

21.05.2020

Veibelysning i Vanvikbakkan

Hovedprosjekt



Espen Rønning, Stian Sandtrø, Ronny Skulbørstad og Daniel Mork

Steinkjer Tekniske Fagskole



Oppgavens tittel: <h1>Hvilken teknisk installasjon gir størst reduksjon i energiforbruket i veibelysningen ved Vanvikbakkan?</h1>	Dato: 18.05.2020														
	Antall sider/vedlegg: 50 / 3														
Gruppedeltakere: <table><tr><td>Navn:</td><td>TLF:</td><td>E-post:</td></tr><tr><td>Stian Sandtrø</td><td>99296794</td><td>stianms@gmail.com</td></tr><tr><td>Daniel Mork</td><td>90047349</td><td>post@flip-film.no</td></tr><tr><td>Ronny Skulbørstad</td><td>47398841</td><td>ronnyskulborstad@gmail.com</td></tr><tr><td>Espen Rønning</td><td>91300375</td><td>espenronning93@gmail.com</td></tr></table>	Navn:	TLF:	E-post:	Stian Sandtrø	99296794	stianms@gmail.com	Daniel Mork	90047349	post@flip-film.no	Ronny Skulbørstad	47398841	ronnyskulborstad@gmail.com	Espen Rønning	91300375	espenronning93@gmail.com
Navn:	TLF:	E-post:													
Stian Sandtrø	99296794	stianms@gmail.com													
Daniel Mork	90047349	post@flip-film.no													
Ronny Skulbørstad	47398841	ronnyskulborstad@gmail.com													
Espen Rønning	91300375	espenronning93@gmail.com													
Program/studieretning: Teknisk Fagskole, Elkraft (TF-nett)	Prosjektnummer: Gruppe 6														
Oppdragsgiver: Steinkjer Tekniske fagskole	Kontaktperson hos oppdragsgiver: Olav Elstad														

Fritt tilgjengelig

Tilgjengelig etter avtale med oppdragsgiver

Rapporten frigitt etter:

26.05.2020

Veibelysning i Vanvikbakkan



Figur 1, Høytrykks Natrium-damp lyskilde og LED Lyskilde

1 Forord

I nasjonal plan for teknisk fagskoleutdanning skal det i siste halvår gjennomføres en hovedoppgave, som ett av flere emner i denne utdanningen. Rapporten skal utarbeides av alle gruppdeltagere, som gjennom de siste tre årene har jobbet seg gjennom et krevende studie. Resultatet kan leses av denne rapporten, som belyser ulike metoder og muligheter for en potensielt mer effektiv bruk av energi, for veibelysning. Vårt mål er å flette relevant teori og erfaring fra ulike fagfelt, slik at aktuelle aktører kan benytte vårt studie for videre kompetansebygging.

Valg av prosjektoppgave gjorde vi på bakgrunn av at flertallet i gruppen har veilys som fagfelt. Gruppen ser dette som et aktuelt tema og en mulighet for bedre forståelse og økt kunnskap rundt effektforbruk og belysning på vei. På bakgrunn av en global trend, der effektforbruksnivået skal ned og miljøet er i fokus, ser gruppen muligheter for et viktige bidrag på dette området. Oppsummert har det vært en utfordrende tid, men også enormt interessant for veien videre i jobbsammenheng. Vi vil først få takket familie og venner som har stått ved oss, med gode innspill, og spesielt i tålmodige prøvelser for familielivet. Vi takker for oss og tiden ved Steinkjer Tekniske Fagskole, fordypning elkraft. Vi håper og tror at dette vil være relevant for årene som kommer.

Prosjektgruppen ønsker videre å rette en stor takk til følgende for bidrag og hjelp for gjennomføring av dette prosjektet:

- Trøndelag Fylkeskommune, ved Anne Grete Skevik
- Trondheim Havn, ved Jon Erik Møkkelgård
- Fagerhult AS, ved Jon Egil Kvernørød
- Phillips Signify, ved May Kristin Rudolfsen
- Otera Traftec AS, målerinstrumenter
- Naboen liftuttleie, ved Stig Haftor Eriksen
- Olav Elstad, vår veileder ved Teknisk Fagskole

Trondheim, mai 2020.

Veibelysning i Vanvikbakkan

Rapporten er utarbeidet av:

Gruppe 6 ved Steinkjer Fagskole, består av medlemmene;

Ronny Skulbørstad



Prosjektleder Traftec AS, avd. Trondheim

Daniel Mork



Anleggsleder Traftec AS, avd. Trondheim

Stian Sandtrø



Elektriker Carleif Elektro AS

Espen Rønning



Serviceleder Traftec AS, avd. Trondheim

2 Sammendrag

Gjennom det siste halvåret har studiegruppen fått større innsikt innen gatebelysning, og hvilket potensiale det har. Denne rapporten kan leses fra to ulike perspektiver, der man utelukkende ser på en besparelse innen energi, eller økonomi. Systemene for effektiv smartstyring er mange, og vi ser tydelig et vesentlige potensial i besparelser. Våre studier viser muligheter for en teoretisk energibesparelse på ca.70%, med vegbelysning utført med LED og smartstyring. Installasjonen av LED og styresystemer, gir over tid muligheter for økonomiske besparelser. Selv om kostandene ved en slik oppgradering er mer omfattende enn et enkelt lyskildebryte, anser vi det reduserte vedlikeholdet og bedre levetiden, som positive faktorer utover det reduserte energiforbruket.

Det er også et mål å sette fokus på andre områder som påvirkes av moderniseringen av vegbelysningen. Store tall og prosenter forteller ikke nødvendigvis hele historien, da det er dokumentert at endringer kan påvirke mennesker, dyr og miljøet rundt. Det er gjort undersøkelser der effekten av veibelysning stilles i noe dårlig lys, med tanke på kost-nytte. Utbyggingen av veibelysning og driften er en stor kostnad, og bør sees i sammenheng av nytten den gjør. Med denne rapporten vil gruppen se på sider ved etablerte lyskilder, god styring, teknologi og en fornuftig implementering av den.

Vanvikbakkan ble valgt på grunnlag av to faktorer, en lav årlig døgntrafikk (ÅDT) og nærhet til Trondheim for praktisk gjennomføring. Intensjonen er å bruke denne veistrekningen i et forsøk, der ulike lyskilder settes inn i en eksisterende installasjon. Det blir i tillegg gjort forsøk med en ny LED-lysarmaturer med innebygd smartstyring. Gruppen loggfører måleresultatene for videre drøfting. Veistrekningen er godt egnet da eksisterende anlegg består av eldre lysarmaturer med høytrykk-natriums pærer, kombinert med lav ÅDT, som i teorien gir gode muligheter for energibesparelser.

Rapporten gir svar på hvordan det er mulig å oppnå størst reduksjon i effektforbruket i Vanvikbakkan. Samtidig som sikkerhet ivaretas iht. fylkets belysningskrav til denne type vei.

Innholdsfortegnelse

1 Forord	3
2 Sammendrag.....	5
3 Innledning.....	8
4 Prosjektbeskrivelse.....	9
4.1 Anleggsbeskrivelse.....	9
4.2 Problemstillingen.....	10
4.3 Forskningsspørsmål.....	10
4.4 Avgrensninger	10
5 Aktuell fagteori.....	11
5.1 Historisk perspektiv.....	11
5.2 Kost / nytte	12
5.3 Lyskilder.....	13
5.3.1 Lavtrykksnatriumlampe - LPS	13
5.3.2 Høytrykksnatrium - HPS	14
5.3.3 Metallhalogen.....	14
5.3.4 Lysemitterende diode - LED	15
5.4 Styringssystemer for veibelysning	15
5.4.1 Datek Light Control.....	15
5.4.2 Comelight	16
5.4.3 Osram	16
5.4.4 Defa	17
5.5 Kommunikasjonsmetoder ved bruk av smartstyring.....	17
5.5.1 Powerline.....	17
5.5.2 DALI	17
5.5.3 Analog styring	18
5.5.4 ZigBee	18
6 Miljø og nærområder.....	19
6.1 Kjøreopplevelse.....	19
6.2 Dyr og Planter	19
6.3 Boligområder / boliger	21
6.4 Politiske føringer, lysforurensning	21
6.5 Belysningsplan	21
6.6 Øyeskader	22
7 Lover og forskrifter	23
7.1 Håndbok N100	23
7.2 Håndbok V124	23

Veibelysning i Vanvikbakkan

7.3 Krav om belysning langs vei	24
7.4 Belysningsklasser	24
7.5 Regelverk rundt styring av belysning.....	25
8 Trafikksikkerhet	26
8.1 Sikkerheten til fotgjengere og bilister:	26
8.2 Kjøreadferd.....	27
9 Praktisk forsøk.....	28
9.1 Sammenligning av gammel og ny HPS lyskilde	30
9.2 Sammenligning HPS lyskilde og LED-lyskilde erstatninger	31
9.3 Sammenligning ny HPS lyskilde 250W og ny Fagerhult 180W LED armatur.....	33
9.4 Sammenligning dimmefunksjoner Fagerhult 180W LED armatur	34
9.5 Drøfting av måleresultater.....	36
10 Forskningsspørsmål.....	37
10.1 Hvor stort er energiforbruket til veibelysningen i Vanvikbakkan i dag?	37
10.2 Hvilke lover og regler gjelder for veibelysning?.....	37
10.3 Hvordan kan en endring av veibelysningen påvirke miljøet rundt?	37
10.4 Hvordan påvirker endringer i veibelysningen trafikken?	38
10.5 Hvilke teknologier er det mulig å benytte for styring av veibelysning?.....	38
10.5.1 Defa	38
10.5.2 Comlight.....	39
10.6 Hvordan kan ulike systemer utvides for å gi ytterlige besparelser?	39
10.7 Hva er kostnaden med å oppgradere den eksisterende installasjonen?	40
10.7.1 Alternativ 1	40
10.7.2 Alternativ 2	41
10.7.3 Alternativ 3	41
10.7.4 Alternativ 4	41
10.7.4 Alternativ 5	42
11 Konklusjon	43
12 Referanser.....	44
11 Figurliste og tabelliste	47
12 Begrepsliste og tekniske termer.....	48
13 Vedleggss liste	50

3 Innledning

I dette hovedprosjektet skal gruppen utforske ulike systemer for styring av veibelysning. Konkret skal vi se nærmere på mengden effekt det er mulig å redusere i veibelysning ved et bestemt strekk, Vanvikbakkan. Gruppen ser på installasjonen av det som populært omtales som smart lysstyring, og da videre en vurdering av våre funn. Det er hensiktsmessig å utdype fordeler og ulemper ved de ulike systemene, og inkludere et økonomisk aspekt. Det er essensielt at prosjektet baseres på en god dialog og et tett samarbeid med de vi anser som aktuelle partnere. Dette er i hovedsak Trøndelag fylkeskommune. Fylket er en stor aktør på eiersiden av veibelysning i Trondheimsregionen. De vil kunne bistå studiegruppen med testlokasjoner og komme med innspill underveis. Intensjonen med denne tilknytningen er også et eksternt bidrag på faglig kompetanse vedrørende lovverk, og hvilke løsninger som er aktuelle. Det kan være at de ser verdien av konklusjoner og løsninger som etableres i løpet av dette halvåret, som igjen kan åpne for et videre samarbeid etter hovedoppgaven. Gruppen må sile tilgjengelig informasjon, å presentere denne for leser. Videre må det gjøres beregninger og ulike estimat med tanke på energibehov, før og etter, sett i sammenheng med muligheter for smartstyring.

For en mer dyptgående teknisk kompetanse benytter gruppen teknikere fra de ulike systemtilbydere og lysleverandører. Det er planlagt forsøk og simulering i en mindre skala, både ute i feltet og på eget kontor. Hensikten er å se hvordan teori og praksis henger sammen, og om dette er overførbart til reelle anlegg, som Vanvikbakkan. Aktuelle tema som melder seg i en slik studie kan grovt kategoriseres i økonomi, energi, sikkerhet, miljø og brukeropplevelse (bilister).

Effektforbruket til gate og vegbelysningen i Norge er via SSB, oppgitt til 466 GWh for året 2018. Dette tilsvarer 0,4 – 0,5 milliard kroner. Om vegbelysningen hadde benyttet smartstyring, kunne deler av denne strømmen vært benyttet til andre formål, for eksempel oppvarmingen boliger. Det totale forbruket på veg, ville dekket ca. 26 000 eneboliger med et årlig forbruk på ca. 18 000 kWh. Det er rimelig å anta at veibelysningen kan effektiviseres, og at det per i dag brukes mye energi på strekninger med en lav døgntrafikk (ÅDT). Gatebelysning som er aktiv på strekninger med lav eller ingen trafikk, kan oppleves som signal om likegyldige holdninger, til miljø. Et av hovedpunktene blir å se på kombinasjonen av lyskilder og en teknisk god installasjon. [1]

4 Prosjektbeskrivelse

Gruppen har med punktene under inkludert relevant informasjon for å besvare aktuelle forskningsspørsmål. Vi besvarer og utdypet disse punktene med utdrag fra faglitterære artikler, egne erfaringer og et praktisk forsøk. Den praktiske forskningen gjennomføres først og benyttes deretter som underlag for videre drøfting.



Figur 2, Kartutdrag av Vanvikbakkan, Hentet fra maps.google.no

4.1 Anleggsbeskrivelse

Område:

Fosen / Vanvikan. Et tettsted som tilhører Trøndelag, med ca. 700 innbyggere i det som heter Indre Fosen. Denne industribygden har små og store bedrifter, blant annet verft og innen offshore. Bygden er lokalisert ca. 40 min fra Trondheim og har to fergeforbindelser til byen.

Strekning:

- Vanvikbakkan FV715
- 2,2 kilometer lang.
- Veibelysningen på strekningen er utbygd i 2013.
- Fartsgrense på 80km/t

Eksisterende belysningspunkt:

- 250W damplamper / natrium.
- 12-meters master
- 50 meter mellom master
- Mast 2,7 m fra vegskulder

Veibelysning i Vanvikbakkan

Antall veglyspunkt:

- 44 tremaster med en stk. tilhørende veilysarmatur.

Årlig døgn trafikk (ÅDT):

- 2070 kjøretøy

Trafikkmengde pr døgn i gjennomsnitt, de mørke timene av året:

- 798 kjøretøy

4.2 Problemstillingen

- Hvilken teknisk installasjon gir størst reduksjon av energiforbruket i veibelysningen ved Vanvikbakkan?

4.3 Forskningsspørsmål

- Hva er energiforbruket til veibelysningen i Vanvikbakkan i dag?
- Hvilke lover og regler gjelder for veibelysningen i Vanvikbakkan?
- Hvilke teknologier er det mulig å benytte for styring av veibelysningen?
- Hvordan kan ulike systemer utvides for å gi ytterlige besparelser?
- Hva er kostnaden med å oppgradere den eksisterende installasjonen?
- Hvordan kan en endring av veibelysningen påvirke miljøet rundt?
- Hvordan påvirker endringer i veibelysningen trafikken?
- Hvordan påvirker endringer i veibelysningen sikkerheten?

4.4 Avgrensninger

Det er nødvendig med forbehold i dette prosjektet. Norge har et langstrakt vegnett med store variasjoner i topografi og teknisk utførelse. Det vil også variere stort i forhold til faktiske brenntimer en veistrekning har, altså tiden belysningen er i bruk på pga. mørketid. Dette vil kunne gi store utslag i de endelige målingene vi foretar med ulike lyskilder og armaturer. Altså, et praktisk forsøk ved en bestemt lokasjon, med tilhørende resultater, vil ikke nødvendigvis kunne overføres til andre lokasjoner.

- Vanvikbakkan som teststrekning
- 44 stk lyspunkt
- Det praktiske forsøket er begrenset til en produsent ved lyskildebrytte, «en til en» HPS, Aura Lights
- Det praktiske forsøket er begrenset til en produsent ved lyskildebrytte, HPS til LED, Tungsram
- Det praktiske forsøket er begrenset til en produsent ved brytte til LED-lysarmatur, Fagerhult
- Et instrument for måling av lux
- To instrumenter for måling av strømtrekk

Kommentar: Det praktiske forsøket burde inkludert et luminanskamera. Gruppen fikk ikke tilgang på slik verktøy.

5 Aktuell fagteori

I dag benyttes ulike lyskilder som høytrykknatriumlamper, lavtrykknatriumlamper, metallhalogenlamper og LED (lysemitterende dioder). LED-lamper er nå å anse som den foretrukne teknologien, og den mest aktuelle for framtiden. LED har gode egenskaper med tanke på lysutbytte sett opp imot avgitt mengde watt, fargegjengivelse, levetid og et redusert vedlikehold. Før vi går dypere i egenskaper og kvaliteter, ser vi det hensiktsmessig å redegjøre for noen av lyskildenes utvikling.

5.1 Historisk perspektiv

Mange har en oppfatning av LED som en relativt ny teknologi. Men teknologien strekker seg faktisk tilbake til tidlig 1900-tallet, med den engelske forskeren, Henry Joseph Round. Han var den som “oppdaget” LED ved et eksperiment der uorganisk materiale ble tilført strøm. Historiebøkene dokumenterte dette som uinteressante hendelser og slik ble det værende en stund. I senere tid har det blitt eksperimentert med ulike krystaller for enklere og bedre lys.

