

Emma Wuokko

**PÄIVÄNVALO-OLOSUHTEIDEN JA VARJOSTAMISEN HUOMIOIMINEN PUU-
KERROSTALOKORTTELIN SUUNNITTELUSSA**

PÄIVÄNVALO-OLOSUHTEIDEN JA VARJOSTAMISEN HUOMIOIMINEN PUU- KERROSTALOKORTTELIN SUUNNITTELUSSA

Emma Wuokko
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusarkkitehti

Tekijä: Emma Wuokko

Opinnäytetyön nimi: Päivänvalo-olosuhteiden ja varjostamisen huomioiminen puukerrostalokorttelin suunnittelussa

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Examination of Daylight Conditions and Shading in the Design of a Wooden Apartment Building Block

Työn ohjaaja: Anu Montin

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 79 + 1 liite

Ilmastonmuutos lisää sään ääri-ilmiöitä, minkä vuoksi esimerkiksi sademäärät ja hellejaksot tulevat lisääntymään. Globaali kaupunkirakenteen tiivistyminen puolestaan heikentää asuntojen päivänvalo-olosuhteita, samaan aikaan kun kustannustehokkuuden nimissä rakennusten runkosyvyys kasvaa entisestään. Päivänvalon lähde maapallolla on auringonsäteily, joka sisältää sekä näkyvää valoa että infrapunasäteilyä. Täten rakennusta suunniteltaessa on pyrittävä ottamaan huomioon molemmat auringonsäteilyyn kuuluvat säteilylajit.

Päivänvalolla on tutkitusti huomattava vaikutus ihmisen terveyteen ja elämänrytmiin, samalla kun asuntojen lämpötilan hallinnalla on todettu olevan jopa kansanterveydellistä merkitystä. Päivänvalon merkitys ei rajaudu kuitenkaan vain ihmisen terveyteen, vaan sillä on merkitystä myös energiatalouden kannalta. Liiallinen auringonsäteily lisää tilojen jäähdytystarvetta kesällä, mutta toisaalta lämmityskaudella auringon lämpösäteily on ilmaista lämmitysenergiaa. Samoin myös luonnonvalaistukseltaan heikoissa sisätiloissa käytetään enemmän keinovalaistusta, jolla on vaikutusta rakennuksen sähkönkulutukseen. Näistä seikoista johtuen on oleellista tutkia rakennusten varjostamista, mutta toisaalta myös päivänvalo-olosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia rakennusten varjostamista. Jotta rakennuksen varjostaminen voitaisiin toteuttaa parhaalla mahdollisella tavalla, tutustuttiin valoon ja varjoon aluksi käsitteinä, minkä jälkeen tutkittiin niihin vaikuttavia tekijöitä sekä niiden vaikutusta ihmiseen. Tämän jälkeen tutkittiin valon ja varjon käsittelyä arkkitehtuurissa ja tutustuttiin päivänvalosta ja varjostamisesta saatavilla oleviin tutkimustuloksiin. Lisäksi käytiin läpi aiheesta löytyvää kirjallisuutta ja ohjeistuksia.

Opinnäytetyön teoriaosassa ilmenneisiin tietoihin perustuen suunniteltiin puukerrostalojen kortteli Ranta-Toppilaan, Ouluun. Korttelin avulla tutkittiin ympäröivän rakennuskannan varjostavaa vaikutusta ja yhden korttelin puukerrostalon avulla tutkittiin asuinkerrostalon varjostamista tarkemmin. Suunnitelman tuloksena todettiin, että rakennusten varjostusta tulisi aina suunnitella kokonaisvaltaisesti huomioiden erityisesti rakennusta ympäröivä rakennuskanta sekä tontin sijainti. Samalla myös huomattiin, että nykyajan tiheä rakentaminen luo erittäin paljon haasteita rakennusten passiivisen aurinkoenergian käytölle sekä luonnonvalon saannille.

Asiasanat: arkkitehtuuri, varjostaminen, päivänvalo, aurinkoarkkitehtuuri, passiivinen aurinkoenergia, kerrostalo

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Construction Architecture

Author: Emma Wuokko

Title of thesis: Examination of Daylight Conditions and Shading in the Design of a Wooden Apartment Building Block

Supervisor: Anu Montin

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 79 + 1 appendix

Climate change is going to affect the weather conditions around the world. For Finland, it means an increase in rainfalls and even more heat waves during the summer. At the same time, the urban structure has continued to condense globally which means that buildings are situated even closer to each other. This has led to a decrease in daylight conditions inside the buildings.

Solar radiation contains visible light and infrared radiation which is often called thermal radiation. Therefore, when designing a building both types of radiation has to be taken into account. People tend to like light flooded apartments, but huge window surfaces can also cause massive heat loads inside the apartments during the summer. That is why it is important to pay attention to shading and daylight conditions in architecture.

The purpose of the thesis was to study how shading can be conducted in buildings. In order to implement the shading of the building in the best possible way, relevant information was studied by using literature and research papers available on the subject. First, the concepts of light and shadow were clarified followed by their influence on people. Furthermore, the effect of daylight and solar radiation in architecture was examined to further explain how shading in buildings should be carried out.

As part of the thesis, a residential apartment building area was designed based on the theory and literature search. The wooden apartment buildings were situated in Ranta-Toppila, Oulu. Initially, the objective was to study shading regarding only one apartment building, but during the design process attention was paid to all residential buildings in the block. The buildings cast shadows on each other, so in the shading analysis, it was considered necessary to take all the buildings in the block into account. Building design and shading options on facades were studied more closely using one of the buildings on the block.

As a result of the thesis, it was stated that shading in buildings should always be planned holistically. Especially the surrounding building stock and the location of the plot should be considered very closely. At the same time, it was also noted that the dense construction of today creates a lot of challenges for buildings that aim to use solar energy passively and as well for daylight access into the apartments.

Keywords: architecture, shading, daylight, solar architecture, residential apartment building

ALKULAUSE

Auringonvalo on yksi elinehdoistamme maapallolla. Emme kuitenkaan saa unohtaa varjon ja pimeän merkitystä, sillä ilman niitä käsityksemme ympäröivästä tilasta ja vaikkapa ajankulusta olisi täysin erilainen. Nykyarkkitehtuurissa sisätilojen valoisuus on arvostettua, mutta välillä sen tavoittelu on tuonut mukanaan myös ikäviä vaikutuksia asuinviihtyvyyteen. Toisaalta asuntojen valoisuus kärsii merkittävästi yhä tiivistyvän kaupunkirakenteen myötä, jolloin huomio kääntyy rakennusten varjostamisesta päivänvalon määrään sisätiloissa.

Päivänvaloa ja rakennuksen varjostamista tulisi aina käsitellä samanaikaisesti, sillä niiden erottaminen erillisiksi aiheiksi johtaa helposti epätasapainoon. Päivänvalon korostuessa riski häikäisylle ja yllämpenemiselle nousee, ja toisaalta jos keskittyy vain varjostamiseen, sisätilojen valoisuus kärsii. Tasapainon löytäminen on haasteellista, mutta kuitenkin mahdollista.

Tässä opinnäytetyössä avataan päivänvaloa ja rakennusten varjostusta aiheena vain pintaraapaisun verran - aihe on hyvin laaja ja tarkasteltavia näkökulmia on useita. Toivon, että tämä opinnäytetyö innostaa muitakin tutkimaan sekä valon että varjon merkitystä, mutta myös niiden kauaskantoisia vaikutuksia omaan elinympäristöömme. Haluan kiittää läheisiä ja opiskelukavereita korvaamattomasta tuesta sekä opiskeluni että opinnäytetyöprosessini aikana. Suuri kiitos kuuluu myös opinnäytetyöohjaajalleni Anu Montinille, joka kannusti ja ohjasi pitämään laajan aiheen aisoissa. Lisäksi kiitos Soili Fabritiukselle tekstinohjauksesta.

Oulussa 29.5.2022

Emma Wuokko

SISÄLLYS

KÄSITTEITÄ	8
1 JOHDANTO	10
2 VALO JA VARJO	12
2.1 Valon jakautuminen maanpinnalla	13
2.2 Maantieteellisen sijainnin vaikutus päivänvaloon	14
2.3 Valon vaikutus ihmisen terveyteen	14
3 VALON JA VARJON KÄSITTELY ARKKITEHTUURISSA	16
3.1 Ihmisen kokemus tilasta	17
3.2 Aurinkoarkkitehtuuri	19
3.2.1 Rakennuksen muodon vaikutus rakennukseen tulevaan lämpösäteilyyn sekä päivänvalo-olosuhteisiin	20
3.2.2 Rakennuksen suuntaus ilmansuuntien suhteen	24
3.3 Kaupunkirakenteen varjostava vaikutus	26
4 IKKUNAT PÄIVÄNVALON JA AURINGON LÄMPÖSÄTEILYN VÄLITTÄJINÄ	29
4.1.1 Ikkunan muodon ja sijoituskorkeuden vaikutukset näkymään ja valaistukseen	29
4.1.2 Ikkunapinta-alan vaikutus tilan valaistukseen	33
4.1.3 Lasirakenteiden ominaisuuksien vaikutus sisätiloihin pääsevään päivänvaloon ja auringonlämpösäteilyyn	35
5 RAKENNUKSEN VARJOSTAMINEN	36
5.1 Varjostaminen kiinteillä rakennosilla	36
5.1.1 Varjostavan vaikutuksen ja käytettävyyden huomioon ottaminen parvekkeiden suunnittelussa	39
5.1.2 Kaksoisjulkisivu varjostavana rakenteena	41
5.2 Varjostaminen säädettävillä julkisivujärjestelmillä	45
6 RANTA-TOPPILAN PUUKERROSTALOT	48
6.1 Puukerrostalojen sijainti ja alueen asemakaava	50
6.2 Asuinkerrostalojen muoto ja sijoitus tontilla	51
6.3 Ympäristön varjostustutkielmat eri vuodenaikoina	53
6.4 Asuinkerrostalojen tilasuunnittelu	57
6.5 Julkisivujen suunnittelu	63

6.5.1	Ikkunapinta-alan suuntaaminen eri ilmansuuntien suhteen.....	64
6.5.2	Ikkunoiden muoto	66
6.5.3	Eteläjulkisivun varjostaminen parvekkeilla ja lipoilla	67
7	POHDINTA.....	70
	LÄHTEET	72
	LIITE 1	

KÄSITTEITÄ

Infrapunasaäteily	Infrapunasaäteily, eli lämpösaäteily on kappaleen lähettämää sähkömagneettista säteilyä, joka muuttuu lämpötilan mukaan. Lämpösaateilyä syntyy, kun aineen sähköisesti varatut rakenneosat, esimerkiksi atomit ja molekyylit värähtelevät. Värähtelyn nopeus kasvaa lineaarisesti lämpötilan kasvaessa. Ihminen kokee infrapunasaateilyn lämpönä iholla sekä ihonalaisissa kudoksissa.
Luonnonvalo	RT-kortti 07-10912 Päivänvalon hallinta sisätiloissa suosittelee käyttämään termiä ”päivänvalo” sanan luonnonvalo sijasta. Diplomityössään Valoisa asunto - luonnonvalon hyödyntäminen suomalaisissa kerrostaloasunnoissa Hanna Vikberg arvelee tämän johtuvan sanan englannin kielisestä käännöksestä ”daylight”, minkä suora käännös suomeksi on päivänvalo. Päivänvalo muodostuu suorasta auringonvalosta sekä taivaan hajavalosta.
Päivänvalosuhte (DF, engl. daylight factor) [%]	Päivänvalosuhteella tarkoitetaan valaistusvoimakkuutta sisätilassa tietyllä tasolla verrattuna vastaavaan valaistusvoimakkuuteen ulkona. Päivänvalosuhteessa ei oteta suoraa auringonvaloa huomioon, vaan suhde perustuu taivaan hajavaloon. Tyypillinen päivänvalosuhteen tavoite on 1–5 %.
Suora auringonvalo	Suora auringonvalo on lähes yhdensuuntaista, voimakasta valoa ja aiheuttaa häikäisyriskin.

Sähkömagneettinen aaltoliike

Kun sähkö- ja magneettikenttä värähtelevät kohtisuorasti aallon etenemissuuntaan nähden, muodostuu sähkömagneettista aaltoliikettä. Sähkömagneettisen säteilyn synty tapa ja aallonpituus erottavat säteilyn erilajit toisistaan. Esimerkiksi ultraviolettisäteily, näkyvä valo ja röntgensäteily ovat kaikki sähkömagneettista säteilyä, mutta ne kuuluvat eri aallonpituusalueille.

Taivaan hajavallo

Taivaalta siroava hajavallo säteilee koko puoliavaruuden alueelta. Tämän johdosta taivaan hajavallo ei ole yhtä voimakasta kuin suora aurinkovallo.

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos tuo rakennetun ympäristön suunnitteluun monia haasteita, kuten sademäärien kasvun ja toisaalta rakennusten liiallisen lämpenemisen kesän hellejaksojen aikana (1, s. 17–19). Tämän takia on oleellista kiinnittää huomiota rakennusten suojaamiseen sekä viistosateelta että liialliselta auringonsäteilyltä. Toisaalta ilmasto- ja ympäristötavoitteet yhdistettyinä jo pitkään jatkuneeseen kaupungistumisen globaaliin ilmiöön johtavat yhä tiiviimpään kaupunkirakenteeseen ympäri maailman (2), jolloin rakennukset varjostavat voimakkaasti toisiaan ja päivänvalon määrä asunnoissa vähennee.

Kaupunkirakenne tiivistyy myös Suomessa sekä pääkaupunkiseudulla että muissa kasvukeskuksissa. Tiiviin rakentamisen seurauksena useissa kaupunkiasunnossa päivänvalo saattaa jäädä erittäin vähäiseksi ympäröivien rakennusten varjostuksen takia. Samalla myös kustannustehokkuuden tavoittelu on johtanut yhä syvempiin rakennusrunkoihin, joissa asuntojen valoisuus ja asuttavuus kärsii. Hämärillä asuinolosuhteilla on vaikutusta paitsi asuinviihtyvyyteen, mutta myös ihmisen terveyteen. (3, s. 76; 4; 5.)

Toisaalta myös liiallinen valoisuuden tavoittelu asuinrakentamisessa voi aiheuttaa epämiellyttävää häikäisyä sekä riskin tilojen ylikuumentumiselle ja jäähdystarpeen kasvamiselle. Auringonsäteily sisältää sekä näkyvää valoa että lämpösäteilyä (6, s. 264), minkä takia suunnitteluratkaisuissa täytyy pyrkiä löytämään tasapaino näiden välillä. Myös ihmisen terveyden ja hyvinvoinnin kannalta tasapaino valon ja varjon välillä on tärkeää.

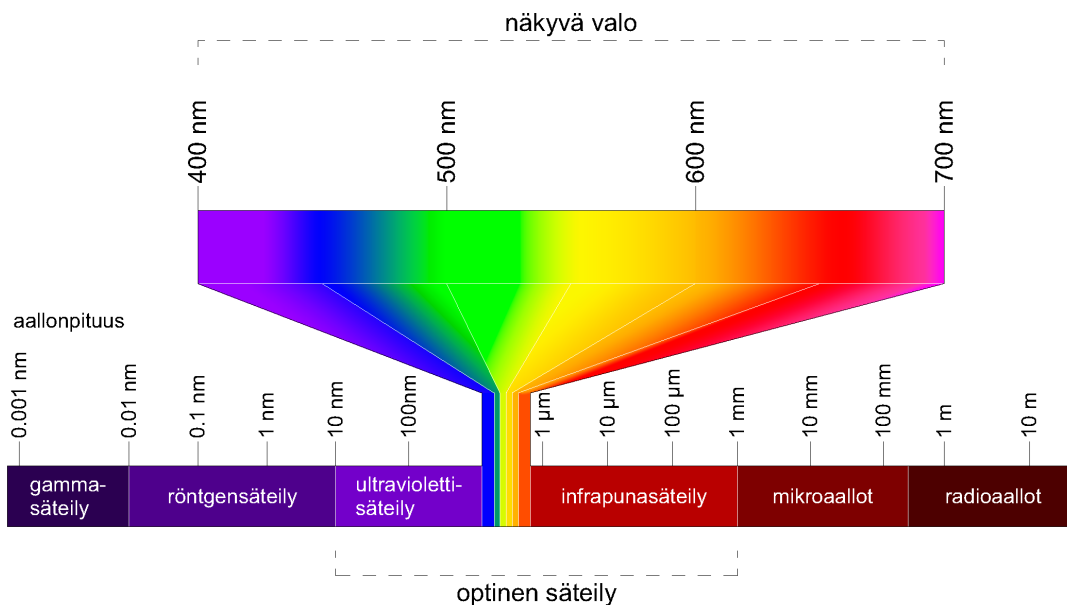
Auringonsäteilyn vaikutukset ovat kuitenkin erilaisia riippuen maantieteellisestä sijainnista. Koska Suomi sijaitsee pohjoisella pallonpuoliskolla, on päivänvalo täällä ilmiönä hyvin erilainen kuin muualla maailmassa. Kuten muissakin Pohjoismaissa, talvikuukaudet ovat Suomessa pimeitä, mutta kesä on hyvin valoisa. Tällöin rakennusten varjostamisella pyritään suojautumaan liialliselta häikäisyltä sekä tilojen yllilämpenemiseltä. Toisaalta varjostaminen ei saa olla liian hallitsevaa, sillä etenkin talvikuukausina auringonvalosta voidaan hyötyä rakennuksen lämmityksen kannalta. (7, s. 14)

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on tutkia rakennuksen varjostamista. Ennen varjostamisen tutkimista on tutustuttava valoon ja varjoon ilmiöinä, jotta niiden merkitys arkkitehtuurissa voitaisiin ymmärtää. Tämän jälkeen käydään läpi erilaisia keinoja, joilla rakennuksen varjostus voidaan toteuttaa. Edellä mainittujen aiheiden pohjalta tavoitteena on suunnitella puukerrostalo Ouluun, Ranta-Toppilan uudelle asuntoalueelle. Puukerrostalon avulla tutkitaan, millä keinoin varjostus ja toisaalta myös asuntojen päivänvalo-olosuhteet tulisi ottaa huomioon asuinkerrostalon suunnittelussa.

Valo ja varjo arkkitehtuurissa on aiheena hyvin laaja, minkä vuoksi valo rajataan käsitteenä päivänvaloon ja keinovalo jätetään käsittelemättä. Auringonsäteilyn sisältämistä säteilylajeista käsitellään vain näkyvää valoa sekä infrapunasäteilyä ja jätetään UV-säteily käsittelemättä. Varjostamisen osalta keskitytään rakennuksen ulkopuoliseen varjostamiseen sekä ympäröivän rakennuskannan varjostavaan vaikutukseen. Rakennuksen varjostamisen menetelmistä pääosassa ovat kiinteät julkisivujärjestelmät ja säädettäviä julkisivujärjestelmiä käsitellään vain pintapuolisesti. Myös ikkunoiden ja muiden lasirakenteiden ominaisuuksien vaikutusta auringon lämpösäteilyn läpäisevyyteen käsitellään vain yleisellä tasolla.

2 VALO JA VARJO

Maapallolla ylivoimaisesti tärkein valon lähde on auringonsäteily. Auringonsäteily on optista säteilyä, joka koostuu UV-säteilystä, näkyvästä valosta sekä infrapunasäteilystä. Optinen säteily on osa sähkömagneettisen säteilyn spektriä, joka ilmenee kuvasta 1. Näkyvä valo on sähkömagneettista aaltoliikettä, jonka aallonpituusalue on noin 400–700 nm. Ihmisen silmä aistii nämä aallonpituudet ja valo kulkee näköhermoja pitkin aivojen Talamus-alueelle, jonka hermosoluja valo ärsyttää. Koska auringonsäteily sisältää myös infrapunasäteilyä, jota usein sanotaan lämpösäteilyksi, on auringon säteily samalla myös maapallon tärkein lämmön lähde. (8; 6, s. 264; 9; 10.)

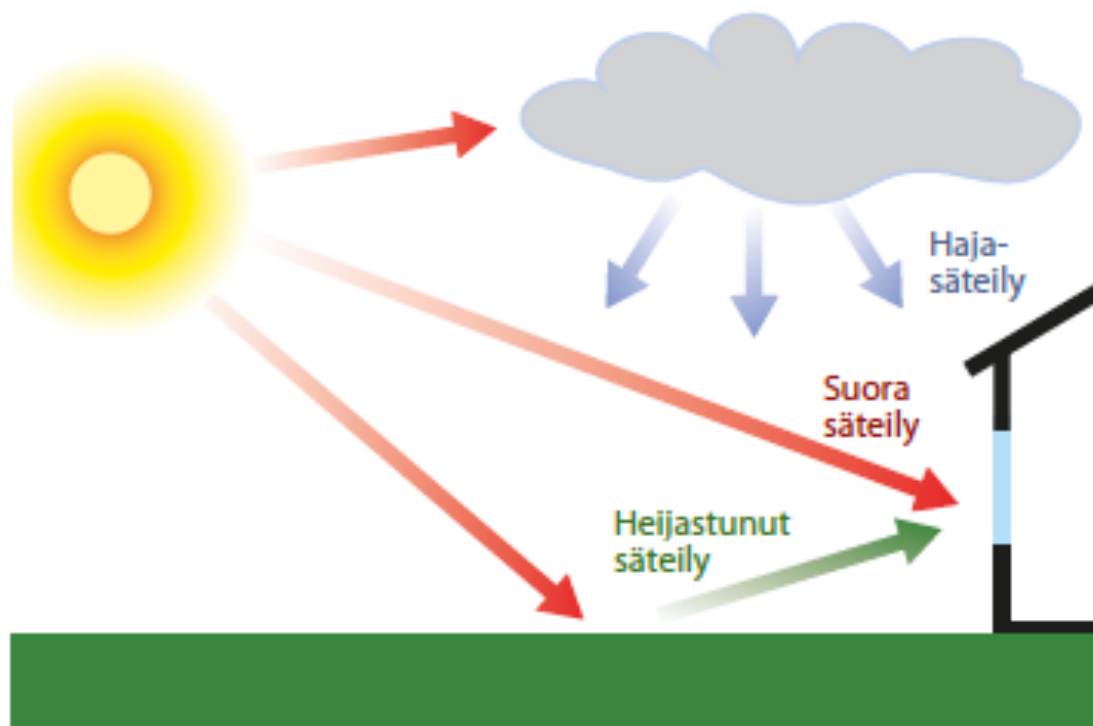


KUVA 1. Optinen säteily on osa sähkömagneettisen säteilyn spektriä (ks. 9; 11).

Varjo on valon puutetta ja se syntyy, kun suoraviivaisesti etenevä valo ei pääse edessä olevan esteen läpi. Varjon luonteeseen vaikuttavat sen terävyys ja diffuusio, esteen ääriviivat ja muoto sekä varjon ja viereisen valaistun pinnan välinen kontrasti. Myös valolähteen koko voi terävöittää tai hämärtää varjoa, esimerkiksi pieni kohdevalo muodostaa selkeämmän varjon kuin laaja-alainen valo. Toisaalta myös valolähteen etäisyys esteestä vaikuttaa syntyvään varjoon, sillä kauempana sijaitseva valolähde luo pitkiä varjoja ja lähellä sijaitseva taas lyhyitä varjoja. (12; 13, s. 201.)

2.1 Valon jakautuminen maanpinnalla

Auringosta maapallolle tuleva optinen säteily koostuu sekä suorasta että epäsuorasta säteilystä. Suoraksi säteilyksi katsotaan suora auringonvalo ja epäsuoraksi säteilyksi esimerkiksi maasta tai muista ympäröivistä rakennuksista heijastunut säteily. Taivaan hajavaloa sanotaan myös hajasäteilyksi ja se voidaan tulkita suoraksi valoksi, kun taivas katsotaan itsenäiseksi valonlähteeksi. (14, s. 1–3; 15, s. 1–2.) Maanpinnalle tulevaa suoraa sekä epäsuoraa säteilyä on kuvattu kuvassa 2.



KUVA 2. Auringon optinen säteily koostuu suorasta ja epäsuorasta säteilystä (14, s. 3).

Koska optinen säteily sisältää sekä näkyvää valoa että infrapunasäteilyä, on suunnittelussa samaan aikaan huomioitava riittävä päivänvalon saanti sisätiloihin sekä hallittava infrapunasäteilyn aiheuttama lämpökuorma. Auringon lämpökuormat aiheuttavat usein rakennuksissa jäähdytystarvetta. Toisaalta taas lämpökuormista voidaan hyötyä lämmityskauden aikana, sillä auringosta saatava säteily on myös ilmaista lämpöenergiaa. (9; 16, s. 9; 17.)

2.2 Maantieteellisen sijainnin vaikutus päivänvaloon

Päivänvalon ominaisuudet vaihtelevat suuresti riippuen maantieteellisestä sijainnista. Tämä onkin tärkeää huomioida suunnittelussa, sillä samat ratkaistut eivät toimi kaikkialla maailmassa. Esimerkiksi Suomessa ei kannata hyödyntää monissa eteläisissä maissa käytettyjä vahvoja varjostuksia ja kontrastieroja, sillä etelässä sijaitsevilla mailla suurin osa valosta on suoraa ja voimakasta auringonvaloa. Suomessa pilvisiä päiviä on kaikkina kuukausina yleensä enemmän kuin selkeitä tai puolipilvisiä päiviä. Täten Suomessa ensisijainen päivänvalon lähde on taivaan haja valo, jonka johdosta pohjoisen valo on pehmeää ja hajaantunutta. (7, s. 14.)

Suomen sijainti pohjoisella pallonpuoliskolla aiheuttaa ainutlaatuisen valon lisäksi neljä vuodenaikaa, jolloin auringonsäteilyn määrä, säätilat sekä yön ja päivän pituudet vaihtelevat. Päivänvalotuntien määrä vuodessa on maapallolla kuitenkin sama riippumatta maantieteellisestä sijainnista. Tunnit jakautuvat eri tavoilla vuodenaajoille sijainnista riippuen. Suomi on pitkä maa etelä-pohjoissuunnassa, jonka takia vuodenaikojen pituudet vaihtelevat myös Suomen sisällä. Etelä-Suomessa kevät ja kesä alkavat noin kuukautta aiemmin kuin Pohjois-Suomessa, jossa taas syksy ja talvi alkavat kuukautta aiemmin kuin Etelä-Suomessa. (18; 7, s. 14; 19.)

Talvella erityisesti lumesta voidaan hyötyä tilojen valaistuksessa, sillä lumi heijastaa arviolta 50 % enemmän valoa verrattuna lumettomaan maahan. Pilvisellä säällä valon määrä nelinkertaistuu ja pilvettömällä säällä kaksinkertaistuu lumen ansiosta. Ero pilvisen ja pilvettömän sään välillä johtuu pilvipeitteestä, joka heijastaa osan lumesta heijastuneesta valosta takaisin maanpinnalle. Tämä johtaa ilmiön toistumiseen ja valon määrän moninkertaistumiseen. (20; 21.)

2.3 Valon vaikutus ihmisen terveyteen

Valolla ja varjolla on vaikutusta myös ihmisen terveyteen ja asumisviihtyvyyteen. Päivänvalo on luonteeltaan vaihtelevaa ja elävää, jolloin se tarjoaa ihmiselle tietoa esimerkiksi säästä ja vuorokaudenajoista. Vaihteleva luonne johtuu valon laajasta ja vaihtelevasta spektristä sekä säteilyn suunnanmuutoksista, jotka vaikuttavat päivänvalon intensiteettiin. Päivänvalolla on huomattavia terveysvaikutuksia, sen on muun muassa myös todettu vähentävän väsymyksen tunnetta sekä parantavan ihmisen henkistä tuottavuutta. Liiallinen lämpösäteily puolestaan vaikuttaa negatiivi-

sesti sisätilojen lämpövihtyvyyteen, jolloin ylikuumentuminen tekee tiloista epämukavia ja heikentää esimerkiksi työskentelyä tai nukahtamista. Asuntojen lämpötilan hallinnalla on todettu olevan jopa kansanterveydellistä merkitystä. (22, s. 31, 33; 14, s. 2.)

