

# Elektrotekniske forhold i Trondheim kommunes veilysnett

**Anders Roberg**

Master i energi og miljø  
Oppgaven levert: Juni 2007  
Hovedveileder: Eilif Hugo Hansen, ELKRAFT



### Oppgavetekst

Trondheim kommune overtok eierskapet til veilysanleggene i kommunen fra Trondheim Energiverk 01.01.05. De ønsker nå en undersøkelse av tilstanden på anleggene, og en vurdering av tiltak for å gjøre de mer energiøkonomiske, mer pålitelige, mer vedlikeholdsvennlige, samt tilpasset for energiavregning.

Kandidaten skal

- 1) skaffe oversikt over tilstanden for veilysanleggene i Trondheim
- 2) gjennomføre elektrotekniske analyser av utvalgte veilyskurser
- 3) gjennomføre lystekniske undersøkelser av utvalgte veier
- 4) foreslå tiltak for å bedre påliteligheten i anleggene

Oppgaven gitt: 22. januar 2007

Hovedveileder: Eilif Hugo Hansen, ELKRAFT





## FORORD

Opphavet til denne prosjektrapporten er et resultat av diskusjoner rundt problematikken med veibelysningen i Trondheim. Ved NTNU, avdeling for Elkraftteknikk, er det i flere år vært skrevet masteroppgaver innen veibelysning. Oppgaven kan sees på som en videreføring av Geir Morten Skjelsvolds prosjektoppgave fra høsten 2005 hvor veilysarmaturer er undersøkt. Det er i denne rapporten blitt sett på blant annet effektforbruk og spenningsforhold i forbindelse med veilys.

Rapporten inneholder resultater, vurderinger og diskusjoner fra både elektrotekniske og lystekniske undersøkelser. På den elektrotekniske delen er det gjennomført både laboratoriemålinger og målinger på operative veilyskurser. På den lystekniske delen er det gjennomført målinger av luminans på ulike veistrekninger i Trondheim.

I løpet av våren er det flere som har hjulpet meg, og vært gode samarbeidspartnere. Jeg vil spesielt takke:

Eilif Hugo Hansen, veileder  
Svein B Sandhaug, Masterstudent  
Runar Jacobsson, installatør fra Trondheim energi

Trondheim den 14.06.2007

Anders Roberg



## SAMMENDRAG

Veilyset i Trondheim ble vinteren 2006/07 (særlig høsten 2006) satt under søkelyset som følge av mørklagte gater/veier og mørke veilyssarmaturer. Hensikten med denne oppgaven er følgelig å kartlegge status for veilysanlegget i Trondheim og komme med forslag til utbedring. I Trondheim er det ca 21 500 lyspunkt. I denne oppgaven er det plukket ut et knippe anlegg som er undersøkt.

I prosjektet er det gjennomført ulike undersøkelser for å løse problemet. Elektrotekniske undersøkelser er gjennomført for å kartlegge veilyssarmaturers effektforbruk, spenningsavhengighet og harmonikkverdier forbundet med støy på nettet. På kursnivå er det gjennomført undersøkelser hvor fokus er vært rettet mot spenningsfall og tap i elektrisitetsoverføring. I prosjektet er det kommet frem til at de fleste veilyssarmaturer i Trondheim benytter konvensjonelle forkoblinger. Disse forkoblingene er svært spenningsavhengige. Det vil si at armatureffekten, utsendt lysfluks og lysutbytte blir redusert når den påtrykte spenningen blir redusert. Følgelig er det nødvendig å opprettholde god nettspenning og lave spenningsfall på veilyskursene for at slike veilyssarmaturer skal fungere optimalt. I undersøkelser gjennomført på operative veilyskurser i Trondheim er det opplevd at veilyskurser med høy belastning ikke har tilfredsstillende spenningsnivåer. I veilyskurser bør det ikke tillates mer enn max 10 % underspenning. Spenningsfallet er målt til mer enn 10 % ved to av elleve undersøkte veilyskurser. Dette er kurser med høy belastning og lave kabelverrsnitt (10mm<sup>2</sup> Cu). Den ene av kursene er trefase, mens den andre er tofase/enfase. Problemet med trefasekursen er at den ikke er symmetrisk belastet (symmetrisk fordeling av armaturene mellom fasene). Trefasekurser bør belastes symmetrisk for å gi best mulig spenningsforhold. Begge kursene er antakeligvis blitt utvidet med flere veilyssarmaturer i etterkant. Derfor er veilyskursene mest sannsynlig ikke dimensjonert for den effekten som er tilkoblet.

I undersøkelser gjennomført på operative anlegg er det dokumentert at gjennomsnittelig påtrykt armaturspenning i mange tilfeller ligger lavere enn armaturers merkespenning (230V). Gjennomsnittelig påtrykt armaturspenning er beregnet til 216V. Konsekvensene av dette er at armaturenes effektforbruk, utsendte lysfluks og lysutbytte blir redusert. Følgelig vil veibaneluminansen bli redusert.

Det er blitt utført luminansmålinger ved 7 veistrekninger i Trondheim. På to veistrekninger er målinger utført på både våt og tørr veibane. På de resterende veistrekningene er målingene kun utført på tørr veibane. Resultatene viser at anleggene har problemer med å oppfylle kravene til luminans. Undersøkelsen indikerer at 150 W armaturer med elektroniske forkoblinger gir en høyere veibaneluminans enn 150 W armaturer med konvensjonelle forkoblinger. Et anlegg som benytter elektroniske forkoblinger vil i de fleste tilfeller trekke mer effekt enn et anlegg som benytter konvensjonelle forkoblinger. Årsaken til dette ligger i at elektroniske forkoblinger er spenningsuavhengige i området 200V til 250V. Effektforbruket, lysfluksen og lysutbytte vil ikke bli redusert som følge av lavere påtrykt spenning.

Påliteligheten til veilysanlegget i Trondheim avhenger i stor grad av anleggets styrestrategi. Styrestrategien for veilyset i Trondheim bygger på kontaktorstyring hvor styresignalet blir overført over lavspent 230 V nettet. For å øke påliteligheten i anlegget er det i denne rapporten utarbeidet et forslag der antall styresignalsetter (foceller, astronomiske ur eller luminansmeter) blir økt. Dette vil skape større redundans i systemet.



## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1.</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	1
<b>2.</b>	<b>VEINORMALEN</b> .....	9
2.1	Dagens veinormal / Gammel veinormal.....	9
2.2	Ny veinormal.....	10
<b>3.</b>	<b>LYSKILDER</b> .....	13
3.1	Høytrykknatriumlamper.....	13
3.2	Kvikksølvlamper.....	15
3.3	Metallhalogenlamper.....	16
3.4	Induksjonslamper.....	18
3.5	Lavtrykknatriumlamper.....	18
<b>4.</b>	<b>SPENNINGSFORHOLD – Krav til driftsspenning</b> .....	21
<b>5.</b>	<b>LYSUTBYTTE</b> .....	23
<b>6.</b>	<b>OVERHARMONISKE relatert til effektfaktor</b> .....	25
<b>7.</b>	<b>LYSTEKNISKE ASPEKTER FOR VEIBELYSNING</b> .....	31
<b>8.</b>	<b>LMK mobile advanced</b> .....	39
8.1	Kamerainnstillinger.....	39
8.2	LMK2000 – Programvare.....	41
<b>9.</b>	<b>STYRING AV VEILYS</b> .....	45
9.1	Generelle styrestrategier.....	45
9.2	Overføring av styresignaler – ulike kommunikasjonskanaler.....	47
<b>10.</b>	<b>VEILYSANLEGGET I TRONDHEIM – KATEGORISERING</b> ...	51
<b>11.</b>	<b>BESKRIVELSE AV GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER</b> ...	57
11.1	Elektrotekniske undersøkelser.....	57
11.2	Lystekniske undersøkelser.....	61
<b>12.</b>	<b>RESULTATER FRA LABORATORIEUNDERSØKELSER</b> .....	63
12.1	Helvar konvensjonell forkobling, 150 W høytrykknatrium.....	63
12.2	Philips konvensjonell forkobling, 150 W høytrykknatrium.....	67
12.3	Philips konvensjonell forkobling, 60 W lavtrykknatrium.....	71
12.4	Philips elektronisk forkobling, 150 W høytrykknatrium.....	74
12.5	Selc 150 W, høytrykknatrium.....	80
12.6	Selc 100 W, høytrykknatrium.....	83
12.7	Selc 70 W, høytrykknatrium.....	85

<b>13.</b>	<b>RESULTATER FRA FELTUNDERSØKELSER.....</b>	<b>87</b>
13.1	Bromstadveien og Tungesletta.....	87
13.2	Brundalen.....	90
13.3	Brøsetveien.....	92
13.4	Fiolsvingen.....	94
13.5	Henrik Ourens vei.....	98
13.6	Høgskoleringen.....	100
13.7	Jonsvannsveien v/Fortunalia.....	104
13.8	Okstad park syd.....	107
13.9	St. Olav.....	110
13.10	Stokkanhaugen.....	113
13.11	Testanlegget ved NTNU.....	115
<b>14.</b>	<b>OPPSUMMERING OG SAMMENLIKNING AV FELTUNDERSØKELSER AV VEILYS.....</b>	<b>19</b>
14.1	Total utgående effekt.....	119
14.2	Spenningsfall.....	120
14.3	Kabler.....	122
14.4	Tap i overføring.....	123
14.5	Overharmoniske.....	126
14.6	Effektfaktor, PF, og $\cos \varphi$ .....	129
14.7	Klirrfaktor – KF.....	130
<b>15.</b>	<b>UNDERSØKELSE AV VEILYSARMATURER.....</b>	<b>131</b>
15.1	250 W armaturer, NaH – Høytrykknatrium.....	131
15.2	165 W armaturer, QL – Induksjonslamper.....	132
15.3	150 W armaturer, NaH – Høytrykknatrium.....	134
15.4	125 W armaturer, HQL – Kvikksølvlamper.....	135
15.5	100 W armaturer, NaH – Høytrykknatrium.....	137
15.6	70 W armaturer, NaH – Høytrykknatrium.....	138
15.7	55 W armaturer, QL – Induksjonslamper.....	139
<b>16.</b>	<b>RESULTATER FRA LYTEKNISKE UNDERSØKELSER.....</b>	<b>141</b>
16.1	Byåsveien.....	141
16.2	Dybdahlsveien.....	145
16.3	Høgskoleringen.....	148
16.4	Jonsvannsveien.....	154
16.5	Loholt allé.....	160
16.6	Osloveien.....	166
16.7	Testanlegg.....	169
<b>17.</b>	<b>FORSLAG TIL STYRING AV VEILYS I TRONDHEIM.....</b>	<b>173</b>
<b>18.</b>	<b>DISKUSJON.....</b>	<b>179</b>
18.1	Laboratorieundersøkelser – elektroniske forkoblinger.....	179
18.2	Laboratorieundersøkelser – konvensjonelle forkoblinger.....	181
18.3	Elektrotekniske feltundersøkelser.....	183
18.4	Lystekniske undersøkelser.....	185

<b>19.</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	187
<b>20.</b>	<b>REFERANSER</b> .....	189
<b>21.</b>	<b>VEDLEGG</b> .....	191





## 1 INNLEDNING

I vinteren 2006/07 har det vært satt et ekstra søkelys mot veilysanlegget i Trondheim på grunn av mørklagte gater og mørke veilyarmaturer. At det i tillegg har vært en snøfattig vinter har nok gjort ytterligere sitt til å forverre forholdene. Problematikken rundt veilyset i Trondheim er vært diskutert og er blant annet opphavet til denne prosjektrapporten. De mørke veiene/gatene har gått utover trivselen og redusert trafikksikkerheten i byen.

At gatelys faller ut av drift kommer hovedsakelig av utbrente/defekte lamper, defekte armaturer og/eller feil på det elektriske anlegget. Årsakene til disse feilkildene er flere. At lamper slukker på grunn av at de er utbrente skjer som følge av at det enten er feil fra leverandøren; at lampene ikke brenner så lenge de er satt til, som er ca. 16 000 timer eller ca 4 år, eller at rutinene hos de driftsansvarlige svikter slik at lampene ikke er byttet ut innen levetiden er forbi. En annen årsak til lampe- og armaturfeil er skader som oppstår som følge av vind og regn. Her er det viktig at armaturer som benyttes i anlegget er robuste mot værforholdene og at de har god IP grad (armaturer skal minst tilfredsstillende IP 65 for lampehus og IP 44 for forkoblingsutstyret). Feil på elektrisitetsforsyningen til veilyset oppstår i hovedsak som følge av brudd på kabler ved gravearbeid. Gravearbeid forårsaker også store problemer da styresignalet for tenning av gatelyset også er svært sårbart for brudd ved graving. Ved å grave over styresignalkabelen på et sårbart sted vil store deler av veibelysningen i Trondheim være mørklagt. Dette problemet der hele områder blir mørklagt ved brudd på styresignalet bør utbedres slik at konsekvensene ved brudd blir så små som mulig.

I denne rapporten vil det bli forsøkt kartlagt hvordan status er i forhold til elektrotekniske og lystekniske forhold for veilyset i Trondheim. I forhold til dette prosjektets omfang velges ut et knippe anlegg som analyseres. Utvalget baseres på kategoriseringen av anlegget, hvor det blir forsøkt plukket ut relevante og representative kurser. I tillegg til dette skal strategien for styring av veilyset i Trondheim evalueres, og det skal utarbeides et forslag til hvordan strategien kan utvikles for å bedre påliteligheten i anlegget.

I begynnelsen av denne rapporten vil det bli gjennomgått noen ord og begreper, samt definisjoner som er tilknyttet rapporten. Deretter kommer en introduksjon av belysningsdelen i dagens veinormal og forslaget i den nye veinormalen. Videre kommer det en presentasjon av aktuelle lyskilder for veibelysning, litt om spenningsforhold, lysutbytte og overharmoniske strømmer. Så blir det presentert teori rundt lystekniske aspekter for veibelysning, metode for luminansberegning inkludert LMK2000 – luminansberegningsprogram og en introduksjon til styrestrategier for veilyset. Deretter kommer en oversikt/kategorisering av veilyset i Trondheim før resultatene fra undersøkelsene blir presentert. Resultatdelen er delt opp i tre mindre deler. En del som tar for seg laboratorieundersøkelser (elektrotekniske), en del som tar for seg feltundersøkelser (elektrotekniske), og en del som tar for seg de lystekniske undersøkelsene. Etter resultatdelen blir en løsning (et forslag) til videreutvikling av styrestrategien for veilyset i Trondheim presentert. Til slutt i rapporten kommer diskusjonsdelen og konklusjoner.



### Benevninger og symboler

I rapporten er det brukt forkortede benevninger og symboler. Her er en oversikt over de viktigste benevningene og symbolene som er i tilknytting til rapporten.

Benevning	Symbol	Enhet	Forkortet
Bakgrunns luminans	$L_b$	Candela/m <sup>2</sup>	Cd/m <sup>2</sup>
Belysningsstyrke	E	lux	lx
Bølgelengde (lys)	$\lambda$ (lambda)	Nanometer = 10 <sup>-9</sup>	
Driftstid	-	Timer	t. eller h.
Driftsutgifter	-	Kroner	Kr.
Effekt	P( $\Phi$ )	Watt	W
Effektfaktor	PF	-	-
Energi	E, W	Watt-timer, Joul	Wh, J
Fargegjengivelse	R <sub>a</sub>	-	-
Fargetemperatur	K (T <sub>c</sub> )	°Kelvin	K
Faseforskyvning	Cos $\phi$	-	-
Gjennomsnittelig luminans fra veidekket	$L_m$	Candela/m <sup>2</sup>	Cd/m <sup>2</sup>
Irradians	E <sub>e</sub>	Watt pr. m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>
Jevnhet, langsgående	U <sub>l</sub>	$L_{min}/L_{maks}$	-
Jevnhet, total midlere	U <sub>o</sub>	$L_{min}/L_m$	-
Jevnhet, total midlere, våt	U <sub>o,v</sub>	$L_{min}/L_m$	-
Luminans	L	Candela/m <sup>2</sup>	Cd/m <sup>2</sup>
Luminans til objektet	L <sub>0</sub>	Candela/m <sup>2</sup>	Cd/m <sup>2</sup>
Lysfarge	-	x,y	-
Lysfluks (Lysstrøm)	$\Phi$	Lumen	lm
Lysmengde	Q	lumen * timer	lm*t

Lysstyrke	I	Candela	cd
Lysutbytte	$\eta$	Lumen/Watt	lm/W
Omgivelsesnivå	SR		
Radians	$L_e$	Watt pr. steradian pr. $m^2$	$W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$
Spenning	U	Volt	V
Strøm	I	Ampere	A
Strålingseffekt	P	Watt	W
Strålingseksitans (Utstrålingstetthet)	$M_e$	Watt pr. $m^2$	$W/m^2$
Strålingsfluks	$\Phi_e$	Watt	W
Strålingsstyrke	$I_e$	Watt pr. steradian	$W \cdot sr^{-1}$
Terskeløkning / Synsnedsettende blending	TI	TI%	TI
Ubehagsblending	G	-	-

### Teori og definisjoner

I rapporten er det brukt faguttrykk og definisjoner. Dette kapitlet gir en innføring og en oversikt over de viktigste lystekniske og elektrotekniske begreper som er i tilknytning til denne rapporten.

2VK	Toveiskommunikasjon. En armatur kan både motta og sende informasjon til en driftssentral.
Armaturo	Anordning som distribuerer, filtrerer eller omformer lyset fra en eller flere lamper, og som inkluderer, inkludert lampen i seg selv, alle nødvendige deler for å plassere og beskytte lampene, og når nødvendig alle forkoblingsdeler sammen med deler for tilknytning til elektrisk forsyning.
Armatureffekt	Den effekten armaturen trekker, inkluderer lampeeffekt og ballasteffekt, under gitte forutsetninger.
Astronomisk ur	Klokkefunksjon som styres ut fra solens posisjon på himmelen.
Ballast	Forkoblingsutstyret i en armatur med elektronisk forkobling, uten lampenoden.
Belysningsstyrke	Belysningsstyrken forteller hvor mye lys som treffer en flate. Forholdet mellom innfallende lysfluks i et punkt på en overflate og arealet av punktet. Angis i lux som er det samme som $[lm/m^2]$ . Betegnelse: E.
Blending	Synstilstand med ubehag eller redusert synsevne forårsaket av en uheldig luminansfordeling, variasjon, eller ekstreme kontraster.
Effekt	Mottatt eller avgitt elektrisk energi per tidsenhet. Effekten måles i watt [W]. Denne effektenheten er lik 1 joule per sekund.
Effektfaktor (PF)	Forholdet mellom aktiv effekt og tilsynelatende effekt. Induksjonsbelastninger gjør at strømmen henger etter spenningen, mens kapasitive belastninger gjør at strømmen leder over spenningen. Tilstedeværelse av harmonikkstrøm reduserer også effektfaktoren.
Fargegjengivelse	Fargegjengivelsen angis som en $R_a$ -indeks og forteller hvordan lyset gjengir farger. $R_a$ -indeksen er en skala fra 0 til 100 der 100 er best.
Fargetemperatur	Fargetemperaturen måles i Kelvin og sier noe om hvilken lysfarge en lyskilde har (varm eller kald).
Forskyvningseffektfaktor (Cos $\phi$ )	Forholdet mellom aktiv effekt og tilsynelatende effekt er cosinus av fasevinkelen mellom grunnstrøm og grunnspenning (Cos $\phi$ ). Bruker bare grunnfrekvensen til signalet ved beregning.
Gjennomsnittlig levetid	Den brukstid (det antall brenntimer) et stort antall lyskilder har når

	50 % har slukket.
Gjennomsnittlig luminans	Gjenspeiler det generelle luminansnivået sjåføren skal fungere i. Ved de laveste lysnivåene fra veibelysningen øker sjåførens presentasjoner med økende luminans med hensyn til kontrastfølsomhet, synsskarphet og forbedrede blendingsforhold.
Harmonikk (komponent)	En sinusformet komponent i vekselstrømspanning som er et multiplum av grunnfrekvensen.
Harmonisk forvrengning	Periodisk forvrengning av sinusbølgen. Bølgeformen blir forvrengt når komponenter med høyere frekvens blir lagt til den rene sinusbølgen.
Intelligent veibelysning	Ett system for belysning av veier/gater etc. der det er 2VK med armaturene for styring, regulering og overvåkning.
Klirrfaktor (KF)	Et tall som viser tapet i transformatorer på grunn av harmonisk strøm. Høye harmonikkverdier påvirker klirrfaktoren mer enn lave harmonikkverdier.
Lampe/Lyskilde	Defineres som en kilde som produserer optisk stråling innenfor det synlige spekteret.
Lampenode	Styringsenhet som fungerer som ett grensesnitt for kommunikasjon mellom armaturens ballast og strømmettet.
Langsgående jevnhet	Et mål for å synliggjøre det repeterte mønsteret av lyse og mørke partier på veien. Det relateres til synsforholdene på lange uavbrutte veistrekninger.
LCC (Life cycle costs)	Kostnader forbundet med et anleggs totale livsløp. (Ref. Statens vegvesen Håndbok 140 Konsekvensanalyser).
Luminans	Luminansen angir hvordan lyset fra en overflate vil oppfattes av øyet. Dette avhenger av belysningsstyrken og av overflatens refleksjonsegenskaper. Luminansen måles i candela pr kvadratmeter [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ] og betegnelsen er L.
Luminansjevnhet	Forholdet mellom minimum og gjennomsnittlig luminans.
Lysfluks/lysyttelse	Den strålingseffekten som øyet oppfatter, betegnes lysfluks $\Phi$ , og måles i lumen [lm].
Lyskildeeffekt	Den effekten lyskilden trekker under gitte forutsetninger.
Lyskildens merkeeffekt	Den påstemplede effekten som lyskilden trekker i stasjonær drift under riktige forutsetninger (merkedrift).
Lysstyrke	Lysstyrken forteller hvor sterkt lyset fra en lyskilde er i en gitt

	retning. Angis i candela [cd] ofte for reflektorlamper og betegnelsen er I.
Lysutbytte	Lysutbytte for en lyskilde er forholdet mellom utsendt lysfluks og effektforbruket. Det må spesifiseres hvorvidt tap i eventuelt forkoblingsutstyr er medregnet eller ikke. Lysutbytte er et mål på lyskildens effektivitet og angis i lumen per Watt [lm/W].
Reflektor	Speil som kaster lys eller annen elektromagnetisk stråling i en bestemt retning, f.eks. parabolisk hulspeil i lyskastere.
Service levetid	Antall driftstimer der 80 % av initial verdien er igjen, når en tar hensyn til lystilbakegang og lampeutfall.
Synsnedsettende blending	Fysiologisk blending som svekker synbarheten av objekter uten nødvendigvis å forårsake ubehag. Synsnedsettende blending kan oppstå direkte eller ved refleksjon.
Terskeløkning	Indikerer at selv om veibelysningen øker synsbetingelsene, vil den også gi en viss grad av synsnedsettende blending avhengig av armaturtype, lyskilder og de geometriske forhold. Lavtrykknatriumlamper og lysrør er normalt å anse som lyskilder med lav luminans.
Total harmonisk forvrengning (THF/THD)	THF er mengden harmonikk i et signal som en prosent av den totale rms-verdien (THF-R), eller som en prosent av grunnfrekvensen (THF-F). Den er et mål på i hvilken grad en bølgeform avviker fra en ren sinusform. 0 % angir at det ikke er noen forvrengning.
Totaljevnhhet	Et generelt mål for variasjonene i luminans og indikerer hvor godt veien fungerer som bakgrunn for veimerking, objekter og andre brukere av veien.
Ubehagsblending	Psykologisk blending forårsaker ubehag uten nødvendigvis å redusere objektets synbarhet. Ubehagsblending kan oppstå direkte eller ved refleksjon.
Visuell føring	Dette er definert som resultatet av de samlende tiltak som er med på å gi den veifarende et utvetydig og raskt oppfattbart bilde av veiens og kjørefeltets forløp i en tilstrekkelig stor avstand avhengig av sikker kjørehastighet for veistrekningen.
Økonomisk levetid	Den brukstid (det antall brenntimer) et stort antall lyskilder har når lystilbakegangen i lyskilden og det prosentuelle utfall til sammen har redusert lysytelsen i installasjonen med 30 %.
ÅDT	Årsdøgntrafikk. Det totale antall kjøretøy som passerer et snitt av en vei i løpet av ett år, dividert med 365.





## 2 VEINORMALEN

### 2.1 Dagens veinormal / Gammel veinormal

Veinormalen er utarbeidet med hjemmel i samferdselsdepartementets forskrifter etter veilovens § 13. Innenfor rammen til forskriften er Vegdirektoratet satt til å utforme veinormalen. Det er fullt mulig å fravike fra veinormalen, bare man holder seg innenfor forskriftens rammer. Myndigheten til å fravike veinormalen er lagt til Vegdirektoratet for riksveier, fylkesutvalget for fylkesveier og formannskapet for kommunale veier [3].

Dagens veinormal som innbefatter krav til veibelysningen heter ”017 Veg og gateutforming” og ble sist revidert i 1992 [3]. En ny normal er under bearbeidelse og er i ferd med å bli klar, og vil erstatte dagens ”017 Veg og gateutforming”. Når dette skjer er usikkert, men det kan antas skjer i nærmeste framtid.

Kravene til veibelysning blir i dag bestemt ut fra hvilken standardklasse veien tilhører og trafikkmengde. Trafikkmengden blir målt i ÅDT. Hvilken standardklasse en vei tilhører blir bestemt ut fra vei- og områdetype. Se Tabell 2-1. Veiens standardklasse og ÅDT bestemmer hvilken belyningsklasse som skal velges.