LED er altså ikke noe nytt og det var først på 60 og 70-tallet at teknologien ble mer kommersiell og man fant den i eksempelvis indikatorlamper og instrumenter. Et annet eksempel er laserteknologien i Bluray-spilleren, som er basert på LED-teknologi. Et stykke ut på 2000-tallet var det utviklet LED-belysning som gav ca. 100 lumen per watt. Dette tallet har per i dag stabilisert seg på ca. 150 lumen per watt. Utviklingen går videre, men ikke i de store stegene. Det legges vekt på for eksempel optimalisering av optikk, slik at lyset dioden produserer fanges opp og kastes i ønsket mengde og retning. [2]

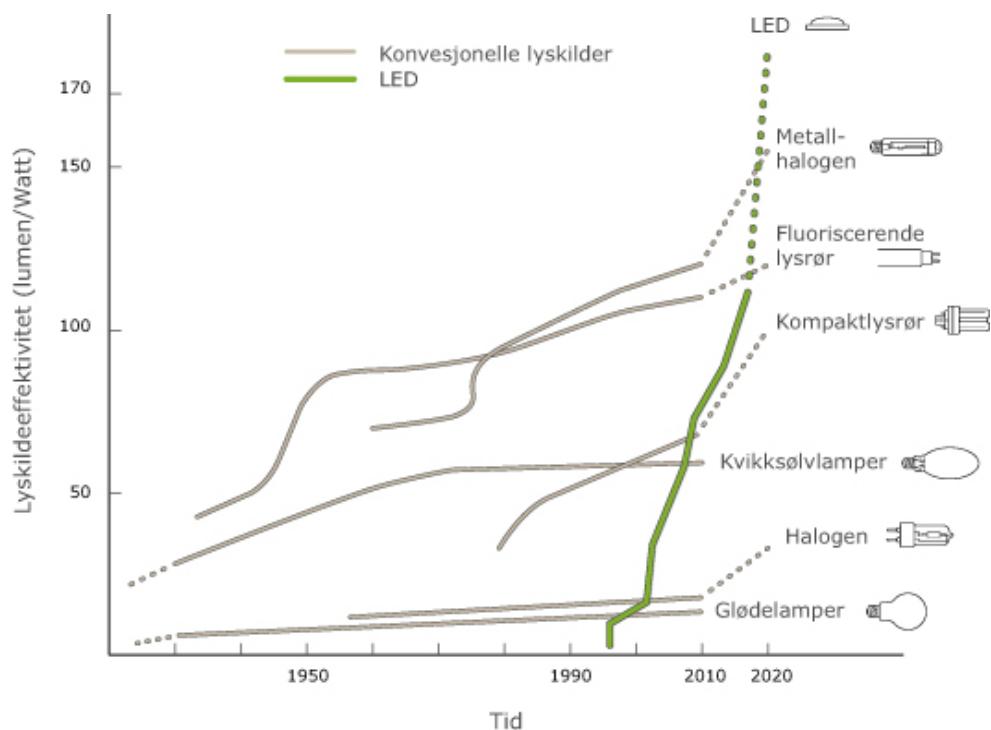
Om vi ser på utviklingen og bruk av gatebelysning i det offentlige rom, brukte de første lysene olje og gass som energikilde. [3] Den historiske oppbygningen av gatelyset benytter vi også i dag, en enkel mast med en lyskilde et godt stykke plassert over bakken. Det mest hensiktsmessige den gang var bruk av gass, ofte med en direkte forsyning fra et nærliggende gassverk. Slik gassbelysning ble ikke særlig utbredt, og den offentlige belysningen ble først utbredt med inntoget av elektrisitet. I vårt land kan vi spore den første gnisten over 100 år tilbake i tid, året er 1891. Hammerfest var den første byen i Norge, og faktisk den første i Nord-Europa. [4] Elektrisitet var en luksusvare, og forbeholdt noen ytterst få. Industrien var en av de første aktørene som benyttet seg av elektrisitet, etterfulgt av noen kommuner. Som vi kommer tilbake til senere i rapporten, ble det allerede den gang registrert at belysning i det offentlige rom hadde en preventiv effekt på kriminalitet.

I årene før strømmen ble slått på i Hammerfest, ble det første steget at Samlaget satte av hele 2000 kr for installasjon av belysning. Etter noen år og ved oppstart av arbeidet, var summen steget til 17 000 kr. Det var nå klart for å skrive historie. Det ble bygget et anlegg der en turbin produserte ca. 44,7kW som var nok til å forsyne nesten 700 lyskilder, i tillegg til noe gatebelysning. Det ble investert i 18 buelamper som utgjorde gatebelysningen, og hele 300 lys til utvalgte hus. Buelampen bestod av to kullstifter med en viss avstand, kapslet inne i en glasskuppel. [5] Strømmen slo over fra den ene stiften til den andre ved å føre de sammen. Deretter flyttet man de raskt fra hverandre for å holde en lysbue i “luften” med en temperatur

Veibelysning i Vanvikbakkan

på rundt 4000 grader celsius. Sammenlignet med dagens LED og dens forventede levetid, hadde buelampen 10-15 timers brenntid. Deretter måtte man rengjøre glasset og sette inn nye stifter. [6]

Det er verdt å nevne at ved å regne kroneverdien fra slutten av 1800-tallet opp imot dagens krone, ville det tilsvare over 50 kroner pr. kWh. En enebolig med tilsvarende forbruk 20 000 kWh, hadde da betalt rundt 1 million kroner i strømregning. [7] Årene har gått og Norge har vist seg å være rik på fornybare energiressurser, som vi også utnytter flittig og effektivt. Dette er nok en viktig faktor til de mange opplyste veier i per 2020.



Figur 3, Grunnleggende om LED, Hentet fra: glamox.com/no

5.2 Kost / nytte

Gruppen ser det nødvendig å drøfte noen tanker rundt temaet kost / nytte. Det er ikke utført regnestykker eller vurdert økonomiske beslutninger ved lønnsomhet i forhold til installasjoner. I det påfølgende avsnitt vil teksten stå som en kommentar til vårt hovedtema.

«Et statistisk liv har en verdi tilsvarende 34,58 millioner kroner». [8]

Nye Veier, er et aksjeselskap stiftet i 2015, og som i 2016 formelt overtok ansvaret for veiutbygging og drift fra Statens vegvesen. Visjonen er bedre og tryggere veier, til en lavere gjennomføringskostnad. I denne sammenhengen har de gjort teststrekninger uten tradisjonell belysning, og mener å kunne dokumentere at det ikke foreligger økning i ulykkestall. Det man i grove trekk kan hente ut ifra dette er at trafiksikkerhet kan bestå av mer enn belysning. Hvordan veien er bygget, antall svinger, doseringer, avstand til langsgående miljø, viltferdsel, midtdeler, reflekser, sidemarkering, miljøtiltak, holdningskampanjer etc. Nye Veier synes å være av den oppfatning at holdningene til veilys bør utfordres, men har til nå ikke fått medhold fra det offentlige. [9]

Veibelysning i Vanvikbakkan

Det å anlegge ny veibelysning utgjør en kostnad i et veiprosjekt. Både i faktisk utførelse og det som skal driftes i ettertid. Det er anslått en byggekostnad på det som klassifiseres som motorveg tilsvarende ca. 1,25 millioner kroner per km vei. For vedlikehold av en slik strekning er det anslått kostnader tilsvarende 100 000 kr per km vei. Bruken av gateleys er ved enkelte strekninger / klassifiseringer lovpålagt. Hvorvidt bruken av den kan forsvares i kroner og øre, virker å være et åpent spørsmål. Det er mindre forskning på dette feltet, og de fagartikler eller uttalelser som er å oppdrive, spriker noe.

Om vi kunne dokumentere en unngått trafikkulykke ved en gitt strekning, på grunn av veibelysning, for så å måle dette opp imot utgifter knyttet til vegbelysningen, ville dette latt seg visualisere i et relativt enkelt regnestykke. Dette er nok dessverre mer komplekst, ref. overstående punkter, og er selve kjernen i kost/nytte-punktet. En ulykke kan bestå av en kjede uønskede hendelser, der manglende lys er en av flere faktorer. Værforhold, hastighet, sjåførens vurderinger, grad av tretthet, dagsform, distraherende handlinger, grad av fokus, manglende eller dårlig veibelysning, møtende trafikk, tilgjengelige valg i avgjørende øyeblikk etc. Er sjåføren trøtt, hjelper det kun med søvn. [10]

Noe forskning fra Norge, peker på redusert risiko ved bruk av veibelysning. Den er også åpen på manglende dekning og gyldighet. Det er som nevnt, flere faktorer ved en ulykke og hvordan skal man definere et slikt regnestykke. [11]

Som et utgangspunkt tåler mennesket en kollisjon i hastigheter opp til 70 km/h. Alle overskridelser utover dette medfører en drastisk økning i dødelighet.

- Når gjennomsnittsfarten øker med 5 %, øker risikoen for personskadeulykke med 10 % og risikoen for å bli drept med 25 %
- Der farten økes fra 80 (når fartsgrensen er 80) til 93 km/t, dobles risikoen for å bli drept i en ulykke [12]

Fart og veistandard er argumenter for alternativ bruk av "veilyspenger". Som Nye Veier er inne på, skal det bygges eller utbedres flere veistrekninger, i stedet for å belyse de? Et argument for veibelysning er sikkerheten i et tenkte tilfelle et kjøretøy må stanse i veibanen. Alternativet er stans veibanen, i mørket. Da blir vurderingen om man skal / har råd til å ta hensyn til alle «worst case» scenarioer.

5.3 Lyskilder

5.3.1 Lavtrykksnatriumlampe - LPS

LPS har et gul-oransje lys med høyt lysutbytte på ca. 150lm/W og ca. 18 000 brenntimer. Denne lyskilden produserer et lys som ligger tett på øyets mest følsomme område, og øyet opplever en stor lysmengde. Det er slik at spekteret av avgitt lys ligger tett, som da resulterer i det som refereres til som monokromatisk. Med andre ord en dårlig

fargegjengivelse og kontrast.



Figur 4, Lavtrykks natrium-damp lyskilde

Veibelysning i Vanvikbakkan

5.3.2 Høytrykksnatrium - HPS

HPS har et mer gulhvit lys med en fargegjengivelse lik $R_a = 20$. Den har lysutbytte på 80-130 lm/W. Natriumslampen blir i dag brukt mye til industri, flomlys, gatelys og tunnelbelysning. Normal levetid er på mellom 12 000 - 18 000 brenntimer. For at pæren skal tenne, er den avhengig av en forkobling, enten elektronisk eller konvensjonell. Det kobles en reaktor i serie med pæren som fungerer som en strømbegrenser. For å tenne pærene så brukes det ofte et tennapparat som genererer en spenning på 2,5kV og 4,5kV som starter reaksjonen i lampen slik at den lyser.

Ved bruk av konvensjonell forkobling vil effektforbruket til lyskilden være variere med spenningen til armaturen. Der den påtrykte spenningen øker med 4%, øker effekten med 10%. Lysutbyttet til lampen vil også variere ved ulike spenningsnivå, der økt spenning også øker lysutbytte fra lampen. Spenningen vil også påvirke levetiden til pæren i form av slitasje. Ved bruk av elektronisk forkoblingsutstyr vil lampen motta en mer stabil spenning og dermed få vi et mer jevnt forbruk og lysutbytte.



Figur 5, Høytrykks natrium-damp lyskilde

5.3.3 Metallhalogen

Metallhalogen har ofte et hvit lys i området 5000K, og en fargegjengivelse på $R_a = 80 - 95$. Lysutbyttet ligger mellom 71-93lm/W og den har en levetid på ca. 12 000 brenntimer.

Metallhalogenlampen er videreutviklet fra kvikksølvlampen slik at den har forbedret lysutbyttet og fargegjengivelsen. For at lampen skal tenne, trenger vi også her forkoblingsutstyr. Reaktoren er koblet i serie med lampen, men det er ikke nødvendig med et tennaparat for tenning. Denne type lyskilde er mest benyttet i områder med mange trafikanter på grunn av sin gode fargegjengivelse.

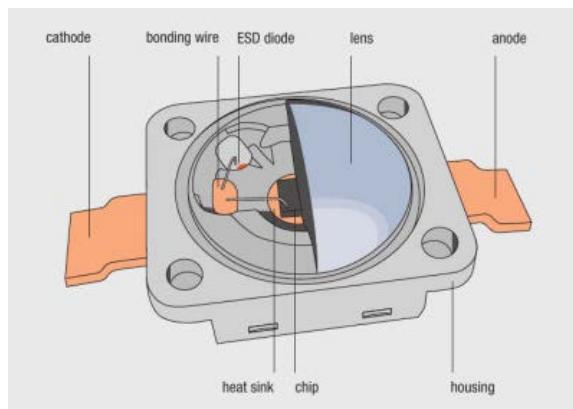


Figur 6, Metallhalogen lyskilde

Veibelysning i Vanvikbakkan

5.3.4 Lysemitterende diode - LED

LED er en forkortelse for lysemitterende diode. Den er bygd opp av flere lag med halvledermaterialer, og ved tilført strøm avgir dioden lys. Lyskilden har ofte et hvit lys i området 4000 K, og har en fargegjengivelse på $R_a = 80 - 95$. Lysutbyttet ligger på ca. 100 - 150 lm/W. Levetiden kan forventes å være 50 - 100 000 brenntimer. Lysdioden består av en anode (+) og en katode (-), og normal spenning over dioden er 1,8V til 3,5V. Fargen i lyset en LED avgir er avhengig av hvilke halvledermateriale den består av. LED-chipen avgir fargene rødt, gult, grønt eller blått avhengig av krystalsammensetningen. Ved å bruke fosforbelegg over LED-chipen kan den også avgive et hvitt lys. Dette er den mest brukte utførelsen per i dag. En annen metode for å produsere hvit lys, er å blande en rød, grønn og blå diode (RGB), og på den måten oppfatter vi et hvit lys.



Figur 7, Oppbygging av LED linse og chip

Fordeler LED	Ulemper LED
Strømtrekk / kabling	Krav til kjøling
CLO (Constant light/lumen output)	Varmefølsom
Mindre vedlikehold	Ulikkvalitet (chip)
Lengre levetid	EMC støy
Bedre lysutbytte	Lukket system
Smarte styremekanismer	Fargetemperatur (hvitt)
Mindre varme	Kastelengde / rekkevidde
God fargegjengivelse (CRI/Ra)	SDCM (variasjoner i farge over batcher)
Påvirkes ikke av vibrasjoner	
Starter umiddelbart	
Inneholder ikke tungmetaller	

Tabell 1, Fordeler og ulemper med LED lyskilde

5.4 Styringssystemer for veibelysning

Det er mange produsenter som tilbyr ulike systemer for styring av veilys. Noen satser på toppsystemer for å overvåke tilstanden på belysningen, som feil på armaturer, logg av strømforbruk og mulighet for fjernstyring av hele anlegget. Andre satser på teknologi som styrer belysningen avhengig av trafikkbildet på stedet.

5.4.1 Datek Light Control

Ved bruk av Datek Light Control, benyttes en gateway ute i anlegget som hovedkontroller. Denne kommuniserer med armaturene, og via telenettet leveres data til en skyløsning for tilbakemeldinger. Gatewayen kommuniserer over det som heter ZigBee protokoll, og kan styre over 500 armaturer. Gatewayen kan også kommunisere over DALI, som er en bus-

Veibelysning i Vanvikbakkan

løsning med maks 64 noder/enheter. Løsningen har muligheter for å supplere med digitale og analoge styringsenheter, som en lux-sensor som rapporterer lysmengden på plassen.

5.4.2 Comlight

Comlight er et system som regulerer gatebelysningen ved å bruke en radar. Denne dimmer eller kobler lysarmaturene inn ved bevegelser i veibanen. I hver mast er det montert en dopplerradar som kommuniserer med sin lysarmatur, og resten av installasjonen. Når en radar detekterer bevegelse, kan et vist antall lysarmaturer koble inn i fartsretning. Det er mulig å definere hvor mange som skal aktiveres, ut ifra hastighet og type objekt. Systemet kan ved radaren skille på myke trafikanter og kjøretøy. Kommunikasjonen skjer via RF/ radiosignal i frekvensområdet 900 MHz. Systemet kan brukes på tvers av produsenter så lenge lysarmaturer er utstyrt med SR-Connector, DALI eller 1-10V.

Radaren programmeres trådløst via en PC, og hvert anlegg kan justeres individuelt og tilpasses kunden. Det finnes to varianter av radaren, den ene monteres på selve masten og det trekkes kabel ut til armaturen. Den andre typen tilkobles direkte i en SR-Connector som er plassert selve armaturen.



Figur 8 Comlight radar for ettemontering på mast



Figur 9 Comlight radar med SR-connector

5.4.3 Osram

Styresystemet SLC består av et toppsystem, SCADA og en eller flere lampekontrollere. SLC står for Street Light Control og er en software fra Osram. Det kan være skybasert eller ligge lokalt hos veilysholder. Med SLC kan man redusere energiforbruket, driftskostnader, øke sikkerheten og fleksibiliteten.