Päivänvalo vaikuttaa ihmisen sisäiseen kelloon ja sitä kautta ihmisen vuorokausirytmiiin. Valo tahdistaa ihmisen biorytmejä, joilla on vaikutusta esimerkiksi ihmisen hormonitoimintaan, aineenvaihduntaan, mielialaan, uneen sekä kasvuun. Osa sisäisen kellon eli autonomisen hermoston sympaattisesta osasta käyttää hermovälittäjäaine serotoniinia kemiallisen viestinsiirron välittäjäaineena. Altistuminen valolle lisää serotoniinin tuotantoa aivojen käpylisäkkeessä, mikä vaikuttaa ihmisen mielialaan. Serotoniinin tuotannon nousu lisää myös ihmisen sosiaalista aktiivisuutta. (10; 23; 24.)

Valo vaikuttaa myös yleishormoni kortisolin sekä hermovälittäjäaine dopamiinin tuotannon kasvuun. Kortisoli pitää ihmisen hereillä ja dopamiini on kemiallisen viestinsiirron välittäjäaine, joka tietyillä aivoalueilla ja hermoratayhteyksillä tuottaa kokemusta mielihyväästä. Pimeään aikaan aivojen käpylisäkkeessä erittyy myös melatoniini hormonia, joka säätelee ihmisen uni-valverytmiä. Valon vaikutuksesta melatoniinin tuotanto vähenee, jolloin ihminen kokee vähemmän väsymyksen tunnetta. (10; 23; 24.)

Suomessa valoton talvi koettelee ihmismielen vireyttä ja aiheuttaa muun muassa väsymystä sekä lisää ruokahalua. Auringonvalonpuute pohjoisilla leveyspiireillä talviaikaan aiheuttaa osassa väestöä kaamosmasennusta. Kaamosmasennus on oireyhtymä, johon yleensä liitetään alavireisyys, masentuneisuus ja ahdistuneisuus. (24.)

Vuorokausirytmii on ihmisen hyvinvoinnille keskeistä, sillä sen sekoittumisesta seuraa esimerkiksi uniongelmia ja samanlaisia oireita kuin aikaerorasituksesta. Myös pitkäaikaiset seuraukset ovat mahdollisia. On esimerkiksi todettu, että ikkunattomissa selleissä vankeusrangaistuksen suorittaminen voi johtaa mielenterveyshäiriöihin. Rakennetun ympäristön terveysvaikutukset ovatkin suurimpia niiden ihmisten kohdalla, joiden elämä on jollain tavalla rajattua – esimerkiksi vanhuksat ja sairaat, vangit sekä ihmiset, joiden työ pitää heidät sisätiloissa suurimman osan vuorokauden valoista tunteista. Siksi esimerkiksi palvelutalojen, vankiloiden, sairaaloiden ja vuorotyötä teettävien tehtaiden suunnittelussa pitäisi kiinnittää huomiota luonnonvalon määrään sisätiloissa. On suositeltavaa, että kyseiset rakennukset sisältäisivät vapaasti käytössä olevia tiloja, joihin kohdistuu voimakasta päivänvaloa. (25, s. 6–7.)

3 VALON JA VARJON KÄSITTELY ARKKITEHTUURISSA

“The history of architecture is the history of the struggle for light.” -Le Corbusier

Edellä oleva lainaus on vapaasti suomennettuna “Arkkitehtuurin historia on historiaa taistelusta valon puolesta.” Kuten sveitsiläinen arkkitehti Le Corbusier on todennut, päivänvalon historia linkittyy vahvasti arkkitehtuurin historiaan, ja voidaankin todeta, että toista ei ole ilman toista. Päivänvalo oli pitkään avainasemassa rakennusten suunnittelussa (13, s. 41), mikä tavallaan pakotti ihmisen havainnoimaan tarkasti esimerkiksi rakennuspaikkaa, auringon sijaintia ja liikettä tila-vaalla sekä aukotuksen muotoa ja sijoittelua rakennuksessa, jotta luonnonvalosta saataisiin kaikki mahdollinen hyöty irti.

Rakennusten valaistus perustui pitkään päivänvaloon, vaikka keinovalojen historian katsotaan alkaneen, kun ihminen oppi tekemään tulta. Tulen käyttö valon lähteenä jalostui tulisijoista, soihtuista ja kynttilöistä ajansaatossa öljy- ja kaasulamppuihin, mutta vasta sähkövalaistuksen ja hehkulampun keksiminen vaikuttivat merkittävästi sekä yhteiskunnalliseen että teolliseen kehitykseen. Sähkövalojen historia on siis lyhyt verrattuna koko keinovalojen historiaan. (13, s. 41; 26.)

Nykyajan arkkitehtuurissa valoa tulvivat asunnot ovat arvossaan, mutta toisaalta trendi on suhteellisen uusi. Valoisat tilat yleistyivät ikkunoiden kehityksen myötä, kun lasiruutujen koko kasvoi. Lasin valmistus koneellistui Suomessa 1920-luvulla ja myöhemmin 1950-luvulla markkinoille tulleet laakalasi ja umpiolasi mahdollistivat tasaisemmat ja suuremmat ikkunapinnat. Ennen tätä lasia valmistettiin muun muassa puhaltamalla, minkä johdosta lasiruudut olivat hyvin pieniä, mikä puolestaan johti pimeisiin sisätiloihin. (22, s. 31; 27, s. 9–10.)

Ennen ikkunoiden koon kehittymistä ihminen asui vuosisatoja hyvinkin pimeissä asumuksissa eikä kärsinyt merkittäviä fyysisiä tai psyykkisiä vahinkoja tästä huolimatta. Ihminen kokee valon positiivisena asiana ja varjon negatiivisena, joskus pelottavanakin käsitteenä. Kumpaakin kuitenkin tarvitaan, sillä niiden avulla ihminen hahmottaa esimerkiksi ympäröivää tilaa. (22, s. 33; 29, s.19.)

Jo antiikin kreikan arkkitehtuurissa on ymmärretty kiinnittää huomiota ilmansuuntiin esimerkiksi temppeleiden suuntauksessa ja kaupunkien suunnittelussa, jotta auringonsäteilystä voitaisiin

sekä hyötyä että välttyä liiallisilta lämpökuormilta. Auringonsäteilyn ominaisuudet tuovat edelleen haastetta arkkitehtuuriin, sillä sisätilojen valaistuksen kannalta edullista valoa on hajavallo, mutta auringon säteilyn tuoman lämpöenergian hyödyntäminen taas perustuu suoraan auringonvaloon. Tämä vaikuttaa rakennuksen suuntaukseen ilmansuuntien suhteen sekä useiden rakennusten välisiin etäisyyksiin. Rakentamisen tiheydellä on merkitystä, sillä ympäristön varjostava vaikutus on otettava suunnittelussa huomioon. Muita tärkeitä seikkoja rakennussuunnittelussa päivänvalon ja sisälämpötilojen kannalta ovat esimerkiksi ikkunat, niiden koko, suuntaus ja lasin ominaisuudet, sekä kiinteät varjostavat rakenteet, esimerkiksi parvekkeet, räystäät ja lipat. (13, s. 43–44; 14, s. 1; 30, s. 32.)

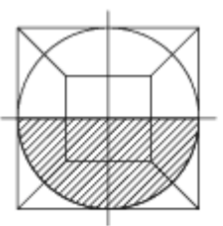
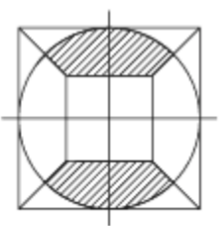
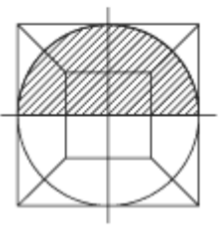
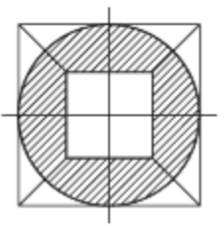
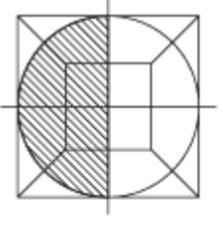
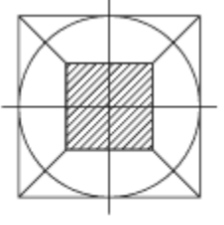
3.1 Ihmisen kokemus tilasta

Tila on arkkitehtonisen suunnittelun lopputulos, joka herättää tunteita ja assosiaatioita. Ihminen kokee tilan aina moniaistisesti, käyttäen esimerkiksi näkö-, kuulo- ja tasapainoaistejaan. Kun ihminen havainnoi tilaa näköaistillaan, kokemukseen vaikuttavat tilan valaistus, materiaalit ja varjot. Nämä tekijät vaikuttavat tilan pintojen, muodon ja koon käsittämiseen. (25, s. 10; 29, s. 19.)

Päivänvalo on luonteeltaan elävää ja vaihtelevaa. Nämä piirteet vaikuttavat ihmisen visuaaliseen käsitykseen ympäröivästä tilasta. Ympäristön ominaispiirteet vaihtelevat valon mukaan, jolloin valon luoma tunnelma ympäristöönsä on erilainen riippuen vuorokauden ajoista sekä säätiloista. Päivänvalo luo suhteen ulkomaailman kanssa, mikä on merkittävä psykologinen tekijä, kun tarkastellaan ihmisen kokemusta ja tunnetta tilasta. (22, s. 31, 33.)

Ihmisen kokemus tilasta voi olla lyhytaikainen tai merkityksellinen ja tunteiden voimakkuus vaihtelee, mutta kokemus on harvoin täysin neutraali. Ihmisen kokemukseen tilasta vaikuttavat yksilön edelliset kokemukset, muistot menneisyydestä sekä tausta - esimerkiksi kulttuuri ja se, mistä henkilö on kotoisin. Tilan luonteeseen ja merkitykseen vaikuttavat sekä valaistus, materiaalit, värit ja tekstuurit että valoisan ja pimeän suhde tilassa. Valolla on mahdollista muokata tilan ulkomuotoa ja vaikutelmaa muuttamatta tilaa fyysisesti, sillä valaistus vaikuttaa myös siihen, miten tilan geometriset muodot tulevat esille. Valon ja varjon jakautumisella tilassa on mahdollista esimerkiksi avartaa ja luoda kontrastia tiloihin, luoda yhteyksiä eri tilojen välille ja toisaalta rajata tiloja toisistaan. (25, s. 10; 22, s. 158, 182, 200.)

Kuvassa 3 on esitetty tiloja, joiden kirkkaus ja kontrasti vaihtelevat. Tavallisessa tilanteessa tilan yläosa on kirkkaampi kuin alaosa, mikä koetaan usein tutuksi ja turvalliseksi tilaksi. Jos kirkkaiden ja kontrastin kääntää toisinpäin, tila koetaan uhkaavana ja saatetaan yhdistää esimerkiksi pilviseen taivaaseen ja myrskyyn. Turvalliseksi ja suojatuksi tila koetaan, kun sen katto ja lattia ovat tummia ja seinät ympärillä kirkkaita. Ikkunan tai muun kirkkaan pinnan sijoittaminen tilan päähän korostaa tunnelimaisuutta ja ihminen tuntee vetoa kohti kirkkautta. Valolla ja varjolla voi siis ohjata ihmisen kulkua tiloissa. Toisaalta jos tilan päässä oleva pinta on tumma ja muut pinnat ympärillä ovat vaaleita, tila koetaan vakaaksi ja rauhoittavaksi. (22, s. 200.)

	Standard		Protection
	Danger		Dynamics
	Obstacle		Calm

KUVA 3. Tilan valaistus, kirkkaus ja kontrasti vaikuttavat ihmisen kokemukseen tilasta (22, s. 200).

Vaikka valoisat tilat yleisesti ottaen koetaan positiivisena asiana, on valotulvalla myös huonoja puolia. Varjon merkitys korostuu varsinkin asuinrakentamisessa, sillä yksityisyys on ihmisille tärkeää, jolloin tarvitaan myös paikkoja vetäytymiseen ja katseilta piiloutumiseen. Suuri ikkuna pinta-ala puolestaan tuo mukanaan paitsi liikaa kirkkautta tilaan, se myös heikentää tilan intiimiyttä. Liiallinen lasin käyttö aiheuttaa joissakin ihmisissä levottomuutta ja vähentää kodikkuuden tunnetta tilassa. Varjojen liike päivän aikana sekä niiden luoma kontrasti tilassa kertovat ihmiselle myös ajan kulumisesta. (22, s. 108, 182–183.)

3.2 Aurinkoarkkitehtuuri

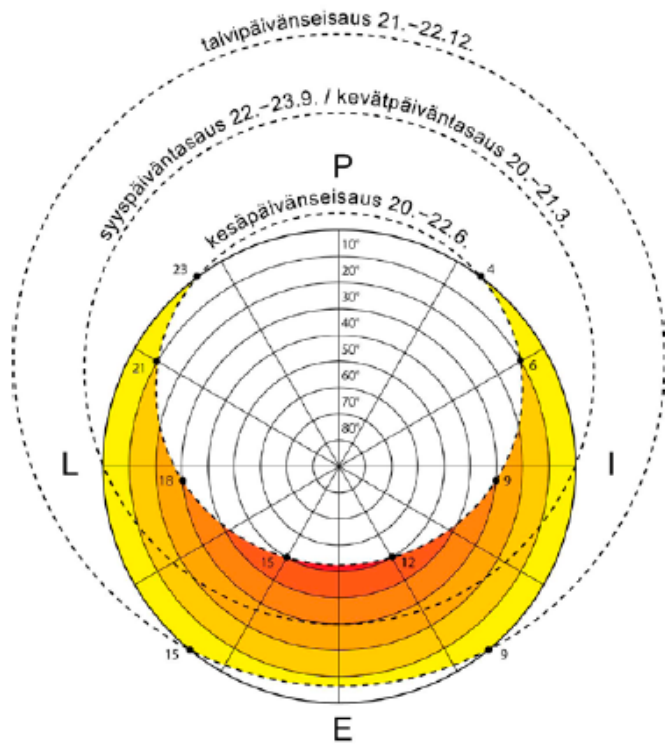
Energiatehokkaan arkkitehtuurin näkökulmasta auringon säteily on tärkein ilmastotekijä. Arkkitehtonista lähestymistapaa, joka hyödyntää auringosta saatavaa energiaa sekä passiivisesti että aktiivisesti, kutsutaan aurinkoarkkitehtuuriksi. Aurinkoarkkitehtuurissa ratkaiseva tekijä on rakennuksen sijainti maapallolla. Pohjoisen kylmissä ilmastoissa sen keinoin voidaan edistää tilojen lämmitystä, kun taas etelän lämpimissä ilmastoissa aurinkoarkkitehtuurilla pyritään suojaamaan rakennuksia ylikuumentumiselta. (30, s. 1; 29, s. 31.)

Passiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä tarkoitetaan auringon säteilyn ohjausta ikkunoiden kautta sisätiloihin, jotta tilojen lämmitysenergiatarve pienenee. Jotta aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää passiivisesti, on tiloja ja varsinkin ikkunapinta-alaa suunnattava kohti etelää ja samalla hallittava rakennuksen yllämpeneminen aurinkosuojauksen keinoin. Aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen asettaa myös ehtoja rakennuspaikalle sekä lämmönjakojärjestelmälle. Ympäristö ja lähellä olevien rakennusten varjostava vaikutus on otettava huomioon esimerkiksi lämmitysjärjestelmän mitoituksessa, sillä ympäristön varjostuksen johdosta aurinkoenergiasta saatava hyöty vähenee rakennuksen alemmissa kerroksissa. (17; 31, s. 45.)

Kimmo Lylykangas kuitenkin toteaa suunnitteluohjeessaan Passiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen Oulussa (2014), että aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen on huomattavasti vaikeampaa kerrostaloissa kuin omakotitaloissa. Tämä perustuu esimerkkitaloille tehtyihin laskelmiin. (17.)

Aktiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä tarkoitetaan puolestaan aurinkokeräinten ja aurinkopaneelien käyttämistä rakennuksissa. Aurinkokeräimillä voidaan tuottaa lämpöä ja varastoidaan sitä vesivaraajaan, josta sitä käytetään esimerkiksi käyttöveden ja kosteiden tilojen lämmitykseen. Aurinkopaneelien tuottamaa sähköä taas käytetään lähinnä samassa rakennuksessa kuin missä aurinkopaneelit sijaitsevat. (17.)

Aurinkoarkkitehtuurissa on tärkeää ymmärtää auringon säteilyn suuntakulmat sekä auringon sijainti taivaalla eri vuodenaikoina. Tilanteen hahmottamiseen voi käyttää apuna esimerkiksi kuvan 4 kaltaista aurinkokaaviota, josta ilmenee auringon säteilyn suuntakulma ja korkeuskulma eri vuodenaikoina. Katkoviivojen muodostamat radat ilmentävät auringon kiertoa taivaalla, kun tarkasteltava kohde sijoitetaan kaavion keskelle. (14, s. 3.)



KUVA 4. Aurinkokaaviosta voi lukea auringonsäteilyn suuntakulman eri vuoden aikoina (14, s. 3).

Maantieteellisen sijainnin lisäksi myös rakennuksen ympäristö vaikuttaa rakennuksen päivänvalo olosuhteisiin sekä rakennuksen mahdollisuuteen hyödyntää passiivista aurinkoenergiaa. Ympäristöllä on varjostava vaikutus, joka vaikuttaa varsinkin alempiin kerroksiin. Kasvillisuus on hyvä keino varjostaa rakennusta, sillä etenkin lehtipuut varjostavat ja tarjoavat suojaa rakennukselle kesällä, mutta päästävät talvella auringonvaloa läpi. (17; 29, s. 32.)

3.2.1 Rakennuksen muodon vaikutus rakennukseen tulevaan lämpösäteilyyn sekä päivänvalo-olosuhteisiin

Passiivisen aurinkoenergian hyödyntämisen kannalta hyviä vaihtoehtoja rakennuksen muodolle ovat korkeat pistetalot sekä suorakaiteen muotoiset asuinkerrostalot, esimerkiksi sivukäytävätalot tai luhtitalot, joiden pitkät sivut ovat suunnattu etelään ja pohjoiseen. SunZEB-hankkeessa todettiin, että sivukäytävätalot keräävät paljon auringon lämpösäteilyä, mutta rakennuksen sisällä lämpötilojen hallinta on haastavaa. Lämpösäteilyn määrää sisätiloissa voidaan kuitenkin hallita sijoittamalla rakennus muiden rakennusten lomaan sekä mitoittamalla kiinteät varjostavat rakenteet oikein. Sivukäytävätalojen sijoitus tiiviiseen kaupunkirakenteeseen on myös haastavaa, sillä ne

vaativat rakennuspaikaltaan avoimuutta. SunZEB-hankkeessa paremmaksi vaihtoehdoksi todettiin pistetalo, joka soveltuu paremmin tiiviiseen kaupunkiympäristöön. (16, s. 36.)

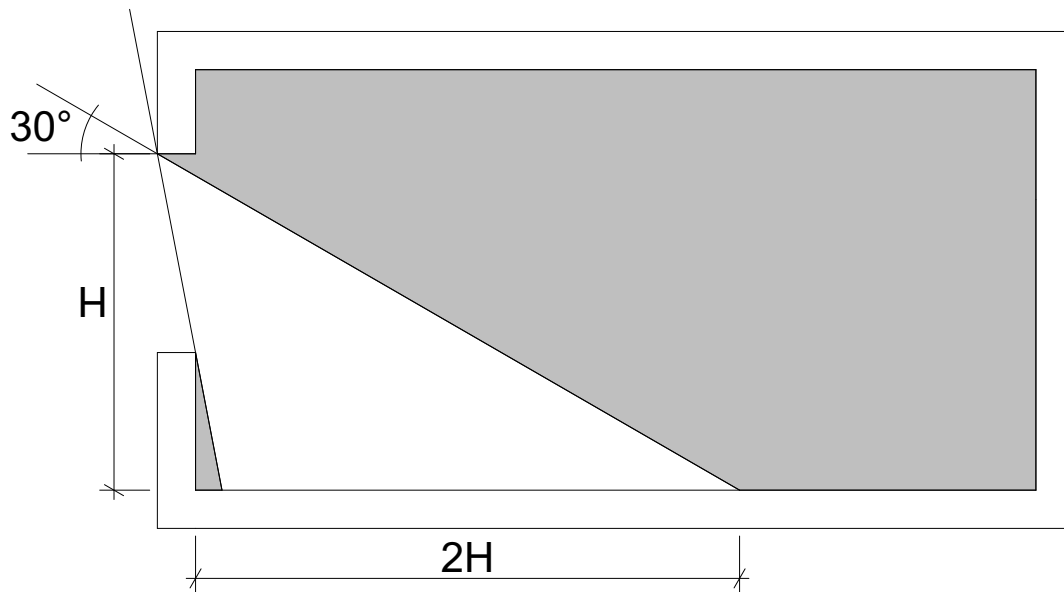
Rakennuksen syvyys on tärkeä tekijä tilojen luonnonvalaistuksen kannalta. Historiassa rakennussyvyyden merkitys on ymmärretty ja vanhempien rakennusten massoittelussa onkin havaittavissa erilaisia porrastuksia, erkereitä ja atriumeja. Luonnonvalon määrää tiloissa on pyritty kasvattamaan myös sisäpihojen avulla. Rakennuksen porrastetulla muodolla luodaan enemmän julkisivupinta-alaa, johon voidaan sijoittaa lisää ikkunoita ja näin kasvattaa luonnonvalon määrää sisätiloissa. Myös huonekorkeutta kasvattamalla voidaan lisätä luonnonvalon määrää sisätiloissa. (22, s. 132, 137.)

Kuvassa 5 olevassa asuinkerrostalossa on julkisivua porrastamalla saatu lisää pinta-alaa ikkunoiden ja parvekkeiden sijoittamiselle. Vuonna 1963 valmistuneen talon on suunnitellut arkkitehti Pekka Pitkänen ja se sijaitsee Turussa. Porrastamisen ansiosta myös syvemmällä sisäpihalla sijaitsevista asunnoista on parvekkeelta näkymä Aurajoelle. (32.)



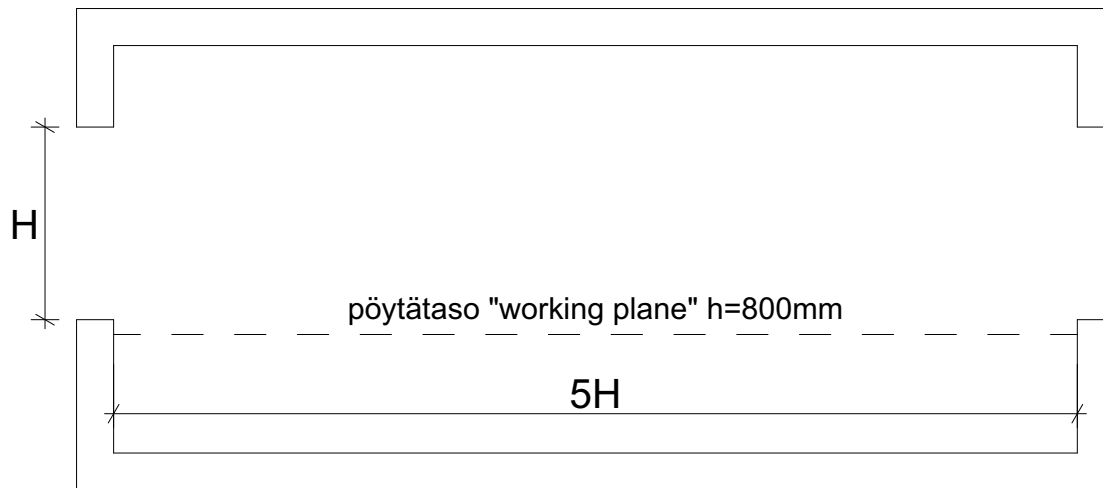
KUVA 5. As Oy Wilenia sijaitsee Turussa Aurajoen rannalla (33).

Tarkasteltaessa rakennuksen runkosyvyyttä päivänvalon kannalta on kiinnitettävä huomiota myös rakennuksen muotoon ja avautumiseen. Kun huoneen aukotus on järjestetty vain yhdeltä puolelta, nyrkkisääntönä voidaan pitää niin sanottua 30° :n sääntöä, joka on esitetty kuvassa 6. 30° :n sääntöön perustuen Vikberg toteaa diplomityössään, että 3,0 m kerroskorkeudella voidaan rakentaa enintään 10,4 m syviä rakennuksia, mikäli rakennus voidaan avata vastakkaisiin suuntiin ja molemmat julkisivut päästävät riittävästi valoa sisään. (22, s. 132, 137; 34, s. 66.)



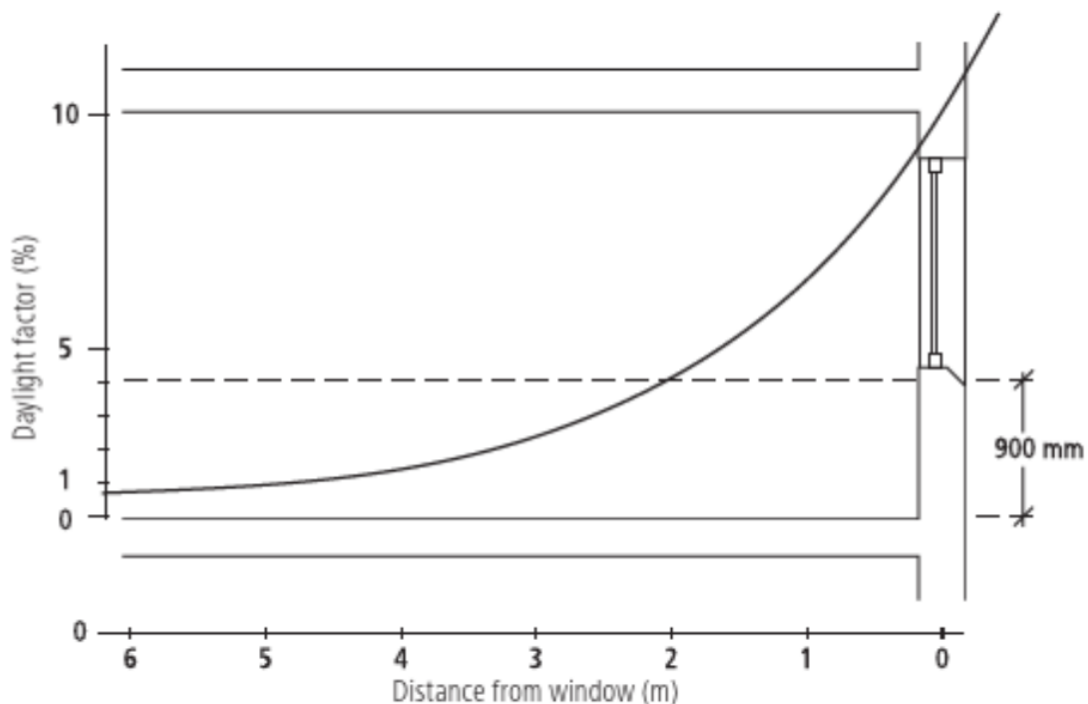
KUVA 6. 30° :n sääntö, jolla saavutetaan 2 % päivänvalosuhte sisätilassa (ks. 22, s. 133)

Toisaalta jos rakennus avautuu kahteen vastakkaiseen suuntaan, valo ulottuu huoneessa viisinkertaiseen syvyyteen ikkunan yläpinnan korkeuteen verrattuna, kuten kuva 7 osoittaa. Jotta tilanne toteutuisi, ikkunoiden on sijaittava mahdollisimman ylhäällä ja naapurirakennuksen tai muun kiinteän esteen kulma ei saa olla yli 25° . Ikkunoiden lasin on oltava kirkasta ja esimerkiksi katon sekä seinäpintojen väriltään vaaleita. (25, s. 92.)