Med en hovedvei menes gjennomgående transportruter, mellom distrikter, områder og bydeler. Samlevei er forbindelsesveier innenfor et område, bydel eller distrikt. Den siste veitypen, atkomstveier er veier som for eksempel fører til boliger eller forretninger og som har atkomstfunksjon [1]. I tillegg finnes det en egen klasse for gang- og sykkelvei.

Tabell 2-1: Standardklasser [3]

Veitype	Ubebygd el. Spredt bebyggelse	Middels tett bebyggelse	Tett bebyggelse
Hovedvei	H1	H2	H3
Samlevei	S1	S2	S3
Atkomstvei	A1	A2	A3
Gang- og sykkelvei	G1	G2	G3

Tabell 2-2: Luminansnivå [3].

Standardklasse	Midlere luminansnivå $L_m$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	ÅDT			
	$\leq 1500$	1500 - 5000	5000 - 15 000	$\geq 15 000$
H1	0,7	1	1-2	2
H2	1	1	1-2	2
H3	1	1-2	2	2
S1	0,7			
S2	0,7	1		
S3	1	1-2		
A1, A2, A3	0,7 $\text{cd}/\text{m}^2$ eller midl. Hor. Belysningsstyrke $E_{\text{hm}} = 7-10 \text{ lux}$			

## 2.2 Ny veinormal

Den nye veinormalen, som er under bearbeidelse og som vil komme å bli gjeldene på norske veier, vil trolig erstatte den gamle om kort tid. Det vil her bli presentert en liten innføring i hvordan de nye kravene til veibelysning trolig blir.

I den nye normalen vil kravet til veibelysning bli valgt ut fra funksjon, fartsgrense og ÅDT. For norske forhold er det valgt å benytte tre forskjellige belysningsklasser ut fra hva som skal belyses. De tre klassene er [4]:

MEW: For veier og gater med fartsgrense 40 km/t og høyere.

CE: For områder der det er korte synsavstander eller er andre faktorer som gjør det umulig å benytte MEW-klassene, samt for veier og gater med fartsgrense 30 km/t.

S: For gang- og sykkelveier.

### Belysningsklasser og krav til belysningsnivå

Ordet belysningsklasse benyttes som betegnelse for et sett lystekniske kvalitetskrav for et belysningsanlegg. Belysningsklassen velges ut etter retningslinjene fra veinormalen.

Den belysningstekniske kvaliteten i et veibelysningsanlegg beskrives ved hjelp av belysningsklasser og de krav og egenskaper som settes til hver klasse [6]. Disse kravene og egenskapene er satt i forhold til i hovedsak å tilrettelegge for god trafikksikkerhet langs norske veier.

### Valg av belysningsklasse for veier og gater

Hvilken belysningsklasse som skal benyttes innenfor MEW-serien for veier og gater blir bestemt ut fra ÅDT og fartsgrense. For å benytte MEW-serien må fartsgrensen på stedet være 40 km/t eller høyere. Tabell 2-3 og Tabell 2-4 viser hvilken belysningsklasse som skal benyttes for veier og gater hvor det skal settes opp belysning. Tabell 2-5 viser valg av belysningsklasse for eksisterende veier.

Tabell 2-3: Valg av belysningsklasse MEW for vegklasser [4].

ÅDT	< 1 500	1 500 – 4 000	4 000 – 8 000	8 000 – 12 000	>12 000
Belysningsklasse	MEW4	MEW3	MEW2	MEW2	MEW2

Tabell 2-4: Valg av belysningsklasse MEW for gater [4].

ÅDT	< 1 500	1 500 – 4 000	4 000 – 10 000	8 000 – 15 000	>15 000
Belysningsklasse	MEW3	MEW3	MEW2	MEW2	MEW2

Tabell 2-5: Valg av belysningsklasse MEW for eksisterende veier [4]

ÅDT	< 1 500	1 500 – 4 000	4 000 – 8 000	8 000 – 12000	> 12 000
Med midtrekkverk eller midtdeler			MEW 3	MEW 3	MEW 3
Uten midtdeler eller midtrekkverk	MEW 4	MEW 3	MEW 2	MEW 2	MEW 2

### Krav til belysningsnivå ut ifra belysningsklasser

Tabell 2-6 viser luminanskravene og kravene til belysningsstyrke til belysningsklassene i MEW-serien, CE-serien og S-serien.

**Tabell 2-6: Belysningsklasser med tilsvarende lysnivåer [4].**

Midlere luminans i cd/m <sup>2</sup>		2	1,5	1	0,75	0,5			
Klasser	CE0	MEW1 CE2	MEW2 CE2	MEW3 CE3 S1	MEW4 CE4 S2	MEW5 CE5 S3	S4	S5	S6
Midlere belysningsstyrke i lux	50	30	20	15	10	7,5	5	3	2

Tabell 2-7 viser kravene (også krav til jevnhet, synsnedsettende blending og belysning av omgivelsen) til belysningsklassene i MEW-serien.  $U_o$  er total midlere jevnhet ( $L_{min}/L$ ),  $U_{o,v}$  er total midlere jevnhet i våt tilstand og  $U_1$  sier noe om veibanens langsgående jevnhet.

**Tabell 2-7: Krav til belysningsklassene i MEW-serien [4]**

Klasse	Luminans fra kjørebansens veidekke i tørr og våt tilstand				Synsnedsettende blending	Belysning av omgivelsen
	Tørr tilstand		Våt tilstand			
	$L_m$ i cd/m <sup>2</sup> (minimum opprettholdt nivå)	$U_o$ (minimum)	$U_1$ (minimum)	$U_{o,v}^{3)}$ (minimum)	TI i % (maksimum)	SR <sup>1)</sup> (minimum)
MEW 1	2,0	0,4	0,6	0,15	10 <sup>2)</sup>	0,5
MEW 2	1,5	0,4	0,6	0,15	10 <sup>2)</sup>	0,5
MEW 3	1,0	0,4	0,6	0,15	15 <sup>2)</sup>	0,5
MEW 4	0,75	0,4		0,15	15	0,5
MEW 5	0,5	0,35		0,15	15	0,5

1) Dette kriteriet benyttes kun der hvor det ikke er tilstøtende trafikkområder med egne krav  
 2) Ved vanlige mørke omgivelser bør ca. 2/3 av angitt TI-verdi ikke overskrides  
 3) Kravene gjelder dekketype W4. Ved evt. Bruk av W3 for drenerende dekker er kravet  $\geq 0,20$

For gang- og sykkelveger gjelder følgende tabell:

**Tabell 2-8 Belysningsklasser i S-serien for gang- og sykkelveier [4]**

Klasse	Horisontal belysningsstyrke	
	$E_m$ i lux (minimum opprettholdt)	$E_{min}$ i lux (minimum opprettholdt)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6

Belysningsklassene i S-serien benyttes ved beregning av horisontal belysningsstyrke.

**Tabell 2-9 Belysningsklasser i CE-serien for konfliktområder og veier eller gater med fartsgrense 30 km/t [4]**

Klasse	Horisontal belysningsstyrke	
	$E_m$ i lux (minimum opprettholdt)	$U_o$ (minimum)
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

Belysningsklassene i CE-serien skal brukes i konfliktområder der luminansberegninger ikke kan gjennomføres.

### Veidekker

Veidekkets refleksjonsegenskaper er avgjørende når lysberegninger skal gjennomføres. Når veidekket er vått endres dets refleksjonsegenskaper. Av den grunn er det opprettet et tilleggskrav til totaljevnheten på et vått veidekke.

Et veidekkes refleksjonsegenskaper har direkte betydning for både luminansnivå og jevnhet. Refleksjonsegenskapene beskrives av luminansfaktoren  $Q_0$  og speilingsfaktoren  $S_1$ , definert og beskrevet i CIE.

**Tabell 2-10: Dekkeklasser [4]**

Dekkeklasse	Visuelt inntrykk	$S_1$ grenser	$S_1$ standard	$Q_0$ normal	$Q_0$ tørr
<b>C1</b>	Lyst	$\leq 0,4$	0,24	0,1	
<b>C2</b>	Mørkt	$\geq 0,4$	0,97	0,07	
<b>W3</b>	Vått	-			0,097 <sup>1)</sup>
<b>W4</b>	Vått	-			0,104 <sup>1)</sup>

1) Ved beregning av luminans benyttes r-tabell for vått dekke skalert med  $Q_0$  tørr.  
Tabellen må multipliseres med  $Q_0$  normal /  $Q_0$  tørr

Når det er fuktig eller vått på veien vil en generelt få høyere middelluminans. Jevnheten på langs vil være ganske god, men den totale jevnheten blir dårlig fordi speiling fører til at områder på tvers av veien i forhold til armaturen vil reflektere lite lys i retning av trafikanten.

Veidekkene i våt tilstand deles inn i 4 klasser hovedsakelig basert på speilingsegenskapene, der W1 er minst speilende og W4 er mest speilende. Speilingen er avhengig av dekkestruktur, som har betydning for hvordan dekket dreneres, dybden i dekkets struktur og hvordan steiner bryter den speilende overflaten.

### 3 LYSKILDER

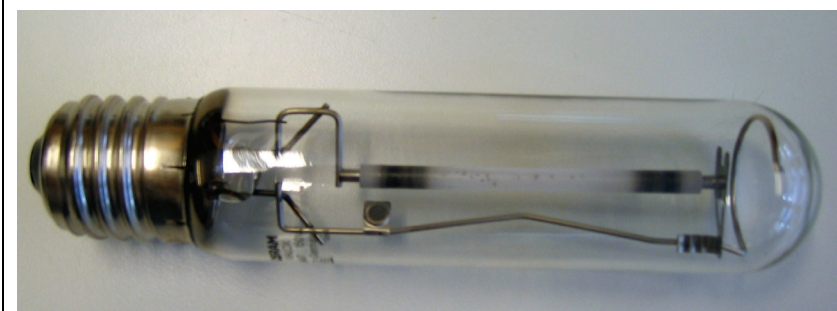
Til veibelysning er det benyttet flere ulike typer lyskilder. De mest aktuelle lyskildene vil bli presentert i dette kapitlet. Lampetyper som blir omtalt er høytrykknatriumlamper, høytrykk kvikksølvlamper, metallhalogenlamper, induksjonslamper og lavtrykknatriumlamper.

#### 3.1 Høytrykknatriumlamper

Høytrykknatriumlamper (NaH-lamper, Nav-T (eller NAV-T, heretter kalt Nav-T) / Son-T (eller SON-T, heretter kalt Son-T)) er den vanligste lyskilden som benyttes i veilysanlegg. Denne lyskilden kjennetegnes ved sitt karakteristiske gulhvite lys og at den har dårlig fargegjengivelse,  $R_a = 20$ . Under kan vi se ellipseformede høytrykknatriumlamper fra Philips og Osram. Midt i lampen kan vi se utladningsrøret. Dette røret er som vi kan se lite i forhold til selve lampen og er laget av keramisk sintermaterial på basis av aluminiumoksid. Ved høye temperaturer og høyt trykk er natrium kjemisk veldig aktivt, og det er derfor viktig at utladningsrøret tåler dette. I endene av utladningsrøret kan vi se sorte partier rundt lampas elektroder. Elektrodene er av wolfram med emitterende belegg. Denne lampetypen finnes også som sylindereformet eller rørformet, men det er den ellipseformede typen som er mest brukt til veibelysning.

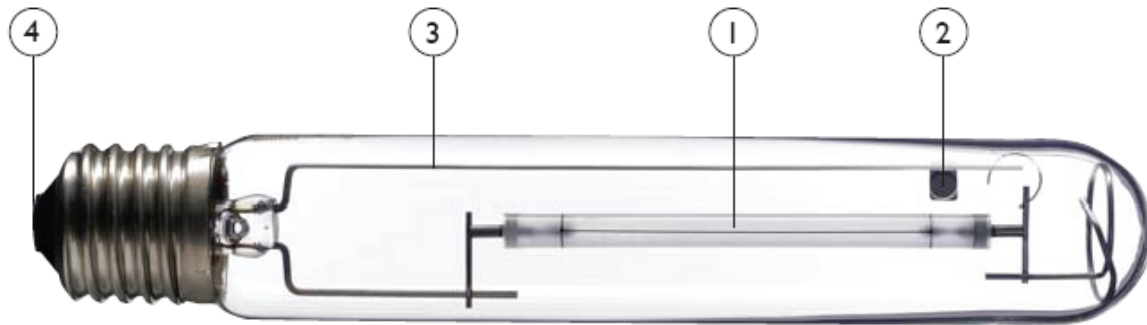


Figur 3-1: Høytrykknatriumlampe fra Philips, Son-T plus



Figur 3-2: Høytrykknatriumlampe fra Osram, Nav-T

For at det skal være mulig å starte utladningen i røret er det tilsatt noe xenongass. Når utladningen kommer i gang begynner temperaturen og trykket i utladningsrøret å stige, og natriumet vil begynne å fordampe. Dette vil føre til at utladningen gradvis går over i natriumdampen. I tillegg til natrium og xenongass inneholder utladningsrøret også kvikksølv. Kvikksølvet er med på å øke impedansen i utladningen. Når lyskilden er i full drift inneholder utladningsrøret mettet natrium og kvikksølv damp [1] [5].

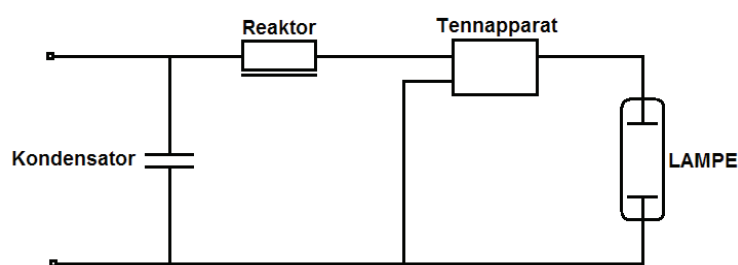


Figur 3-3: Høytrykknatriumlampe. Oppbygning av en Philips Son-T lyskilde

- 1) Keramisk utladningsrør
- 2) ”Zirconium Aluminium”-getter. Sørger for vakuum i ytterhylsen. Dette sikrer en jevnere utladningstemperatur og lavere natriumvandring fra utladningsrøret.
- 3) Konstruksjon
- 4) Blyfri lodding

For å drifte lampen er det nødvendig med en forkobling. Forkoblinger finnes i to forskjellige kategorier; elektroniske og konvensjonelle.

Lampen kobles til nettet i serie med en reaktor som fungerer som en strømbegrenser. For å tenne lampen må den få en høy spenningspuls. For de fleste lampestørrelser skjer dette ved hjelp av et tennapparat, som gir en høyfrekvent spenning over lampen i noen få millisekunder. Denne tennspenningen ligger som regel mellom 2,5 kV og 4,5 kV og sørger for at xenongassen blir ionisert og utladningene blir igangsatt. Kondensatoren i parallell med lyskilden bidrar til å forbedre dens effektfaktor. Uten kondensator vil kretsen være svært induktiv og vil ha en  $\cos \varphi$  i område 0,4 – 0,5.



Figur 3-4: Forkobling høytrykknatriumlampe

Når konvensjonelt forkoblingsutstyr benyttes er høytrykknatriumlamper svært spenningsavhengige. Effektforbruket til lyskilden er meget følsomt for den påtrykte spenningen. Effekten øker med ca. 10 % hvis den påtrykte spenningen øker med ca. 4 %. Forandring i effekt fører til forandringer i temperaturen i stoffene som lyskilden inneholder, som igjen fører til at trykket i utladningsrøret forandres. Når den påtrykte spenningen synker, vil også lampas effektforbruk synke. Lampas lysutbytte blir dårligere ved lave spenninger, og bedre ved høye spenninger. Se kapittel 5, lysutbytte. Spenningen påvirker også lampas levetid.

Levetiden for høytrykknatriumslamper kan variere, men det er vanlig at det blir oppgitt en økonomisk levetid på mellom 12 000 – 18 000 timer. Ved spenninger over merkespenning (230 V), vil levetiden bli redusert, mens levetiden kan øke om lampen blir påtrykt en spenning noe lavere enn merkespenning. Ved å benytte elektronisk forkoblingsutstyr er lampen spenningsuavhengig mellom 200 – 250 V. Dette fører til et jevnt effektforbruk og en jevn utsendt lysfluks fra lampen.

Tabell 3-1: Et utdrag av aktuelle høytrykknatriumlamper for veibelysning fra Philips lampeguide 2006/07

Type	Effekt [W]	Lysytelse (lm)	Lysutbytte (lm/W)
SON PIA Plus I	70	5900	84
SON PIA Plus E	100	10200	102
SON PIA Plus E	150	17000	113
SON PIA Plus E	250	31100	124
SON-T PIA Plus E	70	6600	94
SON-T PIA Plus E	100	10700	107
SON-T PIA Plus E	150	17500	117
SON-T PIA Plus E	250	33200	133
SON Pro	70	6000	86
SON Pro	150	14500	97
SON Pro	250	27000	108
SON-T Pro	70	6000	86
SON-T Pro	150	15000	100
SON-T Pro	250	28000	112

Tabell 3-1 viser at det finnes flere modeller av høytrykknatriumlampen. Dette er Philips sine modeller. Osram og andre leverandører har sine modeller. Tabellen viser også at de ulike modellene har varierende lysytelse og lysutbytte.

I denne rapporten er det sett på høytrykknatriumslamper med merkeeffekter på 70 W, 100 W, 150 W og 250 W. Lampene er hovedsakelig levert av Philips (Son-T Plus) eller Osram (Nav-T). Det er gjennomført målinger på armaturer hvor det er benyttet konvensjonell forkobling eller elektronisk forkobling.

### 3.2 Høytrykk kvikksølvlampe

Høytrykk kvikksølvlamper (heretter: kvikksølvlamper/lyskilder) er en lyskildetype som er vært mye brukt til veibelysning, men er nå på vei ut på grunn av dårlig lysutbytte.

Utladningsrøret er laget av kvarts. Kvarts tåler de høye temperaturene som er nødvendig for utladningen, og har høyere transmisjonsfaktor for ultrafiolett stråling enn vanlig glass. Elektrodene i hver ende av utladningsrøret er av wolfram med emitterende belegg. Foruten hovedelektrodene er det en eller to hjelpe- eller tennelektroder som er laget av molybden og plassert tett ved hovedelektrodene. Gassfyllingen i utladningsrøret er argon i tillegg til kvikksølv. Kvikksølvmengden i utladningsrøret er akkurat så stor at alt er i dampform i driftstilstand. Trykket er da ca. 10 atm.

Når spenning settes på lampen, starter det en utladning i argongassen mellom hovedelektrode og hjelpeelektrode, som er koblet til motstående hovedelektrode over en ohmsk motstand  $R$ . Det er derfor en stor spenningsforskjell mellom hjelpeelektrode og hovedelektrode. Utladningen i argongassen fører til ionisering i utladningsrøret slik at utladningene mellom hovedelektrodene kommer i gang.

Startstrømmen er mellom én og to ganger høyere enn driftsstrømmen. Oppstartningstiden er 3 – 5 minutter. Lamper slokner hvis de får strømbrudd som varer mer enn 10 ms. Gjentenningstiden etter et slikt kortvarig strømbrudd er 5 – 15 minutter avhengig av lampearmaturtype.

Den vanligste merkeeffekten til kvikksølvlamper benyttet til veibelysning er 125 W. Disse lampene har et lysutbytte fra 32 – 46 lm/W. Et kjennetegn ved kvikksølvlamper er nedgang i lysfluks som funksjon av driftstiden. Økonomisk levetid er oppgitt til 10 000 – 14 000 timer, men lampene vil oftest kunne brenne ytterligere flere tusen timer, men da med en sterkt redusert lysytelse og helt utilfredsstillende belysning. Ut fra erfaringer er det heller ikke sikkert at en kan ta ut de oppgitte levetider, 10 000 – 14 000 timer, med tilfredsstillende belysningsnivå. Det bør gjøres kontrollmålinger for å se om en fortsatt har de forutsatte belysningsstyrker.

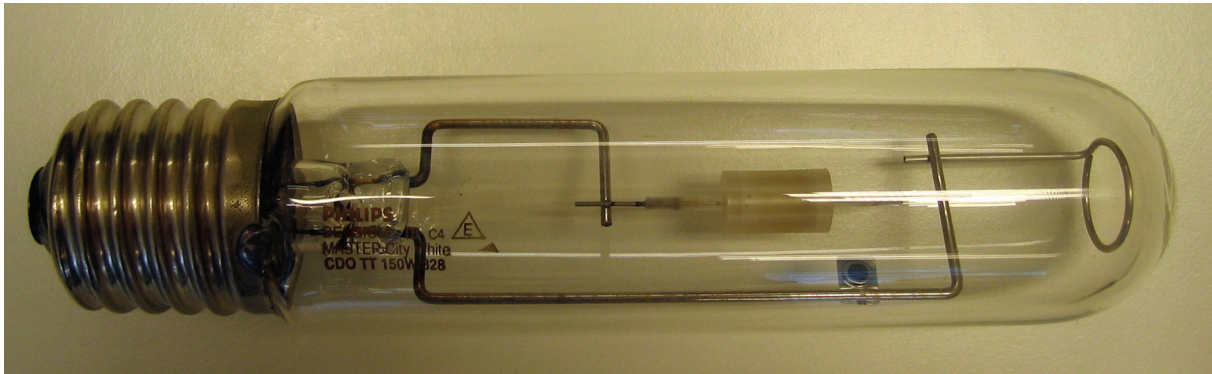
Kvikksøvlampas egenskaper blir påvirket av spenningen som tilføres lampen. Når spenningen varierer vil strøm og effekt også endres. Spenning høyere enn merkespenning fører til et høyere effektforbruk, mens en lavere spenning tilført lampen fører til et lavere effektforbruk. Vi skal se nærmere på dette senere i rapporten. Redusert spenning fører til lavere utsendt lysfluks og dårligere lysutbytte for lampen.

### **3.3 Metallhalogenlamper**

Metallhalogenlamper lages med en blanding av kvikksølv og thallium-, natrium- og indiumjodid i utladningsrøret. Til enkelte lamper benyttes det dysprosiumjodid for å oppnå bedre fargegjengivelse og høyere lysutbytte. Metallhalogenlampen er på en måte en videreføring av kvikksøvlampen. Ved å tilsette natrium til kvikksølvet i utladningsrøret i en kvikksøvlampe får man bedre fargegjengivelse og lysutbytte. Det er dette som er gjort i en metallhalogenlampe [1].

Tennspenningen er høyere enn hos kvikksøvlampen. I tillegg til reaktoren i serie med lampen må det kobles inn et tennapparat som gir en nødvendig spenningspuls til tenning av lampen.





Figur 3-5: Metallhalogenlampe fra Philips, Master City White – CDO TT 150 W

I forbindelse med veibelysning er metallhalogenlamper mest benyttet i områder hvor det ferdes myke trafikanter. Dette fordi det i slike områder stilles høyere krav til fargegjengivelse fra lyskildene. God fargegjengivelse er metallhalogenlampens fordel i forhold til høytrykknatriumslampen.

I ”Teknisk planlegging av veg- og gatelys” er fargegjengivelsen oppgitt til å være 81 – 95 ( $R_a$ ). Denne oppgir også levetiden til å være mellom 6 000 – 8 000 timer.

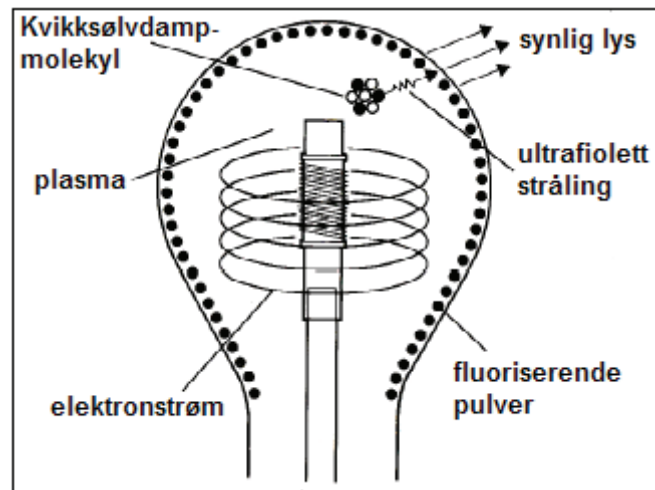
Lysutbyttet er forskjellig etter lampestørrelse og utførelse, fra 71 lm/W opp til 93 lm/W. Vi ser at lysutbyttet for denne lampen er høyt [1].

Tabell 3-2: Et utdrag av aktuelle metallhalogenlamper for veibelysning fra Philips lampeguide 2006/07

Type	Effekt [W]	Lysytelse (lm)	Lysutbytte (lm/W)
CDO-ET	70	5900	84
CDO-ET	100	8200	82
CDO-ET	150	13200	88
CDO-TT	70	6300	90
CDO-TT	100	8700	87
CDO-TT	150	13500	92
CDO-TT	250	22500	92

### 3.4 Induksjonslamper

Induksjonslamper (QL) har verken glødetråd eller elektroder, men baserer seg på induksjonsprinsippet. Det er dette som gjør at denne lampetypen er i egen klasse når det gjelder levetid. Levetiden er av Philips, som var den første til å introdusere denne lampetypen, satt til gjennomsnittlig 100 000 timer.



Figur 3-6: Figuren viser en prinsippkisse for induksjonslampe [9].

