

Tanja Vittaniemi

ALIPAINETUULETTIMIEN KÄYTTÖ VESIKATOLLA

ALIPAINETUULETTIMIEN KÄYTTÖ VESIKATOLLA

Tanja Vittaniemi
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Rakennustekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Tanja Vittaniemi

Opinnäytetyön nimi: Alipainetuulettimien käyttö vesikatolla

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Use of Negative Pressure Ventilator on Roof

Työn ohjaaja: Juho Vinkki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 40 + 2 liitettä

Hyvin toimiva yläpohja on tärkeä rakennuksen pitkäikäisyyden sekä terveellisyyden kannalta. Vaikka katon tuulettavuus vaikuttaa paljonkin sisäilman laatuun ja myös ihmisten terveyteen, on niiden toiminnassa usein ongelmia. Alipainetuulettimien käytöllä saadaan parannettua kattorakenteiden tuulettuvuutta, mutta alipainetuulettimien käyttöön liittyvä ohjeistus on todettu puutteelliseksi eikä se sovellu monimutkaisimpiin kohteisiin.

Ramboll Finland Oy:llä alipainetuulettimien suunnittelua onkin pohdittu jo jonkin aikaa. Tavoitteena tässä opinnäytetyössä oli selvittää, millaisia ongelmia suunnittelussa on ja mitä täydennystarpeita nykyisissä ohjeistuksissa mahdollisesti on, jotta vesikaton suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon laatu olisi tulevaisuudessa taattu.

Ensin opinnäytetyössä perehdyttiin yläpohjien tuuletukseen ja eri tuuletusratkaisuihin yleisesti. Otettiin selvää, millaisissa kohteissa ja tilanteissa alipainetuulettimien käyttö olisi suotavaa ja tutustuttiin alipainetuulettimien käyttöön ja suunnitteluun liittyvään ohjeistukseen. Eri lähteissä olevia ohjeita verrattiin keskenään ja huomattiin, että ne eroavat jonkin verran toisistaan. Opinnäytetyössä tutustuttiin vanhoihin kohteisiin ja niissä tehtyihin ratkaisuihin. Lisäksi suunnitteluratkaisuja verrattiin olemassa oleviin ohjeisiin. Lopuksi pohdittiin, mitä ongelmia suunnittelussa on ja miten olemassa olevia ohjeita voitaisiin täydentää, jotta ne toimisivat paremmin suunnittelun apuna.

Opinnäytetyön edetessä huomattiin, että ohjeissa oli paljon epäkohtia ja epäselvyyksiä. Samalla todettiin, että tuuletuksen suunnittelu perustuu pitkälti kokemukseen, jota alipainetuulettimien käytön suunnittelussa tarvitaan myös. Tutkittaessa vanhoja projekteja huomattiin, että alipainetuulettimien käyttö on perusteltua myös korjauskohteissa. Niiden käytöllä muiden toimenpiteiden kanssa myös täysin toimimattomia rakenteita saadaan tuuletettua ja näin rakennuksen käyttöikää pidennettyä. Voi olla, että kokemuksen karttuessa myös ohjeet ja ohjeistukset päivittyvät pikkuhiljaa toimivammaksi.

Asiasanat: alipainetuuletin, kosteus, tuuletus, yläpohja

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

Author: Tanja Vittaniemi
Title of thesis: Use of Negative Pressure Ventilator on Roof
Supervisor: Juho Vinkki
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022
Number of pages: 40 + 2 appendices

A well-functioning roof is important for the longevity and health of the building. Even though the ventilation of the roof has a significant effect on indoor air quality and human health, there are often problems. The use of negative pressure ventilators improves the ventilation of structures, but the instructions for the use of these ventilators have been found to be deficient and not suitable for all kinds of buildings.

In Ramboll Finland Oy the planning of negative pressure ventilators has been under consideration for some time. The aim of this thesis was to find out what kind of problems there are in the planning and what additional needs there may be in the current guidelines to guarantee the quality of the planning, construction, and maintenance of the roofs in future.

First in the thesis the ventilation of the roofs and various ventilation solutions became acquainted. It was established in which situations the use of negative pressure ventilators would be desirable. Also, instructions related to the use and planning of the ventilators were reviewed. The instructions in the different sources were compared and it was found that they differed somewhat from each other. In the thesis, the old projects and the solutions made in them were explored. Finally, it was considered what problems there are in the planning and how existing guidelines could be supplemented to better serve the designers.

As the thesis progressed, it was noticed that there were a lot of omissions and ambiguities in the instructions. At the same time, it was found that the planning of ventilation is mainly based on experience, which is also required in usage planning of negative pressure ventilators. When examining old projects, it was found that the use of these ventilators is also justified in renovation projects. The use of the ventilators together with other measures can also ventilate completely dysfunctional structures and thus extend the life of the building.

Keywords: ventilation, roof, dampness

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	KOSTEUS YLÄPOHJASSA.....	8
2.1	Kosteuden siirtyminen rakenteisiin	8
2.2	Yläpohjan tiiviys.....	11
2.3	Yläpohjan tuuletus.....	11
2.3.1	Hyvin tuulettuva yläpohja	13
2.3.2	Heikosti tuulettuva yläpohja	15
3	ALIPAINETUULETTIMET	17
3.1	Alipainetuulettimien tyypillinen käyttö	17
3.2	Tuotteet ja käyttökohteet	19
3.3	Suunnitteluohjeet ja määräykset	21
4	SUUNNITTELURATKAISUT VANHOISSA PROJEKTEISSA.....	25
4.1	Kohde 1.....	25
4.2	Kohde 2.....	27
4.3	Kohde 3.....	30
5	NYKYISTEN SUUNNITTELUOHJEIDEN TÄYDENNYSTARPEET	33
5.1	Lisätutkimusten tarve	33
5.2	Epäselvyydet olemassa olevissa ohjeissa.....	34
6	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET.....	38

Liite 1 Vesikatto, mittapiirustus, kohde 1

Liite 2 Ylimmän kerroksen mittapiirustus, kohde 2

SANASTO

Diffuusio	kosteuden siirtyminen vesihöyrynä rakenteen läpi
Hygrokalvo	höyrynsulkumuovina käytetty kalvo, jonka vesihöyrynvastus muuttuu suhteellisen kosteuden mukaan. Sen vesihöyrynvastus pienenee kosteuden noustessa, joten se pystyy läpäisemään vesihöyryä myös huoneilmaan
Kastepistelämpötila	lämpötila, jossa vesihöyry alkaa kondensoitua
Kondensoituminen	vesihöyryn tiivistyminen nesteeksi lämpötilan laskiessa, sillä kylmempi ilma voi sisältää vähemmän vesihöyryä
Konvektio	ilmavirtaus siirtää vesihöyryä mukanaan
Kosteuslisä	kertoo, kuinka paljon enemmän vesihöyryä on sisäilmassa kuin ulkoilmassa

1 JOHDANTO

Alipainetuulettimien suunnitteluun liittyvät ohjeet ja määräykset ovat yleensä hyvin ylimalkaisia. Ramboll Finland Oy:llä on jo jonkin aikaa pohdittu alipainetuulettimien suunnittelua ja käyttöä, ja tultu siihen tulokseen, että ohjeistuksia tulisi täydentää ja päivittää. Koska ohjeiden ja ohjeistusten kunnollinen ja luotettava päivittäminen vaatisi mahdollisesti jopa usean vuoden tutkimustyön sekä monen rakennusalan asiantuntijan panoksen, opinnäytetyön aihe rajataan koskemaan ohjeissa olevia ongelmakohtia ja epäselvyyksiä. Lisäksi tarkastellaan eri tapoja parantaa ohjeita siten, että ne palvelevat paremmin käyttäjiään eli rakennesuunnittelijoita

Ensin työssä kerrotaan yleisesti yläpohjan kosteudesta, tiiviyydestä sekä tuuleutuksesta. Opinnäytetyössä käydään läpi hyvin tuulettuvat sekä heikosti tuulettuvat yläpohjarakenteet. Työssä ei käsitellä tuulettumattomia kattoja, sillä ne ovat harvinaisempia ratkaisuja nykypäivän uudiskohteissa. Kuvissa keskitytään tuuletuksen havainnollistamiseen, eikä oteta kantaa rakenteisiin muuten. Myöskään koneellista ilmanvaihtoa ei käsitellä opinnäytetyössä tarkemmin.

Tämän jälkeen työssä kerrotaan yleisesti alipainetuulettimista ja niiden käytöstä erilaisissa yläpohjissa. Työssä kootaan yhteen eri ohjeet alipainetuulettimiin liittyen ja niitä verrataan keskenään. Lisäksi käydään läpi, millä perusteella kolmeen Ramboll Finland Oy:n kohteeseen on alipainetuulettimet suunniteltu ja mitä haasteita kohteissa oli. Lopuksi kootaan yhteen, mitä ongelmia ja epäkohtia suunnitteluohjeissa ja määräyksissä on alipainetuulettimien käyttöön ja suunnitteluun liittyen ja pohditaan, miten niitä voitaisiin täydentää.

2 KOSTEUS YLÄPOHJASSA

Nykypäivänä elintapojen ja varustetason muuttuessa myös veden käyttö on lisääntynyt ihmisen jokapäiväisessä elämässä. Esimerkiksi peseytymistilat ovat siirtyneet erillisistä rakennuksista asuinrakennukseen, pyykkiä ja astioita pestään ja kuivatetaan sekä kukkia kastellaan. Nämä lisäävät kosteusrasitusta rakenteille, joissain tapauksissa runsaastikin. Valitettavasti kosteuden kertymistä rakenteisiin ei pystytä täysin estämään, joten se poistetaan yleensä lämpötilaeroihin perustuvalla luonnollisella ilmanvaihdolla, joskus myös koneellisella ilmanvaihdolla, esimerkiksi huippuimureilla. (1, s. 14; 2, s. 102.)

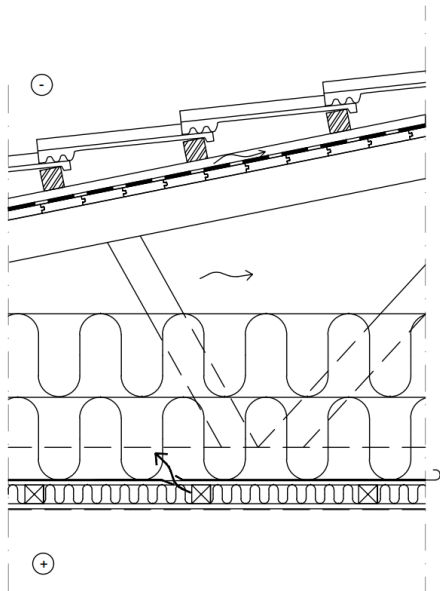
2.1 Kosteuden siirtyminen rakenteisiin

Kosteutta siirtyä rakenteisiin muutamalla eri tavalla ja eri syistä. Yleisimmät kosteuden siirtymisen tavat ovat diffuusio, konvektio sekä rakennekosteus. Kylmänä vuodenaikana on suurin riski kosteusvaurioiden muodostumiselle, sillä kosteus kondensoituu kylmiin rakenteisiin, mikäli pinnan lämpötila saavuttaa kastepistelämpötilan. Kosteutta voi kertyä rakenteisiin myös vesikaton vuotojen kautta, mutta se on harvinaisempaa. (3, s. 70; 4.)

