

Dynaaminen Sääto: Moottoriteiden valaistuksen tulevaisuutta?

Andy Collins, Tom Thurrell, Robert Pink ja Dr. Jim Feather kertovat uudesta valaistuksesta pohjois Lancashiressä, jossa uudet sääto mahdollisuudet ovat käytössä

Andy Collins on päävalaistusinsinööri, Lancashire County Council; Tom Thurrell on yritysmarkkinoinnin johtaja, WRTL Ulkovalaistus; Robert Pink on kansallinen myyntipäällikkö, Royce Thompson; Tri. Jim Feather on tutkija, Department of Optometry & Neuroscience, UMIST

M65 Lancashiressä on yksi maan vähemmän tunnetuista moottoriteistä, jota pitkin kulkee osa liikenteestä vilkkaalle M6:lle johon se yhtyy lähellä Prestonia. Kulkiessaan itään kohti Yorkshireä, M65 on Blackburnin ja Burnleyn ohitustie ja päättyy Colneen, heti Nelsonin jälkeen. Moottoritien itäpäässä on Lancashire County Council:n (LCC) omistama ja hoitama 11km pitkä kaksikaistainen osa (risteykset 10-14).



Pic 1: The M65 at dusk

Kuva1: Moottoritie 65 iltahämärässä.

Tämä lyhyt ja merkityksetön osa kansallisesta moottoritieverkostosta on pilottiprojektin kohteena, joka voi muuttaa koko moottoriteiden valaistus tavan tulevaisuudessa. Yhteistyössä WRTL Ulkovalaistuksen, Royce Thompsonin ja Peak Traffic Management Systems:n kanssa LCC'n Tie Valaistus Ryhmä muuttivat vähän aikaa sitten tämän tienpätkän valaisimet liikennemäärän mukaan valaistustasoa sääteleviksi. Lancashire County Council Engineering Services asensi tämän UK:ssa (Iso Britannia) laatuaan ensimmäisen valaistussysteemin.

The Optometry and Neuroscience Department of the University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST) (=optiikan ja neurologian osasto yliopistolla) tutkii silmien stressaantumista ajettaessa pimeällä tämän valaistus kokeilun yhteydessä. Mittaukset, jotka on tehty moottoritillä M65, eri valaistustasoilla, ovat tuottaneet tärkeää tietoa moottoritien valaistuksen ja silmän stressaantumisen yhteydestä.

Yhteenvetona tämän kehityksen odotetaan tuovan merkittäviä energiansäästöjä LCC:lle, edistävän hallituksen tavoitetta vähentää CO2 päästöjä – ja johtavan turvallisempiin ajo-olosuhteisiin UK:n moottoriteillä pimeällä.

Historiallinen tausta

LCC huoltaa pääosaa teiden valaistuksesta UK:ssa. Sen uudet ajatukset tievalaistuksessa rupesivat saamaan kannatusta 90-luvun lopulla, kun Street Lighting Group asensi säädettävän valaistuksen A671 Whalley'n itäiselle ohitustielle. Tämä ensimmäisen projektin onnistuminen UK:ssa antoi vauhtia LCC's energia strategian kehitykselle.

Vuonna 1998, LCC's Valtatie- ja Kuljetuskomitea Committee päätti, että teiden valaistus tehdään säädettäväksi kaikissa uusissa suunnitelmissa. Se päätti myös uuden tekniikan – elektroninen säätöjärjestelmä kaikissa uusissa valaisimissa – käytöstä heti kun se on mahdollista.

Energia tehokkuus johtaja

LCC'n johtava rooli valaistuksen kehittämässä ja energian käytön tehostuksessa huomattiin marraskuussa 1999, kun siitä tuli ensimmäinen 'tieasiantuntija', joka sai Energiatehokkuusneuvojan statuksen. Tämän palkinnon myöntää Energia Instituutti. Seuraavaksi, Katuvalaistusryhmä voitti Major Energy Users Council'n 'Paras energiastrategia' palkinnon Energia Palkintojen jakotilaisuudessa syyskuussa 2000(1).