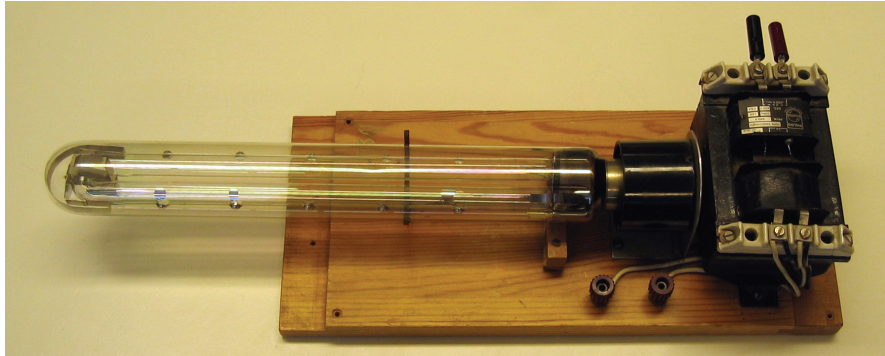
Av Figur 3-6 ser vi at glasskolben, som er lufttom og tilsatt edelgass og kvikksølv, er innvendig belagt med lyspulver. I glassrøret i lampen ligger en høyfrekvensspole som mates fra en tilhørende HF-generator. Dette er lampas forkoblingsutstyr.

HF-spolen induserer et høyfrekvent felt (2-3 MHz) i lampen, så kvikksølvatomene i lampas gassfylling blir eksitert på samme måte som de blir av elektronstrømmen i et vanlig lysrør. De eksiterte gassatomene er ustabile, og når elektronene vender tilbake til grunntilstanden, frigjøres energien som UV-stråling. Den absorberes av lyspulveret og omdannes til synlig lys.

Philips leverer lampen i tre forskjellige effekter; 55 W, 85 W og 165 W. Investeringskostnaden av lampen er høy, men på steder hvor vedlikehold er vanskelig, kan det likevel lønne seg å benytte en slik type lampe.

### 3.5 Lavtryknatriumlamper

Lavtryknatriumlyskilder (NaL-lamper) har et karakteristisk oransje-gult monokromatisk lys og har et høyt lysutbytte. Utladningsrøret til denne lyskilden er formet som en U, se Figur 3-7. I utladningsrøret befinner det seg natrium tilsatt edelgass, vanligvis neon og litt argon for å lette tenningen. I kald tilstand er natrium kondensert i faste dråper i små utbuktninger, plassert med jevne mellomrom utover i utladningsrøret, for å få natrium jevnt fordelt over hele rørets lengde.



**Figur 3-7: Bildet viser en lavtrykknatriumlampe med forkobling. Lampen er på 60 W.**

Utladningsrøret lages av spesielt glass som er motstandsdyktig overfor natrium. Ved de temperaturer som oppstår i utladningsrøret, er nemlig natrium meget aggressivt overfor alminnelig glass.

Skal en oppnå størst mulig lysutbytte, må varmetapet fra utladningsrøret holdes lavest mulig. Utladningsrøret blir derfor omgitt av en lufttom glasskolbe som innvendig har et meget tynt sjikt indiumoksyd. Tinnoksyd har også vært brukt, men indiumoksyd gir ca 15 % høyere lysutbytte. Dette sjiktet har en transmisjon på opp til 91 % for Na-lyset og en refleksjon for den infrarøde strålingen på opp til 90 %. Varmetapet i utladningsrøret som for største delen skjer som infrarød stråling, blir derfor redusert, og en oppnår et meget høyt lysutbytte.

Ved spenningssetting av lyskilden begynner en utladning i neongassen som gir ionisering og temperaturstigning. Dermed fordampes natrium, damptrykket stiger, og etter hvert vil utladningen skje i natriumdampen. Tenningstiden opp til 80 % av full lysytelse er 5-10 minutter. Full ytelse oppnås etter 7-15 minutter. Lampestrømmen er i tenningstiden lavere enn driftsverdien.

Når lavtrykknatriumlamper benyttes må en være nøye med brennstillingen. Dette fordi feil brennstilling kan føre til at fordelingen av natriumet i lyskilden blir feil. Et annet problem med denne lyskildetypen er at effektopptaket øker over levetiden. Dette kan få stor betydning for belastningen på kurser og sikringer. En av grunnene til at denne lyskildetypen er på vei ut, er at den har dårlig fargegjengivelse. [1] og [5].

Metalldamptrykket er vanligvis under 1/1000 atmosfære. Sammensetningen består generelt av så lite som 1 % eller 0,1 % metalledamp, og 99 % eller 99,9 % inaktiv gass.

Grunnen til at det forekommer så liten del metalledamp i sammensetningen er at metalledampen absorberer lett stråling. Den inaktive gassen bestemmer i store trekk den elektriske karakteristikkene. I hovedtrekk ved å kontrollere hovedbanen til elektronene mellom kollisjonene. Gassen reduserer også kollisjoner av elektroner, ioner og eksiterte metalledampatomer inn i lampas vegger.



## 4 SPENNINGSFORHOLD - Krav til driftsspenning

Veilysanlegg krever tilkobling til et driftssikkert fordelingsnett og fortrinnsvis med mindre variasjon i spenningen enn det som gjelder etter vanlige leveringsvilkår. Det har sammenheng med karakteristika for utladningslampene. Tillatt spenningsavvik varierer for forskjellig utstyr. Utstyret må derfor tilpasses spenningsforholdene på stedet hvor armaturene monteres. Spenningstapet i veilysanleggets kabler og ledninger må tas med [6].

Forholdet kompliseres av at spenningen på et vanlig fordelingsnett har både sesongmessige og døgnmessige variasjoner avhengig av belastningen. Spenningsregulering er ulikt ivaretatt, noen steder er det installert automatisk reguleringsutstyr i innførings- og sekundærstasjoner, andre steder justeres spenningen på enkelte fordelingstransformatorer manuelt for sommer- og vinterbelastning. Det er ikke aktuelt å installere spenningsreguleringsutstyr spesielt for veilysanlegg [6].

Det anbefales at innmating til veilyset skjer i nærmest mulig fordelingstransformator eller på et annet sted i fordelingsnettet hvor variasjonene i spenningen er små. Det bør gjøres målinger for å kartlegge fordelingsnettets spenningsforhold. Ved store spenningsvariasjoner over tid må en legge den midlere spenningen til grunn for innstilling av reaktorspenningen i veilyarmaturer. Generelt kan en si at det er bedre å kjøre med noe lav nettspenning enn høy [6]. Dette med tanke på lampas levetid og lampas effektforbruk, men ikke når det gjelder lysutbytte.

I [6] er det sagt at det ikke bør tillates mer enn max 10 % underspenning. Er armaturenes merkespenning 230 V vil det laveste tillate spenningsnivået være 207 V.

For de fleste aktuelle damplamper er det relativt store forskjeller i laveste tennspenning ved +20 °C og -20 °C. For eksempel kan det kreves ca. 10 V høyere tennspenning ved laveste vintertemperatur [6].

Dette gjelder hovedsakelig for konvensjonelt forkoblingsutstyr. Nye armaturer leveres i dag hovedsakelig med elektronisk forkoblingsutstyr. Disse armaturene stiller ikke de samme krav til opprettholdt nettspenning for å fungere optimalt. Med tanke på lampas levetid og lysfluks har spenningsnivået mindre betydning i område 200 V til 250 V. Det ønskes likevel et høyt spenningsnivå på grunn av at ved lav spenning øker tapet i overføringen.



## 5 LYSUTBYTTE

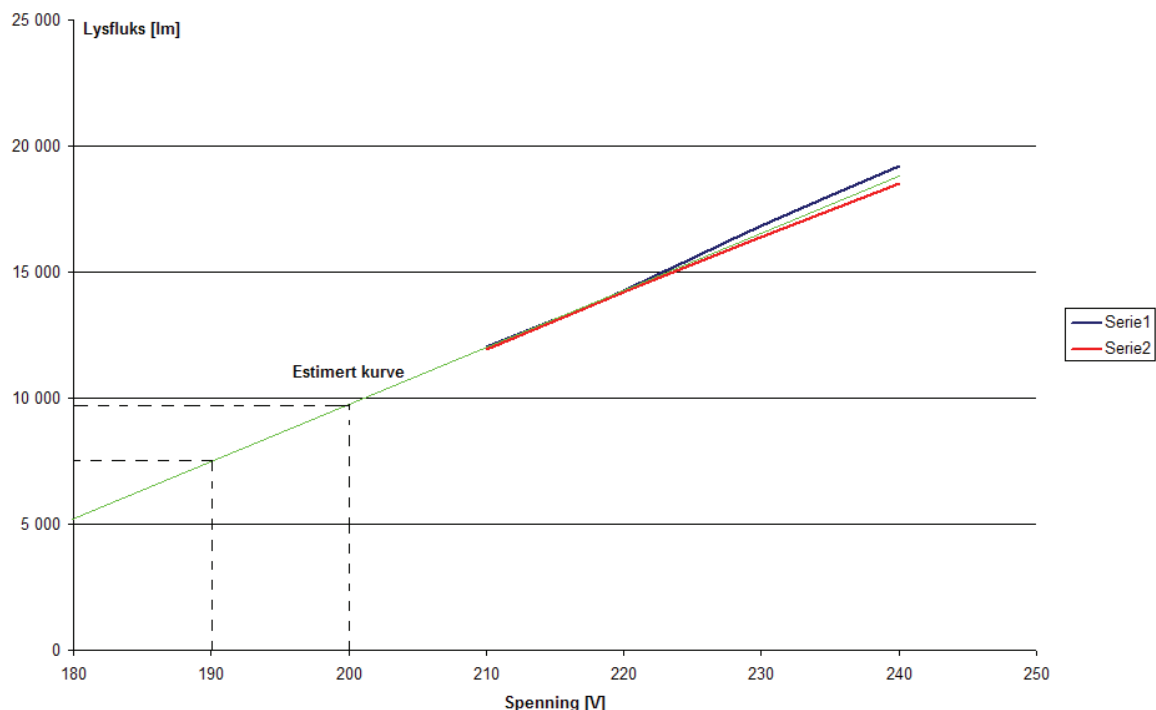
I Prosjektoppgaven til Geir Morten Skjelsvold fra høsten 2005 [5] er det gjort lysutbyttmålinger på to ulike armaturer ved spenninger fra 210 V til 240 V med spenningsintervaller på 10 V. Det er kun konvensjonelle forkoblinger som er benyttet i forsøket. Under målingene ble det benyttet den samme lyskilden i begge armaturene.

Tabell 5-1: Lysutbytte høytrykknatriumsluskilde, 150 W, armatur nr. 4 [5]

Spenning [V]	Lysfluks [lm]	Effekt [W]	Lysutbytte [lm/W]
210	12 046	145	83,1
220	14 245	162	87,9
230	16 825	182	92,4
240	19 202	201	95,5

Tabell 5-2: Lysutbytte høytrykknatriumsluskilde, 150 W, armatur nr. 14 [5]

Spenning [V]	Lysfluks [lm]	Effekt [W]	Lysutbytte [lm/W]
210	11 908	143	83,3
220	14 205	160	88,8
230	16 391	176	93,1
240	18 509	194	95,4



Figur 5-1: Grafene viser hvordan lysfluksen reduseres ved synkende spenning. Fra 210 V til 180 V er kurven estimert.

Tabell 5-1, Tabell 5-2 og Figur 5-1 viser alle at lysfluksen reduseres når spenningen synker. I dette forsøket er det kun testet to armaturer, men vi antar likevel at kurven er representativ for høytrykknatriumlyskilder.

Det vi ser er at både lysfluksen og lysutbytte blir dårligere ved lav spenning. Ut ifra feltmålingene som er gjort i dette prosjektet har vi funnet ut at spenningene normalt ligger under 230 V. Ofte er spenningen ned mot 210 V på enden av veilyskurser. Spørsmålet er da om anlegget er dimensjonert for dette, og om det tilfredsstiller de krav som veiklassen krever?

Siden noen kurser har spenning på kursens endepunkt helt ned til 170 V, kan det være interessant å se på målinger lavere enn 210 V. I grafen i Figur 5-1 er det estimert en kurve som går fra 210 V og ned til 180 V.

Figur 5-1 viser at når spenningen er falt under 200 V vil lysfluksen nærme seg 50 % av lysfluksen som finnes ved 230 V. Benyttes det samme armatureffekter på hele kursen vil det være et betydelig høyere lysnivå ved kursens første armatur i forhold til kursens siste armatur i tilfeller der det er store spenningsfall.



## 6 OVERHARMONISKE - relatert til effektfaktor

### Introduksjon

Enhver ulineær lastkilde vil være med på å skape harmoniske strømmer og spenninger i et elektrisk anlegg. Dette kan føre til at det oppstår ekstra tap, overopphetninger og feilsituasjoner i vern. Med en ulineær lastkilde menes en lastkilde hvor strøm og spenning ikke har samme form. Strømmen er ikke sinusformet. I dag er det mye forskjellig utstyr som er med på å skape overharmoniske strømmer i nettet. Noen av de viktigste støykildene er datamaskiner, frekvensomformere, avbruddsfri strømforsyning (UPS) og lysarmaturer. Det er derfor interessant å finne ut hvor mye veilyarmaturer støyer, hvordan støy påvirker tap i overføringen og hvordan veilyanleggene bør dimensjoneres.

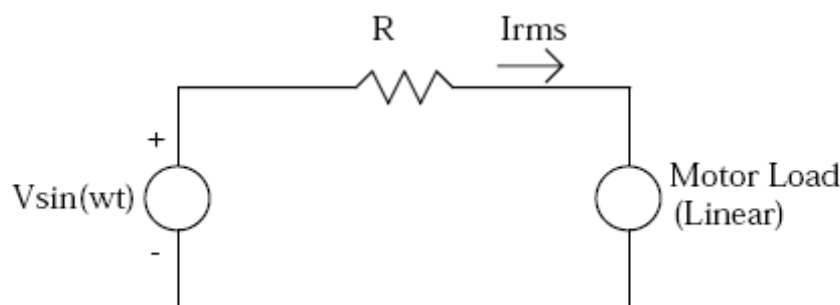
Hvilken av de overharmoniske som er størst, avhenger av hvilken type nett vi har, men det er også avhengig av om det er enfase- eller trefaselast. Hvis det går en 3. harmoniske strøm i hver fase vil det resultere i at de tre strømmene er i fase med hverandre. Hvis det derimot går en 5. harmonisk strøm i hver fase vil dette resultere i at de tre strømmene er 120 grader faseforskjøvet i forhold til hverandre, men i tillegg ha motsatt faserekkefølge av den grunnharmoniske. Ved enfaselaster vil som regel den 3. harmoniske strømmen være den mest fremtredende av de overharmoniske strømmene. Ved trefaselaster er det som regel 5. og 7. harmoniske som er mest fremtredende.

Spenning og strøm med harmoniske komponenter øker effekttapet og har av den grunn negativ innvirkning på elektrisk kraftforsyning og utstyr. Det eksakte forholdet mellom harmoniske komponenter og tap er veldig komplekst og vanskelig å generalisere. Det veletablerte konseptet effektfaktor er en målbar størrelse som beskriver sammenhengen. Effektfaktoren er nyttig når en skal sammenlikne de relative egenskapene til ulineære laster og viser at de harmoniske komponenter er inkludert i definisjonen av effektfaktoren.

Teorien i dette kapitlet er hentet fra [8]. Teorien er tatt med for å gi en beskrivelse av effektfaktorens betydning i veilyanlegg. Effektfaktoren er målt i alle undersøkelser i denne rapporten.

### Effektfaktor ved rene sinusformede strømkurver

Konseptet effektfaktor oppsto som en nødvendighet for å kvantifisere hvor effektivt en last utnytter strømmen den trekker fra en AC generator.



Figur 6-1: Kraftsystem med lineær last [8]

I Figur 6-1 ser vi en situasjon der vi har sinusformete strømkurver. Spenningen og strømmen i lasten er:

$$v(t) = V_1 \sin(\omega_0 t + \delta_1) \quad (6-1)$$

$$i(t) = I_1 \sin(\omega_0 t + \theta_1) \quad (6-2)$$

hvor  $V_1$  og  $I_1$  er "peak" verdier av 50/60 Hz spenning og strøm, og  $\delta_1$  og  $\theta_1$  er de relative fasevinklene. Den sanne effektfaktor av denne lasten er definert som forholdet mellom gjennomsnittlig aktiv effekt og tilsynelatende effekt, eller

$$pf_{true} = \frac{P_{avg}}{S} = \frac{P_{avg}}{V_{rms} \cdot I_{rms}} \quad (6-3)$$

For en ren sinusformet kurve, kan (3) bli

$$pf_{true} = pf_{disp} = \frac{P_{avg}}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{\frac{V_1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_1}{\sqrt{2}} \cdot \cos(\delta_1 - \theta_1)}{\frac{V_1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_1}{\sqrt{2}}} = \cos(\delta_1 - \theta_1) \quad (6-4)$$

hvor  $pf_{disp}$  er kjent som forskyvnings effektfaktor, og hvor  $(\delta_1 - \theta_1)$  er kjent som effektfaktor vinkelen. Derfor vil en ved glatte sinusformede kurver uten harmoniske komponenter kunne se på kun en effektfaktor fordi sann effektfaktor og forskyvnings effektfaktor er den samme.

I rene sinusformete situasjoner vil effektfaktoren fortelle hvor mye reaktiv effekt en last trekker. Effektfaktor lik 1 vil si en ren ohmsk last, mens effektfaktor lik 0 vil si en ren reaktiv last.

### Effektfaktor ved rippel på sinuskurven

Nå skal vi se på tilfelle der sinuskurven inneholder harmoniske komponenter. Harmoniske komponenter oppstår oftest i kraftelektronikk (frekvensomformere, diode likerettere). Den mest synlige overharmoniske, med unntak av 1. harmoniske, er vanligvis 3. 5. og 7. harmoniske.

Når "steady-state" harmoniske er presentert, kan spenning og strøm bli representert ved Fourier serier på formen:

$$v(t) = \sum_{k=1}^{\infty} V_k \sin(k\omega_0 t + \delta_k) \quad (6-5)$$

$$i(t) = \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + \theta_k) \quad (6-6)$$

som ved med rms verdier kan skrives som

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \frac{V_k^2}{2}} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} V_{krms}^2} \quad (6-7)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \frac{I_k^2}{2}} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} I_{krms}^2} \quad (6-8)$$

Den gjennomsnittlige effekten er gitt av:

$$P_{avg} = \sum V_{krms} \cdot I_{krms} \cdot \cos(\delta_k - \theta_k) = P_{1avg} + P_{2avg} + P_{3avg} + P_{4avg} + \dots \quad (6-9)$$

hvor vi kan se at hver harmoniske gir et bidrag, pluss eller minus, til den gjennomsnittlige effekten.

En vanlig brukt metode for måling av harmoniske nivåer er total harmonisk forvrengning (eller forvrengnings faktor), som er forholdet mellom rms verdi av den harmoniske (høyere enn den grunnharmoniske) og rms verdien av den grunnharmoniske, ganget med 100 %, eller

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_{krms}^2}}{V_{1rms}} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_k^2}}{V_1} \cdot 100\% \quad (6-10)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_{krms}^2}}{I_{1rms}} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1} \cdot 100\% \quad (6-11)$$

Av disse likningene ser vi at om det ikke er representert noen overharmoniske komponenter, så vil THD (Total Harmonic Distortion) være lik 0. Om vi putter (10) inn i (7), og (11) inn i (8), finner vi at

$$V_{rms} = V_{1rms} \cdot \sqrt{1 + (THD_V / 100)^2} \quad (6-12)$$

$$I_{rms} = I_{1rms} \cdot \sqrt{1 + (THD_I / 100)^2} \quad (6-13)$$

Ved å putte (12) og (13) inn i (3) finner vi det eksakte uttrykket for den sanne effektfaktor, gyldig for både glatte sinusformete og ikke glatte sinusformete kurver:

$$pf_{true} = \frac{P_{avg}}{V_{1rms} \cdot I_{1rms} \cdot \sqrt{1 + (THD_V / 100)^2} \cdot \sqrt{1 + (THD_I / 100)^2}} \quad (6-14)$$

En faktorisering av uttrykket blir gjort

$$pf_{true} = \frac{P_{avg}}{V_{1rms} \cdot I_{1rms}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (THD_V / 100)^2} \cdot \sqrt{1 + (THD_I / 100)^2}} \quad (6-15)$$

I forhold til dette uttrykket gjøres det to antakelser:

1. I de fleste tilfeller vil de gjennomsnittlige effektbidragene fra de overharmoniske komponenter være små slik at  $P_{avg} = P_{1avg}$
2. Siden  $THD_V$  vanligvis er mindre enn 10 %, vil vi se av (12) at  $V_{rms} = V_{1rms}$

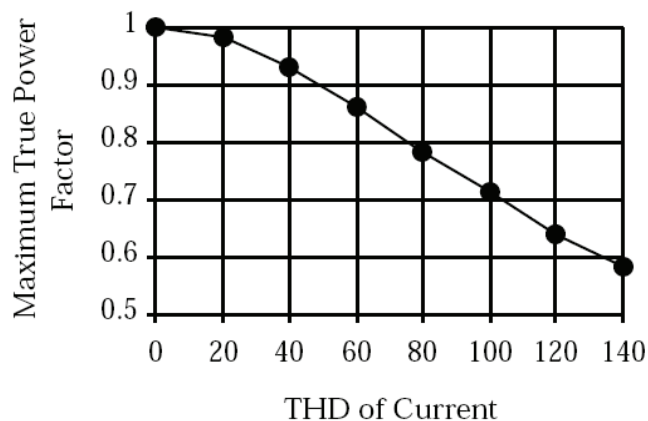
Implementerer vi disse to antakelsene inn i (15) vil følgende uttrykk for sann effektfaktor være gjeldende:

$$pf_{true} = \frac{P_{avg}}{V_{1rms} \cdot I_{1rms}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (THD_V / 100)^2} \cdot \sqrt{1 + (THD_I / 100)^2}} = pf_{disp} \cdot pf_{dist} \quad (6-16)$$

Fordi forskyvningseffektfaktor  $pf_{disp}$  aldri kan bli større enn 1, viser (16) at den sanne effektfaktor i uglatte sinusformete kurver har en øvre grense

$$pf_{true} \leq pf_{dist} = \frac{1}{\sqrt{1 + (THD_I / 100)^2}} \quad (6-17)$$

Likning (17) kan bli plottet og vi får en graf som Figur 6-2 viser:



Figur 6-2: Maksimum sann effektfaktor som funksjon av  $THD_I$  [8]

Enfase kraftelektronikk laster som PC'er kan ha høy forvrengning på sin sinusformete strømcurve. Av den grunn kan slikt utstyr få lav sann effektfaktor selv om forskyvningsfaktoren ( $\cos \phi$ ) er lik eller nær 1.

En løsning til å redusere overharmoniske komponenter er å benytte aktive eller passive filter, og ikke benytte kondensatorer som kan forverre situasjonen.

**Klirrfaktor – KF**

KF er et tall som viser tapet i transformatorer på grunn av harmonisk strøm. Høye harmonikkverdier påvirker klirrfaktoren mer enn lave harmonikkverdier. Følgende definisjon brukes i Fluke 43 B ved beregning av klirrfaktor:

$$KF = \frac{\sum h^2 \times I_h^2}{\sum I_h^2} \quad (6-18)$$

Der: h = harmonisk verdi  
I<sub>h</sub> = harmonisk strøm som en prosent av grunnfrekvensen



## 7 LYTEKNISKE ASPEKTER FOR VEIBELYSNING

I dette kapittelet presenteres litt teori rundt lystekniske aspekter for veibelysning. I hovedsak skal det sees på luminans og luminansjevnhet og beregningsmetoder for dette. Men det er også tatt med litt teori om blending, beregninger av synsnedsettende blending, beregninger av ubehagsblending og visuell føring.

### 7.1 Luminans og luminansjevnhet

For at vi skal kunne se et objekt på kjørebane, må dets luminans være forskjellig fra luminansen til bakgrunnen. Det må være en luminansforskjell eller en viss kontrast til stede.

Er bakgrunns luminansen  $L$  og objektets luminans  $L_0$  er kontrasten

$$C = \frac{|L_0 - L|}{L} \quad (7-1)$$

Den kontrasten som er nødvendig for et en skal kunne observere en gjenstand, er avhengig av bakgrunnens luminans på en slik måte at når den øker, reduseres den nødvendige kontrast mellom gjenstand og bakgrunn. Med økende luminans på veibanen øker også synshastigheten og synsskarpheten. Evnen til å se detaljer og former øker.

Ved omfattende undersøkelser er det funnet at viktige veier med stor trafikk bør ha et midlere luminansnivå på minst  $2 \text{ cd/m}^2$ , mens en kan gå ned til 1 og  $0,5 \text{ cd/m}^2$  for veier av lavere klasser og med mindre trafikk. Dette er driftsverdier som med godt vedlikehold trolig kan ligge maksimalt på ca 80 % av nyverdien. Nytt anlegg bør derfor gi minst 5/4 av forannevnte verdier. Imidlertid vil valget av lyskilder og armaturtyper kunne ha stor betydning for hvilken størrelse av vedlikeholdsfaktor en vil oppnå. Den vil i praksis ofte bli langt lavere enn 0,8.

Det er viktig for sikkerheten at også et tilstrekkelig område rundt veien blir belyst. Det er antatt at en bredde på ca. 5 meter på begge sider av kjørebane bør ha minimum 50 % av belysningsstyrken en har på de nærmest liggende 5 m. av kjørebane. Denne belysningen er blant annet nødvendig for å se personer og dyr i nærheten av kjørebane og den eventuelle fare dette bringer med seg.