Osram leverer to systemer: 2Dim og 4Dim. Ved bruk av 2Dim har man to alternative styre metoder 0-10V og AstroDim. Ved 4Dim kan man også benytte AstroDim, StepDim, MainsDim og Dali. AstroDim og stepDim er ferdigprogrammerte dimmeprofiler som reduserer effektforbruket på nattestid.

Veibelysning i Vanvikbakkan

Leverandøren gir en estimert besparelse på:

Astrodim:

20% per år med HPS - lyskilder

30% per år med LED - lyskilder

Stepdim:

15% per år med HPS - lyskilder

25% per år med LED – lyskilder

Mainsdim, Dali og 0-10V styring kan linkes mot analoge lysmålere og bevegelsessensorer. Det vil derfor være varierende besparelser, avhengig av geografisk plassering og trafikkmengde.

Kommunikasjonen mellom programvare og gateobjekter skjer via en sikker IP-kobling i form av GPRS, Ethernet eller optisk fiber.

5.4.4 Defa

Defa har en enkel type styring av lysarmaturene som reduserer effektforbruket til lysarmaturene ved hjelp av noe de kaller for, Night Reduction. Systemet fungerer ved og dimme ned lysarmaturene fra kl. 23-05 til 50%. De hevder at dette systemet alene vil redusere effektforbruket med 25% sammenlignet med standard armaturer uten dimming. Armaturene reguleres av og på med et astro-ur eller ved fotocelle.

5.5 Kommunikasjonsmetoder ved bruk av smartstyring

Kommunikasjon mellom lysarmaturer og grensesnitt/styresystemer er flere, noen av de mest brukte er DALI, powerline, ZigBee og analogstyring. Noen av systemene har 2-veis kommunikasjon, mens andre har bare en-veis. Sistnevnte sender (sensorer) til mottaker (gateway) der grensesnittet tolker signal fra sensor og videresender styresignal til en armatur iht. parameter.

5.5.1 Powerline

Ved bruk av Powerline går kommunikasjonen over strømnettet ved å sende digitale signaler med frekvenser på 116kHz eller 132kHz. Denne typen kommunikasjon er sårbar for elektronisk støy, EMI.

5.5.2 DALI

DALI står for Digital, Addressable, Light, Interface. Dali er eget system utviklet for å styre belysning over bus. I 1996 begynte arbeidet med og utvikle en standard for belysningsstyring, tre år senere i 1999 var standarden ferdig. Det er en toveis kommunikasjonsbuss mellom armatur og styresystemet. Med DALI har alle armaturene en individuell adresse som kan styres separat, hver DALI-router kan styre inntil 64 enheter og 16 soner.

Kommunikasjonsrekkevidden er ca. 300 m, der en repeater kan øke rekkevidden til ca. 600m.
[13]

Veibelysning i Vanvikbakkan

5.5.3 Analog styring

Innen analog styring/regulering finnes det flere standarder, der de vanligste er 1-10V og 4-20mA. Ved analog styring brukes det en sensor som måler lysstyrke, og sender signalet videre til en PLS. Denne enheten leser og tolker verdien fra lyssensoren, og sender fra seg en analog verdi til en lysarmatur. Avhengig av verdiene vil armaturen øke eller redusere lyset. Ved analog styring, blir det ofte benyttet 1-10V for styringen.

5.5.4 ZigBee

ZigBee er en trådløs kommunikasjonsprotokoll. Zigbee kan kommunisere over lengder på ca. 100 meter, og er basert på IEEE 802.15.4 standarden. I et nettverk med ZigBee-noder kan det være inntil 65 000 noder. Protokollen benyttes ved ulike områder der trådløs kommunikasjon er egnet. Dette kan være utstyr tilknyttet bygningsautomasjon, fjernkontroller til spillkonsoller, sensorer og alarmer. En fordel er at systemet trekker lite strøm, og er derfor godt egnet til utstyr som ikke er tilkoblet nettspenning.

6 Miljø og nærområder

6.1 Kjøreopplevelse

Ved ferdsel langs vei, har vegbelysning en vesentlig betydning for hvordan mennesker oppfatter trafikkbildet. Belysning er mye mer enn bare et lys, og vi sier ofte at lyset er godt eller dårlig uten å ha noen særskilt kompetanse på hva som faktisk gjør lyset bra. Lysmengden sier noe om hvor mye lys som kommer fra en lyskilde, der måleenheten er lux. Desto mer lux man har fra en lyskilde, jo mer vil den lyse opp en flate. Men det er også lyskilder med lavere lux som oppfattes som bedre, fordi lyskilden har en annen fargetemperatur. Stikkordet er kontraster. Om man ser på bildet under, gir en kaldhvit belysningen den beste kontrasten mot parketten. Vi blir også påvirket av ulike av fargetemperaturer. Lyskilder med lav Ra-indeks (fargegjengivelse) og fargetemperatur 2500-2700 K, oppfattes som dempet og koselig. I den andre enden av skalaen har vi en arbeidslampe på 6500K med høy Ra-indeks.



Figur 10, Kontraster mellom lysfarge, hentet fra <https://lumega.eu/no>

Lyskilder av typen LED kan ha større innvirkning på sovnrytmen vår, enn konvensjonelle lyskilder som benyttes i eksempelvis gatelys. Faktisk hele fem ganger på grunn av det kaldere lyset fra LED-kilde. På bakgrunn av forskning kan man si at bilister påvirkes til å føle seg mer oppvikket, og mer våken ved ferdsel i blålig-lys fra LED. Rapporter fra Medicalhealthtalk omtaler også et fenomen som kan gi redusert synsstyrke ved kjøring i det blåhvite lyset fra LED-belysning. Det kan igjen gå på sikkerheten. [14]

6.2 Dyr og Planter

Lys reflekteres ulikt fra en flate. Asfalt eller andre kunstige flater er polariserte, og som regel er dette et sterkere polarisert lys enn fra en vannflate. Slik kan asfalterte veier som ligger tett på et vann bli en økologisk felle for insekter. Veien kan med sitt gjenskinn oppstå mer attraktivt enn vannet, for insekter. En konsekvens av dette vil kunne være at insekter velger å legge egg på den asfalterte bilveien framfor vannet, med det utfallet at eggene ødelegges av passerende biler. [14]

Veibelysning i Vanvikbakkan

Lyssetting av store konstruksjoner som broer, vil lyse opp overflaten på vannet under. Dette kan gjøre at utvandrende fisk stopper opp. Et tiltak for å hindre at dette skjer, kan være at lyset dimmes ned, eller kobles ut ved redusert trafikk på kveld og natt. Et annet alternativ er skjerming slik at lyset ikke treffer vannflata i like stor grad. Bratlitunnelen og Håggåtunnelen ligger parallelt med Gaulaelva, som er en etablert lakseelv. Her er nattlysene programmert slik at de ikke kobles inn i fiskesesongen. Dermed unngår man at laks og ørret blir utsatt for lystring.

I den amfibiske verden finnes det frosker som er svært sensitiv for lysglimt. Frosker kan forblie blendet i flere timer etter korte lysglimt fra et kjøretøy. I froskens øye skjer det en kjemisk endring i fotopigmentene, slik at disse blekes. Et bleket fotopigment kan ikke reagere på lys før det har fått tilbake sin opprinnelige kjemiske struktur, og dette kan ta lang tid. Kunstig belysning kan påvirke habitatet til frosken, der nattkvekking er en del av parrings ritualet. Et annet eksempel er at disse nattlige aktivitetene forstyrres, som igjen hemmer reproduksjon og gir reduksjon i bestanden. Insekter utgjør en stor del av froskens føde, selv ikke de slipper unna konsekvensene av lysforurensing.[3]

Gjødselbiller orienterer seg etter melkeveien. Når en liten bille blir forstyrret av kunstig belysning er det nærliggende å anta at det er flere arter som vil kunne påvirkes. Rovdyrene utnytter lyset til å jakte, og et bytte bruker mørket som skjul. Nær byer er skyene på himmelen nå hundrevis eller kanskje tusenvis ganger lysere, enn de var for 200 år tilbake i tid. Først nå ser vi konsekvensen, og kan ta lærdom av hvilken drastisk effekt dette har hatt på nattens økologi.



Figur 11, Satellittbilder fra NASA viser lysforurensning i Europa. Foto: Shutterstock

Veibelysning i Vanvikbakkan

Et annet problem er for eksempel trekkfugler som tiltrekkes av og sirkler rundt opplyste oljeplattformer. Her mister de krefter før videre flyvning og kollapser før de når land. Dette medfører at de blir et lett bytte for rovfugler. Også innsekter blir forvirret av kunstig lys, som møll, fluer og andre insekter som flyr i ring rundt lyset ved inngangsdøren.

Trær blir mindre rustet for vinteren og pattedyrenes biologiske klokke forstyrres. [15] Bønder kan få dårligere avlinger på grunn av lysforurensning, både på grunn av det direkte lyset på plantene som dyrkes, men også fordi nattaktive pollinatorer, som nattsvermere, fluer og biller forhindres i sitt virke. Målet må være å eliminere unødvendig belysning. Det beste for naturen og himmelutsyn vil alltid være, ingen utebelysning. Men, vi er avhengige av utebelysning for at dagens samfunn skal fungere. [16]

6.3 Boligområder / boliger

Helseproblemer hos mennesker er en kjent konsekvens av kunstig belysning. Det er påvist økt risiko for brystkreft hos nattarbeidere (Megdal 2005). Blinkende belysning kan blant annet lede til epilepsianfall (Sandström 1997). Fordi hormonene som styrer våre biologiske klokker er avhengige av variasjoner i lysnivåene gjennom døgnet, vil i stor grad av kunstig belysning generelt kunne lede til søvnproblemer og depresjon (Begemann 1997). [16]

6.4 Politiske føringer, lysforurensning.

Miljødepartementet har ikke planlagt å gjøre noen lovendringer med tanke på lysforurensing. De mener det finnes punkter i lovverket som kan brukes til regulering. [15] Sitat: – *Når det gjelder lys som kan medføre skade eller ulempe for omgivelsene kan folkehelseloven kapittel 3 og naboloven være aktuelle å bruke. Det stilles i dag også krav om lysbruk i tillatelser som gis til virksomheter etter forurensningsloven, sier statssekretær Atle Hamar. Han viser til at det i 2012 ble gitt ut en veileder som het «Lys på stedet – Utendørs belysning i byer og tettsteder.»*

6.5 Belysningsplan

Et av tiltakene for å begrense lysforurensning kan være en belysningsplan som regulerer og forplikter private og offentlige til ikke lysforurende.

En slik plan bør regulere når lys skal være påslått, lysnivået og valg av type lys og lysstyringssystemer. Det bør installeres bevegelsessensor som er erstatning eller tillegg til tidsinnstilt lysstyring. Ved lysberegninger brukes det ofte tabeller, og en sikkerhetsfaktor som skal sikre godt nok lys, noe som resulterer i større lysmengde enn nødvendig. Det finnes lysstyringsanlegg som kan justere lysnivået etter underlagets refleksjonsgrad (luminanskamera). I tettbygde strøk bør det lages overordnede lysplaner, som regulerer lysnivået og avskjerming for å hindre unødvendig lysspredning. Aktører som har stor råderett og enkelt kan innføre slik tiltak er Statens vegvesen, Avinor, Forsvaret, Statsbygg, Fylkes Kommuner og Kommuner. [16]

6.6 Øyeskader

Det hvitere lyset fra LED-pærer kan være helseskadelig. Sterke LED-pærer kan skade fotoreseptorene i et øye. Ved svært sterkt blått lys og en langvarig bestråling av øyet, kan det oppstå permanent skade på netthinnen. Slike skader er observert ved mennesker som har sett på solformørkelser med utilstrekkelig filter. Lenge trodde man at disse skadene kom av at netthinnen var oppvarmet ved at linsen hadde fungert som et forstørrelsesglass. I senere tid er det kommet fram at skaden oppstår ved den blå delen av lysspekteret, som forårsaker kjemiske endringer. Dette beskrives som en egen skade, blålysskade. [15]

Nyfødte med gulsort behandles med blått lys, der de får høye doser og må bruke øyebeskyttelse under behandlingen. Når lys fra sterke lamper brukes i arbeidslivet, kan det oppstå risiko for øyeskader om lampene sender ut mye blått lys, og de som oppholder seg i miljøet ikke benytter øyevern. Et eksempel er tannhelsepersonell, som driver med lysherdning av fyllinger. [17]

7 Lover og forskrifter

I Norge er Vegdirektoratet underlagt Samferdselsdepartementet, og de har ansvaret for planlegging, bygging og vedlikehold av riksveinettet. Det gjør de sammen med underliggende selskaper som Statens vegvesen. Det er vegvesenet sine håndbøker som er kravdokumenter. Håndbøker er hjemlet i lovverk og gjelder all offentlig veg/gate. Retningslinjer gjelder kun for riksveg og er hjelmet i lovverk eller i instruks fra Vegdirektøren.

Før forvaltningsreformen i 2010 hadde Statens vegvesen ansvar for trafikklys og elektro i tunneler på fylkesveg. Ved overføring av ansvaret og midler til fylkene, har man startet prosessen med registrering av gatelysanlegg. Registreringen viste at det finnes mange anlegg som ikke er drifta av Statens vegvesen, og en del gamle anlegg som har dårlig kvalitet. Mange av anleggene er opparbeidet på dugnad for å gi trygghet og trivsel. Det har resultert i anlegg av ulik kvalitet. All vegbelysning driftet av Statens vegvesen er bygd etter vegnormalen N100. Anlegg som et bygget av kommuner, grøndelag, og private har varierende kvalitet på lysanleggene. Dette gjelder master, avstand mellom mastene og lyset armaturen gir. Mange av anleggene er ikke i samsvar med den tekniske kvaliteten som kreves i dag. Det er regler for hvor det skal være belysning langs vei, ut ifra veiklasse og trafikkmengde.

7.1 Håndbok N100

I vegnormen N100, veg og gateutforming [18] er det satt krav til hvor det bør eller skal være veglys av ulike faktorer. Grunnlaget for krav til belysning ligger hovedsakelig til grunn i trafikksikkerhet. Det anbefales å etablere veglys når sparte samfunnskostnader er større enn kostnaden til anlegg og drift av belysningsanlegget. Ofte er det trafikk nivået (ÅDT) som er avgjørende for etablering av veglys.

7.2 Håndbok V124

Håndbok V124 til Statens Vegvesen omhandler teknisk planlegging av veg og tunnelbelysning. Håndbok V124 er veileder og et hjelopedokument som understøtter normalene til N100 veg og gateutforming.

Riksveger er de eneste som er direkte omhandlet av forskrift og krav. Fylkene benytter seg ofte, men ikke alltid, av normene satt av N100 veg og gateutforming. Kommunene har ofte egne vegnormer, som varierer både i utførelse og kvalitet.

Veibelysning i Vanvikbakkan

7.3 Krav om belysning langs vei

Ved etablering av nye veier er kravene til belysning av tabellen under:

Dimensjon-eringsklasse	ÅDT ¹ (kjt/døgn)	Farts-grense (km/t)	Veg-bredde (m)	Antall felt	Krav om belysning
H1	0-12 000	60	7,5 / 8,5	2	Vegen bør blyses dersom ÅDT > 1500
H2	0-4 000	80	8,5	2	Ikke krav om belysning
H3	0-4 000	90	8,5	2	Ikke krav om belysning
H4	4 000-6 000	80	10	2	Ikke krav om belysning
H5	6 000-12 000	90	12,5	2	Vegen bør blyses
H6	>12 000	60	16	4	Vegen bør blyses
H7	>12 000	80	20	4	Vegen bør blyses
H8	12 000-20 000	100	20	4	Vegen skal blyses
H9	>20 000	100	23	4	Vegen skal blyses
HØ1	0-1500	80	6,5	2	Ikke krav om belysning
HØ2	1500-4 000	80	7,5	2	Ikke krav om belysning
Sa1	<1500	50	6	2	Vegen bør blyses
Sa2	>1500	50	6	2	Vegen bør blyses
Sa3	<1500	80	6,5	2	Ikke krav om belysning
A1		30	3,5 / 5	2	Vegen bør blyses
A2		50	7	2	Ikke krav om belysning
A3		50	4	1	Ikke krav om belysning

Tabell 2, Krav til belysning på nye veger, Hentet fra Håndbok V124

Veistrekningen Vanvikbakkan, har en ÅDT på 2070 og en fartsgrense på 80 km/t. Vegbanen er 7,5 meter bred og har 2 felt. Det plasserer Vanvikbakkan under HØ2 som ikke har krav om belysning, om dette hadde vært en ny vei ifølge Håndbok V124. [19]

En god del av våre eksisterende veier har behov for veibelysning, på grunn av ulykker eller at det ferdes myke trafikanter langs veien. Det er ulykkesrisikoen i mørket som gir grunnlaget for om det skal etableres veibelysning ved eksisterende veier. Dette gjelder også strekninger der det ikke kreves belysning i utgangspunktet.