KUVA 7. Valon ulottuminen sisätilassa, kun tila on avattu kahteen suuntaan (ks. 25, s. 92).

Päivänvalon määrä huoneessa laskee nopeasti siirryttäessä kauemmaksi ikkunasta. Päivänvalosuhteessa ei oteta suoraa auringonvaloa huomioon, vaan suhde perustuu taivaan hajavaloon. Täten ilmansuunnilla, vuoden ajoilla tai auringon sijainnilla taivaalla ei ole vaikutusta luonnonvalon määrään huoneessa. Päivänvalosuhteeseen kuitenkin vaikuttaa ympäröivien rakennusten ja kiinteiden julkisivurakenteiden varjostava vaikutus. Päivänvalosuhte ikkunan edessä on yleensä noin 10 %, mutta kahden metrin päässä päivänvalosuhte on vain 2–3 %. Päivänvalosuhteen minimi saavutetaan noin 6 m päässä ikkunasta. Päivänvalosuhteen muutosta havainnollistaa kuva 8, jossa y-akselilla on päivänvalosuhte (%) ja x-akselilla etäisyys ikkunasta (m). (22, s. 137–138.)



KUVA 8. Ikkunan etäisyyden vaikutus päivänvalosuhteeseen (22, s. 138).

3.2.2 Rakennuksen suuntaus ilmansuuntien suhteen

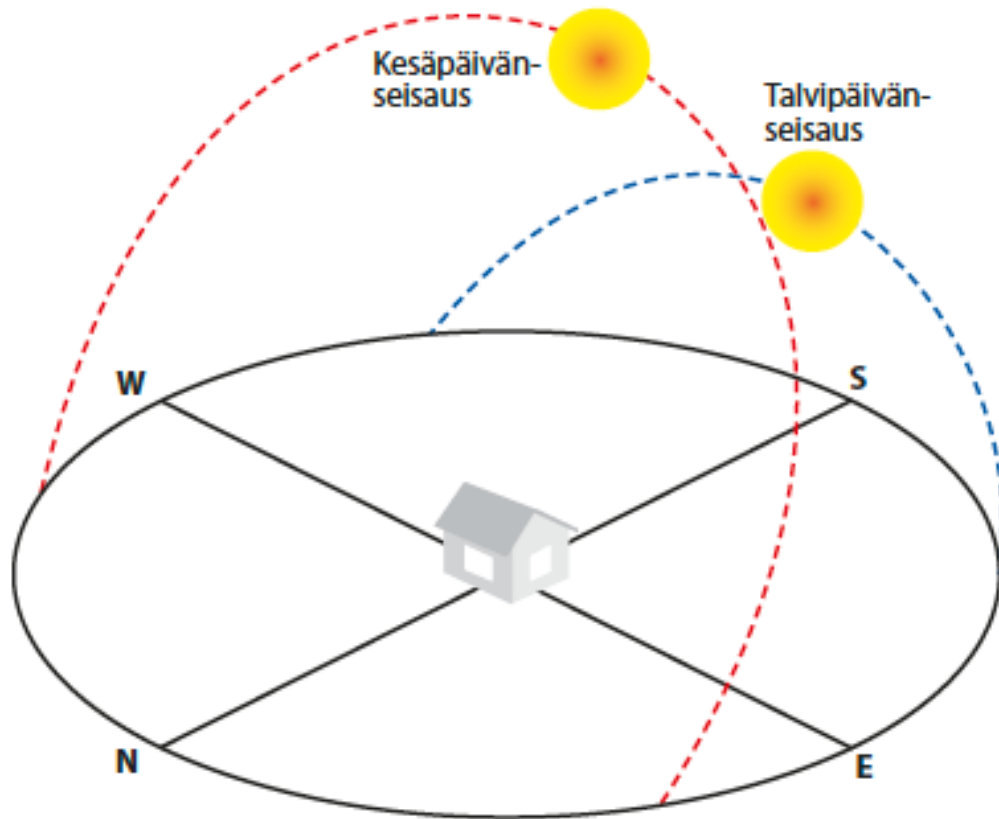
Rakennuksen eri ilmansuuntiin avautuville julkisivuille kohdistuu eri määriä auringosta tulevaa säteilyä. Mikäli aurinkoenergiaa halutaan hyödyntää passiivisesti, on tarkasteltava esimerkiksi eri ilmansuuntiin suunnattuja ikkuna pinta-aloja sekä rakennuksen tilojen suuntausta ilmansuuntien suhteen.

Suoraa auringon säteilyä kohdistuu kaikkein vähiten pohjoiseen suuntaavaan julkisivuun. Suurin osa pohjoisen julkisivulle tulevasta säteilystä on hajavaloa, joka on auringonvalosta taivaan kautta siroavaa optista säteilyä. Pohjoiseen suunnatut ikkunat siis tarjoavat tasaista valoa ilman häikäisyriskiä ja lämpökuormaa, mutta toisaalta suuri ikkuna pinta-ala pohjoiseen saattaa tuottaa lämpöhäviötä lämmityskauden aikana. Koska riski yllämpenemiseen ja liialliseen kirkkauteen on pieni, kannattaa asutosuunnittelussa makuuhuoneet sijoittaa rakennuksen pohjoispuolelle. Myös esimerkiksi taidestudion tai työhuoneen hyvä sijoituspaikka on rakennuksen pohjoispuoli. (14, s. 1; 29, s. 32, 94; 22, s. 170; 35, s. 3.)

Itään ja länteen suunnatut julkisivut saavat arviolta saman määrän matalalta tulevaa auringon säteilyä. Varsinkin jos länteen suunnatulla julkisivulla on paljon ikkuna- ja parvekepinta-alaa, auringonsäteilyn määrää ja sisätilojen yllämpenemistä on hyvin haastavaa hallita. Täten itään ja länteen suunnatuissa julkisivuissa tulisi kiinnittää huomiota myös huoneiden kokoon, sillä etenkin pienet huoneet suurella ikkunapinta-alalla yllämpenevät erittäin herkästi. Tilasuunnittelussa oleskelutilat kannattaa usein suunnata länteen, sillä usein niiden käyttö ajoittuu iltapäivälle, jolloin auringon säteily pääsee tilaan. Pohdittaessa tilojen sijoittelua ilmansuuntien suhteen on hyvä miettiä myös käyttäjien tarpeita ja toiveita, sillä osa käyttäjistä voi haluta tilaan aamuaurinkoa ja osa taas ilta-aurinkoa. Esimerkiksi keittiön voi suunnata joko itään tai länteen käyttäjien toiveiden mukaan. (16, s. 12, 31, 32, 34, 36; 29, s. 94.)

Etelään suunnatuilla julkisivuilla pystytään parhaiten hyödyntämään auringonsäteily ja samalla hallitsemaan lämpökuormia kiinteillä julkisivuratkaisuilla. Kuten kuvasta 9 käy ilmi, talvella aurinko paistaa matalalta ja kesällä taas korkealta, jolloin oikein mitoitettu kiinteä julkisivun vaakarakenne torjuu tilan yllämpenemistä kesällä, mutta ei talvella estä auringon säteilyn hyödyntämistä tilojen lämmityksessä. Tiloja suunniteltaessa on kuitenkin hyvä kiinnittää huomiota etelään suunnatun tilan kokoon, sillä isot tilat toimivat kesällä puskurivyöhykkeenä yllämpenemisen kannalta, kun

taas pienissä tiloissa sisälämpötila nousee herkästi. Täten etelään kannattaa suunnata asunto-
suunnittelussa avointa ja yhteistä tilaa, esimerkiksi keittiö, ruokailu- ja oleskelutilat. (14, s. 4; 16,
s. 35–36.)



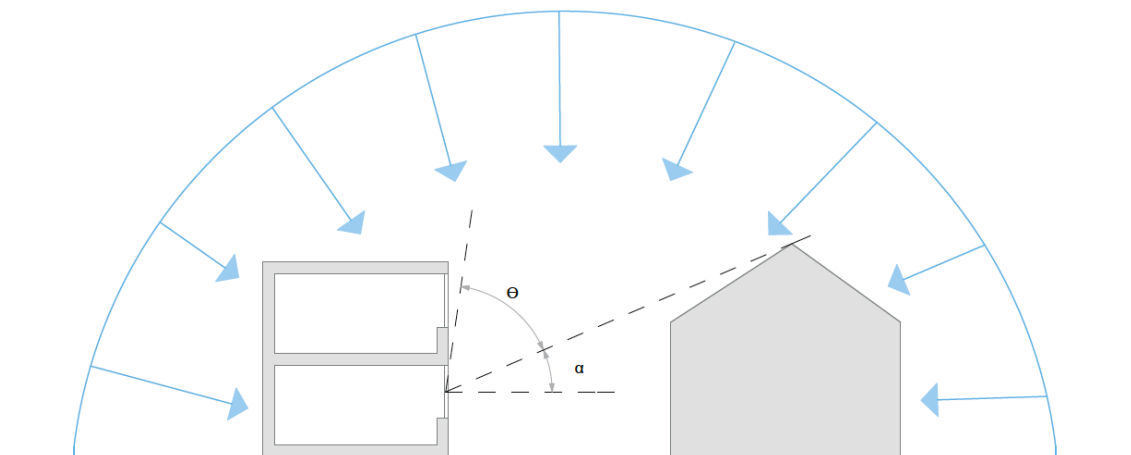
KUVA 9. Auringon säteilyn suunta kesällä ja talvella (14, s. 2).

Vanhimpien aurinkoarkkitehtuurin sääntöjen mukaan rakennuksen pohjoispuolelle tulisi sijoittaa niin kutsuttuja apuhuoneita, kuten esimerkiksi varastot, kylpyhuoneet tai kerrostaloissa porraskäytävät. On kuitenkin todettu, että tiiviissä kaupunkiympäristössä rakennuksen aukeamissuunnalla tai suuntauksella ei ole yhtä suurta merkitystä päivänvalon määrään sisätiloissa kuin väljästi rakennetussa ympäristössä. Rakennuspaikan sijaintiin sekä rakennuksen suuntaukseen tontilla on tärkeää kiinnittää huomiota myös sen vuoksi, että niillä on vaikutusta rakennuksen aurinkosuojauksen toimivuuteen. (29, s. 92; 36, s. 35; 7, s. 14.)

3.3 Kaupunkirakenteen varjostava vaikutus

Päivänvalon ottaminen huomioon jo suunnittelun aikaisessa vaiheessa on tärkeää, koska päivänvaloa ei voi enää jälkikäteen lisätä rakennukseen. Siksi on tärkeää kiinnittää huomiota rakennuksen sijaintiin sekä suuntaukseen jo suunnittelun alussa. Tiivis kaupunkirakenne korkeine rakennuksineen on haastava ympäristö rakennukselle, joka pyrkii hyvään aurinkoarkkitehtuuriin. Maantieteellisesti pohjoisessa ympäristön rakennuskannan varjostava merkitys kasvaa, sillä aurinko paistaa etenkin talvella erittäin pienistä kulmista, jolloin edessä oleva matalakin rakennus estää auringonvalon ja sen lämpöenergian hyödyntämisen. Erityisesti etelän puolella sijaitseva korkea ja tiivis korttelirakenne luo voimakasta varjostusta ja estää aurinkoenergian käytön lämmityskaudella. (36, s. 16; 16, s. 29–30.)

Mitä tiiviimmässä kaupunkiympäristössä rakennus sijaitsee, sitä vähemmän suoraa auringonvaloa pääsee sisätiloihin. Tällöin luonnonvalaistuksen kannalta tärkeämpää on taivaan hajavalon sekä heijastunut valo. Taivaan hajavalon määrää määrittävä tekijä on kuitenkin näkyvä taivaalle, minkä takia esteet vaikuttavat myös taivaan hajavaloon. Näkyvän taivaan osuutta tietyssä pisteessä huonetta kutsutaan taivaskomponentiksi (Sky Component, SC). Estekulmat, jotka ovat suurempia kuin 20° vähentävät tilan valaistusta huomattavasti. Taivaskomponentin ja estekulman muodostumista on havainnollistettu kuvassa 10. (36, s.16, 35; 7, s. 14–15; 22, s. 143.)



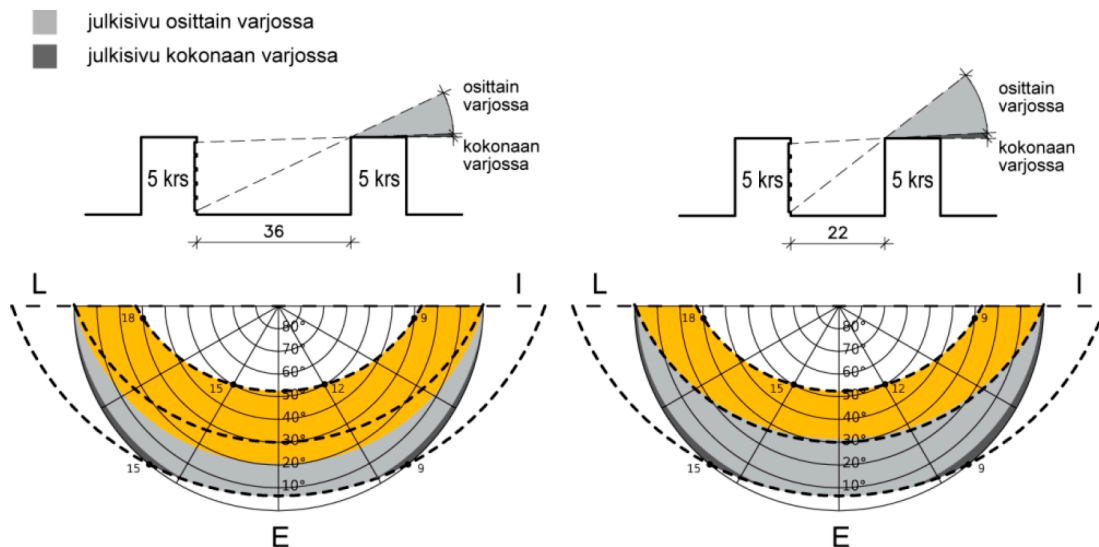
KUVA 10. Kulma θ kertoo näkyvän taivaan prosentin eli taivaskomponentin SC. Estetty kulma α muodostuu vastapäisen rakennuksen yläpinnan ja ikkunan keskikohdasta piirretyyn horisontaalin viivan välille. (34, s. 46.)

Michelle Corrodi ja Klaus Spechtenhauser esittelevät kirjassaan *Illuminating: Natural Light in Residential Architecture* nyrkkisäännön viereisen rakennuksen aiheuttaman varjostustilanteen tutkimiselle suunnittelun alkuvaiheessa. Säännön mukaan rakennuksienvälisen etäisyyden D ja varjostavan rakennuksen korkeuden H suhteesta tuloksena oleva luku antaa osviittaa päivänvalon määrästä varjostetun rakennuksen sisätiloissa. Tätä sääntöä on esitelty tarkemmin taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Rakennuksien välisen etäisyyden (D) sekä varjostavan rakennuksen korkeuden (H) suhteen vaikutus päivänvalon määrän vähentymiseen sisätiloissa (ks. 22, s. 142).

D/H:n arvo	päivänvalon määrän vähentyminen sisätiloissa
$2,7 <$	ei aiheuta vähennystä
$2-2,7$	aiheuttaa pienen vähennyksen
≤ 1	huomattava vähennys

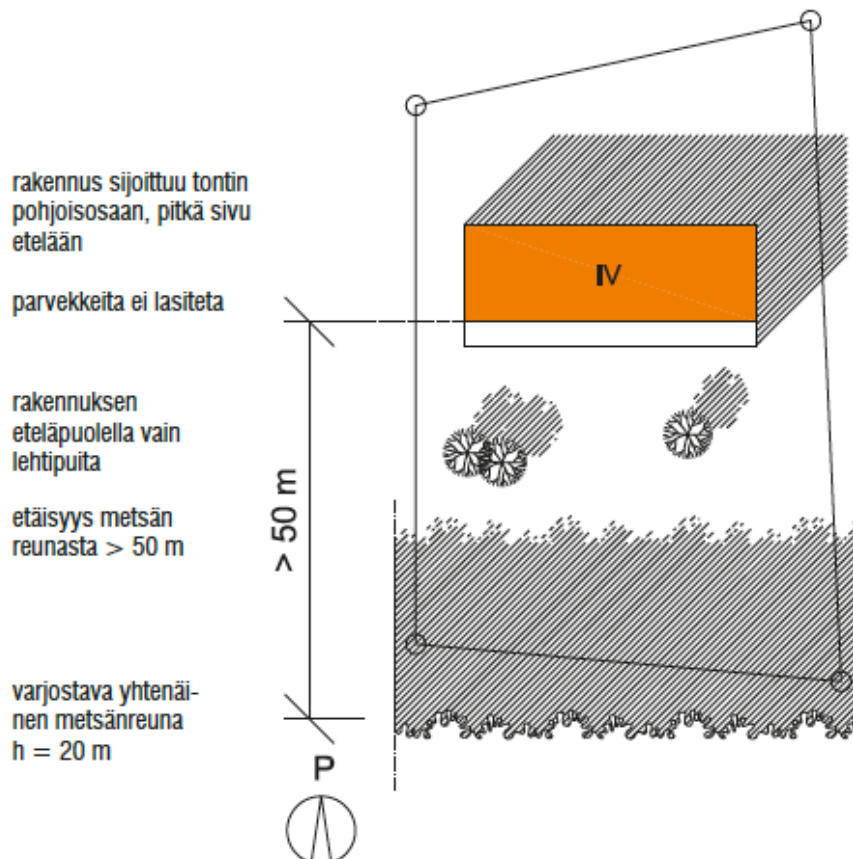
SunZEB-hankkeessa tutkittiin kahta umpikorttelirakenteessa sijaitsevaa viisikerroksista asuinkerrostaloa aurinkodiagrammin avulla. Varjostusta tarkasteltiin kahdella eri etäisyydellä, toisessa tapauksessa etäisyys oli 22 m ja toisessa 36 m. Tarkastelussa huomattiin, että rakennusten etäisyyden ollessa 22 m ovat alimman kerroksen ikkunat koko talvikauden varjossa. Tämä ilmenee kuvasta 11. (16, s. 30.)



KUVA 11. SunZEB-hankkeessa tutkittiin eteläpuolisen naapurirakennuksen varjostavaa vaikutusta aurinkokaavion avulla (16, s. 30).

Hyvä keino vaikuttaa julkisivujen saamaan auringonsäteilyyn on erilaiset kaavoituksen ratkaisut, kuten katujen leveys, rakennusten korkeus sekä kattomuodot. Ympäristöministeriön asuin-, majoitus- ja työtiloista antaman asetuksen (1008/2017) 5 § mukaan asuinhuoneen pääikkunan ja vastapäisen rakennuksen välinen etäisyys tulisi olla vähintään yhtä suuri kuin vastapäisen rakennuksen korkeus huoneen lattiasta mitattuna, ellei asemakaava muuta määrää. Kuitenkin ikkunan edessä olevan esteettömän alueen pituus tulisi olla vähintään 8 m. Rakennusten julkisivumateriaalit vaikuttavat myös sisätiloihin saapuvaan heijastuvan valon määrään. Vaaleat värit heijastavat hyvin valoa, joten tiiviissä kaupunkirakenteessa tulisikin suosia värejä ja pintamateriaaleja, joiden heijastusarvo on korkea. (16, s. 29; 37; 7, s. 15.)

Kun tavoitteena on hyödyntää aurinkoenergiaa passiivisesti, rakennuspaikan tulisi sijaita mahdollisimman kaukana vastapäisestä varjostavasta rakennuksesta. Esimerkiksi puiston tai urheilukentän laidat ovat ihanteellisia paikkoja aurinkoarkkitehtuurin kannalta. Kuten kuvasta 12 käy ilmi, tontilla rakennus olisi hyvä sijoittaa tontin pohjoispäättyyn. Rakennuksen eteläpuolelle on hyvä istuttaa vain lehtipuita, jotta ne varjostavat rakennusta kesällä, mutta päästävät auringonvaloa läpi talvella. (16, s. 29; 17.)



KUVA 12. Rakennuksen sijoitus tontilla (17, s. 3).

4 IKKUNAT PÄIVÄNVALON JA AURINGON LÄMPÖSÄTEILYN VÄLITTÄJINÄ

Rakennuksen varjostusta pohtiessa on otettava huomioon ikkunat, sillä niiden ominaisuuksilla, sijoituksella ja mitoituksella on vaikutusta varjostavien ratkaisujen suunnitteluun. Lisäksi ikkunoilla on suuri vaikutus muun muassa asuinviihtyisyyteen sekä tilojen lämmitysenergian tarpeeseen. Ikkunat vaikuttavat lämmityskustannusten ohella myös rakennuskustannuksiin, minkä takia olisi tärkeää suunnitella huolellisesti ikkunoiden käyttöä rakennuksissa. (31, s. 35.)

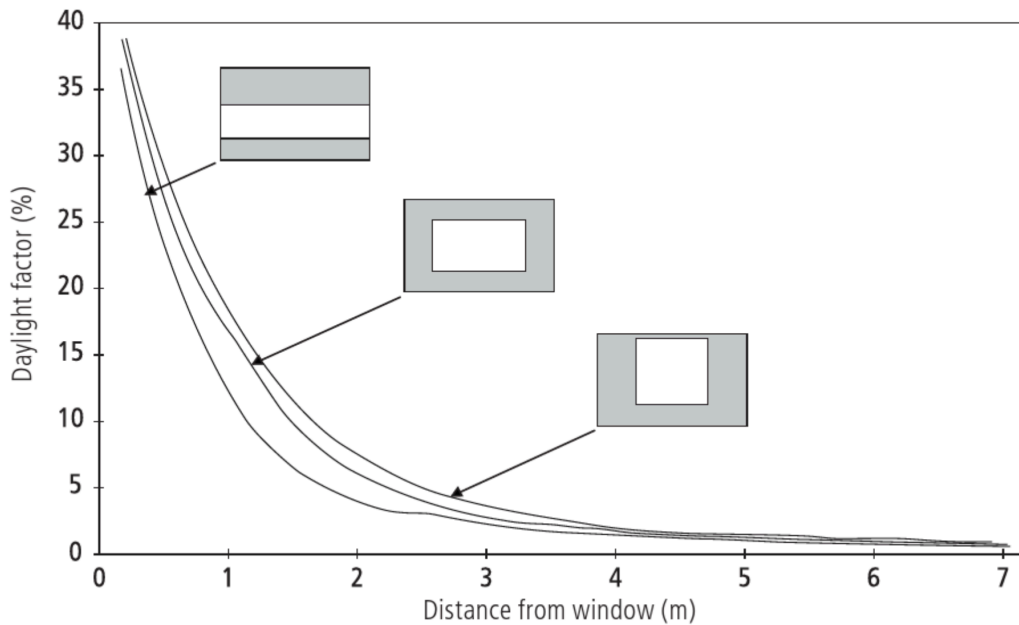
Ikkunalla voidaan katsoa olevan kolme tehtävää huoneessa - valaistus, näkymä ja tuuletus. Rakennuksissa, joissa tavoitteena on hyödyntää aurinkoenergiaa passiivisesti, ikkunoiden tehtävänä on edellä mainittujen seikkojen lisäksi päästää sisätiloihin riittävästi auringon lämpösäteilyä. Ikkunan tarjoaman näkymän merkitystä ei pidä unohtaa, sillä näkymä ympäristöön luo suhteen sisätilojen ja ulkomaailman välille. Lisäksi näkymällä on myös todettu olevan rentouttava vaikutus ihmiseen. (34, s. 79; 22, s. 82–84.)

Ikkunoiden useiden tehtävien takia on oleellista tutkia niiden muotoa, sijoitusta ja kokoa, sillä näillä yksityiskohdilla on seurausta esimerkiksi ikkunaa varjostavan ratkaisun valinnassa sekä varjostavien rakenteiden mitoituksessa. Myös lasirakenteiden, esimerkiksi ikkunoiden ja parvekelasitusten, ominaisuuksilla voidaan vaikuttaa sisätiloihin tulevaan auringon lämpösäteilyyn ja näkyvän valon määrään. Ikkunat ja muut lasirakenteet vaikuttavat siis varjostamiseen, päivänvaloon sekä rakennuksen mahdollisuuden hyödyntää aurinkoenergiaa passiivisesti, jolloin tärkeäksi asinahaaraksi muodostuu tasapainon löytäminen valon ja varjon määrän välillä.

4.1.1 Ikkunan muodon ja sijoituskorkeuden vaikutukset näkymään ja valaistukseen

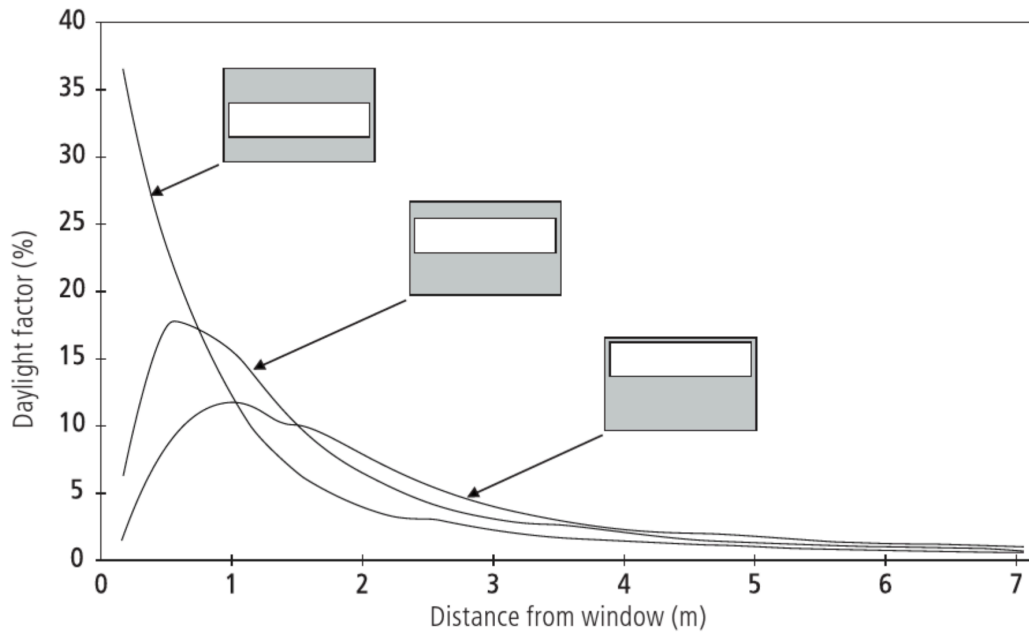
Ikkunan muodolla on todettu olevan vähemmän vaikutusta tilojen valaistukseen kuin ikkunoiden sijoituskorkeudella. Tämä käy ilmi kuvasta 13. Vaikka valaistuksen kannalta ikkunan muoto on usein hieman toissijaista, ihmiset yleensä pitävät leveistä ikkunamuodoista varsinkin, jos lähellä on mielenkiintoinen näkymä. Vaakasuora nauhamainen ikkuna tarjoaa hyvää ja tasaista valaistusta huoneeseen, mutta valo ei kuitenkaan yletä huoneen toiselle puolelle. Verrattuna vaakasuoraan ikkunaan, pystysuorassa ikkunassa isompi osa lasin pinta-alasta sijoittuu korkeammalle seinällä, jolloin ikkuna valaisee tasaisesti myös syvää huonetta. Diplomityössään Hanna Vikberg

suosittelee jakamaan ikkunan osiin, jotta ikkunan kaikki tehtävät huoneessa, eli valaistus, näkymä ja tuuletus, voitaisiin parhaiten toteuttaa. Tällöin korkealla oleva nauhaikkuna valaisee huoneen, keskellä oleva ikkuna tarjoaa näkymän ulos ja korkea pystysuora ikkuna toimii tuuletusikkunana. (22, s. 138, 140–141; 34, s. 85.)