Det er i praksis ikke mulig å lage et lysanlegg som gir 100 % jevn luminans på veidekket. For de ulike veiklasser er det av den grunn satt opp krav til luminansjevnhet. For å tilfredsstille disse kravene må anlegget ha riktig masteavstand og monteringshøyde ved gitt veidekke og armaturlysfordeling.

Tilstrekkelig jevnhet i luminansen er imidlertid nødvendig for å oppnå gode synsforhold og visuell komfort for trafikantene. Det er antatt at sammenhengen mellom luminansnivå og krav til jevnhet er slik at når nivået stiger, vil behovet for jevnhet bli mindre. Mange forhold vil spille inn når det gjelder jevnheten, ikke minst slitasje og værforhold. Et veidekke som har god jevnhet i tørr tilstand, kan i våt tilstand ha en meget dårlig jevnhet. Det er derfor bestemt at det skal være ulike krav til jevnhet for våt og tørr veibane.

For å gi tilstrekkelig synlighet er ”jevnheten overalt” gitt ved en minimumsverdi  $U_0 = L_{\min}/L$  hvor  $L_{\min}$  er den minste luminans og  $L$  er den midlere luminans over hele kjørebanelen, begge sett fra et observasjonspunkt som ligger tre fjerdeparter av kjørebanelbredden fra høyre veikant. Se tabell 2-7 under kapitlet om veinormalen for krav.

For å sikre visuell komfort, er jevnheten på langs,  $U_1$  langs senterlinjen for hvert kjørefelt, innført og er lik forholdet mellom minste og største luminans ( $U_1 = L_{\min} / L_{\max}$ ) langs senterlinjen i kjørefeltet, sett fra et observasjonspunkt på den samme linja.

## 7.2 Blending

Dersom det opptrer høye luminanser i synsfeltet kan blending oppstå. Det finnes to former for blending; synsnedsettende blending og ubehagsblending. Veibelysningen skal ha en slik utforming at den ikke blander trafikantene. Det skal utføres blendingskontroll for enhver belysningssituasjon. Se [2] for mer om blendingskontroll og blendingsklasser.

Synsnedsettende blending oppstår når en lyskilde sender lys direkte mot trafikantens øyne. Blendingslyset spres i øyet og legger seg over det skarpe bildet på netthinna. Dette medfører at kontrasten i bildet reduseres.

Ubehagsblending er en type blending som gir følelse av ubehag, reduserer synskomforten for trafikantene og kan virke trettende. En kraftig lysende armatur gir stor ubehagsblending.

Det kan forekomme blending fra armaturer som er for dårlig avskjermet. Veilysanlegg som er utformet etter gjeldene krav gir lite blending. Det er større problemer med blending fra møtende trafikk og andre lysanlegg. Dette gir dårligere trafiksikkerhet. Ved å øke belysningsnivået i veibelysningen vil virkningen av blendingen bli redusert. Lyskilder med små overflater og høy utsendt lysfluks øker sannsynligheten for blending.

En god veibelysning er en belysning med minimal blending. Ved blending vil øyets evne til å oppfatte konturer og detaljer korrekt bli redusert. Det kan derfor diskuteres om sikkerheten økes ved maksimal effekt på lysanlegget.

### 7.2.1 Beregninger av synsnedsettende blending

Virkningen av synsnedsettende blending er lik den en ville ha med en ekvivalent sløringsluminans  $L_v$  i synsfeltet. Sløringsluminansen finnes av formelen

$$L_v = k \cdot \frac{E_{bl}}{\theta^n} \quad (7-2)$$

Det er vanlig å sette  $k = 10$  og  $n = 2$ . Det gir

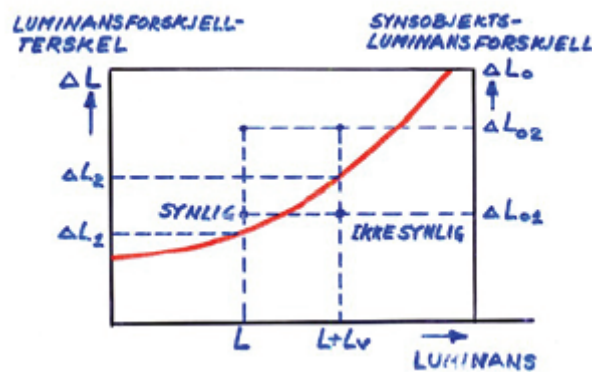
$$L_v = 10 \cdot \frac{E_{bl}}{\theta^2} \quad (7-3)$$

Av Figur 7-1 ser vi at når blendingen resulterer i en adaptasjonsluminans på  $L + L_v$ , istedenfor  $L$  når det ikke er blending, vil luminansforskjellstørrelsen stige fra  $\Delta L_1$  til  $\Delta L_2$ . En begrenset



blending vil resultere i en mindre økning i terskelverdien enn en større blending. For begrensning av synsnedsettende blending setter derfor CIE krav til maksimalt tillat økning i terskelverdien (Threshold increment, TI) i prosent av terskelverdien uten blending, se tabell X i kapitlet veinormalen. Hvis terskelverdien uten blending er  $\Delta L_1$  (for adaptasjonsluminans  $L$ ) og terskelverdien med blending er  $\Delta L_2$  (adaptasjonsluminans  $L + L_v$ ), vil økningen i luminansforskjellsterskelen i prosent være:

$$TI = \frac{\Delta L_2 - \Delta L_1}{\Delta L_1} \cdot 100\% \quad (7-4)$$



Figur 7-1: Luminansforskjellsterskel  $\Delta L$  uten og med synsnedsettende blending [1]

Den relative terskeløkningen TI kan med god tilnærming beregnes etter formelen:

$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{L^{0,8}} [\%] \quad (7-5)$$

Det forutsettes at  $L$  ligger i området  $0,05 - 5 \text{ cd/m}^2$ .

På grunn av avskjerming fra biltaket begrenses synsvinkelen til ca  $20^\circ$  med horisontalen, og det betyr at armaturer som sitter over denne vinkelen ikke skal taes med i blendingsberegningen. Videre er det forutsatt at bilføreren ser mot et punkt på veien 90 m. foran seg og like langt fra veikanten som han er selv.

Den samlede blendingen bestemmes ut fra summen av sløringsluminans fra de enkelte lyskildene som sitter i synsfeltet.

## 7.2.2 Beregninger av ubehagsblending

Følgende formel har vært benyttet for beregning av et blendingstall  $G$  hvor alle bestemmende parametere er tatt med:

$$G = 13,84 - 3,31 \log I_{80} + 1,3(\log I_{80} / I_{88})^{0,5} - 0,08 \log I_{80} / I_{88} + 1,29 \log F + 0,97 \log L + 4,41 \log h' - 1,46 \log p \quad (7-6)$$

Her er:

$I_{80}$ og $I_{88}$	Armaturenes lysstyrke i en vinkel på $80^\circ$ , henholdsvis $88^\circ$ , med vertikalen, målt i et vertikalplan parallelt med veiens akse (cd).
$F$	Armaturenes tilsynelatende areal sett i en vinkel på $76^\circ$ med vertikalen i et vertikalplan parallelt med veiens akse ( $m^2$ ).
$h'$	Armaturens monteringshøyde over øyehøyde (m). Når $h$ er monteringshøyde over veien, er $h' = h - 1,5$ (m)
$L$	Veiens middelluminans ( $cd/m^2$ )
$p$	Antall armaturer pr. km veistrekning

Sammenhengen mellom blendingstall, beregnet etter formelen, og den subjektive følelse av blending er gitt ved følgende skala:

$G = 1$	Uutholdelig blending
$G = 3$	Sjenerende blending
$G = 5$	Så vidt tillatelig blending
$G = 7$	Tilfredsstillende blending
$G = 9$	Umerkkelig blending

Hvis en ser på formelen for blendingstallet  $G$ , så gjelder de første leddene bare armaturen og dens lystekniske og geometriske egenskaper. De fem første leddene i formelen kan derfor samles i en armaturindeks  $SLI$  /Specific Lantern Index) som armaturleverandøren kan beregne og oppgi. Formelen for blendingstallet blir da:

$$G = SLI + 0,97 \log L + 4,41 \log h' - 1,46 \log p \quad (7-7)$$

Ved beregning av ubehagsblending vil en i praksis kunne støte på flere spørsmål som den forholdsvis enkle redegjørelsen her ikke gir svar på. En kan i så fall se nærmere på CIEs tekniske rapport nr. 31, som behandler spesielt blending og jevnhet i veibelysning.

### **7.3 Visuell føring**

Visuell føring har vært definert som resultatet av de samlede tiltak som er med på å gi den veifarende et utvetydig og raskt oppfattbart bilde av veiens og kjørefeltets forløp i en tilstrekkelig stor avstand avhengig av sikker kjørehastighet for veistrekning.

Veibelysningens visuelle føring vil kun bli kommentert om det er behov for å utføre nødvendige tiltak for å opprettholde god sikkerhet langs veien.

### **7.4 Luminansberegning i veibelysning**

For de fleste veianlegg gjelder luminanskrav. I dette prosjektet er det gjort undersøkelser som vurderer de målte luminansnivåene på utvalgte veier, mot luminanskravene. Metoden for luminansberegninger er beskrevet nærmere i neste kapittel. Metoden går ut på å ta fotografi av beregningsområde, for så videre å benytte et beregningsprogram som beregner luminansnivåer. I denne delen skal vi se på plassering av observatørpunkt, hvor fotografiene skal taes fra i forhold til beregningsområde og masteplassering.

Hensikten er å finne luminansene i et tilstrekkelig stort antall punkter i et fastlagt beregningsfelt. Antall og plassering av beregningspunktene i feltet og plassering av observatøren er fastsatt (CIE-publikasjon nr. 30-2) for å sikre entydige resultater [6].

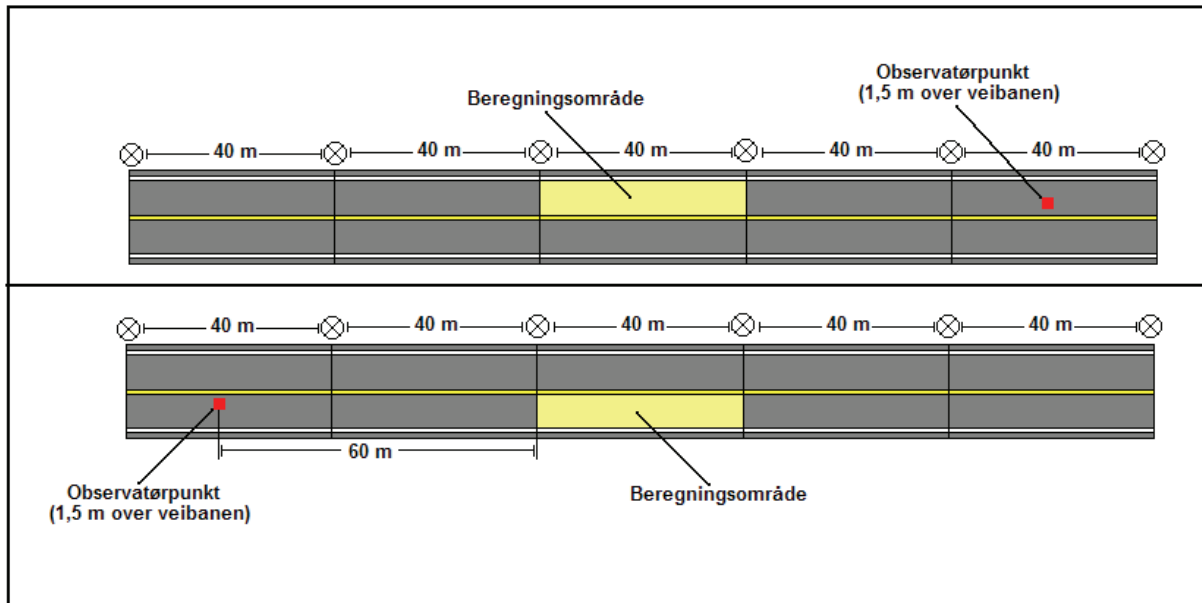
Ved å benytte den metoden som er benyttet i dette prosjektet vil antall punkter i beregningsfeltet være bestemt av bildet som blir tatt, og størrelsen av beregningsområde. Et gjennomsnittlig beregningsområde vil være i størrelsesorden 40 x 3 meter. Da vil vi typisk få ca. 3000 punkter som det blir beregnet luminansverdier for. Programmet vil videre finne gjennomsnittlig luminans, minste luminans og høyeste luminans for disse punktene. Denne metoden beregner luminans for mange flere punkter enn det som er fastsatt i CIE-publikasjon nr. 30-2. Se [6] side 62 og 63 for beskrivelse av beregningspunkt fastsatt av CIE-publikasjon nr. 30-2.

Observasjonspunktene (observatørposisjonene) skal være 60 m bak den første tversgående rekke av punkter og 1,5 m høyde over veibanen [6].

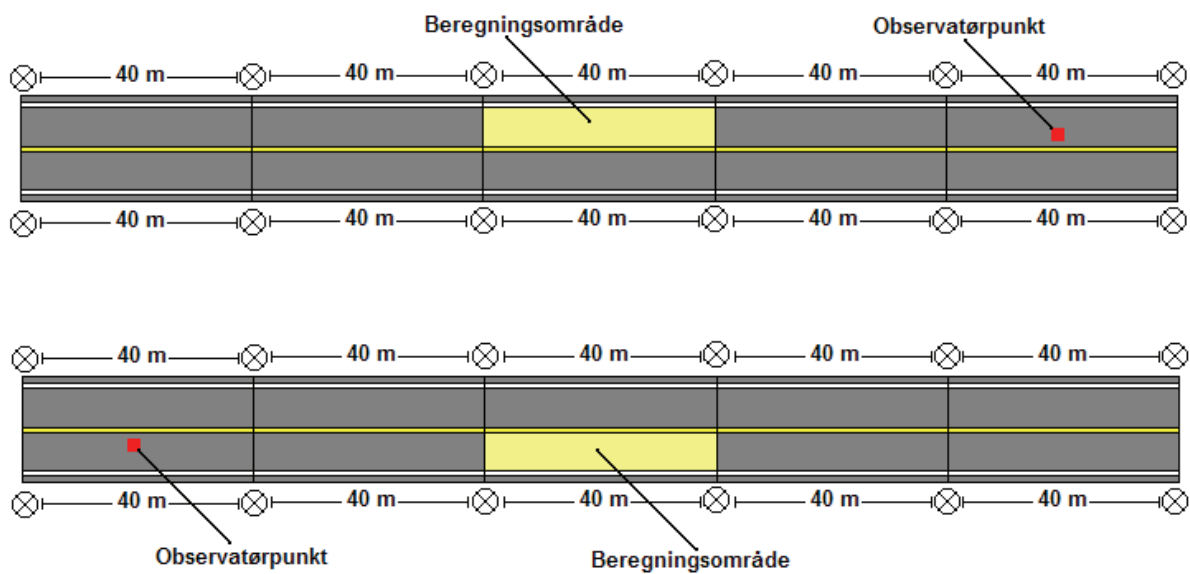
Sideveis plassering av observasjonspunktene [6]:

- For beregning av middel-luminansen  $L_m$  og luminansjevnheten overalt  $U_o$ : En fjerdedels veibredde fra høyere veikant.
- For beregning av luminansjevnheten på langs  $U_l$ : På senterlinjen for hvert kjørefelt.

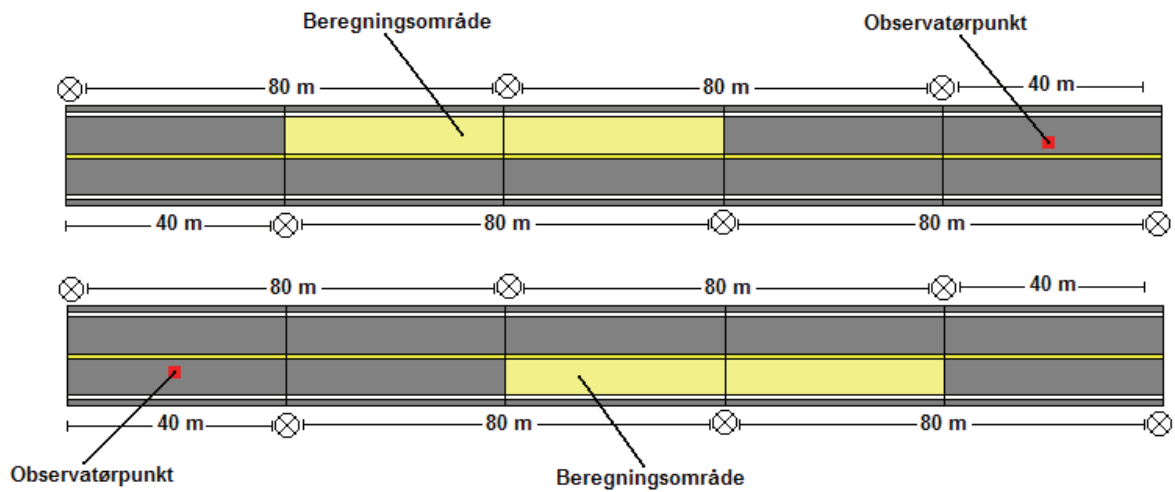
Figur 7-2, Figur 7-3 og Figur 7-4 viser hvordan beregningsområdet velges med hensyn til masteplassering.



Figur 7-2: Observatørposisjoner og beregningsområder for rett veistrekning og ensidig armaturplassering



Figur 7-3: Observatørposisjoner og beregningsområder for rett veistrekning og tosidig armaturplassering



**Figur 7-4: Observatørposisjoner og beregningsområder for rett veistrekning og sikksakk armaturplassering**



## 8 LMK mobile advanced

– based on the Canon EOS 350D digital reflex camera



Figur 8-1: Kamera brukt til luminansmåling av veibaner

I dette kapitlet kommer en beskrivelse av en metode for luminansmåling av veibaner. Metoden dreier seg om å ta et bilde av et område i veibanen som skal måles. Dette bilde skal behandles i et bildebehandlingsprogram (LMK 2000 mobile advanced). Programmet beregner luminansnivåene i det utvalgte område i bildet.

Hvordan bildet skal bli tatt, og hvordan bildet skal bli behandlet i programmet er beskrevet i dette kapitlet.

### 8.1 Kamera innstillinger

For å kunne ta bilder som skal brukes til luminansmålinger må fotografikameraet være innstilt og tilpasset formålet. Vi skal videre gå igjennom noen punkter som er relevante for å ta bilder som ligger til grunn for å gjøre gode luminansmålinger. Informasjonen er hentet fra manualen LMK mobile adv.

#### 8.1.1 Apertur (blenderåpning)

Kameraet er kalibrert for luminansmålinger med tilpasset apertur mellom  $F4 \leq Fx \leq F11$ . For disse aperturverdiene vil en kompensasjon for den vignetterende effekt (skyggedannelse som kan oppstå i yterpartiene eller langs kanten av film eller plate) på innsiden av linsen bli utlignet (skygge kompensasjon).

#### 8.1.2 Fokal lengde (brennpunkt lengde)

Kameraet kan bli brukt med alle fokallengder (18 – 50 mm) som Sigma lens tilbyr.

### **8.1.3 Bilde**

For å ta et bilde som skal benyttes til en luminansmåling må kameraet være innstilt til enten "Manual capture mode", "M", eller til "Aperture priority mode" "Av". I disse to modusene kan aperturen velges manuelt mellom F4 og F11. Ved å benytte Av-modus vil kameraet automatisk velge en eksponeringstid som er passende til lysheten av objektet som det skal taes bilde av.

### **8.1.4 Bildekompresjon**

Når et bilde som skal brukes til luminansmåling skal taes, må funksjonen for kompresjon være riktig innstilt. Bilde må lagres i RAW eller RAW+L format. Dette er et ukomprimert format. Bilder som blir tatt og lagret i komprimert (JPG) format vil ikke kunne bli evaluert for luminansmålinger.

### **8.1.5 Skitt og smuss på linse**

Nøyaktige måleresultater kan bare bli oppnådd ved å benytte rene linser. Urenheter på linsa, som støv, smuss og fingermerker, forårsaker raskt feilmålinger på mer enn 2 %.

### **8.1.6 HighDyn målinger**

Funksjonen "HighDyn", som finnes i LMK-programvaren, forstørker den dynamiske rekkevidden ved å utnytte AEB-funksjonen (Auto Exposure Bracketing) på kameraet. Hvis eksponeringstiden automatisk endres i Av-modus eller i M-modus vil kameraet være i stand til å endre eksponeringen fra  $\pm 2$  (EV) i 1/3 steg for tre vellykkede bilder. Dette blir kalt auto eksponering inndeling (AEB). En eksponeringsserie på 3 bilder blir satt sammen til et bilde. Den maksimale dynamiske rekkevidden består av  $\pm 2$  eksponeringsverdier (EV). Den første eksponeringstiden i eksponeringsserien kan passende bli valgt mellom  $1/1250 \text{ sek.} \leq T_i \leq 8 \text{ sek.}$  Denne innstillingen må gjøres hver gang kameraet blir påslått. Ved å holde utløserknappen inne i en lengre tid, vil kameraet automatisk ta 3 bilder i AEB modus.

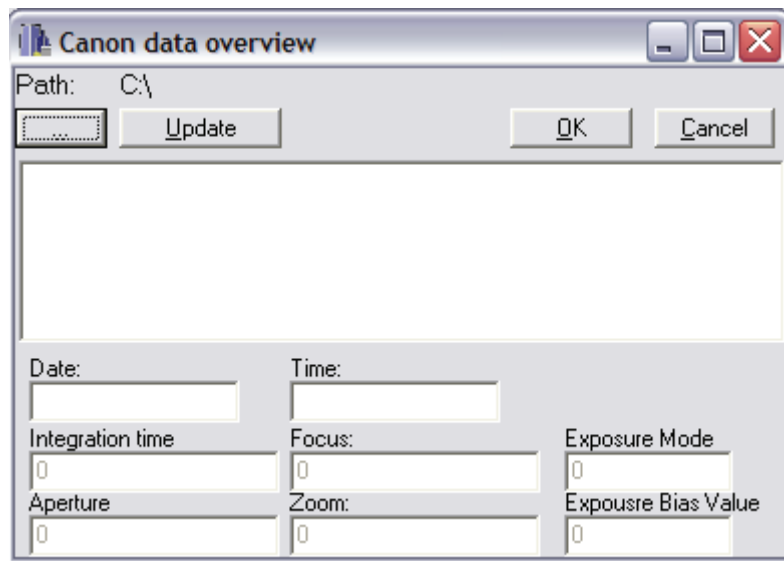


## 8.2 LMK2000 – Programvare

Dette avsnittet handler om hvordan man skal gå frem for å kunne evaluere luminansen av objektivet som er tatt med Canon EOS 350D digital reflex camera. Punkt 1 er å transportere bildene eller rådataen (CR2 filene) fra kameraet og inn i en mappe på PC'en.