7.4 Belysningsklasser

Med tanke på eksisterende veistrekninger, legger Håndbok V124 til grunn belysningsklassene basert på årlig døgn trafikk (ÅDT)

ÅDT	<1500	1500 – 4 000	>4000
Veger med midtdeler/-rekkerwerk		MEW3	MEW3
Veger / gater uten midtdeler/- rekkerwerk og med fartsgrense $\geq 40 \text{ km/t}$	MEW4	MEW3	MEW2
Veger /gater med fartsgrense 30 km/t	CE4	CE3	CE2

Tabell 3, Valg av belysningsklasse, hentet fra Håndbok V124

Veibelysning i Vanvikbakkan

Krav til luminans og gjennomsnittlig belysningsstyrke på de forskjellige MEW-klassene:

Gjennomsnittlig luminans i cd/m ²		2	1,5	1	0,75	0,5			
Klasser	CEO	MEW1 CE1	MEW2 CE2	MEW3 CE3 S1	MEW4 CE4 S2	MEW5 CE5 S3	S4	S5	S6
Gjennomsnittlig belysningsstyrke i lux	50	30	20	15	10	7,5	5	3	2

Tabell 4, Belysningsklasser med tilsvarende lysnivåer, hentet fra Håndbok V124

Klassifiseringen til MEW3, har krav til gjennomsnittlig luminans på 1cd/m² og en gjennomsnittlig belysningsstyrke på 15 lux. Det vil si at ved oppgraderinger av veibelysningen i Vanvikbakkan vil det ikke utløses noen nye krav. Men, Fylkeskommunen kan gå inn i enkelte tilfeller og vurdere om nye krav som MEW3, må tilfredsstilles.

7.5 Regelverk rundt styring av belysning

Styring av gatelysanlegg er regulert via håndbok V124 fra Statens Vegvesen. Styringen kan være tidsstyrt via astro-ur, fotocelle eller luminansmeter. Ved dimming av lysarmaturene er det krav at belysningskravene fortsatt skal være opprettholdt, noe som vil si at armaturene må være styrt via en luminansmeter som måler lysfluksen på området. Ved avvik fra denne standarden må det søkes om dispensasjon.

8 Trafikksikkerhet

Veibelysning er knyttet til trafikksikkerhet. Ved å se på ulike studier over flere tidsperioder kan man se konsekvensene av opplyste veier kontra veier med redusert eller manglende belysning. Hvorfor kan man ikke bare bygge ut et veilysnett som ivaretar absolutt alt av vei? Hva er vel ikke et menneskeliv verdt målt opp mot et gatelys? Gruppen mener det er hensiktsmessig å reflektere rundt disse temaene.

Økonomi er en stor faktor, da det er kostbart å etablere og vedlikeholde belysning langs vei. Vi har mange typer veier i landet vårt. Veiene klassifiseres etter ulike standarder, som for eksempel trafikken den skal håndtere med tilhørende fartsgrenser, slitasje og nødvendige sikkerhetstiltak. Det er også faktorer som miljø, trivsel, tilgjengelighet og allmenn sikkerhet.

Økt fartsgrense spiller inn når man skal se på nødvendige tiltak for å sikre flyten og trygg ferdsel på en motorvei. I 2014 finner vi tall for anleggskostnader for opparbeiding av vegbelysning ved motorvei, tilsvarende ca. 1,25 mill. kr. per km veg. Den årlige drifts- og vedlikeholdskostnaden til vegbelysning estimeres til 100.000 kr per km veg. Dette er tall som er avhengige av anleggets klassifisering/standard (Høye, 2014A). [20]

8.1 Sikkerheten til fotgjengere og bilister:

Det er slik at det meste en trafikant opplever og prosesserer av trafikkbildet, går gjennom synet. I dagslys ser de fleste av oss det vi trenger for å ferdes med motorkjøretøy. I mørke omgivelser vil øynene oppfatte færre kontraster, detaljer og bevegelser. Av denne enkle grunn er ulykkesrisikoen i mørket høyere enn i dagslys. Vi ser og oppfatter mindre av det vi passerer i skumring og i natten. Men, det er gjort undersøkelser på strekninger uten veibelysning hvor man over tid ikke kan konkludere med en høyere ulykkesrate pga. fraværende veibelysning. Det viser seg at bilister i større grad kjører mer aktsomt uten veibelysning, og heller slapper mer av ved godt belyste strekninger. Dette peker på at det i størst grad er de myke trafikantene som berøres av vegbelysning. Skal man se på andre tiltak som kombinert med veibelysning bedrer sikkerheten, kan det være bruk av midtdeler og markert vegskulder.

Ulykkestall fra SSB viser at 31% av alle personskadeulykker skjer i mørket. For fotgjengere er andelen 38%. Blant de drepte er andelen i mørket enda høyere: 37% for alle trafikantgruppene og 41% for fotgjengere. Dette viser at ulykker i mørket er mer alvorlige enn ulykker i dagslys, og at det er spesielt myke trafikanter som er mest utsatt i mørket. Det finnes imidlertid flere faktorer enn lysforholdene som kan bidra til risikoen. Følgende kan tenkes å påvirke risikoforskjeller i dagslys og mørket; promillekjøring, trøtte førere, høy fart og manglende bruk av bilbelte.

Eksempler på risikoberegninger som hentet fra SSB [1], baseres på ulykkestall og eksponeringsdata fra reisevaneundersøkelser. Her framheves at risikoen for død eller skade knyttet til en trafikkulykke for bilførere og passasjerer, er ca. 30 ganger så høy i gjennomsnitt mellom kl. 0 og 6 natt til søndag og omtrent 10 ganger så høy i gjennomsnitt mellom kl. 00.00

Veibelysning i Vanvikbakkan

og 06.00 natt til lørdag (Bjørnskau, 2011). På de øvrige ukedagene er risikoen omtrent fem ganger så høy om natten som i gjennomsnittet. Helgen er altså en mer utsatt periode. Mäkelä og Kärki (2004) har ved flere undersøkelser estimert at risikoen for personskadeulykker er ca.1,5 ganger så stor i mørket som i dagslys. Johansson, Wanvik og Elvik (2009) viste at risikoen for personskadeulykker i mørket øker med nesten 30% i tettbygd strøk og ca. 50% i spredtbygd strøk, i forhold til risikoen i dagslys. Det er tatt hensyn til forskjeller i trafikkmengde og variasjoner mellom årstider ved å sammenligne de følgende to forhold: [20]

- Forholdet mellom (A1) antall ulykker i en time på dagen når det er dagslys og (A2) antall ulykker i den samme timen når det er mørkt
- Forholdet mellom antall ulykker i en time på dagen når det er dagslys mens det er mørkt i A1 og antall ulykker i den samme timen når det er dagslys i A2.

Vegbelysning kan gi utslag på flere områder. Det kan være et positivt bidrag til å redusere risikoen for ulykker i mørket, og den påvirker nærmiljøet. Bilister som registrerer hele trafikkbilde pga. belysningen, har bedre forutsetninger for å kunne avverge uønskede hendelser. Andre konsekvenser av vegbelysning kan være en mer hyggelig ferdsel i mørket, både for bilister og myke trafikanter. Det kan også linkes til forebygging av kriminalitet, da belyste områder er vanskelig å bevege seg usett gjennom.[11]

8.2 Kjøreadferd

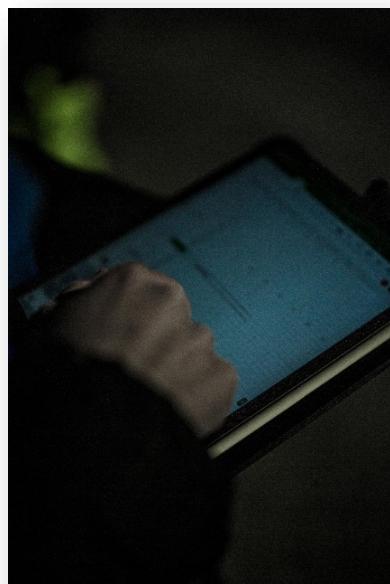
Bilister endrer kjøreatferd etter forholdene. Er det glatt, kjører vi som regel mer aktsomt, som man også er pålagt etter vegtrafikkloven. § 3.*Grunnregler for trafikk.* [21]

Som beskrevet i tidligere avsnitt er det gjort undersøkelser på vei uten belysning. De funn som ble gjort i Oslo på en 55km langt strekning, tyder på at bilister tilpasser sin ”tilstedeværelse” i tråd med faktorer som øker komforten. Litt enkelt sagt, blir det veldig koselig å kjøre, flyter også fokuset. Ved manglende belysning skjerper bilistene seg, uten at fart / flyten påvirkes nevneverdig. [22]

9 Praktisk forsøk

Det praktiske forsøket ble gjort ved Trondheim Havn, der områdebelysningen har avstand mellom mastene og høyde tilsvarende Vanvikbakkan. Vi unngikk også trafikk og de sikkerhetstiltak slik arbeid normalt medfører.

Det ble etablert et rutenett på asfalten for å benytte de samme målepunktene ved de ulike lyskildene, og armaturen ved test. Det ble målt på tvers av veibanen, et punkt hver 0,5 m. Langsgående veikant på begge sider, per meter, med en total lengde på 25 meter. I tillegg ble det tatt målinger en diagonal av rutenettet. Vi benyttet Excel for å generere verdiene, og benyttet et fargefilter over tabellene for å visualisere resultatene.



Figur 13, Dokumentering av målepunkter



Figur 12, Lysmåler LUX

Målinger som ble gjort ved mast 12m:

- Eksisterende belysning, 250W HPS
- Ny tilsvarende lyskilde, 250W HPS
- Bytte av 250W lyskilde til LED 80W og 150W LED
- Ny lysarmatur LED, trinnet:
- 100%, 70%, 50%, 20%, 10%

Det ble logget følgende data:

- Strømtrekk (A)
- Spennin (V)
- Dimming (%)
- Lysbelysningsstyrke (lx)
- Lysspredning (fig. 14) på bakkeplan.

Forsøksområde: Trondheim havn

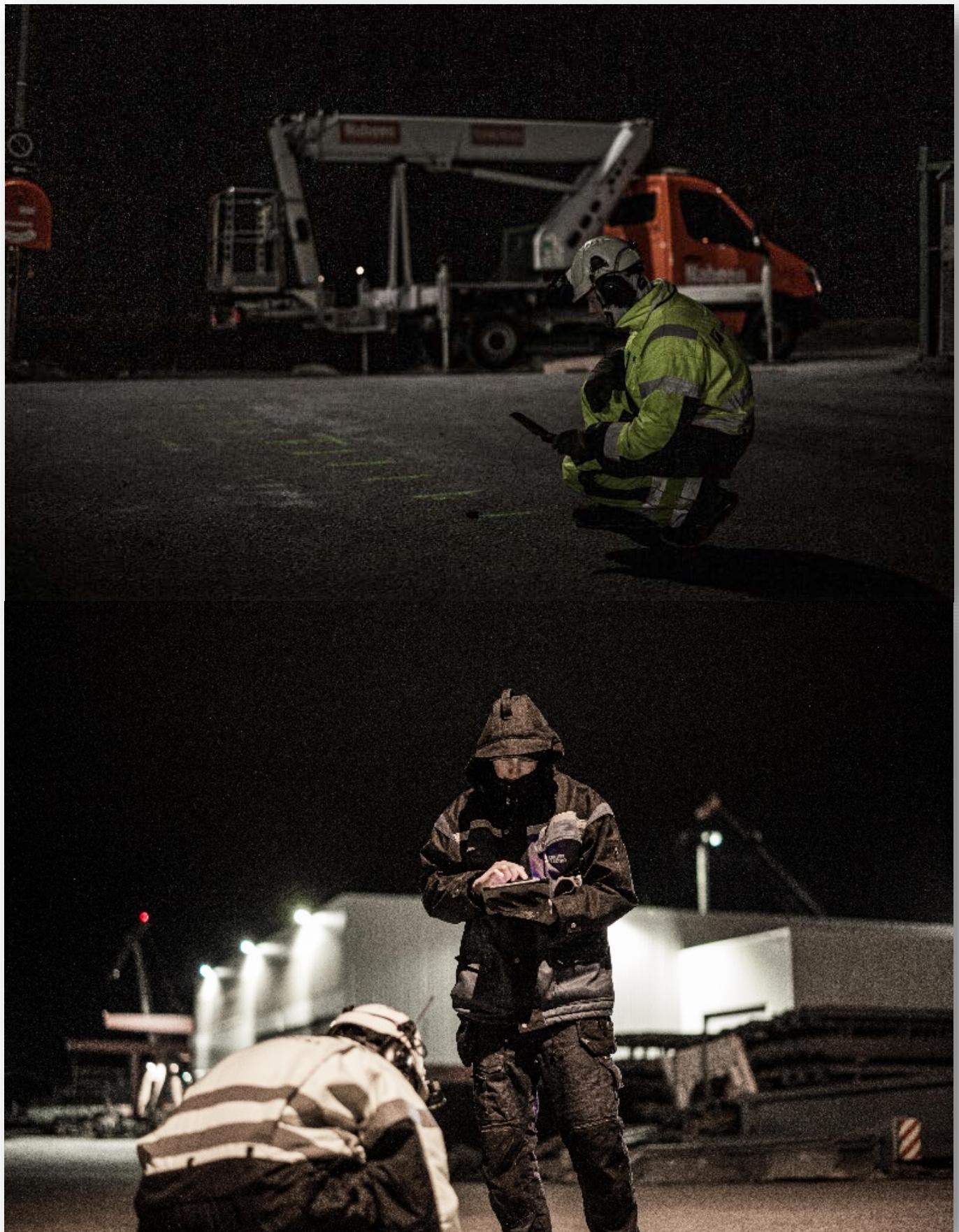
Utstyr: Luxmeter, amperemeter, spenningstester, lyskilder og lysarmatur fra Fagerhult.

Tabell for visualisering av måleresultat:

1 Meter:	25m 24m 23m 22m 21m 20m 19m 18m 17m 16m 15m 14m 13m 12m 11m 10m 9m 8m 7m 6m 5m 4m 3m 2m 1m 0m 1m 2m 3m 4m 5m 6m 7m 8m 9m 10m 11m 12m 13m 14m 15m 16m 17m 18m 19m 20m 21m 22m 23m 24m 25m																									
	250W brukt høytrykkspære:																									
Veiskulder:	6,5m 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 7 8 8 10 10 12 12 12 12 12 10 10 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 6,5m 6,0m 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 8 10 10 11 11 11 11 11 10 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2 2 5,5m 5,5m 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 8 8 10 10 11 11 11 11 11 10 10 8 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2 5,0m 5,0m 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 8 10 10 12 12 12 12 12 10 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2 4,5m 4,5m 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 8 9 10 11 11 11 11 11 10 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2 4,0m 4,0m 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 8 9 10 11 11 11 11 11 11 10 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2 3,5m 3,5m 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 8 9 10 12 12 12 12 12 10 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2 3,5m																									
Senterlinje:	3,0m 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 7 8 9 10 11 11 11 11 11 11 10 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2 2 3,0m 2,5m 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 7 8 9 10 12 12 12 12 12 12 11 11 10 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2 2,5m 2,0m 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 7 8 9 10 11 13 14 15 17 22 24 25 26 25 24 23 22 17 15 14 13 11 11 10 9 9 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 2,0m 1,5m 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 9 10 11 13 14 16 19 22 24 26 26 26 24 23 22 19 16 14 13 11 11 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 1,5m 1,0m 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 9 10 11 13 14 17 20 23 25 27 28 27 25 23 20 17 14 13 11 11 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 1,0m 0,5m 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 8 9 10 11 13 15 17 20 23 25 27 28 27 25 23 20 17 15 13 11 11 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 0,5m 0,0m 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 5 5 6 6 6 7 8 9 10 11 13 15 16 19 23 25 26 27 26 25 23 20 17 15 13 11 11 10 9 9 8 8 7 7 6 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 2 2 0,0m																									
Veiskulder:	Lysarmatur i stolpe:																									

Figur 14, Eksempel på Lux tabell, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 1

Veibelysning i Vanvikbakkan



Veibelysning i Vanvikbakkan

9.1 Sammenligning gammel og ny HPS-lyskilde

For å etablere et godt grunnlag og utgangspunkt, ble den lyskilden i eksisterende den veibelysningen testet først. Deretter ble det byttet til en ny HPS-lyskilde av samme merke og effekt.