Rakennuksen käytön aikana syntynyt kosteus voi siirtyä diffuusion vaikutuksesta yläpohjan läpi rakenteisiin. Diffuusioon vaikuttaa rakenteessa olevien materiaalien kyky läpäistä tai mahdollisesti estää vesihöyryn kulkua. Asumisen aiheuttama kosteuslisä pyrkii tasaantumaan rakenteen läpi ulkoilmaan ja voi aiheuttaa rakenteeseen suurenkin kosteusrasituksen. Höyrynsulun avulla rakenne suojataan diffuusiolta. (1, s. 13–14.)

Kosteus voi kertyä rakenteisiin myös esimerkiksi läpivientien puutteellisen tiivistämisen tai muiden rakojen ja epätiivien kohtien läpi konvektion vaikutuksesta (kuva 1). Tuuli, lämpötilaerot ja ilmanvaihtojärjestelmät aiheuttavat rakenteen eri puolille eri ilmanpaineet. Tästä johtuen rakennuksissa muodostuu ylipainetta yleensä huoneiden yläosiin. Tämän takia suurimmat konvektion seurauksena aiheutuvat kosteusvaurioriskit sijoittuvat seinien yläosiin ja yläpohjarakenteisiin. Yleisesti konvektion kuljettama kosteusmäärä on huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi diffuusion kuljettama

määrä. Tämän vuoksi konvektion aiheuttamaa suurta määrää kosteutta ei voida aina pelkällä tuuletuksella poistaa, vaan vuotokohtat tulee tiivistää ja korjata. Lisäksi on myös tärkeää kiinnittää läpivientien tiiviyyteen erityisesti huomiota jo rakennusvaiheessa. (3, s. 70; 5, s. 14, 20, 22.) Ilmansululla rakenteet suojataan konvektiolta, mutta yleensä höyrynsulku toimii myös ilmansulkuna (6, s. 41).



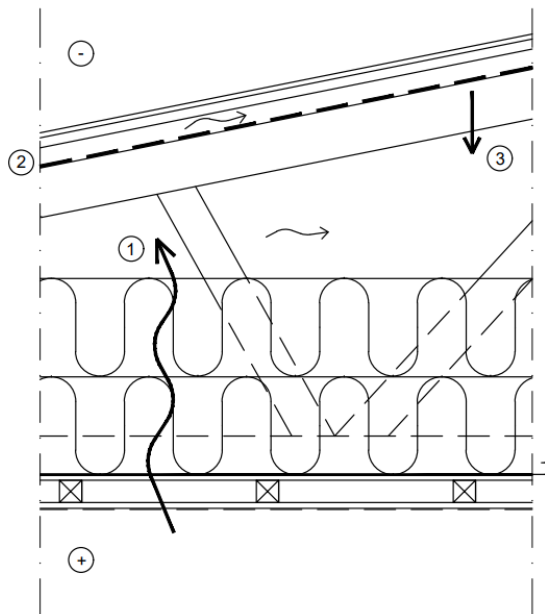
KUVA 1. Ilmavuoto tiivistämättömästä höyrynsulkusaumasta

Kosteutta kertyy rakenteisiin diffuusion ja konvektion lisäksi myös rakennuksen käyttöönotto- ja valmistusvaiheessa. Rakennuskosteus kertyy vedestä, jota on käytetty materiaalin valmistusprosessissa sekä kastumisesta kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Jotta vältetään kosteuden kertyminen haitallisissa määrin, pitää rakenteet ja materiaalit suojata vesi- ja lumisateelta sekä maaperän kosteudelta. Tämän takia rakennustyömaiden on suunniteltava kuivanapitoratkaisut. Suunnitelmissa tulisi esittää muun muassa eri kosteusriskit työmaalla sekä rakenteiden suojaus ja kuivatus. (3, s. 68; 6, s. 38.)

Kuvassa 2 esitetään, miten kosteus voi kondensoitua kylmään aluskatteeseen siirryttyään diffuusion tai konvektion vaikutuksesta yläpohjaan, mikäli käytetään vesihöyryä läpäisemätöntä aluskatetta. Tämä kondensoitunut kosteus ei aiheuta ongelmia rakenteessa, jos sen tuuletus on kunnossa. Mikäli tuuletus ei ole riittävää ja kosteutta kertyy enemmän kuin tuuletus voi sitä haihduttaa,

voi se niin sanotusti sataa alas rakenteeseen. Näin käy etenkin tilanteessa, jossa kondensoitunut kosteus jäätyy ja ilman ja rakenteiden lämmetessä sulaa taas vedeksi. Vesi voi valua myös sisätiloihin, mikäli höyrynsulkua ei ole asennettu tai sitä ei ole asennettu tiiviisti. (7, s. 5.)

Rakenteeseen satanut vesi aiheuttaa eristeiden kastumista ja eristyskyvyn heikkenemistä, pahimmillaan puurakenteiden lahoamista, homehtumista ja teräsrakenteiden ruostumista. Käytettäessä diffuusioavointa aluskatetta pääsee kondensoitunut kosteus haihtumaan tuuletuksen lisäksi diffuusiona katteen läpi. Diffuusioavoin aluskate on vedenpitävä, mutta kosteus pääsee haihtumaan sen läpi. Sitä suositellaan käytettäväksi rakenteissa, joissa aluskate asennetaan suoraan lämmöneristeen päälle. (5, s. 13, 67; 6, s. 108; 8.)



1. Kosteus siirtyy diffuusion tai konvektion vaikutuksesta rakenteisiin.
2. Kosteuden kondensoituminen aluskatteeseen.
3. Vesi voi tippua rakenteisiin.

KUVA 2. Kosteuden siirtyminen, kondensoituminen ja rakenteeseen tippuminen

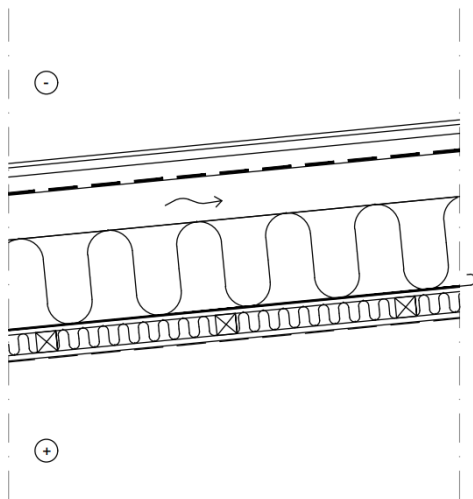
2.2 Yläpohjan tiiviys

Kosteusteknisesti on tärkeää, että ilman- ja höyrynsulkua sekä läpivientejä asennettaessa kiinnitetään erityisesti huomiota yläpohjan läpivientien tiiviyteen. Kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan mahdollisimman ilmatiiviiksi, minimoidaan ilmavuodot ja samalla kosteuden kulkeutuminen rakenteisiin (3, s. 74). Rakentamisvaiheessa on tärkeää kiinnittää huomiota tiiviyteen, sillä useissa tapauksissa höyrynsulku sijaitsee rakenteiden sisällä, joten siinä olevat vuotokohdat voi olla vaikea korjata. Heikosti tuulettuvissa rakenteissa kosteusvaurioita voi syntyä jo pienistä kosteusmääristä. Tämän takia höyrynsulun ilmetiiviyden merkitys kasvaa. (2, s. 41,102; 9.)

Suuren osan vuodesta rakennusten sisälämpötila on ulkolämpötilaa korkeampi Suomen ilmasto-olosuhteiden vuoksi. Tällöin sisäilma on ulkoilmaa kevyempää, joten se pyrkii nousemaan ylöspäin. Lämpimän ilman sisältäessä enemmän kosteutta se aiheuttaa lisää kosteuskuormitusta yläpohjaan varsinkin silloin, jos höyrynsulussa tai läpivienneissä on epätiiviitä kohtia. (9; 10, s. 189.)

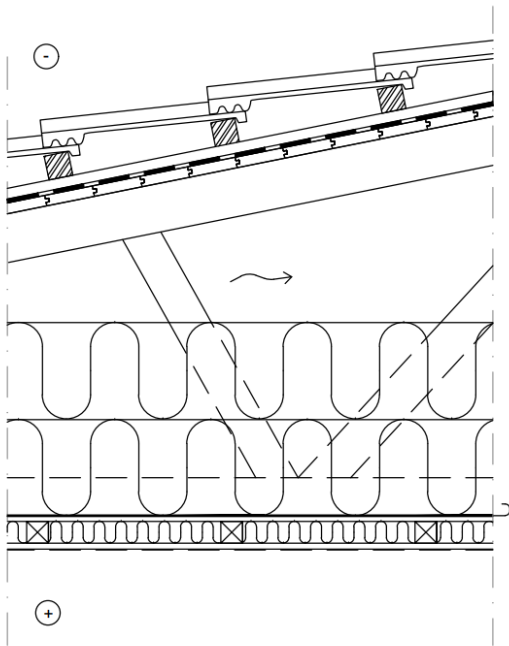
2.3 Yläpohjan tuuletus

Yläpohjien tuuletus voidaan järjestää tuuletusvälin kautta vesikatteen ja lämmöneristekerroksen ollessa yhdensuuntaiset (kuva 3) (12, s. 3).



KUVA 3. Tuuletusväli

Mikäli tuuletus järjestetään tuulettuvan ullakkotilan kautta, vesikatteen ja lämmöneristeen välissä on selkeä erillinen tuulettuva tila (kuva 4). Tuuletus voidaan järjestää myös tuulettuvan eristekerroksen kautta. Siitä kerrotaan lisää myöhemmin luvussa 2.3.2. Tuuletusväli ja -tila tehdään yleensä kylmälle puolelle rakenteessa. Tuuletus on suunniteltava niin, ettei se aiheuta haittaa rakenteille. Tuulettavan ilman mukana tuuletustiloihin ja -väleihin ei saa päästä lunta eikä vettä. Tuuletusaukot pitää suojata niin, ettei sitä kautta yläpohjaan pääse hyönteisiä tai muitakaan eläimiä. (6, s. 43; 12, s. 3.)



KUVA 4. Tuuletustila

Yläpohjan hyvä tuuletus on rakennuksen eliniän ja käyttökelpoisuuden kannalta tärkeää. Vaikka se on yksi yksinkertaisimmista asioista rakennuksen terveenä pitämisen kannalta, on se silti usein puutteellista. Tuuletusvälin ja -tilan tärkeimpänä tehtävänä on poistaa ylimääräinen rakenteeseen kertynyt kosteus ilmavirtauksen avulla. Välin tulee olla riittävän iso ja avoin tuuletukselle. Ongelmana voi olla ilmavirtauksen riittämättömyys tai tuuletusaukkojen puutteellisuus ja huono kunto. Yläpohjarakenteiden tuuletuksen ongelmia on voinut syntyä myös esimerkiksi remonttien yhteydessä. Tuuletustilojen kustannuksella on voitu tehdä lisää asuintilaa, tai yläpohjaa on voitu lisälämmöneristää niin, että tuuletustilat ovat lähes umpeutuneet. Myös uusien läpivientien asennus on voinut tukkia yhtenäisen tuuletuksen. (3, s. 75; 12.)

Tuuletuksen lisäämisen tarpeeseen vaikuttavat kosteuden lähde ja kulkeutumistapa. Jos yläpohjassa on rakennusaikaista kosteutta enemmän kuin rakennuksen käytön aikana muodostunutta kosteutta, ilmanvaihdon kasvattaminen poistaa sen hyvin. Samoin käy, jos kosteudesta suurin osa siirtyy yläpohjarakenteeseen diffuusiolla sisäilmasta tai sadevuotona katteen kautta. Jos suurin osa kosteudesta siirtyy yläpohjaan ilmapuotojen mukana sisäilmasta, tuuletuksen kasvattaminen voi vain lisätä kosteusrasitusta rakenteissa. Tällaisessa tilanteessa parempi ratkaisu on läpivientien tiivistys eli ilmapuotokohtien tukkiminen. Jos yläpohjan rakenteille suurin kosteuskuorma tulee ulkoilmasta itsessään, olisi hyödyllisintä rajoittaa ulkoilman pääsyä yläpohjaan. (10, s. 190.) Vaikka ulkoilmasta tuleva tuuletusilma voi toimia joissain tapauksissa myös rakennetta kastelevana, on sen haitta Suomen ilmasto-olosuhteissa pienempi kuin hyödyt, joita tuuleduksesta saa (6, s. 43).

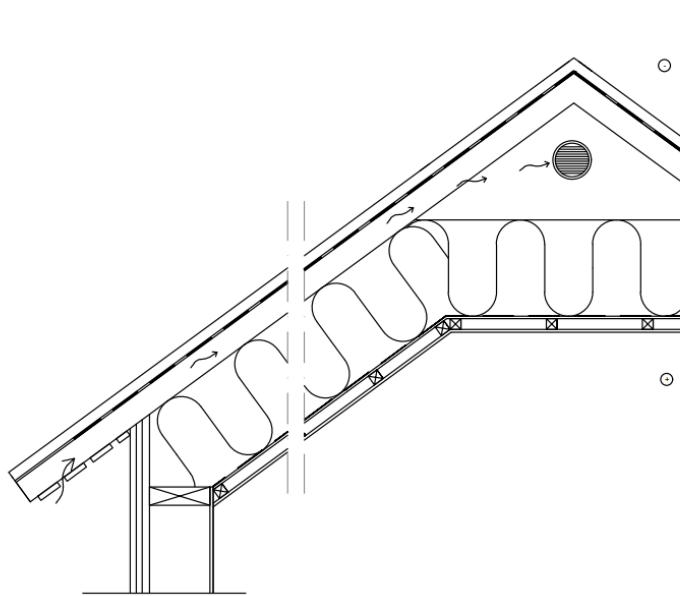
Rakenteisiin on voinut kertyä rakennusaikaista kosteutta ja sen lisäksi sitä voi kertyä samanaikaisesti diffuusion, konvektion sekä sadevuotojen vaikutuksesta. Tämä vaikeuttaa ilmanvaihdon määrittämistä. Kosteusteknisesti hyvä rakenne on ilmatiivis ja sadeveden pitävä. Se sietää ulkoilman kosteutta ja rakennusaikainen kosteus pääsee kuivumaan rakenteesta. (10, s. 190.)

2.3.1 Hyvin tuulettuva yläpohja

Yläpohjarakenteet, joissa vedeneristysten alusta on rakennettu puusta tai muusta materiaalista, joka on altis kosteusvaurioille, täytyy rakentaa hyvin tuulettuviksi. Hyvin tuulettuvassa kattorakenteessa tuuletus on yleensä järjestetty erillisen tuulettuvan tilan avulla. Se poistaa rakenteisiin diffuusion ja konvektion vaikutuksesta kulkeutuneen sekä rakenteisiin kondensoituneen kosteuden. Toimivasta tuuleduksesta johtuen myös vähäiset vesikatteen vuodot saattavat jäädä huomaamatta, sillä kosteus haihtuu ja kuivuu melko nopeasti pois. Vaikka rakenne olisi hyvin tuulettuva, ei siellä saa olla ilmapuotoja, sillä ne voivat aiheuttaa kosteusvaurioita liian suurten paikallisten kosteuskestymien vuoksi. Parantamalla tuuleduksesta ei siis voi korvata huonoa ilmatiiviyttä. (1, s. 16; 6, s. 92.)

Hyvän painovoimaisen tuuletuksen kannalta on tärkeää, että poistoilma-aukot sijoitetaan mahdollisimman korkealle harjalle tai rakennuksen päätykolmioihin ja tuloilma-aukot mahdollisimman alas räystäälle (kuva 5). Näin saadaan aikaan luonnollinen ilmanvaihto korkeuseron ja ilman lämpenemisen vaikutuksesta, ja ilma pääsee kiertämään lämmöneristeen ja katteen väliin jäävässä ilmatilassa. Ilmanvaihdon vaikutusta voidaan lisätä alipainetuulettimien putken pituuden kasvattamisella

tai korotetulla räystäärakenteella. Tästä syystä painovoimainen tuuletus toimii sitä paremmin, mitä jyrkempi katto on. (1, s. 17; 2, s. 102.)



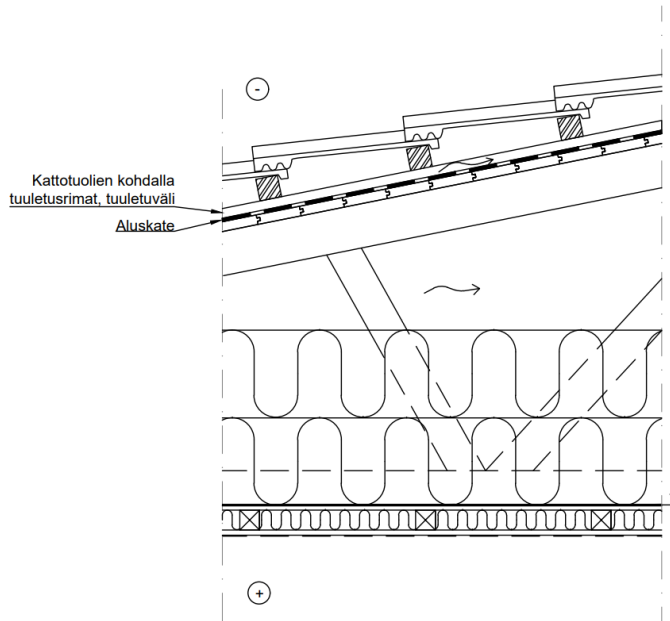
KUVA 5. Tuloilma-aukot alhaalla räystäällä ja poistoilma-aukot ylhäällä harjan lähellä

Hyvin tuulettuvalle yläpohjalle on asetettu ohjearvot koskien rakenteen tuuletusvälin korkeutta ja tuuletusaukkoja (taulukko 1). Tuuletusväli voi olla taulukon arvoa pienempi, mikäli kyseessä on pieni katto tai katon osa sekä poisto- ja korvausilma-aukoilla on korkeuseroa vähintään 500 mm ja ilman virtausmatka on alle 3 m. (1, s. 17.) Jyrkemmissä katoissa matalampi tuuletusväli riittää, koska korkeuseron aiheuttama nostevirtaus tehostaa tuuletusta. Taulukon arvot perustuvat kokeusperäiseen tietoon ja se koskee puurakenteisia kattoja. (6, s. 101.)

TAULUKKO 1. Ohjearvot hyvin tuulettuvan katon tuuletuksen mitoittamiseen (1, s. 17)

Kattokaltevuus	Tuuletusväli (min.)	Korvausilma-aukot ‰/katto-m ²	Poistoilma-aukot ‰/katto-m ²
1:40 tai loivempi	300 mm	2,5	2,5
1:40 – 1:10	200 mm	2,5	2,5
1:10 tai jyrkempi	100 mm	2,0	2,0

Hyvin tuulettuvassa yläpohjassa voidaan käyttää vesikatteena esimerkiksi muotopeltiä tai tiilikattetta. Näissä tapauksissa aluskatteen käyttö on välttämätöntä, sillä vesikatteen saumoista päässyt vesi ja kosteus johdetaan aluskatteen avulla rakennuksen ulkopuolelle. Vesi- ja aluskatteen väli täytyy tehdä myös tuulettuvaksi (kuva 6), sillä usein aluskate läpäisee huonosti vesihöyryä ja vesikatteen alusrakenteen kuivuminen tapahtuu katekerrosten välisellä tuuletuksella. (6, s. 102, 105, 107, 109.)



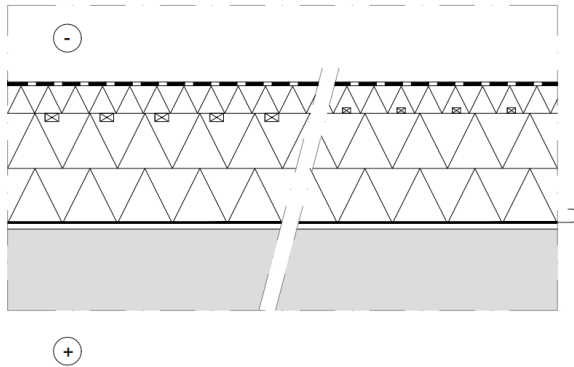
KUVA 6. Kaksinkertainen tuuletus

2.3.2 Heikosti tuulettuva yläpohja

Usein laajarunkoisissa ja loivakattoisissa rakennuksissa on heikosti tuulettuva yläpohja. Sitä voidaan kutsua myös tuulettuvaksi umpirakenteeksi (11, s. 3). Heikosti tuulettuvassa rakenteessa on yleensä vedeneristys suoraan lämmöneristeen päällä, eikä varsinaista tuuletusväliä ole. Rakenteen mahdollisuus kuivua on varmistettu jollain muulla tavalla. Näitä tapoja ovat esimerkiksi lämmöneristeen uritus ja kevytsorakerros. (2, s. 103.)

Käytettäessä uritettua lämmöneristettä kosteuden poistamiseen rakenteesta urituksen tulisi olla yhteydessä räystäällä oleviin tuuletusrakoihin sekä mahdollisimman lähellä pintaa, noin 20–50

mm:n etäisyydellä (kuva 7). Harjalla tuuletusurat yhdistetään kokoojakanavalla, johon asennetaan alipainetuulettimia. Korvausilman saanti on myös varmistettava. Se voidaan järjestää esimerkiksi alipainetuulettimien avulla katon alaosista tai alaräystäiltä. Eristeen urissa oleva ilma liikkuu tuulen mukaan sen paineen ja suunnan vaihdellessa sekä lämpötila- ja korkeuserojen ansiosta. Koska lämpenevä ilma pystyy sitomaan enemmän rakenteessa olevaa kosteutta, kuljettaa se kosteuden harjalla olevan kokoojakanavan kautta ulos yläpohjasta. (2, s. 103; 5, s. 27; 13.)