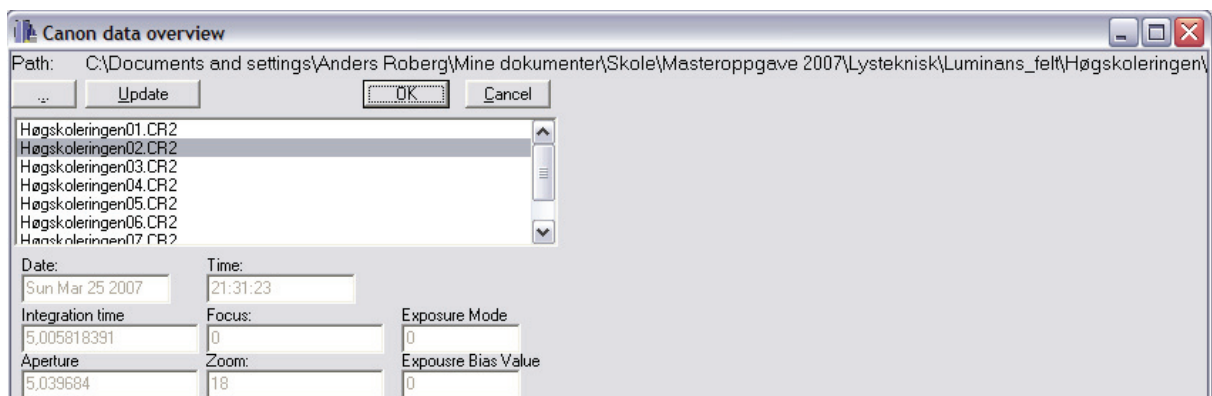
### 8.2.1 Valg av bilder for evaluering

Etter å ha valgt HighDyn under folderen "Capture" i menyen vil følgende bilde dukke opp:



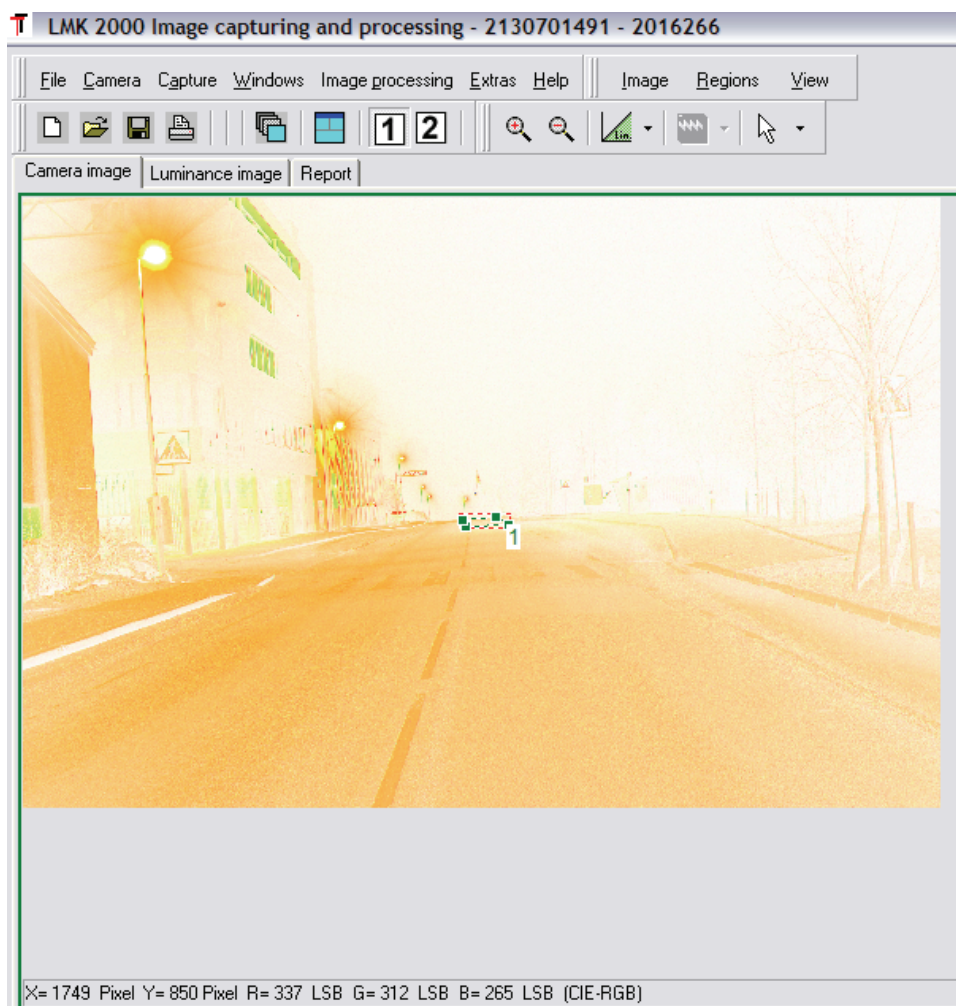
**Figur 8-2:** Figuren viser menyen som kommer opp ved å velge HighDyn under Capture-menyen i LMK2000

Ved å trykke på knappen "..." øverst til venstre i menybildet kan du åpne mappen der bildene for evaluering er lagret. Åpn deretter det bildet som skal evalueres. Alle CR2 filene som ligger i mappen vil nå komme frem i menybilde:

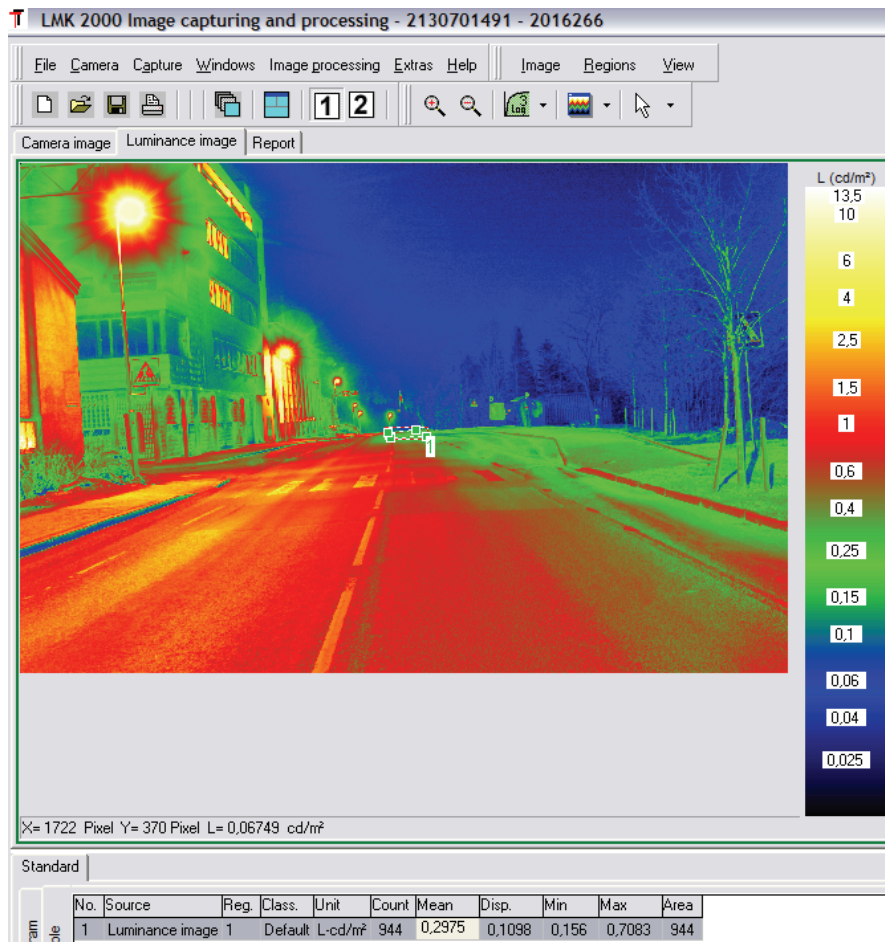


**Figur 8-3:** Figuren viser hvordan HighDyn menyen ser ut når mappen med CR2-filer åpnes

Velg det bildet som skal evalueres og trykk OK. Det valgte bildet vil nå bli hentet opp og bli presentert både som kamerabilde og som luminansbilde i hovedvinduet.



**Figur 8-4:** Figuren viser kamerabildet i hovedmenyen i LMK2000



Figur 8-5: Figuren viser luminansbildet i hovedvinduet i LMK2000

Når vi har fått åpnet et bilde for evaluering gjelder det å merke ut det område i bildet som skal evalueres, om ikke hele bildet skal evalueres. Ved å trykke på "Regions" under menyvalget, og videre på "New region" kommer det frem alternativer for valg av område. I bildet over er det valgt å benytte polygon. Da kan det eksakte område velges ut. I Figur 8-5 kan vi se at det er valgt ut et område merket 1. Dette er et område som ligger ca. 60 meter foran kameraplasseringen i veibanen. Nederst i Figur 8-5 ser vi resultatene av måleområdet. I dette måleområdet ligger det 944 målepunkt. Gjennomsnittsluminansen er beregnet til 0,2975  $\text{cd/m}^2$ , minimumsverdien er 0,156  $\text{cd/m}^2$  og maksimalverdien er 0,7083  $\text{cd/m}^2$ .

Når området som skal evalueres skal merkes lønner det seg å zoome inn slik at avmerkingen blir så nøyaktig som mulig. På høyere side av Figur 8-5 ser vi en skala, Denne skalaen kan endres etter lysheten av bilde. Dette gjøres ved å trykke på skaleringsknappen som finnes i oppgavelinja.



## 9 STYRING AV VEILYS

Vellykket drift av et veilysanlegg avhenger av å ha et godt styresystem. Styresystemets hovedfunksjon er å tenne og slukke anlegget til riktige tidspunkt. Veilyset skal tennes ved skumring når dagslyset ikke lenger gir sikre synsforhold, og skal slukkes når dagslyset kommer tilbake.

Flere ulike strategier for å styre veilyset er utarbeidet, blant annet i tidligere prosjekter ved NTNU. Den mest benyttede metoden er bruk av fotocelle som bestemmer tenning/slukking [6]. For større, sammenhengende veilysanlegg brukes gjerne en sentralt plassert fotocelle for styring av veilyset. Bruk av astronomisk ur er en annen strategi. Luminansmeter er en tredje strategi som optimaliserer tenning/slukking ut i fra luminanskravet som er satt på veien. Med tanke på å tenne/slukke veilyset på riktig tidspunkt er dette den beste metoden siden luminans på veien er brukt som kriterium.

Strategier for styring av veilyset:

- Fotocelle
- Astronomisk ur
- Luminansmeter

**Styring** er en bevisst påvirkning av en prosess som konsekvens av bestemte skal verdier. Styring gjelder utøvelse av kommandoer som av/på. Styrekommandoer ledsages vanligvis av positiv tilbakemelding (driftsmelding) om at styrt objekt har utøvet ønsket funksjon/handling. Styring kan foregå manuelt eller ved f. eks. setpunkt-/trinnstyring ved hjelp av sensorer (luxmeter) eller ur [10].

### 9.1 *Generelle styrestrategier*

#### 9.1.1 **Fotocelledrift**

En fotocelle styrer et lysanlegg ved å måle belysningsstyrken i lux. Fotoceller monteres normalt vertikalt vendt mot nord, slik at de i hovedsak måler vertikal belysningsstyrke, selv om horisontalt hadde vært styringsteknisk bedre. Grunnen til at de ikke blir montert horisontalt er de vedlikeholdsmessige vanskeligheter dette fører med seg. Fotocellen kan være montert lokalt tilknyttet den enkelte fordeling, eller tilkoblet et sentralt styresystem som gir kommandoer til flere fordelinger langs veiene. Benyttelse av en fotocelle som styrer flere områder, innebærer i mange tilfeller at det er lite sammenheng mellom behovet for lys og systemet som styrer det.

Ut i fra innstilte nivåer på fotocellen slås lyset av/på. Eksempelvis tenner veibelysningsanlegget i Oslo på ca. 20 lux og slukker på ca. 50 lux via et sentralt styresystem. Slukking skal generelt skje på et høyere luxnivå enn tenning (kan variere noe relatert til lokale forhold) [4]. Dette hindrer anlegget i å tenne/slukke gjentatte ganger i samme tidsperiode slik at anlegget blir stående å blinke.

Fotoceller vil være fordelaktig i forhold til styring med ur da de styrer lyset etter det faktiske lysnivået. Dette vil gi en bedre lysstyring i de tilfeller der anlegget er justert inn riktig. Da vil fotocellen gi en fornuftig styring der armaturene sender ut lys når det er behov for det. En ulempe med fotoceller i forhold til ur er at de krever mer vedlikehold. Skal fotocelle benyttes bør det velges en fotocelle av høy kvalitet som overvåkes av parallelle fotoceller.

### **9.1.2 Astronomisk ur**

Et astronomisk ur er en klokkefunksjon som styres ut fra solas posisjon på himmelen. Astronomiske ur programmeres slik at du forteller hvor på kloden det skal styre lyset (geografisk plassering). Da vet uret alle tidspunkter for soloppgang og solnedgang. Ofte er det slik at uret kan programmeres til å styre lyset etter andre valgfrie klokkesletter. Det kan være aktuelt som tiltak for å redusere energibruken. Det finnes flere metoder for bruk av astronomisk ur: Astronomisk ur uten dimming, astronomisk ur med ett dimmenivå og astronomisk ur med flere dimmenivå. I Trondheim vil det i første omgang kun være aktuelt å benytte astronomisk ur uten dimming. Anlegget består i stor grad av armaturer med konvensjonell forkobling.

### **9.1.3 Styring ved hjelp av luminansmeter**

Veinormalen setter krav til luminansen på veien ut i fra hvilken belyningsklasse veien tilhører. Det er nettopp dette som ligger til grunn for utviklingen av styring av veilyss ved hjelp av luminansmeter. Det at forholdene på veiene hele tiden forandres, vil medføre at behovet for veibelysning forandres. Å bruke denne styringsstrategien vil optimalisere energiforbruket i forhold til å hele tiden tilfredsstillende kravene som er satt til veibaneluminansen.

Styring ved hjelp av luminansmeter er hovedsakelig tiltenkt i et intelligent/dimbart veilyssystem. Luminansmeteret kan også benyttes i et konvensjonelt anlegg. Luminansmeteret krever da enten en innebygd kompilator eller en enhet (PLS) som behandler luminansmeterets analoge utgangssignal og gir et av/på signal på utgangen. Denne løsningen er utprøvd i liten grad.

### **9.1.4 Områdetenning kontra sentraltenning**

I Oslo er det installert 20 fotoceller som avleses fra sentralt hold. Det er valgt å benytte kun 4 av disse for sentral styring av veilysanlegget. Det vil si at 4 fotoceller gir alle tenning/slukking kommandoer til Oslo sine ca 70 000 veilyss. Skulle en av fotocellene falle ut av drift, har de muligheten, siden de har hele tiden 16 fotoceller de avleser og ikke bruker, til å bruke signalet fra en av disse andre. Et spørsmål og avveining er om disse står for de representative lysforholdene for de områdene de representerer. Samtidig er det en sterk grunn at sentraltenning gir et enhetlig preg på veibelysningen når de i et og samme område tennes og slukkes likt.

De fleste veilyssanlegg i Norge blir styrt ved hjelp av fotoceller der sentraldistribuering av signalet er mest vanlig.

## 9.2 Overføring av styresignaler – ulike kommunikasjonskanaler

Det teoretiske grunnlaget for overføring av data er nødvendig for å forstå mediets muligheter og begrensninger. Ved valg av kommunikasjonskanal for styring av veilyks må forskjellige faktorer og ulike forhold vurderes opp mot hverandre. Til styring av veibelysning vil ikke overføringshastigheten av data være av viktigste kriteri, men derimot pålitelighet og kostnader forbundet med mediet. Ved styring av veilyks skal man tenke på at styringskommandoene skal transporteres over et totalt sett relativt stort område.

Ledningsløse nett har enorme fordeler. Den største fordelen i sammenheng med bruk til styring av veibelysning er at sårbarheten i forhold til brudd på styrekabel er eliminert. Den største årsaken til feil i veilysanlegget i Trondheim er brudd på styrekabler som følge av gravearbeid. En annen fordel med ledningsløs kommunikasjon er kostnadsbesparelsen i forhold til kabling. I byområder og tettbebygde strøk er det ekstra store kostnader i forhold til kabling og derfor større gevinst ved bruk av ledningsløs kommunikasjon. Men ledningsløse nett har også ulemper som gjør de sårbare. Det dreier seg da om problematikk forbundet med sikkerhet.

Styresignaler må bli overført fra styringens kommandogiver (fotocelle, luminansmeter, driftssentral eller astronomisk ur) til tennskapene rundt om i anlegget. Mediet eller kommunikasjonskanalen bør ha høy pålitelighet. Uteblir styringssignalet som følge av feil, vil ikke veilyset tenne/slukke som det skal.

Strategier:

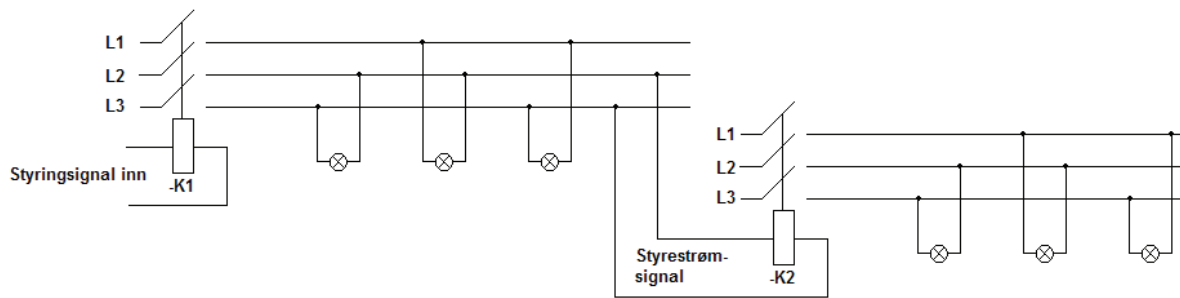
- Tvunnet trådpar – datakabel – Et eksempel er seriell RS-232
- Lavspent 230 V strømkabel (kontaktorstyring)
- Radio
- GSM/GPRS
- Telefon
- Fiberoptisk kabel
- Powerline

**Tvunnet trådpar:** Tvunnet trådpar er en metode for datakommunikasjon der to ledere er tvunnet sammen med den hensikt å fjerne elektromagnetisk interferens. Metoden gjør at tapet blir mindre enn ved rette ledninger.

**RS-232:** RS-232 er i telekommunikasjonen en standard for seriell sammenkobling mellom en dataterminal (DET) og datakretsløpsterminerende utstyr (DCE).

**Lavspent 230 V strømkabel:** I Trondheim blir gatelyset styrt av et styresignal som går på lavspent 230 V styrekabel. Dette styresignalet benyttes i kontaktorstyring. Se neste side.

## Kontaktorstyring (kaskadekobling)



Figur 9-1: Prinsipp for kontaktorstyring av veilys

En kontaktor blir koblet inn ved hjelp av en fotocelle eller en annen styring. Denne kontaktoren tenner armaturene som er tilkoblet denne kursen. Spenningen går videre til neste kontaktor. Denne kontaktoren har gjerne en innebygd tidsforsinkelse for å forhindre at svært mange lyspunkt skal tenne samtidig, som igjen vil være ugunstig for el-nettet. Styrestrømsignalet til kontaktor 2 kan enten komme på rene kabler mellom skap, eller på kabler med belastning som figuren viser. Kontaktor 2 kobler inn ny spenning (frisk spenning) til denne kursens armaturer. Dette systemet kan fortsette/spres over så stort område som ønskelig. Dette er en billig og enkel måte å styre armaturene på. Systemet er sårbart ved at brudd på styrestrøm i nærheten av kontaktor 1, vil gi følgefeil til det resterende påhengende anlegget. Store deler av anlegget kan få utfall om systemet er basert på få inngående styringssignaler.

**Radio:** Kommunikasjonsmediet er elektromagnetiske bølger som går gjennom rommet (luft like godt som vakuum). Teknologien tillater sending av signaler ved å modulere elektromagnetiske bølger. Radioteknologien finnes i mange former, blant annet i ledningsløse nettverk, mobilkommunikasjon i alle former, samband, Mobitex og i kringkasting. Kapasiteten er stor, men mange frekvenser er allerede i bruk. Dette gjør at det er vanskelig å få en frekvens til eget bruk. Dette gjelder hovedsakelig ved bruk av radiosamband. Ved bruk av mobiltelefon (GSM teknologi) eller Mobitex vil ikke dette være noe problem – kapasiteten er stor nok [11]. Fordelen ved bruk av radio er som kjent at systemet er ledningsløst. Særlig i områder hvor det er tett bebyggelse og vanskelige forhold for å legge kabel vil radio være fordelaktig.

I prosjektet har jeg vært i kontakt med Pål Johannes Larsen som jobber i Norconsult (2007) og har god kjennskap rundt veibelysning. Han ga følgende svar på spørsmålet om radiokommunikasjon er egnet til styring av veilys:

*"Når det gjelder bruk av radiokommunikasjon ser jeg absolutt dette som et godt alternativ i fremtiden. Ser spesielt potensialet i det å styre "slave skap" fra et sentralt skap som kan ha kommunikasjon "inn" på et raskere medium. Problemet jeg ser med dette er brukbare referanser på pilotprosjekter. Når det gjelder radiokommunikasjon og veilys er det 2 leverandører i Norge som har vært mest på banen for å fronte radio. Det er Datek og Urbis.*

*Datek har et pilotprosjekt i Drammen i Kreftingsgate med ca. 50 armaturer. De har hatt noen tekniske problemer med anlegget, men skal etter de siste rapportene nå være oppe å gå.*



*Problemene har riktignok ikke vært konkret med radiokommunikasjonen, men snarere med andre ting rettet mot samspill mellom ballast og styreelektronikk.*

*Urbis i Norge har som sagt også vært på banen når det gjelder bruk av radiokommunikasjon i veilysanlegg. Nå har ikke de selv kompetansen eller produktene på dette område, men de samarbeider med et engelskbasert selskap LeafNut og Harvard electronic.”*

Se vedlegg C for mer informasjon om radio.

### **GSM – Global System for Mobile Communications**

GSM er et cellenettverk som betyr at mobiltelefoner og andre trådløse enheter kompatible med GSM kan koble seg opp og søke etter celler i nærområde. GSM nettverket opererer i fire forskjellige frekvensområder. Flesteparten av GSM nettverkene opererer i 900 MHz båndet eller i 1800 MHz båndet.

I Skandinavia er 400 MHz og 450 MHz båndene mye brukt.

GSM-systemet benytter 124 par enveiskanaler med tidsdelt multipleksing. Brukerne kommuniserer med basestasjoner som igjen kommuniserer videre. Mobiltelefoni kan benyttes til en rekke datatjenester, og dataratene er mer enn stor nok til styring av veibelysning. Ulempen vil være kostnadene med bruken. Spørsmålet er om det vil være lønnsomt å benytte GSM-systemet til styring av veily.

**Telefoni:** Telefoni er et gammelt, velbrukt og velutviklet system. Telefoni benytter seg av sentraliserte svitsjer for å unngå å trekke linjer mellom alle abonnentene. Ut til abonnentene går det tvunnet trådpar. Systemet har høy kapasitet. Det betales for tilknytting, leie og bruk av nettet. Er det bare bruk for et signal ut til en mottaker, kan ringesignalet brukes direkte. Er det flere forskjellige meldinger til samme mottaker, må meldingene sendes etter at det har blitt forbindelse. Televerkets linjer er stort sett digitalisert. Dermed kan det sendes digitale koder mellom sentralen og tennpunktene [11].

**Fiberoptiske kabler:** Ved fiberoptisk kommunikasjon sender senderen signal gjennom kablen i form av lysbølger. Disse signalene blir fanget opp hos mottakerne. To store fordeler med disse kablene er at det blir galvanisk skille og at de ikke forstyrres av elektronisk støy. Kapasiteten er stor og det lille tapet gjør at signalene kan transporteres over stor avstander [11]. Kablene er svært tynne og lette, og en stor ulempe er at de lett kan skades. Blir det brudd på en fiberkabel er det vanskelig å skjøte, men det er mulig. Tilkoblinger fører til lystem og svekket signalstyrke og er av den grunn en begrensning.

**Powerline:** Denne kommunikasjonskanalen baserer seg på å sende informasjon over elnettet på enten høyspent nivå eller lavspenningsnivå. Senderen legger et signal med høyere frekvens enn 50 Hz på høyspent eller lavspenningsnett. Signalet blir hentet opp hos mottakere ute i nettet. Ved lave frekvenser vil signalet gå igjennom transformatorer, men ikke ved høye frekvenser. Dette kommer av at den induktive motstanden i transformatorene øker med frekvensen. Det kan sendes flere ulike frekvenser samtidig. Hvis signalet består av en kode som består av et antall bits, vil lave frekvenser bruke lenger tid på å overføre signalet enn høyere frekvenser.



## 10 VEILYSANLEGGET I TRONDHEIM - KATEGORISERING

Trondheim kommune er eier av vei- og gatelysanlegget i Trondheim. Fra 1.1.2005 ble eiendomsretten til gatebelysningen i Trondheim overført fra TEV Nett til Trondheim kommune. Dette dreier seg om ca 21 500 lyspunkt med tilhørende gatelyskabler og linjer. Trondheim kommune har inngått en 5-årig rammeavtale med Trondheim Energiverk Nett AS om utførelse av drift- og vedlikeholdstjenester for gatelyset. Dette omfatter administrasjon, tilsyn, reparasjon og vedlikehold.

På Trondheim kommunes internett side [7] kan vi lese følgende om drift og vedlikehold av vei- og gatelyset i Trondheim:

”Den generelle situasjonen for veilyset i Trondheim er at standarden er god både for drift og vedlikehold. Belysningskvaliteten er godt ivaretatt i forhold til veinormalens lystekniske krav. Det holdes videre et godt nivå på fornyelsen av lyspærer, armaturer, master linjer og kabler. Det kan blant annet nevnes at Forurensningslovens krav om utskiftning av PCB-holdige armaturer er tilfredsstillt.”

I kommunens avtale om drift og vedlikehold av vei- og gatelyset inngår blant annet følgende tjenester:

- Årlig kontroll av alle lamper. Mørke lamper blir skiftet.
- Periodisk utskiftning av lamper etter 4 års driftstid.
- Periodisk utskiftning av armaturer etter 30 års forventet levetid.
- Periodisk utskiftning av master/stolper etter 50 års forventet levetid.
- Fornyelse av gatelyskabler der annen graving pågår.
- Reparasjon av skader og feil i gatelysnettet.

### 10.1 Status

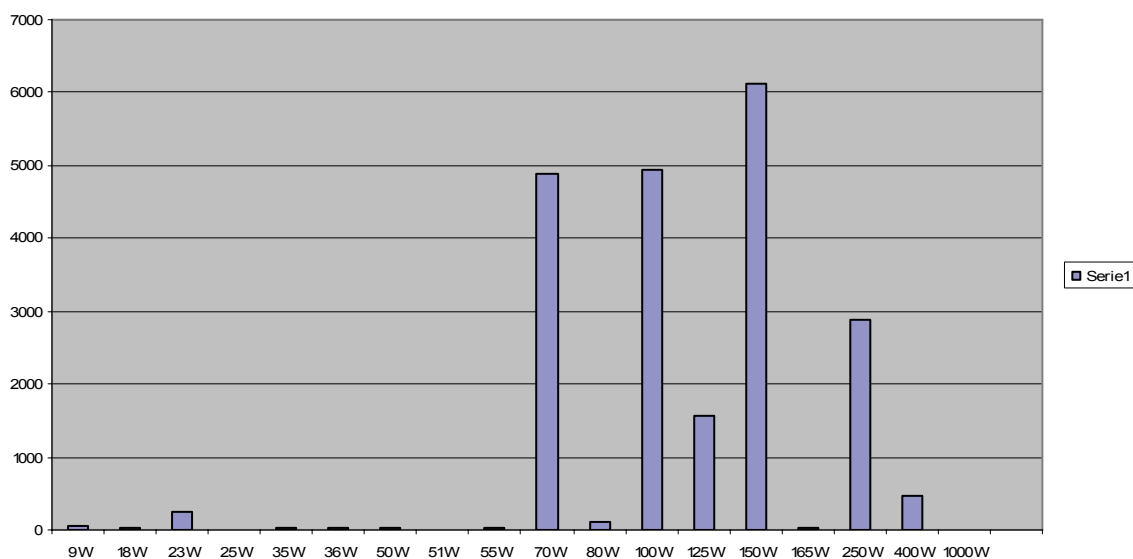
Ut i fra et Excel ark som er utarbeidet av TEV Nett (heter nå Trondheim energi) kan vi se på status av veilysanlegget i Trondheim. Excel arket beskriver adresse, mastenummer, armaturtype, effekt, lampetype, matetype, fundamenttype, masteavstand, antall lamper i armatur, installert effekt, rutenummer, eier av anlegget og monteringsdato for anlegget. Hvor godt oppdatert dette Excel arket er, er uvisst, men det vil likevel gi en indikasjon på tilstanden av anlegget.