Energiastrategia ja Kunnossapito

Vuosien 1997 ja 2001 aikana useat tapahtumat ja kehitys johtivat kuluttajat ja viranomaiset vaatimaan tehokkaampaa energian käyttöä. Tämä tarkoitti:

- Kioton sopimus ja UK:n esittämä "ilmastonmuutos" vero
- Kuormien tutkimus ja tehokertoimen mittaukset mittaamattomissa toimituksissa
- 'Parhaan tekniikan' käytöstä tuli laillinen velvollisuus kaikille viranomaisille

Kaikki nämä loivat painetta vähentää energian käyttöä, parantaa energiatehokkuutta ja kannustaa energian säästöön(2). Tämän paineen vuoksi, LCC alkoi keskustelut elektronisten säätölaitteiden valmistajien kanssa joiden tuotteet tarjosivat useita etuja LCC:lle, kuten piirin tehon laskun ja loistehon kulutuksen vähenemisen lähes nollaan, sekä energian kulutuksen vähenemisen.

Teknologia kehittyminen

Tähän projektiin valittiin Royce Thompson'n Elgadi elektroninen säätölaitteisto, täydennettynä voimalinja modeemilla ja Horus -katuvalaistuksen säätösysteemillä. Elgadissa yhdistyvät korkeataajuuselektronikka korkeapaine natriumlamppuihin (50W - 250W). Se merkitsi laitehäviöiden vähenemistä, parannusta tehokertoimeen ja pitempää ikää lampulle. Himmennysmahdollisuus 30%:iin, lamppu ei tarvitse erillistä sytytintä, lampun teho pysyy vakiona ja spektri on tasainen. Ominaisuuksina on myös älykäs säätö ja kaksisuuntainen kauko-ohjaus mahdollisuus.



Kuva2: Royce Thompsonin Elgadi säätöyksikkö



Horus, joka sai nimensä Egyptiläisen taivaan ja valon jumalan mukaan, ja Elgadi muodostavat yhdessä valaistuksen ohjaussysteemin. Tämä mahdollistaa aktiivisen valaistuksen, valaistus säätyy ajan ja liikennevirran mukaan, mahdollistaa huipputehon säästön ja tele-meteri -mahdollisuudet. Valaisimia voidaan ohjata yksilöllisesti, viat yksilöidään ja huoltotiedot talletetaan varmistamaan valaistuksen täydellinen valvonta.

Valaistussuunnittelu

Ympäristötietoisuuden kasvaminen ja tarve parantaa valaistustasoa teillä saivat LCC:n kiinnittämään huomiota valaistuksen suunnitteluun. Tähän kuului tarkempi valaistusstandardien ja luokkien selvittäminen verrattuna uuteen vielä julkaisemattomaan, CEN Road Lighting Standardiin prEN13201. Perinteisesti, valaistusluokan valinta oli perustunut ruuhkahuippujen liikennemääriin, jolloin kuljettajan näkökyvyltä vaaditaan eniten. Kuitenkin sopiva valaistus ruuhka-aikana saattaa olla turhan paljon liikenteen ollessa vähäistä. Uuden tekniikan käyttö mahdollisti valita valita uuden alemman, sopivamman valaistusluokan, jossa valaistustason säätö oli selvä ratkaisu.

M65 Projekti

Mahdollisuus kokeilla himmennystä käytännössä tuli, kun M65:n kaksikaistaisen pätkän Burnley-Colne valaistus piti usia. Projektin vetäjäksi tuli päävalaistusinsinööri Andy Collins.



Kuva 4: LCC:n päävalaistusinsinööri Andy Collins tiellä M65

Kuva 3 vasemmalla: Horus säätöyksikkö

Lantern	Carriageway				Hard Shoulder			Slip Roads			
	L_{wv}	U_0	U_{L1}	U_{L2}	L_{wv}	U_0	U_{L1}	L_{wv}	U_0	U_{L1}	U_{L2}
180 w SOX LTI	2.64	0.49	0.85	0.88	1.17	0.76	0.88	2.08	0.46	0.88	0.79

Taulukko 1: keskimääräiset valaistustasot vanhassa järjestelmässä

Aluperin idea keksittiin Hollannissa ja julkaistiin lehdessä otsikolla 'Dynamic Public Lighting' vuonna 1999(3), joka suositteli valaistustehokkuuden optimointia liikennevirran mukaan säätyvän valaistuksen avulla. M65-projektin tavoite oli korvata nykyiset valaisimet järjestelmällä joka säätää valaistusta liikennevirran mukaan, vähentää tehonkulutusta, parantaa tehokerrointa ja mahdollistaa lampujen vikojen seurannan.

Aikaisemmat säätöjärjestelmät ovat perustuneet vain valaistuksen ja kellonajan ohjaamiin katkaisijoihin. Kun liikennemäärän mittausjärjestelmä asennettiin M65:lle, sitä ei oltu käytetty aiemmin ohjaamaan valaistustasoa.

Vanha valaistussysteemi koostui noin 700:sta LTI valaisimesta, joita oli 12 metrin välein päätiellä ja 10 metrin välein rampeilla. Ne olivat saavuttaneet käyttöikänsä päähän, vaikka pylväät ja sähkön syöttöverkko olivat kunnossa. Tämä järjestelmä tuotti taulukossa 1 esitetyn keskimääräisen valaistustason.

Valo ei ollut hyvin ohjattavissa, TI 15% ylittyi, ja merkittävä osa valosta jäi pientareen ulkopuolelle ja tiealueen ulkopuolelle. Moottoritie näkyy yöllä kauas ja sijaitsee pääosin valaisemattomalla alueella. Tievalaistuksen ylöspäin suuntautuva osa aiheuttaa merkittävän osan alueen valosaasteesta. Jokaisessa syöttöpylväessä oli valokenno, joka ohjasi valaistusta kytkien ryhmän valaistuksen päälle tai pois kontaktorilla. Valon voimakkuus oli vakio koko yön.

Valaistustaso uudistuksen jälkeen

LCC'n politiikka vaati, että suositeltavaa valaistusluokkaa käytettiin vilkkaimpaan aikaan, ja kun liikenne oli huomattavasti hiljaisempaa valaistusta vähennettiin noin 50%. Jotta myös valosaaste saatiin vähennettyä minimiin, piti ottaa käyttöön "full-cut-off" (tasolasi) valaisimet. Valaistusluokka valittiin uuden standardin CEN prEN 13201-1 mukaan, joka antoi tarkemmat ohjeet valinnasta kuin BS5489, koska siinä huomioitiin useampia muuttujia. Yksi niistä oli liikennemäärä – ja tästä oli saatavilla tarkat tiedot M65:lla, koska sinne oli asennettu jatkuvatoimiset liikennelaskurit.

Merkittävät suureet ja niiden arvot kaistoille tällä tiellä ovat:

Kaistat erillään	Kyllä
Risteyksiä	Kyllä – jotkut alle 3km välein

Liikennemäärät molempiin suuntiin keskim./vrk

Näkyvyys

Suunnistuksen vaikeus

Kirkkauden taso

Yli 25000 ajoneuvoa/vrk kiireimpään aikaan

Normaali

Normaali

Matala

Näiden suureiden perusteella valittiin valaistusluokaksi [ME3a; ME2; ME1] lopulta ME2. Tämä määrittelee seuraavat tekniset vaatimukset tien pinnan luminanssille:

$$\text{Keskimääräinen Luminanssi} = 1.5 \text{ cd/m}^2$$

$$U_0 = 0.4 \quad U_L = 0.7$$

Uusia valaisimia valittaessa, LCC pani alulle prosessin, joka perustui pistelaskuun, josta 60% muodostui suorituskyvystä and 40% hinnasta. Neljän eri valmistajan tuotteita verrattiin ja lopulta valittiin WRTLEterior Lighting:n 150w Vectra valaisin.



Kuva 5: WRTL:n Vectra valaisin

Suunnittelulaskelmat valaistustasosta Vectra valaisimella antoivat taulukossa 2 näkyvät arvot.

Edot näkyvät selvästi, kun verrataan vanhaan taulukossa 1. Aikaisempi liitäntäteho 153.4kW aleni 24% 116.6kw:iin, ja teho laskee vielä, kun säätölaitteet toimivat täydellä teholla.

Lantern	Carriageway				Hard Shoulder			Slip Roads			
	L _{av}	U ₀	U _{L 1}	U _{L 2}	L _{av}	U ₀	U _{L 1}	L _{av}	U ₀	U _{L 1}	U _{L 2}
WRTL Vectra 150w SONP/T Flat Glass	1.49	0.62	0.82	0.85	0.83	0.73	0.89	1.45	0.62	0.73	0.77

Taulukko 2: valaistustasot uudella valaistussysteemillä (kaistat, pientareet, rampit)

Dynaaminen valaistus

Tiedot liikennelaskurista menevät seitsemälle syöttöpylväälle, sitten Horus säätösysteemin kautta Elgadille, joka lähettää tiedot modeemilla jokaiselle valaisimelle. Liikennevirtaa seurataan jatkuvasti ja valaistustaso säädetään halutulle tasolle liikennevirran mukaan. Liikennevirta mitataan moottoritien viikkaimmalta osalta, risteysten 11-12 välillä, ja samaa valaistustasoa käytetään koko välillä (eli risteykset 10-14).

Liikennemäärän mukaan on valittu kolme valaistustasoa: täysi kirkkaus ja kaksi himmennuksen astetta, jotka valitaan puolen tunnin mittausjaksona kulkevan keskimääräisen ajoneuvomäärän mukaan.

Ajoneuvoa tunnissa

Valaistus taso

>3000	100%
3000-1500	75%
<1500	50%

Systeemissä on 'pehmeä' kytkentä valaistustason muuttuessa tasolta toiselle, niin että valaistustaso muuttuu vähitellen tasolta toiselle ilman äkillisiä muutoksia.

Kun liikennemäärien mukaan säädettävä valaistus oli suunniteltu ensisijaisesti energian säästön ja ympäristöasioiden parantamiseksi, päätettiin tutkia uuden systeemin vaikutuksia ajomukavuuteen ja turvallisuuteen.

Ajomukavuus ja turvallisuus

Vuonna 1999 aloitettiin tutkimukset Department of Optometry and Neuroscience UMIST:ssa kirkkaiden valojen häikäisyn vaikutusta silmiin. Aluksi työtä rahoittivat yhdessä WRTL ja UK:n hallitus LINK-ohjelmassa. Kun se loppui, WRTL rahoitti työtä edelleen moottoritievalaistuksen vaikutuksista silmiin(4) [yhteenveto osasta tutkimusta löytyy lehdestä *Lighting Journal*, heinä-elokuu 2002, sivu 20].

Kehitettiin väline mitata silmän stressiä: UMIST Ocular Stress Monitor (OSM). Tämä mittaa silmälihaksen sähköistä aktiivisuutta (EMG). Silmälihas on iso silmää ympäröivä lihas. Tämä lihas, yhdessä pupillin kanssa, reagoi silmään tulevan valon muutoksiin, yrittäen pitää silmään tulevan valon määrän niin vakiona kuin mahdollista. OSM mittalaite on siirrettävä ja sitä voidaan käyttää maastossa.

Moottoritien valaistus parantaa epäilemättä ajomukavuutta. On todettu (Murray et al, 2002), että välkkyvä yläpuolelta kuljettajan silmiin tuleva valo hänen ajaessaan kovaa vauhtia valaistua moottoritietä stressaa silmiä. Tätä ilmiötä kutsutaan dynaamiseksi epäjumukavuus häikäisyksi. Silmän stressaantuessa paljon

ajaminen tulee epäjumukavammaksi, joka taas vaikuttaa ajoturvallisuuteen.

Eri valaistusvoimakkuuden vaikutusta tähän välkkyamisen aiheuttamaan stressiin tutkittiin tekemällä koeajoja M65:llä eri valaistustasoilla. Silmän stressaantumisen mittaukset tehtiin OSM laitteistolla samalla tienpätkällä kolmella eri valaistustasolla (100%, 70% and 50%). Sitten testejä jatkettiin (100% valaistus) pitämällä kuljettajan häikäisysoja alhaalla, suojaamassa kuljettajan silmiä yläpuolelta tulevalta valolta. Kuljettajan kasvoille ylhäältäpäin tulevan valaistuksen mittaukset tehtiin kalibroidulla valodiodilla. Liikenteen määrä oli mittauksia tehdessä hyvin vähäinen ja vastaantulevien autojen aiheuttama häikäisyä ei huomioitu. Mittaustulokset näyttävät EMG:n eron lepotilan ja jokaisella matkalla mitatun arvon välillä. Tulokset näkyvät Taulukossa 3.

Light Level	EMG Difference (travelling - resting)	Reduction
100%	5.11	
70%	4.38	- 14%
50%	3.96	- 23%
100% (visor down)	1.36	- 73%

Taulukko 3: erot EMG:ssä eri valaistuksen tasolla

Hiljaisella moottoritieellä kerätty aineisto antaa havaittavan vasteen silmän stressaantumisesta verrattuna yläpuolelta tulevan valon luminanssiin mitattuna silmälihaksen EMG:nä. 30% himmennys valaistuksessa aiheutti 14% laskun EMG arvossa, kun taas 50% himmennys valaistuksessa laski 23% EMG:tä. Myös ajomukavuus parani joka kerran valaistusta himmennettäessä. Häikäisysojan laskeminen autossa tuotti parhaan parannuksen, jopa 73% laskun EMG arvossa.

On huomattava, että myös muut asiat yläpuolelta kuljettajan kasvoille tulevan valaistuksen lisäksi, aiheuttavat stressiä silmille. UMIST jatkaa tutkimuksia WRTL:n tukemana tarkoituksena mitata vaakasuuraa valaistusta ja tien luminanssia, ymmärtääkseen tulevaisuudessa paremmin tievalaistuksen ja kuljettajan silmien stressaantumisen välistä yhteyttä.

Lighting	CO ₂ Emissions (tonnes)	Carbon (tonnes)
Old Scheme	274	75.7
Lantern Change Only	208	56.7
Traffic-Flow Profile Applied	129	35.1

Taulukko 4: arvioidut CO₂ päästöt ja niiden hiilimäärä vanhalla ja uudella systeemillä

Yhteenveto

Uuden säätölaitteiston käyttö M65 projektissa on osoittautunut tehokkaimmaksi tavaksi saada käyttöön useita valaistustasoja. Se vähentää myös sähkön kulutusta verrattuna perinteisiin säätösystemeihin kaikilla tasoilla, säilyttää kulutuksen samalla tasolla koko käyttöiän, pitää tehokertoimen lähellä ykköstä ja pidentää lampun käyttöikä.

Valaisinten vaihto on vähentänyt mitoitustehoa 20%. On arvioitu, että kun liikennemäärä säättää valaistusta, tarvittava teho laskee vielä 25-30%. Sopivan valaistustason ja viimeisen teknologian käyttö vähentää merkittävästi energian kulutusta ja siihen liittyen myös kasvihuonekaasujen päästöjä.

Kun puhutaan energian kulutuksen mittaamisesta, vanhan laskennallisen menetelmän käyttö, jossa kulutus arvioitiin tehon ja käyttöajan perusteella, ei ole enää mahdollista uudessa systeemissä. Yhteistyössä United Utilities Metering:n ja LCC's Energy Consultant:n kanssa energiamittarit asennetaan kaikkiin seitsemään syöttöpylvääseen tiellä M65 näyttämään sen todellisen energian kulutuksen.

Edut

M65 projekti tuo monenlaista hyötyä Lancashire County Council:lle, sen asukkaille ja veronmaksajille ja kaikille motoristeille, jotka tietä käyttävät tulevaisuudessa.

- Energian kulutuksen väheneminen

Vuotuinen energian kulutus laskee 637,377kWh:sta vuodessa 484,581kwh:iin – säästö on 24%.

Kun valaistustaso valitaan liikennemäärän mukaisesti, niin Elgadille tyypillisillä kuormilla arvioidaan vuotuisen energian kulutuksen putoavan 300,000kWh:iin, mikä tarkoittaa vain 50% nykyisestä.

- Kustannussäästöt

Jos yksikkökustannus on 4.2p/kWh (energia + systeemin käyttökustannukset) arvioidut energiakustannukset samalla tien M65 pätkällä vanhalla valaistussysteemillä olivat £26,769 vuodessa. Nyt ne ovat £12,600, kun käytetään liikennemäärää säättäjänä.

- Ympäristöedut

Energian kulutuksen väheneminen tiellä M65 on merkittävä osa LCC'n panosta saavuttaa hallituksen

tavoite CO₂ päästöjen vähentämisessä. Pitempi lampujen käyttöikä myös auttaa säästämään muita luonnonvaroja pitkällä tähtäimellä; ja himmennetty valaistus auttaa vähentämään valosaastetta.

Taulukko 4 havainnollistaa uudistuksen ympäristöhyötyjä.

- Ajomukavuus ja turvallisuus

UMIST:n tutkimukset osoittavat, että ajomukavuus paranee merkittävästi siellä missä säädettävä valaistus on käytössä. Vaikka se ei olekaan oikein mitattavissa, on todennäköistä, että yleinen liikenneturvallisuus paranee, kun silmien stressi vähenee ja kuljettaja pysyy tarkkaavaisempana ja onnettomuusriski pienenee.

Johtopäätökset

Ensimmäisenä moottoritienä UK:ssa, jossa on liikennemäärän ohjaama valaistus, moottoritie M65 projekti edustaa sekä urauurtava saavutusta että näyttää mallia tulevaisuuden moottoritien valaistuksen kehitykselle. Julkisilla laitoksilla on yhä lisääntyvä paine säästää energiaa ja rajoittaa ympäristön vahingoittamista, siten on todennäköistä, että säädettävä valaistus tulee olemaan yleinen ominaisuus moottoriteillämme tulevaisuudessa. Voidaan odottaa, että sekä valaisimien että säätöjärjestelmien tekniikan kehitys tuo lisää hienouksia moottoriteiden valaistussysteemeihin, kun jatkuva tutkimus moottoriteiden valaistuksen vaikutuksesta ajomukavuuteen ja turvallisuuteen lopulta johtaa parantuneeseen liikenneturvallisuuteen.

Lähteet:

- 1 A.Collins/K.Postlethwaite: 'Lancashire Strategy Wins Major Award', Lighting Journal, November/December 2000
- 2 A.Colins/K.Postlethwaite: 'Energy Strategies for Street Lighting – Creating Better Value?', Lighting Journal, May/June 2000
- 3'Dynamic Public Lighting', Ministerie van Verkeer en Waterstaat, March 1999.
- 4 'Measurement of Ocular Stress on the M65 Motorway', UMIST 2002

Avustajat:

Paul Scanlan, WRTL Exterior Lighting; Michael Dean Royce Thompson; Chris Lawton ja Joanne Holland, United Utilities Metering; Kevin Maynard, LCC Energy Consultant, Lancashire Purchasing Agency.