		250W bruk høytrykkspære:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	Meter:	25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m	18m	19m	20m	21m	22m	23m	24m	25m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Veiskulder:	6,5m	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	10	10	12	12	12	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35	35	36	36	37	37	38	38	39	39	40	40	41	41	42	42	43	43	44	44	45	45	46	46	47	47	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	60	60	61	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	79	80	80	81	81	82	82	83	83	84	84	85	85	86	86	87	87	88	88	89	89	90	90	91	91	92	92	93	93	94	94	95	95	96	96	97	97	98	98	99	99	100	100	101	101	102	102	103	103	104	104	105	105	106	106	107	107	108	108	109	109	110	110	111	111	112	112	113	113	114	114	115	115	116	116	117	117	118	118	119	119	120	120	121	121	122	122	123	123	124	124	125	125	126	126	127	127	128	128	129	129	130	130	131	131	132	132	133	133	134	134	135	135	136	136	137	137	138	138	139	139	140	140	141	141	142	142	143	143	144	144	145	145	146	146	147	147	148	148	149	149	150	150	151	151	152	152	153	153	154	154	155	155	156	156	157	157	158	158	159	159	160	160	161	161	162	162	163	163	164	164	165	165	166	166	167	167	168	168	169	169	170	170	171	171	172	172	173	173	174	174	175	175	176	176	177	177	178	178	179	179	180	180	181	181	182	182	183	183	184	184	185	185	186	186	187	187	188	188	189	189	190	190	191	191	192	192	193	193	194	194	195	195	196	196	197	197	198	198	199	199	200	200	201	201	202	202	203	203	204	204	205	205	206	206	207	207	208	208	209	209	210	210	211	211	212	212	213	213	214	214	215	215	216	216	217	217	218	218	219	219	220	220	221	221	222	222	223	223	224	224	225	225	226	226	227	227	228	228	229	229	230	230	231	231	232	232	233	233	234	234	235	235	236	236	237	237	238	238	239	239	240	240	241	241	242	242	243	243	244	244	245	245	246	246	247	247	248	248	249	249	250	250	251	251	252	252	253	253	254	254	255	255	256	256	257	257	258	258	259	259	260	260	261	261	262	262	263	263	264	264	265	265	266	266	267	267	268	268	269	269	270	270	271	271	272	272	273	273	274	274	275	275	276	276	277	277	278	278	279	279	280	280	281	281	282	282	283	283	284	284	285	285	286	286	287	287	288	288	289	289	290	290	291	291	292	292	293	293	294	294	295	295	296	296	297	297	298	298	299	299	300	300	301	301	302	302	303	303	304	304	305	305	306	306	307	307	308	308	309	309	310	310	311	311	312	312	313	313	314	314	315	315	316	316	317	317	318	318	319	319	320	320	321	321	322	322	323	323	324	324	325	325	326	326	327	327	328	328	329	329	330	330	331	331	332	332	333	333	334	334	335	335	336	336	337	337	338	338	339	339	340	340	341	341	342	342	343	343	344	344	345	345	346	346	347	347	348	348	349	349	350	350	351	351	352	352	353	353	354	354	355	355	356	356	357	357	358	358	359	359	360	360	361	361	362	362	363	363	364	364	365	365	366	366	367	367	368	368	369	369	370	370	371	371	372	372	373	373	374	374	375	375	376	376	377	377	378	378	379	379	380	380	381	381	382	382	383	383	384	384	385	385	386	386	387	387	388	388	389	389	390	390	391	391	392	392	393	393	394	394	395	395	396	396	397	397	398	398	399	399	400	400	401	401	402	402	403	403	404	404	405	405	406	406	407	407	408	408	409	409	410	410	411	411	412	412	413	413	414	414	415	415	416	416	417	417	418	418	419	419	420	420	421	421	422	422	423	423	424	424	425	425	426	426	427	427	428	428	429	429	430	430	431	431	432	432	433	433	434	434	435	435	436	436	437	437	438	438	439	439	440	440	441	441	442	442	443	443	444	444	445	445	446	446	447	447	448	448	449	449	450	450	451	451	452	452	453	453	454	454	455	455	456	456	457	457	458	458	459	459	460	460	461	461	462	462	463	463	464	464	465	465	466	466	467	467	468	468	469	469	470	470	471	471	472	472	473	473	474	474	475	475	476	476	477	477	478	478	479	479	480	480	481	481	482	482	483	483	484	484	485	485	486	486	487	487	488	488	489	489	490	490	491	491	492	492	493	493	494	494	495	495	496	496	497	497	498	498	499	499	500	500	501	501	502	502	503	503	504	504	505	505	506	506	507	507	508	508	509	509	510	510	511	511	512	512	513	513	514	514	515	515	516	516	517	517	518	518	519	519	520	520	521	521	522	522	523	523	524	524	525	525	526	526	527	527	528	528	529	529	530	530	531	531	532	532	533	533	534	534	535	535	536	536	537	537	538	538	539	539	540	540	541	541	542	542	543	543	544	544	545	545	546	546	547	547	548	548	549	549	550	550	551	551	552	552	553	553	554	554	555	555	556	556	557	557	558	558	559	559	560	560	561	561	562	562	563	563	564	564	565	565	566	566	567	567	568	568	569	569	570	570	571	571	572	572	573	573	574	574	575	575	576	576	577	577	578	578	579	579	580	580	581	581	582	582	583	583	584	584	585	585	586	586	587	587	588	588	589	589	590	590	591	591	592	592	593	593	594	594	595	595	596	596	597	597	598	598	599	599	600	600	601	601	602	602	603	603	604	604	605	605	606	606	607	607	608	608	609	609	610	610	611	611	612	612	613	613	614	614	615

Veibelysning i Vanvikbakkan

9.2 Sammenligning HPS lyskilde og LED-lyskilde erstatninger

Forsøket sammenlignet en HPS-lyskilde med LED-kilde erstatninger med i E40-sokkel for eksisterende armatur.

I sammenligningen ble den nye HPS-lyskilden brukt som referanse til de to neste forsøkene, med LED-kildene. Målingene gav disse dataene:

2 Meter:		25m 24m 23m 22m 21m 20m 19m 18m 17m 16m 15m 14m 13m 12m 11m 10m 9m 8m 7m 6m 5m 4m 3m 2m 1m 0m 1m 2m 3m 4m 5m 6m 7m 8m 9m 10m 11m 12m 13m 14m 15m 16m 17m 18m 19m 20m 21m 22m 23m 24m 25m																				
Vekselkulder:																						
6,5m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6,0m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17
5,5m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	11	11	12	13	14	15	16	17	18
5,0m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	12	13	14	15
4,5m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16
4,0m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16
3,5m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Senterlinje:																						
3,0m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2,5m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2,0m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,5m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,0m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0,5m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0,0m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Vekselkulder:																						
0,0m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Lysarmatur i stolpe:



Figur 17, Lux tabell for ny høytrykks natrium-damp lyskilde 250W, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 2

3 Meter:		25m 24m 23m 22m 21m 20m 19m 18m 17m 16m 15m 14m 13m 12m 11m 10m 9m 8m 7m 6m 5m 4m 3m 2m 1m 0m 1m 2m 3m 4m 5m 6m 7m 8m 9m 10m 11m 12m 13m 14m 15m 16m 17m 18m 19m 20m 21m 22m 23m 24m 25m																				
Vekselkulder:																						
6,5m	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10
6,0m	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10
5,5m	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10
5,0m	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10
4,5m	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10
4,0m	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10
3,5m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12
Senterlinje:																						
3,0m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
2,5m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
2,0m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
1,5m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
1,0m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
0,5m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
0,0m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
Vekselkulder:																						
0,0m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11

Lysarmatur i stolpe:



Figur 16, Lux tabell for 80W LED pære, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 3

4 Meter:		25m 24m 23m 22m 21m 20m 19m 18m 17m 16m 15m 14m 13m 12m 11m 10m 9m 8m 7m 6m 5m 4m 3m 2m 1m 0m 1m 2m 3m 4m 5m 6m 7m 8m 9m 10m 11m 12m 13m 14m 15m 16m 17m 18m 19m 20m 21m 22m 23m 24m 25m																				
Vekselkulder:																						
6,5m	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	10	10	12	13	14	15	16
6,0m	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	10	10	12	13	14	15	16
5,5m	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	10	10	12	13	14	15	16
5,0m	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16
4,5m	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4,0m	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3,5m	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Senterlinje:																						
3,0m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
2,5m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
2,0m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
1,5m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
1,0m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
0,5m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11
0,0m	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	10	10	12	13	14	15	16

Lysarmatur i stolpe:



Figur 18, Lux tabell for 150W LED pære, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 4



Figur 21, 80W LED pære



Figur 20, 150W LED pære



Veibelysning i Vanvikbakkan

	Ny HPS lyskilde:	80W LED pære:	150W LED pære:	Enhet
Spenning:	217	217	217	V
Strømtrekk:	1,37	0,35	0,83	A
Effekt:	297,29	75,95	180,11	W
E min	2	1	1	lx
E mid	11,35	5,63	9,87	lx
E max	37	19	35	lx
Oppgitt				
Lumen pr Watt	128	150	153	Lm/W

Tabell 6, HPS lyskilde, 80W og 150W lyskilde

I hovedsak er effektforbruket per lumen mindre ved LED-kildene.

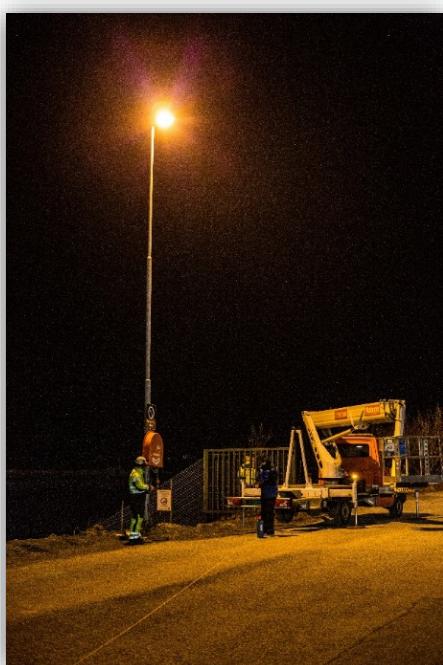
I dette tilfellet var effekten på LED-kilden oppgitt til 150W, men målt til 180,11W. Her kan produsenten ha valgt å oppgi bare LED-effekten og ikke systemeffekten. Dette inkluderer driver og kjølevifte som er integrert i enheten. Selv ved E mid større for HPS lyskilden, ble det klart under forsøket at 150W LED-kilden gav en bedre opplevelse av lyset. Det er ikke bare belysningsstyrken som har betydning for opplevelsen av omgivelsene, men også Ra-indeksen og lystemperatur (kelvin).

HPS-lyskilden har en fargegjengivelse på $R_a = 20$ og fargetemperatur 2100 kelvin, der LED-kilden har $R_a = 70$ og fargetemperatur 4000 kelvin.

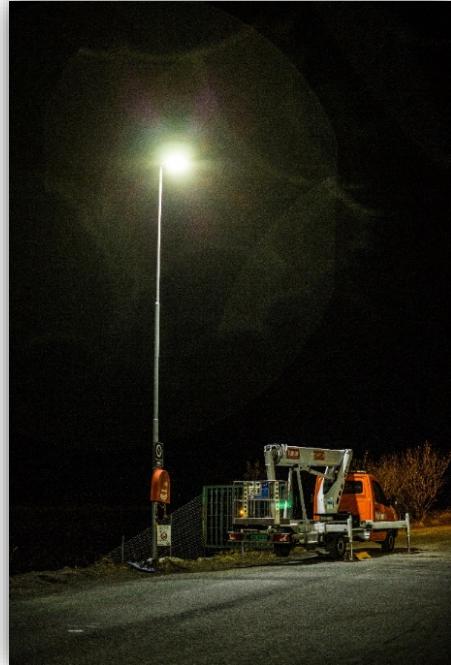
80W LED-kilden skuffet i testen da produsenten reklamerer med at dette er en ren erstatning for 250W HPS. Dette var ikke mulig å dokumentere i våre forsøk.



Figur 22, lysfarge skala,
Hentet fra
https://www.lysbutikken.no/kelvin_enkelt_forklart_pa_norsk



Figur 24, 250W høytrykk natrium-damp pære i mast



Figur 23, 150W LED pære i mast

Veibelysning i Vanvikbakkan

9.3 Sammenligning ny HPS-lyskilde 250W og ny Fagerhult 180W LED-armatur

		25m 24m 23m 22m 21m 20m 19m 18m 17m 16m 15m 14m 13m 12m 11m 10m 9m 8m 7m 6m 5m 4m 3m 2m 1m 0m 1m 2m 3m 4m 5m 6m 7m 8m 9m 10m 11m 12m 13m 14m 15m 16m 17m 18m 19m 20m 21m 22m 23m 24m 25m	
Meter:			
Veikulder:		6,5m 2 2 3 3 3 4 4 5 5 5 5 6 6 7 7 8 9 10 11 12 13 15 17 18 20 18 17 15 14 12 11 10 10 9 8 7 6 6 5 5 5 5 4 4 3 3 2 2 6,5m 6,0m 2 2 3 3 3 4 4 5 5 5 5 6 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 20 21 20 18 17 15 14 12 11 10 10 9 8 7 6 6 5 5 5 5 4 4 3 3 2 2 6,0m 5,5m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 5 6 7 7 8 9 10 11 12 14 15 16 18 19 22 23 22 19 18 16 15 14 12 11 11 11 9 8 7 7 6 6 5 5 5 5 4 4 4 3 3 2 2 5,5m 5,0m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 16 17 20 23 23 29 23 29 20 17 16 15 12 12 11 10 9 8 7 7 6 6 5 5 5 5 4 4 4 3 3 2 2 5,0m 4,5m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 5 6 7 7 8 9 10 11 12 12 14 15 17 20 23 29 26 26 25 23 20 17 14 12 12 11 10 9 8 7 7 6 6 5 5 5 5 4 4 4 3 3 2 2 4,5m 4,0m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 5 6 7 8 8 9 10 11 12 12 15 16 20 23 25 26 28 28 27 25 23 25 23 20 17 14 12 12 11 10 9 8 7 7 6 6 5 5 5 5 4 4 4 3 3 2 2 4,0m 3,5m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 7 8 9 9 10 11 12 15 16 17 23 24 27 28 29 30 29 28 27 24 21 17 16 15 12 11 10 9 8 7 7 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 3,5m	
Senterlinje		3,0m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 7 8 9 10 11 12 15 16 17 22 24 24 22 24 19 16 15 12 12 11 10 9 8 7 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 3,0m 2,5m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 8 8 9 10 11 12 15 16 18 21 23 25 27 31 33 34 33 31 27 25 23 21 18 16 15 12 11 10 9 8 8 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2,5m 2,0m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 8 8 9 10 11 12 16 17 18 22 24 20 20 27 32 34 35 34 32 27 25 24 22 18 17 16 12 11 10 9 8 8 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2,0m 1,5m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 8 8 9 9 10 11 12 16 17 18 23 25 26 27 35 36 35 32 27 28 26 28 18 17 16 12 11 10 9 9 8 8 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 1,5m 1,0m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 8 8 9 9 10 11 12 16 17 18 23 25 26 30 36 37 36 33 29 29 25 28 18 17 16 12 11 10 9 9 8 8 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 1,0m 0,5m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 8 8 9 9 10 11 12 16 17 19 27 34 26 30 36 37 36 32 30 29 24 22 17 17 16 12 11 10 9 9 8 8 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 0,5m 0,0m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 8 8 9 9 10 11 12 16 17 23 22 26 30 31 35 36 35 31 29 26 22 23 17 17 15 12 11 10 8 8 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 0,0m	
Veikulder:		6,5m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 24 21 17 16 15 12 11 10 9 8 7 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 6,5m 6,0m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 24 21 17 16 15 12 11 10 9 8 7 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 6,0m 5,5m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 7 7 8 9 10 11 12 14 15 16 18 19 22 23 22 19 18 16 15 14 12 11 10 9 8 7 7 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 5,5m 5,0m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 18 19 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 24 21 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 5,0m 4,5m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15 17 18 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 24 21 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 4,5m 4,0m 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 7 8 8 9 10 11 12 13 14 15 16 18 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 24 21 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 6 5 5 4 4 4 3 3 3 2 2 4,0m 3,5m 2 3 3 3 3 4 4 4 5 5 5 6 7 8 9 9 10 11 12 15 16 17 23 24 27 28 29 30 29 28 27 24 21 17 16 15 12 11 10 9 8 7 7 6 6 5 5 5 4 4 4 3 3 3 2 3,5m	

Lysarmatur i stolpe:



Figur 26, Lux tabell for ny høytrykks natrium-damp lyskilde 250W, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 2

Fagerhult 180W armatur dim 100%:

Meter:		25m 24m 23m 22m 21m 20m 19m 18m 17m 16m 15m 14m 13m 12m 11m 10m 9m 8m 7m 6m 5m 4m 3m 2m 1m 0m 1m 2m 3m 4m 5m 6m 7m 8m 9m 10m 11m 12m 13m 14m 15m 16m 17m 18m 19m 20m 21m 22m 23m 24m 25m	
Veikulder:			
Veikulder:		6,5m 3 6 7 8 10 10 11 13 13 14 14 15 15 16 17 18 19 20 21 22 22 23 26 26 27 28 29 31 30 26 25 24 22 21 20 19 18 17 16 15 14 14 14 14 13 13 11 10 10 8 7 6 5 6,5m 6,0m 5 7 8 9 10 10 11 13 13 14 14 15 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 26 25 24 22 21 20 19 18 17 16 15 14 14 14 13 13 11 10 10 9 8 7 6 5 6,0m 5,5m 5 7 8 9 10 10 11 12 13 13 14 14 15 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 14 13 13 12 11 10 10 9 8 7 6 5 5,5m 5,0m 5 7 8 9 10 10 12 12 13 14 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 14 13 13 12 10 10 10 9 8 7 6 5 5,0m 4,5m 5 7 8 9 10 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 22 23 24 25 26 27 28 29 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 17 16 15 14 14 13 13 11 10 10 9 9 8 7 6 5 4,5m 4,0m 5 7 8 9 9 10 10 11 12 13 14 15 17 17 18 19 23 24 26 26 29 32 34 34 32 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 18 17 16 15 14 14 13 13 12 11 10 10 9 9 8 7 6 5 4,0m 3,5m 5 6 7 8 9 9 10 10 11 13 13 14 15 15 16 17 18 20 21 24 25 29 32 33 34 33 31 27 25 24 22 21 20 18 17 16 15 14 14 13 13 12 11 10 10 9 9 8 6 5 3,5m	
Senterlinje		3,0m 5 6 7 8 9 9 10 10 11 13 13 14 15 15 16 17 18 20 21 24 25 29 32 33 34 33 31 27 25 24 22 21 20 18 17 16 15 14 14 13 13 12 11 10 10 9 9 8 6 5 3,0m 2,5m 5 6 7 8 9 9 10 10 11 13 13 14 15 15 16 17 18 20 21 24 25 29 32 33 34 33 31 27 25 24 22 21 20 19 18 17 16 15 14 14 13 13 12 11 10 10 9 9 8 7 6 5 2,5m 2,0m 5 6 7 8 9 9 10 10 12 12 13 14 14 15 16 17 18 20 21 22 23 24 25 26 27 30 31 32 33 32 30 27 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 14 13 13 12 11 10 10 9 9 8 7 6 5 2,0m 1,5m 5 6 7 8 9 9 10 10 12 12 13 14 14 15 16 17 18 20 21 22 23 24 25 26 27 30 31 32 33 32 30 27 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 14 13 13 12 10 10 10 9 9 8 7 6 5 1,5m 1,0m 4 5 5 6 7 8 9 10 10 11 12 13 14 15 16 17 18 20 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 32 30 27 25 24 23 22 21 19 18 17 16 15 14 14 13 13 12 10 10 10 9 9 8 7 6 5 1,0m 0,5m 4 5 5 6 6 8 8 9 10 10 12 14 17 20 22 24 27 28 31 33 38 40 45 49 53 55 51 47 40 38 35 31 28 27 24 22 20 17 14 12 10 10 9 8 8 6 6 5 4 4 0,5m 0,0m 4 4 5 5 6 7 8 8 10 10 12 14 16 18 20 22 24 27 28 30 32 36 38 42 47 40 38 35 31 28 27 24 22 20 17 14 12 10 10 8 7 7 6 5 4 4 0,0m	

Lysarmatur i stolpe:



Figur 25, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 100%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 5

Det første man legger merke til når man sammenligner disse lyskildene, er den økte belysningsstyrken på LED-armaturen. Lysspredningen og lystemperaturen er også markant forandret.

HPS lyskilde:		Fagerhult 180W		Enhet	
100%:					
Spennin:		217		217	
Strømtrekk:		1,37		0,84	
Effekt:		297,29		182,28	
E min		2		4	
E mid		11,35		20,16	
E max		37		53	
Ilx					

Tabell 7, HPS lyskilde og Fagerhult 180W 100%

Lysspredningen på HPS-lyskilden er mer sentrert rett under armaturen.

Der avtar belysningsstyrken i en sirkelform med avstanden ut fra senterverdien.

Linseteknologien i LED-kilden gjør at lyset blir formet som en kjegle ut fra senterverdi på den nærmeste kjørebanen. Det gjør at lyset fordeles jevnt utover kjørebanen. Ved bruk av denne armaturen vil en større lysmengde nå bort til skjæringspunktet mellom mastene, og det blir en overlapp i belysningsstyrken. Dette vil minimere mørke felt mellom mastene. Figur 18 viser de 20 linsene i Fagerhult-armaturen.

Effektforbruket på LED-armaturen er på 61% av 250W HPS lyskilden, og E mid er 77,62% større. Det vil si at effektiviteten er bedre på LED-armaturen, enn HPS lyskilden. I tillegg er fargegjengivelsen mye bedre på Fagerhult-armaturen og temperaturen på lyset er kjøligere. Det resulterer i at opplevelsen av området virker mer opplyst.



Figur 27, Linsene i Fagerhult 180W lyskilden.

Veibelysning i Vanvikbakkan

9.4 Sammenligning av trinnløs dimming Fagerhult 180W

Lysarmatur i stolpe:



Figur 30, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 100%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 5

Lysarmatur i stolpe:



Figur 29. Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 70%. Hentet fra Vedlegg 3, tabell 6

Lysarmatur i stolpe:



Figur 28, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 50%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 7

		Fagerhult 180W armatur dim 20%:																																																		
8	Meter:	25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m	18m	19m	20m	21m	22m	23m	24m	25m
Vinkelkuler		6,5m	1	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	7	7	8	8	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	6,5m				
		6,0m	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	8	9	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	6,0m				
		5,5m	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	8	9	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	5,5m					
		5,0m	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	8	9	10	10	10	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	5,0m			
		4,5m	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	7	8	9	10	11	11	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	4,5m				
Senterlinje		4,0m	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	12	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1	4,0m			
		3,5m	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	8	9	10	12	12	12	12	12	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1	3,5m					
		3,0m	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1	3,0m				
		2,5m	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	10	11	12	13	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1	2,5m					
		2,0m	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1	2,0m				
		1,5m	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1	1,5m				
		1,0m	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10	12	13	13	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1	1,0m			
		0,5m	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10	12	13	13	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	0,5m			
		0,0m	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10	12	13	13	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	0,0m		

Lycoperdon sp. i stolpu



Figur 31. Lux tabell for Eagerhult 180W armatur 20%. Hentet fra Vedlegg 3, tabell 8.

Insectivorous bats



Figur 22. Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 10%. Hentet fra Vedlegg 3, tabell 2.

Veibelysning i Vanvikbakkan

	Fagerhult 180W, 100%:	Fagerhult 180W, 70%:	Fagerhult 180W, 50%:	Fagerhult 180W, 20%:	Fagerhult 180W, 10%:	Enhet
Spennin:	217	217	217	217	217	V
Strømtrekk:	0,84	0,59	0,45	0,26	0,2	A
Effekt:	182,28	128,03	97,65	56,42	43,4	W
E min	4	3	2	2	1	lx
E mid	20,16	15,12	11,93	5,04	2,40	lx
E max	53	40	30	13	7	lx

Tabell 8, Fagerhult 180W oversikt over dimmeområdet

På 100% belysningsstyrke ser vi at armaturen trekker 182,28W mot sine oppgitte 180W. Dette gir et veldig godt lysutbytte med en E mid tilsvarende 20,16 lux.

Under 20% belysningsstyrke blir forholdet mellom effekt og belysningsstyrke betraktelig dårligere, ref. fig. 29. Ut ifra tabellen ser man et skjæringspunkt ved lavere verdier enn 20%, som gir et større drop i E mid.

Resultatene er forholdsvis linjære i resten av dimmeområdet, mellom 20% og 100%.



Figur 33, Illustrasjonsbilde av Trondheim havn. Foto: Daniel Mork

9.5 Drøfting av måleresultater

Forsøk 1

- Ved utskifting av eksisterende 250 W HPS lyskilde til ny 250 W HPS lyskilde, oppnår vi et bedre lysutbytte. Dette konkluderer vi med er på grunn av flere faktorer. Den ene er smuss og skitt på eksisterende lyskilde, og en viss degradering av selve lyskilden over tid. MEW 3 kravene har ikke vært oppfylt tidligere, og heller ikke ved den nye lyskilden.

Forsøk 2

- Ved utskifting av 250 W HPS lyskilde til 80 W / 150 W LED lyskilde, er det fortsatt ikke mulig å opprettholde det eksisterende lysutbyttet. Det er heller ikke her mulig å oppfylle MEW 3 kravene.

Forsøk 3

- Ved utskifting fra 250 W HPS til Fagerhult LED-armatur, oppnår vi en bedre belysningsstyrke. Denne løsningen oppfyller også MEW 3 kravene.
- Den har et hvitere lys med bedre fargegjengivelse, $R_a > 80$. Fordeler med økt fargegjengivelse er som tidligere beskrevet, trafikantenes opplevelse av langt flere detaljer i trafikkbildet, og omgivelsene. Dette kan bidra til kjappere respons og trygge beslutninger.

Vurdering

Effektforbruket vil reduseres med LED, da disse lyskildene trekker 100-170 W mindre enn eksisterende HPS-lyskilde. LED-armaturen trekker 115 W mindre. Levetiden på LED-kilden er vesentlig bedre med en estimert levetid på 50 - 100 000t, der en tradisjonell HPS-lyskilde har 36 000t.

Ut ifra de praktiske forsøkene ser vi at det kun er Fagerhult sin lysarmatur, som er egnet ved dette veistrekket. De andre LED-kildene bør i utgangspunktet ikke benyttes da de gir mindre gjennomsnittlig belysningsstyrke enn den eksisterende. Men det er fylket som setter føringer, og eventuelt gir dispensasjoner for denne vegbelysningen i henhold til Statens vegvesens Håndbok V124 [19].

10 Forskningsspørsmål

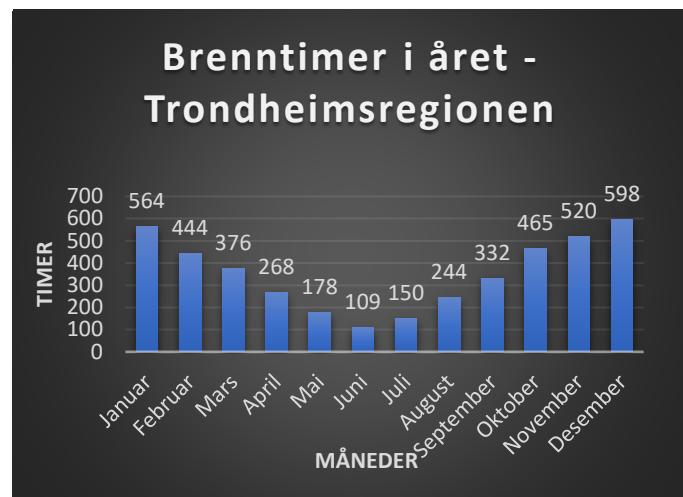
10.1 Hvor stort er energiforbruket til veibelysningen i Vanvikbakkan i dag?

Belysningen i Vanvikbakkan består av 44 stk. 250W HPS-lyskilder som blir styrt over et astro-ur. Dette er et ur som kobler lyset inn og ut i forhold til soloppgang og solnedgang, ved hjelp av en timeplan som er satt av den geografiske lokasjonen.

Ved utskifting av den eksisterende belysningen i Vanvikbakkan til Fagerhult Evolume 2, blir effektforbruket pr armatur 180W. Som vi ser i det praktiske forsøket er større lysutbytte fra LED-armaturen enn 250W HPS-lyskilden. Med eksisterende armaturer opprettholdes ikke dagens krav til belysning av veistrekningen i Vanvikbakkan.

I Trondheim står sola under horisonten 4249 timer i løpet av et år, det vil si at armaturene vil være tent i tilsvarende 4249 timer pr. år. Hvis vi da multipliserer antall timer armaturen er innkoblet i løpet av året, med effektforbruket, kan beregne antall kWt som kan reduseres hvert år.

Energiforbruket i Vanvikbakkan med eksisterende lysarmaturer på 250W HPS, beregnes til 51 412 kWt pr. år.



Figur 34, Brenntimer veibelysning i Trondheimsregionen

10.2 Hvilke lover og regler gjelder for veibelysning?

Etter dialog med Trøndelag Fylkeskommune:

FV715, Vanvikbakkan er prosjektert i 2013. Ifølge Trøndelag Fylkeskommune er prosjekter etter 2014 prosjektert for å tilfredsstille klassifiseringen MEW3. Fylkeskommunen bekrefter at nyere prosjekter er beskrevet etter Håndbok V124, og dermed god nok for riksvegnormen.

10.3 Hvordan kan en endring av veibelysningen påvirke miljøet rundt?

Belysning er i enkelte sammenhenger et fint miljøtiltak. Det vil kunne påvirke et område i positiv forstand, der kriminaliteten reduseres og myke trafikanter vil kunne ferdes tryggere. Begge på grunn av bedre synlighet. Gruppen har tidligere drøftet utfordringer knyttet til belysing og dyreliv som forstyrres. For Vanvikbakkan kan vi ikke oppdrive dokumentasjon på særskilte behov, eller retningslinjer som skal ivaretas. Utover fagteorien som er beskrevet i miljøpunkt 6. anses det derfor ikke nødvendig å drøfte påvirkningen av eventuelle inngrep i den eksisterende installasjonen.

10.4 Hvordan påvirker endringer i veibelysningen trafikken?

I Vanvikbakkan er det gjort undersøkelser der vi reduserer belysningen til et minimum.

Forskning viser til en viss risiko knyttet til en slik justering av lysmengden. [23]

Nye veier er av den oppfatning at en sjåfør tvinges til å kjøre mer varsomt på strekninger uten kunstig belysning. [24] De er mener også å ha dokumentert at ulykkestellene forblir upåvirket og Nye Veier peker på tekniske bedre veiløsninger. Vanvikbakkan har en relativt lav ÅDT og benyttes i størst grad av innbyggere på Fosen-halvøya. Det er ikke en naturlig gjennomfart for andre kjøretøy til andre deler av landet. Det vil derfor være rimelig å anta at en dempet belysning ikke får store konsekvenser for et slikt område. Av ulike systemer som gruppen anser å være reelle alternativer for Vanvikbakkan, er det interessant å se på timer lyset er koblet ut eller redusert for en gitt tid. Dette sammenlignet med en nedjustering og deretter full belysning ved en registrert aktivitet, i samme tidsperiode. Gruppen kan ikke se annet enn positive konsekvenser ved bytte til LED, da dette medfører en økt Ra-indeks, som betyr bedre beslutningsforhold, ref. Punkt 5.3 og 9.5.

10.5 Hvilke teknologier er det mulig å benytte for styring av veibelysning?

For styring av veibelysning i Vanvikbakkan brukes det i dag astro-ur / fotocelle. Dette vil vi beskrive som et minimums-system, som kobler lysene inn og ut. Ved skumring kobles lyset inn, og kobles ut ved soloppgang. Astro-ur og fotocelle er velkjente teknologier, og har vært brukt i mange år. Dette er enkle og driftssikre løsninger med relativt få feilkilder.

Defa har en løsning for å redusere effektforbruket til gatelys ytterligere. Gatelysene styres ved en innebygd klokke i den enkelte armatur. Slik kan armaturene dimmes ned 50% i et programmert tidsrom, kl. 23 – 05.

En mer avanserte løsning er å benytte radarer som kan monteres i hver lysmast/armatur, som da kommuniserer med resten av installasjonen. Belysningsanlegget blir også her styrt via et astro-ur/fotocelle, men har i tillegg en radar. Når gatelysene kobles inn tar radaren over styringen og registrerer all trafikk, som kjøretøy, myke trafikanter og syklende. Ved opphold i bevegelser vil armaturene kjapt dimmes ned til 20%, for deretter å justeres opp igjen ved nye bevegelser.

Vi sammenligner de ulike styresystemene opp imot hverandre, og må vurdere besparelser og minimumskravet til belysningen i Vanvikbakkan.

10.5.1 Defa

Dette systemet har en prefabrikkert nattsenking på kveldstid som ikke krever tilpasninger av utførende part på anlegget. Dette systemet har færre komponenter og ingen ekstern programmering eller kommunikasjon, som resulterer i færre feilkilder. En ulempe med dette systemet er at i tidsrommet kl. 23-05 vil belysningen fra en tilsvarende armatur Evolume 2, være dempet med 50%. Trafikanter vil nå kjøre på en vesentlig mørkere vei. I henhold til forskning publisert i Trafikksikkerhetshåndboken, vil en reduksjon av lys tilsvarende 50% kunne øke personskadeulykker med 17%. [23]

Veibelysning i Vanvikbakkan

10.5.2 Comlight

Vi ser dette systemet i sammenheng med den dimbare Fagerhult-armaturen. Det er med denne kombinasjonen, LED-kilde og smartsystem, at vi ser den største reduksjonen i energiforbruket. Bruken av radar, høy grad av dimming og den kraftige LED-armauren, gir størst reduksjon i energiforbruket og samtidig opprettholder et eventuelt minimumskrav til belysning. En fordel med dette systemet er at trafikantene vil bevege seg i godt opplyste områder da de forhåndsdefinerte mastene kobler inn ved bevegelse i veibanen. Vi anser den økte risikoen ved dimming, ref. overstående punkt, som ikke relevant. Hele konseptet med Comlight baserer seg på teknologi der lyset er innkoblet ved deteksjon av en bil eller menneske. Derfor vil det ikke være dempet belysning ved ferdsel på dette strekket. En utfordring med systemet er graden av kompleksitet og antall parameter. Det er flere muligheter for komponentfeil eller programmeringsfeil. Det kreves mer teknisk kompetanse av montøren som installerer og vedlikeholder anlegget.