## 10.2 Lampeeffekter

Figur 10-1 og Tabell 10-1 viser en oversikt over lampeeffekter for veilysanlegget i Trondheim. Ut i fra figuren og tabellen kan vi se at det er effektene 70 W, 100 W og 150 W som er dominerende. Deretter ser vi at 250 W og 125 W er mest brukt.

**Tabell 10-1:** Tabellen viser de ulike lampeeffektene som er benyttet i veilysanlegget i Trondheim og hyppigheten.

Effekt	Antall		Lampetype
9 W	58	29 x 2	Sparepære
18 W	34	17 x 2	Sparepære
23 W	257	(120 x 2) + 17	Sparepære
25 W	2		SL-P (lavtrykknatrium)
35 W	19		CDM (metallhalogen)
36 W	34		SL-P (lavtrykknatrium)
50 W	27		HQL (kvikksølv)
51 W	1		HQL (kvikksølv)
55 W	41		QL (induksjonslampe)
70 W	4877		NaH + CDM + HQL
80 W	100		HQL (kvikksølv)
100 W	4943		NaH (høytrykknatrium)
125 W	1560		HQL (kvikksølv)
150 W	6119		NaH + (CDM)
165 W	37		QL (induksjonslampe)
250 W	2873		NaH + HQL
400 W	471		NaH + HQL
1000 W	2		Lyskastere
<b>Totalt</b>	<b>21455</b>		



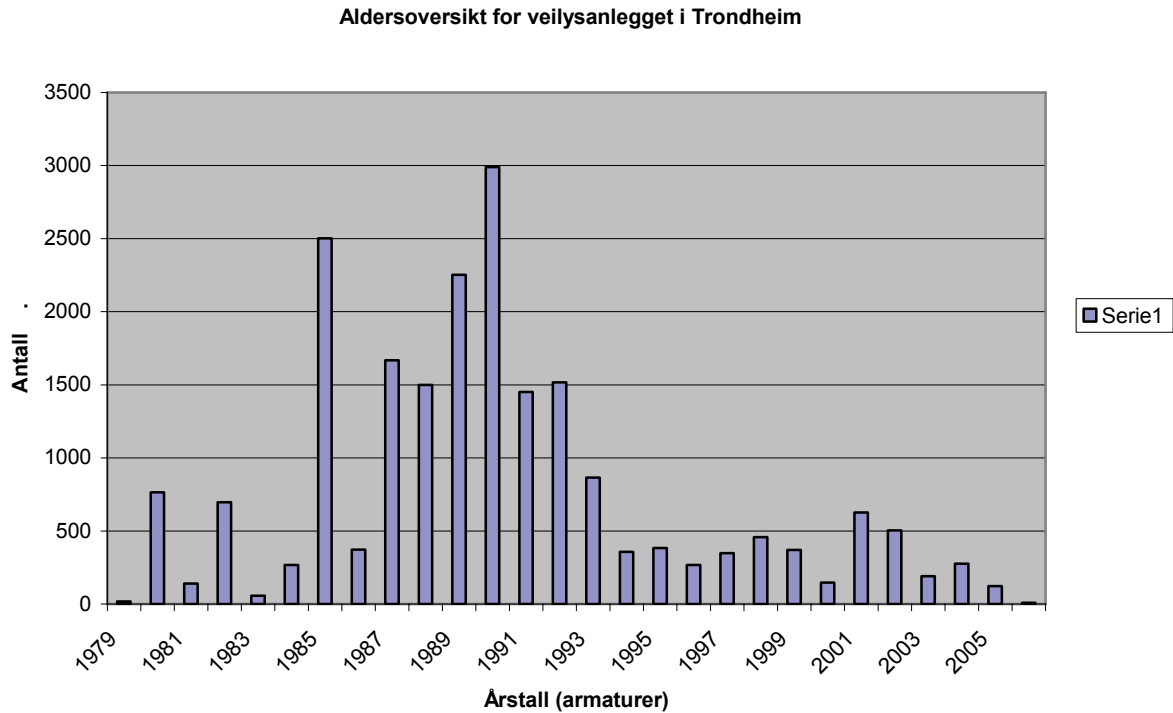
**Figur 10-1:** Figuren viser lampeeffekter for veilysanlegget i Trondheim

### 10.3 Alder

Figur 10-2 og Tabell 10-2 viser en oversikt over alder på armaturer i veilysanlegget i Trondheim. Figuren og tabellen viser at i perioden fra 1985 til 1993 var det en stor utskiftning av armaturer i anlegget. Dette har nok sammenheng med PCB problematikken som oppsto i denne perioden. Solar Light skriver at det allerede i 1980 ble forbudt å levere elektrisk utstyr med PCB-innhold. SFTs (Statens forurensnings tilsyn) forskrift om begrensninger i bruk m.m. av enkelte farlige kjemikalier av 20. desember 2002 sier i korthet følgende: "Innen 31.12.2004 skal alle belysningsanlegg med PCB-holdige kondensatorer i armaturene være fjernet". I perioden etter 1993 er det skiftet i gjennomsnitt 337 armaturer per år. Denne utskiftningen er nok foretatt på grunn av defekte armaturer eller periodisk utskiftning av armaturer som er 30 år. Lamper skal periodisk skiftes etter 4 år. Det finnes ingen oversikt over alder på kabler og linjer i veilysanlegget. Fornyelse av gatelyskabel skal vurderes når det pågår annen graving på stedet, eller når det er reparasjon av skader og feil i gatelysnettet.

Tabell 10-2: Tabellen viser alder på veilysanlegget i Trondheim

Årstall	Antall	Årstall	Antall	Årstall	Antall	Årstall	Antall
1970	5	1980	765	1990	2990	2000	146
1971		1981	141	1991	1451	2001	627
1972	20	1982	695	1992	1516	2002	504
1973		1983	58	1993	865	2003	190
1974		1984	268	1994	356	2004	276
1975		1985	2502	1995	384	2005	122
1976		1986	373	1996	268	2006	8
1977		1987	1669	1997	349	2007	
1978		1988	1499	1998	458		
1979	17	1989	2253	1999	370		
<b>Totalt</b>	<b>42</b>	<b>Totalt</b>	<b>10223</b>	<b>Totalt</b>	<b>9007</b>	<b>Totalt</b>	<b>1873</b>

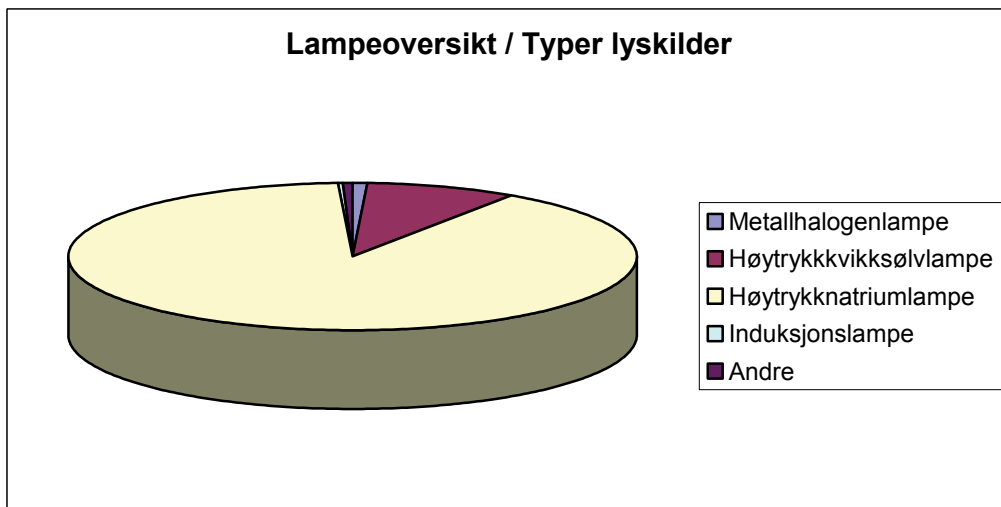


Figur 10-2: Figuren viser en oversikt over alder på armaturer i veilysanlegget i Trondheim

### 10.4 Lampetyper

Figur 10-3 viser en oversikt over de ulike lampetyper som finnes i veilysanlegget i Trondheim. Her er en forklaring til lampetypene.

- CDM: Metallhalogen utladningslampe
- HQL: Kvikksølvlampe, metalledlampe
- NAV: Osrams modell for høytrykknatriumlamper



**Figur 10-3: Figuren viser en oversikt over de ulike lampetyper som finnes i anlegget.****Tabell 10-3: Lampetyper i veilysanlegget i Trondheim**

Betegnelse	Antall	Lyskildetype
CDM	53	Metallhalogenlampe
CDMR	35	Metallhalogenlampe
CDM-R	26	Metallhalogenlampe
CDMT	15	Metallhalogenlampe
CDMTT	61	Metallhalogenlampe
HQL	1827	Høytrykk kvikksølvlampe
Lysrør	2	Gassutladningslampe
MAVT	19	Høytrykknatriumlampe
NAV	100	Høytrykknatriumlampe
NAVE	396	Høytrykknatriumlampe
NAVT	18453	Høytrykknatriumlampe
NAVY	3	Høytrykknatriumlampe
QL	78	Induksjonslampe
SL-P	36	Lavtrykknatrium
Sparepære ingen info	64 5	

Tabell 10-3 viser antallet av de ulike lampetyper som er benyttet i veilysanlegget i Trondheim. Tabellen viser det samme som Figur 10-3 at det er høytrykknatriumlamper som er mest benyttet. Det kan kommenteres at det er relativt lite kvikksølvlamper i anlegget. I tabellen, hvor betegnelseene er hentet fra oversikten til TEV, ser vi at høytrykknatriumlampene har mange betegnelser. Det kan stilles spørsmål om dette er korrekte betegnelser. Mest sannsynlig skal betegnelsen være Nav-T (Osram sin modell av høytrykknatriumlampen) og Son-T (Philips sin modell av høytrykknatriumlampen), eller NaH.





## 11 BESKRIVELSE AV UNDERSØKELSER GJENNOMFØRT I PROSJEKTET

I prosjektet er det foretatt flere undersøkelser. I hovedsak er det gjennomført elektrotekniske målinger og lystekniske målinger. Styrestrategier og pålitelighet er diskutert. Prosjektet kan deles inn i tre ulike temaer i forbindelse med veilyss; Elektroteknisk undersøkelse av veilyss – på kursnivå og på armaturnivå, lystekniske undersøkelser av veilyss – luminansberegninger og luminansjevnhetsberegninger, og vurdering av styrestrategier for veilyss.

Temaene vil videre bli presentert i denne rekkefølgen: Elektroteknisk, lystekniske og til slutt styring av veilyss.

Videre i dette kapitlet skal en beskrivelse av forsøkene fremstilles. Hensikten er å fremstille en beskrivelse så nøyaktig at forsøkene kan reproduseres.

### 11.1 *Elektrotekniske målinger*

I prosjektet er det foretatt elektrotekniske målinger både på laboratoriet og ute på operative anlegg, heretter kalt i felten. Først beskrives målinger gjennomført på laboratoriet, deretter målinger gjennomført i felt.

#### 11.1.1 Laboratoriemålinger

I dette prosjektet er det gjennomført tester av lamper og forkoblingsutstyr på laboratoriet (rom E-320) ved NTNU. Her er det testet ut 7 ulike forkoblinger.

<b>Forkobling</b>	<b>Lampe</b>
Elektronisk forkobling fra Selc 70 W	Philips - Master city PIA Plus Son-T
Elektronisk forkobling fra Selc 100 W	Philips - Master city PIA Plus Son-T
Elektronisk forkobling fra Selc 150 W	Philips – Son-T Osram – Nav-T
Elektronisk forkobling fra Philips 150 W	Philips – Son-T Osram – Nav-T
Konvensjonell forkobling fra Helvar 150 W	Philips – Son-T Osram – Nav-T
Konvensjonell forkobling fra Philips 150 W	Philips – Son-T Osram – Nav-T
Konvensjonell forkobling fra Philips 60 W	Philips SO-X (lavtrykknatrium)

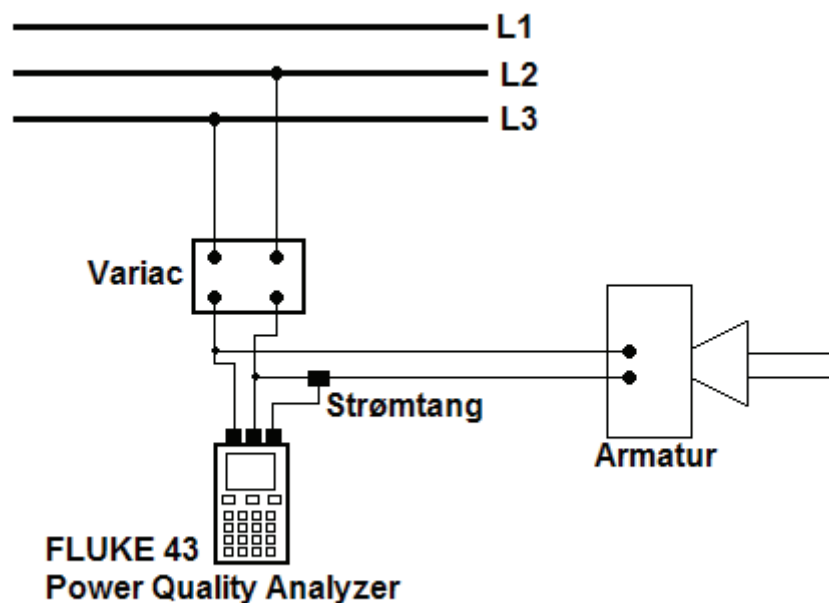
Testene er særlig utført med tanke på å undersøke spenningsavhengigheten til lampen og armaturen. Effektforbruk som funksjon av spenning. I første omgang ble armaturene testet med spenningene 200V, 210 V, 220 V, 230 V, 240 V og 250 V. Etter å ha vært ute å målt på veilyskurser som er i drift, fant vi ut at den virkelige spenningen er i område mellom 170 V og 235 V. Dette medførte at vi har gjort en del av forsøkene om igjen. Vi har da testet armaturene også med spenningene 170 V, 180 V og 190 V.

I tillegg er det sett på effektfaktor, støy og harmoniske strømmer i armaturene.

Til å utføre målingene av effekt, spenning, strøm, effektfaktor,  $\cos \phi$ , THD og harmoniske strømmer er det benyttet et digitalt instrument av typen Fluke 43 Power Quality Analyzer (Serie nr: 9444 100 43081 – NO DM8330342). Strømtanga som er benyttet er av typen FLUKE 80i-110s AC/DC CURRENT PROBE. Vi har fått noe avvik ved kontrollmålinger (mindre enn 2 %), men vurderer likevel instrumentet som brukbart til undersøkelsen. Til å variere spenningen er det benyttet en variac av type R52-260 B (Lab nr.: B01-0505). Temperaturen i rommet der målingene har foregått har ligget mellom 20-25 °C.

Det er ikke oppgitt noen informasjon om antall brenntimer eller annen status på lampene som er brukt i denne undersøkelsen. Det bør taes høyde for at lampenes karakteristikk kan endres noe over tid og gi andre måleresultater enn de som er presentert her.

I Figur 11-1 er koblingsdiagrammet for laboratorietestene vist.



Figur 11-1: Koblingsdiagram for laboratorietester

### 11.1.2 Feltnmålinger

Prosjektet har bestått i å både planlegge og gjennomføre elektrotekniske målinger av veilysanlegget i Trondheim. Sammen med Runar Jacobsson fra Trondheim Energi (TEV) og Svein B. Sandhaug er effektmålinger gjennomført på til sammen 10 ulike veilyskurser og 105 ulike veilysmaster. Sandhaug og undertegnende har i tillegg gjennomført målinger på testanlegget ved NTNU. I Trondheim er det om lag 21 500 veilyspunkter, og følgelig har det i dette prosjektet vært nødvendig å begrense utvalget. Utvalget skal likevel representere det totale gatelysanlegget i Trondheim. Ved hjelp av TEV's oversikt over anlegget og grupperinger i forhold til dette er følgende kurser valgt ut:

Tabell 11-1: Tabellen viser hvilke kurser som er valgt ut ved undersøkelsen av veilyset i Trondheim

Sted	Lampetype	Merkeeffekt [W]	Alder
Bromstadveien/Tungesletta	Høytrykknatrium	250, 150, 100	
Brundalen	Høytrykknatrium	150, 100	1980
Brøsetveien	Høytrykknatrium	150	1985
Fiolsvingen	Høytrykknatrium	150, 100, 70	2000
Henrik Ourensvei	Høytrykknatrium	100	1990
Høgskoleringen	Høytrykknatrium	150	1998
Jonsvannsveien v/439	Høytrykknatrium	250, 150, 100	
St. Olav hospital	Induksjon	165, 55	2006
Stokkandhaugen	Høytrykk kvikksølv	125	1989
Okstad Park Syd	Høytrykknatrium	70	2007

Utvalget har gitt en viss bredde i effektmålingene. Kursene er valgt med hensikt på å dekke aldersforskjellene i anlegget, få målinger fra forskjellige lyskildetyper og armatureffekter. Siden anlegget er stort, var det viktig å begrense utvalget til en fornuftig størrelse.

En viktig del av undersøkelsen var i tillegg til effektmålingene å innhente informasjon om anlegget. Anskaffe fakta på utvalgte kurser som alder på komponenter, kabeltyper, sikringer/vern, tennskap, forsyning, styring, plassering og eventuelle feil/mangler. Informasjonen er i liten grad hentet fra dokumentasjon på anlegget, men fra visuell undersøkelse. Komponentenes alder kan derfor sies i mange tilfeller og være antatte verdier.

Effektmålingene er gjort med en Fluke 43 B – Power Quality Analyzer (Serie nr: 9444 100 43081 – NO DM8330342). Både i mastene på armaturnivå, og i tennskapene på kursnivå. Fra dette instrumentet er det avlest spenning, strøm, frekvens, aktiv effekt, reaktiv effekt, tilsynelatende effekt, effektfaktor (PF), Cos  $\phi$ , THD, KF (klirrfaktor) og harmoniske verdier. Instrumentet er vurdert som nøyaktig nok til dette formålet. Et problem vi har hatt med målingene er kalibrering av strømtanga. Mellom hver måling har vi måttet nullstille DC-leddet på strømtanga. Effektmålingene er påbegynt etter minimum 10 minutter etter tenning for å stabilisere lyskildene og effektforbruket på kursen.

Målingene i mastestolpene er foretatt ved å måle spenningen mellom de to benyttede faser, og måle strømmen i den ene lederen. Ved trefase er fasefordelingen notert. Alle mastene er ikke alltid målt på kursene. I slike tilfeller er det beregnet estimerte verdier for spenning og effekt på mastene som ikke er målt.

De estimerte verdiene er funnet ved å linearisere spenningen mellom to målte punkter. Da kan spenningen finnes på et nytt punkt mellom de to målte punktene. Når det er funnet en verdi for spenningen, og vi vet hvordan armatur som er tilkoblet (merkeeffekt og forkoblingstype),

finner vi en estimert effektverdi ved å se på gjennomsnittseffekter for samme armaturtype ved dette spenningsnivået.

Måling i tennskap på kursnivå er gjennomført på to ulike måter avhengig om det er trefase eller enfase/tofase. Ved enfase/tofase er spenningen målt mellom fasene og strømmen målt i en av lederne. Ved trefase er målingene delt opp i tre steg. Først måles spenningen mellom fase 1 og jord og strømmen i fase 1, så måles spenningen mellom fase 2 og jord og strømmen i fase 2, og tilslutt spenningen mellom fase 3 og jord og strømmen i fase 3. Kursens totale effekt er summen av de tre effektene som er målt.

### **Feilkilder**

Årsaker til feil i de elektrotekniske målingene kan være flere. Unøyaktighet i instrumentet eller avlesings- eller regnefeil er de mest sannsynlige feilkildene. Andre årsaker kan være feil oppkobling eller feil bruk av instrumentet. I laboratorieundersøkelsen er unøyaktig innstilling av spenningsnivå en mulig feilkilde. Feil ved kalibrering av strømtanga er en annen mulig feilkilde.

Estimerte verdier fører med seg større usikkerheter enn målte verdier. Sannsynligheten for feil ved disse resultatene er derfor større.

## 11.2 Lystekniske målinger – luminansmålinger

### Lysteknisk undersøkelse av veilyset i Trondheim

I denne undersøkelsen er det sett på luminans ( $\text{cd/m}^2$ ) og luminansjevnhet i utvalgte anlegg/veier i Trondheim. Luminansnivået og luminansjevnheten på veidekket er målt/beregnet. Hensikten var å utarbeide et resultat som gir en indikasjon på kvaliteten av veibelysningen i kommunen, eller rettere sagt på de utvalgte veiene. Belysning av veiens nære omgivelser, blending og den visuelle føring er vurdert i liten grad. Kun i tilfeller der det har vært unormale forhold er det blitt kommentert.

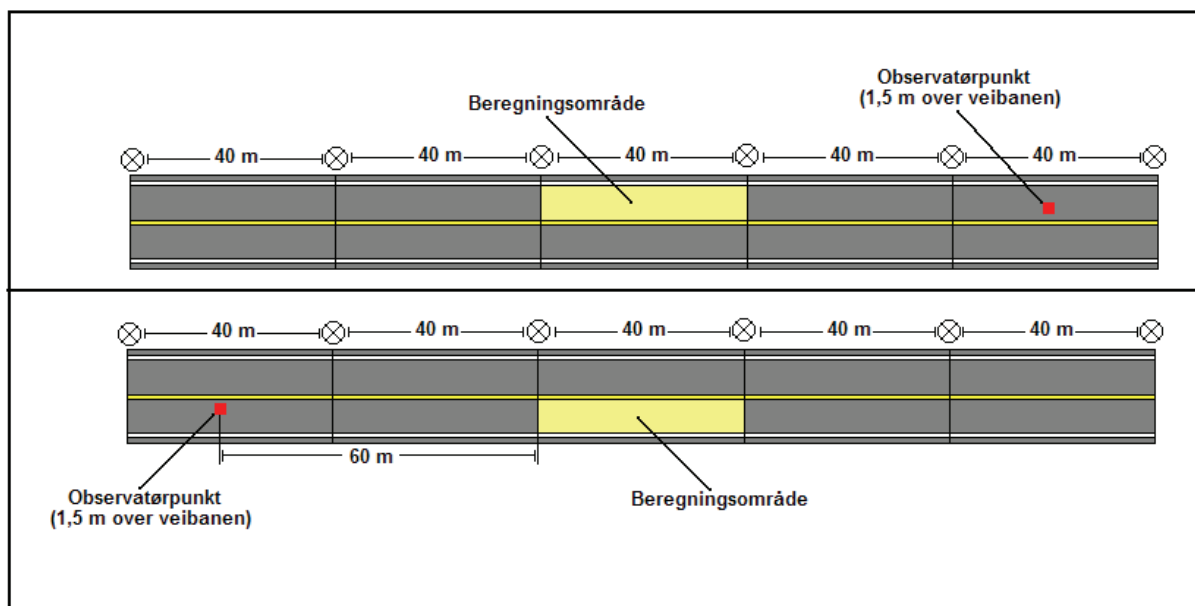
Til å gjøre denne undersøkelsen er det benyttet en metode for luminansberegninger som går ut på å ta fotografier av veibanen. Fotografiene behandles videre i et luminansberegningsprogram (LMK2000 mobile advanced). Metoden er beskrevet i kapittel 8.

Undersøkelsen har tatt for seg målinger på både tørt og vått veidekke. Følgende veibaner er undersøkt:

**Tabell 11-2: Oversikt over undersøkte veier i forbindelse med luminansmålinger**

<b>Vei- gatenavn</b>	<b>Veidekke</b>	<b>Lyskilde</b>
Byåsveien	Tørt – C1	Kvikksølv 250 W
Dybdahlsveien	Tørt - C1	Høytrykknatrium 150 W
Høgskoleringen	Tørt – C1	Høytrykknatrium 150 W
Jonsvannsveien	Tørt – C1 / Vått – W4	Høytrykknatrium 250 W
Loholt allé	Tørt – C1 / Vått – W4	Høytrykknatrium 150 W
Osloveien	Tørt – C1	Høytrykknatrium 150 W
Testanlegg NTNU	Tørt – C1	Høytrykknatrium 150 W

I undersøkelsen har alle veistrekninger hatt ensidig masteplassing. Ved ensidig masteplassing er observatørpunktet plassert i henhold til Figur 11-2. Masteavstanden er varierende, men i de fleste tilfeller ca. 40 meter. Observatørpunktet er skrittet opp til ca. 60 meter fra begynnelsen av beregningsområde. Deretter er observatørpunktet plassert  $\frac{3}{4}$  dels avstand fra høyere veiskulder ved måling av områdeluminans. For beregning av langsgående luminans er observatørpunktet plassert midt i kjørefeltet.



**Figur 11-2: Observatørposisjoner og beregningsområder for rett veistrekning og ensidig armaturplassering**

For å reproducere forsøkene gjennomført i denne undersøkelsen er det nødvendig å måle på samme beregningsområder, og benytte samme observatørpunkt. I vedlegg D kan bilder og kart fra undersøkelsen sees.

Undersøkelsen er gjennomført på to forskjellige tidspunkt. Ved tørr veibane ble fotografiene av måleområdene tatt mellom kl. 22.00 og 00.35 den 25. mars 2007. Mens for våt veibane ble fotografiene av måleområdene tatt mellom kl. 00.45 og 01.30 den 16. mai 2007. Se vedlegg D8 for mer informasjon om målebeskrivelser.

### Feilkilder

I undersøkelsen av luminansnivåer i veibanen kan det være flere faktorer som fører til feil eller avvik i resultatet. Jeg har ikke gjort luminansmålinger med denne metoden før, så hvor nøyaktige og gode resultatene er, er vanskelig for meg å si. Observatørpunktets plassering kan gi avvik i resultatet. Plassering av observatørpunktet er i denne undersøkelsen gjort med grov nøyaktighet. Avstanden fra måleområdet er skuttet opp. Nøyaktigheten blir derfor ikke så god som den ville blitt med et nøyaktig instrument for måling av avstand. Hvor stor innvirkning på resultatet dette gir er usikkert.

Feil innstilling av kamera er en mulig feilkilde. Smuss og vann på kameranlinse er en annen feilkilde. Strølys og andre lysforstyrrelser i områder i nærheten av måleområde vil bidra til å øke uøyaktigheten i resultatet fra undersøkelsen.

I beregningsprogrammet for luminans (LMK2000 mobile advanced) skal måleområdet i bildet markeres. Markeringen her er avhengig av nøyaktighet og derfor en sannsynlig kilde til feil og avvik i resultatet.

## 12 RESULTATER FRA LABORATORIEUNDERSØKELSE

Resultatene vil bli presentert i tre hoveddeler. Først resultater fra laboratorieundersøkelsen (elektroteknisk), så resultater fra feltundersøkelsen (elektroteknisk), og tilslutt resultater fra de lystekniske målingene av luminans og jevnhet.

### Laboratorieresultater

Laboratorieresultatene vil bli presentert i følgende rekkefølge: Først konvensjonelle forkoblinger, så elektroniske forkoblinger. De høyeste merkeeffektene blir presentert først (150 W), mens de laveste merkeeffektene kommer til slutt (60 W og 70 W).

### 12.1 Helvar konvensjonell forkobling, 150 W høytrykknatrium

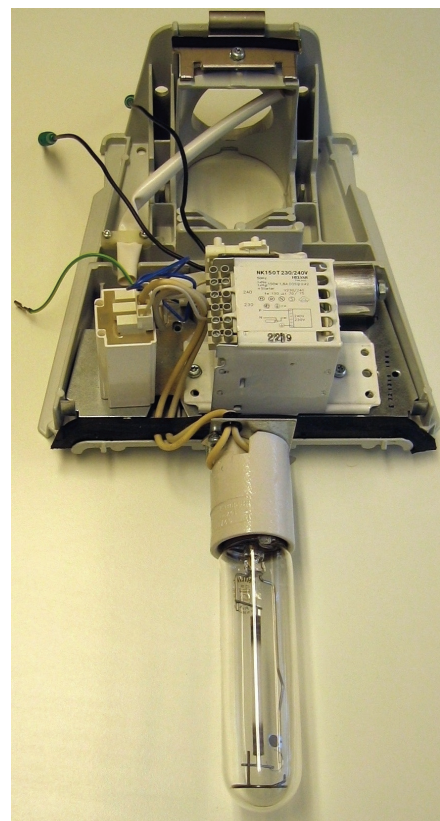
Forkoblingens produksjonsdato er ukjent, men det kan sees at den ikke har vært i drift ute i et anlegg. Forkoblingens merkespenning er 230 V – 240 V og merkestrømmen er 1,8 A. Fullstendige resultater fra undersøkelsen finnes i vedlegg A1 og A2.

Effektmålinger, støy og harmonikkmålinger for spenningene fra 170 V til 250 V med intervaller på 10 V er gjennomført.

#### Effektmålinger

Tabellen på neste side viser effektmålinger fra undersøkelsen av Helvar forkoblingen for både Nav-T 150 W og Son-T 150 W lampe. Spredning av effektforbruk som følge av spenningsvariasjon er stor. Effekten varierer fra 62,7 % (92 W) av merkeeffekten ved 170 V påtrykt spenning, til 43,3 % (215 W) over merkeeffekt ved 250 V. Strømmen varierer fra 587 mA (170 V, Nav-T) til 912 mA (250 V, Son-T). Ved merkespenning (230 V) trekker armaturen henholdsvis 12,7 % (169 W) og 16,7 % (174 W) mer enn merkeeffekt.

Armaturens effektfaktor ligger i området 0,92 til 0,95. Av Tabell 12-1 ser vi at det ikke er stor forskjell på effektfaktoren mellom Nav-T lampen og Son-T lampen. Philips lampen kommer totalt ut med litt høyere/bedre effektfaktor.

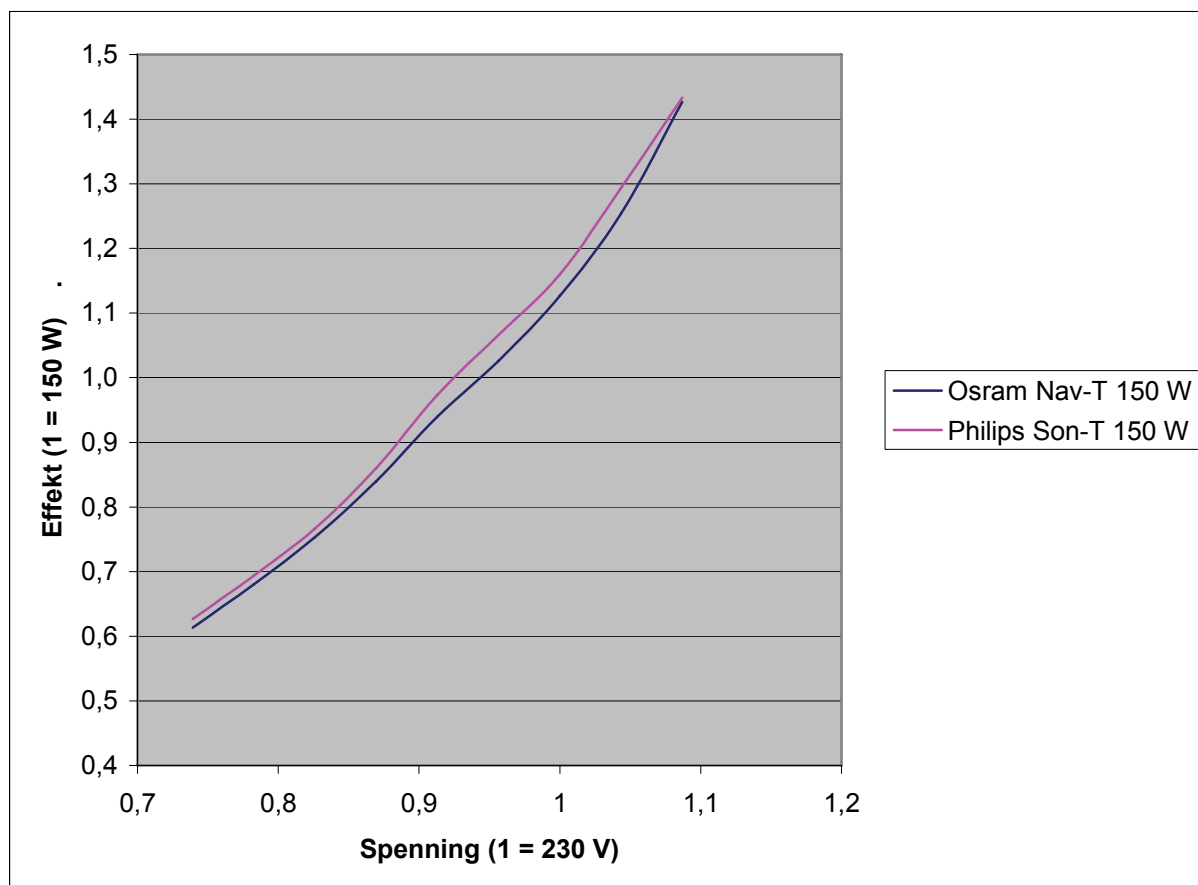


Figur 12-1: Armatur med Helvar konvensjonell forkobling

Tabell 12-1: Måleresultater fra Helvar konvensjonell forkobling med både Nav-T og Son-T lampe, 150 W

Spenning [V]	Osram Nav-T (kon.hel)			Philips Son-T (kon.hel)		
	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
170	92	587	0,92	94	589	0,93
180	102	617	0,92	104	622	0,93
190	113	649	0,92	115	654	0,93
200	126	684	0,92	129	688	0,94
210	141	720	0,93	146	731	0,95
220	154	756	0,93	160	768	0,95
230	169	798	0,93	174	807	0,94
240	188	848	0,93	194	858	0,94
250	214	904	0,94	215	912	0,94

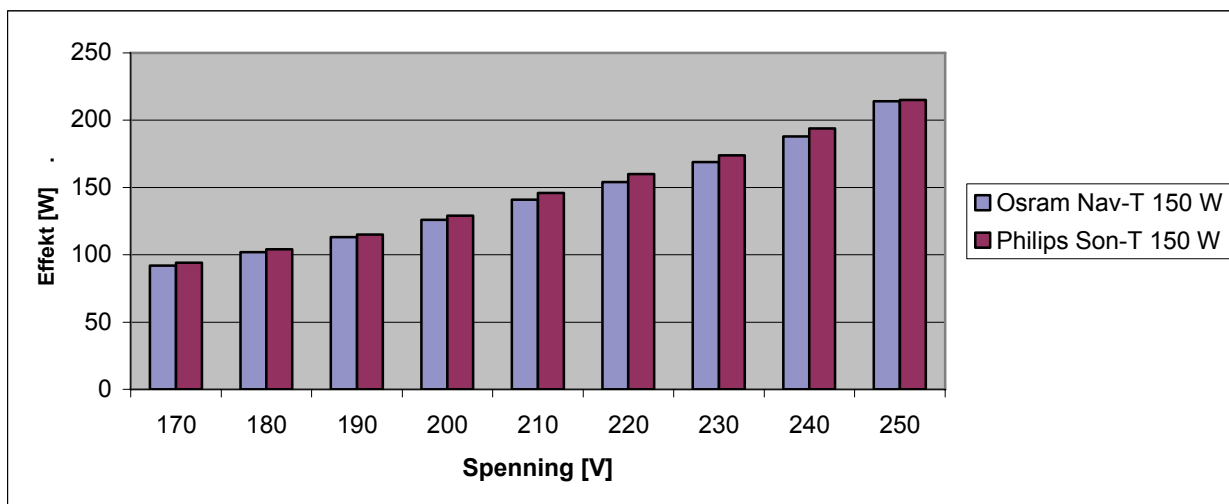
Figur 12-2 viser armaturens effektforbruk som funksjon av spenningen for både lampen fra Osram (Nav-T) og lampen fra Philips (Son-T). Vi kan se av kurvene at lampen fra Philips (Son-T) trekker en større effekt enn lampen fra Osram (Nav-T) ved like spenninger. Armatureffektene følger hverandre, men der Philips lampen hele tiden trekker en litt høyere effekt.



Figur 12-2: Kurvene viser hvordan armatureffektene endres avhengig av spenningen.



Figur 12-3 visualiserer det samme som Figur 12-2, at Son-T lampen trekker en litt høyere effekt enn Nav-T lampen. Her er de reelle verdiene vist, mens i Figur 12-2 er grafene tegnet med hensikt å vise %-vise avvik fra merkeeffekt og merkespenning.

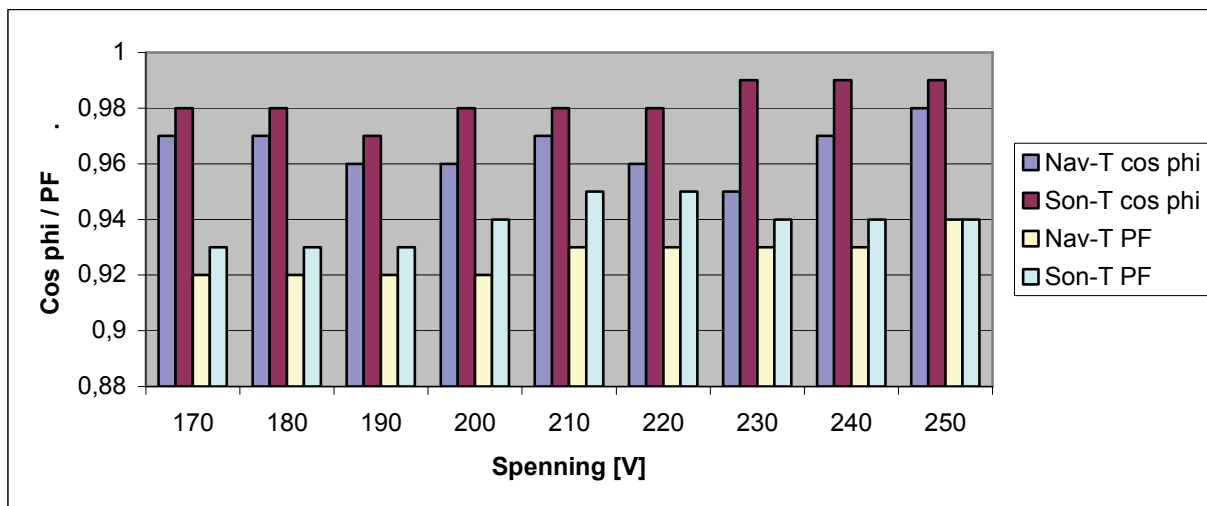


Figur 12-3: De målte effekter ved forskjellige påtrykte spenninger

### Cos $\phi$ , støy og harmonikkverdier

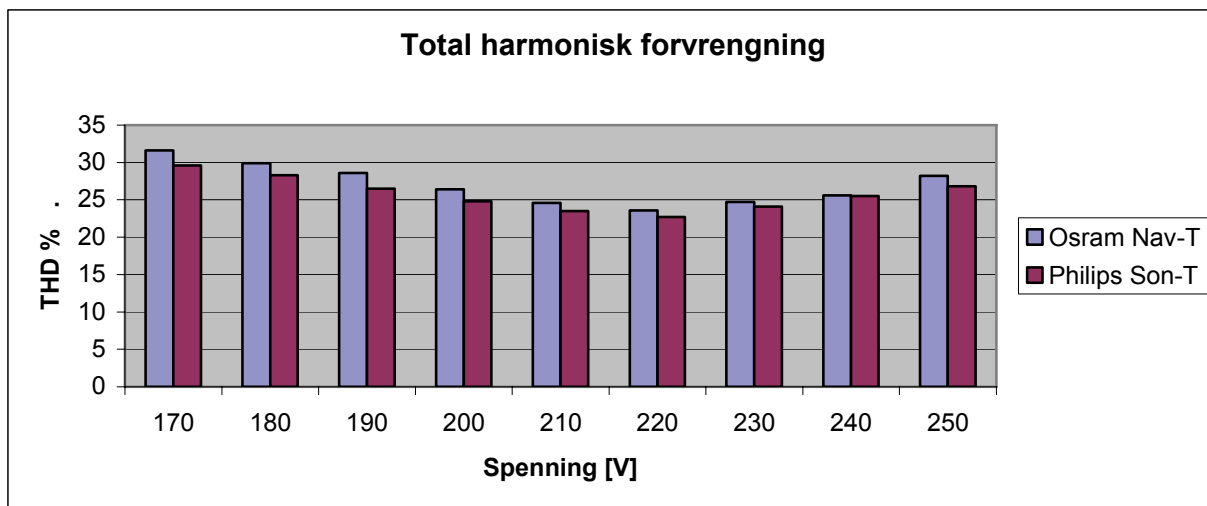
Alle verdiene som er presentert i figurene nedenfor kan finnes i tabeller i vedlegg A1 og A2.

Figur 12-4 viser cos  $\phi$  og PF verdier for Helvar armaturen med både Nav-T lampe og Son-T lampe. Forskjellene er små, men det vises at Son-T lampen har litt høyere/bedre verdier.



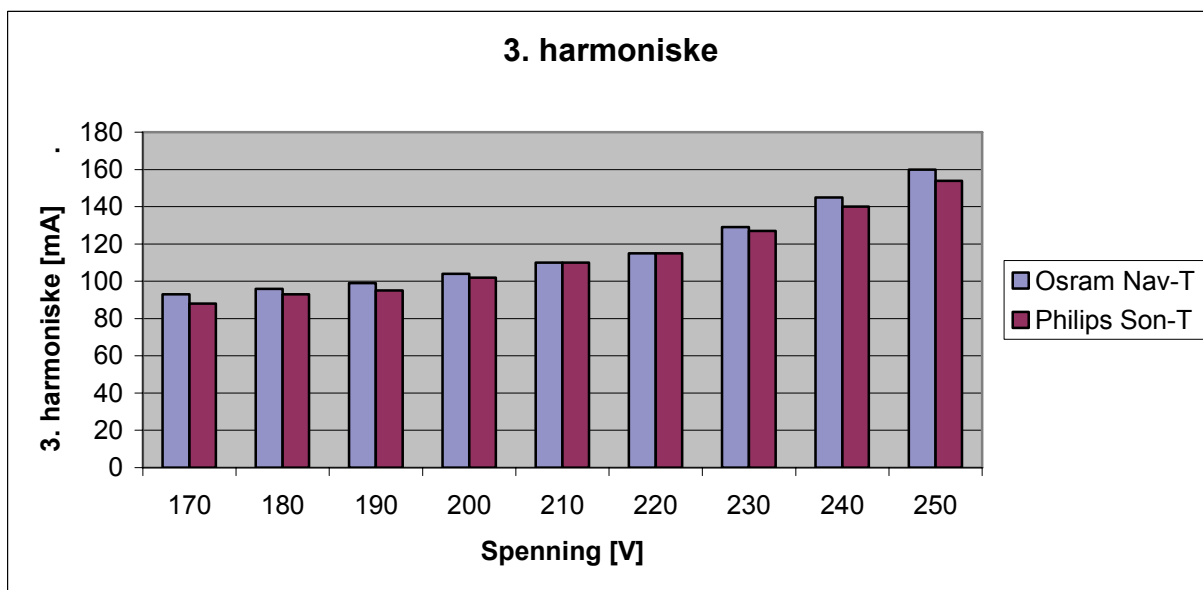
Figur 12-4: Sammenlikning av cos  $\phi$  mellom Nav-T lampe og Son-T lampe ved variable spenninger

Figur 12-5 viser at Osram lampen (Nav-T) har høyere THD verdier enn Philips lampen (Son-T). Verdiene varierer fra 22,7 % THD til 31,6 % THD. Resultatene viser at armaturen får høyest THD verdi ved lave spenninger.



Figur 12-5: Sammenlikning av THD mellom Nav-T lampe og Son-T lampe ved variable spenninger

Figur 12-6 viser en sammenlikning av 3. harmoniske for armaturen mellom de to forskjellige lampene. Etter den grunnharmoniske er det den 3. harmoniske og den 9. harmoniske komponenten som er størst av de overharmoniske. Verdiene for 3. harmoniske stiger ettersom den påtrykte spenningen på armaturen blir større. Nav-T lampen har litt høyere verdier. Dette samsvarer med THD resultatene.



Figur 12-6: Sammenlikning av 3. harmoniske mellom Nav-T lampe og Son-T lampe ved variable spenninger

## 12.2 Philips konvensjonell forkobling, 150 W høytrykknatrium

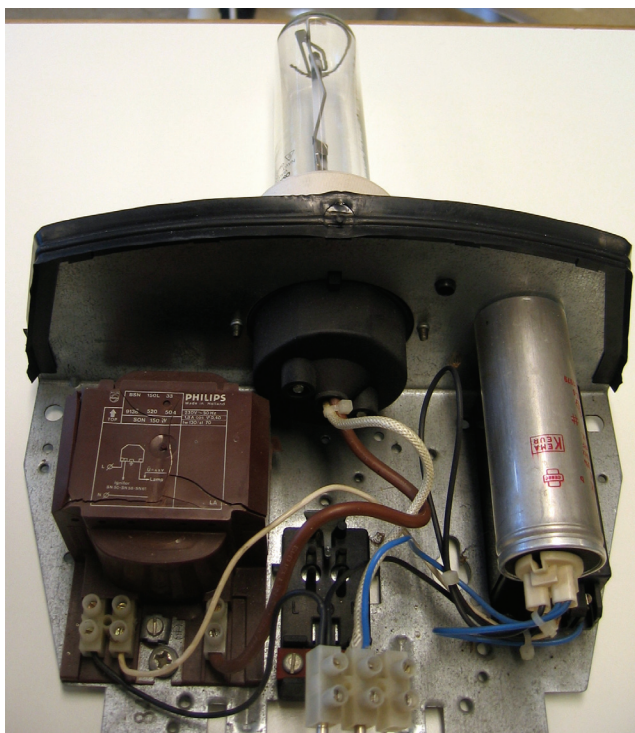
Forkoblingen benyttet i denne testen er levert fra Philips, modell SGS203/150 TG MG34LA. Produksjonsåret er oppgitt til å være 1986. Forkoblingens merkespenning er 230 V og merkestrømmen er 0,9 A. Forkoblingen er testet med en lampe fra Osram (Nav-T) og en lampe fra Philips (Son-T). Fullstendige resultater fra undersøkelsen finnes i vedlegg A5 og A6.

Effektmålinger og støy/THD målinger for spenninger fra 170 V til 250 V med intervaller på 10 V er gjennomført.

### Effektmålinger

Tabell 12-2 viser måleresultater fra testen av den konvensjonelle forkoblingen fra Philips med både Nav-T lampe og Son-T lampe. Ved 170 V trekker lampene henholdsvis 89 W og 91 W. Dette er 59,3 % og 60,7 % av merkeeffekt. Videre stiger effektene ettersom spenningen stiger. Ved 250 V trekker lampene 209 W og 212 W. Dette er 39,3 % og 41,3 % over merkeeffekt. Ved merkespenning (230 V) trekker Nav-T lampen 170 W (13,3 % over merkeeffekt), og Son-T lampen trekker 174 W (16 % over merkeeffekt).

Strømmene varierer fra 676 mA for 170 V påtrykt spenning (Nav-T) til 1031 mA for 250 V påtrykt spenning (Nav-T). Effektfaktoren ligger på mellom 0,78 – 0,81 for Nav-T lampen, og mellom 0,79 – 0,84 for Son-T lampen. Effektfaktoren blir bedre jo høyere spenningen er. Og det vises at Son-T lampen har totalt litt bedre effektfaktor enn Nav-T lampen.



Figur 12-7: Philips konvensjonell forkobling. Drossel til venstre og kondensator til høyere.