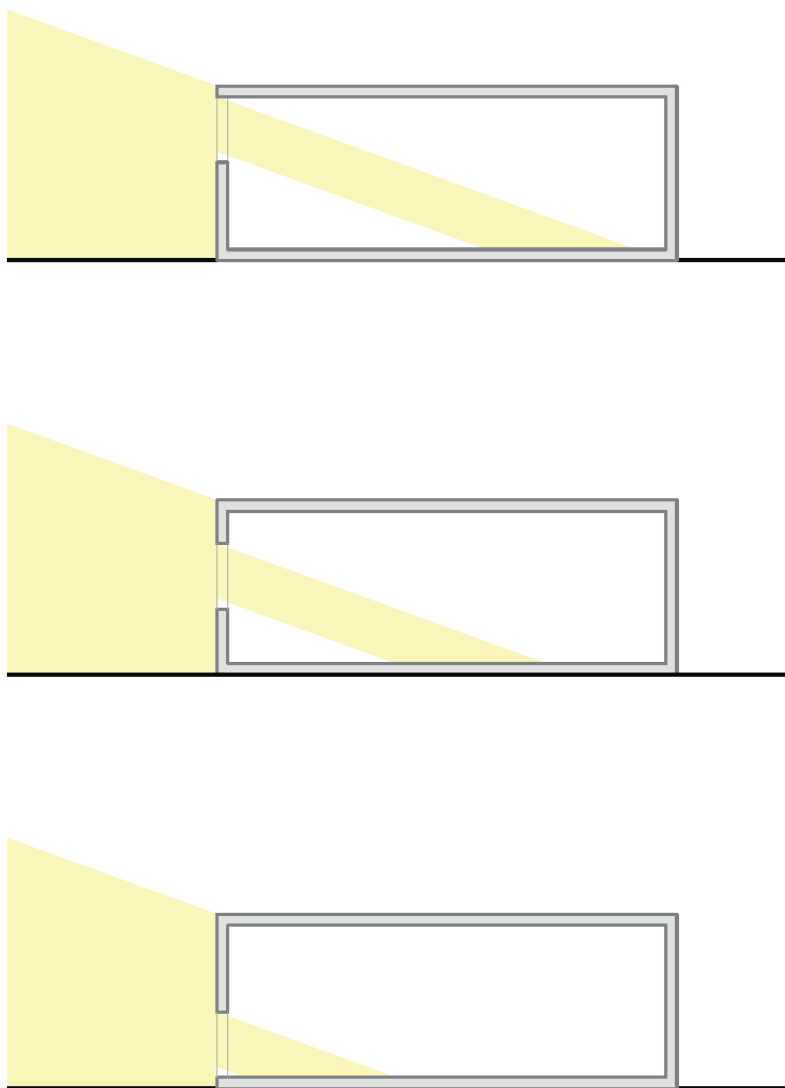
KUVA 13. Ikkunan muodon muodolla ei ole suurta vaikutusta tilan päivänvalosuhteeseen (22, s. 139).

Ikkunan sijoituskorkeudella on suurempi vaikutus tilan päivänvalosuhteeseen, joka on havaittavissa kuvasta 14. Kuvaajasta voi huomata, että mitä ylempänä ikkuna sijaitsee, sitä tasaisempaa päivänvalosuhte säilyy huoneessa siirryttäessä kauemmas ikkunasta. Matalalla sijaitseva ikkuna tuottaa korkeita päivänvalosuhteen arvoja vain alle metrin päässä ikkunasta, minkä jälkeen päivänvalosuhte laskee jyrkästi alle 10 %.



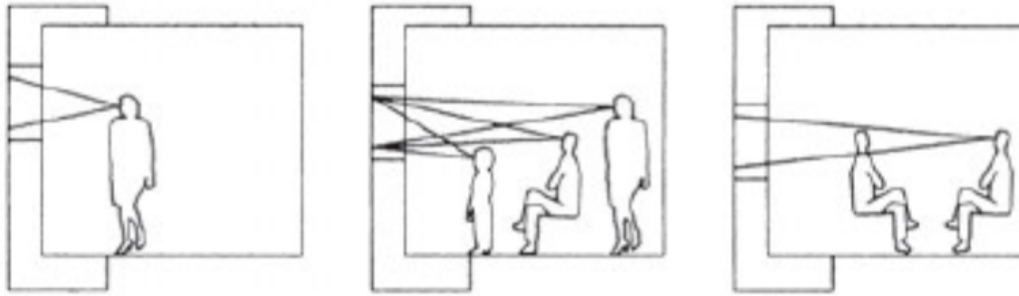
KUVA 14. Korkealla sijaitseva ikkuna tuottaa tasaisempia päivänvalosuhteen arvoja siirryttäessä kauemmas ikkunasta (22, s. 139).

Valaistuksen jakautuminen tilassa riippuu aukon sijainnista seinällä. Valon määrän suhteen paras valaistus tilassa saavutetaan, kun ikkuna on sijoitettu seinällä mahdollisimman korkealle. Varsinkin syvissä huoneissa korkealle sijoitettu ikkuna tarjoaa parhaiten valoa koko tilaan. (22, s. 138.) Kuvasta 15 ilmenee ikkunan sijoituskorkeuden vaikutus valon jakautumiseen tilassa.



KUVA 15. Korkealle sijoitettu ikkuna valaisee parhaiten myös huoneen syvyyttä (33, s. 75).

Ikkunan sijoitusta pohdittaessa on kuitenkin tärkeää ottaa huomioon tilan käyttötarkoitus sekä katselusuunta eli näkymä, jolla on vaikutusta tilan käyttömukavuuteen. Korkealla sijaitsevat ikkunat tarjoavat näkymän usein taivaalle, joka näkymänä koetaan yleensä vähemmän kiinnostavaksi kuin esimerkiksi näkymät horisonttiin. Kuvassa 16 on esitelty ikkunan sijoituskorkeuden vaikutusta näkymään eri pituisten ja eri tilanteissa olevien ihmisten kannalta. Ulos katselevan istuvan henkilön kannalta ikkunan optimaalinen sijoituskorkeus lattiatasosta ikkunan alareunaan on noin 90 cm ja ikkunan yläreunan tulisi olla noin 2,2 m korkeudella. Tämän johdosta ikkunan korkeuden tulisi olla vähintään 1,3 m ja leveydeltään ikkunan olisi hyvä olla vähintään 1 m. (22, s. 138–141.)



KUVA 16. Ikkunan sijoituskorkeus kiinnostavan näkymän kannalta vaihtelee ihmisen pituudesta ja asennosta riippuen (22, s. 141).

4.1.2 Ikkunapinta-alan vaikutus tilan valaistukseen

Ikkunan kokoa voidaan tarkastella huoneen pinta-alan suhteena tai suhteena julkisivun pinta-alaan. Ympäristöministeriön asuin-, majoitus- ja työtiloista antaman asetuksen (127/2018) 5 § mukaan asuinhuoneessa tulee olla ikkuna, jonka valoaukko on vähintään 10 % huoneen lattia-pinta-alasta. Ikkunapinta-alan suhdetta julkisivupinta-alaan (window-wall ratio, WWR) voidaan myös käyttää apuna ikkunoita mitoittaessa. Ikkunapinta-alan kokoa suhteessa julkisivupinta-alaan ei ole määritelty tarkasti, mutta aiheesta kuitenkin löytyy erilaisia suosituksia riippuen näkökulmasta.

(37; 34, s. 81–82.)

Yleisesti ottaen päivänvalon kannalta suositellaan isompia ikkunapinta-aloja, kun taas energian kulutuksen kannalta suositellaan hieman pienempää ikkunapinta-alaa. Energiatehokkuuden näkökulmasta ikkunapinta-alaa on rajoitettu taseauslaskelmassa, jossa vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta. (34, s. 81; 38, s. 13.)

Taulukossa 2 on käsitelty Michelle Corrodin ja Klaus Spechtenhauserin kirjassaan *Illuminating: Natural Light in Residential Architecture*, suosittelemia ikkunapinta-aloja 3,0 m syvään ja yhdeltä sivulta aukotettuun huoneeseen. Heidän mukaansa nykyarkkitehtuurissa suositut lasiseinät aiheuttavat usein lämpökuormia sisätiloihin ja näin vähentävät tilojen käyttömukavuutta. Lisäksi he toteavat, että ikkunapinta-alan ulottaminen alle pöytätason, eli alle 80 cm, ei paranna tilojen valaistusta, mutta saattaa kuitenkin lisätä tilojen viilennystarvetta. Tämän takia heidän mielestään

kyseisiä ikkunoita tulisi välttää, ellei niille ole erityistä tarvetta. Corrodi ja Spechtenhauser kuitenkin toteavat, että ikkunan koon kasvaessa vaatimukset lasituksen ominaisuuksille kasvavat samassa tahdissa ja myös ikkunan varjostamisen merkitys nousee. (22, s. 138.)

TAULUKKO 2. Ikkunapinta-alan vaikutus kolme metriä syvän ja yhdeltä sivulta aukotetun huoneen luonnonvalon määrään (ks. 22, s. 138).

Ikkuna-pinta ala suhteessa julkisivu-pinta-alaan, WWR (%)	Vaikutukset luonnonvalon määrään huoneessa
< 20 %	liian vähän luonnonvaloa
20 > 30 %	riittävä määrä luonnonvaloa
40 > 50 %	hyvä määrä luonnonvaloa (= Päivänvalosuhte DF ~2 %)
50 > 60 %	ei vaikuta merkittävästi luonnonvalon määrään
~ 65 %	aiheuttaa ylikuumentumisen riskin kesällä

Kuten luvussa 2.3 Aurinkoarkkitehtuuri mainittiin, rakennuksen alimmat kerrokset saavat usein vähemmän auringon säteilyä kuin ylemmät kerrokset. Alimpien kerrosten ikkunapinta-alaa pitäisi kasvattaa ylempiin kerroksiin nähden, jotta luonnonvalon määrä asunnoissa pysyisi riittävänä. Joissakin tapauksissa saattaa olla aiheellista jopa vähentää ylempien kerrosten ikkunapinta-alaa, jotta ylikuumentumiselta ja häikäisyltä voitaisiin välttyä. (31, s. 35; 34, s. 81.)

Pientaloissa etelän puoleisen julkisivun ikkunapinta-alan kasvattaminen johtaa optimitilanteessa tilojen lämmitystarpeen vähenemiseen, mutta vastaavaa ilmiötä ei havaittu asuinkerrostaloissa tai toimistorakennuksissa. SunZEB-hankkeessa asuinkerrostaloille ja toimistotaloille tehtyjen simulaatioiden perusteella havaittiin, että ikkunapinta-alan kasvattaminen nosti tilojen lämmitystarvetta sekä kasvatti investointikustannuksia. Toisaalta ikkunapinta-alan kasvattaminen parantaa tilojen valaistusta ja näin ollen energiasäästöä voidaan saada valaistuksen sähkönkulutuksen osalta. (16, s. 10–11.)

4.1.3 Lasirakenteiden ominaisuuksien vaikutus sisätiloihin pääsevään päivänvaloon ja auringonlämpösäteilyyn

Rakennuksen lasirakenteilla tarkoitetaan yleensä ikkunoiden lisäksi esimerkiksi parvekelasitusta. Lasirakenteiden ominaisuuksia parantamalla voidaan vaikuttaa sisätiloihin pääsevään auringon lämpösäteilyn ja näkyvän valon määrään. Lisäksi ikkunoiden ominaisuuksia parantamalla voidaan vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen, sillä ikkunat ovat yleensä lämmöneristävyydeltään rakennuksen ulkovaipan heikoimpia osia. Niin sanottujen auringonsuojalasien tärkeimmät arvot ovat g-arvo ja LT-arvo. Myös U-arvo otetaan mukaan lasirakenteen ominaisuuksia vertailtaessa, jolloin arvot kerätään yhteen suorituskykykoodiksi, joka on yhteenveto lasin perusvaatimusten suorituskyvystä. (31, s. 32; 39, s. 31; 40, s. 7.)

G-arvo on aurinkoenergian kokonaisläpäisykerroin, eli sillä kuvataan, kuinka paljon auringon lämpösäteilyä pääsee jonkin rakennusosan läpi. Mitä pienempi ikkunan g-arvo on, sitä vähemmän auringon lämpösäteilyä pääsee ikkunan läpi. Lämpölasielementeissä g-arvoon vaikuttaa tasolasien määrä, useammalla tasolasilla päästään pienempään g-arvoon. Ikkunan g-arvoa voidaan pienentää myös esimerkiksi auringonsuojalvoilla. (41.)

LT-arvolla tarkoitetaan lasin valonläpäisevyyttä, eli sillä kuvataan lasin läpi säteilleen valon suhdetta lasista takaisin heijastuneeseen valoon ja lasiin absorboituneeseen valoon. Lasin LT-arvo vaikuttaa siis näkyvän valon määrään sisätiloissa. Mitä pienempi LT-arvo on, sitä vähemmän lasi päästää näkyvää valoa lävitseen. (42, s. 3; 40, s. 7.)

U-arvo on rakenteen lämmönläpäisykerroin eli sillä kuvataan, kuinka paljon lämpösäteilyä pääsee pois rakennuksesta esimerkiksi ikkunoiden, seinien ja katon kautta. Mitä pienempi U-arvo on, sitä tehokkaammin rakenne eristää. Ikkunoiden U-arvon laskennassa otetaan huomioon koko ikkunarakenne eli lasi, raami ja kehys. (41.)

Lasirakenteiden ominaisuuksien tarkastelu on oleellista varsinkin itään ja länteen suunnatuilla julkisivuilla sekä parvekelasitusten ja parvekkeelle avautuvien ikkunoiden suunnittelussa. Erityisesti itään ja länteen suunnattujen ikkunoiden ja parvekkeiden ylikuumentumista voidaan ehkäistä lasirakenteiden pienillä g-arvoilla. Toisaalta, mikäli eteläisellä julkisivulla on tavoitteena hyödyntää aurinkoenergiaa passiivisesti parvekkeen takana sijaitsevissa sisätiloissa, tulisi parvekkeen takana sijaitsevissa ikkunoissa suosia isoa ikkunapinta-alaa ja korkeaa g-arvoa. (16, s. 11–12.)

5 RAKENNUKSEN VARJOSTAMINEN

Rakennuksien aurinkosuojauksella on kaksi tarkoitusta. Sillä pyritään varjostamaan rakennusta niin, että auringon säteilylämmöstä aiheutuva jäähdystarve lämmityskauden ulkopuolella voitaisiin välttää. Lisäksi aurinkosuojauksella tarkoitetaan häikäisyneestoa, eli sillä yritetään suojautua näkökenttään osuvilta korkeilta luminansseilta. (43; 14, s. 2.)

Rakennuksen aurinkosuojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi kiinteillä varjostavilla rakenteilla, kuten lipoilla, räystäillä tai muilla kiinteillä julkisivuratkaisuilla. Myös rakennuksen osilla, kuten parvekkeilla, voidaan varjostaa rakennusta. Lasirakenteiden ominaisuuksilla sekä aurinkosuojautotteilla, esimerkiksi sälekaihtimilla tai markiiseilla voidaan suojata sisätiloja häikäisyltä ja yliämpenemiseltä. Lisäksi automatiikan ohjaamilla, säädettävillä julkisivurakenteilla on mahdollista kontrolloida sisälle tulevan auringonsäteilyn määrää. (14, s. 2; 7, s. 13; 16, s. 10.)

Varjostamisella pyritään suojautumaan pääasiassa suoralta auringonvalolta, joka voimakkuutensa vuoksi aiheuttaa häikäisy- ja yliämpenemisriskin. Suomessa kuitenkin suurin osa päivänvalosta koostuu taivaan hajavalosta, jolloin sisätilojen päivänvalo-olosuhteiden kannalta oleellinen seikka on näkymä taivaalle. (14, s. 1; 34, s. 46.)

Varjostus ei siis saa olla liian hallitsevaa, sillä sen tarkoitus ei ole heikentää rakennuksen päivänvalo-olosuhteita tai peittää näkymiä ulos. Etenkin Suomessa varjostamista suunniteltaessa on tärkeää huomioida samalla myös päivänvalo-olosuhteet, minkä vuoksi seuraavissa alaluvuissa käsitellään myös varjostavien rakenteiden vaikutusta sisätilojen valoisuuteen. (34, s. 90–91.)

5.1 Varjostaminen kiinteillä rakenneosilla

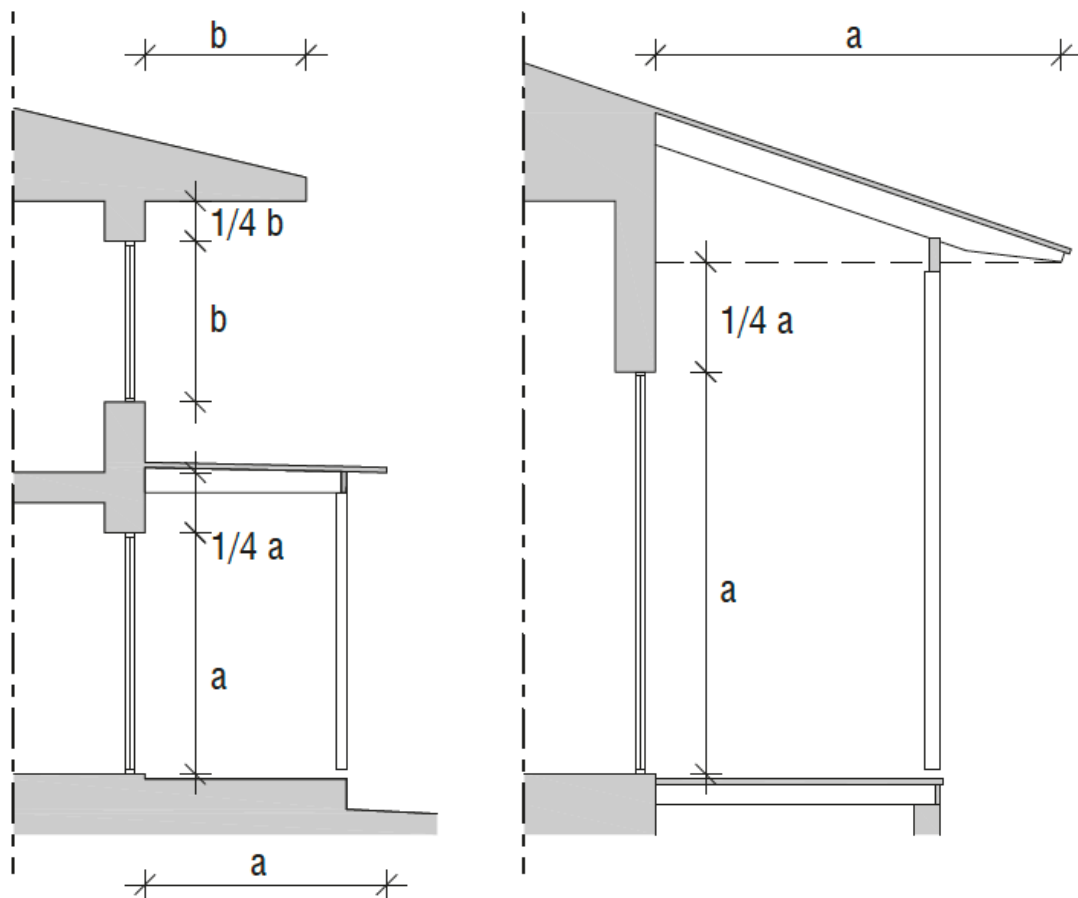
Rakennuksen kiinteät varjostuselementit sijaitsevat yleensä rakennuksen ulkopuolella, jolloin ne vaikuttavat rakennuksen julkisivuarkkitehtuuriin ja luovat tunnistettavuutta. Useat kiinteät rakenneosat on yleensä suunniteltu palvelemaan jotain muuta käyttötarkoitusta kuin varjostamista, jolloin ne voivat varjostaa rakennusta myös tahattomasti. Tällöin riskinä on rakennuksen päivänvalo-olosuhteiden heikkeneminen. Esimerkiksi parveketornin lisääminen rakennukseen jälkeen päin saattaa varjostaa sisätiloja niin voimakkaasti, että päivänvalon määrä huoneessa vähenee

jopa 60 %. Myös katoksien ja räystäiden suunnittelussa usein etusijalla on muu funktionaalisuus, kuten niiden tarjoama suoja sateelta ja toisaalta myös niiden luoma ilme rakennuksen julkisivuarkkitehtuuriin. (22, s. 172; 34, s. 68)

Parvekkeiden, katoksien ja räystäiden lisäksi kiinteisiin julkisivuelementteihin luetaan kuuluvaksi esimerkiksi säleiköt ja lipat (22, s. 172). Kiinteiden rakenteiden suunnittelussa on tärkeää kiinnittää huomiota niiden mitoitukseen, jotta asunnossa voitaisiin hyötyä sekä riittävästä päivänvalosta että välttyä isoilta lämpökuormilta. Kiinteiksi varjostamisen ratkaisuksi voidaan myös katsoa esimerkiksi luvussa 4.1.3 Lasirakenteiden ominaisuuksien vaikutus sisätiloihin pääsevään päivänvaloon ja auringonlämpösäteilyyn mainitut auringonsuojalasit, sillä niiden ominaisuudet ovat pysyviä ja säätäminen käytön aikana ei ole mahdollista.

Kiinteistä vaakarakenteista voidaan hyötyä eniten etelän puolisilla julkisivuilla, johon aurinko paistaa talvella matalalta ja kesällä korkealta, jolloin oikein mitoitettu kiinteä vaakarakenne torjuu tilan yllämpenemistä kesällä mutta mahdollistaa talvella auringonsäteilyn hyödyntämisen tilojen lämmityksessä. Idästä ja lännestä tulevaa auringonsäteilyä on haasteellista varjostaa, sillä säteily tulee niin matalalta, että vaakarakenteesta ikkunan yläpuolella ei ole vastaavaa hyötyä kuin eteläpuolisilla julkisivuilla. Pystysuorat rakenteet puolestaan toimivat paremmin itä- ja länsijulkisivujen varjostamisessa, sillä ne sekä estävät tietyistä kulmista tulevaa auringonsäteilyä, että myös heijastavat valoa huoneeseen. (14, s. 5; 22, s. 172.)

Tehokkaasti varjostavan vaakarakenteen syvyyden pitäisi olla noin 80 % ikkunan korkeudesta ja sen tulisi sijoittua vähän ikkunan yläreunan yläpuolelle. Tällöin matalalta tuleva auringonsäteily pääsee sisätilaan ja aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää passiivisesti. Vaakarakenteen syvyyden mitoitus riippuu myös maantieteellisestä sijainnista, sillä mitä pohjoisempana ollaan, sitä syvempi vaakarakenteen pitäisi olla. Vaakarakenteiden mitoitusta on esitelty kuvassa 17. (14, s. 5.)



KUVA 17. Vaakarakenteen mitoitus Oulun leveysasteille (17, s. 3).

Samalla kun vaakarakenteet varjostavat auringonsäteilyltä, ne myös peittävät näkymän suoraan yläpuolella sijaitsevaan zeniittiin, taivaankannen kirkkaimpaan kohtaan. Näin ollen vaakarakenteet vaikuttavat myös tilan päivänvalo-olosuhteisiin. Erilaisten vaaka- ja pystysuuntaisten lippojen sekä räystäsrakenteiden hyvänä puolena on näkymän säilyminen sekä niiden parempi säänkestävyys verrattuna säädettäviin julkisivurakenteisiin. (22, s. 172.)

Vaakarakenteista lipat ja katokset voidaan toteuttaa säleikköratkaisulla, jonka mitoituksessa tulee ottaa huomioon säleiden suunta, etäisyys toisistaan ja säleikulmat. Näillä tekijöillä on suuri vaikutus rakenteen suojaavuuteen, sillä kevyen näköiseksi suunniteltu rakenne usein suojaa heikosti auringonsäteilyltä kesäisin. (15, s. 8.)

Räystäiden riittävällä mitoituksella saavutetaan sekä suojaus auringolta että sateelta. Erityisesti etelään suunnatuilla julkisivuilla pitkien räystäiden tarjoamasta suojasta on hyötyä, sillä viistosateen suurin rasitus kohdistuu juuri eteläjulkisivuihin. Myös auringonsäteilyn kannalta eteläjulkisivun varjostaminen on tärkeää yllämpenemisriskin takia. (44, s. 9.) Kuvasta 18 ilmenee, että Laukaan Vuonteen kylällä sijaitsevan Satavuon koulun ja päiväkodin räystäät suojaavat julkisivua sekä viistosateelta että auringolta.



KUVA 18. Satavuon ekologisen puukoulun räystäät luovat varjostusta rakennuksen julkisivulle (45.)

5.1.1 Varjostavan vaikutuksen ja käytettävyyden huomioon ottaminen parvekkeiden suunnittelussa

Parvekkeen voidaan määritellä olevan maanpinnan yläpuolella sijaitseva ulkotila, johon on pääsy rakennuksen sisältä. Mikäli ulkotila sijaitsee maantasossa, kyseessä on terassi. Jos taas asunnon ulkotila on sijoitettu vesikatolle, kyseessä on kattoterassi. Talonrakennusosana parveke koostuu vähintään parveketasosta ja parvekekaiteesta, mutta parvekkeella voi olla pilareita, suojakatos ja suojaseiniä. Parveke on keino luoda asukkaalle yhteys sisätilasta ulkotilaan, mutta kaupunki kulttuurissa parvekkeella on aina ollut myös merkitys julkisivun aiheina ja sen arvon nostajina. (46, s. 19, 21, 25.)

Erityisesti tiiviissä kaupunkirakenteessa parvekkeilla on todettu olevan iso merkitys asuntojen päivänvalo-olosuhteisiin, joskus jopa suurempi kuin vastapäisellä varjostavalla rakennuksella. Vastakkainen rakennus ja parveke estävät parvekkeen takana sijaitsevan tilan näkymän taivaalle, mikä vähentää tilan luonnonvalaistusta. Parvekkeilla onkin todettu olevan enemmän vaikutusta asuntoihin tulevaan taivaan hajavaloon kuin varjostavaa vaikutusta suoralta auringonvalolta. Aurinko paistaa etenkin talvella erittäin pienistä kulmista, jolloin edessä oleva matalakin rakennus estää auringonvalon ja sen lämpöenergian hyödyntämisen. Täten heikoimmassa asemassa päivänvalonsaannin sekä lämpöenergian hyödyntämisen kannalta ovat alimmissa kerroksissa sijaitsevat asunnot. (34, s. 68–69.)

RT 93-10940 Asuntosuunnittelu. Ulko-oleskelu -kortti suosittaa parvekkeen syvyydeksi 1 800–2 400 mm ja pinta-alaksi vähintään 6–8 m². Syvä parveke on käytettävyydeltään parempi kuin kapea parveke, sillä se on helppo kalustaa mutta samaan aikaan se vaikuttaa negatiivisesti asuntojen päivänvalo-olosuhteisiin. 1,8 m syvä parveke vähentää näkyvän taivaan kulmaa 70 % ja 2,4 m syvä parveke 80 % riippuen ikkunan korkeudesta. Parvekkeiden syvyys tulisi siis minimoida, jos parvekkeen alla tai takana on ikkuna ja tilojen päivänvalo-olosuhteet halutaan säilyttää optimaalisina. (47, s. 2; 34, s. 69.)

Näkyvän taivaan kulma on olennainen tekijä asunnon päivänvalaistuksen kannalta. Asuntojen päivänvalonsaannin kannalta parvekkeita ei saisi sijoittaa ikkunoiden yläpuolelle, eikä niiden tulisi olla syvempiä kuin on tarpeen. Myös koko julkisivun mittaisen parvekerakenteen umpinaiset sivut leikkaavat osan auringonsäteilystä saatavasta hyödystä. Lisäksi koko huoneiston ikkunoiden edessä oleva parvekerakenne vähentää päivänvalon määrää huoneistossa. Yksi ratkaisu tähän on ikkunoiden sijoitus niin, että osa asunnon ikkunoista aukeaa suoraan ulkotilaan ja osa parvekkeelle. (22 s. 142–143; 17; 16, s. 16.)

Parvekkeiden lasitus on nykyaikaisessa kerrostaloarkkitehtuurissa yleistä, sillä pyritään tekemään parvekkeesta lisähuone asuntoon jatkamalla parvekkeen käyttöaikaa keväällä ja syksyllä. Parvekkeen käyttö lisähuoneena ilmenee kuvasta 19, josta huomaa myös syvän lasitetun parvekkeen varjostavan vaikutuksen. On kuitenkin tutkittu, että lasitus lisää parvekkeiden käyttöaikaa vain 1–2,5 kuukaudella verrattuna lasittamattomaan parvekkeeseen. Lisäksi lasitus leikkaa osan auringonsäteilystä, jolloin parvekkeen takana sijaitsevissa sisätiloissa päivänvalon määrä vähenee jopa 30–40 % ja aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen estyy. Toisaalta lasitettu parveke muodostaa sen takana sijaitsevalle tilalle puskurivyöhykkeen, joka pienentää lämpöhäviötä

ja näin parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Lasitetuilla parvekkeilla on siis sekä hyviä että huonoja puolia. (47, s.101; 16, s.12, 39; 7, s. 16; 17.)



KUVA 19. Parvekkeen lasitus lisää parvekkeen käyttöaikaa sekä kalustamisen mahdollisuuksia, mutta varjostaa myös parvekkeen takana sijaitsevaa huonetta (49).

Lasituksen lisäksi parvekekaiteiden sekä rakenteiden on todettu vähentävän parvekkeen takana olevan tilan päivänvalosuhdetta puolella. Pintamateriaaleissa tulisi suosia vaaleita värejä etenkin katossa ja lattiassa, jotta heijastuneesta valosta voitaisiin hyötyä. Parvekkeella käytettyjen tummien pintamateriaalien on todettu vähentävän sisätilan päivänvalosuhdetta 30 % verrattuna vaaleisiin pintoihin. (16, s. 12; 7, s. 16; 34, s. 70.)

5.1.2 Kaksoisjulkisivu varjostavana rakenteena

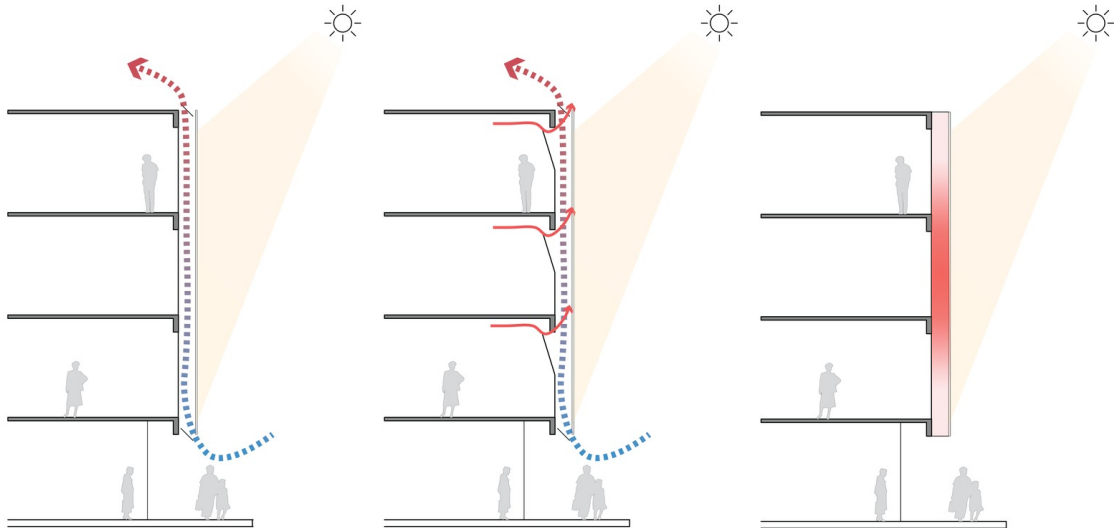
Kaksoisjulkisivut ovat julkisivujärjestelmiä, jotka koostuvat kahdesta kuoresta. Ulompi kerros on usein tehty lasista, joissakin tapauksissa myös sisempi kerros eli rakennuksen varsinainen julkisivu on lasia. Kerrosten väliin jää puskurivyöhyke, jota kutsutaan myös siirtymävyöhykkeeksi tai välionteloksi. Vyöhykkeen mitta vaihtelee 20–100 cm:n välillä ja se voidaan yhdistää ulko- tai si-

säilmaan, jolloin ilma virtaa puskurivyöhykkeen läpi. Kaksoisjulkisivujen toiminta riippuu paljon ulkoisista olosuhteista, esimerkiksi auringonsäteilystä ja lämpötilasta. Täten huolellinen suunnittelu on tärkeää ja edellyttää yksityiskohtaista tietoa auringon suunnasta, rakennuksen ympäristöstä, paikallisesta auringonsäteilystä, lämpötilaolosuhteista ja rakennuksen käyttöasteesta. (22, s. 176, 49.)

Puskurivyöhyke parantaa auringonsäteilyn hallintaa, jolloin myös liialliselta häikäisyltä voidaan välttyä. Lisäksi se välittää valoa ja tasapainottaa kontrastia sisätiloissa. Varjostaminen järjestetään usein puskurivyöhykkeen avulla, esimerkiksi sijoittamalla auringonsuojalaitteita ulompaan julkisivuun. (22, s. 176; 50.)

Laitteiden sijoittaminen kaksoisjulkisivujen yhteyteen myös parantaa niiden kestävyyttä Suomen olosuhteissa kaksoisjulkisivurakenteen tarjoaman suojan vuoksi. Lisäksi lasisen kaksoisjulkisivun tuomaan varjostukseen voidaan vaikuttaa lasirakenteiden ominaisuuksilla, kuten luvussa 4.1.3 Lasirakenteiden ominaisuuksien vaikutus sisätiloihin pääsevään päivänvaloon ja auringonlämpösäteilyyn todettiin. (34, s. 87.)

Kaksoisjulkisivujen toimintaperiaatetta on esitelty kuvassa 20. Ilmavirta puskurivyöhykkeen läpi voidaan ohjata koneellisesti tai painovoimaisesti. Etenkin lämpimissä ilmastoissa puskurivyöhyke voidaan tuulettaa rakennuksen ulkopuolelle, jolloin lämmin ilmassa nousee ylöspäin savupiippuilmion mukaisesti. Tällöin viileä ilma korvaa lämpimän ilman ja ympäristöön syntyy kevyt ilmavirtaus, joka estää myös lämpötilan nousua. Kylmissä ilmastoissa puskurivyöhyke estää lämpöhäviöitä ja auringon lämmittämä ilma voi lämmittää myös lasin sisäpuolella olevia tiloja vähentäen näin sisätilojen lämmitystarvetta. (22, s. 176; 50.)



KUVA 20. Kaksoisjulkisivun puskurivyöhyke voidaan lämpimissä ilmastoissa tuulettaa rakennuksen ulkopuolelle. Kylmissä ilmastoissa puskurivyöhyke estää lämpöhäviöitä ja lämmittää sisätiloja. (51.)

Kaksoisjulkisivujärjestelmät ovat teknisesti monimutkaisia ja kalliita verrattuna tavallisiin julkisivuihin. Ne tarvitsevat tilaa sekä huoltoa, ja niiden toiminta saattaa heikentyä, jos rakennuksen ympäristö muuttuu esimerkiksi varjostavan naapurirakennuksen myötä. Niiden etuja ovat hyvä energianhallinta sekä mahdollisuus hallita rakennukseen kohdistuvaa auringonsäteilyä ja päivänvaloa. Kaksoisjulkisivurakenteet eristävät rakennusta tuulelta ja melulta sekä äärimmäisiltä lämpötiloilta. Lisäksi rakenne parantaa rakennuksen lämpötehokkuutta korkeissa ja matalissa lämpötiloissa. (22, s. 176; 50.)

Viikin Ympäristötalo

Kuvassa 21 näkyvässä arkkitehti Kimmo Kuismasen suunnittelemassa Viikin Ympäristötalossa Helsingissä on käytetty ripustettuja kaksoisjulkisivuja eteläpuoleisilla julkisivuilla. Kaksoisjulkisivut parantavat rakennuksen energiatehokkuutta ja niihin on integroitu sähköä tuottavia aurinkopaneeleita. Aurinkopaneelit varjostavat rakennusta kesällä ja päästävät auringonvaloa läpi talvella. Julkisivujen väliin jäävä puskurivyöhyke lämmittää rakennusta talvella ja painovoimainen tuuletus viilentää tilaa kesällä. (52; 53.)



KUVA 21. Viikin Ympäristötalo valittiin Suomen energiatehokkaimmaksi toimistorakennukseksi vuonna 2013 (54).

Suunnitteluvaiheessa Viikin Ympäristötalon jokainen ilmansuunta analysoitiin auringon ja tuulen suhteen. Aurinkopaneelien ansiosta päivänvalon määrää sisätiloissa pystyttiin lisäämään. Toisaalta myös rakennuksen jäähdytystarve vähentyi paneelien varjostavan vaikutuksen takia. (55.)

Tesoman koulu ja päiväkoti

Tampereelle vuonna 2019 valmistuneessa Tesoman koulussa ja päiväkodissa on tilat noin 1 000 oppilaalle sekä 140 päiväkotilaiselle. Yhtenäiskoulu ja päiväkoti jakautuu oppilaiden iän mukaan omiin alueisiinsa ja rakennus koostuukin tavallaan kolmesta rakennuksesta, joita yhdistää keskellä sijaitseva keskusaula. Rakennuksen eri alueet erottuvat jo ulkopuolella värikkäiden kaksoisjulkisivujen ansiosta, joiden värimaailma jatkuu rakennuksen sisällä esimerkiksi lattioissa ja seinissä. (56.) Päiväkodin puolen värikäs kaksoisjulkisivu on havaittavissa kuvasta 22.



KUVA 22. Päiväkodin puolen kaksoisjulkisivun keltainen väri jatkuu myös varsinaisen julkisivun pintamateriaalissa (57).

Julkisivujen kantava rakenne on toteutettu betonielementeistä ja julkisivujen pintamateriaaleissa on käytetty sekä tiililaattaa että rappausa. Pintamateriaalit kuitenkin peittyvät kaksoisjulkisivujen taakse, joiden uloin osa on perforoitua alumiinilevyä. Kaksoisjulkisivujen pinnan eläin- ja luontoaiheiset kuviot on toteutettu reikälevyillä, jotka toimivat julkisivun varjostavina elementteinä. Kaksoisjulkisivun lisäksi myös leveät katokset suojaavat rakennusta auringon lämpökuormalta. (56; 58.)

5.2 Varjostaminen säädettävillä julkisivujärjestelmillä

Säädettävät julkisivujärjestelmät tarjoavat tehokkaampaa auringonsuojaa kuin kiinteät rakenteet, koska niitä voi säätää vuodenaikojen ja sääolosuhteiden mukaan. Säädettäviä julkisivujärjestelmiä ovat esimerkiksi erilaiset kaihtimet ja markiisit sekä julkisivuelementit, kuten paneelit ja säleiköt. Ulkopuoliset suojaukset auringolta ovat lämpöteknisesti parempia kuin rakennuksen sisä-

puolella sijaitsevat suojaukset. Suojaavan elementin sijaitessa ulkopuolella myös auringosta tuleva lämpösäteily jää rakennuksen ulkopuolelle, jolloin sisätila välttyy tehokkaasti ylikuumenemiselta.

(14, s. 8; 22, s. 172.)

Erityisesti itään ja länteen suunnatuilla julkisivuilla varjostus voidaan toteuttaa säädettävillä auringonsuojaus varusteilla, sillä idästä ja lännestä saapuva auringon säteily tulee niin matalalta, että varjostaminen kiinteillä rakenteilla näkymiä peittämättä on hyvin haastavaa. Säädettävien julkisivujärjestelmien huonona puolena ovat niiden ylläpitokustannukset ja varsinkin ulkopuolella sijaitsevien järjestelmien alttius sääolosuhteille, esimerkiksi tuulelle ja jäälle. Rakenteiden automaattikka myös lisää sähkönkulutusta. (16, s. 10, 31; 22, s. 171–172.)

Erilaiset kaihtimet ovat yksi keino varjostaa rakennusta. Kaihtimet voivat sijaita ikkunarakenteen ulkopuolella, sisäpuolella tai ikkunan sisällä. Rakennuksen ulkopuoliset sälekaihtimet mahdollistavat tarkan päivänvalon hallinnan, jolloin auringonvalo voidaan sulkea kokonaan pois tai suunnata tilan kattoon, jolloin valo heijastuu katon kautta myös huoneen takaosiin. Ulkopuolella sijaitsevat kaihtimet ovat kuitenkin herkkiä tuulelle. Toisaalta sisäpuolella sijaitsevat kaihtimet ehkäisevät vain häikäisyä ja päästävät auringon lämpösäteilyn huoneeseen. (22, s. 172; 34, s. 92.)

Ikkunarakenteen väliin sijoitettu sälekaihdin varjostaa tehokkaasti häikäisyltä ja auringonlämpösäteily ei pääse etenemään sisätilaan asti. Sälekaihtimet ovat yleinen keino varjostaa ja säädellä huoneen valaistusta, mutta kuten ikkunoidenkin osalta, Diplomityössään Hanna Vikberg suosittelee jakamaan myös sälekaihtimet osiin, jolloin osa ikkunan sälekaihtimista voi olla auki ja osa kiinni saman aikaisesti. Tämä antaa asukkaalle vielä enemmän mahdollisuuksia asunnon päivänvalon säätelyyn. (34, s. 92–93.)

Markiisit ovat ikkunoiden yläpuolelle sijoitettavia kangaskatoksia, jotka tarjoavat suojaa sateelta sekä auringolta. Niitä voidaan käyttää sekä ikkunoiden aurinkosuojina että ulkotilan katteena. Niin sanotut ikkunamarkiisit ovat hieman ikkunaa leveämpiä ja laskeutuvat jyrkässä kulmassa ikkunan eteen. (59.) Markiisien käyttö ikkunoiden aurinkosuojana ilmenee kuvasta 23.



KUVA 23. Markiisit suojaavat ikkunoita tehokkaasti auringonsäteilyltä (60).

Markiisit ovat yksinkertaisia ja tehokkaita auringonsuojia, jotka estävät auringonpaisteen luomalla varjon ulkopuolelle ikkunan eteen. Ne pitävät hyvin lämpösäteilyn sisätilan ulkopuolella, mutta päästävät samalla riittävästi valoa sisään ja lisäksi näkymä ulos säilyy vähintään ikkunan alaosissa. Markiisit eivät kuitenkaan ehkäise häikäisyltä parhaimmalla mahdollisella tavalla, minkä lisäksi ne ovat herkkiä tuulelle. (22, s. 172.)

Joskus rakennuksen aurinkosuojauksen ainoa vaihtoehto on rakennuksen suojaaminen sisäpuolelta. Tekstiilit, esimerkiksi verhot ovat edullinen vaihtoehto suojautua auringonsäteilyltä. Niiden puhdistus ja huoltaminen on helppoa, minkä lisäksi häikäisyneosto onnistuu. Jotta auringonlämpösäteily heijastuisi takaisin ulos, tulisi suosia vaaleita värejä. (22, s. 175.)

6 RANTA-TOPPILAN PUUKERROSTALOT

Opinnäytetyössä suunniteltiin puukerrostalojen kokonaisuus Ranta-Toppilan alueelle Ouluun. Alun perin vain yhteen puukerrostaloon keskittynyt työ laajeni suunnittelun edetessä käsittämään yhteensä viiden keskenään identtisen puukerrostalon kokonaisuutta, jotka sijaitsevat samassa korttelissa. Työn keskiössä pysyi silti yhden puukerrostalon suunnittelu, jonka lisäksi muiden kortteihin sijoittuneiden rakennusten avulla tutkittiin aluetta kokonaisuutena sekä niiden toisiaan varjostavaa vaikutusta. Puukerrostaloja suunniteltaessa keskiössä pidettiin päivänvalo-olosuhteet sekä aurinkoarkkitehtuurin asettamat ohjeistukset. Suunnittelun pääperiaatteena oli, että jokainen ratkaisu on perusteltavissa päivänvalo-olosuhteiden parantamisella tai rakennuksen varjostamista edistävällä seikalla.

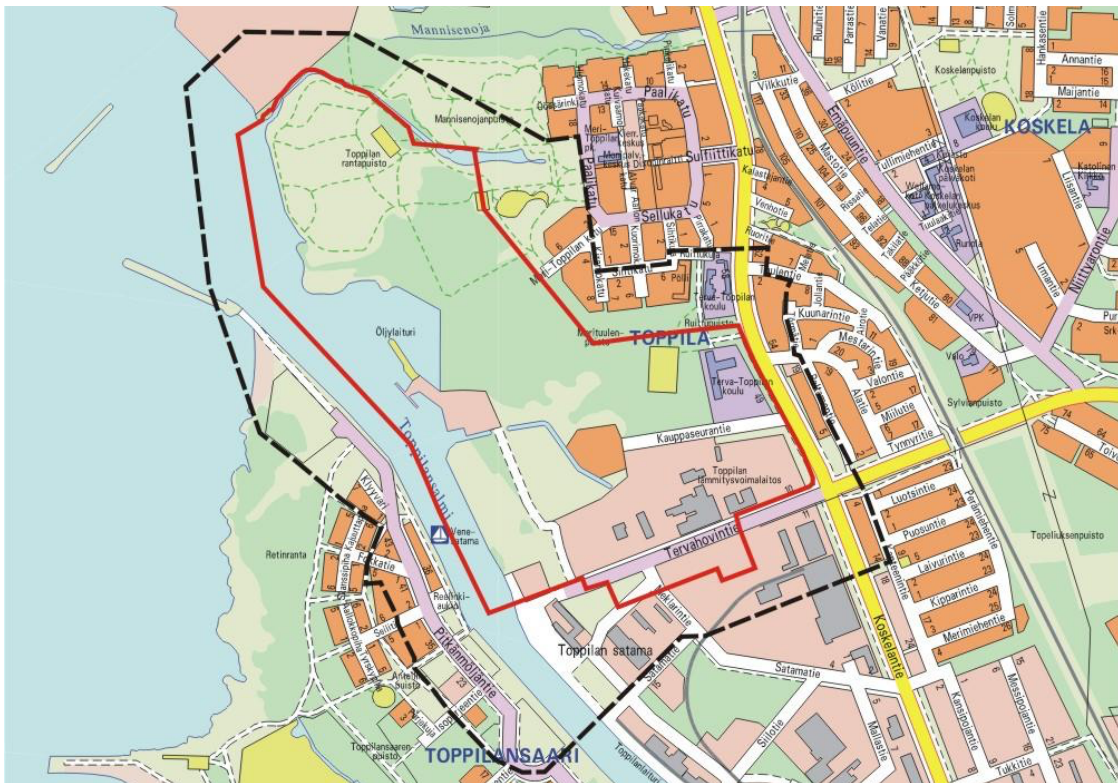
Suunnittelu pohjautui opinnäytetyön lukujen 2–4 teoriaan, joiden avulla pyrittiin suunnittelemaan asuinkerrostalon varjostaminen niin, että asuntojen päivänvalo-olosuhteet säilyvät optimaalisina ja auringon lämpösäteilyä voitaisiin hyötyä. Lisäksi suunnittelun lähtötietoina käytettiin alueen asemakaavaa ja viitesuunnitelmaa. Näistä jouduttiin kuitenkin poikkeamaan merkittävästi, jotta voitaisiin noudattaa opinnäytetyön teoriaosassa esille tulleita suunnitteluohjeita koskien päivänvalon määrää ja rakennuksen varjostamista.

Rakennusten varjostamista lähestyttiin alusta alkaen kokonaisuutena, samalla huomioiden rakennusten päivänvalo-olosuhteet. Alussa suunniteltiin rakennusten massaa ja muotoa sekä niiden sijoittamista tontille niin, että ne varjostaisivat toisiaan mahdollisimman vähän. Samalla pohdittiin myös rakennusten suuntausta ilmansuuntien suhteen, jotta passiivisen aurinkoenergian käyttö olisi mahdollista. Rakennusten suuntauksen ja muodon ollessa selvillä pystyttiin jatkamaan rakennuksen varjostuksen suunnittelua aukotuksen ja rakennuksen julkisivun ulkopuolisen varjostamisen kannalta.

Puu valikoitui kerrostalon materiaaliksi monista syistä. Tavoitteena oli tutustua tarkemmin puukerrostalon suunnitteluperusteisiin opinnäytetyön ohessa ja toisaalta valinnalla haluttiin myös kannustaa ja edistää puun käyttöä asuinkerrostalojen rakentamisessa. Pintamateriaalina puu oli myös perusteltu valinta alueelle, sillä asemakaava ohjaa alueella puuverhoilun käyttöön julkisivuissa (61). Lisäksi puu sopii alueen kaupunkikuvallisiin tavoitteisiin, joihin kuuluu Perämeren

rannikon puukaupunkiperinteen soveltaminen sekä selkeälinjainen julkisivujäsentely harkituilla materiaali- ja värivalinnoilla (62, s. 1).

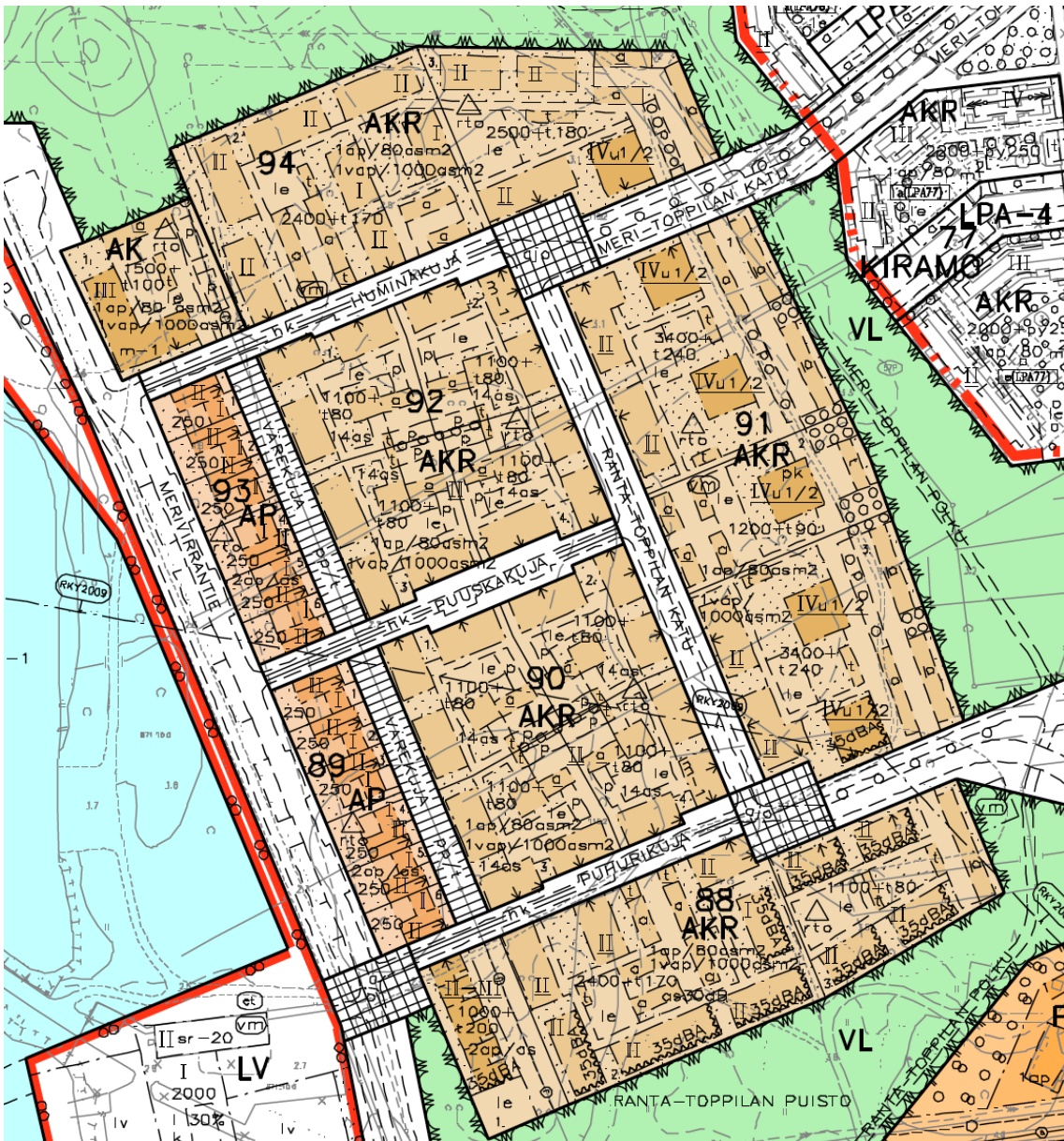
Ranta-Toppila kuuluu maankäytön muutosvyöhykkeeseen, joka on osoitettu Oulun yleiskaavassa 2020. Muutosvyöhykkeen tavoitteena on kehittää kaupunkimaisen asumisen ja palveluiden alueita vajaakäyttöisiksi jääneiden työpaikka-alueiden tilalle. Ranta-Toppila on viimeinen kehitysalue Oulun keskustan ympäristön muutosvyöhykkeestä, lähellä sijaitsevien Toppilansalmen sekä Toppilansaaren alueiden rakentaminen on ollut käynnissä jo pitkään. Ranta-Toppilan kaavoitus merrilliseksi asuntoalueeksi yhdistää Meri-Toppilan alueen Toppilansalmeen ja täydentää aluekokonaisuutta, tämä on huomattavissa kuvasta 24. Alueen asemakaava tuli voimaan 16.10.2015. (63.)



KUVA 24. Opaskarttaan asemakaavan muutosalue on merkitty punaisella (64).

6.1 Puukerrostalojen sijainti ja alueen asemakaava

Opinnäytetyössä suunniteltu puukerrostalojen kokonaisuus sijoittui Ranta-Toppilan alueelle, kortteliin 91. Kortteli rajautuu idässä Merituulen puistoon, jonka läpi Meri-Toppilan polku kulkee. Luoteessa kortteliä rajaa Meri-Toppilan katu ja lounaassa Ranta-Toppilan katu. Tarkempi yhden puukerrostalon päivänvalo-olosuhteita ja varjostamista tutkiva suunnitelma toteutettiin korttelin pohjoispäässä Meri-Toppilankadun vieressä sijaitsevalle tontille. Korttelin sijainti on havaittavissa kuvasta 25.



KUVA 25. Ote Ranta-Toppilan asemakaavasta. Kortteli 91 sijoittuu alueen itäpuolelle, Merituulen puiston viereen (65).

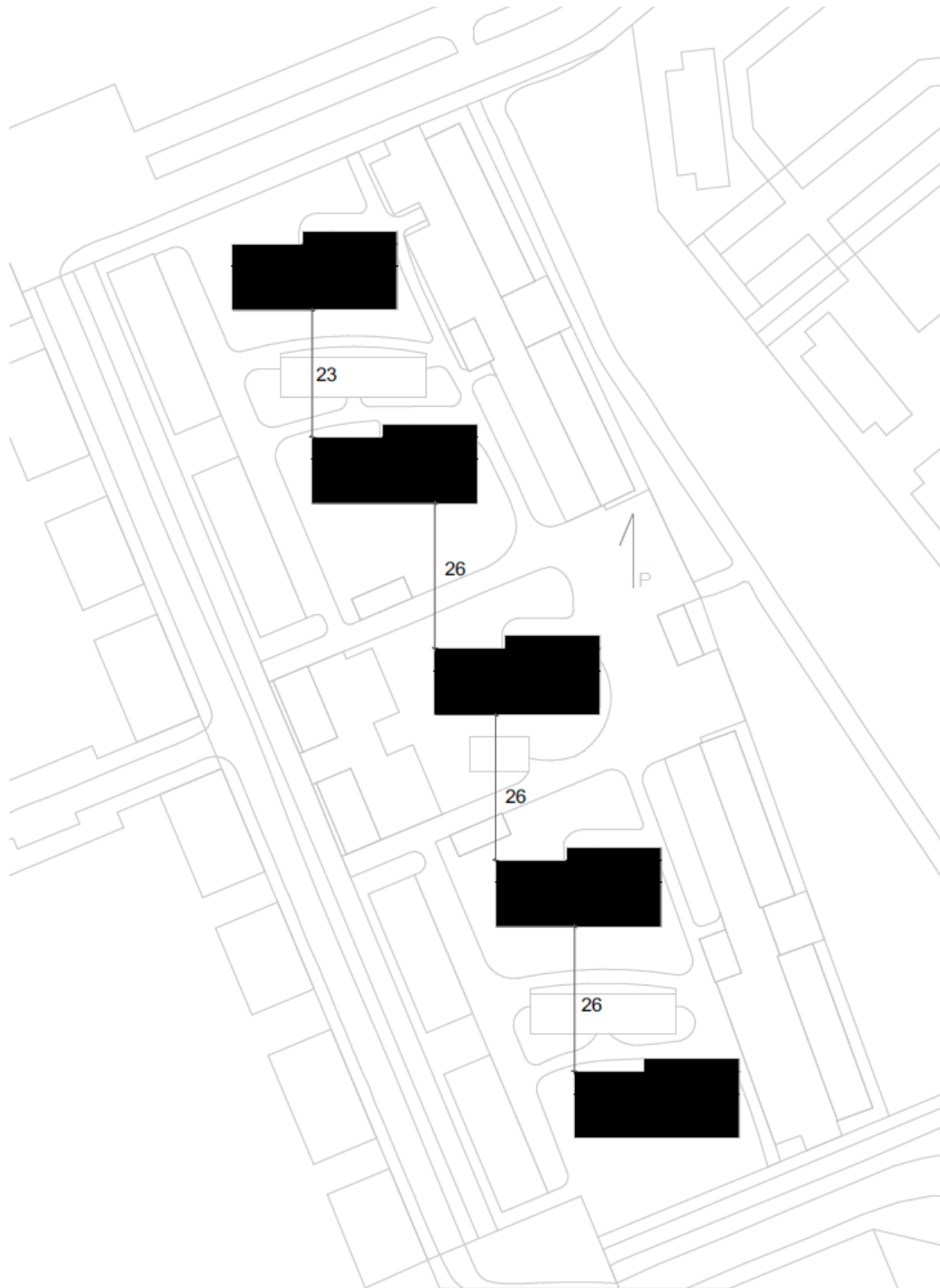
Kortteli 91 jakautuu kolmeen tonttiin, joista kahteen sijoittuu kaksi kerrostaloa ja keskelle jäävään tonttiin yksi kerrostalo. Asuinkerrostalojen kerrosluvuksi on asemakaavassa määrätty 4 kerrosta ja ullakko, jonka kerrosalaan laskettava pinta-ala sai olla enintään puolet asuinkerrostalon suurimman kerroksen alasta. Tämän lisäksi ullakkokerroksen yläpuolelle sai rakentaa 50 kerrosalaneliötä yhteiskäyttötilaa asemakaavassa osoitetun kerrosalan lisäksi. (61.)

6.2 Asuinkerrostalojen muoto ja sijoitus tontilla

Ympäristön varjostava vaikutus otettiin huomioon jo suunnittelun alussa, jolloin lähdettiin liikkeelle rakennusten sommittelusta korttelin alueelle. Haasteeksi osoittautui korttelin kapea muoto sekä tiiviiksi kaavoitettu alue. Toisin kuin asemakaavaan merkityt neliön muotoiset rakennusalat ohjaavat, paikalle suunniteltiin suorakaiteen muotoisia asuinkerrostaloja, jotka vaativat enemmän tilaa kuin viitesuunnitelmassa esitetyt pistetalot (62, s. 7).

Opinnäytetyön teoriaosan luvussa 3.2.1 Rakennuksen muodon vaikutus rakennukseen tulevaan lämpösäteilyyn sekä päivänvalo-olosuhteisiin todettiin, että passiivisen aurinkoenergian hyödyntämisen kannalta hyvä vaihtoehto asuinrakennuksen muodolle on suorakaide, jonka pitkät sivut on suunnattu etelään ja pohjoiseen. Tähän perustuen kerrostalot suunniteltiin suorakaiteen muotoisiksi ja ne sijoitettiin tontille niin, että niiden pitkät sivut on suunnattu etelään ja pohjoiseen.

Toisaalta alueen tiiveys aiheutti haasteita ympäristön varjostavan vaikutuksen kannalta, minkä vuoksi oli tarpeellista tutkia kerrostalojen välisiä etäisyyksiä. Teoriaosan lukuun 3.3 Kaupunkirakenteen varjostava vaikutus perustuen rakennusten välisiksi etäisyyksiksi määräytyi minimissään 23 m:ä ja maksimissaan 26 m:ä. Tämän lisäksi rakennukset sijoitettiin toistensa lomaan niin, että mikään rakennus ei olisi täysin toisen rakennuksen edessä. Rakennusten sijoitus ja niiden väliset etäisyydet ovat havaittavissa kuvasta 26. Luvussa 3.3 todettiin myös, että suorakaiteen muotoinen rakennus vaatii rakennuspaikaltaan avoimuutta, mikä osaltaan toteutuu suunnitelmassa, sillä korttelin itäpuolella on puistoalue.

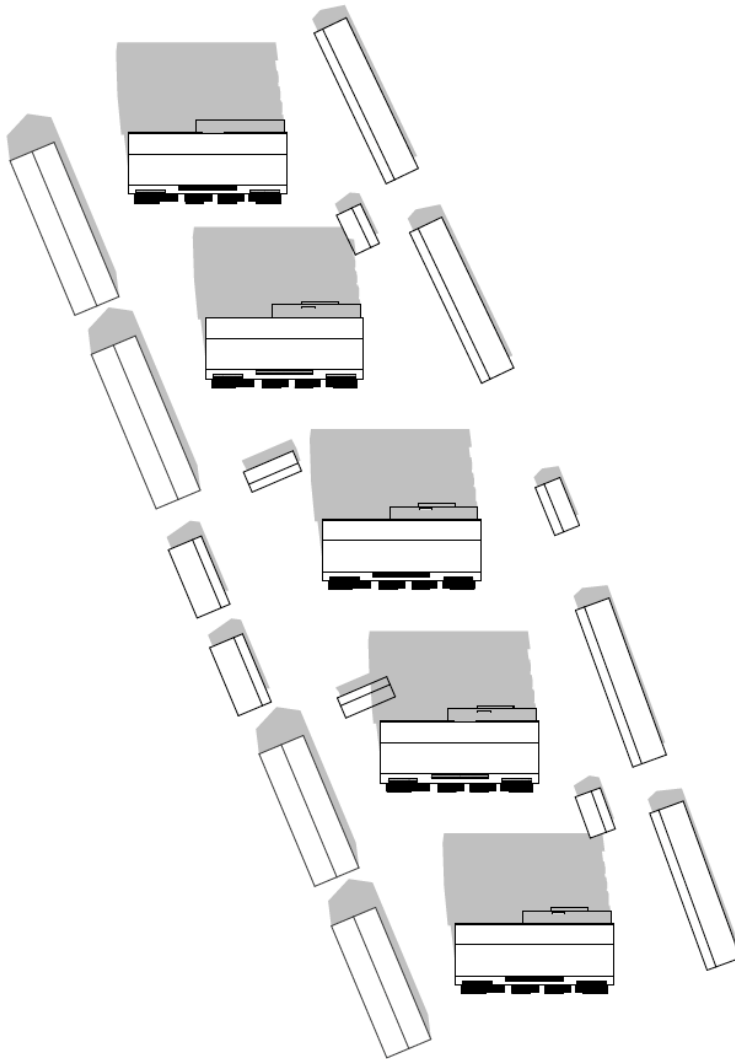


KUVA 26. Rakennukset on suunnattu tontilla lomittain toisiinsa nähden niin, että pitkät sivut ovat suunnattuina pohjoiseen ja etelään. Rakennusten etäisyys vaihtelee 23 m:stä 26 m:iin.

6.3 Ympäristön varjostustutkielmat eri vuodenaikoina

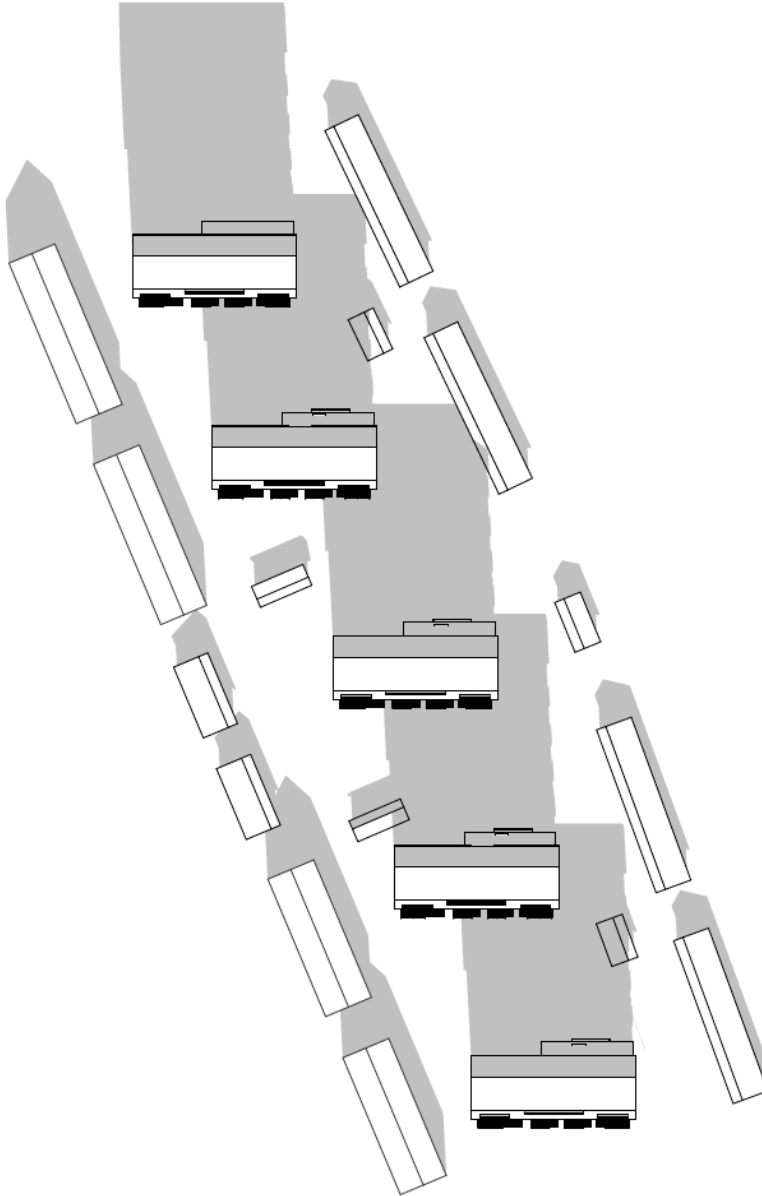
Ympäristön varjostustutkielmat toteutettiin Archicad-ohjelman varjoanalyysi-työkalulla. Ennen työkalun käyttöä korttelin tarkat koordinaatit syötettiin projektin tietoihin, jotta ohjelma pystyi laskemaan varjot oikein. Kaikissa tapauksissa kellon aika on 12 päivällä.

Kesäpäivänseisauksen aikaan aurinko paistaa noin 60°:n kulmassa, minkä vuoksi varjot ovat lyhyitä. Kuvasta 27 on havaittavissa, että kesäpäivänseisauksen aikaan asuinkerrostalot aiheuttavat korkeudesta huolimatta vain lyhyitä varjoja. Näin ollen rakennukset eivät juurikaan varjosta toisiaan, minkä johdosta varsinkin asuinkerrostalojen etelään suunnattujen julkisivujen ikkunoiden varjostaminen kiinteillä rakenneosilla on tärkeää.



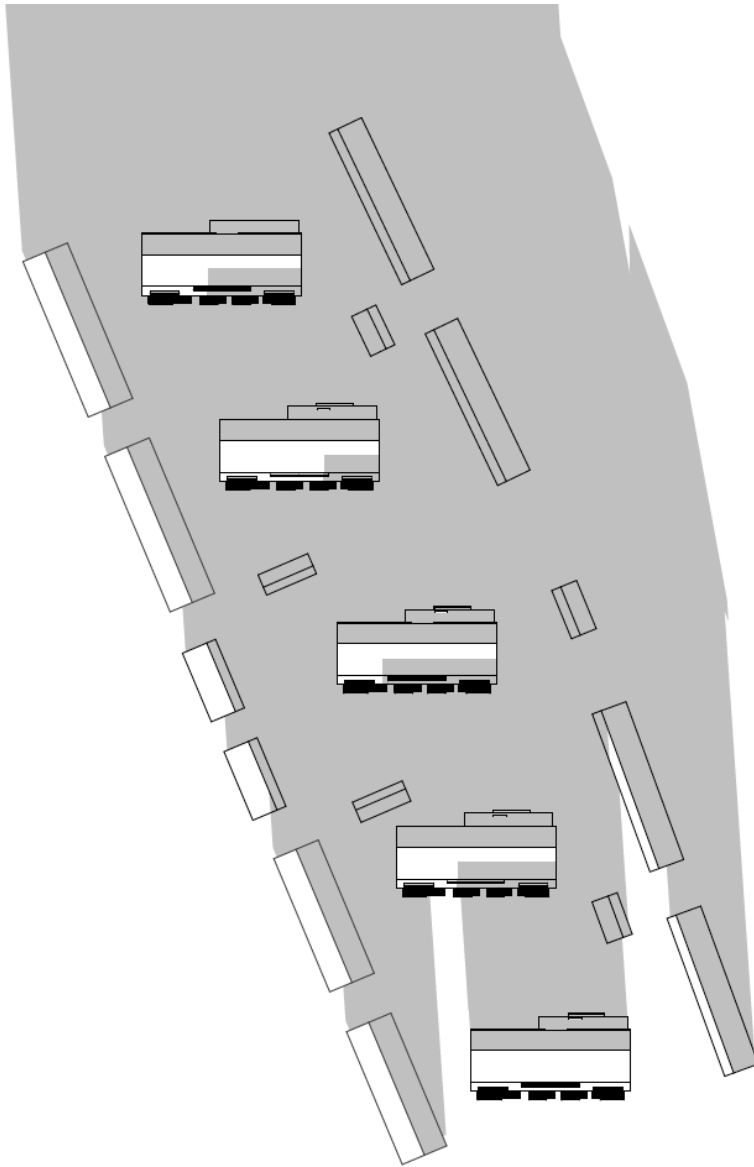
KUVA 27. Korttelin rakennusten varjot kesäpäivänseisauksena 22.6.2021 klo 12

Syyspäiväntasauksen aikaan aurinko paistaa noin 30°:n kulmassa. Kuvasta 28 on havaittavissa, että syyspäiväntasauksen aikaan varjot ovat pitkiä ja näin ollen rakennukset myös varjostavat toisiaan. Rakennusten sijoittelun ansiosta jokaisen kerrostalon länsipäätyyn kuitenkin osuu hieman suoraa auringonsäteilyä.



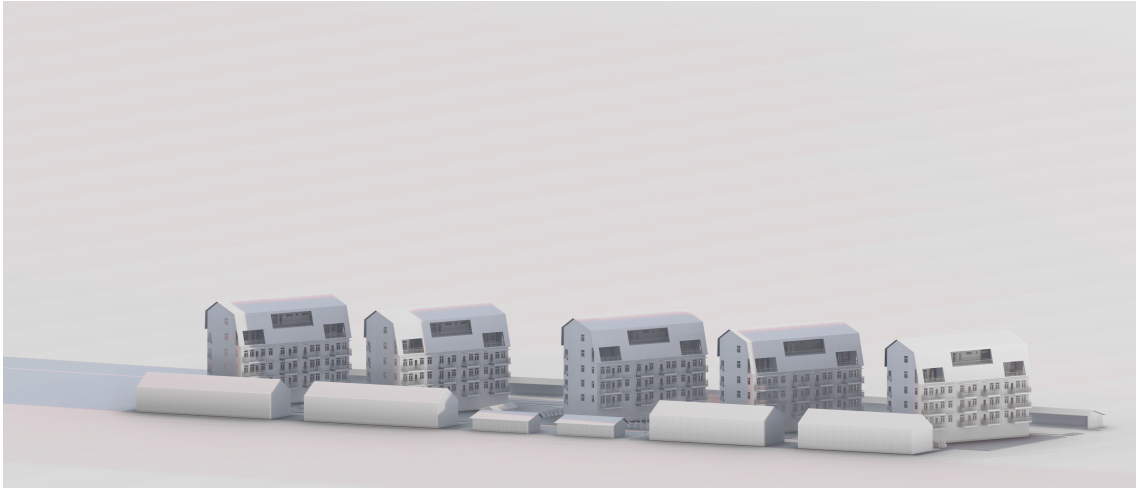
KUVA 28. Korttelin rakennusten varjot syyspäiväntasauksena 22.9.2021 klo 12

Talvipäivänseisauksen aikaan aurinko paistaa alle 10°:n kulmassa. Tällöin aurinko paistaa juuri ja juuri horisontista tai laskee sen alapuolelle, jolloin aurinkoa ei näy. Täten auringonvaloa ei ole juuri lainkaan tai hyvin matalta paistava aurinko luo rakennuksille pitkiä varjoja. Tämä tilanne on havaittavissa kuvasta 29, josta huomaa, että korttelin kaikki rakennukset ovat varjossa.



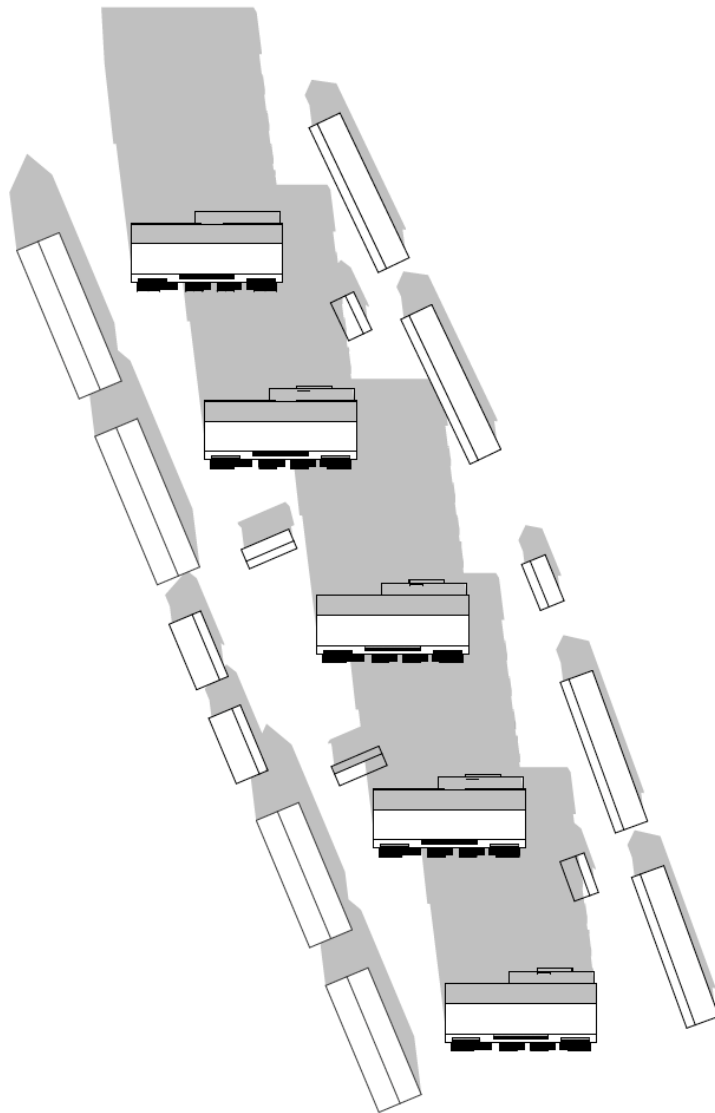
KUVA 29. Korttelin rakennusten varjot talvipäivänseisauksena 22.12.2021 klo 12

Korttelin rakennusten varjostustilanteesta talvipäivänseisauksena tehtiin myös toinen tutkielma käyttäen Lumion-visualisointiohjelmaa. Näin saatiin tarkempi kuva julkisivuihin osuvista varjoista. Kuvasta 30 on havaittavissa, että suurin osa korttelin rakennusten etelän puoleisista julkisivuista on varjon peitossa. Ainoastaan korttelin eteläpäätyyn sijoitetun kerrostalon julkisivu ei ole varjossa, mutta todellisuudessa tähänkin julkisivuun osuisi varjoja tien toisella puolella sijaitsevista asuinrakennuksista. Varjostustutkielmassa otettiin huomioon vain korttelin alueella sijainneet rakennukset.



KUVA 30. Korttelin rakennusten varjot lounaasta katsottuna talvipäivänseisauksena 22.12.2021 klo 12

Kevätpäiväntasauksen aikaan aurinko paistaa noin 30°:n kulmassa, jolloin matalakin rakennus aiheuttaa varjostusta. Kuvasta 31 on havaittavissa, että kevätpäiväntasauksen aikaan varjostustilanne on korttelissa hyvin samanlainen verrattuna syyspäiväntasaukseen. Molempina aikoina varjot ovat pitkiä ja vain rakennusten länsipäädyt saavat osakseen suoraa auringonsäteilyä.



KUVA 31. Korttelin rakennusten varjot kevätpäiväntasauksena 20.3.2021 klo 12

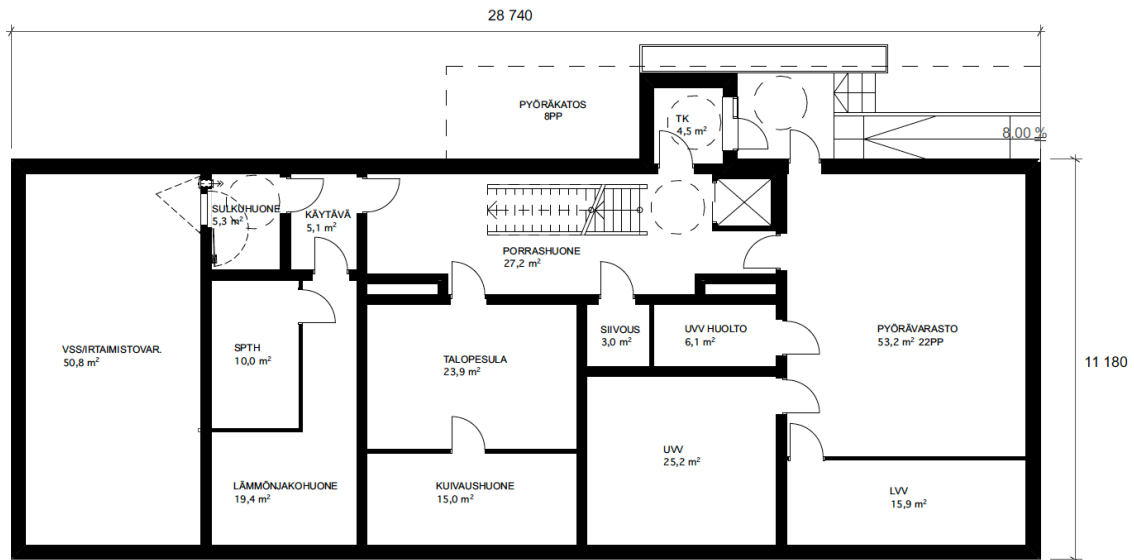
Varjostustutkielmien yhteenvetona voidaan todeta, että hyvin suurella todennäköisyydellä passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen rakennuksessa on erittäin haastavaa rakennusten toisiaan varjostavan vaikutuksen takia. Syyspäiväntasauksen ja kevätpäiväntasauksen välisenä aikana rakennukset varjostavat toisiaan erittäin voimakkaasti ja suurin osa rakennusten eteläjulkisivuista ovat edessä olevan rakennuksen varjostamia.

6.4 Asuinkerrostalojen tilasuunnittelu

Asuinkerrostalon tilasuunnittelun osalta tavoitteena oli luoda eri kokoisia asuntoja sekä toimivat yhteiskäyttötilat talon asukkaille. Tilasuunnittelu aloitettiin tutkimalla rakennuksen runkosyvyttä ja

massaa, sillä niillä on vaikutusta rakennuksen päivänvalo-olosuhteisiin. Lisäksi kiinnitettiin huomiota asuntojen sijoittumiseen rakennuksessa, jolla oli vaikutusta sekä asuntojen syvyyteen että avautumiseen eri ilmansuuntiin. Porrashuone sijoitettiin rakennuksen pohjoispuolelle, jolloin rakennuksen eteläpuoli voitiin ottaa asuntojen käyttöön.

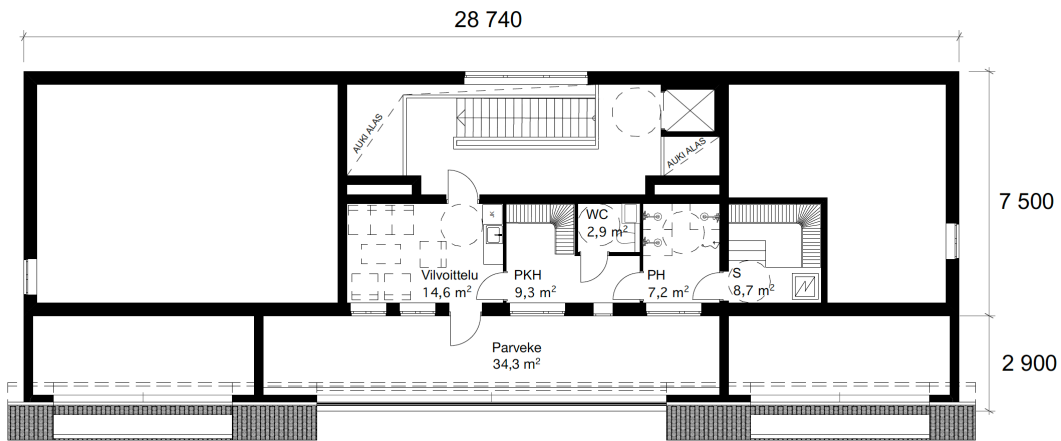
Heti alussa oli selvää, että ensimmäiseen kerrokseen ei tulisi sijoittaa asuntoja, sillä alimpien kerrosten asunnot ovat päivänvalo-olosuhteiltaan huonoimmassa asemassa johtuen ympäristön varjostuksesta. Lisäksi asemakaavan mukaan rakennukseen ei saa rakentaa kellaria, joten oli luontevaa sijoittaa ensimmäiseen kerrokseen erilaisia taloyhtiön yhteisiä tiloja asukkaiden käyttöön. Ensimmäiseen kerrokseen sijoitettiin pyörä- ja ulkoiluvälinevarastot, talopesula ja kuivaushuone, osa teknisistä tiloista sekä irtaimistovarasto, joka toimii myös väestönsuojana. Tilojen sijoittuminen ensimmäiseen kerrokseen on havaittavissa kuvasta 32.



KUVA 32. Ensimmäisen kerroksen pohjapiirros

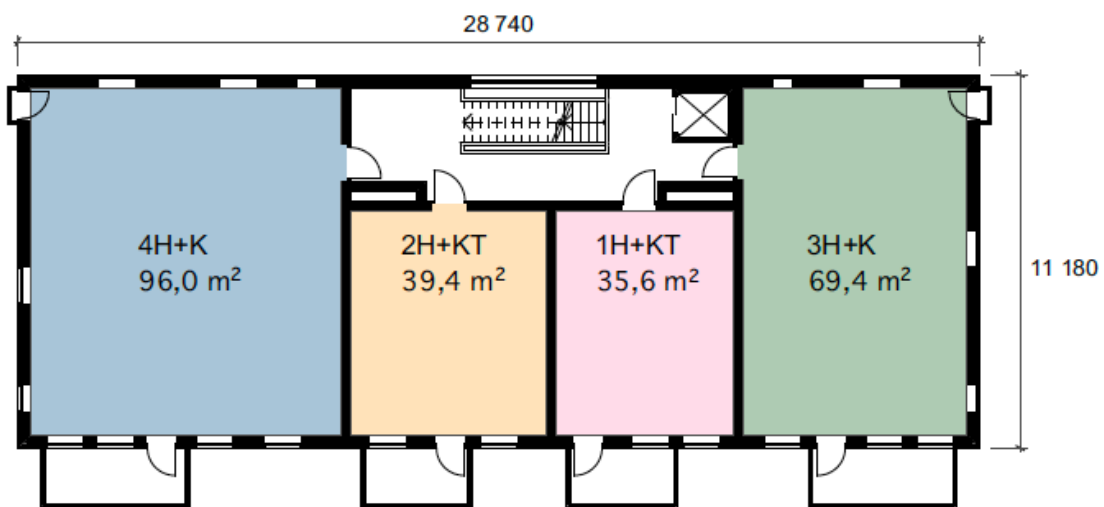
Ensimmäisen kerroksen lisäksi asukkaiden käyttöön tarkoitettuja yhteiskäyttötiloja sijoitettiin myös ylimpään kerrokseen ullakon yläpuolelle. Kuudenteen kerrokseen sijoittuvat taloyhtiön saunatilat, joiden yhteydessä on myös tilaa vilvoittelulle. Lisäksi vilvoittelutiloista on pääsy katetulle parvekkeelle. Saunatilojen sijoittaminen ylimpään kerrokseen oli perusteltua sekä sieltä aukeavan näkymän että ylikuumentumisriskin takia. Ylimpään kerrokseen ei vaikuta juurikaan muiden rakennusten varjot, jolloin sinne kohdistuu asuinkerrostalon kerroksista eniten auringon lämpösäteilyä. Täten ylimpään kerrokseen ei kannattanut sijoittaa asuntoja vaan pienempi tila, joka avautuu vain

katetulle parvekkeelle. Toisaalta auringonlämpösäteily on myös hyvä asia, sillä aurinkoiseen ilmansuuntaan avautuva tila tarjoaa asukkaille viihtyisät olosuhteet saunomisen yhteydessä. Kuvassa 33 on kuudennen kerroksen tarkempi pohjapiirros, josta käy ilmi yhteiskäyttötilojen sijoittuminen kerrokseen.



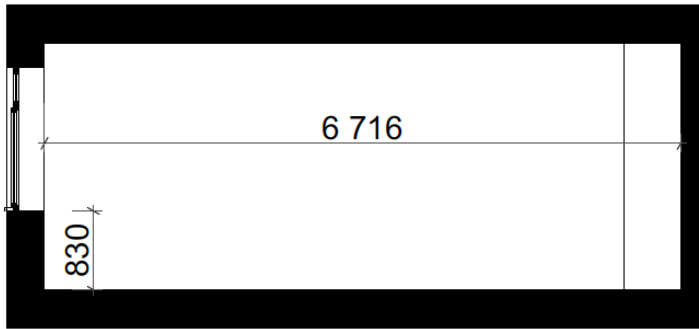
KUVA 33. Pohjapiirros kerroksesta kuusi

Asuntojen suunnittelussa pyrittiin luomaan eri kokoisia parvekkeellisia asuntoja. Asuinkerrostalon kerrokseen 2–4 sijoittuu yksiöitä, kaksioita, kolmiota sekä neljän huoneen ja keittiön asuntoja. Asuntojen sijoittamisen osalta päädyttiin sijoittamaan yksiöt ja kaksiot rakennuksen keskelle, jossa asuntojen syvyys on hieman pienempi porrashuoneesta johtuen. Kolmiot ja neljän huoneen ja keittiön asunnot sijoitettiin rakennuksen pätyihin, jolloin koko rakennuksen syvyys pystyttiin ottamaan asuntojen käyttöön. Asuntojen sijoittuminen kerroksissa 2–4 on havaittavissa kuvasta 34.



KUVA 34. Pohjapiirros kerroksissa 2–4

Yksiö ja kaksio avautuvat vain yhteen suuntaan, jolloin asuntojen syvyys on olennainen tekijä päivänvalosuhteen kannalta. Päivänvalosuhte saa pienimmät arvonsa noin kuuden metrin päässä ikkunasta, kun asunto avautuu vain yhteen suuntaan. Täten yksiön ja kaksion syvyys ei voinut juurikaan ylittää kuutta metriä. Lopulta kuuden metrin tavoitteesta jouduttiin hieman joustamaan asuntojen sisätilojen toimivuuden vuoksi. Yksiöiden ja kaksioiden syvyyttä on kuvattu kuvassa 35.



KUVA 35. Yksiöiden ja kaksioiden syvyys pyrittiin optimoimaan sekä tilasuunnittelun että päivänvalo-olosuhteiden kannalta.

Kolmion ja neljän huoneen ja keittiön asunnon sijoittaminen rakennuksen päätyihin johti myös asuntojen syvyyden kasvamiseen, mutta toisaalta syvyydestä hyödyttiin asuntojen sisätiloja suunniteltaessa. Lisäksi isommat asunnot pystyttiin avaamaan useampaan ilmansuuntaan, mikä sallii suuremman asunnon syvyyden sekä asunnon läpi tuulettamisen. Kolmioiden ja neljän huoneen ja keittiön asuntojen syvyyttä on kuvattu kuvassa 36.



KUVA 36. Isoista asunnoista pystyttiin tekemään niin sanottuja läpitalon asuntoja, jolloin asunnot voitiin avata useampaan ilmansuuntaan.

Asuntojen sisätiloja suunniteltaessa kiinnitettiin huomiota huoneiden suuntaukseen ilmansuuntien suhteen. Isoissa asunnoissa makuuhuoneet pystyttiin avaamaan pohjoisen puolelle, lukuun ottamatta kolmion pientä makuuhuonetta, joka avautuu itään. Suuntauksen takia oli tärkeää mitoittaa kyseisen huoneen ikkuna oikein, jotta välttyttäisiin huoneen ylikuumenemiselta. Ikkunoiden mitoitusta käsitellään tarkemmin luvussa 6.5.2 Ikkunoiden muoto.

Isojen asuntojen tiloja avattiin useampaan ilmansuuntaan, jotta asuntoihin pääsisi riittävästi luonnonvaloa. Tästä johtuen keittiö ja oleskelutilat avattiin neljän huoneen ja keittiön asunnossa länteen ja kolmiossa itään. Vaikka idästä ja lännestä tulevaa auringon säteilyä on haastavaa varjottaa, ei avaaminen kyseisiin ilmansuuntiin kuitenkaan aiheuta merkittävää ylikuumenemisriskiä tilojen avoimuuden ja suuren koon vuoksi. Asunnon avaaminen useampaan ilmansuuntaan antaa asukkaalle mahdollisuuden säädellä asuntonsa valaistusta esimerkiksi sälekaihtimien avulla päivän mittaan, auringon sijainnin vaihtuessa. Kuvassa 37 on kerroksien 2–4 tarkempi pohjapiirros, josta käy ilmi huoneiden sijoittuminen asuntojen sisällä.



1. 4H+K 96,0 m²

- 1.1 Eteinen 6,3 m²
- 1.2 WC 2,3 m²
- 1.3 Kylpyhuone 5,8 m²
- 1.4 Makuuhuone 11,5 m²
- 1.5 Makuuhuone 12,0 m²
- 1.6 Vaatehuone 3,6 m²
- 1.7 Keittiö ja olohuone 42,8 m²
- 1.8 Makuuhuone 9,0 m²
- 1.9 Parveke 7,0 m²

2. 2H+K 39,4 m²

- 2.1 Eteinen 2,7 m²
- 2.2 Kylpyhuone 4,5 m²
- 2.3 Keittiö ja olohuone 21,0 m²
- 2.4 Makuuhuone 8,0 m²
- 2.5 Vaatehuone 2,1 m²
- 2.6 Parveke 5,0 m²

3. 1H+K 35,6 m²

- 3.1 Eteinen 5,2 m²
- 3.2 Kylpyhuone 4,2 m²
- 3.3 Vaatehuone 4,0 m²
- 3.4 Keittiö, alkovi ja olohuone 21,0 m²
- 3.5 Parveke 5,0 m²

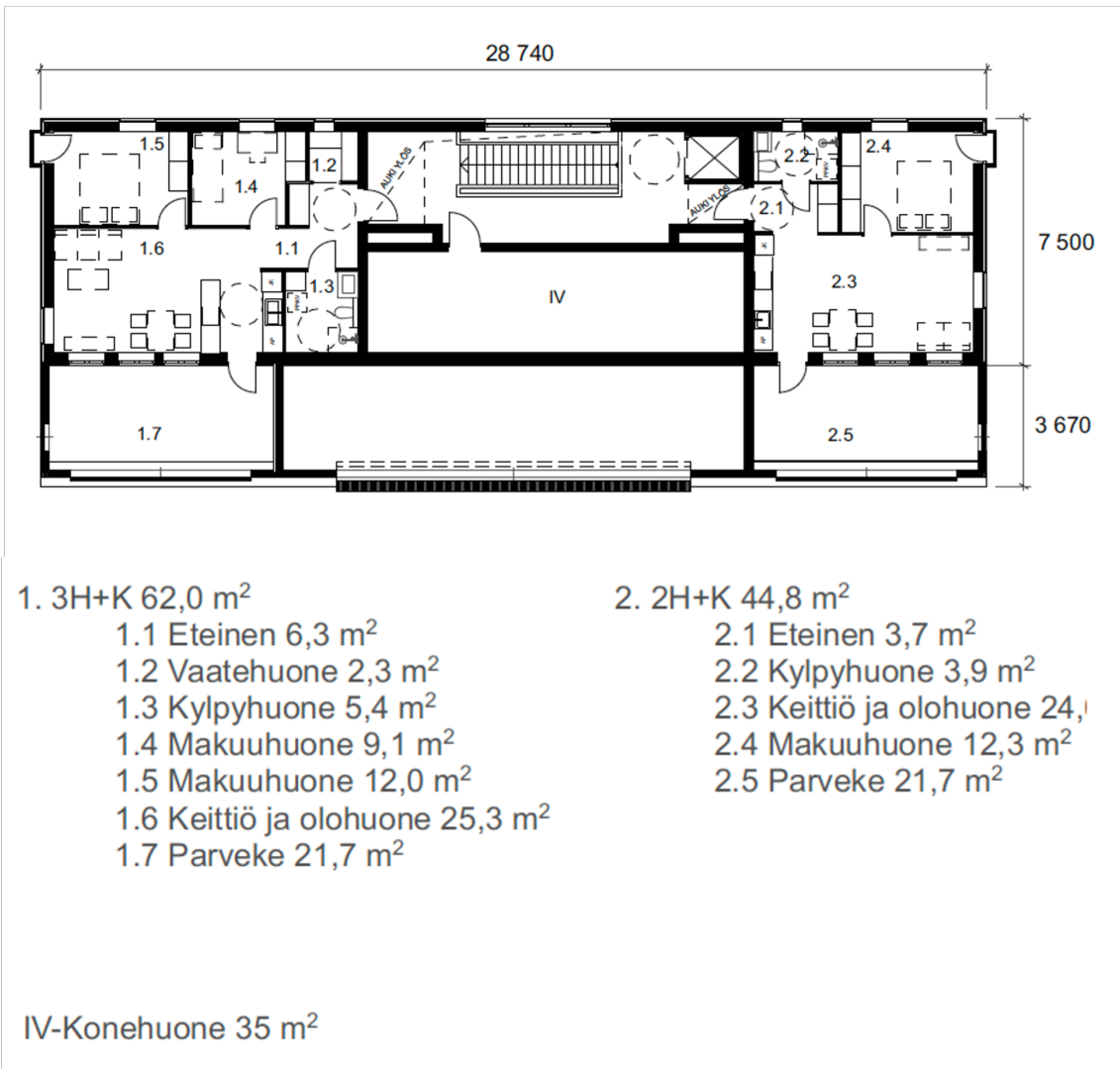
4. 3H+K 69,4 m²

- 4.1 Eteinen 8,3 m²
- 4.2 Vaatehuone 2,3 m²
- 4.3 Kylpyhuone 5,1 m²
- 4.4 Makuuhuone 11,0 m²
- 4.5 Vaatehuone 2,6 m²
- 4.6 Makuuhuone 9,0 m²
- 4.7 Keittiö ja olohuone 29,0 m²
- 4.8 Parveke 7,0 m²

KUVA 37. Tarkempi pohjapiirros kerroksista 2–4 sekä tilojen selitteet.

Viidennen kerrokseen eli ullakko kerrokseen sijoitettiin IV-konehuoneen lisäksi kaksi asuntoa, joiden parvekkeet sijoittuivat osittain vesikattorakenteen sisälle. Kolmio sijoitettiin rakennuksen länsipäättyyn ja kaksio itäpäättyyn. Asuntojen makuuhuoneet sijoitettiin rakennuksen pohjoispuolelle ja oleskelutilat eteläpuolelle. Samoista syistä kuin 2–4 kerroksien asunnoissa myös viidennen kerroksen asunnoissa oleskelutiloja ja makuuhuoneita avattiin itään ja länteen, jotta päivänvalolosuhteet säilyisivät asunnoissa optimaalisina. Kuvassa 38 on viidennen kerroksen tarkempi

pohjapiirros, josta käy ilmi huoneistojen sijoittuminen rakennuksessa sekä huoneistojen avautuminen eri ilmansuuntiin.



KUVA 38. Pohjapiirros kerroksesta viisi sekä tilojen selitteet

6.5 Julkisivujen suunnittelu

Julkisivujen suunnittelussa tärkeitä tekijöitä olivat niiden suuntaus ilmansuuntien suhteen sekä asuntojen tilasuunnittelusta aiheutuneet tarpeet huoneiden aukottamiselle. Lisäksi julkisivujen varjostaminen vaikutti suuresti julkisivujen arkkitehtuuriin. Eri suuntaan olevilla julkisivuilla toimivat erilaiset varjostuksen keinot, esimerkiksi vain etelään suunnatulla julkisivulla voitiin hyödyntää kiinteitä rakenneosia varjostuksen keinona, kun taas itään ja länteen suuntautuvilla julkisivuilla kiinteistä varjostavista rakenteista ei olisi ollut vastaavaa hyötyä.

Ikkunoiden muotoilussa otettiin ilmansuuntien lisäksi huomioon niiden käyttötarkoitus ja sijainti asunnossa. Itään ja länteen avautuvien ikkunoiden koko pyrittiin pitämään maltillisena, mutta kuitenkin niin, että Ympäristöministeriön asuin-, majoitus- ja työtiloista antaman asetuksen (1008/2017) 5 § mukainen ehto valoaukon koosta suhteessa huonealaan säilyisi. Ikkunan muodossa pyrittiin myös huomioimaan valon jakautuminen huoneessa sekä asukkaan mahdollisuus huoneen valaisun säätämiseen esimerkiksi sälekaihtimilla.

Asemakaavan mukaan asuinkerrostalojen julkisivumateriaalin tulisi olla tumma puhtaaksi muurattu poltettu savitiili tai tumma tervanruskea puuverhous (61). Asemakaavan määrittämästä julkisivuväristä jouduttiin suunnitelmassa poikkeamaan opinnäytetyön teoriaosassa kerätyn tiedon perusteella. Teoriaosan luvussa 3.3 Kaupunkirakenteen varjostava vaikutus todetaan, että vaaleat värit heijastavat hyvin valoa, joka vaikuttaa myös sisätiloihin heijastuvaan valon määrään erityisesti tiiviisti rakennetussa ympäristössä. Tähän perustuen päätettiin käyttää julkisivuissa luonnonvalkoiseksi käsiteltyä puuverhousta kaavan määräämän tervanruskean puuverhouksen sijasta.

6.5.1 Ikkunapinta-alan suuntaaminen eri ilmansuuntien suhteen

Ikkunoilla on merkittävä vaikutus julkisivujen ilmeeseen sekä rakennuksen päivänvalo-olosuhteisiin. Ikkunapinta-ala vaihtelee asuinkerrostalossa suuresti riippuen julkisivun suuntauksesta. Ikkunapinta-alaa keskitettiin eniten etelän puoleiselle julkisivulle, sillä etelään suunnattujen ikkunoiden ulkopuolinen varjostaminen voidaan helpoiten toteuttaa ja toisaalta etelän puoleiselle julkisivulle kohdistuu eniten auringonsäteilyä myös talviaikaan. Lisäksi rakennuksen keskellä sijaitsevat kaksiot ja yksiöt avautuvat vain etelään, jolloin näiden asuntojen luonnonvalaistus täytyy kokonaisuudessaan järjestää etelän puoleiselta julkisivulta.

Itään ja länteen suunnattujen julkisivujen aukotus pyrittiin pitämään minimissä ja avaamaan huoneita näihin ilmansuuntiin vain tarpeen vaatiessa. Esimerkki tästä on jo aiemmin mainittu kolmion pieni makuuhuone, jossa ikkuna avautuu itään. Itään ja länteen suunnatut ikkunat ovat haastavia varjostaa ja niihin kohdistuu myös paljon auringonlämpösäteilyä, mikä aiheuttaa ylikuumenemisen riskin varsinkin pienissä huoneissa. Pohjoiseen suunnatulla julkisivulla ikkunoiden määrää ja sijaintia määritteli asuntojen makuuhuoneiden sijainti sekä porrashuonetta valaisevat isot ikkunat. Pohjoiseen suunnatut ikkunat eivät juuri tarvitse varjostusta lukuun ottamatta sälekaihtimia, joilla

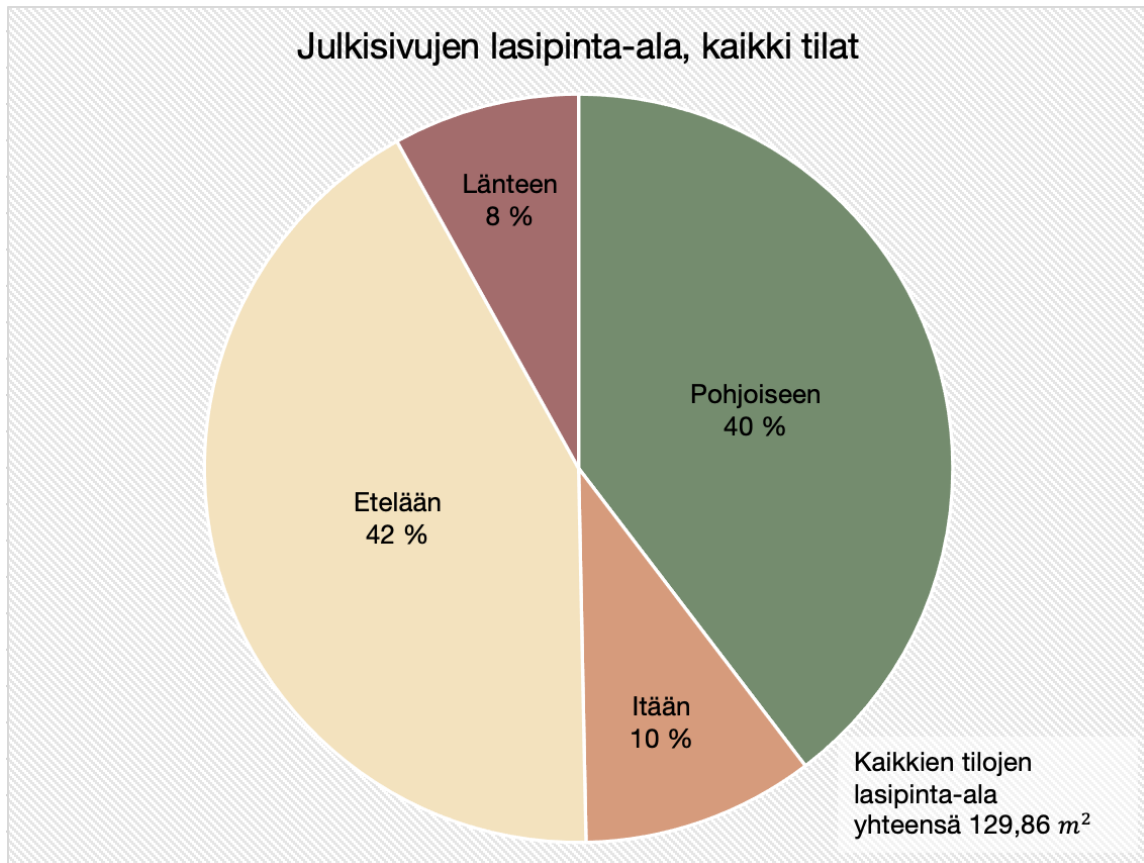
asukas voi säädellä päivänvalon määrää huoneessa. Ikkunoiden sijoittelu käy ilmi kuvasta 39, jossa on kaikki julkisivut yksinkertaistetusti esitettyinä.



KUVA 39. Rakennuksen julkisivut eri ilmansuunnista katsottuna

Ikkunapinta-alaa tarkemmin määriteltäessä eroteltiin ikkunan pinta-ala varsinaisesta valoaukon pinta-alasta. Tästä johtuen seuraavassa kappaleessa puhutaan lasipinta-alasta, johon on siis luettu kaikkien ovien ja ikkunoiden yhteenlaskettu lasipinta-ala ilman karmeja ja puitteita.

Kuvasta 40 huomataan, että rakennuksen lasipinta-ala painottuu etelään ja pohjoiseen suunnatuille julkisivuille, kun rakennuksen kaikki tilat otetaan huomioon. Pohjoiseen suunnatulla julkisivulla valtaosa lasipinta-alasta tulee porrashuoneen isoista ikkunoista, kun taas etelän puoleisella julkisivulla kaikki ikkunat valaisevat asuntoja ja ylimmässä kerroksessa yhteiskäyttötiloja. Itään ja länteen suunnatut julkisivut ovat lähes identtisiä keskenään, jolloin myös lasipinta-alaa on lähes yhtä paljon. Pieni ero idän ja lännen julkisivujen välillä johtuu itään päin olevasta sisäänkäynnin ovesta ja ikkunasta.



KUVA 40. Etelään ja pohjoiseen suunnattujen julkisivujen lasipinta-alat ovat lähes samansuuruisia, kun rakennuksen kaikki tilat otetaan huomioon.

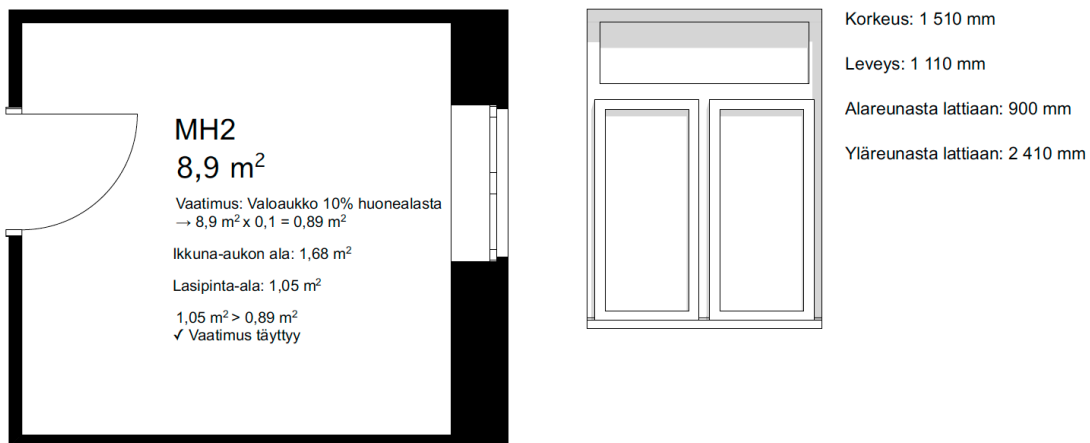
6.5.2 Ikkunoiden muoto

Asuinkerrostalon ikkunoiden muoto ja mitoitus perustuu opinnäytetyön teoriaosan luvussa 4.1.1 Ikkunan muodon ja sijoituskorkeuden vaikutukset näkymään ja valaistukseen kerättyyn tietoon. Asuinkerrostalon ikkunat ovat muodoltaan pääosin T-ikkunoita, joiden muoto antaa asukkaalle mahdollisuuden säätää tilojen valaistusta enemmän verrattuna yksi tai kaksiosaisiin ikkunoihin. T-ikkunan yläikkuna on kapea vaakasuora ikkuna, joka sijaitsee seinän yläosassa ohjaten valoa huoneen kattoon. Katosta heijastuva valo luo tilaan tasaista valaistusta. Alemmat pystysuorat ikkunan osat voi halutessaan sulkea sälekaihtimilla, mutta huoneen luonnonvalaistus voidaan silti säilyttää, kun ylin ikkunan osa jätetään auki.

Myös häikäisyn kannalta moneen osaan jaettu ikkuna on toimiva ratkaisu, sillä ylhäällä sijaitseva vaakasuora ikkuna ei aiheuta yhtä voimakasta häikäisyä kuin työtason tai silmien korkeudella sijaitseva ikkuna. Lisäksi huoneen tuuletus voidaan järjestää toisen pystysuoran ikkunan osan

kautta. Jotta huoneiden valaistusta voitaisiin säädellä ja samalla välttyä häikäisyltä, varustettiin kaikki asuntojen ja yhteiskäyttötilojen ikkunat sälekaihtimilla.

Ikkunoiden koon minimi makuuhuoneissa määriteltiin rakennuksen itäpuolella sijaitsevien kolmioiden pienten makuuhuoneiden avulla. Samalla kun itään suunnatun pienen huoneen ikkunapinta-ala ei saa olla liian suuri ylikuumentumisriskin takia, se ei myöskään saa olla alle 10 % huonealasta. Itään suunnatun pienen makuuhuoneen ikkunan mitoitusta on esitelty kuvassa 41.



KUVA 41. Rakennuksen itäpuolella sijaitsevien kolmioiden pienten makuuhuoneiden ikkunoiden mitoituksessa oli otettava huomioon sekä huoneiden yllämpenemisriski että vaadittavan valoaukon koko.

Asuntojen etelään suunnatut ikkunat mitoitettiin yhtä aikaa niitä varjostavien rakenneosien kanssa. Näiden ikkunoiden mitoitusta on käsitelty niitä varjostavien rakenneosien yhteydessä, luvussa 6.5.3 Eteläjulkisivun varjostaminen parvekkeilla ja lipoilla. Itään ja länteen suunnattiin myös hieman pienemmät ikkunat isompien asuntojen oleskelutiloista. Näiden isompien asuntojen makuuhuoneista suunniteltiin myös itään ja länteen avautuvat ranskalaiset parvekkeet, jotta huoneisiin saatiin lisää luonnonvaloa.

6.5.3 Eteläjulkisivun varjostaminen parvekkeilla ja lipoilla

Eteläjulkisivun varjostaminen aloitettiin tutkimalla parvekkeen minimisyvyyttä ja sen asettamia ehtoja muulle suunnittelulle. Materiaalien ja värityksen osalta jatkettiin samanlaista linjaa kuin muuallakin julkisivuissa, eli parvekkeiden katot verhoiltiin vaaleaksi käsitellyllä puuverhouksella ja

myös lippojen rimoitus käsiteltiin vaaleaksi. Vaalea väritys edistää myös valon heijastumista sisätiloihin.

Asemakaavan mukaan parvekkeet tulisi varustaa sivuun siirrettävin lasituksin (61). Tästä jouduttiin kuitenkin poikkeamaan, sillä parvekkeiden lasitus käytännössä estää passiivisen aurinkoenergian hyödyntämisen ja vähentää myös päivänvalon määrää parvekkeen takana sijaitsevilla tiloilla. Parvekkeiden kaiteesta suunniteltiin mahdollisimman hyvin valoa läpäisevä, jolloin ratkaisuksi valikoituivat mustat metalliset pinnakaiteet.

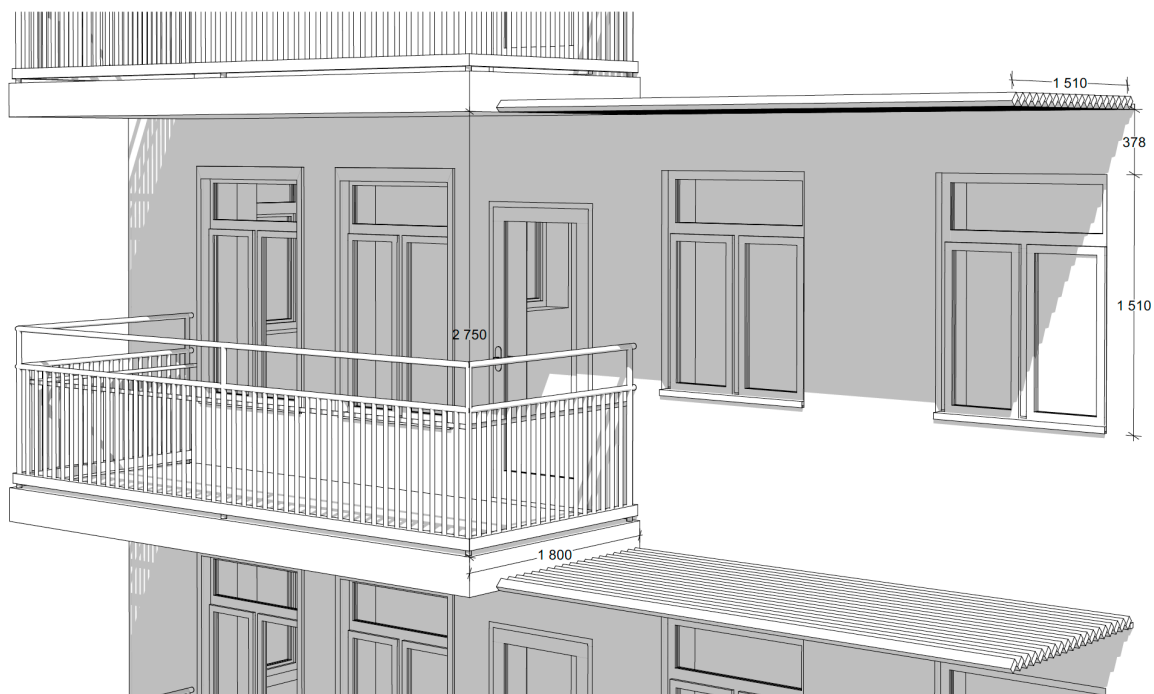
Kerroksissa 2–4 parvekkeet ovat kooltaan ja muodoltaan hieman erilaisia verrattuina viidennen kerroksen asuntoihin ja kuudennen kerroksen yhteiskäyttötiloihin. Kerroksien 2–4 parvekkeiden, ikkunoiden ja lippojen mitoituksessa noudatettiin pitkälti luvussa 5.1 Varjostaminen kiinteillä rakenneseillä esiteltyä vaakarakenteiden mitoitusohjetta. Viidennessä ja kuudennessa kerroksessa parvekkeet ovat syviä ja sijaitsevat osittain vesikaton sisällä jyrkän kattomuodon johdosta. Tämä heikentää hieman kyseisten tilojen päivänvalo-olosuhteita, mutta toisaalta ylhäällä sijaitsevia ikkunoita ei yleensä varjosta kasvillisuus tai muut rakennukset, jolloin niin sanottu ylimääräinen varjostus ehkäisee tilojen ylikuumentumista.

Kerroksien 2–4 parvekkeet mitoitettiin 1 800 mm syviksi ja niiden leveys vaihtelee asuntojen koon mukaan. Vaikka parvekkeen käytettävyyden kannalta syvempi parveke on parempi kuin kapea, ei parvekkeen syvyyttä haluttu kasvattaa sen aiheuttaman liiallisen varjostuksen takia. Yksiöissä ja kaksioissa parvekkeet ovat pinta-alaltaan 5 m², kun taas kolmioissa ja neljän huoneen ja keittiön asunnoissa parvekkeet ovat pinta-alaltaan 7 m².

Parvekkeita mitoittaessa syvyyden lisäksi myös leveyteen kiinnitettiin huomiota, sillä tavoitteena oli välttää tilanne, jossa asunnon kaikki ikkunat avautuvat parvekkeelle. Tämä tilanne olisi ollut mahdollinen rakennuksen keskellä sijaitsevilla yksiöissä ja kaksioissa, jolloin koko huoneiston levyinen parveke olisi heikentänyt näkyvän taivaan kulmaa ja täten päivänvalo-olosuhteita asunnoissa merkittävästi. Tämän johdosta osa etelään suunnatun julkisivun ikkunoista on varjostettu vaakasuuntaisella lipalla, jonka syvyys on 1 510 mm. Yksiöiden ja kaksioiden lisäksi liiallista parvekkeiden aiheuttamaa varjostusta haluttiin välttää myös isompien asuntojen kohdalla, minkä vuoksi vaakasuuntaista lippaa käytettiin varjostavana rakenteena myös kolmioiden ja neljän huoneen ja keittiön asuntojen kohdalla.

Lippojen rakenne suunniteltiin vaakasuuntaiseksi rimarakenteeksi, jotta niiden ilme pysyisi mahdollisimman kevyenä. Lippojen ja parvekkeiden syvyyden ero vaikutti myös niiden alla olevien ikkunoiden suunnitteluun, sillä vaakarakenteen mitoitusohjeen perusteella ikkunoiden korkeus määriteltiin samaksi kuin varjostavan rakenteen syvyys. Tästä johtuen parvekkeille avautuvat ikkunat ovat isompia kuin lippojen alla olevat ikkunat.

Kuvassa 42 on kuvattu etelä julkisivun varjostavien rakenteiden vaikutusta julkisivuun keskipäivällä kesäpäivänseisauksena. Kuvasta voidaan huomata ero sekä lipan että parvekkeen syvyyden osalta, mutta myös niiden alla sijaitsevien ikkunoiden kokoero. Lisäksi kuvasta käy ilmi, että parveke ja lipparakenne varjostavat ikkunoita juuri oikein.



KUVA 42. Eteläjulkisivun varjostustutkielma kesäpäivänseisauksena 22.6.2021 klo 12 tarkasteltuna. Varjostavien rakenteiden ja ikkunoiden mitoitus noudattaa vaakarakenteiden mitoitusohjetta Oulun leveysasteille.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia rakennuksen varjostamista, jota varten tutustuttiin valon ja varjon merkitykseen niin ilmiönä kuin myös arkkitehtuurin kannalta. Varjostamisen osalta tutustuttiin eri keinoihin, joilla rakennuksen varjostaminen voidaan toteuttaa. Alun teoriaosan perusteella suunniteltiin puukerrostalo, jonka varjostamista tutkittiin tarkemmin.

Teoriaosassa kerätyn tiedon perusteella valolla ja varjolla on erittäin suuri vaikutus niin ihmisen terveyteen kuin myös arkkitehtuuriin. Valo on kuitenkin ilmiönä haastava, eikä sitä tulisi koskaan käsitellä vain näkyvänä valona tai vain lämpösäteilyn lähteenä. Tässä työssä keskityttiin auringsäteilyn sisältämistä säteilylajeista vain näkyvään valoon ja infrapunasäteilyyn, joista molemmat täytyy ottaa huomioon rakennusta suunniteltaessa. Arkkitehtuurissa haaste onkin juuri tasapainon löytäminen näiden säteilylajien kesken, sillä kaikki suunnitteluratkaisut eivät aina palvele molempia säteilyn lajeja yhtä aikaa.

Rakennuksen varjostamiseen vaikuttaa monet eri seikat maantieteellisestä sijainnista rakennuksen ikkunapinta-alan määrään. Tärkeimpänä ohjeena rakennuksen varjostamisen kannalta voidaan kuitenkin todeta, että sen täytyy olla kokonaisvaltaista ja suunniteltua alusta loppuun. Päivänvalo on suure, jota ei voi enää jälkikäteen lisätä rakennukseen. Tämän johdosta rakennuksen sijainnilla, suuntauksella ja rakennusta ympäröivällä rakennuskannalla on suuri vaikutus rakennuksen päivänvalo-olosuhteisiin sekä myös varjostamiseen. Esimerkiksi rakennuksen varjostuksen toimivuuden varmistamiseksi täytyy ymmärtää ilmansuuntien merkitys varjostamisen keinoja pohtiessa. Samoin rakennuksen varjostamista tulisi aina käsitellä suhteessa sisätilojen päivänvalo-olosuhteisiin, sillä varjostamisen tarkoitus ei ole tehdä tiloista tarpeettoman pimeitä tai peittää näkymiä ulos.

Työn suunnitteluosassa toteutettu puukerrostalon suunnitelma laajeni hieman työn edetessä tiedon karttumisen myötä. Alussa vain yhden puukerrostalon suunnitteluun ja varjostamiseen keskitynyt työ laajeni käsittämään koko korttelin asuinkerrostaloja. Tähän päädyttiin, kun ymmärrettiin ympäröivien rakennusten varjostava vaikutus ja että rakennuksen päivänvalo-olosuhteita ja varjostamista ei tulisi koskaan tutkia huomioiden vain ja ainoastaan kohteena oleva rakennus. Todellisuudessa rakennuksen päivänvalo-olosuhteisiin ja varjostamiseen vaikuttavat erittäin monet asiat, joista ympäröivä rakennuskanta ja sijainti ovat ehkäpä jopa tärkeimmät tekijät.

Puukerrostalojen korttelia suunniteltaessa huomattiin, että nykyajan trendi rakentamisen tiheydestä asettaa suuria haasteita rakennuksen passiivisen aurinkoenergian käytölle sekä asuntojen luonnonvalon saannille. Lisäksi asemakaavan määräämistä seikoista jouduttiin suunnitelmassa poikkeamaan paljonkin, jotta moni aurinkoarkkitehtuuria ja päivänvalo-olosuhteita edistävä asia toteutuisi. Tämän johdosta voidaankin pohtia, tulisiko asemakaavoituksen keinoin ohjata uusia alueita ja rakentamista niin, että passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen sekä päivänvalo-olosuhteet toteutuisivat rakennuksissa paremmin.

LÄHTEET

1. Ala-Outinen, Tiina, Harmaajärvi, Irmeli, Kivikoski, Harri, Kouhia, Ilpo, Makkonen, Lasse, Saarelainen, Seppo, Tuhola, Markku & Törnqvist, Jouko 2004. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Espoo. Hakupäivä 7.3.2022. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf>.
2. Kiiski Kataja, Elina 2014. Sitran trendit: Megakaupungit. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra 23.1.2014. Hakupäivä 10.5.2022. <https://www.sitra.fi/artikkelit/sitran-trendit-megakaupungit/>.
3. Oulun kaupunki 2008. Kaupunkirakenteen kehityspiirteet Suomen suurilla kaupunkiseuduilla (KARA). Tutkimus Oulun kaupunkiseudusta. Hakupäivä 10.5.2022. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=b45b86af-2685-4204-bca2-2e07fb0cfe0f&groupId=64220.
4. Paastela, Kaisa 2021. "Tiivistämistä ajavat pienet piirit" – arkkitehdin mielestä Helsingin kaupunkisuunnittelu on luisunut yhä enemmän rakennusyhtiöiden ja pääomasijoittajien käsiin. Helsingin Uutiset 5.5.2021. Hakupäivä 12.5.2022. <https://www.helsinginuutiset.fi/paikalliset/4130935>.
5. Siren, Jukka 2020. SAFA: Asuntorakentamisen laatu heikentynyt. Suomen Kiinteistölehti 2.9.2020. Hakupäivä 12.5.2022. <https://www.kiinteistolehti.fi/safa-asuntorakentamisen-laatu-heikentynyt/>.
6. Hietanen, Maila, Visuri, Reijo & Nyberg, Heidi. Ultravioletti ja lasersäteily. 8. Muu Optinen säteily. Säteilyturvakeskus (STUK). Hakupäivä 8.3.2022. <https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/ultravioletti-ja-lasersäteily-kirja-luku-8.pdf/3eb47806-d3ef-4f68-9fd8-2eb2ef126d74>.
7. Vikberg, Hanna, Lylykangas, Kimmo & De Luca, Francesco 2019. Päivänvalo-olosuhteiden arviointi- ja ohjausmenetelmät. Selvitys, Tallinn University of Technology 12/2019. Hakupäivä 15.11.2021. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7b9C1BB3E7-4C48-48CA-812A-7EA9A716248B%7d/156355>.

8. Kelola, Kati 2019. Aurinko – kaikki mitä olet halunnut tietää auringosta – ja vähän enemmänkin. Helen Oy 11.7.2019. Hakupäivä 12.5.2022. <https://www.helen.fi/asiakaspalvelu/ajankoh-taista/arjessa/aurinkoenergia/aurinko>.
9. Ilmatieteenlaitos. Valo ja spektri. Hakupäivä 8.3.2022. <https://space.fmi.fi/oppimateriaali/envi-sat/valonsade/spektri.html>.
10. Kallunki, Elisa 2017. Kevätaurinko muuttaa aivojemme toimintaa: mielihyvä lisääntyy, toisten ihmisten seura houkuttelee. Yle 16.3.2017. Hakupäivä 17.1.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-9514501>.
11. Sillanpää, Aimo 2004. Tähtitieteen peruskurssi. Turun Yliopisto. Hakupäivä 8.3.2022. <https://www.astro.utu.fi/edu/kurssit/ttpk1/ttpk1/18Maailmankaikkeus.html>.
12. Science Learning Hub – Pokapū Akoranga Pūtaiao 2019. Light and shadows. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/2771-light-and-shadows>.
13. Dubois, Marie-Claude, Gentile, Niko, Laike, Thorbjörn, Bournas, Iason & Alenius, Malin 2019. Daylighting and Lighting Under a Nordic Sky. Poland: Dimograf.
14. RT 07-11300 2018. Aurinkosuojaus. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 8.3.2022. <https://kortis-tot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-11300>. (Vaatii käyttäjälisenssin.)
15. RT 07-10912 2008. Päivänvalon hallinta sisätiloissa. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 17.1.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-10912>. (Vaatii käyttäjälisenssin.)
16. Shemeikka, Jari, Lylykangas, Kimmo, Ketomäki, Jaakko, Heimonen, Ismo, Pulakka, Sakari & Pyly, Petteri 2015. SunZEB- Plusenergiaa kaupungissa. Uusiutuvaa energiaa asumiseen ja toimistoon. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Hakupäivä 15.2.2022. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2015/T219.pdf#search=SunZeb>.
17. Oulun kaupunki, rakennusvalvonta & Arkkitehtuuritoimisto Kimmo Lylykangas Oy 2014. Passiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen Oulussa. Suunnitteluohje 8/2014. <https://www.ouka.fi/documents/486338/95071c2e-dcb5-45da-89d5-8b1a4216c6f1>. Hakupäivä 15.2.2022.

18. Vuodenaikojen vaihtelu. Tieteen kuvalehti 3.9.2020. Hakupäivä 30.3.2022. <https://tieku.fi/luonto/vuodenajat/vuodenaikojen-vaihtelu>.
19. Metsähallitus. Vuodenajat. Luontoon.fi. Hakupäivä 30.3.2022. <https://www.luontoon.fi/retkeilynabc/yleistaretkeilysta/vuodenajat>.
20. Kononen, Heidi 2021. Uusi lumi lisää aikuistenkin hyvinvointia – luonnonvalo lisääntyy ja lumi pehmentää äänimaiseman. Yle 14.1.2021. Hakupäivä 30.3.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-11733809>.
21. Jokela, Aleksi 2013. Lumipeite jopa nelinkertaistaa valonmäärän. Foreca. Sään takaa blogi. Hakupäivä 30.3.2022. <https://blogi.foreca.fi/2013/12/lumipeite-jopa-nelinkertaistaa-valon-maaran/>.
22. Corrodi, Michelle & Spechtenhauser, Klaus 2008. Illuminating: Natural Light in Residential Architecture. Käännös: Steven Lindberg. Basel: Birkhäuser.
23. Jetzinger, Jaana 2008. Ihminen valon vallassa. Yle 3.4.2004 (päivitetty 9.6.2008). Hakupäivä 17.1.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-5155406>.
24. Sommar, Heidi 2016. Kaamos kuriin valohoidoilla. Yle 18.11.2010 (päivitetty 28.10.2016). Hakupäivä 17.1.2022. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2010/11/18/kaamos-kuriin-valohoidoilla>.
25. Tregenza, Peter & Wilson, Michael 2011. Daylighting: Architecture and Design. London: Routledge.
26. Halonen, Liisa & Eloholma, Marjukka 2005. Keinovalon historia. Aikakauskirja Duodecim 121 (23), 2565–73. Hakupäivä 19.5.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo95374>.
27. Kämäräinen, Pauliina 2012. Puuikkunan historia. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Kulttuurialan yksikkö. Konservoinnin koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 18.5.2022. <https://core.ac.uk/download/pdf/38074652.pdf>.

28. Luoma, Marianna 2015. Ihminen tilassa. Tutkielmia tilasta ja asumisesta. Oulun yliopisto, Arkkitehtuurin tiedekunta. Diplomityö. Hakupäivä 10.5.2022. <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201510132061.pdf>.
29. Gonzalo, Roberto & Habermann, Karl J. 2012. Energy-Efficient Architecture: Basics for Planning and Construction. Basel: Birkhäuser.
30. Duan, Qihua, Feng, Yanxiao & Wang, Julian 2020. Clustering of visible and infrared solar irradiance for solar architecture design and analysis, Renewable Energy. Volume 165, Part 1. Department of Architectural Engineering, Pennsylvania State University, 108 Engineering Unit A, University Park, 16802, PA, United States. Hakupäivä 15.2.2022. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.080>.
31. Lylykangas, Kimmo, Andersson, Albert, Kiuru, Jari, Nieminen, Jyri & Päätaalo, Juha 2015. Opas: Rakenteellinen energiatehokkuus. Rakennusteollisuus & Ympäristöministeriö. Hakupäivä 17.12.2021. https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/ret_opas_20150917.pdf.
32. Archinfo. Wilenia Housing. Hakupäivä 10.5.2022. <https://finnisharchitecture.fi/wilenia-housing/>.
33. Laiho, Ola 1963. Valokuva. Archinfo. Wilenia Housing. Hakupäivä 10.5.2022. <https://finnisharchitecture.fi/wilenia-housing/#&gid=1&pid=3>.
34. Vikberg, Hanna 2014. Valoisa asunto. Luonnonvalon hyödyntäminen suomalaisissa kerrostoiloissa. Aalto Yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Diplomityö. Hakupäivä 17.1.2022. https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/15528/master_Vikberg_Hanna_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
35. SIT 91-610018 2005. Asuintilat, makuuhuoneet. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 12.4.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/SIT%2091-610018>. (Vaatii käyttäjälisenssin.)
36. Iversen, Anne 2013. Development of a simple framework to evaluate daylight conditions in urban buildings in the early stages of design. Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering. DTU Civil Engineering Report. Väitöskirja. Hakupäivä 8.3.2022. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/216963727/byg_r256.PDF.

37. Ympäristöministeriön asetus 127/2018 5§ asuin-, majoitus- ja työtilan ikkunasta. Hakupäivä 22.3.2022. https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/YMa_20180127.pdf.
38. Saari, Mikko, Nyman, Mikko, Kalliomäki, Pekka & Haakana, Maarit 2017. Tasauslaskentaopas 2018. Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen. VTT Expert Services Oy, Ympäristöministeriö. Hakupäivä 20.5.2022. <https://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7bB1EC8754-0BC6-413B-B158-886FA7770FCF%7d/136449>.
39. Oulun kaupunki, kaupunkisuunnittelu & Arkkitehtuuri-toimisto Kimmo Lylykangas Oy 2014. Aktiivisen ja passiivisen aurinkoenergian huomioon ottaminen asemakaavoitus ja rakennussuunnitteluvaiheissa Oulun kaupungin alueella. Selvitys. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=7bc05130-0e55-48fa-8198-d0f97a11c5c8&groupId=139863. Hakupäivä 2.5.2022.
40. Pilkington Lahden Lasitehdas Oy 2014. Lasifakta 2015. Hakupäivä 20.5.2022. https://www.pilkington.com/~/_media/Pilkington/Site%20Content/Finland/Architects/Lasifakta%202015%20finsk.ashx.
41. Hammerglass Finland. U-arvo ja G-arvo. Hakupäivä 29.3.2022. <https://www.hammerglass.fi/ukku-u-arvo-g-arvo/>.
42. RT 38-10901 2007. Rakennuslasit, tasolasit. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 20.5.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2038-10901>.
43. Heikkilä, Jari 2013. Energia-arkkitehtuurin ohjaus. Oulun kaupunki. Hakupäivä 5.12.2021. <https://www.ouka.fi/documents/486338/647f0f1e-3fad-46e3-ab3b-76e33ad17ce4>.
44. RT 103217 2020. Ilmastotietoinen suunnittelu. Rakennussuunnittelu. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 22.3.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103217>. (Vaatii käyttäjälisenssin.)
45. Arkkitehtipalvelut 2018. Valokuva. Archinfo. Satavuo School and Daycare Centre. Hakupäivä 10.5.2022. <https://finnisharchitecture.fi/satavuo-school-and-daycare-centre/#&gid=1&pid=1>.
46. Heikkilä, Jari 1996. Parveke suomalaisen kerrostalon asuntokohtaisena ulkotilana. Oulun yliopisto, Arkkitehtuurin osasto. Väitöskirja. Oulu: Yliopistopaino.

47. RT 93-10940 2008. Asuntosuunnittelu. Ulko-oleskelu. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 28.3.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2093-10940>. (Vaatii käyttäjälisenssin.)
48. Hilliaho, Kimmo 2010. Parvekelasituksen energiataloudelliset vaikutukset. Tampereen Teknillinen Yliopisto, Rakennetun ympäristön tiedekunta. Diplomityö. Hakupäivä 28.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:ttty-201009201321>.
49. Lumon Group. Valokuva. Miksi parvekelasit? Hakupäivä 5.4.2022. <https://lumon.com/fi/parvekelasitus/miksi-parvekelasit>.
50. Souza, Eduardo 2019. How Do Double-Skin Facades Work? Archdaily. Hakupäivä 29.3.2022. <https://www.archdaily.com/922897/how-do-double-skin-facades-work>.
51. Cortensia de Archdaily 2019. Piirros. Artikkelissa Eduardo Souza. Double-Skin Facades Work? Archdaily. Hakupäivä 29.3.2022. <https://www.archdaily.com/922897/how-do-double-skin-facades-work/5d51658a284dd1bc4500022c-how-do-double-skin-facades-work-photo>.
52. STT Viestintäpalvelut Oy 2019. Viikin ympäristötalosta entistä energiatehokkaampi älykkäällä lämmönsäädöllä. Hakupäivä 29.3.2022. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/viikin-ymparistotalosta-entista-energiatehokkaampi-alykkaalla-lammonsaadolla?publisherId=60577852&releaseId=69861168>.
53. KL-Kustannus Oy 2012. Viikin ympäristötalo on Suomen energiapihein toimistorakennus. Kuntalehti 5.3.2012. Hakupäivä 29.3.2022. <https://kuntatekniikka.fi/2012/03/05/viikin-ymparistotalo-on-suomen-energiapihein-toimistorakennus/>.
54. Helsingin kaupungin aineistopankki / Rhinoceros Oy. Valokuva. Viikin ympäristötalosta entistä energiatehokkaampi älykkäällä lämmönsäädöllä. STT Viestintäpalvelut Oy. Hakupäivä 29.3.2022 <https://www.sttinfo.fi/tiedote/viikin-ymparistotalosta-entista-energiatehokkaampi-alykkaalla-lammonsaadolla?publisherId=60577852&releaseId=69861168>.
55. RPT Byggfakta Oy 2015. Viikin ympäristötalo. Projektuutiset 5 (2011) Hakupäivä 21.5.2022. <https://www.projektuutiset.fi/viikin-ymparistotalo/>.

56. RPT Byggfakta Oy 2019. Muunneltava ja valoisa oppimisympäristö. Projektituutiset 1 (2019) Hakupäivä 4.5.2022. <https://www.projektituutiset.fi/muunneltava-ja-valoisa-oppimisymparisto/>.
57. PP-Tuote julkisivut 2019. Valokuva. Tesoman koulu, Tampere. Tiesitkö, että nämä julkisivut on tehty reikälevyistä? Hakupäivä 4.5.2022. <https://www.pp-julkisivut.fi/reika-tesoman-koulu/#&qid=1&pid=26>.
58. PP-Tuote julkisivut 2019. Tesoman koulu, Tampere. Tiesitkö, että nämä julkisivut on tehty reikälevyistä? Hakupäivä 4.5.2022. <https://www.pp-julkisivut.fi/reika-tesoman-koulu/>.
59. Suomela.fi. Markiisi suojaa paahteelta. Hakupäivä 21.5.2022. <https://www.suomela.fi/rakentaminen/Aurinkosuoijat-markiisitAnna/Suojaan-markiisin-alle-44041>.
60. Artic Kaihdin Oy. Valokuva. Ikkunamarkiiseilla suojaa ja viileyttä. Hakupäivä 21.5.2022. <https://www.articstore.fi/tuotteet/markiisit/ikkunamarkiisi/>.
61. Oulun kaupunki. Ranta-Toppilan hyväksytyt asemakaava 2015. Hakupäivä 28.1.2022. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=83bd1375-b701-4495-9644-5070703de051&groupId=1378748.
62. Oulun kaupunki. RantaToppilan Rakentamistapa-/ suunnitteluohjeet 20.10.2015. Hakupäivä 28.1.2022. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=2f45b0bd-b89b-4314-a9ce-0f8e598e5776&groupId=486338.
63. Oulun kaupunki. Kaupunkisuunnittelu, Ranta-Toppilan alue. Hakupäivä 28.1.2022. <https://www.ouka.fi/oulu/ranta-toppila/etusivu>.
64. Oulun kaupunki. Kuvakaappaus s.1. Asemakaavan muutos- ja vaikutusalue opaskartalla. Ranta-Toppilan Osallistumis- ja arviointisuunnitelma 18.11.2010/5.4.2011. Hakupäivä 28.1.2022. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=2c46f834-7646-43a0-9b90-5cf97fa65acb&groupId=1378748.

65. Oulun kaupunki. Kuvakaappaus. Ranta-Toppilan hyväksytty asemakaava 2015. Korttelit 88–94. Hakupäivä 28.1.2022. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=83bd1375-b701-4495-9644-5070703de051&groupId=1378748.
66. Oulun kaupunki. Ranta-Toppilan viitesuunnitelma 20.10.2015. Hakupäivä 28.1.2022. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=d2c833bb-a13f-44ab-a43e-ec3d3b4371f8&groupId=486338.