10.6 Hvordan kan ulike systemer utvides for å gi ytterlige besparelser?

Flere leverandører prøver å tenke forskjellige løsninger for å redusere energibruken på gatelys. Effektive lyskilder er selvfølgelig viktig, LED chipene til vei og gatebelysning er i dag på ca. 150 lumen per watt. Styresystemer for armaturene er neste steg i å kutte energiforbruket, men regelverket må endres slik at belysningen kan være mer tilpasset de lokale forholdene.

Defa har en enkel styring som dimmer armaturene 50% mellom klokken 23 til 05, for å redusere effektforbruket.

Comlight har en annen løsning for å redusere effektforbruket og lysforurensningen ved mindre trafikk. Systemet bruker en radar montert i hvert gatelys som kommuniserer med hverandre. Når det ikke er noe trafikk dimmer den armaturen til ønsket nivå. Ved registrering av trafikk, økes lysstyrken til 70% som gir bedre lysforhold til trafikantene.

Vi gjør en beregning med følgende oppsett.

Comlight lysstyring med radar og dimmer belysningen ned til 20% ved redusert trafikk. Maks lysstyrke ved «sparemodus» er 70% ref. tabell 4 og tabell 8. Det er gjort en analyse av passerende kjøretøy ved den aktuelle veistrekningen. Dette er data som beskriver antall passeringer for hver time i et døgn, for 2019, med utgangspunkt i kun de mørke timene. Disse forskyves daglig pga. endringer i solnedgangen. For hver bil som passerer lysmastene under «sparemodus» er lysstyrken 70% i 20sek før den så blir dempet til 20% igjen. Ved 70% av full styrke så tilfredsstiller armaturen belysningskravene til MEW 3.

Antall kjøretøy totalt pr. 2019 er 1 025 116. [25] For det som er definert som mørke timer er antallet kjøretøy, 291 416. Med disse tallene har vi beregnet effektforbruket med ulike løsninger og kombinasjoner.

	Brenntimer i året:	Totalt installert effekt:	Årsforbruk:
Høytrykks-natrium damplampe:	4249 timer	12,1 kW	51 412 kWt
LED DEFA	4249 timer	7,26kW	30 847 kWt
LED DEFA med natt reduksjon til 50%	4249 timer totalt 2190 med nattsenk 50%	7,26kW	16 590 kWt
LED Fagerhult 100%:	4249 timer	7,92 kW	33 652 kWt
LED Fagerhult neddemmet til 70%	4249 timer	5,633kW	23 934 kWt
LED Fagerhult 20% grunnbelysning og 70% ved passering, Comlight styring	20%: 2630 timer 70%: 1619 timer Totalt: 4249 timer	20%: 2,48 kW 70%: 5,63 kW	6522 kWt 9115 kWt = 15 637 kWt

Tabell 9, Effektberegninger av forskjellige lyskilder og systemer

Vurdering

Med utgangspunkt i HPS-lyskilden ser vi følgende reduksjonen i energiforbruket:

Ved å endre dagens belysning til DEFA, med nattsenk, oppnår vi en reduksjon i energiforbruket tilsvarende 34 822 kWh per. år.

Ved å endre dagens belysning til Fagerhult-armaturen i kombinasjon med Comlight, oppnår vi en reduksjon i energiforbruket tilsvarende 35 775 kWh per. år.

10.7 Hva er kostnaden med å oppgradere den eksisterende installasjonen?

Det finnes flere løsninger på hvordan installasjonen i Vanvikbakkan kan oppgraderes, fra den enkle løsningen med å montere LED-lyskilder, til å bytte til radarstyrte armaturer.

10.7.1 Alternativ 1

Ved normalt pæreskift, byttes det til LED. Slik blir det utført en gradvis oppgradering uten vesentlige investeringskostnader. Da er prisforskjellen kun prisdifferansen på selve lyskilden, samt en tiden for en mindre omkobling i den eksisterende armaturen. Dette pga. at LED-kilden ikke trenger forkobling. Omkobling av lysarmaturen estimeres til 10min.

Pris for kun pæreskift 250W damplampe kr 370, - eks mva.

Pris for utskifting til 80W LED inkl. omkobling kr 1.421, - eks mva.

Pris for utskifting til 150W LED inkl. omkobling kr 1.972, - eks mva.

Veibelysning i Vanvikbakkan

10.7.2 Alternativ 2

Gruppeskift av lyskilder, som gir en lavere investeringskostnad da alle lyskildene blir byttet samtidig. Estimert arbeidstid for bytte av lyskilde og omkobling av lysarmatur, tilsvarer tjue minutter per armatur.

44stk 80W LED lyskilder	kr 56.672, - eks mva.
Arbeidstid for 44 armaturer	kr 12.000, - eks mva.
<u>Totalt med 80W LED</u>	<u>kr 68.672, - eks mva.</u>

44stk 150W LED lyskilder	kr 80.916, - eks mva.
Arbeidstid for 44 armaturer	kr 12.000, - eks mva.
<u>Totalt med 150W LED</u>	<u>kr 92.916, - eks mva.</u>

10.7.3 Alternativ 3

Gruppeskift til LED-armaturer. Estimert tid på utskifting av lysarmatur og sanering av gamle armaturer, 1t pr armatur.

44stk Fagerhult Evolume 2, 180W LED armatur	kr 220.000, - eks mva.
Arbeidstid for 44 armaturer	kr 35.200, - eks mva.
<u>Totalt for utskifting til LED armatur</u>	<u>kr 255.200, - eks mva.</u>

10.7.4 Alternativ 4

Gruppeskift til LED-armaturer med nattsenkingsfunksjon. Det estimeres en time per utskifting av lysarmatur, samt sanering av gammel armatur. Armaturene er da ferdig programmert og klar for oppkobling.

44stk DEFA	kr 347.600, - eks mva.
Arbeidstid for 44 armaturer	kr 35.200, - eks mva.
<u>Totalt for utskifting til LED armatur</u>	<u>kr 382.800, - eks mva.</u>

Veibelysning i Vanvikbakkan

10.7.4 Alternativ 5

Kostnaden ved utskifting til LED-armatur med Comlight styring blir tilsvarende alt. 3. Kostnaden på radaren kommer i tillegg på 2000,- pr. enhet. Det vil også være behov for programmeringstid ved igangsetting av hele anlegget, ca. 15t.

44stk Comlight radarer med SR Connector	kr 88.000, - eks mva.
Programmering av sensorstyring	kr 12.000, - eks mva.
Utskifting av til LED armaturer	kr 255.200, - eks mva.
<u>Totalt med ny armatur og styring</u>	<u>kr 355.200, - eks mva.</u>

I prisestimatet er det beregnet en timesats på 800kr timen, det er ikke tatt med kostnader for leie av lift, utarbeiding av arbeidsvarslingsplan, eventuelt støtputebil og trafikkdirigering. Priser på belysningsutstyr er listepriser eks. mva. Prosjektering, rigg og drift, kjøring til og fra anlegget, er heller ikke inkludert i estimatet.

11 Konklusjon

Gruppen har gjennom et praktisk forsøk og ved gjennomgang av datablader, sett på kombinasjoner av lyskilder / armaturer og styringssystemer for gatelysanlegg. Dette spenner fra det helt enkle med et "en-til-en" bytte av HPS lyskilde til LED lyskilde, og kombinasjoner av LED med styresystemer. Gruppen gjorde tre praktiske forsøk med bytte av lyskilder, "en-til-en", og et praktisk forsøk med bytte av komplett LED-armatur. Utover dette har vi kommet fram til at en kombinasjon av lyskilde og styresystem vil gi den største reduksjonen i energiforbruk. Valget begrunnes ut ifra de praktiske forsøkene, der kun et alternativ kan benyttes og fortsatt ivaretak gjeldende minimumskrav (MEW 3) til veibelysning i Vanvikbakkan. Den tekniske løsningen som realiserer denne reduksjonen, detekterer trafikk på det aktuelle stedet ved bruk av radar. Et fint sikkerhetsaspekt er at radaren også sørger for at kjørende og myke trafikanter, nå benytter full belysning når de på stedet.

For å kunne opprettholde dagens lyskrav på veistrekningen i Vanvikbakkan, må følgende lysarmatur benyttes, EvoLine 2 fra Fagerhult eller tilsvarende. I tilfeller der Fylkeskommunen gir dispensasjon fra kravene i MEW3, vil det være mulig å redusere effektforbruket maksimalt med en kombinasjon av styringssystem fra Comlight. Vi ser en potensiell reduksjon på 35775 kWh, eller 813 kWh per punkt. Denne tekniske løsningen gir størst reduksjon i energiforbruket.

12 Referanser

- [1] <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/aar>, «SSB,» [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/aar>. [Funnet 15 Mai 2020].
- [2] Ledvance, «ledvance.no,» [Internett]. Available: <https://www.ledvance.no/produkter/produktkunnskap/grunnleggende-om-led/led-historie/index.jsp>. [Funnet 06 mai 2020].
- [3] «Wikipedia,» [Internett]. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/ZigBee>. [Funnet 7 April 2020].
- [4] Hammerfestenergi, «hammerfestenergi.no/historie,» [Internett]. Available: <https://hammerfestenergi.no/historie>. [Funnet 22 april 2020].
- [5] Kraftmuseet, «nvim.no,» [Internett]. Available: <http://www.nvim.no/gjenstandar/buelampe-article626-447.html>. [Funnet 22 april 2020].
- [6] D. museum, «digitaltmuseum.no,» 01 mars 2019. [Internett]. Available: <https://digitaltmuseum.no/011024216109/buelampe>. [Funnet 03 2020].
- [7] Hafslund, «hafslundstrom.no,» [Internett]. Available: https://www.hafslundstrom.no/strom/privat/artikkel/da_elektrisiteten_kom_til_norge/12832?gclid=EA1alQobChM1rb_8gtui6QIVTc-yCh0ZugR2EAAYASAAEgJE3_D_BwE. [Funnet februar 2020].
- [8] D. f. f. o. økonomistyring, «dfo.no,» 24 mars 2020. [Internett]. Available: <https://dfo.no/fagomrader/utredning/samfunnsøkonomisk-analyse/verdien-av-et-statistisk-liv-vsl>. [Funnet 14 mai 2020].
- [9] F. Saugstad, «tungt.no,» 17 juni 2017. [Internett]. Available: <https://www.tungt.no/anleggsmagasinet/nye-veier-fikk-avslag-pa-a-bygge-e18-uten-veglys-3314139>. [Funnet 14 mai 2020].
- [10] Statens vegvesen, «vegvesen.no,» 16 september 2009. [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/trafikkinformasjon/trafiksikkerhet/kampanjer/stopp-og-sov/>. [Funnet 14 mai 2020].
- [11] Trygg trafikk, «tryggtrafikk.no,» 16 juni 2014. [Internett]. Available: <https://www.tryggtrafikk.no/nyheter/trafikantenes-feil-forer-til-dodsulykker/>. [Funnet 14 mai 2020].
- [12] vegvesen, «vegvesen.no,» 13 november 2014. [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/trafikkinformasjon/trafiksikkerhet/kampanjer/fart/Fakta>. [Funnet 14 mai 2020].
- [13] <http://www.itbguiden.no/protokoller/dali/>, «itbhuiden,» [Internett]. Available: <http://www.itbguiden.no/protokoller/dali/>. [Funnet 15 Mai 2020].

Veibelysning i Vanvikbakkan

- [14] W. Caswell, «mhealthtalk.com,» [Internett]. Available: <https://www.mhealthtalk.com/led-street-lights-harm-humans/>. [Funnet 22 mars 2020].
- [15] E. Fjeldaas, «dagbladet.no,» 4 oktober 2018. [Internett]. Available: <https://www.nrk.no/innlandet/slal-alarm-om-lysets-pavirkning-pa-dyr-og-natur-1.14269622>. [Funnet 15 April 2020].
- [16] E. Fjeldaas, «tiltak.no,» 2019. [Internett]. Available: <https://www.tiltak.no/e-beskytte-eller-reparere-miljoeet/e2-luft-og-vannforurensning/redusere-lysforurensning/>. [Funnet 13 mars 2020].
- [17] D. f. s. o. atomsikkerhet, «dsa.no,» [Internett]. Available: <https://www.dsa.no/temaartikler/90954/synlig-lys-og-infraroed-straaling>. [Funnet 20 januar 2020].
- [18] V. Statens vegvesen, «vegvesen.no,» mai 2019. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/61414. [Funnet 20 Februar 2020].
- [19] Veidirektoratet, «V124, Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning,» Vegdirektoratet, 2014.
- [20] A. Høye, «tsh.toi.no,» [Internett]. Available: <https://tsh.toi.no/doc634.htm>. [Funnet 09 mars 2020].
- [21] Lovdata, «lovdata.no,» 11 juli 1991. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1965-06-18-4#KAPITTEL_2. [Funnet mai 2020].
- [22] «motor.no/artikler,» 25 10 2019. [Internett]. Available: <https://www.motor.no/artikler/2019/oktober/farre-ulykker-pa-motorvei-uten-veilys/>. [Funnet 01 mai 2020].
- [23] A. Høye, «tsh.toi.no,» 2014. [Internett]. Available: <https://tsh.toi.no/?21870>. [Funnet 22 april 2020].
- [24] S. V. Taale Stensbye, «<https://www.motor.no/artikler/2019/oktober/farre-ulykker-pa-motorvei-uten-veilys/>,» 25 oktober 2019. [Internett]. Available: <https://www.motor.no/artikler/2019/oktober/farre-ulykker-pa-motorvei-uten-veilys/>. [Funnet 18 mai 2020].
- [25] vegvesen.no, «vegvesen.no/trafikkdata,» [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/trafikkdata/start/eksport?datatype=HOUR&fbclid=IwAR1omT1_f_VBoCkhI21Xw2DZVBo6fm4cwzNYzRaFWpt2Hst-UpvcPc7KXs&from=2019-01-01&lat=63.579552985671945&lon=10.19348934739788&to=2020-01-01&trplids=07599V2390266%2C16211V2390266&zoom=10. [Funnet 23 april 2020].
- [26] K. Hofstad, «snl.no,» 20 februar 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/lux>. [Funnet 14 mai 2020].
- [27] K. Hofstad, «snl.no,» 02 september 2019. [Internett]. Available: https://snl.no/lumen_enhet_for_lysstr%C3%B8m. [Funnet 14 mai 2020].

Veibelysning i Vanvikbakkan

- [28] Wikipedia, «no.wikipedia.org,» [Internett]. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Ethernet> . [Funnet 19 mai 2020].
- [29] Vegdirektoratet, Håndbok V124, Vegdirektoratet, 2014.
- [30] «Glamox,» [Internett]. Available: <https://glamox.com/no/switch-dim1>. [Funnet 07 April 2020].
- [31] «Datek,» [Internett]. Available: <https://www.datek.no/no/dlc/systemet/komponenter>. [Funnet 9 April 2020].
- [32] «comlight,» [Internett]. Available: <https://www.comlight.no>. [Funnet 14 April 2020].
- [33] T. AS, «timeanddate.no,» Timeanddate AS, [Internett]. Available: <https://www.timeanddate.no/astronomi/sol/norge/trondheim?month=1&year=2020>. [Funnet 17 04 2020].
- [34] C. r. styring, Interviewee, *Comlight*. [Intervju]. 16 April 2020.
- [35] Defa, «defa.com,» [Internett]. Available: https://www.defa.com/content/uploads/Documentation/Lighting/Outdoor/Night_reduction_NO.pdf?timestamp=1587318777. [Funnet 19 April 2020].
- [36] D. lighting, «deccalighting.no,» [Internett]. Available: <https://deccalighting.no/derfor-er-smarte-veilys-fremtiden/>. [Funnet 05 mai 2020].
- [37] luxreview, «luxreview.com,» [Internett]. Available: <https://www.luxreview.com/2018/01/04/norway-pioneers-radar-controlled-dynamic-street-lighting/>. [Funnet 9 April 2020].
- [38] F. byggenæring, «fremtidensbygg.no,» [Internett]. Available: <https://www.fremtidensbygg.no/smarte-veilys-sparer-bade-penger-og-miljo/>. [Funnet 09 April 2020].
- [39] A. Follestad, «nina.no,» [Internett]. Available: <https://www.nina.no/Aktuelt/Nyhetsartikkel/ArticleId/3767/Lysforurensning-pavirker-alt-fran-encellede-dyr-til-menneske>. [Funnet 26 februar 2020].
- [40] K. E. Plummer, «academic.oup.com,» [Internett]. Available: <https://academic.oup.com/jue/article/2/1/juw004/2624137>. [Funnet 03 Mai 2020].
- [41] Ladelys.no, «ladelys.no,» 2019. [Internett]. Available: <https://www.ladelys.no/news/led-gatelys/>. [Funnet 22 februar 2020].
- [42] wikipedia.org, «no.wikipedia.org,» 25 jan 2020. [Internett]. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Gatebelysning>. [Funnet 22 april 2020].