KUVA 7. Uritus lämmöneristeessä mahdollisimman lähellä pintaa

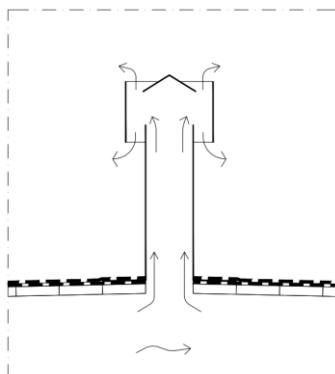
3 ALIPAINETUULETTIMET

Alipainetuulettimilla pyritään vähentämään kosteutta yläpohjasta ja sen rakenteista tuulen synnyttämän ilmanpaine-eron avulla. Tuulettimen rakenne synnyttää lisävetoa, mikä taas lisää ilmavirtausta tilan ja rakenteiden kuivattamiseksi. Alipainetuulettimia käytetään korvaamaan jatkuva räystäsrajo ja niillä tuuletetaan yläpohjassa olevat katvealueet. Katvealueita voi syntyä, kun katolle tulevat rakenteet, varaukset ja varusteet, kuten kattokannattajat, kattoikkunat tai katon korkoerot katkaisevat tuuletusvälin. Tällaisissa tilanteissa toimiva tuuletus voidaan varmistaa alipainetuulettimilla. (5, s. 65; 15; 16.)

Alipainetuulettimien putken pitää olla vähintään 300 mm korkea, jotta kinostuva lumi ei estä tuuletumista, tarvittaessa korkeampi. Lisäksi ne tulee asentaa vähintään 500 mm:n etäisyydelle toisistaan ja muista rakenteista, eikä niitä saa asentaa katon sisätaitteisiin. Materiaalin on oltava sellaista, että se kestää jatkuvaa UV-säteilyä sekä -40–+80 °C:n lämpötiloja ominaisuuksien muuttumatta. (1, s. 37, 51.)

3.1 Alipainetuulettimien tyypillinen käyttö

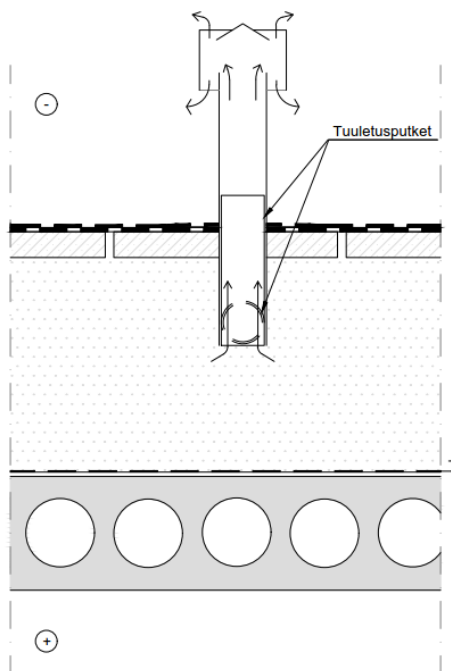
Kuvassa 8 on esitetty yksinkertaistaen alipainetuulettimen toimintaperiaate. Tuuli aiheuttaa lisävetoa putkeen, mikä lisää virtausta myös yläpohjassa ja näin tuulettaa yläpohjaa. Tuuletin tulee asentaa tiiviisti vesikatteeseen, niin kuin kaikki muutkin läpiviennit. (15.)



KUVA 8. Alipainetuulettimen toimintaperiaate

Alipainetuulettimia käytetään loivien kattojen lisäksi myös jyrkillä katoilla. Mikäli tuuletusmatka alaräystäältä harjalle on pidempi kuin 10 m tai tuuletusmatkalla on esteitä tai mutkia, on syytä käyttää esimerkiksi alipainetuulettimia tai harjatuuletusta riittävän tuuletuksen varmistamiseksi. Jos tuuletusmatka räystäältä harjalle on liian pitkä, rakenteita tuulettavan ilman kyky sitoa itseensä kosteutta voi täyttyä ennen kuin se poistuu rakenteesta. Tällöin ilma aiheuttaa rakenteille kosteusrasitusta poistoaukkojen läheisyydessä. (5, s. 66; 6, s.102.)

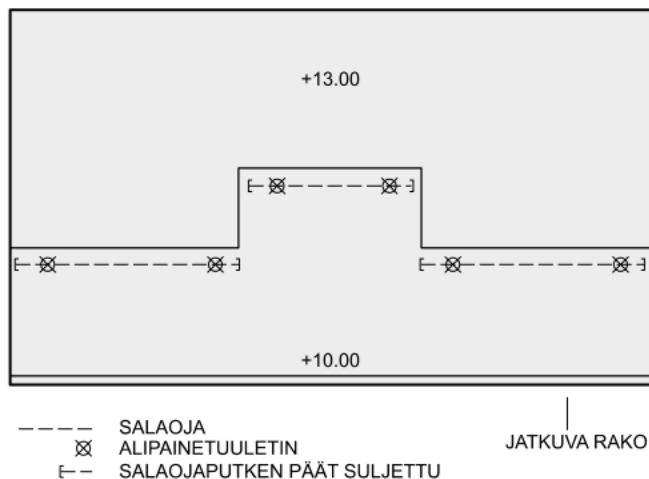
Kevytsorakatoilla alipainetuulettimia käytetään tuulettamaan katvealueet, ja niillä korvataan esimerkiksi jatkuva seinänvierusrako. Kevytsorakatoilla tuulettimia käytetään yleensä yhdistettynä t-kappaleella salaojaputkeen, joka on 100 mm paksu ja toimii tuuletusputkena (kuva 9). Tuulettimet yhdistetään toisiinsa salaojaputkella, millä pyritään tasapainottamaan tuuletussysteemi. Tuuletussysteemi on hyvä tasapainottaa, sillä tuulettimien imukyky saattaa vaihdella muuttuvissa olosuhteissa. (16, s. 5.)



KUVA 9. Alipainetuuletin kevytsorakatolla

Kuvassa 10 on esitetty alipainetuulettimien sijoittelua kevytsorakatoilla. Kuvassa olevassa tilanteessa kattojen korkoero katkaisee tuuletuksen, joten tuulettimet on asennettu poistoilmakanaviksi.

Tuulettimet asennetaan alemmalle katolle lähelle vesikaton ja korkeamman osan ulkoseinän liitosta, johon räystäältä tuleva ilma ei muuten kulkeutuisi. Tuuletusputkina toimivien salaojaputkien päät tulee sulkea, jotta ilma pääsee virtaamaan putkessa olevien reikien läpi putken koko matkalta. (16.)



KUVA 10. Alipainetuulettimien sijoittaminen (16)

3.2 Tuotteet ja käyttökohteet

Alipainetuulettimia on erilaisia eri muotoisille katoille ja erilaisille katemateriaaleille. Yleisin alipainetuuletin on Vilpen Alipai-alipainetuuletin (kuva 11). Se on valmistettu polypropeenimuovista, joka on sään- ja iskunkestävää ja UV-suojattua. Niissä on kahta eri putkikokoa, 110 mm ja 160 mm ja putken korkeus kasvaa leveyden mukaan. Tuuletin voidaan asentaa loivien kattojen kalteville osille tai harjaosuuksille. Tuulettimessa olevan laipan muoto ja kulma vaihtelevat asennuskohdan mukaan, joten se saadaan asennettua tiiviisti. Näitä tuulettimia voi käyttää sekä bitumi- että PVC-katoilla. (15, s. 6—7.)



KUVA 11. Alipai alipainetuuletin (15)

Vesikattojen harjalle asennettavia tuulettimia on kahdenlaisia. Ensimmäinen on harjapeltituuletin, joka on tarkoitettu tuulettamaan peltikattoiset ullakkotilat ja kattorakenteet (kuva 12). Tuulettimessa oleva tuuletusaukko vastaa halkaisijaltaan 160 mm olevaa putkea. Se voidaan asentaa v-muotoiselle, kantikkaalle tai pyöreälle harjapellille niin uudis- kuin saneerauskohteisiin. Tuuletin on UV-suojattu sekä kestää jatkuvaa -30–+80 °C:n lämpötilaa. (16, s. 2.)



KUVA 12. Harjapeltituuletin (16)

Toinen harjalle asennettava tuuletin on harjatiilituuletin (kuva 13). Se on tarkoitettu betonitiilikatteelle. Tuuletin korvaa asennettuna yhden harjatiilen. Putken halkaisija on 110 mm, eikä muun kokoisia putkia ole, niin kuin yleisimmässä korkeassa alipainetuulettimessa. (17.)



KUVA 13. Harjatiilituuletin (17)

Älykäs tuuletusjärjestelmä Vilpe Sense koostuu huippumurista, siihen yhdistetystä ohjausyksiköstä sekä vähintään kahdesta anturista. Järjestelmä asennetaan alipainetuulettimiin. Se voidaan siis asentaa saneerauskohteessa jo olemassa oleviin alipainetuulettimiin, jotta rakenteet pysyisivät ehjinä. Järjestelmän tarkoituksena on, että rakenteiden kuivatus on tarpeenmukaista. Se mittaa lämpötilaa ja suhteellista kosteutta kattorakenteissa. Kosteustason noustessa, esimerkiksi sateen jälkeen tai kosteana aikana, järjestelmä lisää rakenteiden ja eristekerroksen tuuletusta. Yhdellä Vilpe Sense -järjestelmällä tuulettaa 250 m²:n kokoisen alan. Isompi ala johtuu koneellisesta ilmanvaihdosta. Se tehostaa normaalin alipainetuulettimen tuuletustehoa. (18; 19.)

3.3 Suunnitteluohjeet ja määräykset

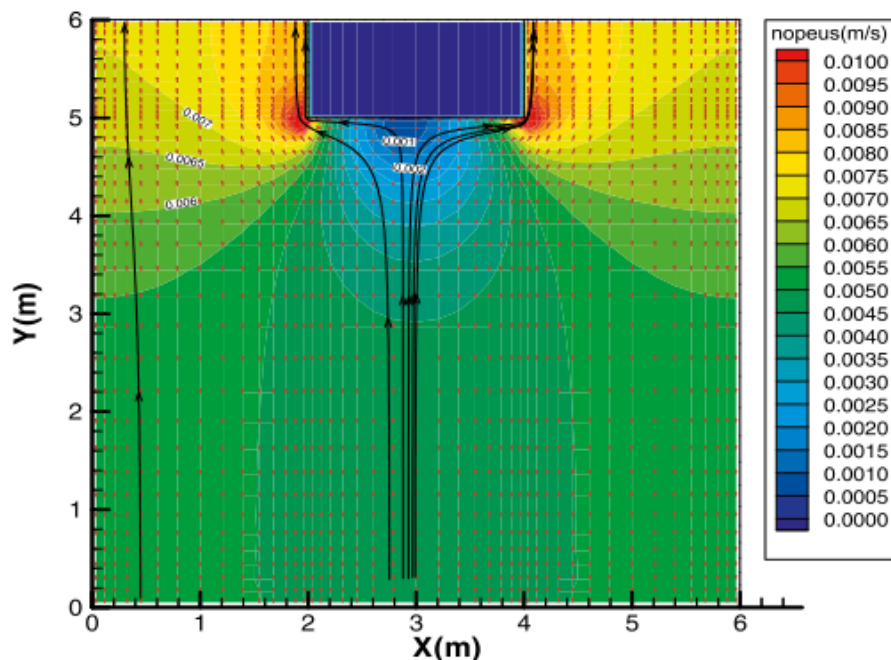
Alipainetuulettimien käyttöön liittyviä ohjeita löytyy, mutta ne ovat yleensä ympäripyöreitä, eikä kovin tarkkoja ohjeita ole. Tuulettimien määrään vaikuttavat katon kaltevuus, pinta-ala ja katon muoto. Myös tuulettimien koko vaikuttaa niiden määrään. Nyrkkisääntönä pidetään, että 100–150 m²:n kattoalalle tulisi asentaa yksi alipainetuuletin halkaisijaltaan 110 mm (1, s. 18). Toisaalla ohjeistetaan, että yksi halkaisijaltaan 110 mm oleva tuuletin kattaa 100 m² kattoalan ja yksi 160 mm:n tuuletin kattaa 150 m²:n alan (14).

Alipainetuulettimien suunnitteluun liittyvä ohjeistus ottaa kantaa myös tuulettimien jakoväliin katon katon. Yhdessä ohjeistuksessa kerrotaan asennusvälin olevan 3 metriä (20). Asennusväliksi on ohjeistettu myös vähintään 10 metriä harjalinjalla (7) tai 6–8 metriä harjalla olevan kokoojakanavan kohdalla (13).

Jyrkälle katolle ohjeistetaan asentamaan yksi halkaisijaltaan 110–160 mm oleva alipainetuuletin rakennuksen keskelle, mikäli harjan pituus on yli 15 metriä. Harjan ollessa yli 15-metrinen eivät rakennuksen päätykolmioissa sijaitsevat tuuletusaukot enää välttämättä riitä koko rakenteen tasaiseen tuulettamiseen. (1, s. 64.)

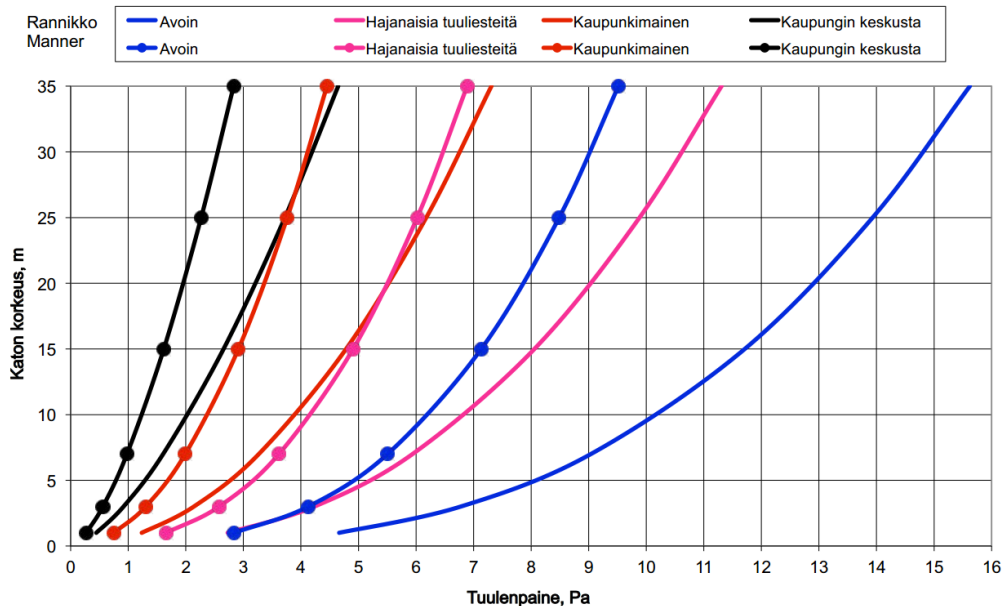
Rivitaloissa, joissa harjakaton tuuletustila on jaettu osiin palokatkoilla, tulee palokatkon molemmin puolin asentaa alipainetuuletin noin metrin etäisyydelle katkosta. Harjapituuden ollessa yli 15 metriä palokatkoalueella pitää myös keskelle asentaa tuuletin ja harjapituuden kasvaessa tarvittaessa useampia. (1, s. 64.)

Kevytsorakattojen tuulettamista on tutkittu verrattain enemmän kuin esimerkiksi normaalin villaeristeen katon. Kuvassa 14 on esitetty, miten ilmavirta liikkuu kevytsorakatossa. Kuva havainnollistaa hyvin myös sen, miten katolla oleva seinämä vaikuttaa ilmavirtaukseen seinämän vieressä. Kuvasta näkee, että seinämän vieressä tuulen nopeus on jopa 0,0000 m/s, eli se ei tuuletetu ollenkaan. Asentamalla alipainetuulettimet kyseiseen kohtaan saadaan tuulettava ilma virtaamaan koko alueella. (15.)



KUVA 14. Katon virtauskenttä kevytsorakatossa (15)

Kevytsorakatoissa käytettävissä olevaa tuulenpainetta on tutkittu rakennuksen korkeuden sekä sijainnin perusteella. Kuvassa 15 näkyy, miten rakennuksen korkeus sekä sijainti vaikuttaa käytettävissä olevaan tuulenpaineseen. Mitä avonaisemmalla paikalla ja mitä korkeampi rakennus, sitä paremmin kevytsorakatto tuulettuu.



KUVA 15. Taulukko tuulenpaineen arviointiin (15)

Alipainetuulettimien käyttö pienentää käytettävissä olevaa tuulenpainetta, mikä taulukosta saadaan, sillä se aiheuttaa suuremman virtausvastuksen räystästuuletukseen verrattuna. Mikäli alipainetuulettimia käytetään joko tulo tai poistoilma-aukkona räystästuuletuksen lisäksi, voi tuulenpainesta käyttää vain 75 % tuuletuksen suunnittelussa. Tilanteessa, jossa alipainetuulettimia käytetään sekä tuloilma- että poistoilma-aukkoina, on käytettävissä oleva tuulenpaine vain 50 % taulukon tuulenpaineen arvosta. (15.)

Myös katolla olevat esteet pienentävät käytettävissä olevan tuulenpaineen arvoa. Mikäli este, esimerkiksi ilmastointiputken aukko on yli 100 mm, pitää käytettävissä olevasta tuulenpainesta vähentää 0,5 Pa/este. Mikäli katolla on seinämä, joka katkaisee tuuletuksen, pitää asennettavien alipainetuulettimien vuoksi käytettävissä oleva tuulenpaine vähentää 50 %:iin. Kevytsorakaton tuuletusmäärän laskemiseen on määritetty laskukaava (kaava 1). (15.)

KAAVA 1. Tuuletusmäärän laskukaava (15)

$$Q_s = \frac{K \times D_p}{L} \times \frac{H}{L} \times 3600$$

K = kevytsoran ilmanläpäisevyys ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{sPa}$)

D_p = käytettävissä oleva tuulenpaine (Pa)

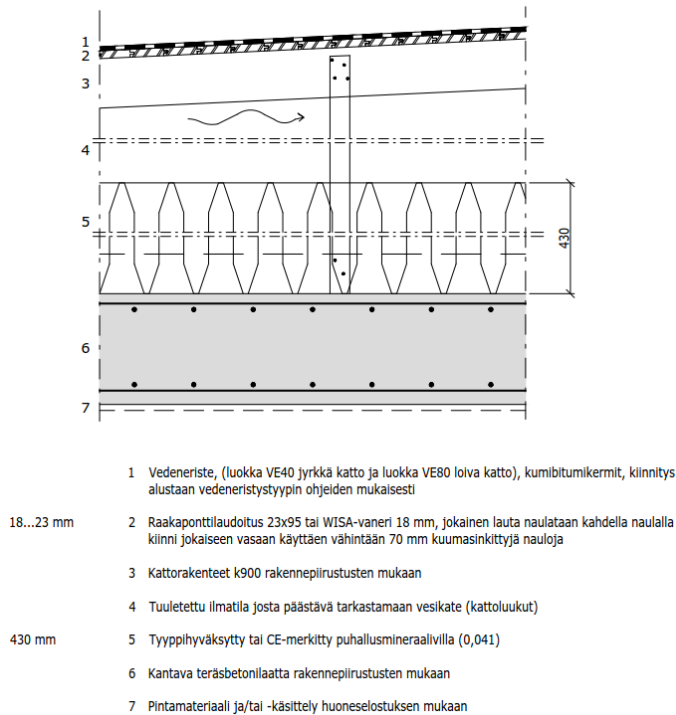
H = kevytsorakerroksen paksuus (m)

L = Tuuletuspituus (m)

4 SUUNNITTELURATKAISUT VANHOISSA PROJEKTEISSA

4.1 Kohde 1

Ensimmäinen kohde on kerrostalo, jossa yläpohjan kantavana rakenteena on paikallavalettu teräs-betonilaatta ja kattokannattajina puuristikot (kuva 16). Liitteessä 1 on kerrostalokohteen vesikaton mittapiirustus. Siitä huomataan, että yläpohja on jaettu palokatolla kahteen tuulettuvaan yläpohjaan, palokatko merkattu sinisellä. Kattomallina kohteessa on pulpettikatto, joka kallistuu kuvassa vasemmalta oikealle. Oikeanpuoleisessa osassa on yksi asuinkerros vähemmän, molemmilla osilla ylimpänä on siis kylmä tuulettuva ullakkotila.

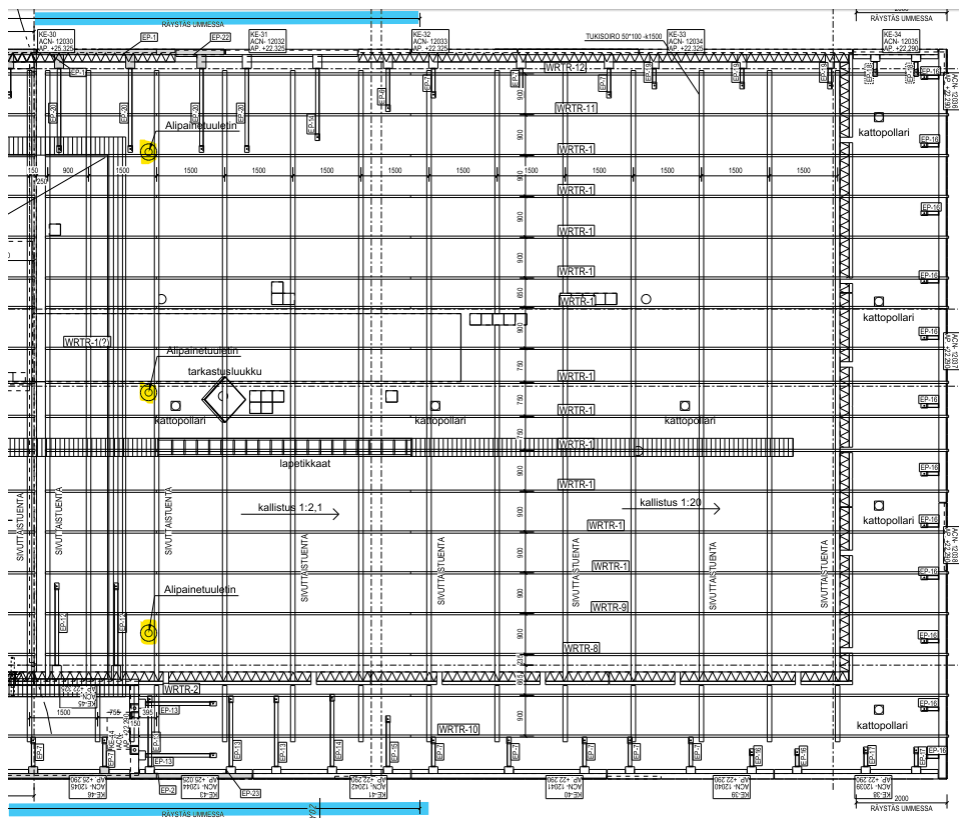


KUVA 16. Rakennetyyppi (21)

Vasemmanpuoleisessa osassa yläpohjan pinta-ala on n. 340 m² ja sinne on asennettu 3 kappaletta halkaisijaltaan 160 mm:n kokoisia alipainetuulettimia. Ne on merkitty keltaisella (kuva 17). Määrän perusteena on käytetty lähteessä 1 olevaa ”nyrkkisääntöä”, eli yksi tuuletin 100 m²:n kattoalaa kohden. Tuulettimet on asennettu tasaisin välein, noin 2,5 m:n päähän seinärakenteesta. Yläräystään

[illegible]

Mittapiirustuksessa oikealla puolella olevan osan yläpohja on noin 320 m². Sinnekin on asennettu 3 kappaletta alipainetuulettimia, joiden halkaisija on 160 mm. Ne on merkattu keltaisella (kuva 18). Ilmanvaihto on järjestetty sivuräystäiden sekä alaräystään kautta. Alipainetuulettimet on asennettu alueen korkeimpaan kohtaan, jotta tuuletusilma kulkeutuu tuulettamaan alueen. Palokatkon jälkeen sivuräystäät on rakennettu tuulettumattomiksi 8,5 m:n matkalta (merkattu kuvaan 18 sinisellä), joten alipainetuulettimien asennus kyseiseen kohtaan on perusteltua.



KUVA 18. Alipainetuulettimien sijainti (21)

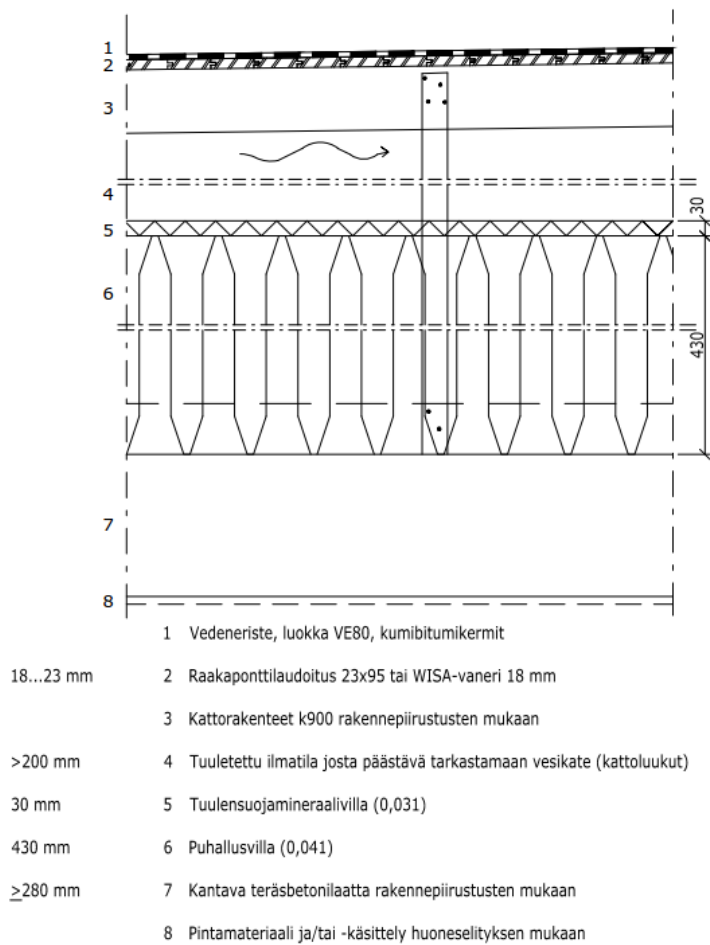
Rakennuskohteessa oli kuitenkin käynyt niin, että palokatkossa oli ollut vuotokohtia, josta vasemman puolen ylimmän asuinkerroksen lämmitetty sisäilma oli päässyt oikealle puolelle kylmään ullakotilaan. Pakkasen johdosta lämmin ja kostea ilma oli kondensoitunut ja jäänyt katon puupinnoille ja seinien betonipinnoille. Auringon lämmittäessä pintoja oli jäänyt kosteus sulanut ja aiheuttanut kosteusvaurioita puupinnoille. Vaikka vesikatolla oli 3 toimivaa alipainetuuletinta lähellä kastuvia rakenteita, ei kaikki kosteus ehtinyt poistua tuulettimesta. Korjauksena kosteuden poistamiseksi alipainetuulettiin oli lisätty huippumurit, jotka olivat poistaneet kosteuden rakenteista.

4.2 Kohde 2

Toinen käsiteltävä kohde on myös kerrostalo, jossa yläpohjan kantavana rakenteena toimii paikallavalettu teräsbetonilaatta ja kattokannattajina toimivat puuristikot. Yläpohja on tehty tuulettulla ilmatilalla, koska sitä kautta tulee päästä tarkastamaan vesikatto. Lisäksi vedeneristeen alla on raakaponttilaudoitu, joten rakenteen tulee olla hyvin tuulettuva. (Kuva 19.) Liitteenä 2 olevassa

kuvassa esitetään rakennuksen ylimmän asuinkerroksen mittakuva. Siitä näkee, että osassa taloa on kerros vähemmän, alue on merkitty vihreällä.

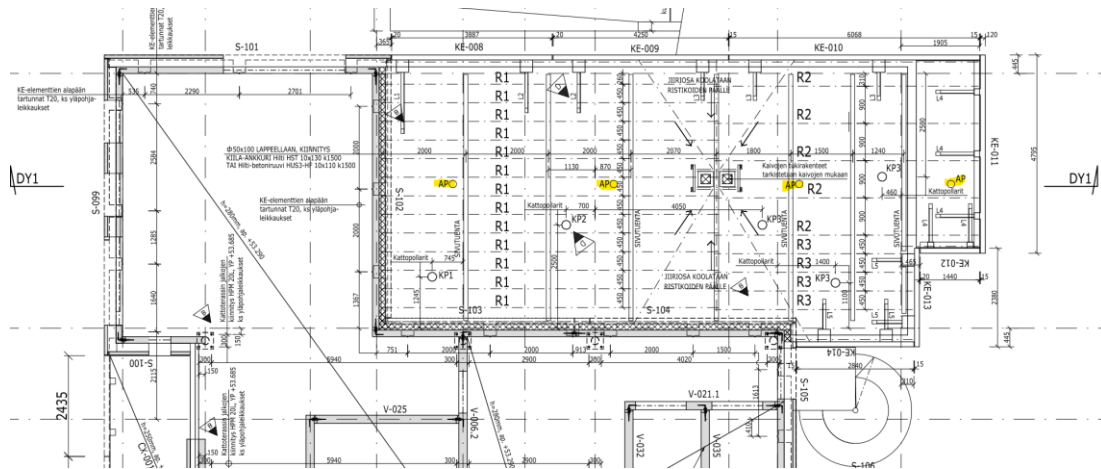
Kohteessa koko yläpohjan alueella kaikki räystäät on jouduttu rakentamaan tuulettumattomana rakenteena. Alueen aiemmista kerrostalokohteista on opittu, että tuulen vaikutuksesta vesi ja lumi pääsevät joka tapauksessa tuulettuvista räystääistä rakenteisiin. Tästä johtuen on tuuletus järjestetty alipainetuulettimien avulla. Tässä kohteessa alipainetuulettimet toimivat sekä poisto- että tuloilma-aukkoina.



KUVA 19. Yläpohjarakenne (21)

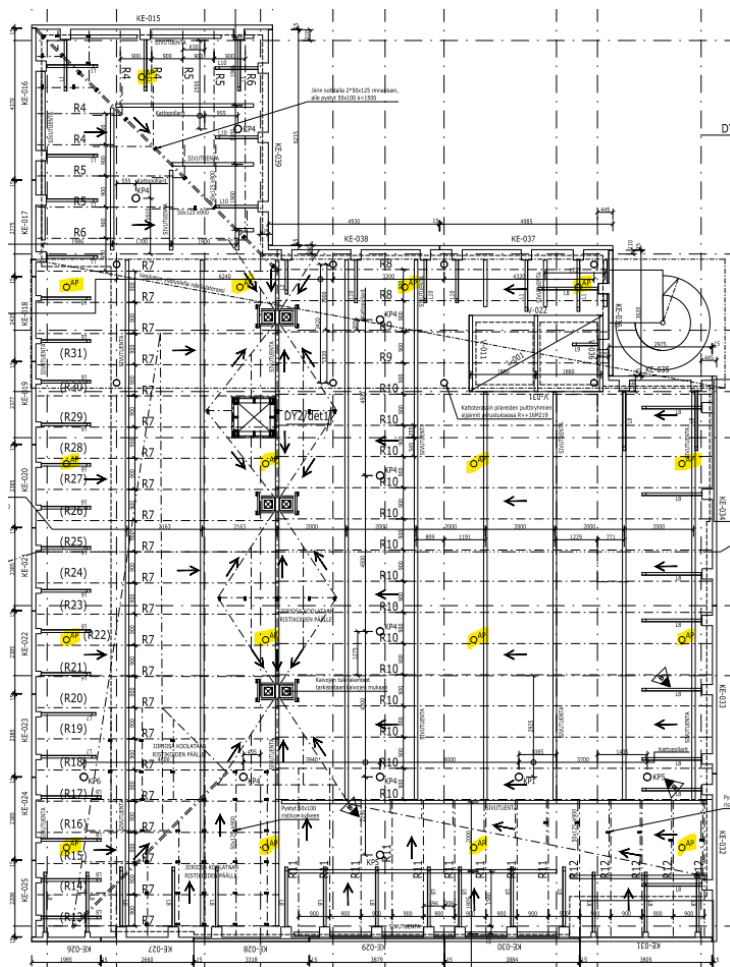
Kuvassa 20 on esitetty lähempää matalamman katto-osuuden mittakuva ja alipainetuulettimien paikat on merkitty keltaisella. Alueen koko on noin 90 m² ja siihen on asennettu 4 kappaletta 160 mm:n alipainetuulettimia. Alipainetuulettimien määrä poikkeaa ohjeista, sillä sekä tuloilma että poistoilma

on järjestetty tuulettimien kautta. Tämän pienemmän katon alueella on tuulettimia asennettu 1 kpl/22 katto-m².



KUVA 20. Matalamman katon alipainetuulettimien paikat (21)

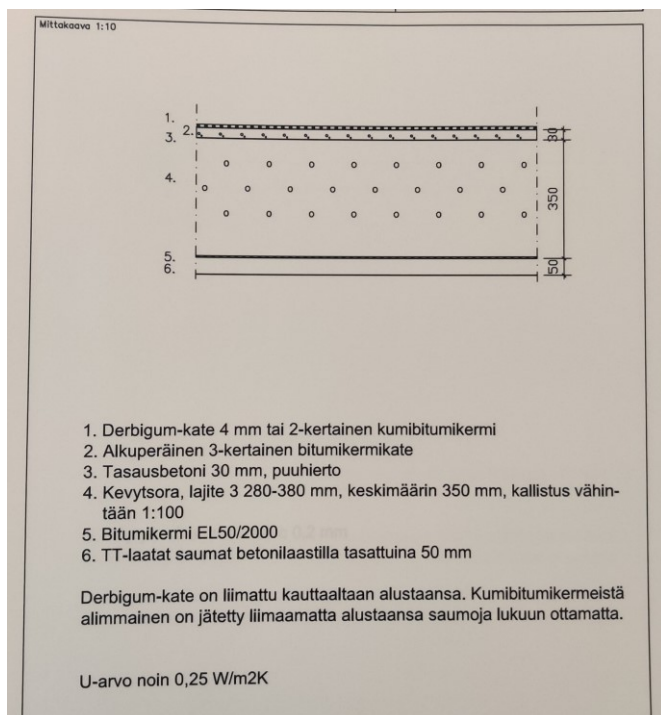
Ylimmän kerroksen vesikatolle asennettujen alipainetuulettimien sijainnit on merkitty keltaisella kuvaan 21. Tuulettimia on asennettu 17 kappaletta noin 430 m²:n alueelle, eli 1 kpl/25 katto m². Tuulettimien suureen määrään vaikuttaa se, että räystäiltä ei tule tuuletusilmaa ja alipainetuulettimet toimivat tulo- ja poistoilma-aukkoina. Kyseiseen tilanteeseen ei ole missään ohjeissa otettu kantaa. Tämän takia tuulettimien määrään ei ole mitään perusteluja.



KUVA 21. Alipainetuulettimien sijainnit ylimmän kerroksen vesikatolla (21)

4.3 Kohde 3

Kolmas käsiteltävä kohde on laajarunkoinen erittäin loivakattoinen rakennus, joka on rakennettu jo 1970-luvulla. Yläpohjarakenteena toimivat TT-laatat ja lämmöneristeenä kevytsora (kuva 22). Rakennus rakennettiin neljässä osassa ja kolme vuotta viimeisen osan valmistumisen jälkeen kohteeseen tehtiin ensimmäiset kuntotutkimukset. Tutkimuksissa todettiin, että vesikatteen alle on pääsyt vuotovesiä rikkoutuneiden liikuntasaumojen sekä huonosti asennettujen läpivientien ja ylösnostojen kautta. Myös höyrynsulun sumoista on voinut päästä ilmavuotoja yläpohjaan. Vuotokohtia korjattiin paikkaamalla vesieristettä.



KUVA 22. Rakennetyyppi (21)

Myöhemmin, noin 10 vuoden päästä suoritettiin toinen kuntotutkimus vesikatolle ja yläpohjarakenteisiin. Yläpohjarakenteissa ja vesikatteessa havaittiin paljon ongelmakohtia ja vikoja, mutta kaikkia ongelmia ei tässä opinnäytetyössä kuitenkaan käydä tarkasti läpi. Rakennuksen eritasoiset yläpohjat ovat osaltaan aiheuttaneet yläpohjien kosteusongelmat. Kohdissa, joissa vesikatto ja korkeamman osan ulkoseinä liittyvät, on havaittu ongelmia, ja tällaisia liitoksia on rakennuksessa paljon. Osa liitoksista eivät olleet ollenkaan tuulettuvia. Tällaisille liitoksille asennettiin korjaustöiden yhteydessä tuuletusputkena toimivat salaojaputket kevytsorakerrokseen. Putket yhdistettiin alipainetuulettimiin, joita asennettiin 6 m välein seinän viereen.

Osa vesikaton ja korkeamman osan ulkoseinän liitoksista oli osittain tuulettuvia. Liitoksessa oli tuuletusvälejä, mutta helmapellin asennuksen vuoksi kattorakenteen tuuletus oli kuitenkin estynyt. Korjaustöiden yhteydessä tuuletusreitit avattiin vaihtamalla pelti uuteen. Uusimman rakennusosan kyseessä olevat liitokset oli suunniteltu täysin tuulettuviksi. Rakenteen tuuletuessa hyvin, myös vesi pääsi rakenteisiin tuulen mukana tuuletusaukoista. Korjaustöiden yhteydessä liitokseen asennettiin uusi pelti, joka vähensi tuuletuksen mukana rakenteisiin kulkeutuvan veden määrää.

Myös muita ongelmakohtia havaittiin. Vesikatteessa oli halkeamia, katolle asennetuista alipainetuulettimista kaikki eivät ulottuneet kevytsorabetonilaatan läpi kevytsorakerrokseen, katon vähäiset kallistukset ja siitä johtuva lammikoituminen. Rakenteiden kastumista on edistänyt myös virheelliset rakenneratkaisut sekä yksityiskohtien puutteellinen suunnittelu. Rakenteiden tuuletukseen ei ole kiinnitetty tarpeeksi huomiota ja rakennusvaiheessa on voinut tulla työvirheitä.

Tutkimuksen perusteella tehty korjaus oli ensimmäinen kohteen korjaustyö, jossa vesikatto korjattiin järjestelmällisesti. Korjauksen jälkeen suoritettiin vielä 10 vuoden päästä kolmas tutkimus. Silloin suurimpana ongelmana oli vesikaton puutteellinen kallistus. Vesikatolla ilmeni runsaasti veden lammikoitumista, mutta muuten rakenteissa ei havaittu suurempia kosteusvaurioita. Vesikaton tuuletus korjausvaiheessa ja asennetut alipainetuulettimet toimivat siis hyvin.

5 NYKYISTEN SUUNNITTELUOHJEIDEN TÄYDENNYSTARPEET

5.1 Lisätutkimusten tarve

Aikaisemmin jo mainittiin, että tuulettuvan katon tuuletusvälien mitoittamiseen liittyvä ohjeistus perustuu kokemukseen (6, s. 101). Kattorakenteiden onnistunut tuulettaminen on kuitenkin tärkeä osa rakennuksen terveenä pysymistä, joten asiaa olisi tarpeellista tutkia enemmän ja toimivan tuuletuksen suunnittelun ohjeistukseen panostaa nykyistä enemmän. Rakennuksia on todella monenlaisia ja monen muotoisia, joten se vaikeuttaa yhden selkeän ohjeen tekemistä. Voisi kuitenkin olla hyödyksi, jos saataisiin havainnollistavia kuvia ilmavirtausten kulusta erilaisten esteiden läheisyydessä, kuten on lähteessä 16 on esitetty.

Suunnittelua voisivat helpottaa myös esimerkkitilanteet. Ohjeiden perustuessa kokemuseräiseen tietoon voisi vanhemmista ja monimutkaisimmista kohteista muodostaa esimerkkitilanteita, joiden perusteella suunnittelijat voisivat suunnitella tuulettamista uusiin kohteisiin. Esimerkkikohteista voisi myös koota taulukoita, jossa voidaan esittää rakennuksen rakennetyypit, pinta-alat ja kertoa, mikä tuuletuksen katkaisee. Eri ongelmatilanteisiin voitaisiin esittää parhaimmat ratkaisut, esimerkiksi alipainetuulettimien määrä, koko ja sijainti.

Myös monimutkaisempien ja erikoisempien rakenneratkaisuiden tuulettamisen tutkiminen auttaisi suunnittelua. Esimerkiksi aiemmin esitellyn kohteen 2 kaltaisen yläpohjan tuuletuksen tutkiminen auttaisi tulevaisuudessa. Todennäköisesti tulee vielä tilanteita, jossa joudutaan kaikki räystäät rakentamaan tuulettumattomina. Kohteen kattorakenteiden tuuletus ei tällä hetkellä perustu mihinkään ohjeistukseen, sillä kyseistä tilannetta ei ole kuvattu missään ohjeessa. Voiko olla, ettei ennen ole tullut vastaan samantapaista tilannetta, että asiaa olisi pitänyt tutkia enemmän?

Kevytsorakattojen tuuleuksesta on tehty verrattain paljonkin tutkimuksia (15). Voisiko kyseisiä tutkimuksia hyödyntää myös villalla eristetyn yläpohjan tuuletuksen suunnitteluun? Voisiko tehdä tutkimuksia, jotta saadaan samantyyppisiä havainnekuvia tuuleuksesta? Aiemmin sivulla 23 esite-

tyssä kuvassa 14 näkyy, miten tuuletus jää heikoksi seinämän vieressä. Sama pätee varmasti tuulettuvaan ullakkotilaan. Ilmavirtauksen arvot ovat todennäköisesti erisuuruisia, koska virtausvastus on kevytsorassa pienempi kuin esimerkiksi puhallusvillassa.

Älykäs tuuletusjärjestelmä voi olla tulevaisuudessa joka rakennuksen kattorakenteiden tuuletuksen ratkaisu. Ramboll Finland Oy:llä kokeneemmat rakennesuunnittelijat pitävät haasteellisena suunnitella yläpohjan tuulettamista koneellisen ratkaisun varaan (22). Vaikka opinnäytetyössä esitelty älykäs tuuletusjärjestelmä koskee huippuimureita eli koneellista ilmanvaihtoa, alipainetuulettimille voisi kenties kehittää samantapaisen järjestelmän, joka mittaa rakenteiden kosteutta ja alipainetuulettimissa tapahtuvaa ilmavirtausta. Jos virtauksessa ilmenee ongelmia, voitaisiin tuuletin käydä tutkimassa ja mahdolliset ongelmat korjata.

5.2 Epäselvyydet olemassa olevissa ohjeissa

Yläpohjan tuuletus tulee suunnitella kohdekohtaisesti, joka tapauksessa erikseen. Keskusteluista rakennesuunnittelijoiden kanssa tultiin siihen tulokseen, että suunnitteluun liittyviä ohjeita ei etsitä monesta paikasta eikä niitä verrata keskenään. Suunnittelu perustuu lähes aina yksinkertaisissa pulpettikatoissa Toimivat katot –dokumenteissa olevaan nyökkisääntöön eli 1 alipainetuuletin 100 katto-m² kohti. Vaikka kyseisen ohjeen mukaan 100 m²:n alalle riittäisi 110 mm:n alipainetuuletin, käytetään lähes poikkeuksetta 160 mm:n tuulettimia. Tämä valinta perustuu aikaisempaan kokemukseen (22).

Tarve suunnitella tuuletus joka kohteeseen erikseen voi johtaa tuuletuksen epäonnistumiseen, mikäli suunnittelijalla ei ole monen vuoden omakohtaista kokemusta suunnittelusta ja tietoa siitä mikä ratkaisu toimii missäkin tilanteessa. Olemassa olevien ohjeiden perusteella voi olla vaikea hahmottaa, mihin kaikkialle tuulettimia pitää asentaa. Tästä johtuen alipainetuulettimia asennetaan tarpeettomiin paikkoihin tai mahdollisesti tuulettimia jää asentamatta sellaisiin paikkoihin, joihin niitä olisi ehdottomasti tarvittu.

Alipainetuulettimien käyttö on mahdollista myös tuloilma-aukkoina, mutta tähän liittyvää ohjeistusta ei löydetty. Alipainetuulettimien käytöstä korvausilman saannissa voitaisiin kertoa yleisesti enem-

män. Toimivatko samat ohjeet tuulettimien määrästä ja asennusvälistä tuloilma-aukkojen suunnitteluun? Jos mainitaan, että tällainen käyttö on mahdollista, suunnittelua olisi hyvä jotenkin ohjeistaa, sillä se varmasti lisäisi suunnittelijan luottamusta ratkaisujen toimivuuteen.

Jos alipainetuulettimia käytetään ainoana poistoilma-aukkona, otetaanko alipainetuulettimet huomioon vain putken kokoisena aukkona vai onko tuulettimella jonkinlainen imuvaikutus, jonka voisi ottaa suunnittelussa huomioon? Esimerkiksi aumakattoiset rakennukset, joissa ilman poistumista yläpohjasta ei voida päätykolmioiden kautta järjestää, voidaan se hoitaa alipainetuulettimien avulla.

Esimerkiksi, jos aumakatosta halutaan tehdä hyvin tuulettuva ja katon kaltevuus on jyrkempi kuin 1:10, pitää poistoilma-aukkoja olla 2 ‰/m². Se tarkoittaisi 200 m²:n katolla 0,4 m² poistoilma-aukkoja, mikä on 20 kpl 160 mm:n alipainetuulettimia. Alipainetuulettimien imuvaikutusta voitaisiin tutkia ja lisätä ohjeisiin, miten se vaikuttaa tuulettimien määrään tai asennusväliin. Samalla voisi tutkia tuulettimien kykyä siirtää ilmaa rakenteisiin ja kertoa sen vaikutus tuulettimien määrään tuloilma-aukkoina.

Yläpohjaan tulee kosteutta monesta eri suunnasta ja syystä. Alipainetuulettimien käyttöön liittyvissä ohjeissa ei oteta näihinkään paljoa kantaa, vaikka se on tuuletuksen suunnittelua vaikeuttava tekijä. Ohjeissa voitaisiin mainita, miten kosteuden kertymisen tapa vaikuttaa tuuletuksen suunnitteluun. Miten vaikuttaa tuulettimien määrään, jos suurin osa kosteudesta kertyy diffuusion vaikutuksesta? Onko tuulettimien määrä eri, jos kosteusrasitus tulee vain rakennusaikaisesta kosteudesta? Vaikuttaako rakennuksen korkeus tuuletukseen ja tuulettimien määrään?

Toimivat katot 2022 -dokumenteissa mainitaan erikoisrakenteet ja rakennukset, esimerkiksi ne, joissa sisäilman kosteus on suuri. Ohjeena on, että näissä kohteissa rakenteet on suunniteltava tapauskohtaisesti, mutta ei tarkempia ohjeita siitä, miten tuuletus suunnitellaan, jos nyrkkisäännöt eivät enää toimi sellaisissa kohteissa. Lisäksi voitaisiin kertoa, miten sisätiloissa oleva suuri kosteusmäärä vaikuttaa tuuletuksen ja alipainetuulettimien käytön suunnitteluun.

Ohjeet hyvin tuulettuvan katon tuuletuksen suunnitteluun perustuvat kokemukseen, joten voi olla, että kokemuksen karttuessa myös alipainetuulettimen suunnitteluun liittyvän ohjeet muokkautuvat paremmiksi. Suunnittelua helpottaisi varmasti myös se, jos olisi yksi taho, joka laatisi ohjeet suunnitteluun ja ne olisivat helposti löydettävissä yhdestä paikasta. Vaikka tutkimusten laatiminen ja

suorittaminen tapahtuisin monen asiantuntijatahon toimesta, voitaisiin suunnitteluohjeet yhteistyössä tutkijoiden kanssa laatia yhteen dokumenttiin.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää alipainetuulettimien käyttöön ja suunnitteluun liittyvän ohjeistuksen täydennystarpeet ja suunnittelun ongelmakohdat. Tavoitteena on taata tulevaisuudessakin vesikattojen suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon hyvä laatu.

Olemassa olevat ohjeet ovat melko ylimalkaisia, eikä niissä oteta kantaa tuuletukseen ja alipainetuulettimien sijoitteluun vaikuttaviin tekijöihin, kuten rakennuksen korkeus, alapuolisten tilojen käyttötarkoitus ja siitä aiheutuvat, mahdollisesti runsaatkin kosteusrasitukset. Ohjeistukset eroavat keskenään jonkin verran. Varsinkin tuulettimien etäisyys toisistaan vaihteli ohjeissa paljonkin, eikä niissä kerrottu etäisyyksiin vaikuttavia tekijöitä. Olisi tarpeen, että alipainetuulettimien asennusvälin vaihtelut perusteltaisiin ohjeisiin.

Poisto- ja tuloilma-aukot saa laskettua aiemmin esitettyssä taulukossa olevien ohjearvojen avulla (taulukko 1 sivulla 15), mutta tuulettimien imuvaikutusta on vaikeampi ottaa laskuissa huomioon, koska sitä ei ole missään ilmoitettu. Siksi tulo- ja poistoilma-aukkojen määrän määrittävissä laskuissa käytetäänkin tuulettimen putken poikkipinta-alaa ja se voi johtaa todella suureen määrään alipainetuulettimia (22).

Ohjeista ei juuri ole apua monimutkaisempien rakennusten tuuletuksen suunnitteluun tai varsinkin alipainetuulettimien käytön suunnitteluun. Yläpohjarakenteiden toimivuuden kannalta tuuletus on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, joten sen tutkimiseen pitäisi käyttää tarpeeksi resursseja, jotta saadaan toimivia ohjeita rakennesuunnittelijoiden käyttöön.

Vanhempia, jo valmistuneita kohteita tutkittaessa huomattiin, että alipainetuulettimien käytöllä saadaan hyviä tuloksia myös korjauskohteissa. Kokemukset ovat osoittaneet, että alipainetuulettimien käyttö on perusteltua niin uudis- kuin korjauskohteissakin. On siis erikoista, että aihetta on tutkittu vähän ja mahdollisia tutkimuksia ei luovuteta ulkopuolisille henkilöille, vaikka ne varmasti auttaisivat toimivien kettorakenteiden suunnittelussa.

LÄHTEET

1. Kattoliitto ry 2019. Toimivat katot 2019. Hakupäivä 1.5.2022. https://www.kattoliitto.fi/wp-content/uploads/pdf/Toimivat_katot_2019_netti.pdf.
2. RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
3. RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
4. Huutonen, Matti 2014. Mitä tarkoittaa kastepiste? Yle. Hakupäivä 25.4.2022. https://yle.fi/saa/mita_tarκοittaa_kastepiste/7015130.
5. Kattoliitto ry 2022. Toimivat katot 2022. Hakupäivä 1.5.2022. https://www.kattoliitto.fi/wp-content/uploads/2022/03/Toimivat_katot_2022.pdf.
6. RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.
7. RT 85-10738 2000. Vesikaton korjaus. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 25.4.2022. Vaatii käyttäjätunnuksen.
8. Timberfinder Oy. Katto ja yläpohja. Hakupäivä 26.4.2022. <https://timberfinder.com/katto-ja-yla-pohja/>.
9. Rakennustaito 2016. Yläpohjan tiiviys. Hakupäivä 20.4.2022. <https://rakennustaito.fi/ylapohjan-tiiviys/>.
10. Vinha, Juha, Laukkarinen, Anssi, Mäkitalo Mikael, Nurmi, Sakari, Huttunen, Petteri, Pakkanen, Tomi, Kero, Paavo, Manelius, Elina, Lahdensivu, Jukka, Köliö, Arto, Lähdesmäki, Kimmo, Piironen, Jarkko, Kuhno, Vesa, Pirinen, Matti, Aaltonen, Anu, Suonketo, Jommi, Jokisalo, Juha,

- Teriö, Olli, Koskenvesa, Anssi & Palolahti, Tuomas. 2013. Ilmastomuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 159. Hakupäivä 10.2.2022. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-2949-8>.
11. RT 103274 2020. Yläpohjat, perustietoja. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 12.4.2022. Vaatii käyttäjätunnuksen.
12. Kattoremontti Pro. Yläpohjan tuuletus kuntoon. Hakupäivä 12.4.2022. <https://kattoremontti.pro/ylapohjan-tuuletus-kuntoon/>.
13. Paroc Group Oy. Loivan katon suunnitteluohjeet. Hakupäivä 29.4.2022. <https://www.paroc.fi/dokumentit-ja-tyokalut/suunnittelu/loivan-katon-suunnitteluohjeet>.
14. VILPE-ratkaisut loiville katoille. Hakupäivä 3.5.2022. [https://www.vilpe.com/app/uploads/2022/05/Tasakatto_Loivat_katot_-esite_\(ID_36403\).pdf](https://www.vilpe.com/app/uploads/2022/05/Tasakatto_Loivat_katot_-esite_(ID_36403).pdf).
15. Leca. 2016 Kevytsorakatot. Hakupäivä 21.4.2022. <https://www.fi.weber/files/fi/2019-04/5-10%20Leca-kevytsorakatot-Suunnitteluohjeet.pdf>.
16. SK Tuote Oy 2007. Harjapeltituuletin. Hakupäivä 27.4.2022. https://www.vilpe.com/app/uploads/2022/03/vilpe%20hp-tuuletin_fin_web.pdf
17. Vilpe. Hrajiittituuletin. Hakupäivä 10.5.2022. <https://www.vilpe.com/fi/product/harjatiilituuletin/>
18. VILPE Oy, Vilpe Sense. Hakupäivä 24.1.2022. <https://www.vilpe.com/fi/sense/>.
19. Lahti, Veli-Pekka 2022. VILPE Oy. Webinaari: Kosteus hallintaan – tulevaisuuden kattorakentaminen Suomessa 26.1.2022.
20. Plastec Finland Oy. Alipainetuuletin harjalle. Hakupäivä 28.4.2022. <https://www.plastec-finland.fi/fi/tuote/alipainetuuletin-harjalle-silea-harjalista/>.

21. Ramboll Finland Oy. 2022. Sisäinen lähde.

22. Rakennesuunnittelija. Ramboll Finland Oy. Keskustelu 27.4.2022

