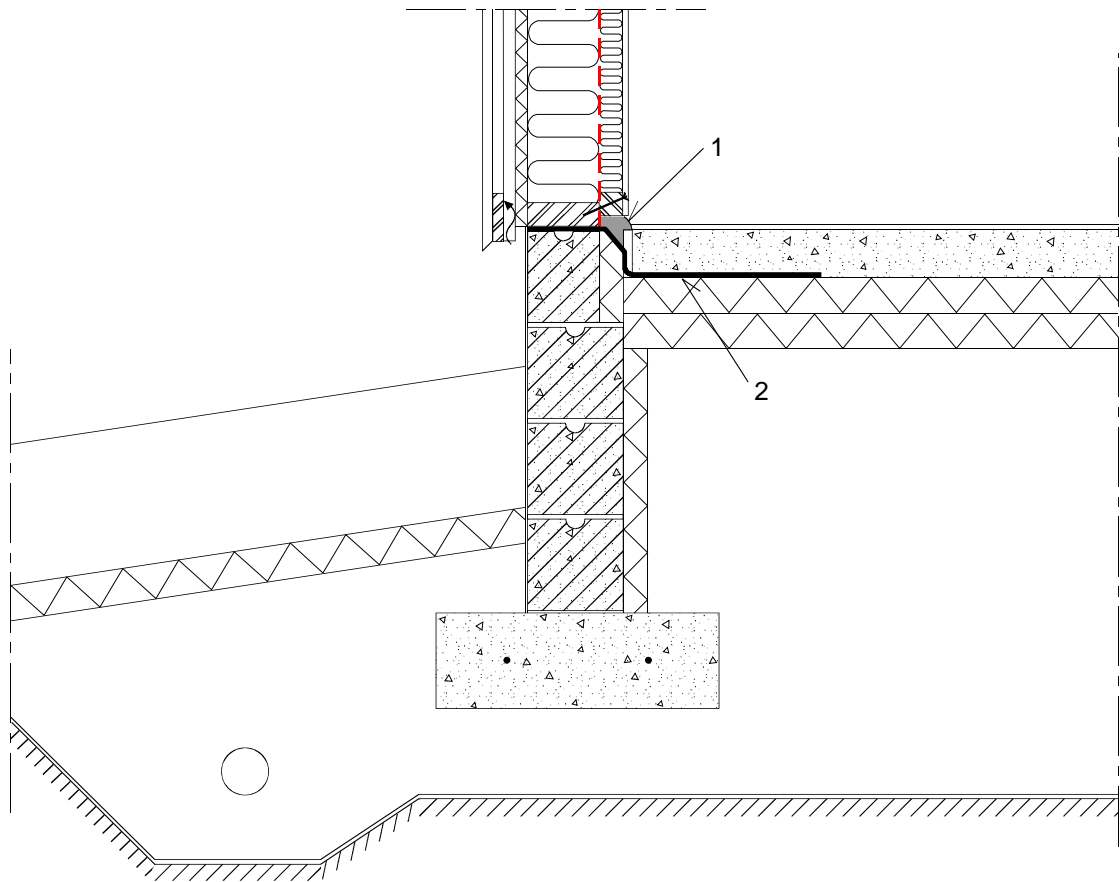
- Kohteet, joissa seinärakenne tehdään ennen laatan valua. Lattiat valetaan seinää vasten.
- Seinän ilmansulkuna on kalvo.
- Laatan alapinta on seinän ja sokkeliharkon välisen sauman tasalla.

Toteutusohjeet

- Kumibitumikermikaista tuodaan suorana seinän alajuoksupuun alta betonilaatan alle (2).
- Seinän ilmansulkukalvo taitetaan kermikaistan päälle. Yläpuolisten rakenteiden paino tiivistää liitoksen, kun taitoksen leveys on riittävä.
- Laatan valua varten seinän ilmansulkukerrosta vasten asennetaan kapea, vähintään laatan paksuinen, muovieristelevykaista (1).
- Seinän ilmansulun sisäpuolinen koolaus aloitetaan muovieristelevykaistan yläpuolelta.

Muuta

- Seinässä ilmansulun sisäpuolinen lämmöneriste asennetaan vasta, kun rakennusaikainen kosteus on kuivunut riittävästi.
- Laatan vähäisestä painumisesta ei ole haittaa liitoksen ilmanpitävyydelle, kun käytetään joustavia kumibitumikermejä.
- Rakennuksen perustuksesta ei tule tasakorkea. Mikäli kantavat väliseinät ovat puurakenteisia, tulee väliseinän alajuoksu korottaa ylimääräisellä harkkokerroksella betonilaatan yläpinnan tasolle.
- Sokkeliharkot suositellaan edelleen pinnoitettavaksi molemmista pinnoistaan ilmanpitävyyden varmistamiseksi.



Kuva 6.4 Maanvastaisen betonilaatan ja puurankaseinän välinen liitos. Laatta valetaan ennen seinän pystytystä.

Sovelluskohteet

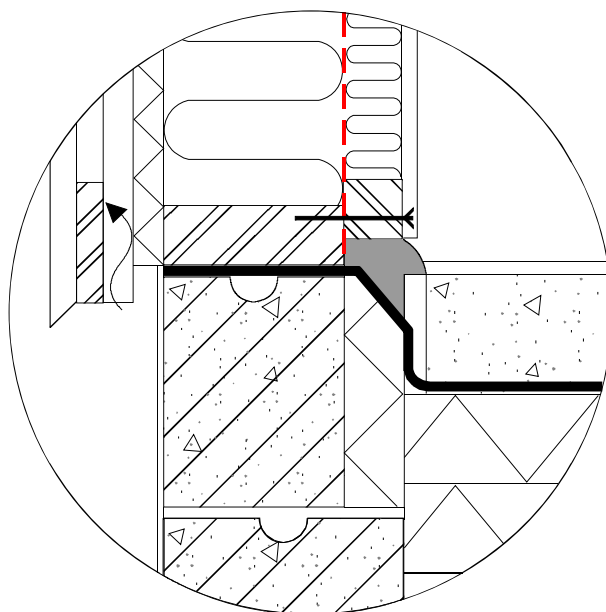
- Kohteet, joissa lattiavalu tehdään ennen seinän pystytystä.
- Esimerkissä seinä on puurakenteinen ja sen ilmansulkuna on kalvo. Tiivistysratkaisu on toimiva muillakin seinärakenteilla, kun kermin ja seinän alaosan välisestä tiivistyksestä on huolehdittu (esimerkiksi vaahdottamalla)

Toteutusohjeet

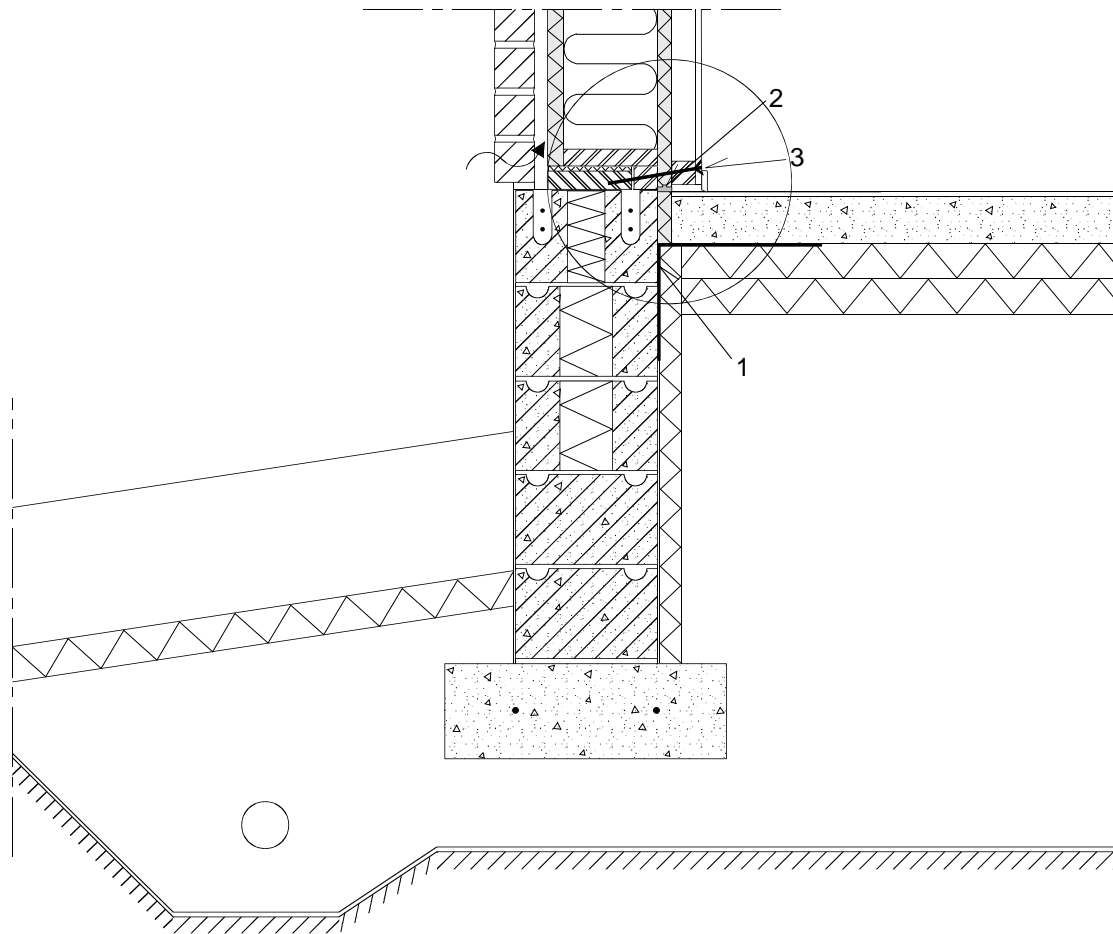
- Kumibitumikermikaista (2) taitetaan seinän alajuoksupuun alta betonilaatan alle.
- Sokkelin sisäpuolinen lämmöneriste on viistetty päästä, jottei kermin nurkkaa rikota työn aikana.
- Ilmansulkukalvon sisäpuolista pystykoolausta nostetaan hieman seinän alareunasta ja seinän ilmansulkukalvo tiivistetään ruuvaamalla (k300) sisäverhouslevyn alareunan kiinnityspuun ja seinän alajuoksupuun väliin.
- Sisäverhouslevyn alareunan kiinnityspuun, kermin ja lattialaatan väliin jäävä rako täytetään polyuretaanivaahdolla (1). Vaahdotus estää ilmavuodot seinän alajuoksupuun ja kermikaistan välistä.

Muuta

- Seinässä ilmansulun sisäpuolinen lämmöneriste asennetaan vasta, kun rakennusaikainen kosteus on kuivunut riittävästi.
- Laatan vähäisestä painumisesta ei ole haittaa liitoksen tiiviydelle, kun tiivistykseen käytetään joustavaa kumibitumikermiä.
- Sokkeliharkot suositellaan edelleen pinnoitettavaksi molemmista pinnoistaan ilmanpitävyyden varmistamiseksi.



Detalji 6.4 a Esimerkkikuva maanvastaisen betonilaatan ja puurankaseinän välisestä liitoksesta



Kuva 6.5 Maanvastaisen betonilaatan ja puuelementtiseinän välinen liitos. Laatta valetaan ennen seinän pystytystä.

Sovelluskohteet

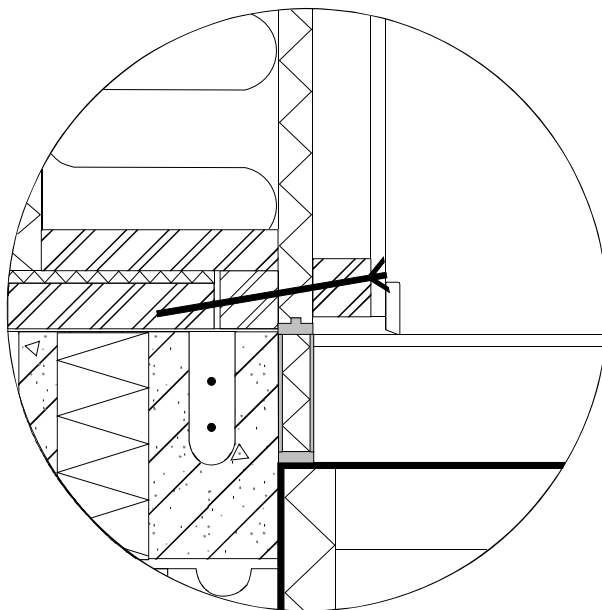
- Puuelementtiseinä, esimerkissä seinän ilmansulkuna on käytetty muovieristyslevyä.

Toteutusohjeet

- Kumibitumikermikaista kiinnitetään harkkoihin ja taitetaan betonilaatan alle (1), samoin kuin kuvassa 6.1.
- Lattialaatan reunoille sokkeliä vasten vaahdotetaan ennen valua muovieristyslevykaista, johon seinän ilmansulku liitetään. Levy tulee vaahdottaa kaikilta reunoiltaan.
- Elementin ilmansulkulevyn ja alemman muovieristyslevyn välinen sauma vaahdotetaan tiiviiksi sisäpuolelta (2). Sisäverhouslevyn tulee olla hieman elementin alareunaa ylempänä vaahdotusvälin aikaansaamiseksi. Jalkalista peittää vaahdotusvälin.
- Elementti kiinnitetään alaohjauspuuhun sisäpuolelta (3).

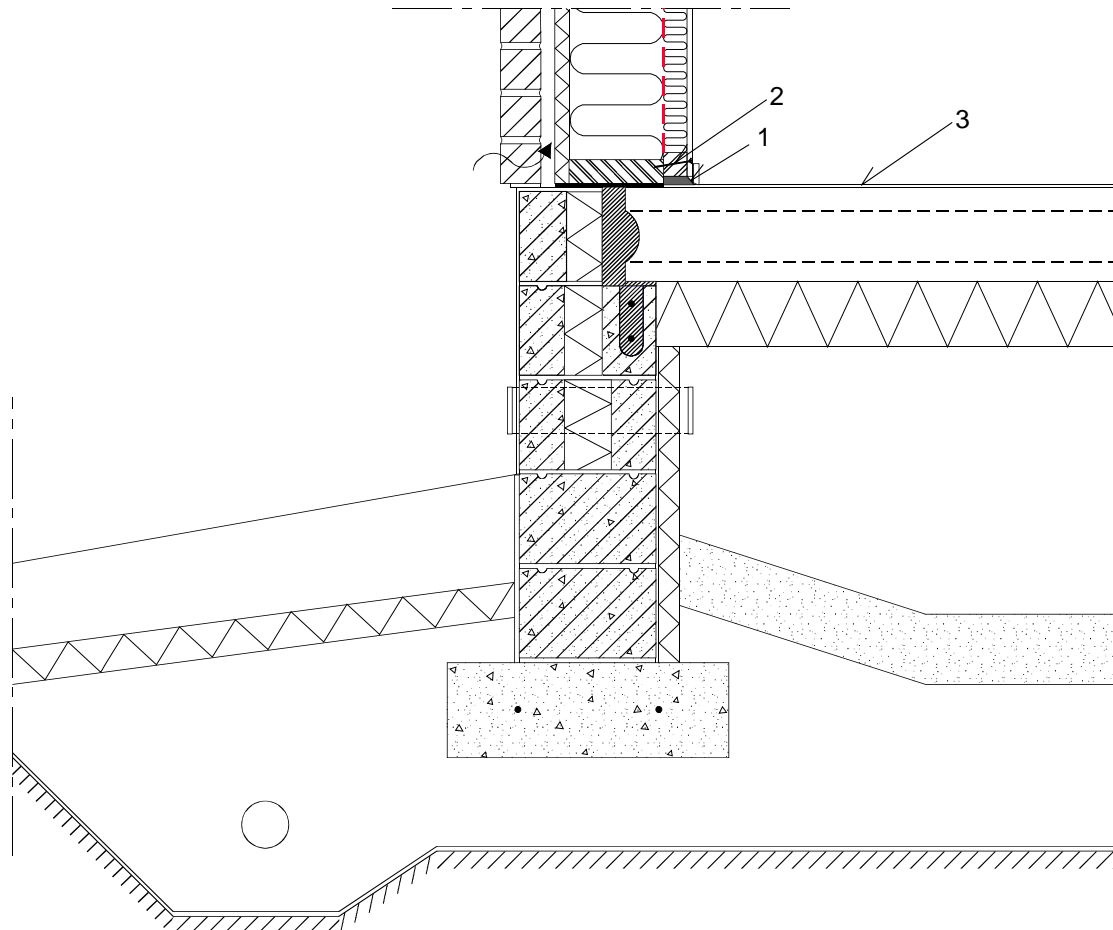
Muuta

- Seinän ilmansulkuna voi olla myös kalvo. Tällöin yhdistetään kuvien 6.5 (alapohja) ja 6.6 (seinän alaosa) ratkaisut.
- Seinän ohjauspuun ja elementin alajuoksun välissä on mineraalivillaeriste.
- Ohjauspuun ja harkon välissä on bitumikermikaista kapillaarikatkona.
- Puuelementtien väliset liitokset ovat valmistajakohtaisia, joten kuvassa esitetty esimerkki on suuntaa antava.
- Sokkeliharkot suositellaan edelleen pinnoitettavaksi molemmista pinnoistaan ilmanpitävyyden varmistamiseksi.



Detalji 6.5 a Esimerkkikuva maanvastaisen betonilaatan ja puuelementtiseinän välisestä liitoksesta. Laatan ja sokkelin väliin vaahdotetaan solumuovieristyslevykaista.

6.2 Kivirakenteinen alapohja – tuulettuva



Kuva 6.6 Kivirakenteinen tuulettuva (ryömintätilainen) alapohja. Ulkoseinän ja alapohjan liitos.

Sovelluskohteet

- Ryömintätilainen alapohja, jonka kantavana rakenteena on ontelolaatta.

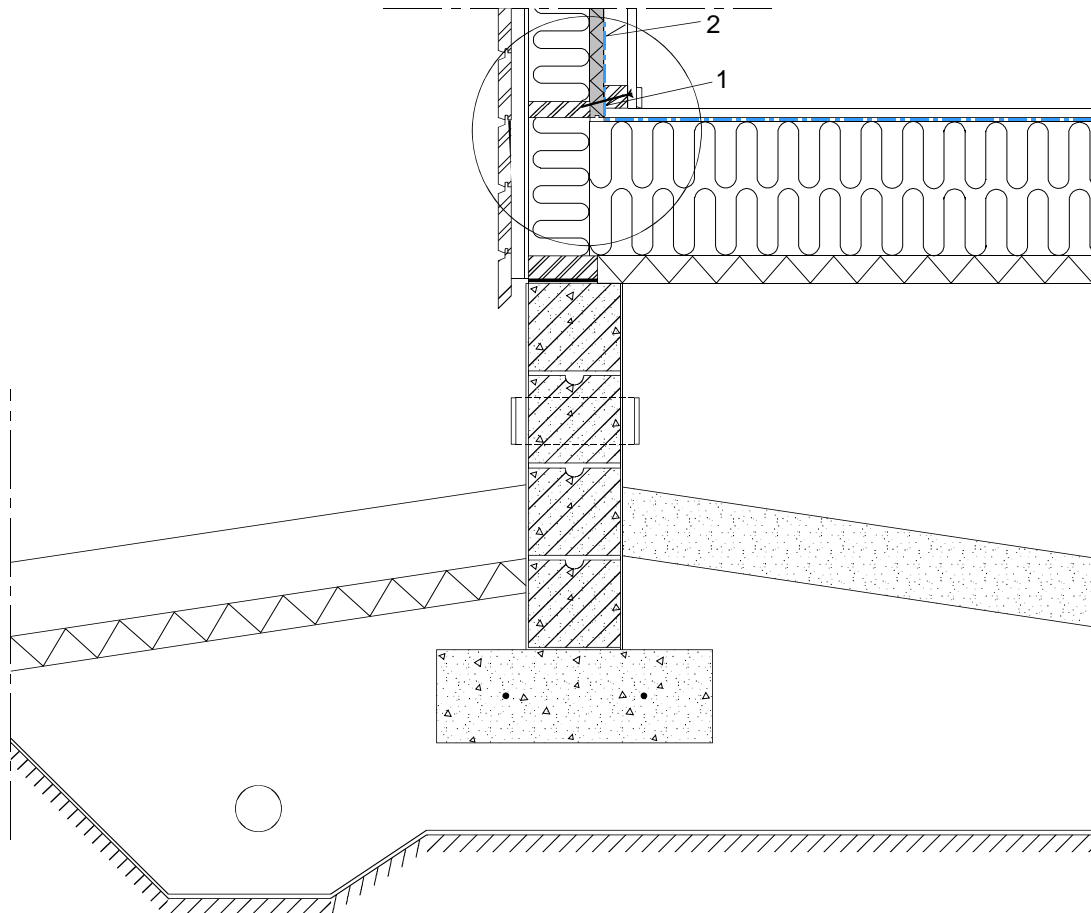
Toteutusohjeet

- Seinän alla oleva kumibitumikermi varmistaa päätysauman ilmanpitävyyden, vaikka päätysaumassa esiintyisi pientä halkeilua.
- Betonirakenteen ja sokkeliharkon väliset vaakasaumat ovat ilmatiiviitä, kun juotosvalut tehdään huolellisesti. Elementtien liitokset tiivistetään pinnan tasoitekerroksella (3).
- Seinän alaosan tiivistys riippuu seinärakenteesta. Puurakenteisen seinän ilmansulkukalvo on tiivistetty sisäverhouslevyn alareunan kiinnityspuun ja seinän alajuoksupuun väliin samoin kuin kuvassa 6.4 (2). Seinän alaosan ja laatan väli tiivistetään polyuretaanivaahdotuksella (1).
- Laatan alapuolisen lämmöneristeen saumat tulisi vaahdottaa lämmöneristekerroksen yhtenäisyyden varmistamiseksi ja konvektiovirtauksien estämiseksi eristelevyjen saumoissa.

Muuta

- Alajuoksun ja laatan välissä on bitumikermikaista kapillaarikatkona.
- Ryömintätilassa tulee olla hyvä tuuletus.
- Myös maanpinta eristetään ryömintätilan puolelta. Maanpinta voidaan eristää esimerkiksi kevytsorakerroksella.
- Sokkeli eristetään tarvittaessa, jottei rakenteeseen synny kylmäsiltaa.
- Sokkeliharkot suositellaan pinnoitettaviksi ilmanpitävyyden varmistamiseksi.
- Alapohjan ilmanpitävyydestä on annettu lisää ohjeita luvussa 5.2.

6.3 Puurakenteinen alapohja



Kuva 6.7 Puurakenteinen tuulettuva (ryömintätilainen) alapohja. Ulkoseinän ja alapohjan liitos.

Sovelluskohteet

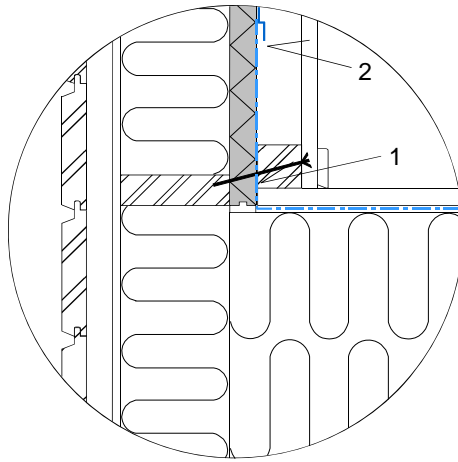
- Kohteet, joissa on puurakenteinen tuulettuva alapohja ja puurankaseinä.
- Seinän ilmansulkuna on kalvo tai levy. (detaljit 6.7 a ja b)

Toteutusohjeet

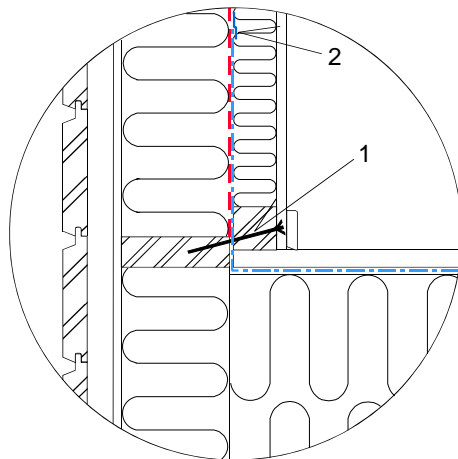
- Lattian ilmansulkukalvo käännetään seinän ilmansulun sisäpuolelle sisäverhouslevyn alareunan kiinnityspuun takaa (1). Kiinnityspuulla puristetaan ilmansulkujen limityskohta yhteen.
- Lattian ilmansulkukalvon reuna teipataan kiinni seinän ilmansulkuun (2).
- Jos lattian ilmanpitävänä kerroksena on liitoksistaan ilmanpitävä levy esim. kansivaneri, seinälinjalle asennetaan erillinen leveä höyrynsulkumuovikaista. Kaistan toinen reuna tiivistetään kansivanerin alle ja toinen reuna käännetään seinän ilmansulun sisäpuolelle ja teipataan kiinni seinän ilmansulkuun.

Muuta

- Lattian ilmansulku voidaan toteuttaa solumuovieristyslevyllä. Tällöin levyjen väliset saumat vaahdotetaan tiiviiksi.
- Puurakenteen ja harkon välissä on bitumikermikaista kapillaarikatkona.
- Ryömintätilassa tulee olla hyvä tuuletus.
- Myös maanpinta eristetään ryömintätilan puolelta. Maanpinta voidaan eristää esimerkiksi kevytsorakerroksella.
- Alapohjan ilmanpitävyydestä on annettu lisää ohjeita luvussa 5.2.



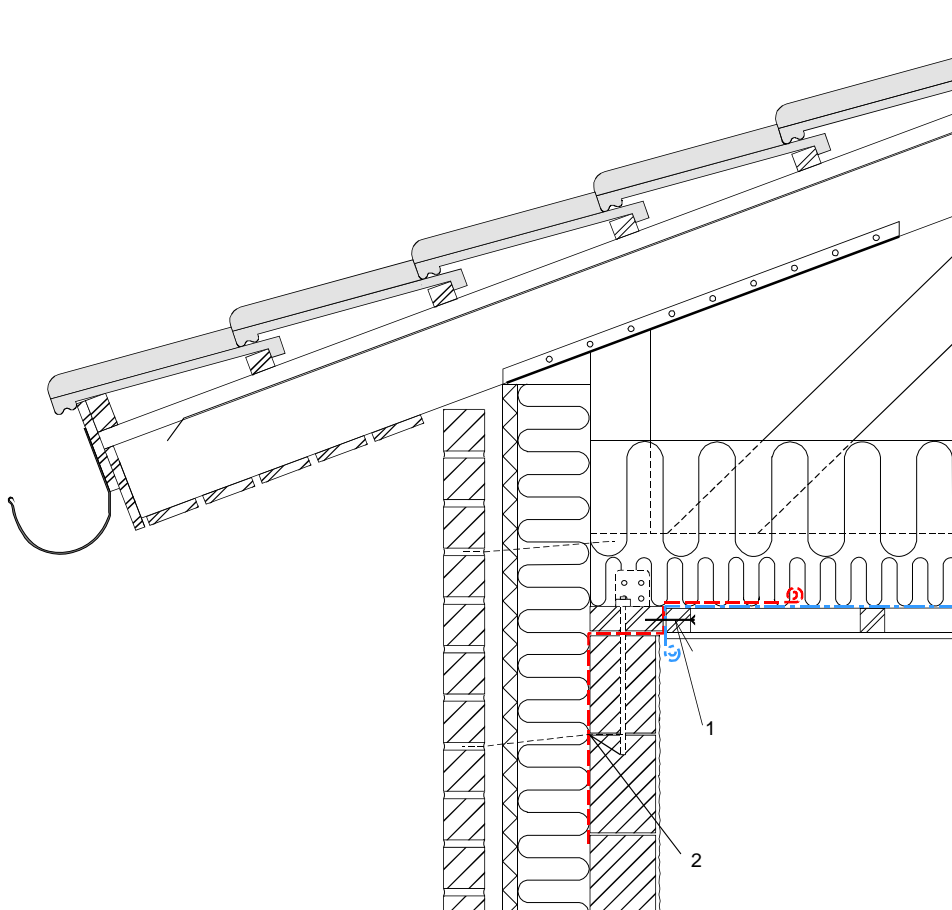
Detalji 6.7 a Tuulettuvan puurakenteisen alapohjan ja puu-ulkoseinän liitos, kun seinän ilmansulkuna on solumuovieristyslevy.



Detalji 6.7 b Tuulettuvan puurakenteisen alapohjan ja puu-ulkoseinän liitos, kun seinän ilmansulkuna on kalvo. Liitos voidaan toteuttaa myös leveällä höyrnsulkumuovikaistalla, jos lattian ilmanpitävänä kerroksena toimii tiivis kansivaneri.

7 Yläpohja – ulkoseinä

7.1 Puurakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä



Kuva 7.1 Puuyläpohjan ja kivirakenteisen ulkoseinän liitoksen tiivistys höyrnsulkumuovikaistalla, sivuräystä.

Sovelluskohteet

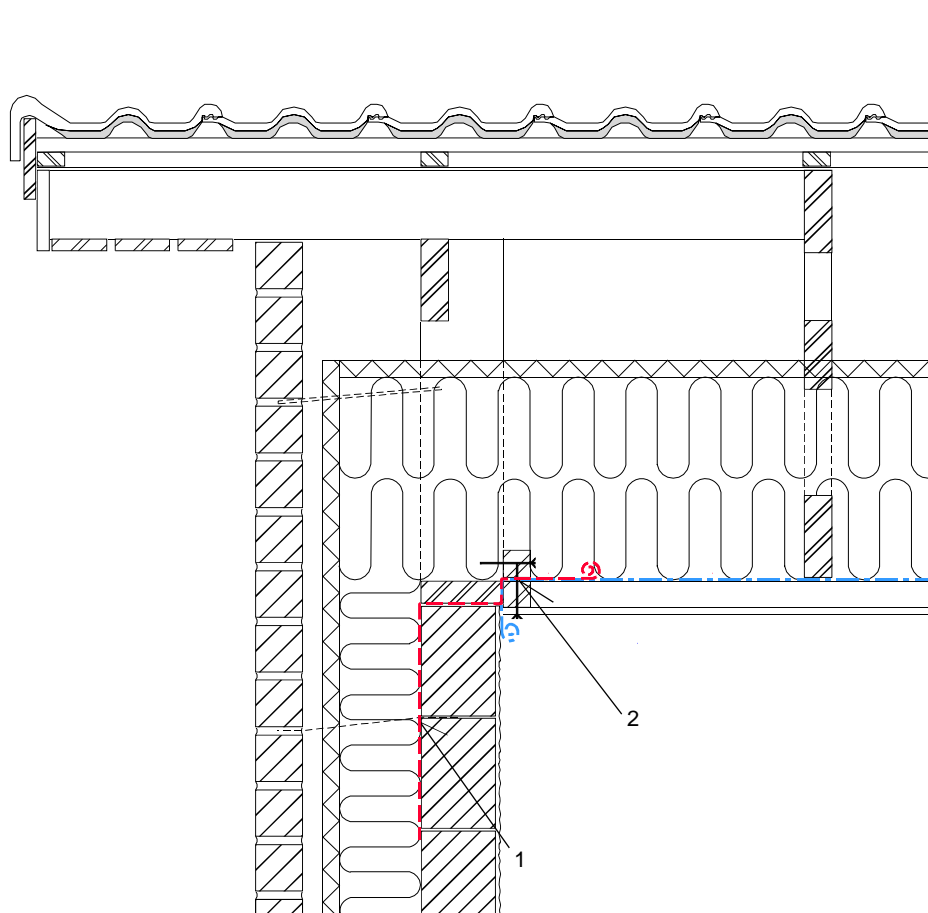
- Kivirakenteiset (harkko/tiili) ulkoseinät, joissa on erillinen lämmöneristekerros.
- Puuyläpohjassa on ilmansulkuna kalvo.

Toteutusohjeet

- Harkkoseinän päälle asetetaan höyrynsulkumuovikaista, joka käännetään yläpohjan ilmansulun kanssa limittäin. Kaistan tulee ulottua seinässä alaspäin vähintään 500 mm matkan (2). Tällä varmistetaan ylimpien harkkokerrosten ilmanpitävyys, mikäli pinnoitteisiin syntyy halkeamia saumojen kohdille, ja estetään ilman virtaus yläjuoksupuun alta suoraan eristetilaan.
- Liitos puristetaan pystysuunnassa tiiviiksi alaslaskun kohdalta, riman ja tasakertapuun väliin (1) – puristusliitos toteutetaan riittävän tiheällä ruuvi kiinnityksellä k300.
- Liitoksen ilmatiiviys voidaan puristuksen lisäksi varmistaa saumaamalla puiden väliin jäävä rako alapuolelta kitillä tai elastisella massalla.
- Rakennuksen nurkissa ilmansulkukalvot laskostetaan, limitetään ja teipataan yhteen.

Muuta

- Harkkoseinän ilmansulkuna toimii sisäpuolen tasoitekerros, joten sen täytyy ulottua seinän yläreunaan asti, myös alaslasketun katon taakse.
- Yläpohjan lämmöneristeenä voi olla levymäinen tai puhallettava eriste. Tarkempia ohjeita puurakenteisista yläpohjista on esitetty luvussa 4.1.
- Jos yläpohjan ilmansulkuna on levy, voidaan liitoksen tiivistyksessä soveltaa detaljin 7.3 c ohjetta.
- Päätyräystään detalji on esitetty kuvassa 7.2.



Kuva 7.2 Puuyläpohjan ja kivirakenteisen ulkoseinän liitoksen tiivistys höyrnsulkumuovikaistalla, päätäräystä.

Sovelluskohteet

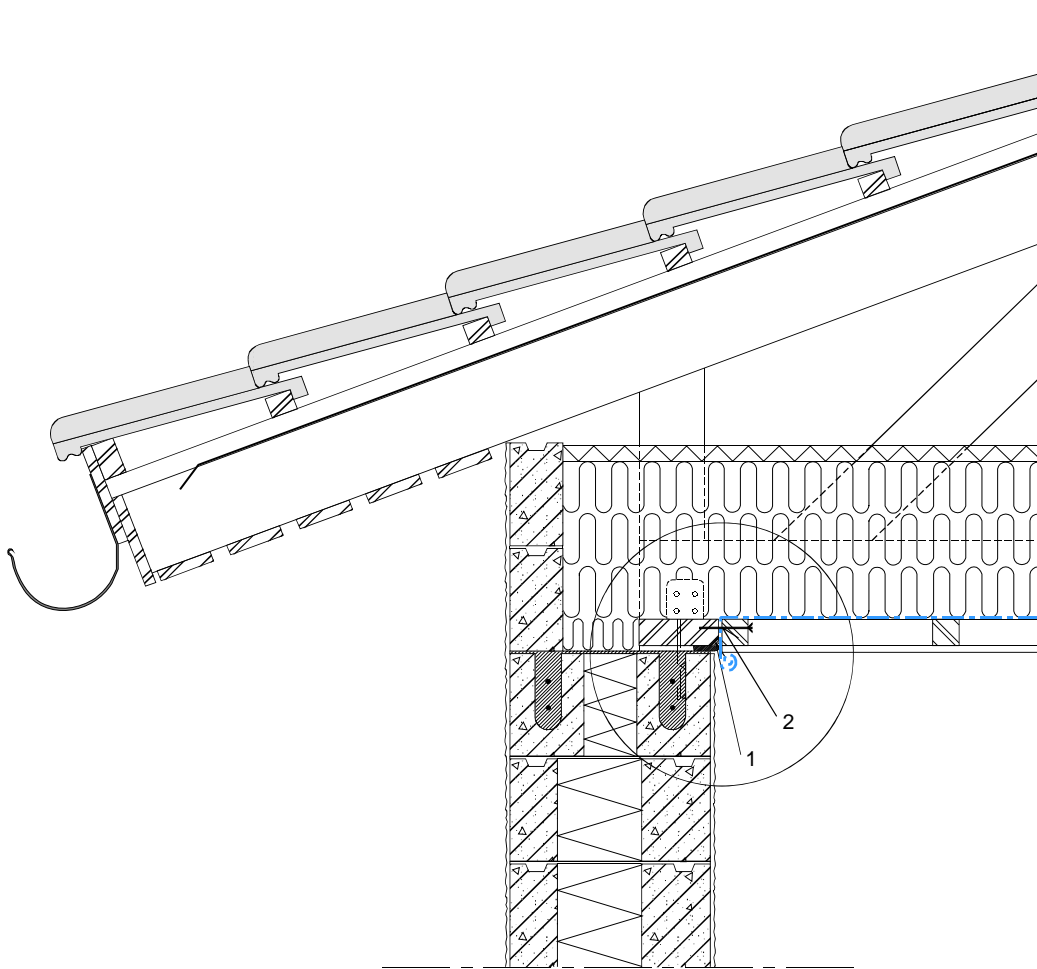
- Kivirakenteiset (harkko/tiili) ulkoseinät, joissa on erillinen lämmöneristekerros.
- Päätyseinän ylin harkkokerros ja sisäkattopinta ovat vaakasuorassa tai päätyseinän harkot on viistetty kattokaltevuuden suuntaisesti.
- Puuyläpohjassa on ilmansulkuna kalvo.

Toteutusohjeet

- Harkkoseinän päälle asetetaan höyrinsulkumuovikaista, joka käännetään yläpohjan ilmansulun kanssa limittäin. Kaistan tulee ulottua seinässä alaspäin vähintään 500 mm matkan (1). Tällä varmistetaan ylimpien harkkokerrosten ilmanpitävyys, mikäli pinnoitteisiin syntyy halkeamia saumojen kohdille, ja estetään ilman virtaus yläjuoksupuun alta suoraan eristetilaan.
- Kaista kiinnitetään sisäpuolelta rimalla seinään odottamaan sisäkaton rakentamisvaihetta (2). Tämä rima toimii liitoksessa myös toisena puristusrimana.
- Sisälevyjen reunan kiinnitystä varten, alaslaskurimojen väleihin tarvitaan erilliset kiinnitysrimat. Näitä voidaan käyttää limityksen tiivistykseen tarvittavana puristusrimana (2). Puristusliitos toteutetaan riittävän tiheällä ruuvikiinnityksellä.
- Liitoksen ilmatiiviys voidaan puristuksen lisäksi varmistaa saumaamalla puiden väliin jäävä rako alapuolelta kitillä tai elastisella massalla.

Muuta

- Harkkoseinän ilmansulkuna toimii sisäpuolen tasoitekerros, joten sen täytyy ulottua seinän yläreunaan asti, myös alaslasketun katon taakse.
- Yläpohjan lämmöneristeenä voi olla levymäinen tai puhallettava eriste. Tarkempia ohjeita puurakenteisista yläpohjista on esitetty luvussa 4.1.



Kuva 7.3 Puuyläpohjan ja kivirakenteisen ulkoseinän tiivistys vaahdolla, sivuräystä.

Sovelluskohteet

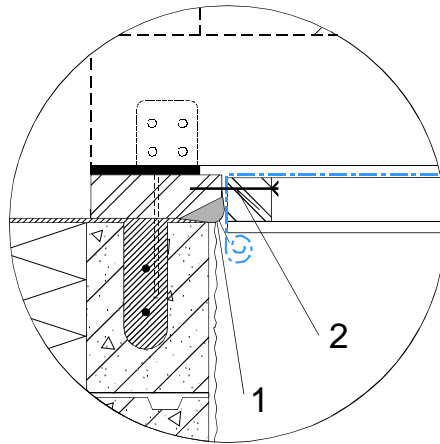
- Kivirakenteiset ulkoseinät, jotka on tehty yhtenäisestä harkkorakenteesta.
- Kohteet, joissa ei voida käyttää kuvan 7.1 mukaista höyrynsulkumuovikaistaa.
- Puuyläpohjan ilmansulkuna on kalvo (detaljit 7.3 a ja b) tai levy (detalji 7.3 c).

Toteutusohjeet

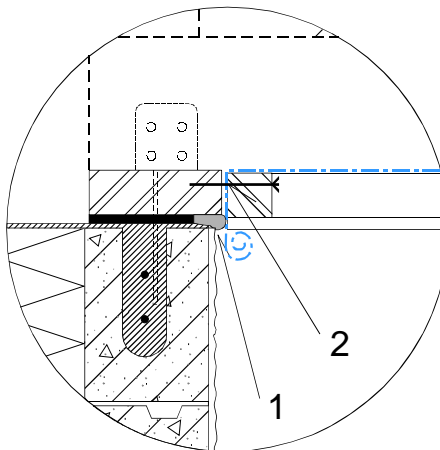
- Yläpohjan ilmansulkukalvo käännetään tasakertapuuta vasten ja kiinnitetään sen ja alaslaskuriman väliin puristamalla (2) – tiheä ruuvikiinnitys k300.
- Liitos tiivistetään polyuretaanivaahdolla (1). Vaihtoehtoina on kolme tapaa:
 - o Detalji 7.3 a: Kun kattoristikon korkeusasema tasataan seinän yläjuoksupuun päältä, harkkoseinän päälle asennettavan tasakertapuun kulma viistetään, jotta polyuretaanivaahdolle saadaan sopiva ura.
 - o Detalji 7.3 b: Kun kattoristikon korkeusasema tasataan seinän yläjuoksupuun alta, vaahdotus voidaan tehdä yläjuoksun ja harkon väliin jäävään uraan.
 - o Detalji 7.3 c: Kun yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy ja ristikon korkeusasema tasataan yläjuoksupuun alta, vaahdotus tehdään sekä levyn ja yläjuoksun että harkon ja yläjuoksun väliin. Mikäli korkeusaseman tasoitus tehdään kuten detaljissa 7.3 a, tarvitaan yläjuoksuun viiste.

Muuta

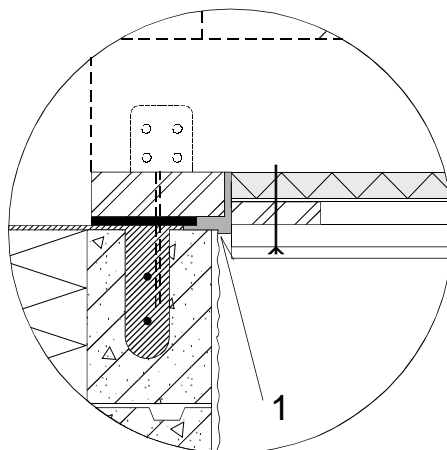
- Harkkoseinän ilmansulkuna toimii sisäpuolen tasoitekerros, joten sen täytyy ulottua seinän yläreunaan asti, myös alaslasketun katon taakse.
- Vaahdotettu liitos on helpompi toteuttaa rakennuksen nurkissa kuin kuvan 7.1 vaihtoehto
- Yläpohjan lämmöneristeenä voi olla levymäinen tai puhallettava eriste. Tarkempia ohjeita puurakenteisista yläpohjista on esitetty luvussa 4.1.
- Päättyräystään detalji on esitetty kuvassa 7.4.



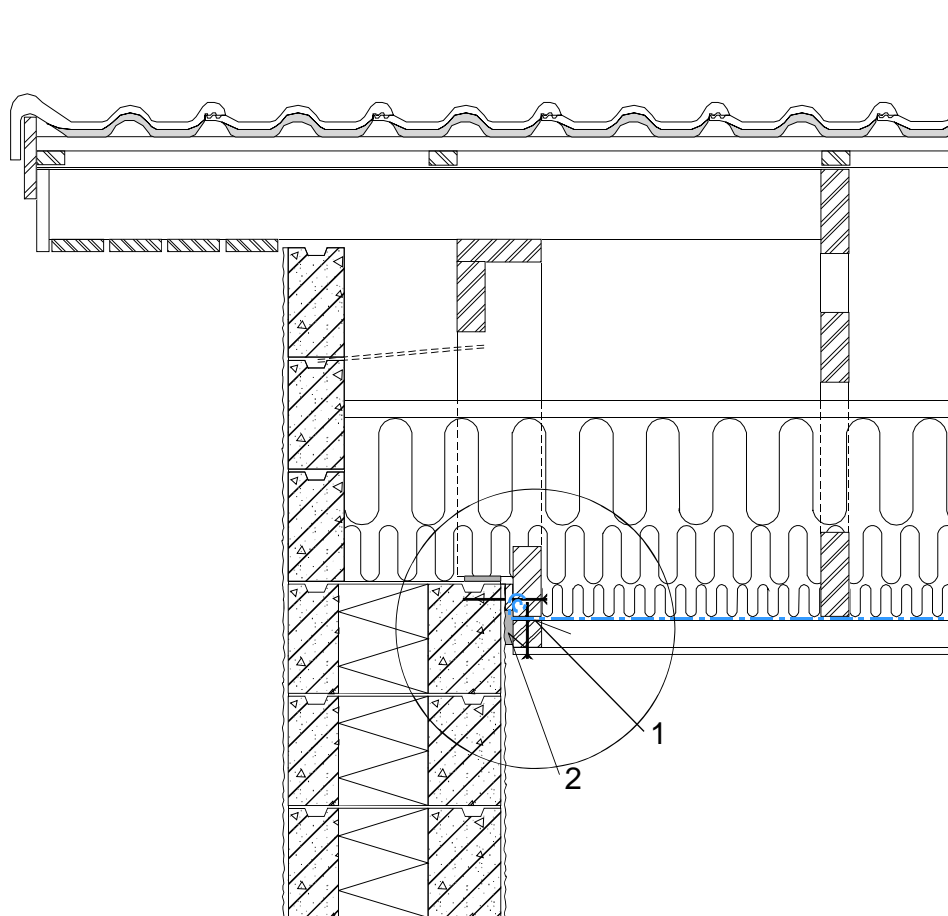
Detalji 7.3 a Yläpohjan ilmansulku on toteutettu kalvolla, joka on puristettu rimalla seinän yläjuoksupuuhun (2). Kattoristikoiden korkeusasema tasataan yläjuoksupuun päältä. Yläjuoksupuun on lovettu (1) riittävän vaahtouran aikaansaamiseksi.



Detalji 7.3 b Yläpohjan ilmansulku on toteutettu kalvolla, joka on puristettu rimalla seinän yläjuoksupuuhun (2). Kattoristikoiden korkeusasema tasataan yläjuoksupuun alta. Vaahdotus yläjuoksupuun alle (1).



Detalji 7.3 c Yläpohjan ilmansulku on toteutettu solumuovieristyslevyllä. Kattoristikoiden korkeusasema tasataan yläjuoksupuun alta. Polyuretaanivaahdotus (1) levyn, yläjuoksupuun ja harkon välissä.



Kuva 7.4 Puuyläpohjan ja kivirakenteisen ulkoseinän tiivistys, kun ulkoseinä on yhtenäinen rakenne ja sisäkatto vino, päättyräystäs.

Sovelluskohteet

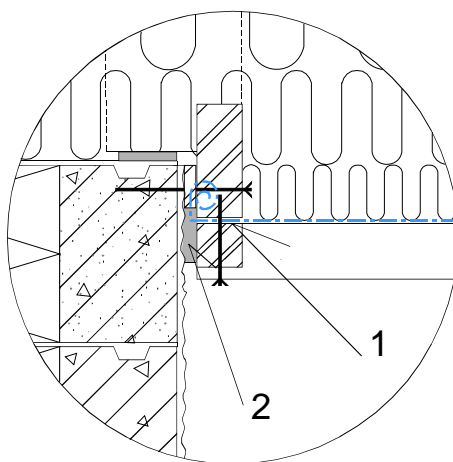
- Kivirakenteinen päädyn ulkoseinä, joka on tehty yhtenäisestä harkkorakenteesta.
- Kohteet, joissa ei voida käyttää kuvan 7.2 mukaista ratkaisua.
- Puuyläpohjan ilmansulkuna on kalvo tai levy.

Toteutusohjeet

- Päätyseinään kiinnitetään välikkeillä kattopinnan suuntainen puu (1), joka tukee myös päädyn räystäsrakennetta. Mikäli päätyseinän harkot porrastavat, tukipuu tehdään sopivan pituisista kappaleista.
- Katon sisälevyn reunan kiinnitystä varten alaslaskurimojen väleihin tarvitaan erilliset kiinnitysrimat. Näitä rimoja voidaan käyttää myös tiivistykseen tarvittavana puristusrimana.
- Yläpohjan ilmansulkukalvo puristetaan seinään kiinnitetyn puun ja päädyn tukiriman väliin (1) – tiheä ruuvikiinnitys (k300). Yläpohjan ilmansulkukalvo leikataan mahdollisimman läheltä rimaa.
- Välikkeiden, puristusriman ja harkkorakenteen väliin jäävä tila vaahdotetaan tiiviiksi polyuretaanivaahdolla (2).
- Liitos on periaatteeltaan sama, kun yläpohjan ilmansulkuna on levy. Tällöin polyuretaanivaahdotus tehdään levyn pään ja seinäharkon väliin.

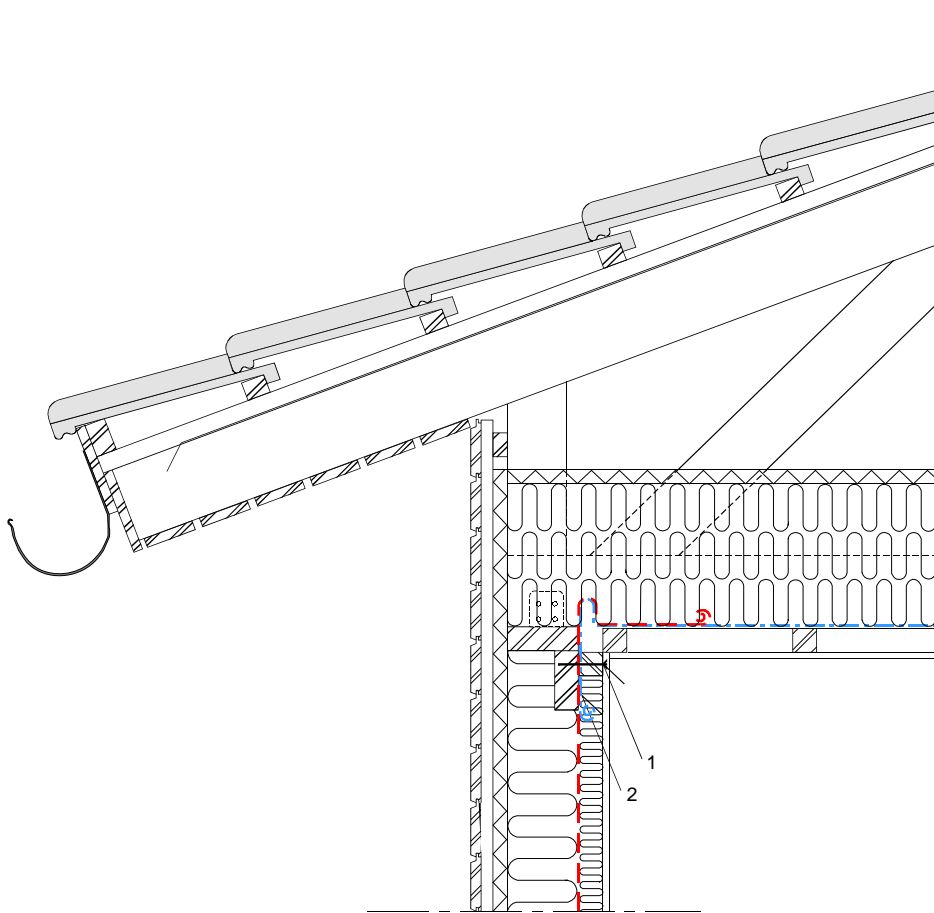
Muuta

- Harkkoseinän ilmansulkuna toimii sisäpuolen tasoitekerros, joten sen täytyy ulottua seinän yläreunaan asti, myös alaslasketun katon taakse.
- Yläpohjan lämmöneristeenä voi olla levymäinen tai puhallettava eriste. Tarkempia ohjeita puurakenteisista yläpohjista on esitetty luvussa 4.1.



Detalji 7.4 a Vinon sisäkaton ja ulkoseinän tiivistysdetalji päätyräystäällä.

7.2 Puurakenteinen yläpohja – puurakenteinen ulkoseinä



Kuva 7.5 Puurakenteisen yläpohjan ja ulkoseinän välinen liitos, kun ilmansulkuina käytetään kalvoja.

Sovelluskohteet

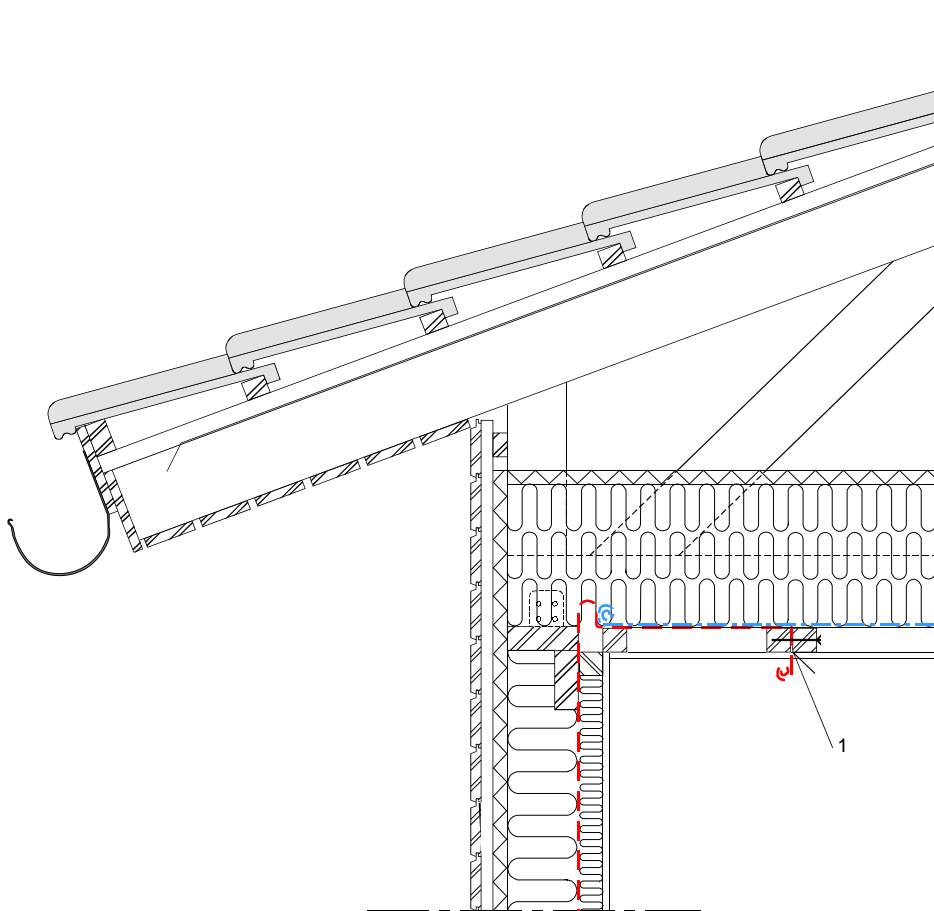
- Puurankaiset pientalot, joiden yläpohjan ja ulkoseinän ilmansulkuina käytetään kalvoja.

Toteutusohjeet

- Yläpohjan ilmansulkukalvo tuodaan ulkoseinän ilmansulkukalvon kanssa limittäin vähintään sisäverhouslevyn yläreunan kiinnitysriman alapuolelle (2).
- Liitos puristetaan tiiviiksi edellä mainitulla rimalla (1) – tiheä ruuvikiinnitys (k300).
- Ilmansulkukalvojen limityksen tulee olla riittävän pitkä – seinän ilmansulkukalvo viedään yläpohjan ilmansulkukalvon päälle lämmöneristeen alle.
- Sama ratkaisu toimii myös päätyseinällä.
- Rakennuksen nurkissa ilmansulkukalvot laskostetaan, limitetään ja teipataan yhteen.

Muuta

- Ilmansulkukalvoja ei pidä kiristää nurkassa liian kireälle, jotta asennusvälissä mahdollisesti kuljetettavat sähköputket saadaan käännettyä seinästä yläpohjan asennusväliin.
- Sisäkattopinta voi olla myös vino.



Kuva 7.6 Puurakenteisen yläpohjan ja ulkoseinän välinen liitos, kun ilmansulkuina käytetään kalvoja.

Sovelluskohteet

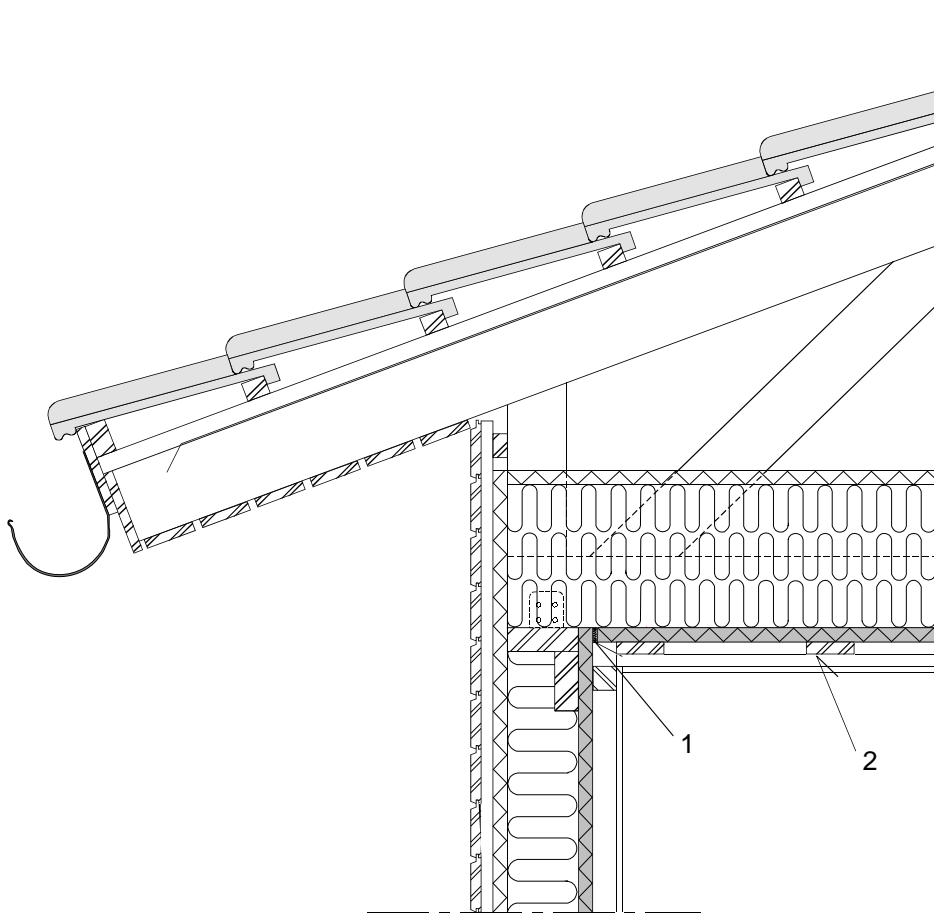
- Puurankaiset pientalot, joiden yläpohjan ja ulkoseinän ilmansulkuina käytetään kalvoja. Vaihtoehto kuvalle 7.5.

Toteutusohjeet

- Ulkoseinän ilmansulkukalvo tuodaan yläpohjan ilmansulkukalvon kanssa limittäin vähintään ensimmäisen alaslaskuriman kohdalle.
- Liitos puristetaan tiiviiksi ylimääräisellä rimalla (1) – tiheä ruuvikiinnitys k300.
- Ilmansulkukalvojen limityksen tulee olla riittävän pitkä – yläpohjan ilmansulkukalvo viedään ulkoseinälle saakka.
- Päätyseinällä tiivistys tulee tehdä kuvan 7.5 osoittamalla tavalla eli puristus tulee seinän puolelle.
- Rakennuksen nurkissa ilmansulkukalvot laskostetaan, limitetään ja teipataan yhteen.

Muuta

- Ilmansulkukalvoja ei pidä kiristää nurkassa liian kireälle, jotta asennusvälissä mahdollisesti kuljetettavat sähköputket saadaan käännettyä seinästä yläpohjan asennusväliin.



Kuva 7.7 Puurakenteisen yläpohjan ja ulkoseinän välinen liitos, kun ilmansulkuina käytetään solumuovieristyslevyjä.

Sovelluskohteet

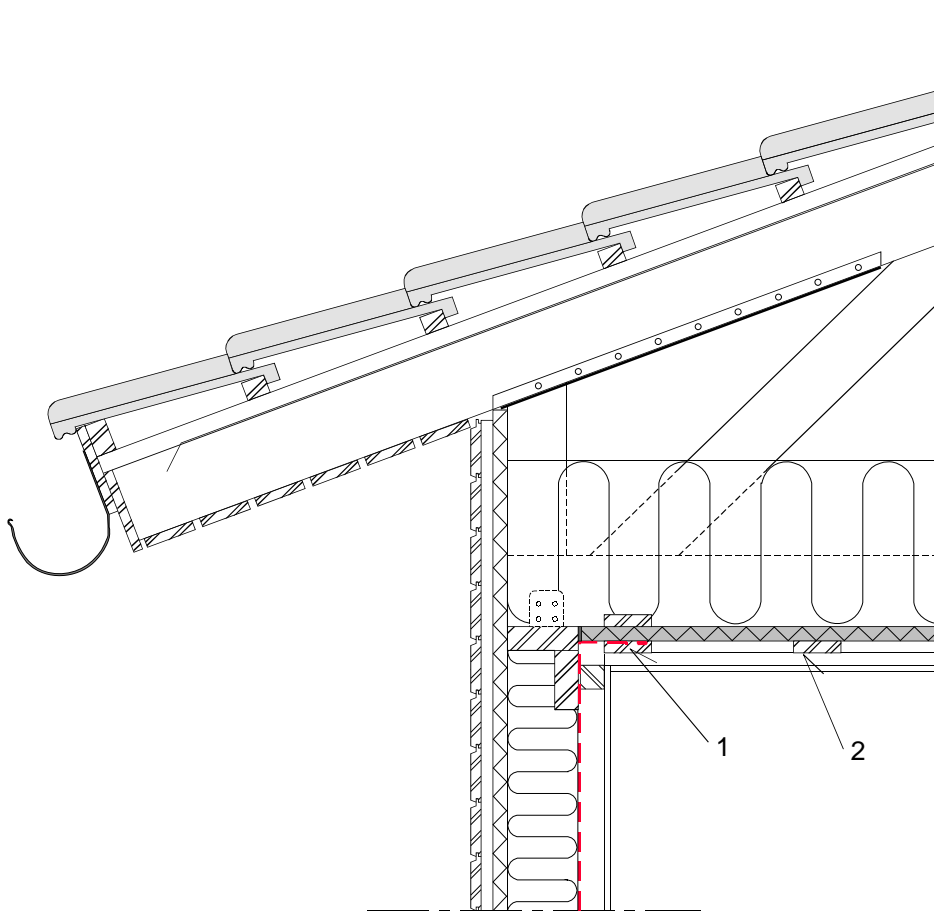
- Puurankaiset pientalot, joiden yläpohjan ja ulkoseinän ilmansulkuina käytetään solumuovieristyslevyjä.

Toteutusohjeet

- Yläpohjan ja ulkoseinän ilmansulkulevyjen välinen sauma vaahdotetaan polyuretaanivaahdolla (1).
- Alaslasku tehdään ristiinkoolattuna, jotta asennusvälissä voidaan kuljettaa sähkövetoja kumpaankin suuntaan (2).
- Sama ratkaisu toimii myös päätyseinällä.

Muuta

- Sisäverhouslevyn yläreunan kiinnitysrima asennetaan vasta levyjen polyuretaanivaahdotuksen jälkeen.
- Sisäkattopinta voi olla myös vino, ainakin tällöin vahtosauman tiiviys on hyvä varmistaa vielä teippaamalla sauma riittävän muodonmuutoskyvyn ja pitkäaikaiskestävyyden omaavalla teipillä.



Kuva 7.8 Puurakenteisen yläpohjan ja ulkoseinän välinen liitos, kun yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy.

Sovelluskohteet

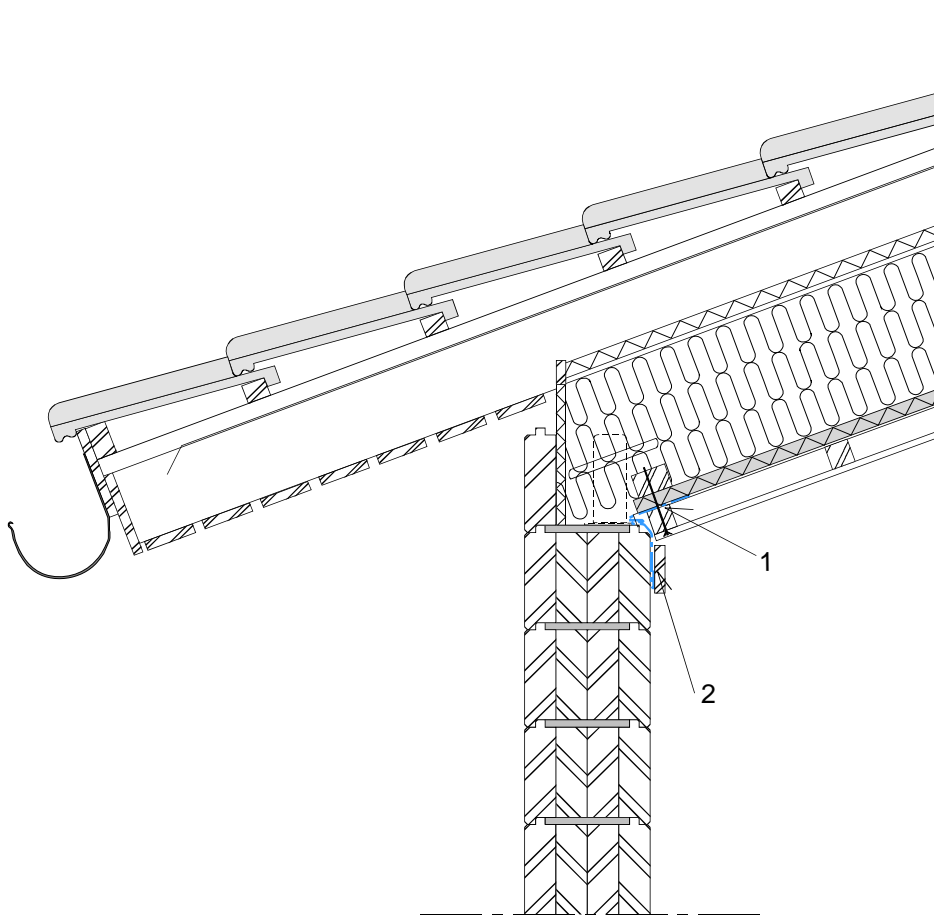
- Puurankaiset pientalot, joiden yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy ja ulkoseinän ilmansulkuna kalvo.

Toteutusohjeet

- Yläpohjan ilmansulkulevy vaahdotetaan tiiviiksi seinän yläjuoksupuuta vasten.
- Ulkoseinän ilmansulkukalvo ja sen kiinnitysrima asennetaan paikalleen vasta yläpohjan ilmansulkulevyn polyuretaani-vaahdotuksen jälkeen.
- Seinän ilmansulkukalvo taitetaan yläpohjan ilmansulkulevyn alle ja teipataan reunasta levyyn kiinni. Kalvon tiivistys varmistetaan puristamalla kalvo levyyn reunimmaisella alaslaskurimalla ja ruuvikiinnityksellä (1).
- Alaslasku tehdään ristiinkoolattuna, jotta asennusvälissä voidaan kuljettaa sähkövetoja kumpaankin suuntaan (2).
- Sama ratkaisu toimii myös päätyseinällä.

Muuta

- Puristusliitoksen varmistamiseksi ilmansulkulevyn taakse voidaan asentaa vastarimat
- Sisäkattopinta voi olla myös vino.



Kuva 7.9 Massiivihirsiseinän ja puuyläpohjan liitos sivuräystäällä, vino yläpohja.

Sovelluskohteet

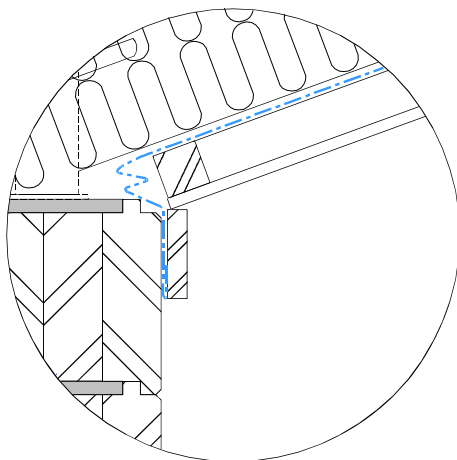
- Hirsirunkoiset pientalot, joiden yläpohjan ilmansulkuna on ilmansulkukalvo tai solumuovieristyslevy

Toteutusohjeet

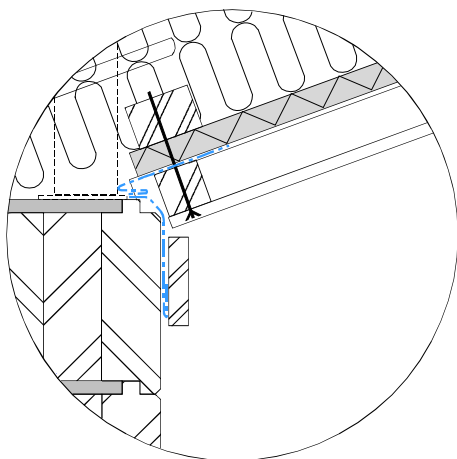
- Yläpohjan ilmansulkukalvo jätetään seinälinjalla pitkäksi.
- Jos yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy, sen reunaan kiinnitetään seinälinjaa pitkin tiivistyskaista, esimerkiksi kapea höyrynsulkumuovikaista. Levyn ja kaistan välinen liitos puristetaan tiiviiksi ruuvikiinnityksellä alaslaskuriman ja ilmansulkulevyn yläpuolelle asennettavan vastakappaleriman väliin (1).
- Ylimääräinen osa ilmansulkukalvosta (detalji 7.9 a) tai tiivistyskaista (detalji 7.9 b) asennetaan löysästi ”pussille” seinän ja yläpohjan liitoskohtaan ja kiinnitetään toisesta reunastaan hirsiseinään riittävän tartuntakyvyn ja pitkäaikaiskestävyyden omaavalla teipillä (2).
- Liitoskohta jää piiloon kattolistan taakse. Lista myös osaltaan puristaa alareunan teippausta tiiviimmäksi.

Muuta

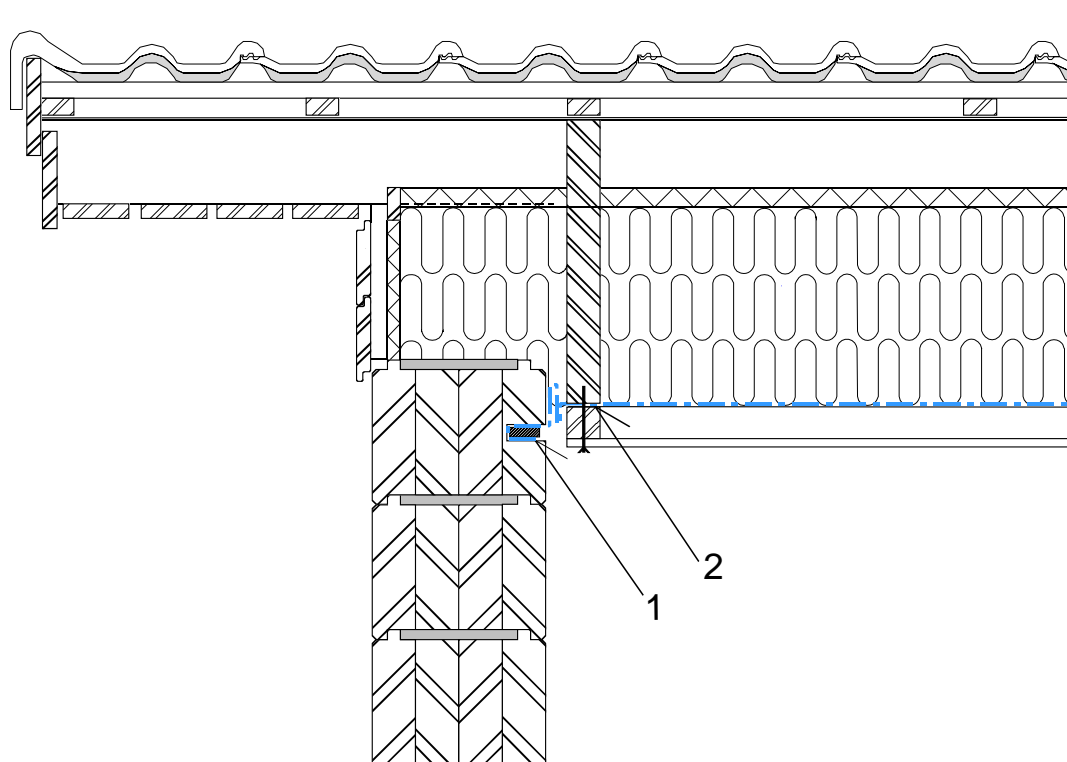
- Hirsirungon painuminen otetaan huomioon rungon liitososia valittaessa. Seinän ja kannattajan välillä on liukukiinnitys.
- Tiivistyskaistana käytetyn kalvon tulee olla niin joustava ja riittävän löysälle asennettu, että se kestää repeytymättä painuman aiheuttamat liikkeet.
- Päättyräystä on esitetty kuvassa 7.10.



Detalji 7.9 a Ilmansulkukalvo jätetään seinälinjalla pitkäksi. Ylimääräinen kalvon reuna taitetaan ”pussille” ja kiinnitetään riittävän tartuntakyvyn ja pitkäaikaiskestävyyden omaavalla teipillä hirsiseinään kattolistan taakse.



Detalji 7.9 b Solumuovieristyslevyn reunaan asennetaan seinälinjan suuntainen tiivistyskaista, esimerkiksi höyrystänsulkumuovikaista. Kaista puristetaan toisesta reunastaan tiiviiksi ruuvi kiinnityksellä alaslaskuriman ja ilmansulkulevyn väliin ja teipataan alareunastaan hirsiseinään kattolistan taakse.



Kuva 7.10 Massiivihirsiseinän ja puuyläpohjan liitos päätyräystäällä, vino yläpohja.

Sovelluskohteet

- Hirsirunkoiset pientalot, joiden yläpohjan ilmansulkuna on ilmansulkukalvo tai solumuovieristyslevy.

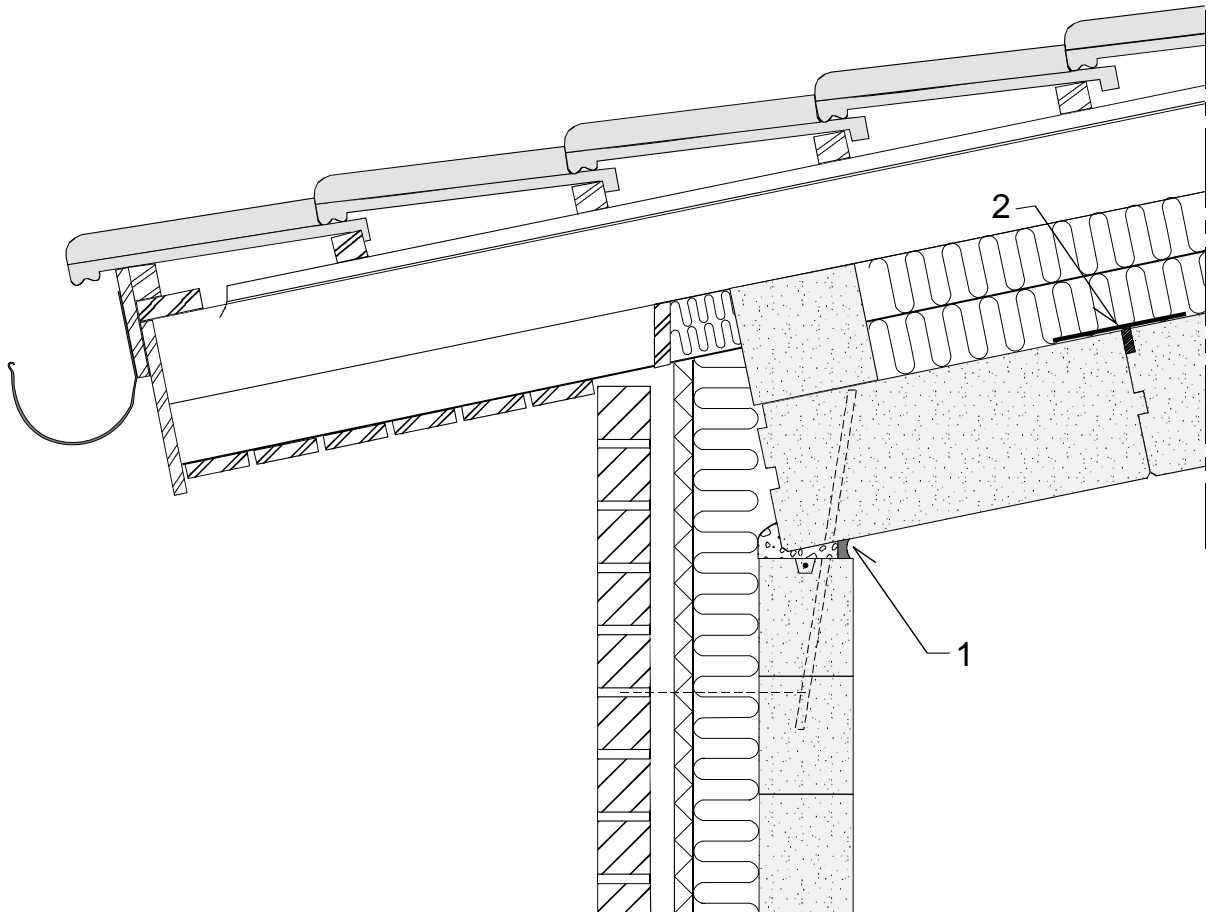
Toteutusohjeet

- Yläpohjan ilmansulkukalvo jätetään seinälinjalla pitkäksi ja taitetaan löysästi ”pussille” seinän ja yläpohjan liitoskohtaan, reunimmaisena kattokannattajan taakse.
- Jos yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy, sen reunaan kiinnitetään seinälinjaa pitkin tiivistyskaista, esimerkiksi kapea höyrynsulkumuovikaista (vertaa detalji 7.9 b)
- Hirsiseinään tehdään seinän yläpinnan suuntainen ura (1). Uran tulee olla syvämpi kuin hirsien välinen varaus.
- Kalvon toinen reuna tiivistetään uraan. Tiivistyksessä käytetään apuna uran täyttäviä puulistakappaleita (1). Puulista ei saa olla koko seinän mittainen, jotteivät hirsirungon liikkeet revitä ilmansulkukalvoa irti.
- Kun yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy ja tiivistyksessä käytetään erillistä tiivistyskaistaa, kaistan reuna tiivistetään yläpohjan ilmansulkulevyyn teippaamalla ja varmistetaan puristusliitoksella. Sisäkattolevyjen reunan kiinnitystä varten alaslaskurimojen väleihin tarvitaan erilliset kiinnitysrimat, jotka toimivat myös puristusrimoina (2).

Muuta

- Hirsirungon painuminen otetaan huomioon rungon liitososia valittaessa.
- Tiivistyskaistana käytetyn kalvon tulee olla niin joustava ja riittävän löysälle asennettu, että se kestää repeytymättä painuman aiheuttamat liikkeet.

7.3 Kivirakenteinen yläpohja – kivirakenteinen ulkoseinä



Kuva 7.11 Kevytbetonitalon ulkoseinän ja yläpohjan liitos sivuräyställä.

Sovelluskohteet

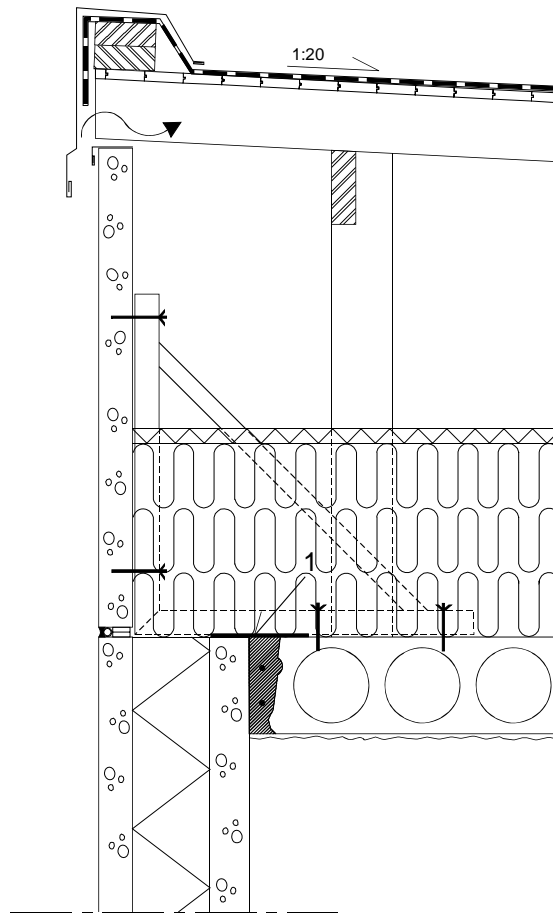
- Kevytbetoniharkkotalot, joissa myös yläpohja on tehty kevytbetonielementeistä.

Toteutusohjeet

- Liitos voidaan tiivistää muuten vaahdottamalla, mutta ilmanpitävyyden varmistamiseksi sauma tiivistetään sisäpuolelta elastisella kittauksella (1).
- Yläpohjaelementtien välisen sauman yläpuolelle suositellaan asennettavaksi erillinen ilmansulku, kapea (200 mm) kaista (2). Kaista voi olla esimerkiksi luvussa 4.2 esitetty kumibitumikermikaista. Tämä estää mahdollisista sauman halkeamista aiheutuvat virtaukset yläpohjan läpi.

Muuta

- Vaihtoehtoisesti ilmanpitävyys voidaan varmistaa yhtenäisellä kevytbetoniyläpohjan päälle levitettävällä kalvolla. Kalvo ei kuitenkaan saa toimia rakenteessa höyrynsulkuna, jotta kevytbetonin rakennekosteus pääsee kuivumaan.
- Rakennerratkaisussa yläpohjaelementti tukeutuu päätyseinille. Kantavalla seinällä yläpuolisten rakenteiden kautta tuleva kuormitus tiivistää liitosta.



Kuva 7.12 Betonielementtiulkoseinän ja yläpohjan liitos ei-kantavalla seinällä.

Sovelluskohteet

- Rakennukset, joissa on kivrakenteinen yläpohja ja harkkorakenteinen tai betonielementtiulkoseinä. Ei-kantava seinä.

Toteutusohjeet

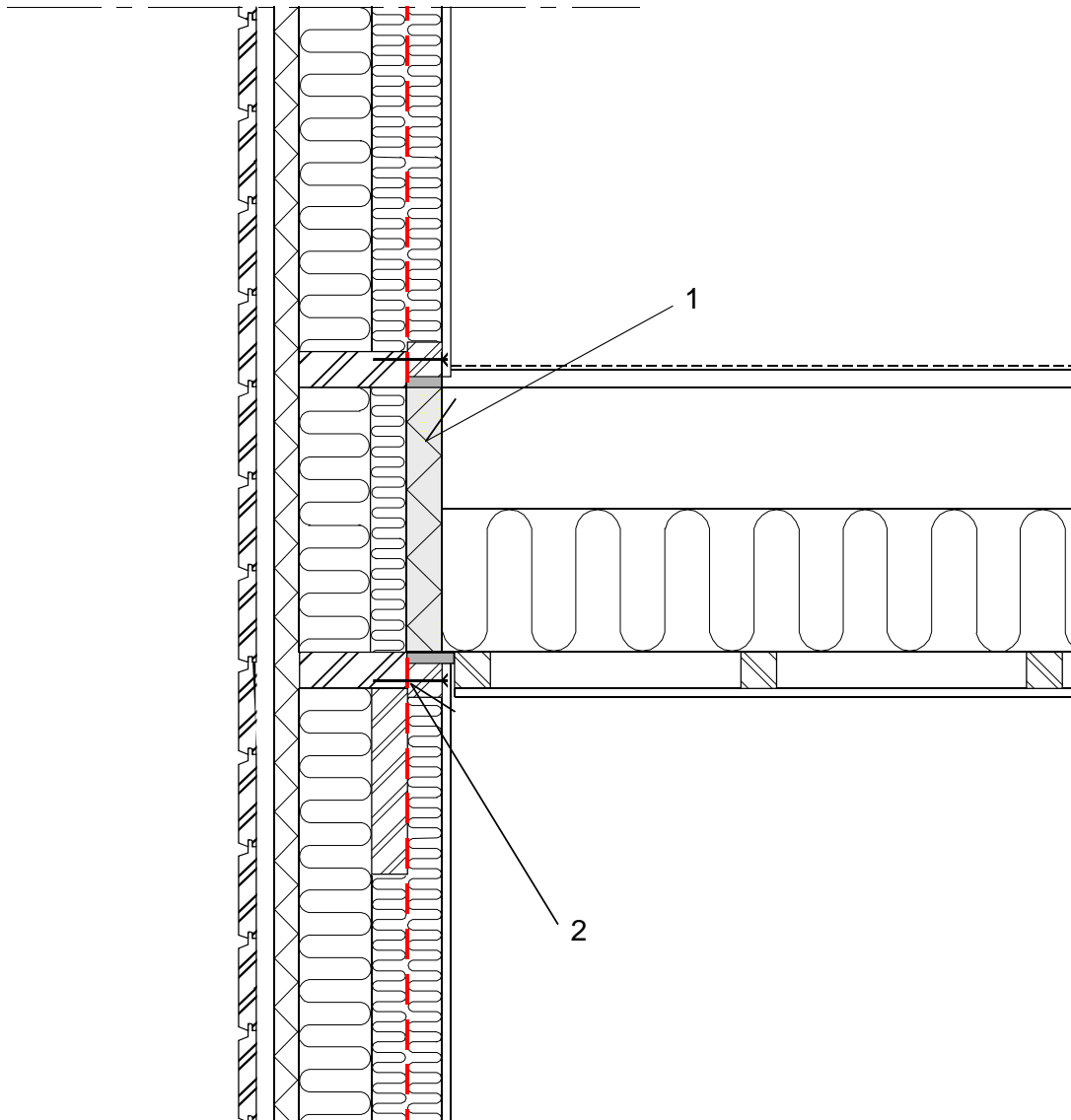
- Sauman päälle asennetaan ilmanpitävyyden varmistamiseksi hitsattava tai liimattava kumibitumikermikaista (1).

Muuta

- Kantavalla seinällä yläpuolisten rakenteiden kautta tuleva kuormitus tiivistää liitosta. Saumojen päälle on yläpohjassa kuitenkin suositeltavaa asentaa ilmansulkukaistat, kuten luvussa 4.2 on esitetty.

8 Välipohja – ulkoseinä

8.1 Puurakenteinen välipohja – puurakenteinen ulkoseinä



Kuva 8.1 Puurankatalon välipohjan ja ulkoseinän liitos, kun seinän ilmansulkuna on kalvo.

Sovelluskohteet

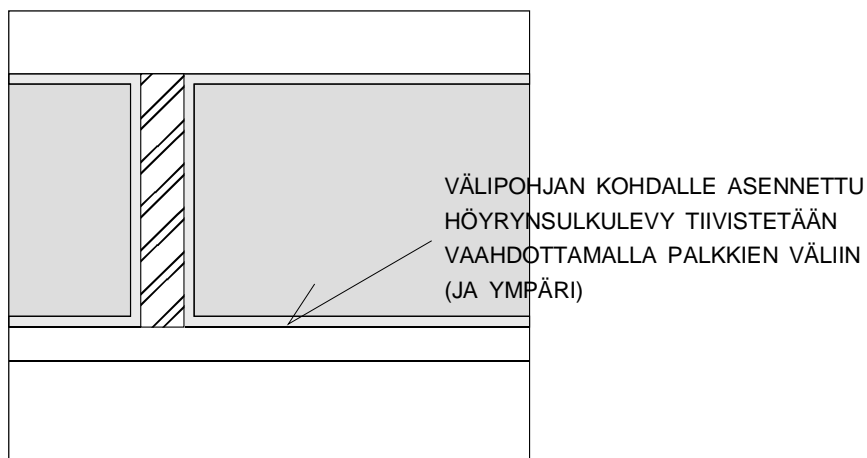
- Puurankaiset monikerroksiset talot, joiden seinien ilmansulkuna on kalvo.

Toteutusohjeet

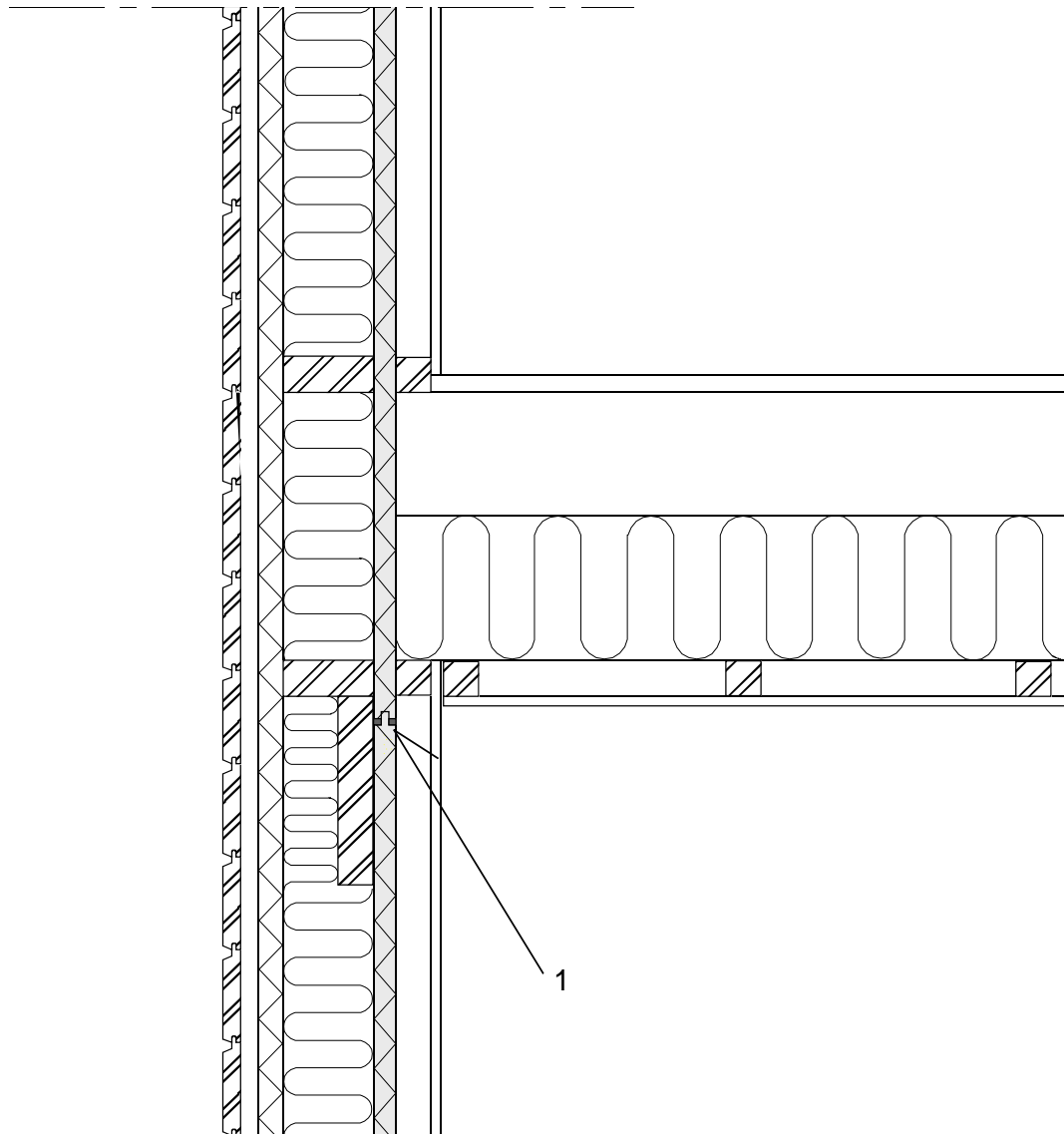
- Seinän ilmansulkukalvo puristetaan alemmassa kerroksessa sisäverhouslevyn yläkiinnitysrimalla tiiviiksi seinän yläohjauspuuhun (2) – tiheä ruuvikiinnitys k300. Ylemmässä kerroksessa tehdään vastaava tiivistys seinän alaohjauspuuhun.
- Välipohjan kohdalle, palkkien väliin, tiivistetään vaahdottamalla solumuovieristyslevyt (1). Vaahdotus tehdään levyn jokaiselta reunalta, palkkeihin ja seinän alaosan riman väliin.

Muuta

- Perinteinen tapa on ollut kiertää seinän ilmansulkukalvo palkkien päiden ympäri. Tässä esitetty tapa on kuitenkin työvaiheiltaan yksinkertaisempi ja riski ilmansulkukerroksen rikkoutumiselle työn aikana on pienempi.



Detalji 8.1 a Levyn kiinnitys palkin suunnasta katsottuna.



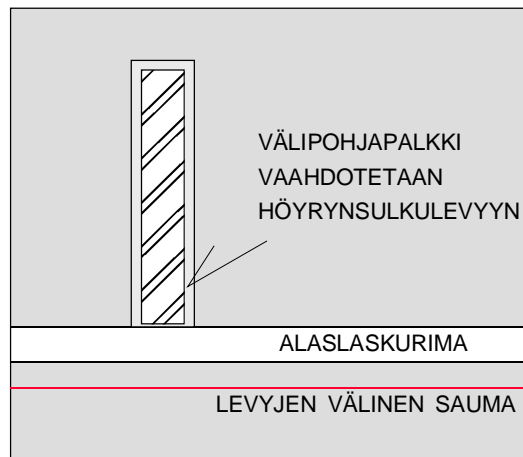
Kuva 8.2 Puurankatalon välipohjan ja ulkoseinän liitos, kun seinän ilmansulkuna on solumuovieristyslevy.

Sovelluskohteet

- Puurankaiset monikerroksiset talot, joiden seinien ilmansulkuna on käytetty solumuovieristyslevyä

Toteutusohjeet

- Seinän ilmansulkulevyyn tehdään välipohjapalkkeja varten aukot ja palkit vaahdotetaan kiinni ilmansulkulevyyn (detalji 8.2 a).
- Seinän ilmansulkulevy tuodaan yhtenäisenä välipohjan alapuolelle (1) ja saumataan vaahdolla.

Muuta

Detalji 8.2 a Palkin vaahdotus seinän ilmansulkulevyn läpi palkin suunnasta katsottuna.

Hirsitalon välipohja ei aiheuta erillistä ilmansulun epäjatkuvuuskohtaa, kun seinä jatkuu molempiin suuntiin massiivirakenteisena. Mikäli välipohjan kohdalla seinärakenne vaihtuu massiivihirrestä puurankarakenteeksi, voidaan soveltaa puurakenteiselle välipohjalle kuvassa 8.1 annettuja ohjeita.

8.2 Kivirakenteinen välipohja – harkkorakenteinen tai betonielementtiulkoseinä

Välipohjaliitos ei näillä rakenteilla aiheuta merkittäviä ongelmia rakennuksen ilmanpitävyydelle. Liitosta tehtäessä tulee soveltaa liittyvistä rakenteista annettuja ohjeita, esimerkiksi harkkoseinän pinnoitus seinän ylä- ja alareunaan saakka.

8.3 Kivirakenteinen välipohja – puurakenteinen ulkoseinä

Kivirakenteisen välipohjan ja puurakenteisen ulkoseinän liitos voi esiintyä esimerkiksi kaksikerroksisten rivitalojen ei-kantavalla seinällä. Tällöin välipohjana on usein ontelolaatta ja ulkoseinärakenteena puuelementti. Ilmanpitävyyden ongelmana ei tässä tapauksessa yleensä ole varsinainen välipohjan ja ulkoseinän liitos, vaan ulkoseinän elementtien välinen liitos. Jos ontelolaatta on kiinnitetty seinäelementtiin, laatan virumasta johtuva liike voi avata liitoksen ja rikkoa ilmanpitävän kerroksen yhtenäisyyden.

Puuelementtien välisen sauman sijoitus seinärakenteessa tulee suunnitella siten, että liitoksen tiivistys on mahdollista. Vaakaelementtisauma ei siis saa jäädä juuri ontelolaatan kohdalle, jolloin sen tiivistys sisäpuolelta on mahdotonta.

Sekarakenteiden yhteensovittaminen on usein ongelma rakennuksen ilmanpitävyydelle, koska ratkaisuja ei ole ohjeistettu riittävästi. Ilmanpitävyyden varmistamiseksi rakennuksen ilmanpitävän kerroksen jatkuminen rakennusosasta toiseen tulee suunnitella kokonaisuutena.

9 Märkätilat ja saunat

9.1 Yleisiä ohjeita märkätilojen ja saunojen toteutukseen

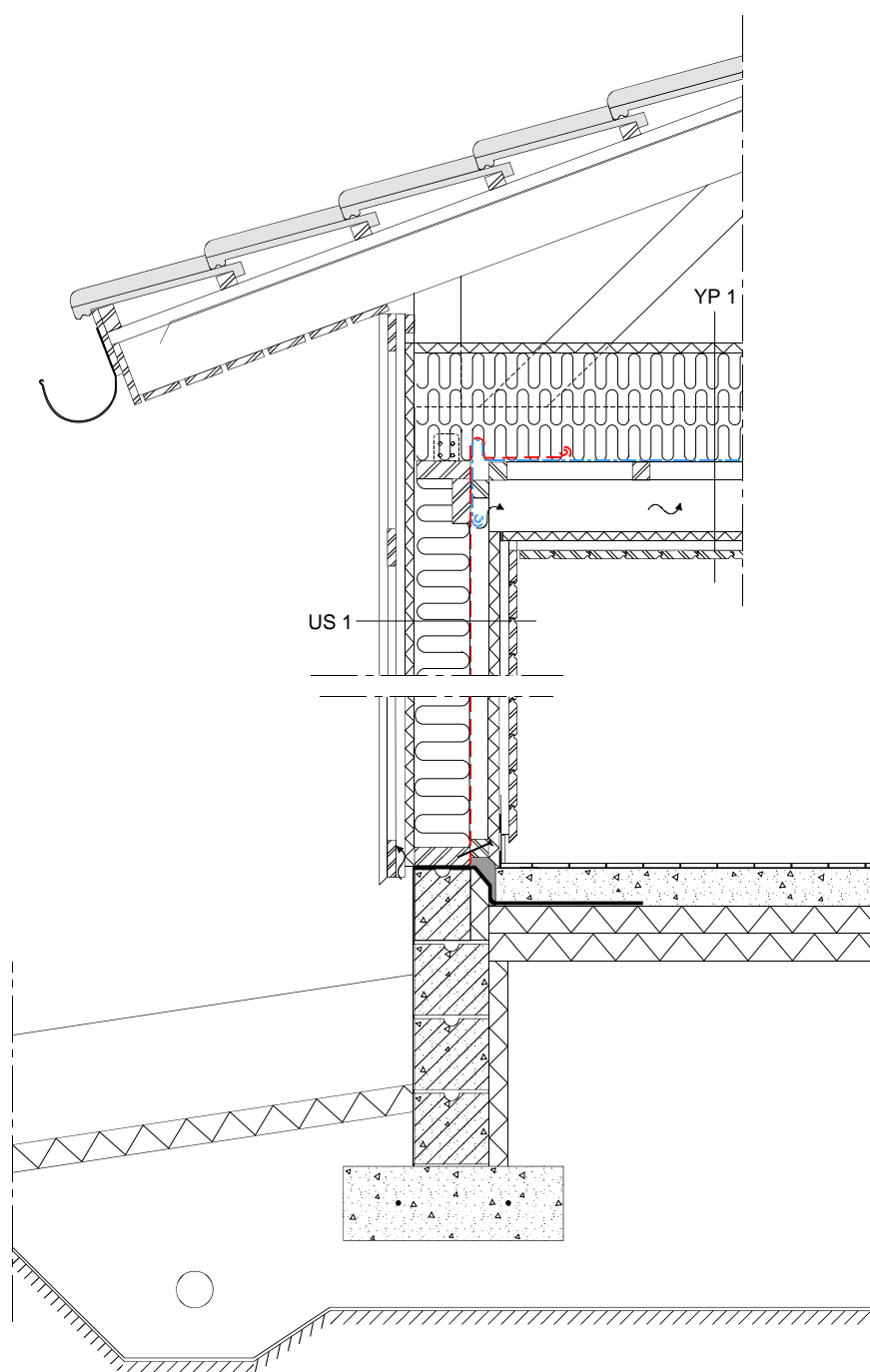
Ilmanpitävyyden kannalta ongelmallinen kohta märkätiloissa on alaslasketun katon yläpuolinen tila. Puurankaisissa taloissa seinän ja yläpohjan ilmanpitävät kerrokset ja niiden välinen liitos tulisi toteuttaa erillisenä märkätilan vedeneristeistä tai höyrynsuluista. Näiden kahden tiiviin kerroksen väliin jäävä tila tulee tuulettaa kuivaan sisätilaan.

Kosteusongelmien syntymisen estämiseksi märkätilojen kohdalla olevat ulkoseinät suositellaan tehtäväksi kivirakenteisina myös puurankataloissa. Tämä voidaan toteuttaa joko korvaamalla puurankarakenne kokonaan kivirakenteella tai tekemällä seinän sisäkuori kivirakenteisena. /1/ Puurankaseinän höyrynsulkua ei tule poistaa märkätilan kohdalta, koska sen poistaminen johtaa ilmanpitävyysongelmiin. Jos seinärakenteen ilmanpitävät kerrokset sijaitsevat eri tasoissa rakenteen, kerrosten liittäminen tiiviisti toisiinsa on käytännössä mahdotonta toteuttaa.

Märkätilan seinän höyrynsulun ja kivirakenteisen sisäkuoren väliin jätetään yläosastaan kuivaan sisätilaan avoin tuuletusväli (kuva 9.2). Kivirakenteisen sisäkuoren saumojen ja liitosten tulee olla ilmanpitäviä ja sen sisäpintaan tehdään veden- tai kosteudeneristys /1/. Seinä voidaan toteuttaa samojen periaatteiden mukaisesti myös levyrakenteella (kuva 9.3), mutta kivirakenteinen seinä on suositeltavampi ratkaisu märkätiloissa. Samanlaisen tuuletusvälin käyttöä suositellaan myös löylyhuoneiden seinissä saunan rajoittuessa ulkoseinään (kuva 9.1).

Kivirakenteisissa taloissa märkätilojen toteutus on yleensä helpommin toteutettavissa kuin puurakenteisissa taloissa. Ilmanpitävän kerroksen jatkuminen yhtenäisenä koko rakennuksen ulkovaipan ympäri on kuitenkin suunniteltava huolellisesti.

9.2 Rakenne – esimerkkejä märkätiloista ja saunoista puurankaisissa taloissa



Kuva 9.1 Esimerkki löylyhuoneen seinän toteutuksesta, kun seinä rajoittuu puurakenteiseen ulkoseinään.

Sovelluskohteet

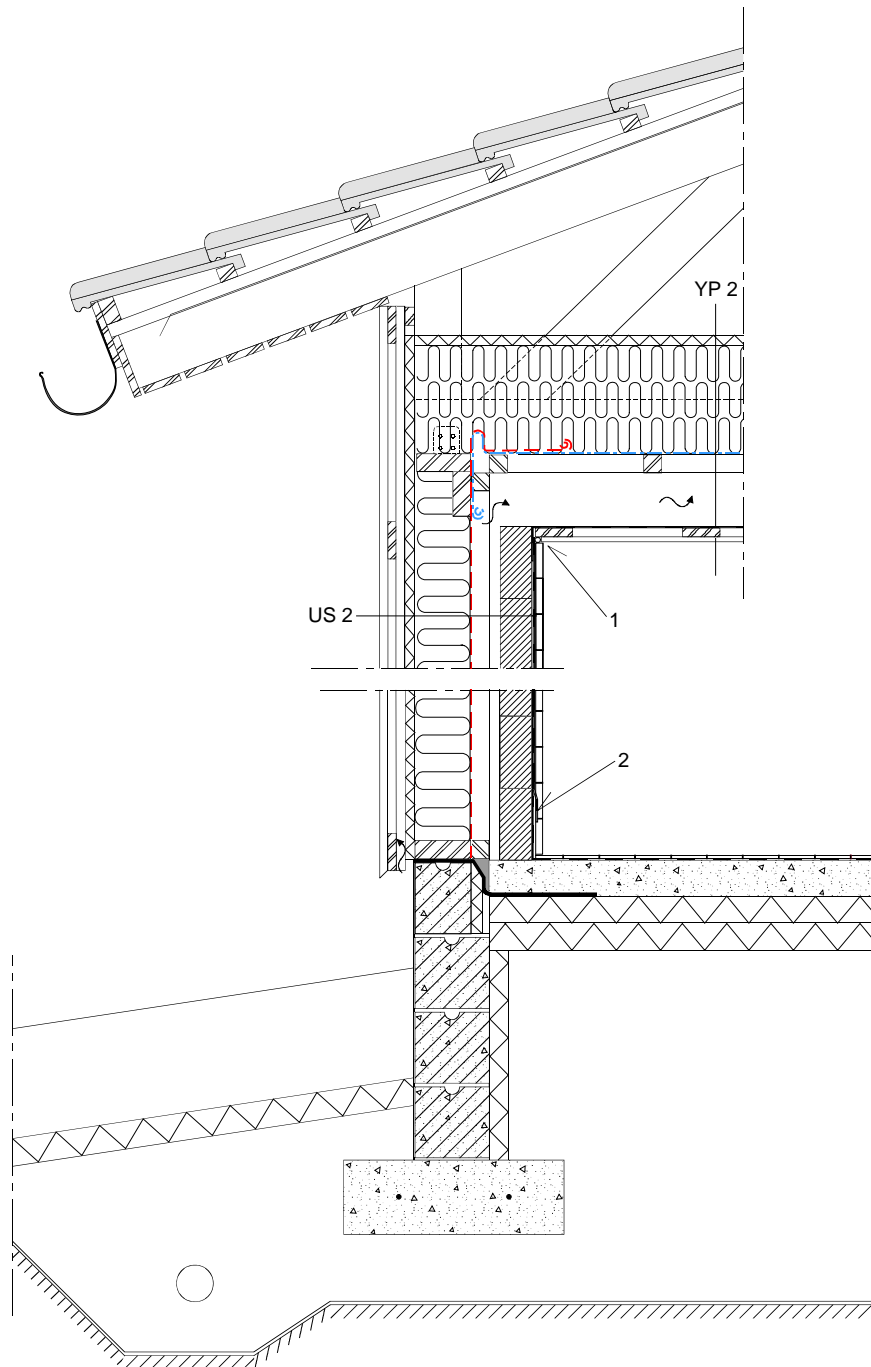
- Puurankaiset talot, joissa löylyhuone rajoittuu ulkoseinään
- Löylyhuoneen höyrynsulkuna ja samalla lämmöneristeenä on tarkoitukseen sopiva PU-eristelevy.
- Löylyhuoneen eristys voidaan toteuttaa myös mineraalivillaeristeellä ja alumiinipaperilla.

Toteutusohjeet

- Seinän ilmansulku viedään yhtenäisenä myös löylyhuoneen seinän takaa ja liitetään yläpohjan ilmansulkuun.
- Seinän ilmansulun ja löylyhuoneen välinen tila tuuletetaan kuivaan sisätilaan.

Muuta

- Ulkoseinärakenne US1:
 - o ulkoverhous, tuuletusrako, tuulensuoja ja lämmöneriste
 - o seinän ilmansulkukalvo
 - o tuuletusväli, joka on yläosastaan avoin (pääsee kuivumaan) kuivaan sisätilaan, pystykoolaus
 - o löylyhuoneen lämmöneriste / höyrynsulku
 - o tuuletusväli ja panelointi
- Yläpohjarakenne YP1:
 - o tuulensuoja ja lämmöneriste
 - o yläpohjan ilmansulkukalvo
 - o tuuletusväli, joka on avoin (pääsee kuivumaan) kuivaan sisätilaan
 - o löylyhuoneen lämmöneriste / höyrynsulku
 - o tuuletusväli ja panelointi
- Seinän ja yläpohjan välisessä liitoksessa sovelletaan edellä esitettyjä ohjeita. Tässä liitos on kuvan 7.5 mukainen.
- Seinän ja alapohjan välisessä liitoksessa sovelletaan edellä esitettyjä ohjeita. Tässä liitos on kuvan 6.4 mukainen.



Kuva 9.2 Ulkoseinään rajoittuvan märkätilan toteutus puurankarakenteisessa talossa. Suositeltavin ratkaisu, jossa märkätilan sisäpuoli on tehty kivrakenteisena /1 /.

Sovelluskohteet

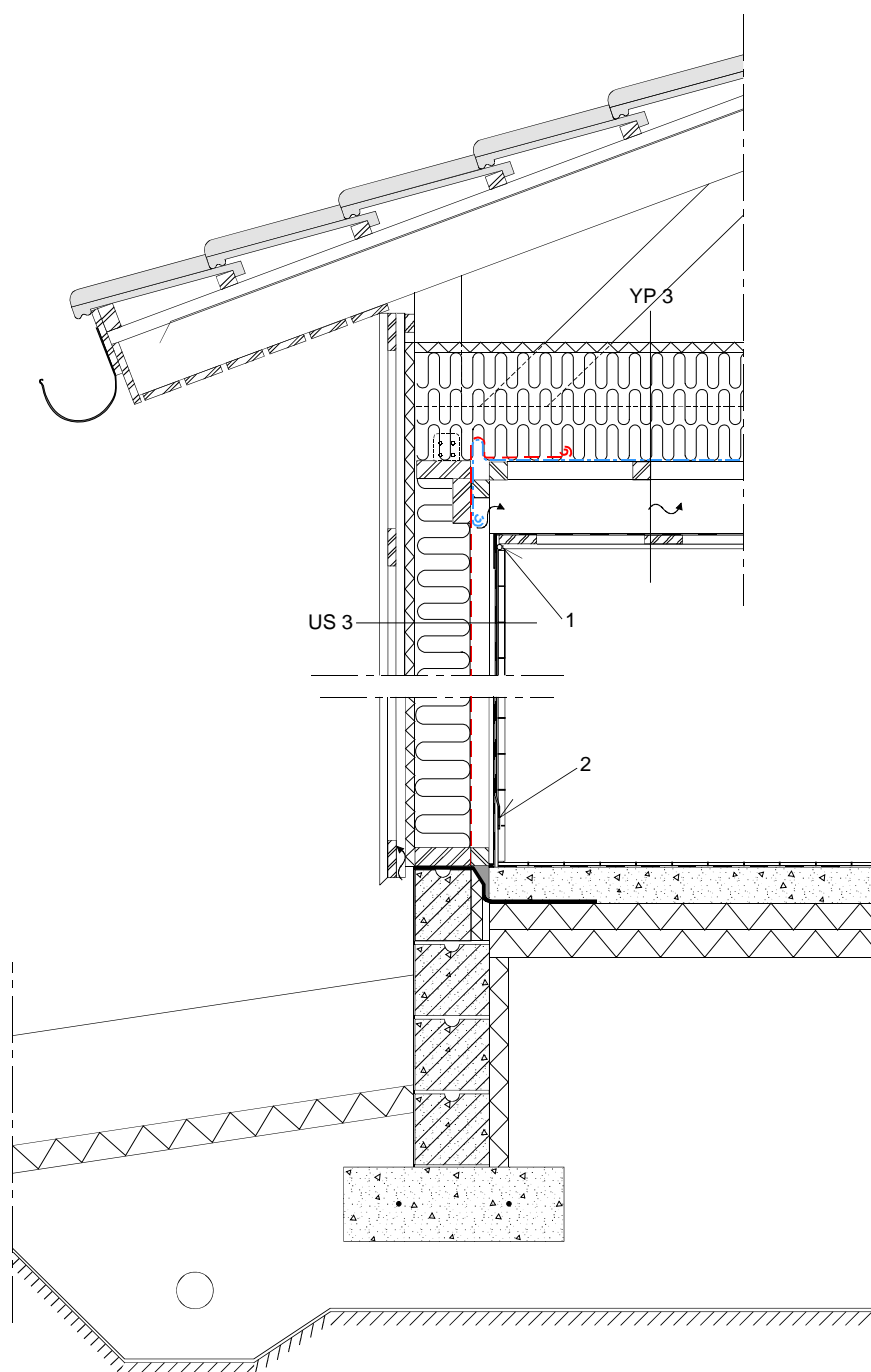
- Puurankaiset talot, joissa märkätila rajoittuu ulkoseinään.
- Märkätilan seinä toteutetaan harkkorakenteisena.

Toteutusohjeet

- Seinän ilmansulku viedään yhtenäisenä myös märkätilan seinän takaa.
- Seinän ilmansulun ja märkätilan välinen tila tuuletetaan kuivaan sisätilaan.
- Märkätilan seinän vedeneriste ja katon höyrynsulku tiivistetään toisiinsa elastisella saumaussmassalla (1).

Muuta

- Ulkoseinärakenne US2:
 - o ulkoverhous, tuuletusrako, tuulensuoja ja lämmöneriste
 - o seinän ilmansulkukalvo
 - o tuuletusväli, joka on yläosastaan avoin (pääsee kuivumaan) kuivaan sisätilaan, pystykoolaus
 - Jos harkkorakennetta siirretään seinässä sisäänpäin, pystykoolausten väliin voidaan lisätä tarvittaessa ohut eristekerros. Tällöin seinän U-arvo ei merkittävästi muutu märkätilan kohdalla. Tuuletusväliä ei saa täyttää kokonaan, vaan harkon ja eristeen väliin tulee tällöinkin jättää ilmaa.
 - o märkätilaharkko
 - o vedeneriste
 - o märkätilan laatat
- Yläpohjarakenne YP2:
 - o tuulensuoja ja lämmöneriste
 - o yläpohjan ilmansulkukalvo
 - o tuuletusväli, joka on avoin (pääsee kuivumaan) kuivaan sisätilaan
 - o märkätilan höyrynsulku
 - o sisäverhous
- Lattian vedeneriste nostetaan seinälle ja limitetään seinän vedeneristeen kanssa (2).
- Seinän ja yläpohjan välisessä liitoksessa sovelletaan edellä esitettyjä ohjeita. Tässä liitos on kuvan 7.5 mukainen.
- Seinän ja alapohjan välisessä liitoksessa sovelletaan edellä esitettyjä ohjeita. Tässä liitos on kuvan 6.4 mukainen.



Kuva 9.3 Ulkoseinään rajoittuvan märkätilan toteutus puurankarakenteisessa talossa, kun sisärakenne toteutetaan levyrakenteisena /1/. Kuvan 9.2 esittämä ratkaisu on kosteusteknisen toiminnan kannalta suositeltavampi.

Sovelluskohteet

- Puurankaiset talot, joissa märkätila rajoittuu ulkoseinään.
- Märkätilan seinä toteutetaan levyrakenteisena.

Toteutusohjeet

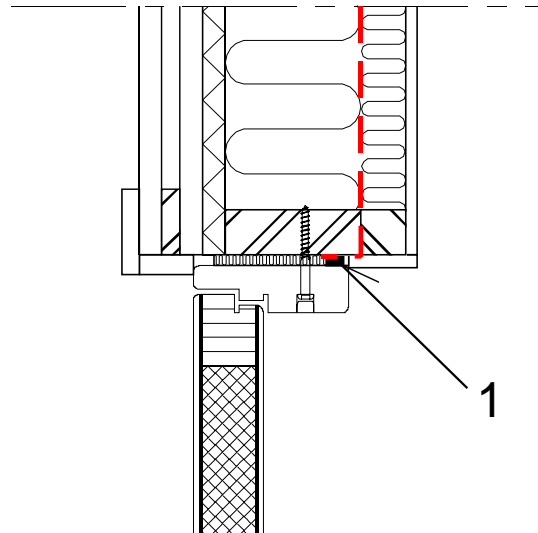
- Seinän ilmansulku viedään yhtenäisenä myös märkätilan seinän takaa.
- Seinän ilmansulun ja märkätilan välinen tila tuuletetaan kuivaan sisätilaan.
- Märkätilan seinän vedeneriste ja katon höyrynsulku tiivistetään toisiinsa elastisella saumaussmassalla (1).
- Seinässä käytetyn levyn tulee olla märkätilaan soveltuva, kosteuden kestävä rakennuslevy.

Muuta

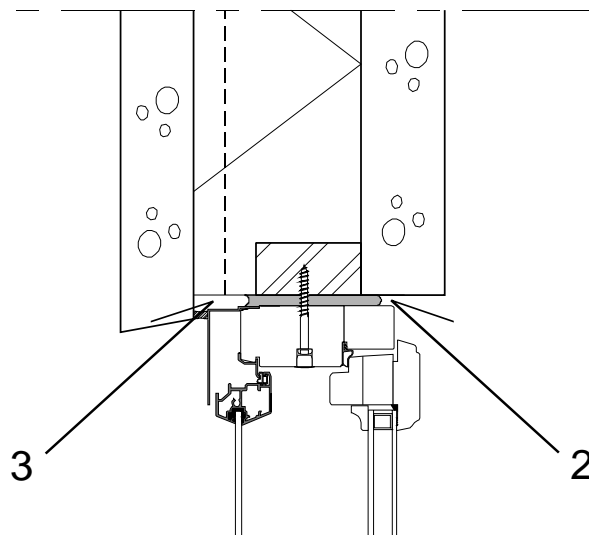
- Ulkoseinärakenne US3:
 - o ulkoverhous, tuuletusrako, tuulensuoja ja lämmöneriste
 - o seinän ilmansulkukalvo
 - o tuuletusväli, joka on yläosastaan avoin (pääsee kuivumaan) kuivaan sisätilaan, pystykoolaus
 - o kosteuden kestävä, märkätilaan soveltuva rakennuslevy
 - o vedeneriste
 - o märkätilan laatat
- Yläpohjarakenne YP3:
 - o tuulensuoja ja lämmöneriste
 - o yläpohjan ilmansulkukalvo
 - o tuuletusväli, joka on avoin (pääsee kuivumaan) kuivaan sisätilaan
 - o märkätilan höyrynsulku
 - o sisäverhous
- Seinässä levyn taustalla koolauksen tulee olla tiheä (k300/k400) kiinnitystä varten.
- Lattian vedeneriste nostetaan seinälle ja limitetään seinän vedeneristeen kanssa (2).
- Seinän ja yläpohjan välisessä liitoksessa sovelletaan edellä esitettyjä ohjeita. Tässä liitos on kuvan 7.5 mukainen.
- Seinän ja alapohjan välisessä liitoksessa sovelletaan edellä esitettyjä ohjeita. Tässä liitos on kuvan 6.4 mukainen.

10 Ikkuna- ja oviliitokset

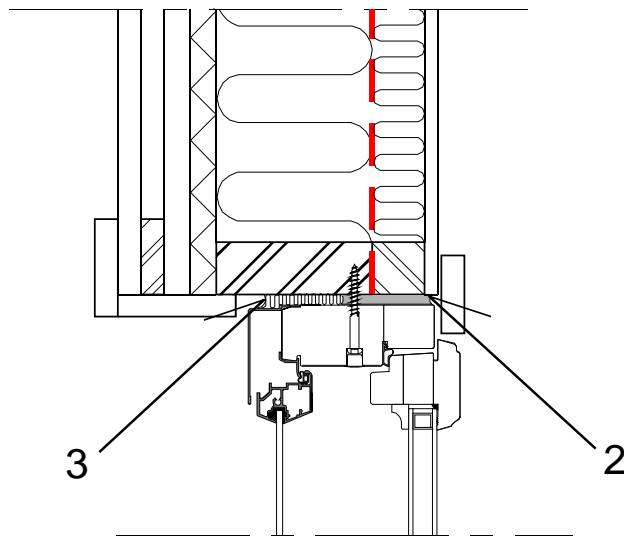
10.1 Puuranka- ja kivitalot



Kuva 10.1 a Oven tiivistäminen seinärakenteeseen.



Kuva 10.1 b Ikkunan tiivistäminen seinärakenteeseen.



Kuva 10.1 c Ikkunan tiivistäminen seinärakenteeseen.

Sovelluskohteet

- Kohteet, joissa ikkunoiden ja ovien asennuksessa ei tarvitse ottaa huomioon rakenteen painumista.

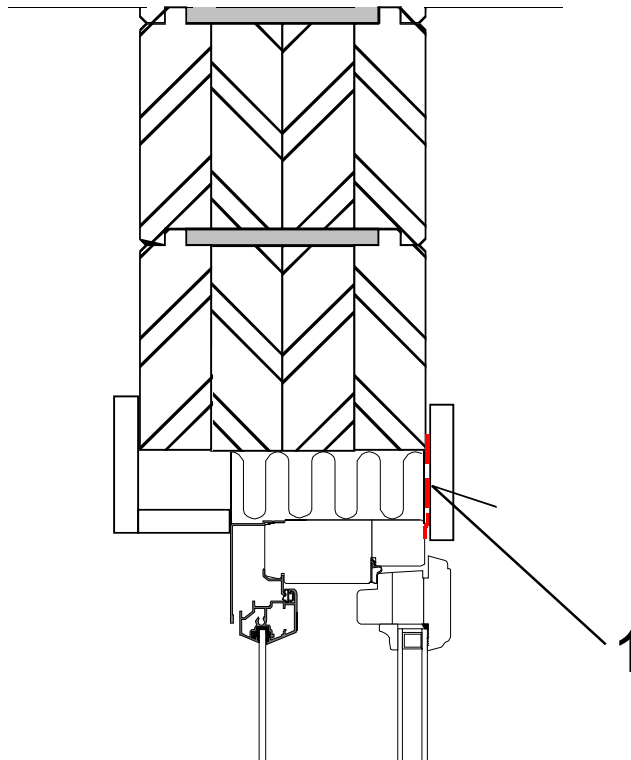
Toteutusohjeet

- Ovi voidaan tiivistää mineraalivillakaistalla (kuva 10.1 a). Ilmanpitävyys toteutetaan elastisella kittauksella sisäpinnassa (1)
- Ikkuna voidaan tiivistää polyuretaanivaahdolla (2). Vaahdolla ei täytetä koko väliä, vaan ulkoreunaan tulee jättää tuuletusrako (3). Karmin ulkoreunassa osa tiivistetilasta voidaan täyttää myös mineraalivillakaistalla.
- Kuvan 10.1 b tapauksessa polyuretaanivaahtosauaman tulee ylittää elementin sisäkuoren ja karmin väliin (2). Sisäreunasta tulee varmemmin tiivis, kun vaahdotus tehdään kahden jäykän pinnan väliin.
- Kuvassa 10.1 c ikkuna on ensin tiivistetty mineraalivillalla ja ainoastaan tiivistyksen sisäpinnassa on polyuretaanivaahtosauama.
- Mikäli seinän ilmansulkukalvo olisi kuvassa 10.1 c suoraan sisäpinnan levyn takana, ilmansulkukalvon reunat tiivistetään ikkunan ympäri riittävän tartuntakyvyn ja pitkäaikaiskestävyyden omaavalla teipillä. Tämän jälkeen puun ja karmin välinen rako täytetään polyuretaanivaahdolla.

Muuta

- Ikkunoiden ja ovien tiivistystyössä huolellisuus on erityisen tärkeää. Karmien tiivisteiden kunto ja toiminta tulee tarkastaa niiden asentamisen yhteydessä.
- Ohjekuvassa ovi on asennettu lähelle seinän ulkopintaa, jotta se pääsee aukeamaan mahdollisimman hyvin.

10.2 Hirsitalo



Kuva 10.2 Ikkunan tiivistäminen painuvaan seinärakenteeseen.

Sovelluskohteet

- Kohteet, joissa ikkunoiden ja ovien asennuksessa tulee ottaa huomioon rakenteen painuminen.

Toteutusohjeet

- Ikkunan yläpuolelle jätetään riittävä painumavara, joka täytetään mineraalivillalla
- Painumavaran kohdalle seinän sisäpintaan kiinnitetään ilmansulkukalvokaista, esimerkiksi höyrynsulkumuovi (1). Kaista kiertää ikkunan ympäri. Käytetyn kaistan tulee olla niin joustava/löysästi asennettu, että se pysyy ehjänä rakenteen painuessa.
- Kaista nidotaan ja teipataan sekä seinään että ikkunan karmiin. Liitoskohta jää piiloon ikkunalistan taakse.

Muuta

- Ilmanpitävyyttä voidaan parantaa tiivistämällä liitoksia uudestaan painumien tapahduttua.
- Ikkunoiden ja ovien tiivistystyössä huolellisuus on erityisen tärkeää. Karmien tiivisteiden kunto ja toiminta tulee tarkastaa niiden asentamisen yhteydessä.

11 Läpiviennit

11.1 Läpivientien tiivistäminen

Työn huolellisuudella on suuri vaikutus läpiviennin ilmanpitävyyteen valitusta tiivistysmenetelmästä riippumatta. Heikosti tiivistetyt läpiviennit aiheuttavat huomattavia paikallisia ilmapuotoja, joiden mukana rakenteisiin voi siirtyä merkittäviä määriä kosteutta tai sisäilmaan voi siirtyä muun muassa mikrobeja.

Mikäli putkiläpivientien tiivistykseen käytetään teippejä, tulee varmistua käytettyjen tuotteiden riittävästä tartunnasta ja pitkäaikaiskestävyydestä. Teippaus pyritään tekemään tiivistä pintaa vasten. Yksittäisten putkien läpivienneissä tiivistys voidaan tehdä läpivientilaipoilla. Putkiläpiviennit voidaan tiivistää myös vaahdottamalla tai elastisella kitillä, mikäli ympäröivä pinta on riittävän jäykkä.

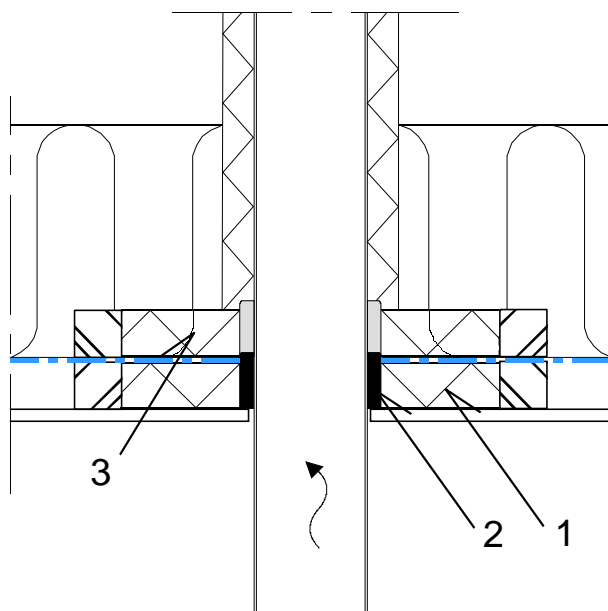
Puurankarakenteissa, joiden ilmansulkuna on kalvo, usean putken läpivientien tiivistämiseen voidaan käyttää solumuovieristyslevyistä tehtyjä kauluksia (kuva 11.1). Läpivientikohtaan vaahdotetaan puurakenteiden väliin jäykkä solumuovieristyslevy, johon läpivientiputket voidaan sen jälkeen tiivistää vaahdottamalla. Ilmansulkukalvon tiivistys kaulukseen voidaan tehdä esimerkiksi teippaamalla tai jättämällä kalvo kahden solumuovieristyslevyn väliin.

Läpiviennit kivi- ja hirsirungon tai levymäisen ilmansulun läpi voidaan tiivistää vaahdottamalla tai kittaamalla. Kivirakenteissa läpiviennit voidaan putken ulkopuolelta tiivistää myös valamalla, esimerkiksi teräsbetonilaatoissa. Jos läpiviennin juuren tiiviys halutaan erityisesti varmistaa, voidaan tiivistys vielä viimeistellä kittaamalla tai vaahdottamalla.

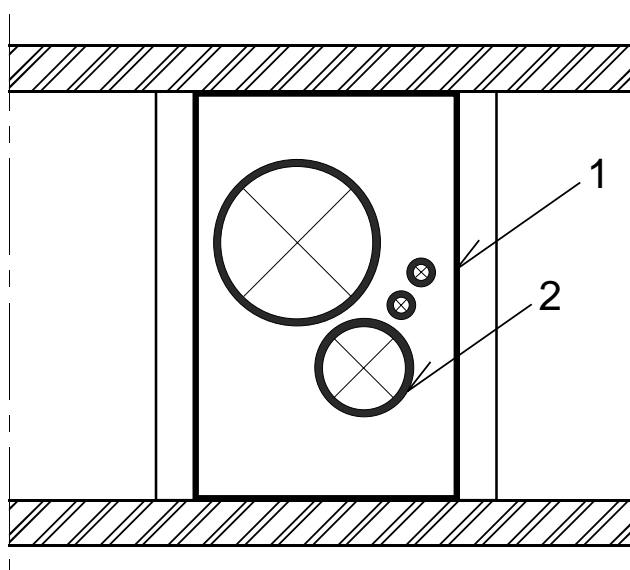
Mikäli läpivienti tehdään osastoivaan rakenneosaan, ei tiivistykseen voida käyttää tavallisia muovituotteita. Tällöin tulee käyttää hyväksytyjä palokatkotuotteita. Rakennuksen vaipparakenteilta ei kuitenkaan yleensä edellytetä osastoivuutta.

Savuhormien läpivienneissä tulee ottaa huomioon palomääräysten asettamat rajoitukset. Määräykset on annettu Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa E3 *Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus* /3/.

11.2 Putkiläpiviennit



Kuva 11.1 a Putkiläpiviennin tiivistäminen solumuovieristyslevykauluksella. Ratkaisu sopii erityisesti kohtiin, joissa monta putkea läpäisee ilmansulun samasta kohdasta. Kuvassa 11.1 b on esitetty ratkaisu ylhäältä kuvattuna.



Kuva 11.1 b Ilmanpitävä solumuovieristyslevy (1) vaahdotetaan tiiviisti kattokannattajien ja rimojen väliin. Läpivientiputket vaahdotetaan kiinni kaulukseen (2).

Sovelluskohteet

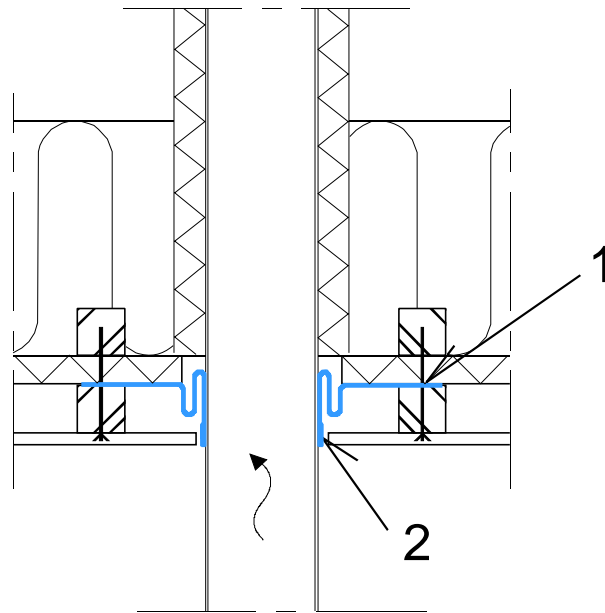
- Puurankarakenteiden läpiviennit, kun rakenteen ilmansulkuna on kalvo.
- Soveltuu myös tapauksiin, joissa monta putkea läpäisee ilmansulun samasta kohdasta.

Toteutusohjeet

- Koolausrimojen väliin vaahdotetaan solumuovieristyslevy (1). Levyn takana on ehjä rakenteen ilmansulku.
- Putkia varten tehdään reiät levykauluksen ja ilmansulun läpi. Läpivientiputki vaahdotetaan tiiviisti levykaulukseen (2). Vaahdon tulee ulottua levyn taakse, jotta myös ilmansulkukalvon reunat tiivistyvät.
- Vaihtoehtoisesti myös ilmansulun toiselle puolelle voidaan asentaa solumuovieristyslevy (3). Tämä edellyttää erillisten koolausrimojen asennusta rakenteeseen. Rakenteen ilmansulkukalvo on tällöin kahden tiivistyslevyn välissä.

Muuta

- Vaahdotusuran tulee olla yli 10 mm leveä, jotta vaahdotus saadaan hyvin levyjen takareunaan saakka.
- Kahdella levyllä toteutettu ratkaisu sopii kohteisiin, joissa läpivientien tarkat paikat tiedetään etukäteen.



Kuva 11.2 Lävientiputken tiivistäminen hirsirakennusten yläpohjassa, kun rungon painumavara otetaan huomioon.

Sovelluskohteet

- Läpivientiputkien tiivistys yläpohjassa, kun rungon painumavara tulee ottaa huomioon.
- Yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy tai ilmansulkukalvo.

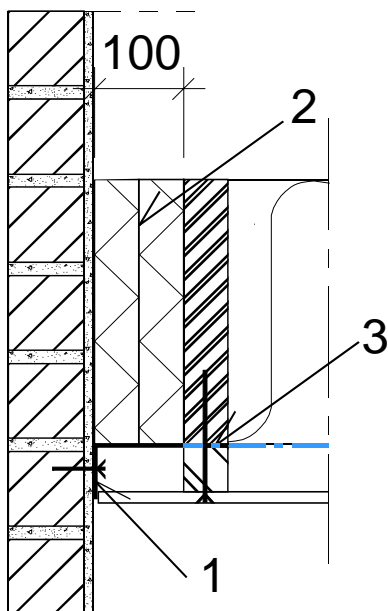
Toteutusohjeet

- Solumuovieristyslevyn reunaan liitetään tiivistyskaista, esimerkiksi kapea höyrinsulkumuovikaista (1). Kaistan reuna voidaan tiivistää teippaamalla ja puristamalla alaslaskurimoilla levyyn.
- Tiivistyskaista teipataan riittävän tartuntakyvyn ja pitkäaikaiskestävyyden omaavalla teipillä läpivientiputkeen (2)
- Sama tiivistyskaistaratkaisu voidaan toteuttaa myös silloin kun yläpohjan ilmansulkuna on kalvo.

Muuta

- Jokaiselle läpivientiputkelle tarvitaan oma tiivistyskaistansa.

11.3 Hormiläpiviennit



Kuva 11.3 Paikalla muurattavan tiilirakenteisen savuhormin läpivienti puuyläpohjasta.

Sovelluskohteet

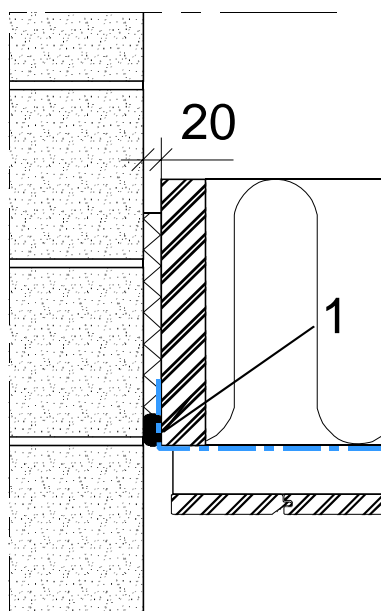
- Paikalla muurattavan tiilirakenteisen savuhormin läpivienti puuyläpohjasta.
- Yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy tai ilmansulkukalvo.

Toteutusohjeet

- Tiilihormin ympäri kiinnitetään peltikaulus (1), joka tukee palomääräysten vaatimaa A1-luokan eristystä (2) hormin ympärillä.
- Yläpohjan ilmansulkukalvo ja peltikaulus limitetään ja liitoskohta puristetaan kannattajaan (3).
- Sama ratkaisu voidaan toteuttaa myös silloin kun yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy.

Muuta

- Peltikauluksen tulee olla riittävän pitkä, jotta limitys voidaan toteuttaa.
- Ohje RakMK E3 (2007): *Muun kuin A1-luokan rakennustarvikkeista tehdyt rakennusosat sijoitetaan vähintään 100 mm:n etäisyydelle savupiipun ulkopinnasta. Väli- tai yläpohjan läpimenokohtaan sekä seinän liittymäkohtaan asennetaan vähintään 100 mm paksu lämpöä eristävä kerros soveltuvaa A1-luokan rakennustarviketta.*



Kuva 11.4 Kevythormin läpivienti puu­läpohjasta.

Sovelluskohteet

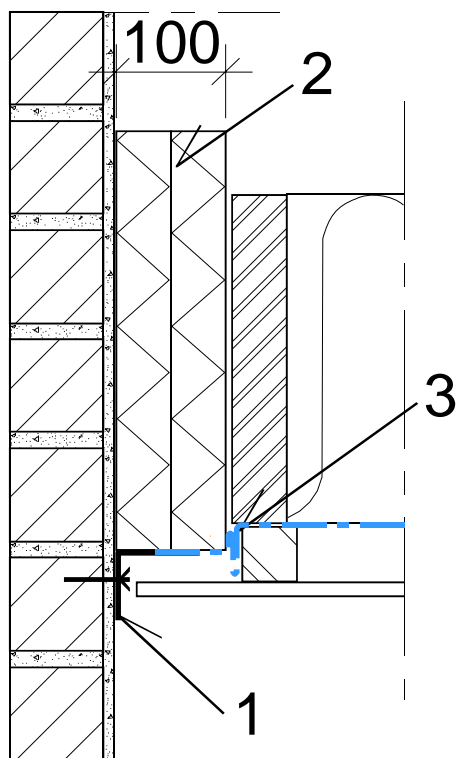
- Hormin läpivienti puuyläpohjasta, kun hormirakenteella on erillinen hyväksyntä ja puurakenne voidaan tuoda lähemmäs hormia.
- Yläpohjan ilmansulkuna on kalvo.

Toteutusohjeet

- Yläpohjan ilmansulku käännetään kattokannattajan sivulta ylös.
- Hormin ja kattokannattajan väliin jäävä rako täytetään palamattomalla mineraalivillalla ja tiivistetään elastisella saumaussmassalla (1).

Muuta

- Ohje RakMK E3 (2007): *Hormituotteiden valmistaja ilmoittaa tuotteen asennusohjeissa miten hormin ja viereisten rakenteiden välinen tila on tehtävä. Jollei asennusohjeissa muuta esitetä, täytetään rakennusosan sekä hormituotteen välinen tila tarkoitukseen sopivalla A1-luokan rakennustarvikkeella. – Mikäli hormituotteen suojaetäisyysstarve on pienempi kuin 20 mm, savupiipun ja väli- tai yläpohjarakenteen väliin jätetään kuitenkin vähintään noin 20 mm leveä liikuntaväli, jollei valmistaja ole testeillä muuta osoittanut.*



Kuva 11.5 Paikalla muurattavan tiilirakenteisen savuhormin läpivienti puuyläpohjasta, kun rungon painumavara otetaan huomioon.

Sovelluskohteet

- Savuhormin läpivienti puuyläpohjasta, kun rungon painumavara otetaan huomioon.
- Yläpohjan ilmansulkuna on ilmansulkukalvo tai solumuovieristyslevy.

Toteutusohjeet

- Tiilihormin ympäri kiinnitetään peltikaulus (1), joka tukee palomääräysten vaatimaa A1-luokan eristystä (2) hormin ympärillä.
- Yläpohjan ilmansulkukalvo jätetään savuhormin ympäriltä pitkäksi ja taitetaan ”pussille” kattokannattajan ja palosuojavillan väliin (3). Ilmansulkukalvon pää limitetään peltikauluksen ja A1-luokan eristeen väliin
- Mikäli yläpohjan ilmansulkuna on solumuovieristyslevy, sen reunaan liitetään tiivistyskaista, esimerkiksi kapea höyrynsulkumuovikaista. Kaistan reuna voidaan tiivistää teippaamalla ja puristamalla levyyn (vertaa kuva 11.2).

Muuta

- Peltikauluksen tulee olla riittävän pitkä, jotta limitys voidaan toteuttaa.
- Ohje RakMK E3 (2007): *Muun kuin A1-luokan rakennustarvikkeista tehdyt rakennusosat sijoitetaan vähintään 100 mm:n etäisyydelle savupiipun ulkopinnasta. Väli- tai yläpohjan läpimenokohtaan sekä seinän liittymäkohtaan asennetaan vähintään 100 mm paksu lämpöä eristävä kerros soveltuvaa A1-luokan rakennustarviketta.*

12 Yhteenveto

Tässä julkaisussa on esitetty periaatteita ja esimerkkejä ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten suunnitteluun. Ratkaisut on kehitetty TTY:n tutkijoista kootun asiantuntijaryhmän toimesta. Toivomme, että rakennesuunnittelijat jatkavat ratkaisujen kehitystä näiden periaatteiden mukaisesti.

Rakennuksen ilmanpitävyys määritellään tavanomaisesti ilmavuotoluvulla n_{50} [1/h]. Rakentamismääräyskokoelman antama suositusarvo n_{50} -luvulle on 1,0 1/h, mikä tarkoittaa, että rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu kerran tunnissa, kun paine-ero rakennuksen sisäilman ja ulkoilman välillä on 50 Pa. Viimeaikaisten tutkimusten *Kosteusvarma terve pientalo* ja *AISE – Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous* yhteydessä tehdyissä laajoissa ilmanpitävyyssmittauksista havaittiin, etteivät nykyiset pien- ja kerrostalot yleisesti saavuta tätä arvoa.

Parantamalla rakennusvaihan ilmanpitävyyttä nykyisestä tasosta saavutetaan etuja etenkin rakennusten energiankulutuksen pienentyessä, kosteusvaurioiden vähentyessä ja sisäilmaston parantuessa. Nykyisillä lämmöneristepaksuuksilla vuotoilmanvaihdon vähentäminen on merkittävimpiä ja ennen kaikkea edullisimpia keinoja jo sinällään energiataloudeltaan hyvien rakennusten parantamisessa. Ilmanpitävyyden parantamisessa olennaista on sekä yksittäisten rakennuskohteiden detaljien huolellinen suunnittelu että työn suunnitelmien mukainen toteutus. Hyvän sisäilmaston yhtenä edellytyksenä tiiviissä rakennuksessa on hyvin tasapainotettu ja riittävän tehokas ilmanvaihtolaitteisto.

Suuri osa tutkittujen kohteiden todetuista ilmavuotokohdista pientaloilla oli ulkoseinän ja yläpohjan liitoskohdassa. Lisäksi merkittäviä ilmavuotoja esiintyi ikkunoissa ja ovissa sekä niiden liitoskohdissa ulkoseinään, ulkoseinän ja välipohjan liitoksessa sekä ilmansulun läpivienneissä. Kerrostaloissa suurimmat vuotokohdat olivat ikkunat, ovet ja niiden liitoskohdat. Muita merkittäviä vuotokohtia olivat ulkoseinän ja välipohjan liitos sekä ulkoseinän ja yläpohjan liitos.

Alapohjan ja ulkoseinän välisen liitoksen sekä alapohjan läpivientien ilmanpitävyys on hyvän sisäilman saavuttamiseksi olennaista. Tiiviillä liitoksella estetään maaperän mikrobin ja mahdollisesti esiintyvän radonin siirtyminen sisäilmaan. Yläpohjan ja ulkoseinän liitoksen sekä yläpohjan läpivientien ilmavuodot voivat aiheuttaa merkittäviä kosteusteknisiä ongelmia, koska sisäilman kosteus siirtyy niistä helposti rakenteisiin. Ikkunoiden ja ovien tiivistämisessä suuri merkitys on asennus- ja tiivistystyön huolellisuudella.

Yksittäisen rakenneosan ilmatiiviys toteutetaan yleensä erillisellä ilmansulkukerroksella. Ilmansulku voidaan toteuttaa kerroksellisissa rakenteissa kalvolla tai levyllä ja harkkorakenteissa pinnoitteella, esim. rappaus. Massiivisissa rakenteissa ja betonirakenteissa ei välttämättä tarvita erillistä ilmansulkukerrosta, mikäli rakenteen ilmatiiviys itsessään on

riittävä. Rakenteen saumojen tiiviys sekä liitokset ympäröiviin rakenteisiin tulee kuitenkin suunnitella erikseen. Ilmanpitävän kerroksen tulee jatkua yhtenäisenä koko rakennuksen vaipan ympäri. Rungon suuret muodonmuutokset ja sekarakenteet, kuten puurankarakenteiden ja kivirakenteiden väliset liitokset voivat erityisesti hankaloittaa ilmanpitävien detaljien suunnittelua.

Kalvomaisten ilmansulkukerrosten jatkokset saadaan ilmanpitäviksi limittämällä vierekkäiset kalvot ja puristamalla limityskohta esimerkiksi kahden puun väliin. Vaihtoehtoisesti limitykset voidaan teipata riittävän pitkäaikaiskestävyyden ja tartuntalujuuden omaavalla, tarkoitukseen sopivalla teipillä. Varmin vaihtoehto on yhdistelmä, jossa jatkokset sekä teipataan että puristetaan.

Muuratuilla harkkoseinillä itse harkko tai sen saumat eivät ole yleensä sellaisenaan riittävän ilmanpitäviä, joten rakenteen ilmanpitävyys perustuu pintakäsittelyihin. Tällaisen ulkoseinän molemmat pinnat tulee käsitellä rappaamalla tai tasoittamalla. Puhtaaksimuuratuilla tiiliseinillä muuraustyö tulee tehdä erittäin huolellisesti, ellei ilmanpitävyyttä varmisteta pintakäsittelyllä. Pinnoitteen tulee liittyä toimivasti muiden rakennusosien sekä ikkunoiden ja ovien ilmanpitäviin kerroksiin sekä ulottua seinän ylä- ja alareunaan saakka, myös kiintokalusteiden ja alaslaskettujen kattojen takana.

Betonielementit ovat yksittäisenä rakenneosana ilmanpitäviä, kunhan suurten halkeamien syntyminen estetään riittävän tiheällä raudoituksella. Rakennuksen ilmanpitävyys riippuu suurelta osin elementtien välisistä liitoksista sekä ikkuna- ja oviaukkojen tiivistyksestä. Seinäelementtien väliset saumat tehdään juotosvaluilla tai joustavien elastisten saumojen avulla. Juotosvalujen ilmanpitävyyden varmistamisessa olennaisin osuus on työn suorituksella. Etenkin yläpohjissa betoni- ja kevytbetonielementtien saumat on sekä ilmanpitävyyden että kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi tiivistettävä erikseen. Saumavaluihin tulee käytännössä aina halkeamia ja tiivistämättömistä elementtisaumoista pääsee tällöin konvektion mukana yläpohjan lämmöneristekerrokseen helposti suuria määriä kosteutta, koska rakennuksen yläosa on pääsääntöisesti ylipaineinen.

Rakennuksen lopullisen ilmanpitävyyden kannalta olennaista kaikilla tiivistysmenetelmillä on työn huolellisuus ja detaljien sekä työn suunnittelu kohdekohtaisesti. Ilmanpitävyyden toteuttamiseen käytettyjen ratkaisujen ja materiaalien tulee säilyä ilmanpitävinä koko rakennuksen käyttöajan ajan. Etenkin piiloon jäävissä ratkaisuissa tulee pyrkiä varmistamaan pitkäaikaiskestävyys, koska myöhemmin ratkaisujen parantaminen tai korjaaminen edellyttää rakenteiden avaamista. Monissa julkaisun esimerkeistä on suositeltu usean tiivistysmenetelmän samanaikaista käyttöä (esimerkiksi teippaus sekä puristusliitos). Tällä pyritään varmistamaan rakennuksen ilmanpitävyyden pitkäaikaiskestävyys, mikäli ensisijainen tiivistysmenetelmä pettää joko työvirheen tai materiaalin vanhenemisen seurauksena.

Lähteet

1. Pentti, M., Hyypöläinen, T.. 1999. Ulkoseinärakenteiden kosteustekninen suunnittelu. Julkaisu 94. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka. ISBN 952-15-0173-1, ISSN 1237-1483.
2. RakMK C3. 2007. Rakennuksen lämmöneristys, määräykset. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Helsinki.
3. RakMK E3. 2007. Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Helsinki.
4. Teollisen talovalmistuksen ilmanpitävyyden laadunvarmistus. RT-kortti. Rakennustieto Oy, Helsinki. Julkaistaan vuonna 2009.
5. Vinha J. 2007. Hygrothermal Performance of Timber-Framed External Walls in Finnish Climatic Conditions. A Method for Determining the Sufficient Water Vapour Resistance of the Interior Lining of a Wall Assembly. Doctoral Thesis. Tampere University of Technology, Publication 658. 338 p. ISBN 978-952-15-1742-6. ISSN 1459-2045.
6. Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Valovirta, I., Mikkilä, A. ja Jokisalo, J., 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys. Tutkimusraportti 131. Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikan laboratorio.
7. Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Jokisalo, J., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Aho, H., Salminen, M., Salminen, K. ja Keto, M. 2009. Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous. Tutkimusraportti 140. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.

Kirjallisuusluettelo

Kirjallisuusluettelossa on esitetty esimerkkejä suomenkielisistä ilmanpitävyyttä ja muuta rakennusfysiikkaa käsittelevistä teoksista. Muun muassa näitä teoksia on käytetty pohjatietoina tätä julkaisua kirjoitettaessa.

RakMK C2. 1998. Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

RakMK D3. 2007. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

RIL107 2000 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 211 sivua. ISBN 951-758-404-0

Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus. Leivo, V., Rantala, J. TTKK 2003. Tutkimusraportti 120. 106 s. + 13 liites.

Hirsirakennuksen yläpohjan tiiviys - vaikutus lämpöenergiankulutukseen. Leivo, V. TTY 2003. Tutkimusraportti 126. 63 s

Lattialämmitetyn alapohjarakenteen rakennusfysikaalinen toiminta. Leivo, V., Rantala, J. TTY 2005. Tutkimusraportti 128. 140 s.

Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet lämpötilan ja suhteellisen kosteuden funktiona. Vinha, J., Valovirta, I., Korpi, M., Mikkilä, A., Käkelä, P. TTY 2005. Tutkimusraportti 129. 101 s. + 211 liites.

Maanvastaisten rakenteiden mikrobiologinen toimivuus. Leivo, V. & Rantala, J. TUT 2006. Tutkimusraportti 139. 55 s.

Sisäilmastoseminaari 2007. SIY Raportti 25. Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, Lvi-tekniikan laboratorio.

- Jokisalo, J., Kurnitski, J., Kalamees, T., Eskola, L., Jokiranta, K. Ilmanpitävyyden vaikutus vuotoilmanvaihtoon ja energiankulutukseen pientaloissa.
- Korpi, M., Vinha, J. ja Kurnitski J. Massiivirakenteisten pientalojen ilmanpitävyys.

Rakennusfysiikka 2007. Seminaarijulkaisu 1. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos.

- Kalamees, T., Korpi, M., Eskola, L., Kurnitski, J. ja Vinha, J. Kylmäsiltojen ja ilmapuotokohtien jakauma suomalaisissa pientaloissa ja kerrostaloasunnoissa.
- Korpi, M., Vinha, J. ja Kurnitski J. Pientalojen ja kerrostaloasuntojen ilmanpitävyys.
- Airaksinen, M. Ryömintätilan lämpö- ja kosteustekninen toiminta.

Rakennusten ulkovaipan ilmanpitävyys. Polvinen, Martti; Kauppi, Ari; Saarimaa, Juho; Haalahti, Pekka; Laurikainen, Markku. 1983. VTT, Espoo. 143 s. Tutkimuksia / Valtion teknillinen tutkimuskeskus:215. ISBN 951-38-1712-1.

Rakennusten ilmanpitävyyden pysyvyys. Metiäinen, Pertti; Saarimaa, Juho; Saarnio, Pekka; Salomaa, Heikki; Tulla, Kauko; Viitanen, Hannu. 1986. VTT, Espoo. 136 s. + liitt. 29 s. Tutkimuksia / Valtion teknillinen tutkimuskeskus:422. ISBN 951-38-2301-6.

Ilmavirtausten vaikutus rakenteiden lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Ojanen, Tuomo; Kohonen, Reijo. 1989. VTT, Espoo. 105 s. Tutkimuksia / Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 590. ISBN 951-38-3362-3. ISSN 0358-5077.

Tuulensuojan toimintaperusteet. Ojanen, Tuomo; Kokko, Erkki & Pallari, Marja-Liisa. 1993. VTT, Espoo. 125 s. + 26 liites. VTT Tiedotteita 1478. ISBN 951-38-4372-6. ISSN 1235-0605.

Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikan laitos
Rakennetekniikka
PL 600
33101 Tampere

Tampere University of Technology
Department of Civil Engineering
Structural Engineering
P.O.B. 600
FI-33101 Tampere, Finland

ISBN 978-952-15-2071-6
ISSN 1797-9161