11 Figurliste og tabelliste

Figur 1, Høytrykks Natrium-damp lyskilde og LED Lyskilde.....	2
Figur 2, Kartutdrag av Vanvikbakkan, Hentet fra maps.google.no	9
Figur 3, Grunnleggende om LED, Hentet fra: glamox.com/no	12
Figur 4, Lavtrykks natrium-damp lyskilde.....	13
Figur 5, Høytrykks natrium-damp lyskilde.....	14
Figur 6, Metallhalogen lyskilde.....	14
Figur 7, Oppbygging av LED linse og chip	15
Figur 8 Comlight radar for ettermontering på mast.....	16
Figur 9 Comlight radar med SR-connector	16
Figur 10, Kontraster mellom lysfarge, hentet fra https://lumega.eu/no.....	19
Figur 11, Satellittbilder fra NASA viser lysforurensning i Europa. Foto: Shutterstock	20
Figur 12, Lysmåler LUX	28
Figur 13, Dokumentering av målepunkter	28
Figur 14, Eksempel på Lux tabell, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 1.....	28
Figur 15, Lux tabell for ny høytrykks natrium-damp lyskilde 250W, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 2	30
Figur 16, Lux tabell for 80W LED pære, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 3.....	31
Figur 17, Lux tabell for ny høytrykks natrium-damp lyskilde 250W, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 2	31
Figur 18, Lux tabell for 150W LED pære, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 4.....	31
Figur 19, 250W høytrykks natrium-damp lyskilde	31
Figur 20, 150W LED pære	31
Figur 21, 80W LED pære	31
Figur 23, Lysfarge skala.....	32
Figur 22, 150W LED pære i mast	32
Figur 24, 250W høytrykk natrium-damp pære i mast	32
Figur 25, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 100%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 5.....	33
Figur 26, Lux tabell for ny høytrykks natrium-damp lyskilde 250W, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 2	33
Figur 27, Linsene i Fagerhult 180W lyskilden.	33
Figur 28, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 50%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 7	34
Figur 29, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 70%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 6	34
Figur 30, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 100%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 5.....	34
Figur 31, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 20%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 8	34
Figur 32, Lux tabell for Fagerhult 180W armatur 10%, Hentet fra Vedlegg 3, tabell 9.....	34
Figur 33, Illustrasjonsbilde av Trondheim havn. Foto: Daniel Mork	35
Figur 34, Brenntimer veibelysning i Trondheimsregionen	37
Tabell 1, Fordeler og ulemper med LED lyskilde	15
Tabell 2, Krav til belysning på nye veger, Hentet fra Håndbok V124.....	24
Tabell 3, Valg av belysningsklasse, hentet fra Håndbok V124	24
Tabell 4, Belysningsklasser med tilsvarende lysnivåer, hentet fra Håndbok V124	25
Tabell 5, HPS lyskilder gammel og ny.....	30
Tabell 6, HPS lyskilde, 80W og 150W lyskilde.....	32
Tabell 7, HPS lyskilde og Fagerhult 180W 100%	33
Tabell 8, Fagerhult 180W oversikt over dimmeområdet.....	35
Tabell 9, Effektberegninger av forskjellige lyskilder og systemer	40

12 Definisjoner

SCADA:

Er en forkortelse for Supervisory Control And Data Acquisition. System for overvåking og datainnsamling brukt til styring.

Belysningsklasser (MEW, CE, S):

Den belysningstekniske kvaliteten i et vegbelysningsanlegg beskrives ved hjelp av belysningsklasser.

Belysnsingsstyrke, E (lm/m^2):

Angir hvor mye lys som faller på en flate, dvs. hvor stor lysfluks som faller på hver arealenhet av flaten.

E mid

Den gjennomsnittlige belysnsingsstyrken i lux over et spesifikt område.

E max

Den høyeste belysnsingsstyrken i et punkt målt i lux over et spesifikt område.

E min

Den laveste belysnsingsstyrken i et punkt målt i lux over et spesifikt område.

Fargegjengivelseindeks, Ra:

En lyskildes evne til å gjengi farger. 100 er høyeste verdi.

Fargetemperatur, Kelvin:

Angir lyskildens farge. Høye fargetemperaturer (over 3000 K) regnes som kalde, mens de lavere regnes som varme.

Gjennomsnittlig belysnsingsstyrke, Em (lux):

Et mål for den gjennomsnittlige horisontale belysnsingsstyrken innenfor et gitt område.

Gjennomsnittlig luminans, Lm (cd/m^2):

Gjennomsnittlig luminans fra vegdekrets overflate. Målearealet vil være hele kjørebanens bredde og mellom 2 lyspunkter i lengderetning.

Luminans, L (cd/m^2):

Begrepet luminans er mål for hvor lys en flate er. En flate som selv sender ut lys, eller som reflekterer lys, vil ha en bestemt lysstyrke i retningen vinkelrett på flaten. Ved å dividere lysstyrken målt i candela med flate arealet målt i m^2 , får vi lysstyrke per m^2 flate. Dette er et mål på hvor lys flaten er, og kalles flatens luminans i denne bestemte retningen. Økende luminans gir føreren bedre kontrastfølsomhet, synsskarphet og forbedrede blendingsforhold.

Lysfluks, Φ (Lumen, lm):

Lysfluksen viser hvor mye lys som går fra en lyskilde til en mottaker. Vi tar utgangspunkt i en strålingskilde med kjent spektrum. Strålingen som går ut fra kilden representerer en strålingseffekt, kalt strålingsfluks, som kan måles i watt. Øyet har imidlertid ikke samme følsomhet for all stråling, slik at den strålingseffekten som øyet oppfatter, må måles på en annen måte. Den betegnes lysfluks og måles i lumen.

Veibelysning i Vanvikbakkan

Lysstyrke, I (Candela, cd):

Lysstyrken viser hvordan lysfluksen fra en lyskilde fordeler seg i rommet. Et stearinlys har en lysstyrke på omtrent 1 cd på tvers av flammen.

Lux:

Lux er måleenhet for illuminans (belysningsstyrke). Den er definert som lysfluksen (lysstrømmen) mot en flate dividert med arealet av flaten. Symbolet for lux er lx. Lux er en avledet SI-enhet. [26]

Lumen:

Lumen er en avledet SI-enhet for lysfluks (lysstrøm), det vil si for den lysmengden som per tidsenhet stråler ut fra en lyskilde. Symbolet for lumen er lm. [27]

Lysutbytte, (lm/W):

Et mål på hvor effektiv lyskilden er ved omdanning av elektrisk effekt til lys.

Omgivelsesnivå for blending:

Verdi på blending i de tilstøtende områdene til kjørebanen.

SDCM (Standard Deviation of Color Matching):

Dette er en standard for fargekvaliteten til LED produktet. Skalaen går fra 1-10, der 1 er best. SDCM 1-3 brukes til bolig, museer, gallerier, butikker, kontorer, skoler og sykehus. 3-5 brukes til fasadebelysning og annen utendørs belysning. Ved dårlig SDCM så kan det være tilfeller der du kan se forskjeller i lysfargen på de ulike armaturene.

Astrour:

Det er et ur som følger den geografiske plasseringen med tanke på sol og nedgang, slik at den terner belysningen til rett tid uavhengig av plassering i verden og hvilken tid på året.

Fotocelle:

Det er en lyssensor som følger med på hvor lyst det er ute og aktiverer belysningen når det blir mørkt.

ÅDT:

Årlig døgn trafikk.

Gjennomsnittlige passeringer av kjøretøy per dag, sett igjennom hele året.

Gateway:

En gateway er en maskinvarekomponent som brukes i sammenkobling mellom ulike nettverk for telekommunikasjon. I et kommunikasjonsnettverk er gatewayen en node som utgjør et grensesnitt mot et annet nettverk som bruker andre protokoller.

PLS:

Programmerbar logisk styring, det er en kontrollenhett som behandler signaler og gir kommandoer.

HPS lyskilde:

Står for High Pressure Sodium lyskilde på engelsk. Dette oversettes til høytrykks natrium-damp lyskilde.

Veibelysning i Vanvikbakkan

IP:

IP er en unik adresse som tildeles en enhet, for eksempel en PC eller en skriver i et TCP/IP-basert datanettverk. Alle enheter i et nettverk har alltid hver sin egen IP adresse.

GPRS:

General Packet Radio Service (GPRS) er en standard for trådløs dataoverføring med mobilkommunikasjon over GSM mobiltelefonnettet.

Ethernet:

Ethernet er den vanligste teknologien brukt i lokalnett (LAN) og er spesifisert i standarden IEEE 802.3. Nettverk som bruker ethernetekonologi kan bestå både av koaksialkabler, tvinnede parkabler, fiberoptiske kabler, eller være trådløse, såkalte WLAN. Teknologien tillater typisk dataoverføring i hastigheter på 10 Mbps. [28]

Optisk fiber:

Optisk fiber er en kabel som er laget av et tynt glass og brukes til overføring av signaler ved hjelp av å sende lys igjennom kabelen.

Fotocelle:

Fotocelle er en sensor som detekterer lys og legger inn et rele når det blir mørkt.

EMI:

Elektromagnetisk interferens er en betegnelse på forstyrrelser og støy i elektronisk utstyr.

Kelvin:

Kelvin brukes til å definere fargetemperaturen på lyset. 2000K tilsvarer et stearinlys, mens dagslys er på 5500 – 6000K.

13 Vedleggsliste

Vedlegg 1 – Forsøkstabeller av belysningsstyrking

Tabell 1**250W brukthøytrykkspære:**

Meter:	25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m		
Veiskulder:	6,5m	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	10	10	12	12	12	10	10	8
	6,0m	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	8	8	10	11	13	13	13	11	10	9
	5,5m	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	8	8	10	10	11	12	14	14	12	11	10
	5,0m	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	8	8	10	10	12	14	15	15	14	12	10
	4,5m	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	8	9	10	10	11	12	14	15	16	17
Senterlinje:	4,0m	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	8	9	10	11	12	13	15	17	18	19
	3,5m	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	10	12	12	15	16	18	19
	3,0m	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	13	14	16	17	18	21	22
	2,5m	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	10	10	12	13	14	16	17	19	21	22
	2,0m	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	16	17	19	21	22
	1,5m	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	16	17	19	21	22
	1,0m	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	15	17	19	21	23	25
	0,5m	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	15	16	19	23	25	27
Veiskulder:	0,0m	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	15	16	19	23	25	28	29

Lysarmatur i stolpe:

**Tabell 2****250W ny høytrykkspære:**

Meter:	25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m		
Veiskulder:	6,5m	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	20	21	22	
	6,0m	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	14	15	17	18	20	21	23	25	
	5,5m	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	11	11	14	15	18	19	22	23	26	26	
	5,0m	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	15	16	18	19	22	23	25	26
	4,5m	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	14	15	17	19	20	23	25	27
	4,0m	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	14	15	17	19	20	23	25	27
Senterlinje:	3,5m	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	15	16	17	19	21	22	24	25	26	28	29
	3,0m	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	15	16	17	19	21	22	24	25	27	29
	2,5m	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	15	16	17	19	21	22	24	25	27	29
	2,0m	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	13	14	15	17	19	21	22	24	25	27	29
	1,5m	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	11	11	12	14	15	16	18	20	22	24	26	27	29
	1,0m	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	13	14	17	20	23	25	27	29	27	25	23
	0,5m	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	13	15	17	20	23	25	27	29	27	25	23
Veiskulder:	0,0m	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	15	17	21	22	24	25	27	29	31	33

Lysarmatur i stolpe:



Tabell 3



80W LED пære:



Tabell 4



150W LED pære:



Tabell 5

Fagerhult 180W armatur dim 100%:

Meter:	C 25m 24m 23m 22m 21m 20m 19m 18m 17m 16m 15m 14m 13m 12m 11m 10m 9m 8m 7m 6m 5m 4m 3m 2m 1m 0m																																																				
	Leiskilder	6,5m	7	8	10	10	11	13	13	14	14	14	15	16	17	18	18	19	22	22	26	26	27	30	31	30	27	26	22	22	18	17	16	15	14	13	13	11	10	10	8	7	6	5	6,5m								
Leiskilder	6,0m	5	7	8	9	10	10	11	13	13	14	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	27	29	30	32	34	32	30	29	27	24	22	21	20	19	18	17	16	15	14	14	13	13	11	10	10	9	8	7	5	6,0m	
Leiskilder	5,5m	5	7	8	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	28	30	32	34	36	34	32	30	28	25	24	23	21	20	19	18	17	16	15	14	14	13	12	11	10	10	9	8	7	5,5m	
Leiskilder	5,0m	5	7	8	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25	27	30	33	35	39	37	35	33	30	27	25	23	22	21	20	18	17	16	15	14	13	12	10	10	9	8	7	5,0m			
Leiskilder	4,5m	5	7	8	9	9	10	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	27	29	32	36	41	44	41	36	32	29	27	24	22	20	19	17	16	15	14	13	12	11	10	10	9	8	7	4,5m				
Leiskilder	4,0m	5	7	8	9	9	10	10	11	12	13	15	16	17	18	19	21	23	24	26	29	32	34	38	43	47	47	43	38	34	32	29	26	24	23	21	20	18	17	15	13	12	11	10	10	9	8	7	4,0m				
Centerlinje	3,5m	5	6	8	9	9	10	10	11	12	13	15	17	17	18	20	21	23	25	28	31	34	36	39	46	48	49	48	46	39	36	34	31	28	25	23	21	20	18	17	15	13	11	10	10	9	8	6	3,5m				
Centerlinje	3,0m	5	6	7	8	9	9	10	10	11	13	15	17	17	18	20	21	24	25	29	32	36	38	43	47	50	50	47	43	38	36	32	29	25	24	21	20	18	18	17	15	13	11	10	10	9	8	7	6	3,0m			
Centerlinje	2,5m	5	6	7	8	9	9	10	10	11	13	14	16	18	19	20	23	25	26	29	33	38	40	44	48	51	52	51	48	44	40	38	33	29	26	25	23	20	19	18	16	14	13	11	10	10	9	8	7	6	2,5m		
Centerlinje	2,0m	5	5	6	7	8	9	10	10	11	12	14	16	18	19	21	24	25	27	31	34	39	41	45	49	52	52	49	45	41	39	34	31	27	25	24	21	19	18	16	14	12	11	10	10	9	8	7	6	2,0m			
Centerlinje	1,5m	5	5	6	7	8	9	10	10	11	13	15	17	19	21	24	26	29	32	35	39	41	46	49	52	53	52	49	46	41	39	35	32	29	26	24	21	19	17	15	13	11	11	10	10	9	8	7	6	1,5m			
Centerlinje	1,0m	4	5	5	6	7	8	9	9	10	10	11	12	15	18	19	22	25	27	32	35	38	40	47	50	52	53	52	50	47	40	38	35	32	29	27	25	22	21	19	18	17	15	12	11	11	10	10	9	8	7	6	1,0m
Centerlinje	0,5m	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	11	12	14	17	20	22	24	27	31	35	38	40	45	49	51	51	49	45	40	38	35	31	28	27	24	22	20	17	14	12	10	9	8	6	4	0,5m						
Centerlinje	0,0m	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	10	10	12	14	16	20	22	24	26	28	30	32	36	39	42	44	46	46	41	39	36	32	30	28	26	24	22	20	16	14	12	10	10	8	7	7	6	5	4	0,0m		

Tabell 6

Easorbuilt 180W armature dim 70%:

vsarmatur i stålne:

Tabell 7

Fagerhult 180W armatur dim 50%:

7	Meter:	C																													
		25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m				
Veiskulder	6,5m	3	4	4	5	6	7	8	8	8	8	8	9	10	10	11	12	13	15	15	17	17	15	15	13	12	11	10			
	6,0m	3	4	4	5	6	7	8	8	8	8	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	20	19			
	5,5m	3	4	5	5	6	7	8	8	8	8	9	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	21	20	19	18			
	5,0m	3	4	5	5	6	7	8	8	8	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	20	19	18			
	4,5m	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	22	21	20			
Senterlinje	4,0m	3	4	5	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	23	22		
	3,5m	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	14	16	17	18	19	21	23	25	26	28	26	25	23	21		
	3,0m	3	4	5	6	6	7	9	10	11	12	13	13	14	15	16	18	18	20	22	24	26	27	29	27	26	24	22	20		
	2,5m	3	3	4	5	5	6	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	19	19	21	23	25	27	28	30	27	25	23	21		
	2,0m	3	3	4	4	5	6	6	6	7	9	10	11	12	13	15	16	19	20	21	24	26	29	30	28	26	24	22	20		
	1,5m	2	3	3	4	4	5	6	6	6	7	9	10	11	12	12	15	17	20	20	22	24	26	28	30	29	27	25	24	22	
	1,0m	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	20	22	24	25	27	29	27	25	24	
	0,5m	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6	7	9	9	10	11	14	15	16	18	19	22	24	26	27	28	26	25	24	22	20
Veiskulder	0,0m	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	9	9	10	11	13	14	16	17	18	20	22	24	26	26	24	22	20	18	17



Tahell 8

Eagerhult 180W armatur dim 20%:



Tabell 9**Fagerhult 180W armatur dim 10%:**

Veiskulder	Meter:																									
	25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m
6,5m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6,0m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5,5m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5,0m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4,5m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4,0m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3,5m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Senterlinje																										
3,0m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,5m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,0m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,5m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,0m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,5m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Lysarmatur i stolpe:

