

AK 557 Kilpilahti ja Kulloo, asemakaava ja asemakaavan muutos

NESTE Oyj, KILPILAHTI
Asemakaavan häiriövaloselvitys

Martti Paakkinen

A-insinöörit

LUONNOS 22.12.2023

Sisällys

1.	Johdanto	3
2.	Suunnittelualue	3
3.	Valaistus ja valaistustekniset vaatimukset.....	4
3.1	Valaistustekniset suureet.....	4
3.2	Esimerkki valaistusteknisistä vaatimuksista.....	6
4.	Häiriövalon arviointi.....	6
5.	Häiriövalon vaikutukset luontoon.....	9
5.1	Keinovalon vaikutus lintuihin ja lepakoihin.....	10
5.2	Keinovalon vaikutus kaloihin ja vesistöihin.....	10
5.3	Keinovalon vaikutus hyönteisiin.....	11
6.	Taivaan valoisuuden arviointi ja valosaaste	11
7.	Mittaus luminanssikameralla	13
8.	Toimenpiteitä valaistuksen parantamiseksi ja häiriövalon minimoimiseksi.....	15
9.	Yhteenveto	20
10.	Viitteet	22

1. Johdanto

Tämä häiriövaloselvitys on laadittu osana Kilpilahden ja Kullon asemakaavan muutosta (AK557). Selvityksessä on arvioitu asemakaava-alueen valaistuksen nykytilaa sekä alueen valaistuksen vaikutusta ympäristöön. Asemakaavan muutoksen myötä korttelialueen rakennusoikeus ei lisäänty, mutta rakennusoikeutta ja rakennusaloja järjestellään uudelleen.

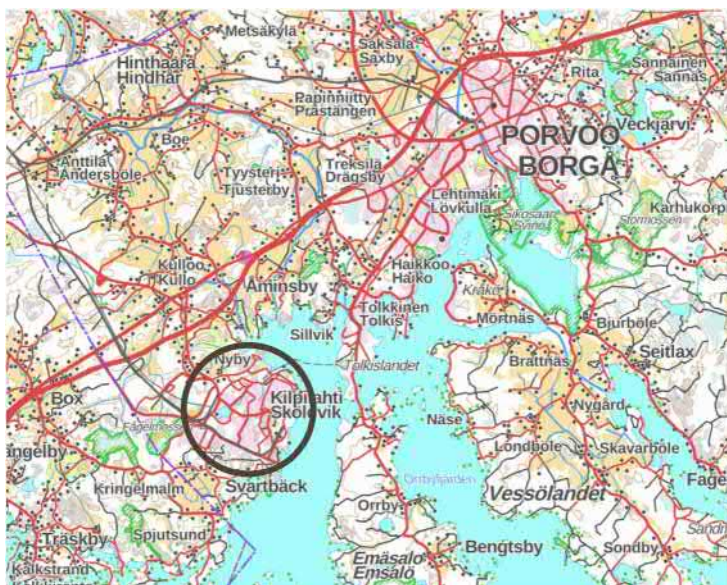
Häiriövaloselvityksen laati konsulttityönä A-Insinöörit, jossa työn projektipäällikkönä toimi Martti Paakkinen. Selvityksessä on mietitty myös, niitä keinoja, joiden avulla voidaan vaikuttaa alueen valaistuksen aiheuttamaan häiriövaloon, valosaasteeseen sekä niiden torjuntaan.

Häiriövaloselvityksen on tilannut Neste Oyj ja se on yksi AK 557 Kilpilahti Kulloo asemakaavaan ja asemakaavan muutokseen kuuluvista selvityksistä.

Kaava-alueen valaistusperiaatteet keskittyvät työtehtäviin liittyvään toiminnalliseen valaistukseen sekä turvavalaisukseen.

2. Suunnittelualue

Suunnittelualue sijaitsee Porvoon Kilpilahdessa, lähellä Porvoon kaupungin ja Sipoon kunnan rajaa. Kilpilahti on noin 15 kilometriä Porvoon keskustasta lounaaseen sijaitseva, kemianteollisuuteen keskittynyt suurteollisuusalue, jonka yli 40 yrityksessä työskentelee 4 200 työntekijää. Kuva 1: Sijaintikartta (Maastokartta: Maanmittauslaitos, 11/2021) Asemakaava-alueen pinta-ala on noin 1235 ha. Asemakaava-alue käsittää noin 718 hehtaarin korttelialueen 8 sekä lisäksi siihen liittyvät toiminnallisen kokonaisuuden muodostamat alueet sen ympärillä.



Kuva 1 Sijaintikartta (Maastokartta: Maanmittauslaitos, 11/2021)

3. Valaistus ja valaistusteknilliset vaatimukset

Ulkotiloihin asennettavien valaisimien tai valonlähteiden käyttötarkoitus voidaan jakaa eri aihealueisiin.

- Työhön tai vapaa-aikaan liittyvään toiminnalliseen valaistukseen. Valaistuksen tarkoituksena on mahdollistaa toiminta tehtävän vaativuuden asettamissa puitteissa myös pimeään aikaan.
- Turvavalaisukseen. Valaistuksen tarkoituksena on parantaa ihmisten tai omaisuuden turvallisuutta alueella.

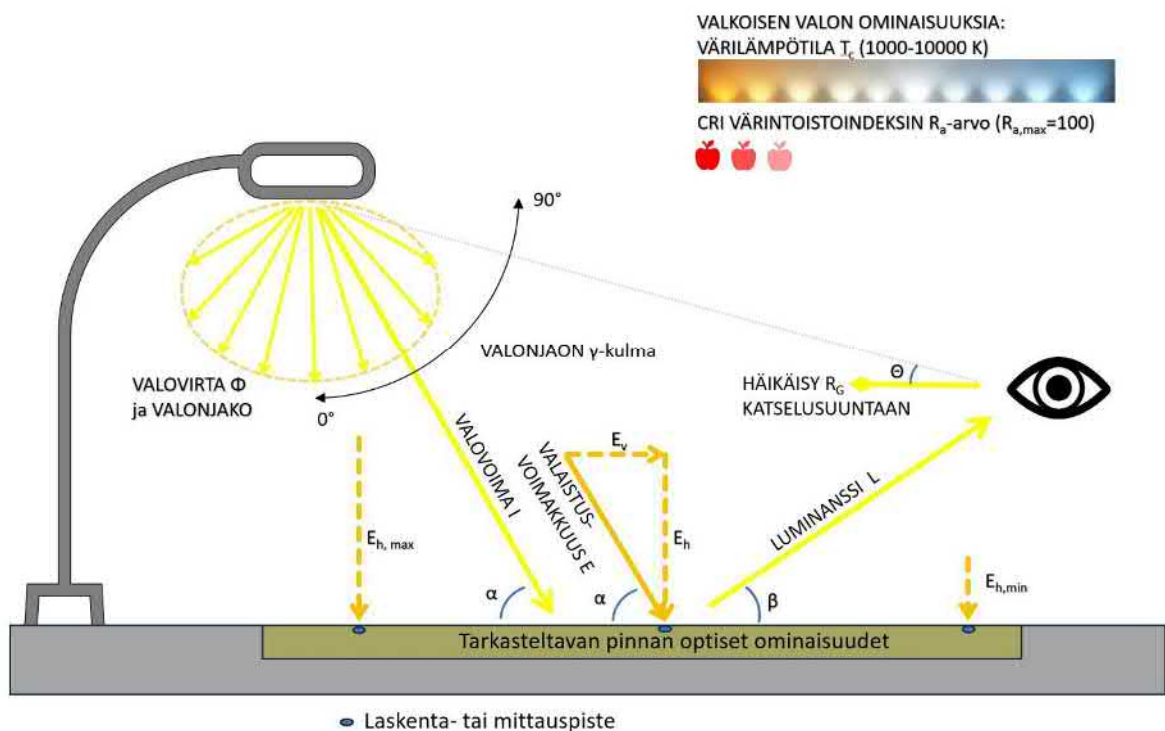
Valaistavan alueen valaistustarve muodostuu usein alueella suoritettavan tehtävän vaativuuden tai alueen turvallisuus näkökulman perusteella. Nämä huomioiden voidaan määritellä jokaiselle toiminta-alueelle omat valaistusvaatimukset.

3.1 Valaistustekniset suureet

Valaistuksessa käytettävät termit ja määritelmät on annettu julkaisussa CIE S 017 (<https://cie.co.at/e-ily>). Tähän kappaleeseen on lisätty muutamia tärkeimpiä valaistusteknisiä suureita.

- VALOVOIMA I [kandela, cd]
 - Kuvaa valonlähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuutta, intensiteettiä.
- VALOVIRTA Φ (luumen, lm)
 - Kuvaa silmän spektriherkkyydellä painotettua valonlähteen näkyvän valon alueen säteilytehoa. Se voidaan määritellä eri kulmiin säteilevän valon valovoiman avulla.
- VALAISTUSVOIMAKKUUS E [luksi, lx]
 - Valovirran säteillä valonlähteestä se lopulta osuu johonkin pintaan. Valaistusvoimakkuus kuvaa pinnalle saapuvan valovirran tiheyttä.
 - Pinnalle saapuva valaistusvoimakkuus, jaetaan usein horisontaali- (E_h) ja vertikaalikomponentteihin (E_v).
 - Keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_m on tarkasteltavalta pinnalta mitattujen tai laskettujen valaistusvoimakkuuksien keskiarvo. Yleisesti tarkastelu tehdään E_h - arvoilla.
- LUMINANSSI L [kandelaa neliömetrillä, cd/m²)
 - Pinnan luminanssi kuvaa projektiopinnan valovoiman tiheyttä tarkastelusuuntaan.
 - Luminanssi on valaistussuureista ainoa, jonka voi havaita silmillä.
- VALAISTUSVOIMAKKUUDEN YLEISTASAIJUUS U_o
 - Kuvaa tarkasteltavan alueen valaistuksen tasaisuutta. Se lasketaan alueen laskenta- tai mittauspisteverkon pienimmän valaistusvoimakkuusarvon E_{min} ja keskimääräisen valaistusvoimakkuuden E_m osamääränä. Yleisesti tarkastelu tehdään E_h - arvoilla.

- HÄIKÄISYLUOKITUSLUKU R_G
 - Lukua käytetään kuvaamaan häikäisyn voimakkuutta esim. aluevalaistuksessa. Mitä pienempi arvo sen vähemmän häikäisyä. Häikäisyä arvioidaan mittauspisteistä eri katselusuuntiin.
 - Voimakkuus riippuu valaisimien määrästä, sijainneista ja optisista ominaisuuksista, havaitsijan sijainnista ja katselusuunnasta sekä ympäristön luminanssista.
 - Suurin sallittu häikäisyluokitusluku ilmoitetaan R_{GL} -arvona. Se on raja-arvo, jota ei saa ylittää.
- VÄRILÄMPÖTILA T_c (Kelvin, K)
 - Valkoisen valon värisävyn viittaava suure. Mitä suurempi arvo sitä enemmän valon spektri painottuu sinisille aallonpituuden arvoille.
- CRI VÄRINTOISTOINDEKSIN R_a -arvo
 - Värintoistoindeksin arvo kuvaa sitä, miten hyvin valo toistaa eri värejä suhteessa standardivalonlähteisiin. Vertailtava standardivalonlähde muuttuu valon värilämpötilan kasvaessa (karkeasti hehkulamputa (A) päivänvalolamppuun (D65)).



Kuva 2 Valaistustekniset suureet

3.2 Esimerkki valaistusteknisistä vaatimuksista

Erilaisten ulkoalueilla tehtävien töiden valaistustarpeita on esitelty standardissa *SFS-EN 12464-2-2014 Light and lighting of work places. Part 2: Outdoor work places. Esimerkiksi* standardin taulukossa 5.10 *öljy ja muu kemianteollisuus* on esitelty tähän teollisuuden alaan kuuluvien työtehtävien valaistusteknisiä vaatimuksia. Taulukko erityyppisistä tehtävistä Öljy- ja muun kemian teollisuuden töiden valaistustarpeista on esitetty alla. Yleisesti ottaen Öljy ja muu kemianteollisuutta sisältävän alueen keskimääräinen valaistusvoimakkuus vaatimus vaihtelee paikallisesti työtehtävän vaativuuden mukaan $E_m > 20$ luksista $E_m > 200$ luksiin. Valaistuksen tasaisuus vaatimusten noustessa samalla $U_o > 0,25$:stä $U_o > 0,5$:een.

Alueiden tarkempi valaistusteknisten vaatimusten määrittely tulee tehdä huolella, kun nykyistä valaistusta ja valaistustarpeita arvioidaan tai uutta valaistusta tai valaistuksen saneerausta ollaan suunnittelemassa.

Taulukko 1, Öljy ja muu kemianteollisuus, [*SFS-EN 12464-2-2014 Light and lighting of work places. Part 2: Outdoor work places.*]

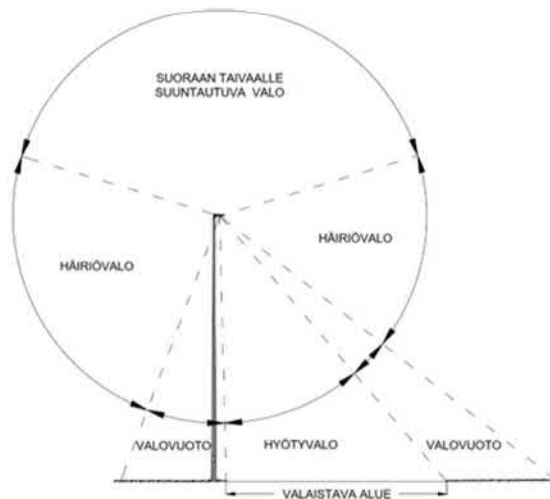
Ref. no	Aluetyyppi, tehtävä tai aktiviteetti	E_m [lx]	U_o	R_{GL}	R_a	Huomioitavaa
5.10.1	Huoltotyökalujen käsittely, manuaalisesti säädettyjen venttiilien käyttö, moottorien käynnistys ja pysäytys sekä polttimien valaistus.	20	0,25	55	20	
5.10.2	Autojen ja vaunujen täyttö ja tyhjennys, joissa on riskittömiä aineita, vuotojen tarkastus, putkitus sekä pakkaus.	50	0,40	50	20	
5.10.3	Autojen ja vaunujen täyttö ja tyhjennys, joissa on Vaarallisia aineita, pumpun vaihdot, yleiset huoltotyöt sekä laitteiden ja mittareiden lukeminen.	100	0,4	50	20	
5.10.4	Polttoaineen lastaus- ja purkupaikat	100	0,40	45	20	
5.10.5	Koneiden ja sähkölaitteiden korjaus	200	0,50	45	60	Paikallinen valaistus

Alueella on useita erilaisia yrityksiä, joilla on jokaisella erilaisia ulkovalaistusta vaativia työtehtäviä. Useimpiin näihin ei edellisen taulukon kuvaukset suoraan toimi. Kuitenkin näiden sekä standardissa esitettyjen eri työtehtäviin perustuvien alueellisten vaatimusten perusteella, on mahdollista määrittellä kullekin työtehtävälle ominaiset valaistustekniset vaatimukset. Valaistuksen vaatimuksia määriteltäessä on alueen turvavalauksen tarpeet huomioitava erikseen. Työn haastavuuden mukaan valaistustekniset vaatimukset kasvavat, jolloin näillä alueilla paikallisen, kohdekohtaisen valaistuksen tarve kasvaa entisestään.

4. Häiriövalon arviointi

Riippumatta siitä tarkoituksesta, mitä varten valaistus on tai sitä ollaan suunnittelemassa tai rakentamassa, on sen mahdollinen häiritsevä vaikutus ympäristöön ja luontoon huomioitava sekä päivä- että yöolosuhteissa. Valaistusasennusten ympäristövaikutukset eivät rajoitu vain häiriövaloon tai suoraan taivaalle

säteilevään valoon, vaan koko valaistukseen ja valaistusasennukseen. Utta valaistusta suunniteltaessa tai nykyistä valaistusta arvioitaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että valaistaan vain niitä alueita, joita on tarpeellista valaista. Näin saadaan energiankulutus mahdollisimman pieneksi ja samalla valovuoto on hallittua ja häiriövalo minimoitua. Häiriövalon minimointiin voidaan vaikuttaa useilla eri tavoilla, valaisimen optiikan oikea valinta sekä mahdollisimman lähelle vaakatasoa tuleva asennuskulma ovat varmissa tapoja vähentää häiriövalon ja suoraan taivaalle suuntautuvan valon määrää. Lähtökohtaisesti valo tulee suunnata hyötyvalon käyttöalueelle mahdollisimman suurelta osin.



Kuva 3 Hyötyvalo, valovuoto ja häiriövalo

Osa valaistuksesta täytyy toteuttaa niin, että on mahdollista hahmottaa myös tilavuuksia sekä koko valaistavassa tilassa olevia asioita, eikä vain maanpintaa. Tällaisia alueita ovat esim. rahtiterminaalit, joissa on tarve hahmottaa päällekkäin kasattuja kontteja sekä alueen turvavalaistus kiinteistön rajojen läheisyydessä tai muilla tarkkailtavilla alueilla. Näillä alueilla on erityisen tärkeä ottaa myös huomioon häiriövalo ja minimoimaan siitä aiheutuvat haitat rajaamalla valoa tarkasti vain haluttuun tilaan.

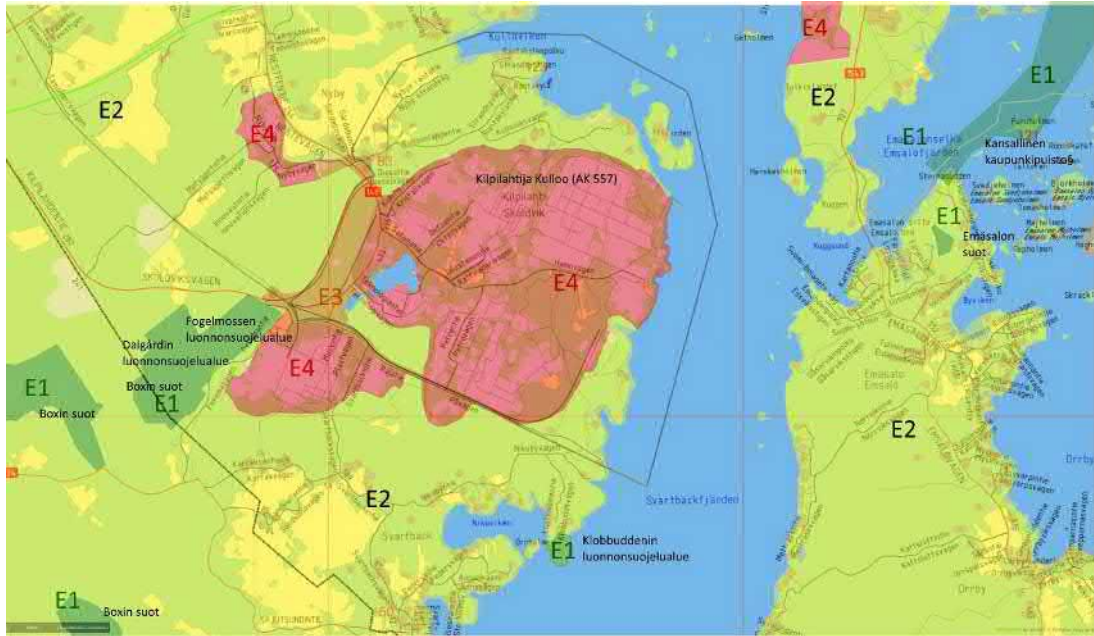
Häiriövaloa käsittelevistä kansainvälisistä ohjeista käytetyin on kansainvälisen valaistuskomission (CIE) tekninen raportti *CIE 150:2017 Guide on the Limitation of the effect of Obtrusive Light from Outdoor Installations, 2nd edition*. Tätä raporttia sekä standardiluonnosta prEN 12464-2 on käytetty pohjana Väyläviraston julkaisussa *Väyläviraston ohje 33/2023 Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 20.06.2023, sen häiriövaloa koskevassa kappaleessa*. Väyläviraston ohjeessa on esitetty häiriövalon raja-arvoja eri ympäristö vyöhykkeille, nämä on esitetty taulukossa 2.

Alueen ja etäisyyksien ollessa suuria on alla olevaan taulukkoon 2 lisätty valaisimen valovoima-arvot vain isoille valaisimille, joiden projektiopinta-ala kohteen suuntaan on noin $0,5 \text{ m}^2$. Arvo on laskettu havaitisjalle, jonka etäisyys valaisimesta on 1,5 km. Etäisyys perustuu suuren alueen ulkopuolelle esim. Emäsaloon suuntautuvan häiriövaloon. Tarkemmin valovoiman raja-arvoihin voi tutustua Väyläviraston ohjeen avulla (Taulukko 24 *Valaisimen tai valonheittimen aiheuttaman valovoiman maksimiarvot määrättyihin suuntiin*).

Taulukko 2 Ulkovaalaistus asennusten hyväksytyt häiriövalon raja-arvot

Ympäristö- vyöhyke	Vertikaali valaistusvoimakkuus lähikiinteistöissä		Valaisimen valovoima kohteen suuntaan		Ylöspäin säteilevän valon osuus R_{UL} [%]	Keskimääräisen luminanssin maksimi	
	$E_{v,max}$ [lx]		I [kcd]			L_b (cd/m ²)	L_s [cd/m ²]
	Ilta	Yö	Ilta	Yö		Julkisivuissa	Opasteissa
E0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
E1	2,0	1,0	7,65	0,0	0,0	0,1	50
E2	5,0	1,0	15,0	7,65	2,5	5,0	Traficom määräyksen mukaan
E3	10,0	2,0	22,5	7,65	5,0	10,0	
E4	25,0	5,0	39,0	7,65	15	25,0	
missä, E0 E1 E2 E3 E4	<p>Täysin pimeänä säilytettävät suojelualueet, observatoriot, Luonnollisen pimeä Luonnontila (esim. metsä), luonnonsuojelualueet. Pimeä Asuinalueet, joissa on vähäistä asutusta, alueet taajamien ulkopuolella, maaseutu. Vähäinen aluevalaistus Taajama-alueet keskusta-alueiden ja aluekeskusten ulkopuolella. Kohtalainen aluevalaistus Kuntien keskustat ja aluekeskukset. Voimakas aluevalaistus</p>						
missä, $E_{v,max}$ I R_{UL} L_b L_s	<p>on ominaisuuksien vaakasuoran valaistuksen maksimiarvo lukseina [lx]; Valonlähteen valovoima kilokandeloina (kcd) mahdolliseen häiriövaloa aiheuttavaan suuntaan; Taulukossa on esitetty arvot isoille valaisimille, kun projektiopinta-ala kohteen suuntaa 0,5 m² ja etäisyys havaitsijaan 1,5 km. on lopulliseen asennus paikkaan asennetun ja suunnatun valaisimen (valaisimien) valovirran osuus, joka säteilee vaakatason yläpuolelle [%] on rakennuksen julkisivun keskimääräisen luminanssin maksimiarvo [cd/m²] on opasteen keskimääräisen luminanssin maksimiarvo [cd/m²]</p>						

Häiriövalon raja-arvoja tarkasteltaessa on hyvä huomioida, että valoa leviää laajalti myös Kilpilahden alueen ulkopuolelle esimerkiksi Emäsaloön. Vaikka Kilpilahden alue vastaakin alueena lähinnä ympäristövyöhykettä E4, on valaistuksen vaikutukset hyvin havaittavissa myös kauempana alueilla, joiden ympäristövyöhyke voi olla luokkaa E2 tai E1. Lähiympäristön suuntaa antava ympäristövyöhyke kartta on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4, Ympäristövyöhykekartta

5. Häiriövalon vaikutukset luontoon

Suomen ympäristökeskuksen raportissa 27/2014 on esitelty valosaasteen ja häiriövalon vaikutuksia luontoon. Valoisan ja pimeän ajan vuorokausirytmii ja kuun kierron syklit ovat ekosysteemin perusominaisuuksia. Useimmat eläimet ja kasvit ovat sopeutuneet näihin sykleihin. Keinovalon vaikutukset voivat johtua joko suoraan valaisimesta tulevasta valosta tai pinnoista tai pilvistä heijastuvasta keinovalosta. Vaikutusten suuruus on riippuvainen valaistuksen ajoittamisesta, sen voimakkuudesta, suuntaamisesta sekä valon lähteen spektrin aallonpituudesta. Ympäristön ominaisuudet, kuten varjostava kasvillisuus, lumipeite ja maanpinnan muodot sekä ilmassa olevat aerosolit ja hiukkaset vaikuttavat valon etenemiseen, heijastumiseen ja siroutumiseen. Kaikki nämä voivat vaikuttaa eläimien luonnolliseen rytmiin.

Pimeän ajan keinovalo vaikuttaa varsinkin hämärä- ja pimeäaktiivisten lajien käyttäytymiseen. Selkärangaisista 28 % ja selkärangattomista eläimistä 64 % on yöaktiivisia. Myös merkittävä osa pölyttäjästä on yöaktiivisia. (Hölker et al, 2010).

Keinovalaistus usein harhauttaa ja hämmentää eläimiä, mikä saattaa johtaa navigointivirheisiin tai pesimäalueiden hylkäämiseen. Näillä häiriötekijöillä voi olla merkittäviä vaikutuksia useiden eläinlajien populaatiodynamiikkaan ja näin ollen lajien säilymiseen.

Kilpilahden luontaselvityksen (työnumero 23703633) perusteella kaava-alueen reunalla tai sen läheisyydessä on muutamia suojeltavia luontokohteita. Näillä alueilla kaava-alueelta tulevan häiriövalon pois rajaaminen on erityisen tärkeää.

Selvitysalueen lounaisnurkan ulkopuolella sijaitsee Natura 2000-alue Boxin suot FI0100068 SAC (pinta-ala 156 ha). Alue koostuu kolmesta erillisestä suosta, joista Fogelmossen on lähimpänä Kilpilahtea. Suot ovat miltei kokonaan luonnontilaisia ja merkittäviä perhoslajistonsa takia, alueen linnusto on tavanomaista.

Lähin FINIBA-alue sijaitsee lähimmillään 1,8 km päässä koillisessa. Haikkoonselän (FINIBAalue 85) on erityisen tärkeä merilokkien kerääntymisalue keväisin.

Muutoin luontoselvityksen perusteella ei ole havaittu sellaisia uhanalaisia eläin tai kasvilajeja, joista tulisi erikseen mainita tässä häiriövaloselvityksessä.

5.1 Keinovalon vaikutus lintuihin ja lepakoihin

Erytisesti yöllä, keinovalaistus häiritsee yöeläinten luonnollista käyttäytymistä. Useat yöeläin lajit, kuten esimerkiksi lepakot ja pöllöt ovat tottuneet elämään hämärissä tai pimeissä olosuhteissa. Ravinnonhaun, parittelun ja navigoinnin kannalta pimeät tai hyvin hämärät olosuhteet ovat näille lajeille elintärkeitä.

Useimmat lintulajit turvautuvat luonnon omiin herätteisiin, kuten pimeän yötaivaan pimeyteen sekä taivaan yksittäisiin luonnollisiin valonlähteisiin, navigoidessaan muuton aikana tai etsiessään sopivia pesimäpaikkoja. Esimerkiksi mustarastailta tehtyjen kokeiden perusteella näyttää siltä, että lintujen hormonijärjestelmä ei sopeudu valoaltistukseen ja lintujen pitkän aikavälin lisääntymismenestys heikkenee dramaattisesti (Dominoni et al. 2013b).

Myös paljon tutkittu lajiryhmä ovat yöllä lentävät muuttolinnut, jotka keinovalaistuksen johdosta harhautuvat suunnasta tai törmäävät korkeisiin valaistuihin rakennelmiin (Bolshakov et al 2013, Loss et al 2014).

Lepakko yhdyskuntien pesimäpaikkojen välittömässä läheisyydessä (50 m) tulee välttää valaistusta, jonka spektri sisältää suuria määriä säteilyä ultravioletista vihreään (<400-575 nm). Lintujen osalta vain keltainen spektrinosa (575-585 nm) ei kuulu vältettävien aallonpituuksien ryhmään (Virginie Nicholas, luento, DARC seminaari 09/2020), (Helsingin häiriövaloselvitys).

5.2 Keinovalon vaikutus kaloihin ja vesistöihin

Oman haasteensa keinovalo luo pimeään suojeltavalle merelle, jonka läheisyydessä tulisi olla erityisen varovainen valon suuntauksien, mitoituksen ja valon spektrin osalta. Positiivinen fototaksia tarkoittaa eläinten vetovoimaa valonlähteisiin. Sitä esiintyy useilla eri eläin lajeilla mm. kaloilla ja hyönteisillä. Kalat etsivät sellaisia vesiä, joissa on runsaasti pienempiä kaloja ja hyönteisiä. Vihertevien absorboidessa valosta punaiset aallonpituudet, vesi näyttää lähinnä vihreältä siellä, missä levien esiintyvyys on korkea. Tämän takia kalojen silmät ovat herkimmillään juuri aallonpituuksille sinisestä vihreään (420 – 575 nm). Osa lajeista ovat myös herkkiä keltaisille aallonpituuksille. Kaikilla elävillä olennoilla on silmissä värivaloreseptoreita, jotka ovat sopeutuneet kyseisen eläimen "luonnollisen tilan" valoon, ja niiden päätavoitteena on tunnistaa

vaaran tai ruoan merkkejä. Näin ollen valonlähteet, joiden säteilemässä valossa on paljon sinisen, vihreän ja UV-valon aallonpituuksia (<400-575 nm) houkuttelevat eniten kaloja, ja toisaalta aallonpituudet punaisen valon alueella vaikuttavat selkeästi vähemmän kalojen toimintaan. (LYTHGOE, 1988).

Valoaltistus voi aiheuttaa merkittäviä muutoksia myös ravintoketjuissa. Muun muassa vesistöjen rehevöityminen voi kiihtyä, koska planktoneliöstö on herkkä lisävalolle. Rannalta veteen päätyvä vähäinenkin keinovalo voi lisätä sinilevien kasvua ja kiihdyttää näin rehevöitymistä (Polin et al. 2014). Valoaltistuksen ja muiden ympäristömuutoksen keskinäisiä suhteita vesiekosysteemeissä tunnetaan vielä hyvin vähän (Davies et al. 2014).

5.3 Keinovalon vaikutus hyönteisiin

Hyönteisten määrä on kovassa laskussa maapallolla. Populaatioiden pienenemiseen on useita syitä, joista yksi merkittävä tekijä on lisääntynyt keinovalaistus. Keinovalaistus vaikuttaa hyönteisiin mm. niiden liikehdintään, ravinnon hankintaan, lisääntymiseen, saalliiksi joutumiseen sekä nuorten hyönteisten kehitykseen (Owens et al 2019). Valaistus houkuttelee yöperhosia sellaisille alueille, joissa niiden pitkän aikavälin selviytymismahdollisuudet ovat heikkoja. Tutkijat ovat suositelleet, että esimerkiksi vesistöjen varsilla olevaa valaistusta suunniteltaessa huomioitaisiin, että hyönteiset harhautuvat herkästi valonlähteitä kohti (Perkin et al. 2014).

Hyönteiset ovat erityisen alttiita valaistukselle, jonka spektri sisältää suuria määriä säteilyä ultravioletista vihreään (<400-575 nm). (Virginie Nicholas, luento, DARC seminaari 09/2020)

6. Taivaan valoisuuden arviointi ja valosaaste

Valosaaste on kansainvälisen valaistuskomission CIE:n mukaan valaistavan kohteen valaistustarpeen kannalta tarpeetonta valoa, jolla on lähinnä negatiivisia vaikutuksia esim. ympäröivän luonnon eläimiin ja kasveihin. Suomen ympäristökeskuksen raportissa 27/2014, taulukkoon 1 on kerätty eri lähteistä määritelmiä valosaasteelle.

Euroopan komission asetus (EY) N:o 245/2009 määrittelee valosaasteen keinovalojen kaikkien haitallisten vaikutusten yhteenlaskettua vaikutusta ympäristöön, mukaan luettuna häiriövalon vaikutus. Häiriövalo tarkoittaa, että osa valaistusjärjestelmän valosta ei täytä tarkoitusta, johon järjestelmä on suunniteltu. Siihen sisältyvät: Valaistavan alueen ulkopuolelle suunnittelemattomasti tuleva valo, Hajavallo valaistusjärjestelmän ympäristössä sekä valonhehku taivaalla.

Yksi keino yrittää arvioida valosaasteen määrää on mitata taivaankannen valoisuutta SQM-mittauksella (Sky Quality Meter) tai käyttämällä Bortlen asteikkoa. Yhdeksän portaisen Bortlen -asteikon ensimmäinen taso vastaa yön todellista pimeyttä ilman minkään keinovalon aiheuttamaa häiriötä. Tällöin on mahdollista nähdä useita tuhansia tähtiä. Keinovalon määrän lisääntyessä taivaan valoisuus kasvaa, sekä suorasta

taivaalle säteilevästä valosta, että pintojen kautta heijastuneen valon takia. Alin yhdeksäs taso vastaa kaupungin keskustan näkymää yötaivaasta, jossa näkyvissä on vain kuu ja muutama kirkkain tähti. Taulukossa 4 on esitetty lyhyt kuvaus asteikon eri portaista sekä niitä vastaavista SQM-mittaus alueista.

Osana tätä selvitystä tehtiin taivaankannen valoisuutta mittaava SQM-mittaus astronomisen pimeän aikaan pilvettömältä tai lähes pilvettömältä taivaalta (Unihedron Sky Quality meter SQM). Tähän perustuva asteikko ja sen vastaavuudet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3 Bortlen asteikko ja sitä vastaavat SQM-mittauksen arvot

Bortlen asteikko	SQM [mag/arcsec ²]	Karkea aluejako	
1	21.99-22	Erämaa, kaukana keinovalaistusta alueista	Ilmakehän hehkua esiintyy ainoastaan heikosti lähellä horisonttia ja linnunradan osat voi erottaa hyvin paljaalla silmällä. Pilvet esiintyvät taivaalla pimeinä alueina.
2	21.89-21.99	Valaisematon alue, erämaa, maaseutu	Ilmakehän hehku voi näkyä heikosti, linnunrataa voi tarkastella tavallisilla kiikareilla. Pilvet esiintyvät taivaalla pimeinä alueina.
3	21.69-21.89	Maaseutu	Linnunrata näkyy jo melko hyvin useina erillisinä klustereina. Pilvet näkyvät vielä vaaleampina lähellä horisonttia, mutta muualla vain pimeinä kohtina. Horisontissa voi havaita jonkin verran merkkejä valosaasteesta.
4	20.49-21.69	Siirtymä esikaupungista maaseudulle	Linnunrata on havaittavissa vaikkakaan ei täysin. Myös useita himmeämpiä tähtiä on jo mahdollista havaita. Pilvet valaistuvat hyvin himmeästi valosaasteen takia.
5	19.50-20.49	Esikaupunki	Lähellä horisonttia linnunrata ei ole havaittavissa ollenkaan tai vain hyvin heikosti. Taivaankappaleita voi havaita kaikissa eri suunnissa taivasta. Pilvet ovat vaaleampia kuin muu taivas.
6	18.94-19.50	Vahvasti valaistut esikaupunkialueet	Taivas, 35 astetta horisontista, hehkuu harmaan valkoisena. Linnunradan voi juuri ja juuri hahmottaa vain, kun se on suoraan taivaan laen kohdalla. Pilvet näkyvät selvästi muuta taivasta vaaleampina kaikissa osissa taivasta.

SQM- mittaukset:

Mittaus 1: Emäsalon puoleiselta lauttalaturilta antoi tulokseksi 18.56 mag/arc s². Sää mittaushetkellä oli lähes pilvetön ja mittausajankohta oli klo 01.15 30.08.2023.

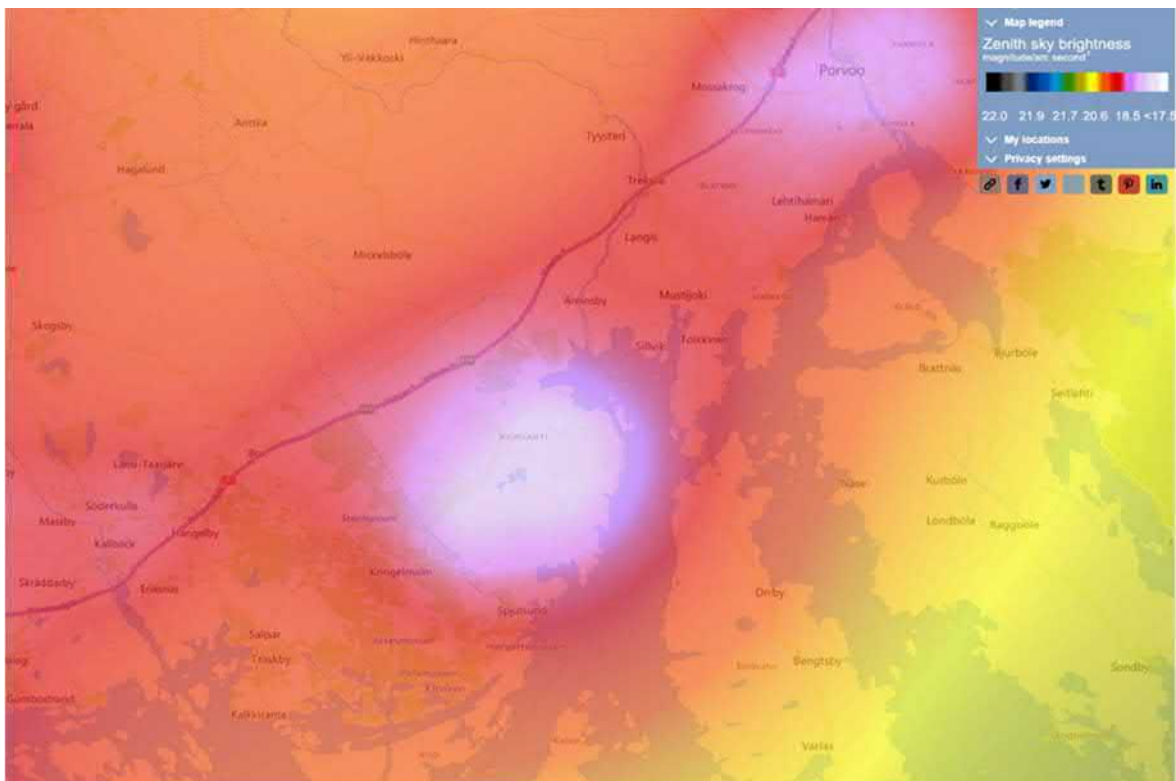
Mittaus 2: Kilpilahdentieltä Fogelmossan suojelualueen reunalta antoi tulokseksi 17,48 mag/arc s². Sää mittaushetkellä oli lähes pilvetön ja mittausajankohta oli klo 01.30 30.08.2023.

Taivaankannen valoisuus vastasi näin molemmissa mittauspisteissä vahvasti valaistua esikaupunkialuetta.

Valoisuuden arviointi valosaastekartan avulla:

Myös valosaastekarttaa (www.lightpollution.info) tarkasteltaessa voidaan todeta, että Kilpilahden alue on nykyään ympäristön suurin valaistava alue. Alueen valaistuksen tasot ovat myös alueellisesti korkeita, joka osaltaan lisää alueella syntyvää häiriövaloa ja valosaastetta. Huomiona on vielä todettava se, että satelliitin

kamera havaitsee näkyvän valon sinisiä aallonpituuksia (mittausalue 500-900nm) huomommin kuin ihmissilmä (mittausalue 400-700nm), joten jos valaistusta saneerataan viileäsävyisellä valkoisella valolla, ei lisääntynyt valomäärä välttämättä näy satelliittikuvassa. Sama Kilpilahden alueelta säteilevän suoran ja heijastuneen valon vaikutus taivaankannen valoisuuteen voidaan todeta, lähiympäristöstä niin mittauksella kuin kuvassa 5 esitetyn kartan avulla.



Kuva 5 Valosaastetta kuvaava kartta: Jurij Stare, www.lightpollutionmap.info, Earth Observation Group, NOAA National Geophysical Data Center

7. Mittaus luminanssikameralla

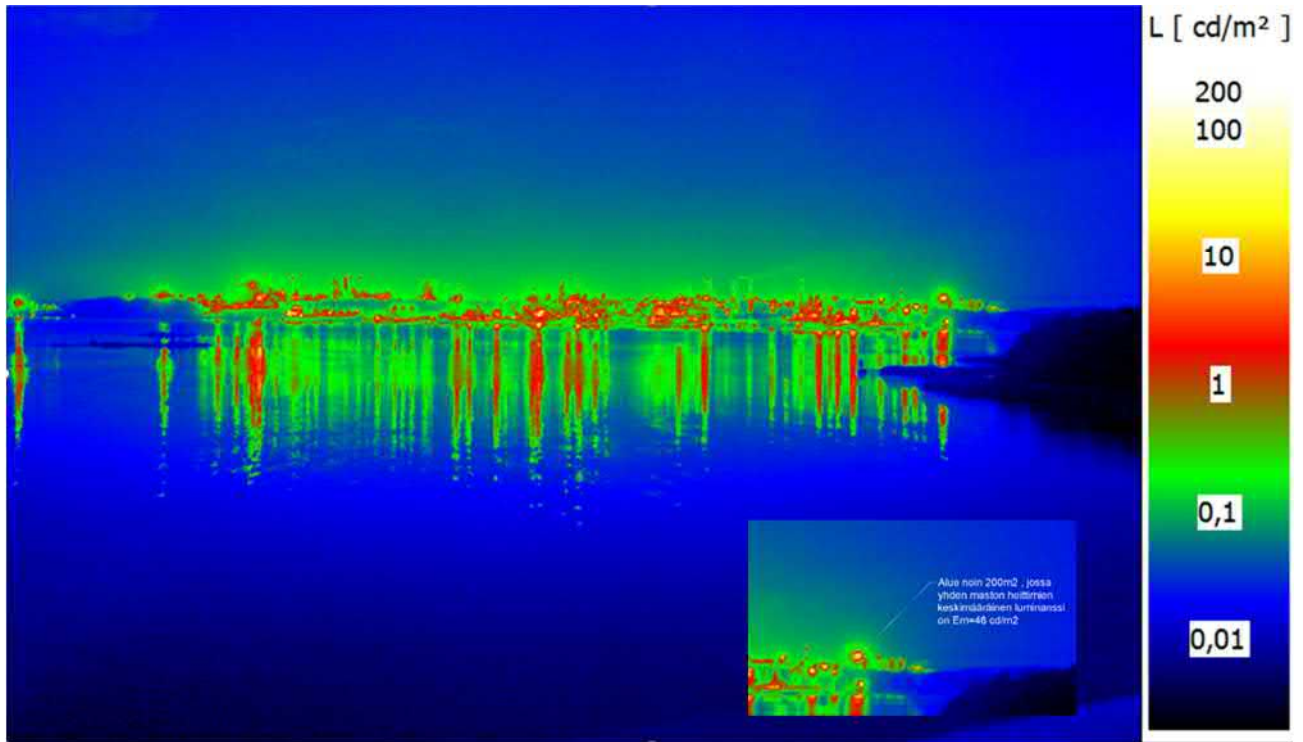
Selvitystä varten tehtiin mittauksia luminanssikameralla. Mittauskuva otettiin Emäsalon sillalta noin 1,8 km päästä kaava alueesta. Sillan itäpuolelta alkaa suomen (FINIBA alue 85) tärkeä Haikkoonselän lintualue. Luminanssikamera ei ollut kalibroitu kalibroitiväli-vaatimusten mukaisesti, joten mittaukset ovat enemmän havainnollisia kuin absoluuttisia arvoja antavia. Myös osaltaan esitettyihin luminanssiarvoihin vaikuttaa se, että kameran resoluutio ei riitä erottamaan lähes 2 km etäisyydeltä yksittäisiä valaisin pisteitä vaan pisteen valaiseva alue on paljon suurempi kuin oikea valaisimen valoaukon projektio katselusuuntaan. Kuvassa 6 on esitetty yöllinen maisema Emäsalon lossipaikan laiturilta.



Kuva 6 Kilpilahden ranta

Luminanssikameralla otetussa väärävärivatsassa (kuva 7) on esitetty eri pintojen luminanssit Kilpilahden alueelta kuvattuna Emäsaloon johtavan sillan keskeltä. Kaukaa otetusta kuvasta voi arvioida vain suuripiirteisesti luminansseja, eikä varsinaisia absoluuttisia arvoja siitä voi saada. Todellisuudessa maston yksittäisen valaisinpisteen luminanssi voi mittauspisteen suuntaan olla yli 50-kertainen, kun mittauksen resoluutio jakaa maston valaisinpisteiden luminanssin paljon todellisuutta laajemmalle alueelle.

Kuva kuitenkin havainnollistaa niin suoran valon kuin esim. veden pinnan kautta heijastuneen valon vaikutuksen ympäristöön. Huomion arvoista on, että osa nykyisistä valaisimista on suunnattu niin, että niiden valaiseva pinta voidaan havaita erittäin kirkkaina pisteinä (luultavasti yli 1000 cd/m²) vielä yli 1,8 kilometrin päästä lahden (Svartbäckfjärden) toiselta puolelta. Samoin kuvasta voi päätellä, että merelle ja veteen suunnatun valon määrä on vaikuttava tekijä alueiden pimeän ajan ympäristöolosuhteisiin niin vesialueella kuin ympäröivissä saarissa. Kuvassa 4 esitetyn jaottelun perusteella voidaan todeta valaistuksen aiheuttavan useista eri valaisimista ja valaisinmastoista huomattavan määrän häiriövaloa, jopa kauempana sijaitseville alueille, joiden taulukon 2 mukainen ympäristövyöhyke määrittely edustaa selkeämmin vyöhykettä E2, vähäisen asutuksen alueita taajamien ulkopuolella, kuin Kilpilahden teollisuusalueen ympäristövyöhykettä E4.



Kuva 7 Kilpilahden ranta luminanssikuva (vääräväri)

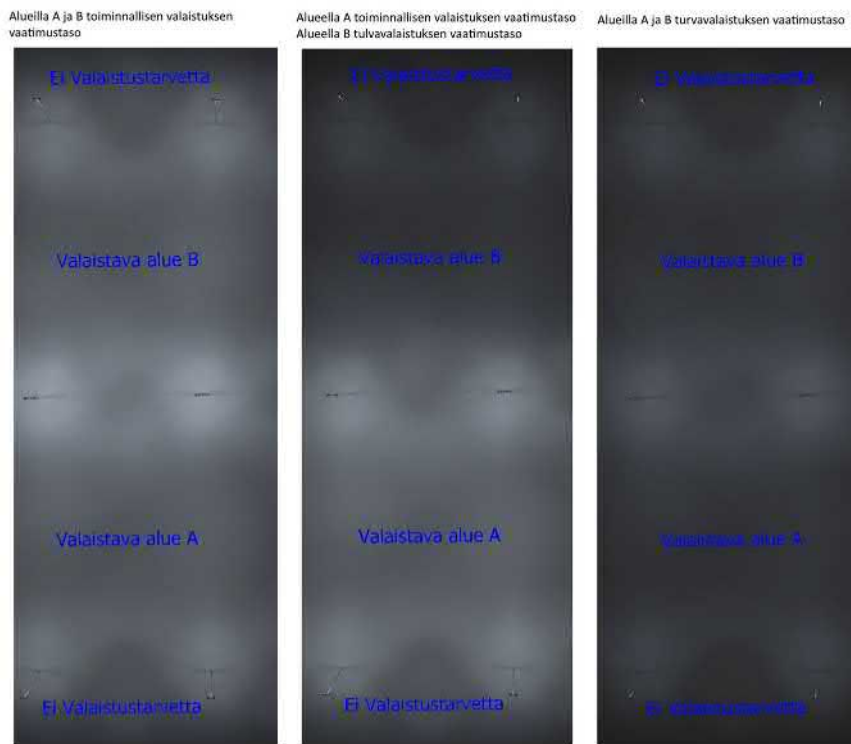
Vaikka valaistusasennuksen ongelmaa horisontaalitason yläpuolisesta valosta ei voida kuvasta suoraan todeta, niin lähes horisontaalitasoon säteilevää valoa alueella on paljon. Sillalle säteilevän suoran valon säteilyn γ -kulma on valaisimen asennuskorkeudesta riippuen vain 0 – 1,5 astetta horisontaalitason alapuolella, kun luminanssikameran kuva on otettu noin 1,5 km päästä valaisimista.

8. Toimenpiteitä valaistuksen parantamiseksi ja häiriövalon minimoimiseksi

Häiriövalon syntyä estetään tehokkaimmin suunnitteluvaiheessa. Suunnittelijan on hyvä tarkistaa, että alla luetellut asiat on huomioitu. Häiriövalon minimoinnin peruspilarit ovat seuraavat.

- (1) Valaistaan vain silloin, kun valoa tarvitaan
 - (a) valaistuksenohjaus
- (2) Valaistaan vain niitä alueita, joissa valoa tarvitaan
 - (a) valonlähteiden sijoittelu
 - (b) valon rajaus
- (3) Eliminoidaan asennuksessa horisontaalitason yläpuolelle suuntautuva valo ja minimoidaan valovuoto.
 - (a) Valaisintyyppiin, valonjaon ja valaisimen asennuskulman valinta.

- (4) Ei ylivalaista alueita. Riittävä määrä valoa ja riittävällä tasaisuudella alueen työtehtäviin nähden.
- (a) Valon säätö
- (5) Vältetään käyttämästä valoa, jossa suhteellisesti paljon lyhyitä aallonpituuksia (UV- ja sininen valo).
- (a) Valkoisen valon värilämpötila, suodattavat linssit.
- (1) Valaistavan alueen käyttötarkoituksen perusteella valaistus voidaan jakaa turvavalaisuuteen ja toiminnalliseen valaisuuteen. Turvavalaisuuden tulee täyttää aina vaatimukset niiden edellyttämällä tavalla, mutta toiminnallista valaistusta voidaan ohjata sen käyttötarpeen mukaan. Parhaimmillaan alueen koko valaistus on keskitetysti ohjausjärjestelmän takana, jonka avulla sitä voidaan säätää valaistavan alueen käyttötarpeen mukaan. Käyttökohteen toiminnallista osaa valaistuksesta voidaan sammuttaa tai himmentää osin, silloin kun alueella ei ole toimintaa. Kuvassa 8 on esitetty alueellisen valaistuksen himmennysperiaate, kun alueella A on toimintaa ja alueella B ei ole, voidaan valaistus alueellisesti himmentää, niin että turvavalaisuuden edellyttämät vaatimukset vielä täyttyvät myös alueella B. Valaistuksen toimintaa voidaan tehostaa erilaisten anturien tai painonappien avulla, jotka antavat tarvittavaa tietoa valaistuksen tarpeellisuudesta valaistuksenohjaukselle. Nykyiset ledivalonheittimet ovat useimmissa tapauksissa mahdollista varustaa valaisinkohtaisella ohjauksella, jolloin valaistusta voidaan säätää entistä tarkemmin juuri sen alueen osalta missä valoa tarvitaan.



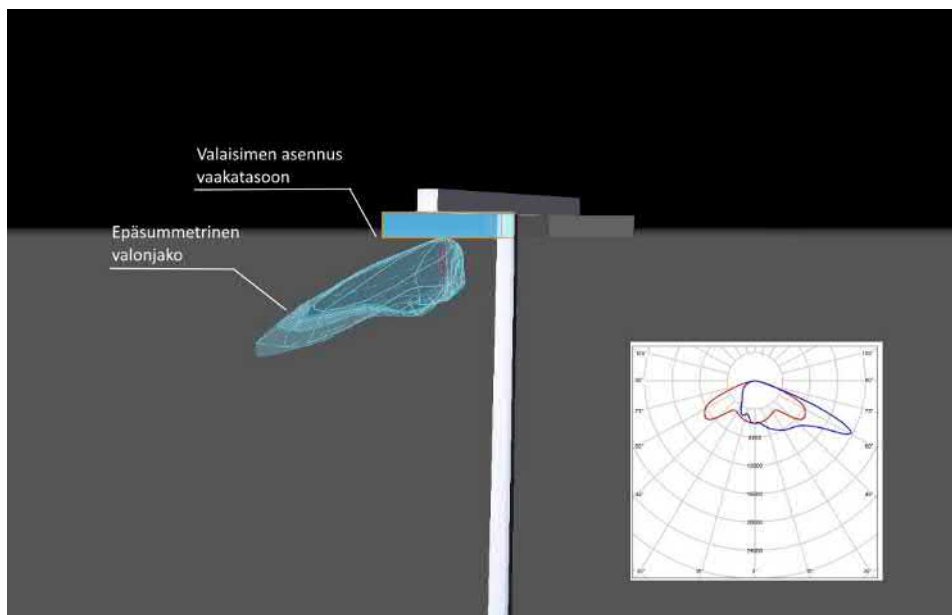
Kuva 8 Valaistuksen ohjaus toiminta-alueittain

- (2) Valonlähteiden ja mastojen sijoittelulla ja valaisimien asennus korkeudella voidaan vaikuttaa omalta osin ympäristöön suuntautuvaan häiriövaloon. Mastojen sijoittelussa on häiriövalon näkökulmasta peruserätyksenä, että valaisimet sijoitetaan valaistavan alueen reunoille silloin, kun se on mahdollista.

Usein korkeat valaisin mastot voivat olla valaistuksen rajaamisen kannalta edullisia, kun valaisimet saadaan asennettua vaakatasoon. Tällaisten korkeiden mastojen haitat ympäristöön kuitenkin korostuvat päivänäkylässä.

Häiriövalon minimoinnin kannalta aluevalaistuksessa tulee käyttää heittämiä, joiden valonjako on epäsymmetrinen. Kuvassa 9 on esitetty esimerkki valonjaosta, jossa valovoiman maksimi on noin 60 asteen kulmassa valaisimen etupuolelle (C90-taso valonjakokäyrässä, sinisen viivan oikea puoli). Tällöin valaisevaa pintaa ei välttämättä tarvitse enää kallistaa ja valaisevan pinnan projektio kauempaa katsottuna pienenee lähelle nollaa. Häiriövalon ja valosaasteen rajaamisessa varsinkin horisontaalitason yläpuolelle suoraan suuntautuvaa valoa pitää välttää (valaisimissa $U_{lor}=0$).

Turhaa valovuotoa ja häiriövaloa voidaan vielä vähentää entisestään erilaisten suojiin ja rakenteiden avulla (kuva 10). Valaisimeen- tai valonheitinorteen voidaan lisätä myös erillinen suojarakenne, jolla estetään valon leviäminen niille alueille, johon valoa ei ole tarkoituksen mukaista suunnata. Samalla tällaisella rakenteella voidaan estää valopisteen näkyminen kauas alueen ulkopuolelle.

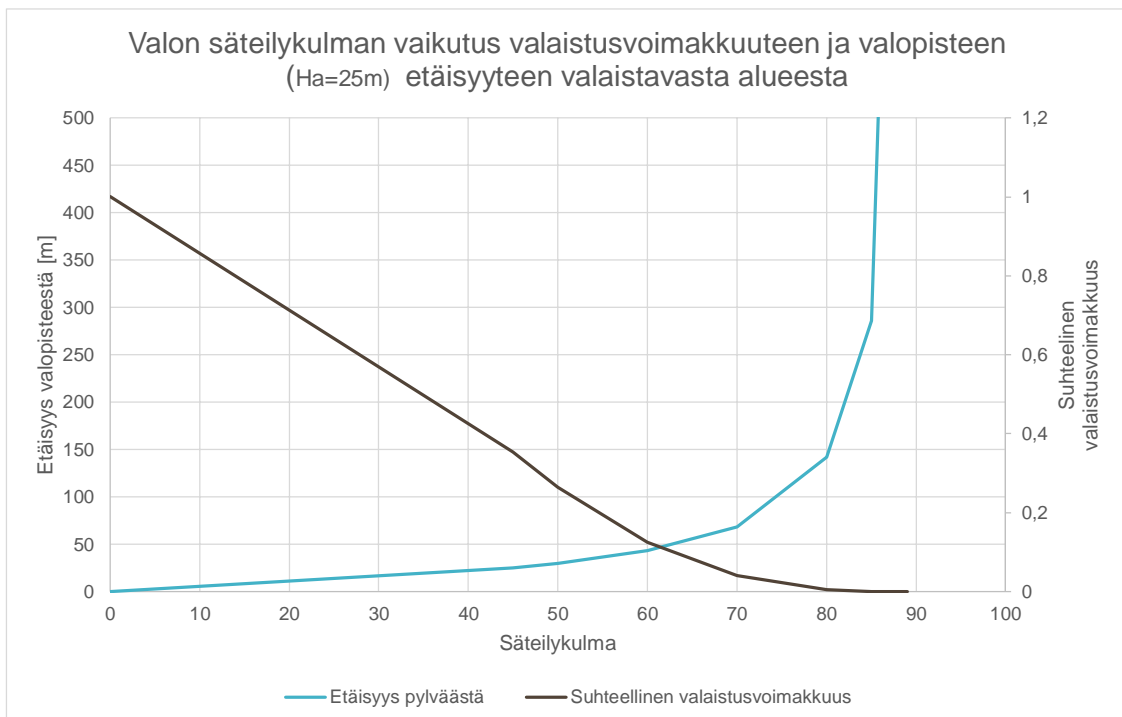


Kuva 9 Esimerkki epäsymmetrinen valonjako



Kuva 10 Erilaisia valaisimien lisäosia valon rajaukseen

- (3) Valaistuksen suunnittelussa on valaisin ja valonheitin mastojen sijoittamisella, valaisimien asennuskorkeudella sekä valaisintyyppin valinnalla merkittävä vaikutus valaistuksen laatuun. Ylipitkät valonheitinmastojen väliset etäisyydet johtavat usein tarpeeseen suunnitella valaistusta kapeakeilaisilla, suureen asennuskulmaan asennetuilla valonheittimillä. Tällainen asennustapa johtaa väistämättä valaistuksen energiakulutuksen, häikäisyn sekä häiriövalon lisääntymiseen. Kuvassa 11 on esitetty valon säteilykulman vaikutus saavutettuun valaistusvoimakkuuteen sekä pisteen etäisyys pylväästä. Hyvin suunnitellussa valaistuksessa valaisinpylväiden oikea sijoittaminen, sopivat pylväsvälit ja valaisimien suuntaaminen sekä valon rajaaminen vain valaistavalle alueelle, on energiatehokkuuden ja ympäristön kannalta tärkeää. Rakennuskustannusten karsiminen valaistuksen laadun kustannuksella, johtaa epätoivottuihin tilanteisiin niin ympäristön häiriövalon kuin energia- ja käyttökustannusten kasvaessa.



Kuva 11 Valon säteilykulman (γ) vaikutus valaistusvoimakkuuteen sekä valaistavan pisteen etäisyyteen pylväästä

Vaikka alueen valaistus olisi suunniteltu, miten hyvin tahansa, on valaistuksella aina vaikutusta valaistun alueen lähiympäristöön. Suunnittelussa joutuu aina tekemään myös kompromisseja. Esimerkiksi sellaisten alueiden osalta, missä valaistus vaatimukset koskevat koko tilaa ja esimerkiksi vertikaalivalaistusvoimakkuudelle on asetettu omat valaistustekniset vaatimukset myös valaistavan pinnan yläpuolella. Tämä johtaa väistämättä siihen, että valaisimien asennuskulmat kasvavat, eikä valaisimen valovuoto ja häiriövalo ole enää samalla lailla hallittua. Tällaisissa kohteissa, kuten satamat, valonohjauksen merkitys kasvaa entisestään.

- (4) Uutta valaistusta tai valaistuksen saneerausta suunniteltaessa on hyvä määritellä alueelliset valaistustarpeet ja -vaatimukset heti suunnittelun alku vaiheessa. Nämä vaatimukset on hyvä varmistaa valaistuslaskennan avulla niin, että valaistus vastaa sovittua mitoitusta sekä ulkovalaistuksen valaistusstandardeja. Kriittisiin suuntiin tulee tehdä erillinen häikäisy- ja häiriövalotarkastelu. Valaistuksen suuntauksessa on varmistettava, ettei valo turhaan leviä valaistavan alueen ulkopuolelle. Jos toteutuksen todetaan aiheuttavan häiriövaloa, pyritään ongelma korjaamaan mahdollisimman nopeasti.

Valaistavan alueen valaistustasot tulee myös määrittää ja tarkastaa, niin että ne tarjoavat asianmukaiset ja riittävät valaistusolosuhteet työtehtäviin nähden. Jos näitä tekijöitä ei huomioida ajoissa, on seurauksena jatkuva valaistustasojen nosto, joka samalla vaikuttaa energiakulutuksen, valosaasteen määrän sekä valaistuksen asennus ja käyttökustannuksien jatkuvaan kasvuun. Ihmissilmän sopeutuminen valaistukseen riippuu myös ympäristön valaistuksesta. Ylivalaistut alueet luovat turhaan vaikutelman siitä, että riittävästi valaistua alue tuntuukin pimeältä.

Alueen valaistusjärjestelmän suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös valaistuksen dynaaminen ohjaus. Alueita valaistaan vain tarvittavina ajankohtina. Samalla pyritään sammuttamaan ne valonlähteet, joiden käyttö yön aikana ei ole tarpeellista. Mikäli valaistus on käytössä myös yön hiljaisina tunteina (23.00-06.00), on sen aiheuttamaan häiriövaloon kiinnitettävä erityistä huomiota. Tällaisissa tilanteissa on uusien valaistusasennusten sijainteihin ja suuntauksiin kiinnitettävä erityistä huomiota sekä käyttää valaisimia, joihin on mahdollista saada erilaisia häikäisyuojia ja muita valoa rajaavia elementtejä.

- (5) Useiden, ylläkin viitattujen, tutkimusten mukaan keinovalon sisältämät spektrin lyhyet aallonpituudet (<400nm-550nm) Uv-valoista siniseen valoon, ovat lähes kaikkien luonnon eläinten ja kasvien kannalta niiden luonnollisia elinolosuhteita eniten häiritseviä. Siten, edelleen osin käytössä olevat suurpainenatrium valaisimet, voivat olla valon spektrin näkökulmasta luontoystävällisempi vaihtoehto kuin useat ledivalaisimet. Ledivalaisimien valkoisen valon muut hyödyt esimerkiksi energiatehokkuus, säädettävyyden ja valonjaon parempi suunnattavuus kuitenkin parantavat niiden käyttöä. Luonnon näkökulmasta ledivalaisimen spektri kuitenkin paranee mitä lämpimämpää valkoista valoa käytetään. Arvokkaiden luontokohteiden ja vesialueiden läheisyydessä, on hyvä käyttää lämminsävyistä valkoista ledivaloa $T_c < 3000K$. Tähän voidaan käyttää joko suoraan lämminsävyisiä ledejä tai matalia aallonpituuksia pois suodattavia keltaisia linssejä.

9. Yhteenveto

Kilpilahden kaava-alueen nykyinen valaistus on lähiympäristön suurin häiriövalon ja taivaalle säteilevän valosaasteen aiheuttaja. Taivaan valoisuuden mittausta osoittaa, että alueella on enemmän keinovaloa kuin Porvoon keskusta-alueella. Etäisyys esimerkiksi Emäsalon sillalle on kuitenkin niin suuri, että esimerkiksi luminanssi- tai valaistusvoimakkuusmittausten perusteella häiriövaloa ei ole mahdollista nykyisillä menetelmillä varmuudella todeta, ainakaan, kun kaava-alueen valaistus jaetaan yksittäisiin tontteihin ja toimijoihin.

Alueen rajautuessa mereen keinovalon vaikutukset kuitenkin näkyvät vielä kauas useiden kilometrien päähän. Meren pinnasta heijastunut valo osaltaan lisää valon kumulatiivista vaikutusta. Kaava-alueen läheisyydessä sijaitsee useita luonnonsuojelualueita, joihin säteilevän keinovalon määrä tulisi rajata minimiin. Usein puusto osaltaan estää valon leviämisen kauemmas ympäristöön, eikä tilanne metsäisten alueiden takana ole suoran häiriövalon kannalta yhtä merkityksellinen. Meren suuntaan häiriövalon vaikutus on kuitenkin merkittävä, kun fyysisiä esteitä ei ole estämässä valon leviämistä alueelta laajalle sellaisiin ympäristöihin, joissa keinovaloa ei yöaikaan juurikaan saa näkyä. Kuvassa 12 on esitetty häiriövalon kannalta kriittisiä suuntia sekä ne alueet, joissa valaistuksen suuntaukseen kannattaa kiinnittää huomiota. Emäsalon sillalta otetusta kuvasta on mahdollista poimia muutamia heitinmastoja, joiden valaisimista säteilee suoraa valoa sillalle. Myös koko kaava-alueen valaistuksen kumulatiivinen vaikutus on huomattava, kun alue on niin suuri. Samoin suoraan taivaalle säteilevä valon osuus tulee rajata lähelle nollaa. Useissa Euroopan maissa sellaiset valaistusasennukset, joista valoa säteilee horisontaalitasen yläpuolelle (γ -kulma >90) on kiellettyjä.



Kuva 12 valaistuksen pääasiallinen suuntaus ja häiriövalo

Alueen lähiympäristössä ei kuitenkaan ole havaittu sellaisia uhanalaisia lajeja, joiden kannalta valaistusta tulisi tarkastella erikseen. Häiriövalon minimointi, valon hallittu suuntaus ja säätö on silti tärkeää. Keinovalo on luonnolle häiriötekijä, eikä valoa tulisi turhaan suunnata esim. mereen, joissa niiden eliökunnan normaali toimintaympäristö häiriintyy tästä. Varsinkin rannan läheisyydessä valon värilämpötilaan tulee kiinnittää huomiota ja käyttää valkoisen valon lämpimämpiä ($T_c < 3000\text{K}$) värisävyjä.

Maasta, ilmakehästä tai pilvistä heijastuvaan ja siroavaan valoon, voidaan vaikuttaa huomattavasti vähemmän, kun valaistus vaatimukset alueella ovat korkeat ja valaistu alue niin laaja. Taivaan valoisuus onkin monille lähialueen suojelukohteille näkyvin häiriötekijä. Tähän voidaan vaikuttaa oikeastaan vain optimoimalla keinovalaistuksen käyttö sekä ohjauksen että suuntauksen avulla.

Nykyistä valaistusta uusimalla voidaan parantaa selkeästi ympäristön valaistusolosuhteita sekä pienentää häiriövalon ja valosaasteen määrää. Näin ison alueen valaistusta tulee käsitellä kokonaisuutena, missä jokaisen erillisen valopisteen kumulatiivinen vaikutus ympäristöön on huomioitava.

Jatkossa alueen valaistusta tulee kehittää huomioiden niin uuden tai uusittavan valaistuksen riskit kuin potentiaalit. Ledivalaistus antaa paljon mahdollisuuksia valaistuksen optimointia ajatellen. Niin valaistuksen ohjaus ja säätö kuin valaisimien suuntaus ja valon tarkka rajausta antavat mahdollisuuden tehdä valaistusta, jonka haitallisia vaikutuksia lähiympäristöön voidaan vähentää. Toisaalta ledivalon spektri varsinkin kylmempi sävyisillä ledeillä ($T_c > 4000\text{K}$) on luonnon eliöstölle usein haitallisempaa kuin nykyisin paljon vielä käytössä oleva lämmin sävyinen suurpainenaatriumlampun valo. Kilpilahden alue on erittäin laaja alue, jossa valaistustekniset vaatimukset ovat normaalia teollisuusympäristöä korkeammat. Turvavalaisuksen määrittelemät vaatimukset esimerkiksi kameravalvonnan osalta, niin valon laatuun kuin määrään voivat olla osaltaan määräävä tekijä valaistukselle. Alue väistämättä tulee jatkossakin aiheuttamaan suuria määriä niin häiriövaloa kuin valosaastetta. Laajana alueena kuitenkin kaikki potentiaali valaistuksen vähentämiselle nykyisestä kannattaa ottaa huomioon. Hyvä valaistus on usein hyvä investointi ja häiriövalo on hukkaan heitettyjä kustannuksia.

10. Viitteet

- Väyläviraston ohjeita 33/2023, Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 20.6.2023, VÄYLÄ/4372/06.04.01/2023
- CIE 150:2017 Guide on the Limitations of the Obtrusive Light from Outdoor Lighting installations , 2nd edition, ISBN 978-3-902842-0
- *Suomalainen kansallinen standardi SFS-EN 12464-2-2014 Light and lighting of work places. Part 2: Outdoor work places.*
- SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTEJA 27 | 2014 Suomen ympäristökeskus Valosaaste ympäristöongelmana Jari Lyytimäki ISBN 978-952-11-4359-5 (PDF) ISSN 1796-1726 (verkkoj.)
- Helsingin häiriövaloselvitys, Kaupunkiympäristön julkaisuja 2021:7 Julkaisuvuosi: 2021 ISSN: 2489-4230 (verkkojulkaisu)
- <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/>
- Virginie Nicholas, luento, DARC seminaari 09/2020
- Jurij Stare, www.lightpollutionmap.info, Earth Observation Group, NOAA National Geophysical Data Center
- Davies et al. 2014, Davies, T. W., Duffy, J. P., Bennie, J. & Gaston, K. J. 2014. The nature, extent, and ecological implications of marine light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12: 347-355.
- Hölker et al, 2010, Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K. & Tockner, K. 2010. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 681-682.
- Bolshakov et al 2013, Bolshakov, C. V., Bulyuk, V. N., Sinelschikova, A. Y. & Vorotkov, M. V. 2013. Influence of the vertical light beam on numbers and flight trajectories of night-migrating songbirds. *Avian Ecology and Behaviour* 24: 35-49
- Loss et al 2014, Loss, S.R., Will, T. Loss, S. S. & Marra, P. P. 2014. Bird–building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. *The Condor* 116(1): 8-23.
- Dominoni et al. 2013b, Dominoni D. M., Quetting, M. & Partecke J. 2013b. Long-Term Effects of Chronic Light Pollution on Seasonal Functions of European Blackbirds (*Turdus merula*). *PLoS ONE* 8(12): e85069.