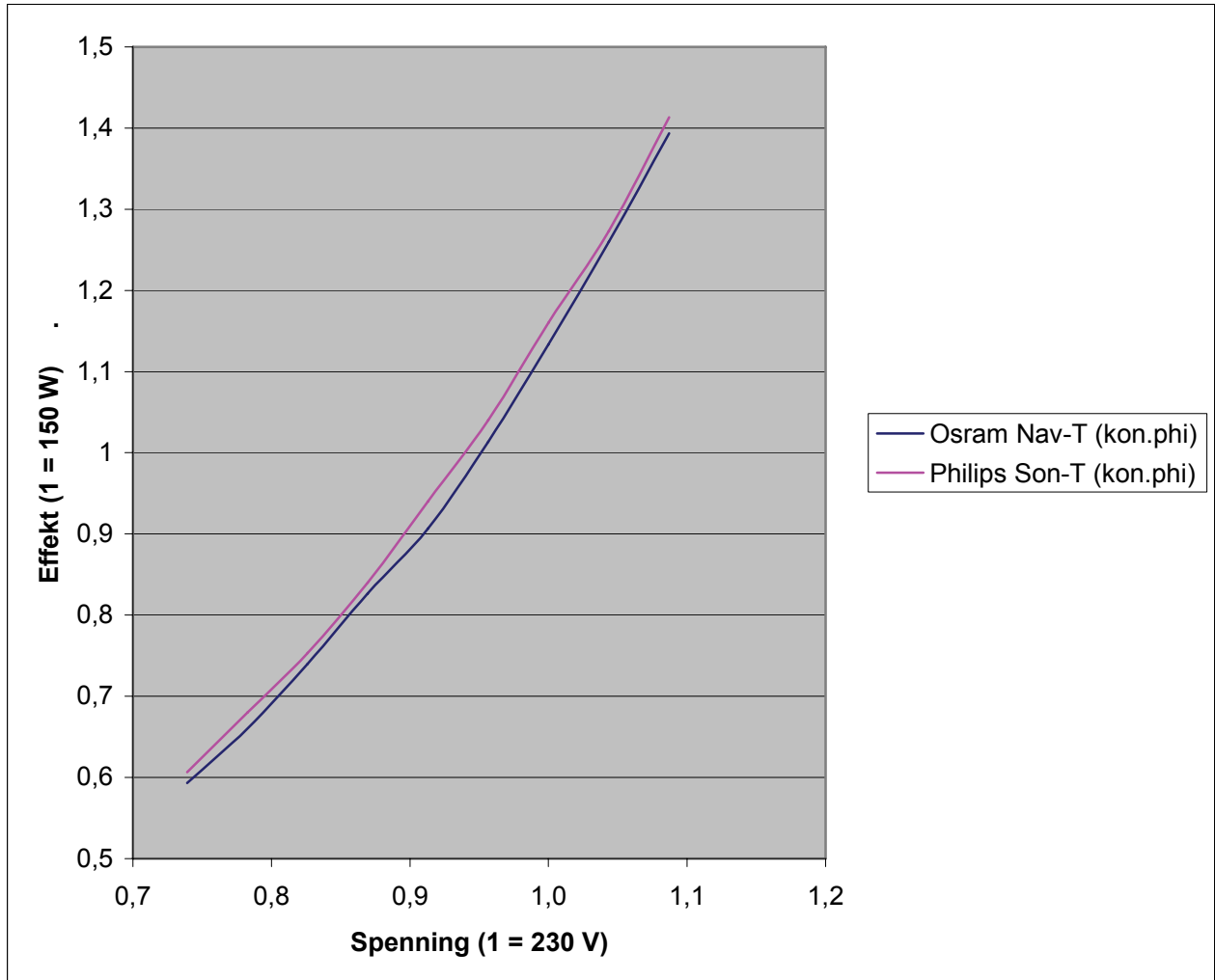
Tabell 12-2: Måleresultater fra Philips konvensjonell forkobling med både Nav-T og Son-T lampe, 150 W

Spenning [V]	Osram Nav-T (kon.phi)			Philips Son-T (kon.phi)		
	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
170	89	676	0,78	91	670	0,8
180	99	718	0,77	102	715	0,79
190	111	766	0,76	113	757	0,79
200	124	805	0,76	126	796	0,79
210	136	854	0,76	141	840	0,79
220	152	899	0,77	156	878	0,81
230	170	932	0,79	174	914	0,83
240	189	980	0,8	191	962	0,83
250	209	1031	0,81	212	1012	0,84

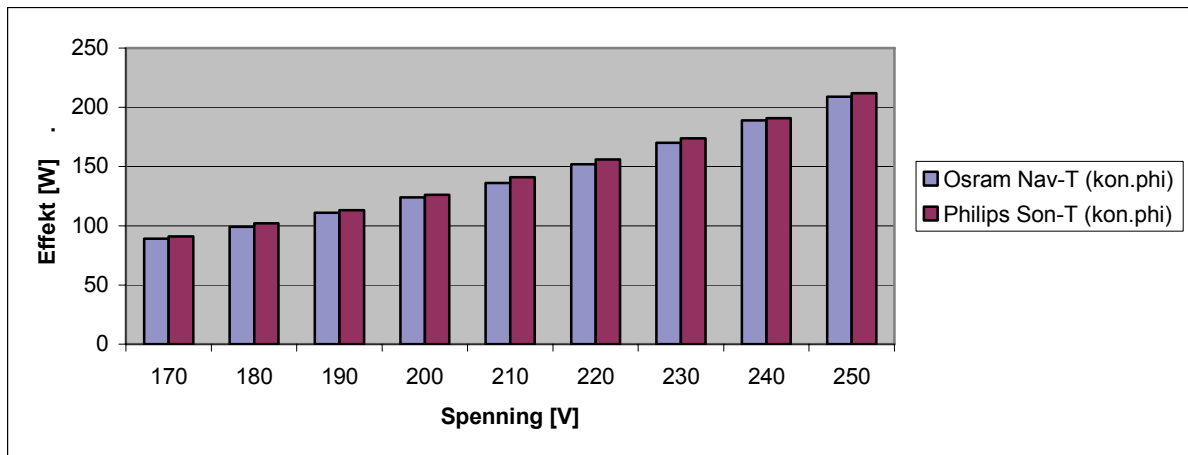
Figur 12-8 viser grafer som beskriver hvor mye effekten endres i prosent av merkeeffekten som funksjon av hvor mye spenningen endres i prosent av merkespenningen. Vi kan lese ut av

figuren at ved 80 % av merkespenning trekker armaturen ca. 70 % av merkeeffekt. Ved 85 % av merkespenning trekker armaturen ca. 88 % av merkeeffekten.

Figur 12-9 viser det samme som Figur 12-8, at Nav-T lampa trekker en høyere effekt enn Son-T lampa, og at armatureffekten øker etter som den påtrykte spenningen øker.

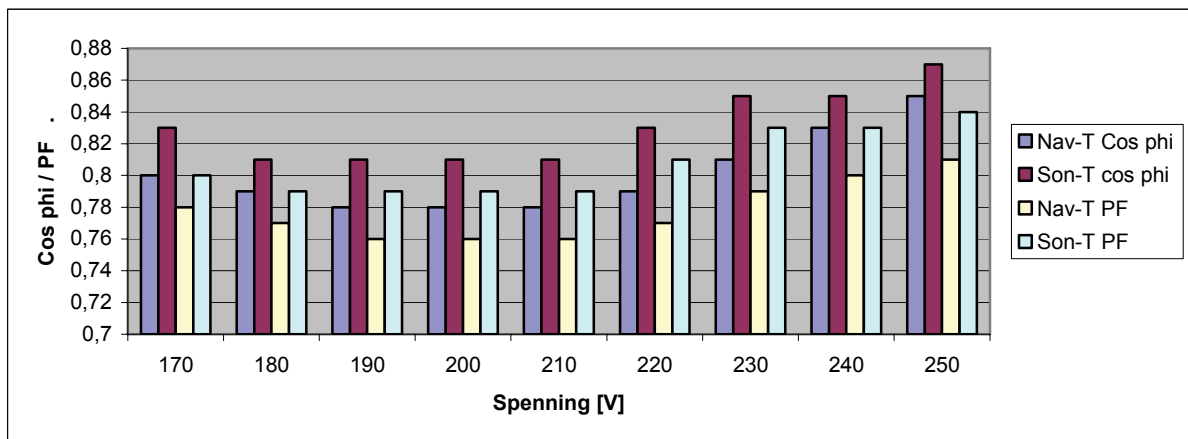


Figur 12-8: Kurvene viser hvordan armatureffektene endres avhengig av spenningen for en Philips konvensjonell forkobling med Nav-T og Son-T lamper



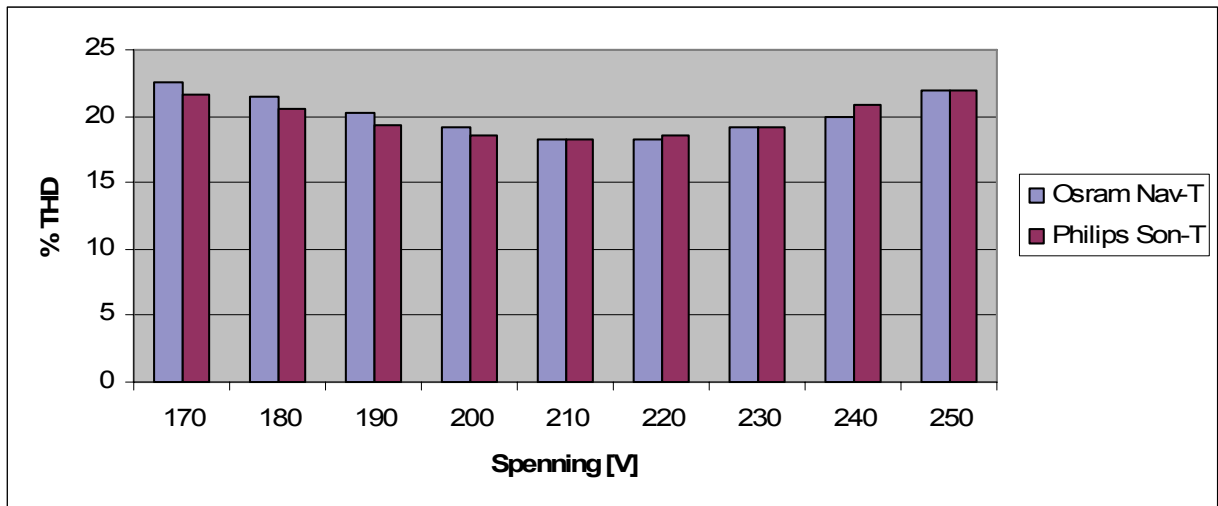
Figur 12-9: De målte effekter ved forskjellige påtrykte spenninger for Philips konvensjonell forkobling

### Cos $\phi$ , støy og harmonikkverdier



Figur 12-10: Sammenlikning av  $\cos \phi$  og PF mellom Nav-T lampe og Son-T lampe ved variable spenninger for Philips konvensjonell forkobling

Figur 12-10 viser at lampen fra Philips (Son-T) har bedre  $\cos \phi$  verdier og PF verdier enn lampen fra Osram (Nav-T). Det vises også at økende spenning gir bedre  $\cos \phi$ /PF verdi.

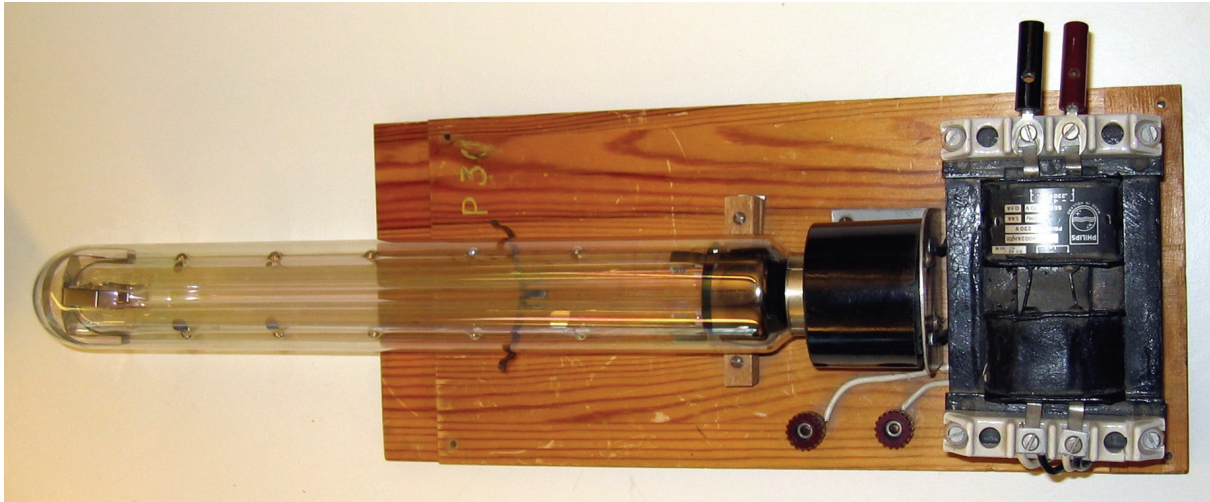


**Figur 12-11: Sammenlikning av THD mellom Nav-T lampe og Son-T lampe ved variable spenninger for Philips konvensjonell forkobling**

Figur 12-11 viser THD verdier for armaturen med de to ulike lampene. Ved 210 V og 220 V inntreffer de laveste THD verdiene. De høyeste THD verdiene inntreffer ved 170 V og 250 V.

### 12.3 Philips konvensjonell forkobling, 60 W lavtrykknatrium

Forkoblingen i dette forsøket er en Philips konvensjonell forkobling, type 59002AH/01. Armaturens merkespenning er på 220 V, og merkestrøm på 1,4 A. Armaturen er testet i spenningsområdet 200 V – 250 V i trinn på 10 V. Resultater fra effektmålinger er presentert i Tabell 12-3. Fullstendige resultater fra undersøkelsen finnes i vedlegg A10.

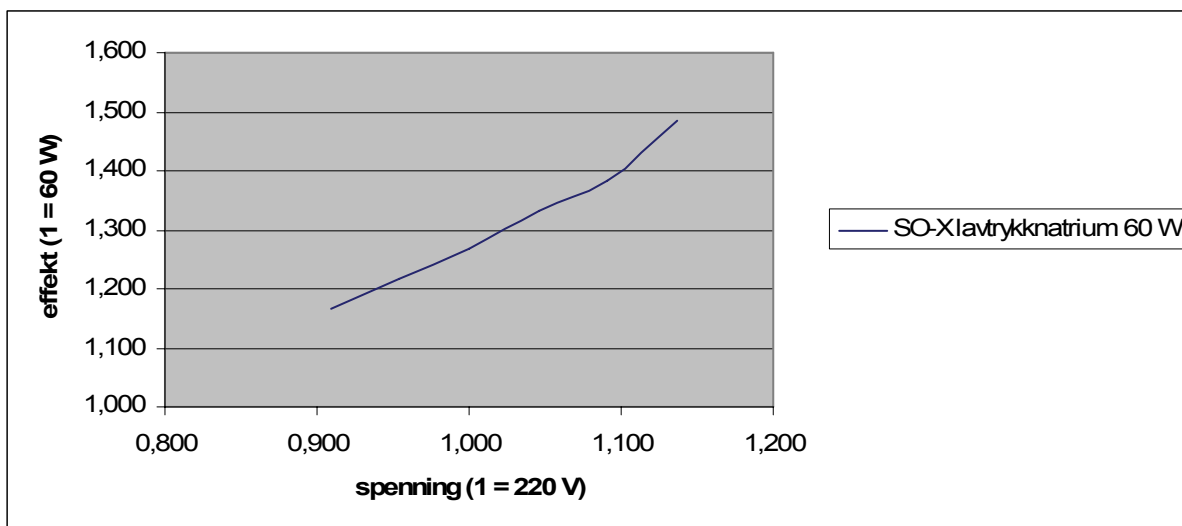


Figur 12-12: Philips konvensjonell forkobling med lavtrykknatriumlyskilde, 60 W.

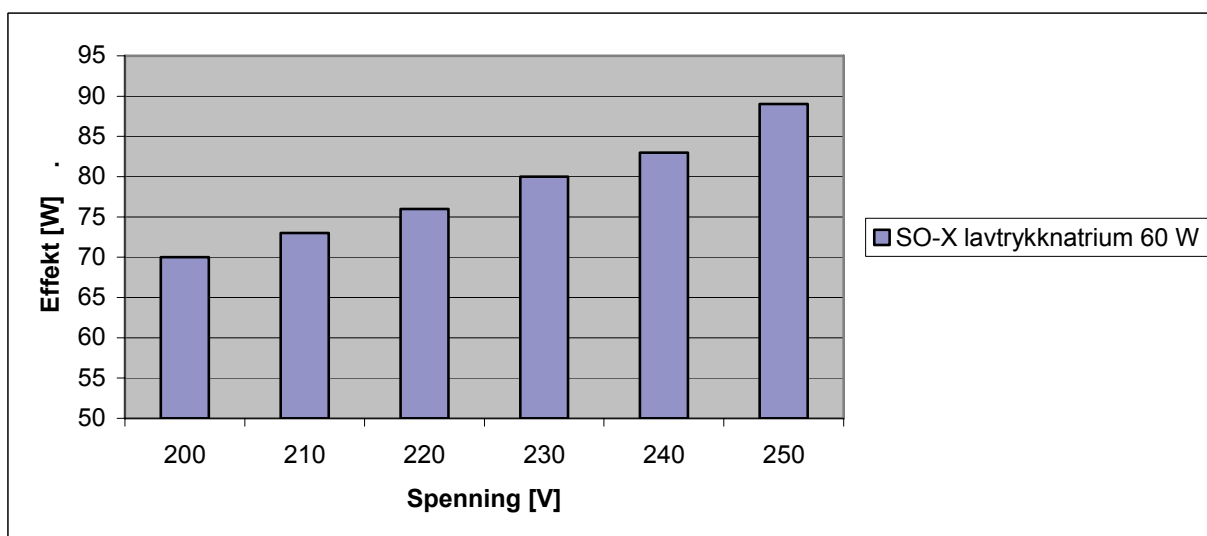
Tabell 12-3: Effektmålinger for Philips konvensjonell forkobling med Philips 60 W lavtrykknatriumlampe tilkoblet

Spenning [V]	SO-X lavtrykknatrium 60 W		
	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
200	70	1228	0,29
210	73	1315	0,26
220	76	1406	0,25
230	80	1507	0,23
240	83	1616	0,22
250	89	1741	0,2

Tabell 12-3 viser effektmålinger fra Philips konvensjonell forkobling med Philips 60 W lavtrykknatriumlampe. Målingene viser at armaturen trekker en relativ høy strøm i forhold til effekten. Dette gjenspeiles av armaturens svært dårlige effektfaktor. Effektfaktoren er dårligst ved 250 V. Da er effektfaktoren helt nede i 0,2 og armaturen trekker en strøm på 1,741 A. Når spenningen synker, bedres effektfaktoren noe. Ved 200 V påtrykt spenning har armaturen en effektfaktor på 0,29 og det går en strøm på 1,228 A.



Figur 12-13: Grafen viser hvordan effekten endres i % av merkeeffekt (60 W) når spenningen endres i % av merkespenning (220 V)

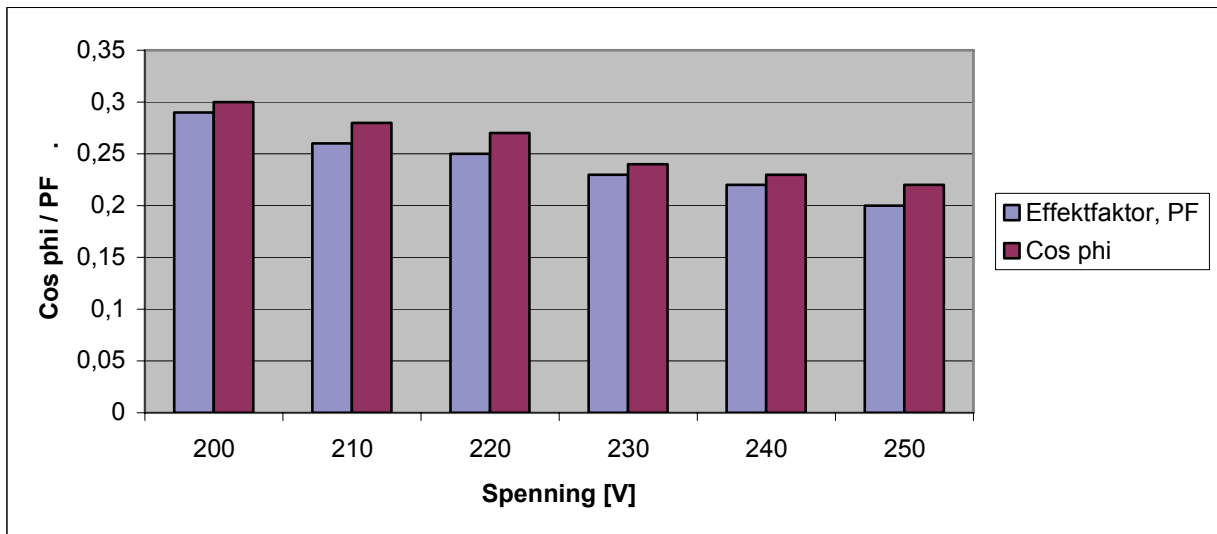


Figur 12-14: Stolpene viser armaturens effektforbruk ved påtrykte spenninger fra 200 V til 250 V

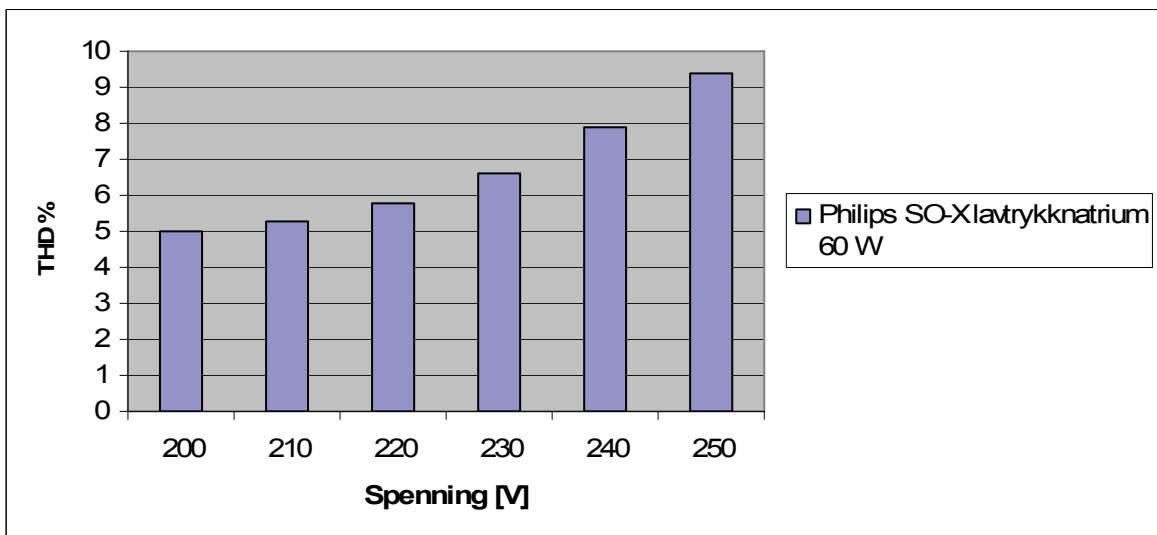
Figur 12-13 og Figur 12-14 viser at armaturen er svært spenningsavhengig og at armaturen hele tiden trekker mer effekt enn merkeeffekt. Figur 12-13 viser at armaturen trekker 48,3 % (89 W) over merkeeffekt ved 250 V og 16,7 % over merkeeffekt (70 W) ved 200 V påtrykt spenning. Armaturen har merkespenning på 220 V. Ved denne spenningen trekker armaturen 76 W (26,7 % over merkeeffekt).



**Cos  $\phi$ , støy og harmonikkverdier**



**Figur 12-15: Effektfaktor og Cos phi verdier for Philips armatur, 60 W konvensjonell forkobling, lavtrykknatriumluskilde**



**Figur 12-16: THD verdier for Philips konvensjonell forkobling med 60 W lavtrykknatriumlampe tilkoblet**

Figur 12-16 viser hvor mye armaturen stoyer på nettet. Armaturen har lavest THD verdi ved 200 V påtrykt spenning. Ved 250 V påtrykt spenning er THD verdien størst.

## 12.4 Philips elektronisk forkobling, 150 W høytrykknatrium

I denne undersøkelsen er målinger på en armatur av typen Philips SGS 253 Iridium gjennomført. Armaturen har elektronisk forkobling og kan bli dimmet.

Armaturens merkespenning er 220 V – 240 V, og merkestrømmen er 0,75 A. Effektmålinger og THD målinger ved spenninger fra 170 V til 250 V i trinn på 10 V er gjennomført. To ulike lamper er benyttet til sammenligning i forsøket. Dette er en Osram Nav-T og en Philips Son-T 150 W lampe. Ved neddimmet armatur er kun Nav-T lampen benyttet. Fullstendige resultater fra undersøkelsen finnes i vedlegg A3 og A4



Figur 12-17: Philips Iridium armatur. Elektronisk forkobling med lampenode til høyre

### Effektmålinger

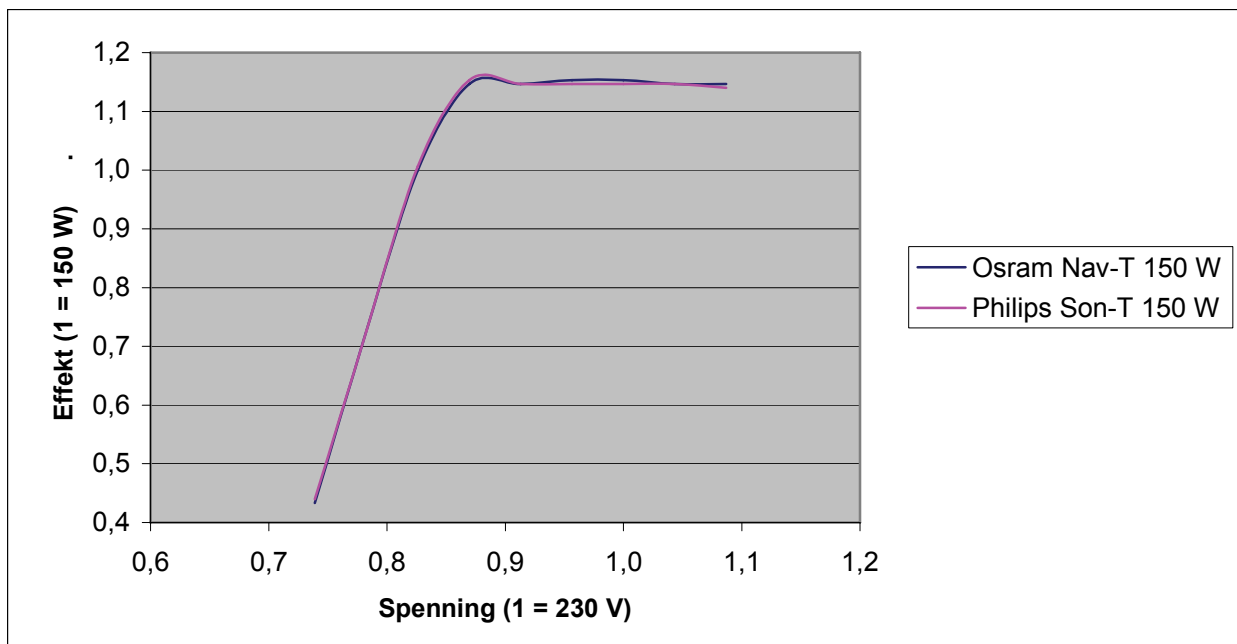
Effektforholdene forandrer seg ettersom armaturen dimmes ned. Det er gjennomført målinger for 100 % pådrag, 50 % pådrag og 20 % pådrag ved spenningsvariasjoner fra 170 V til 220 V (til 250 V ved 100 % pådrag) i trinn på 10 V. Det er interessant å se om armaturen behersker lave spenningsnivåer samtidig som den er neddimmet.

### 100 % pådrag

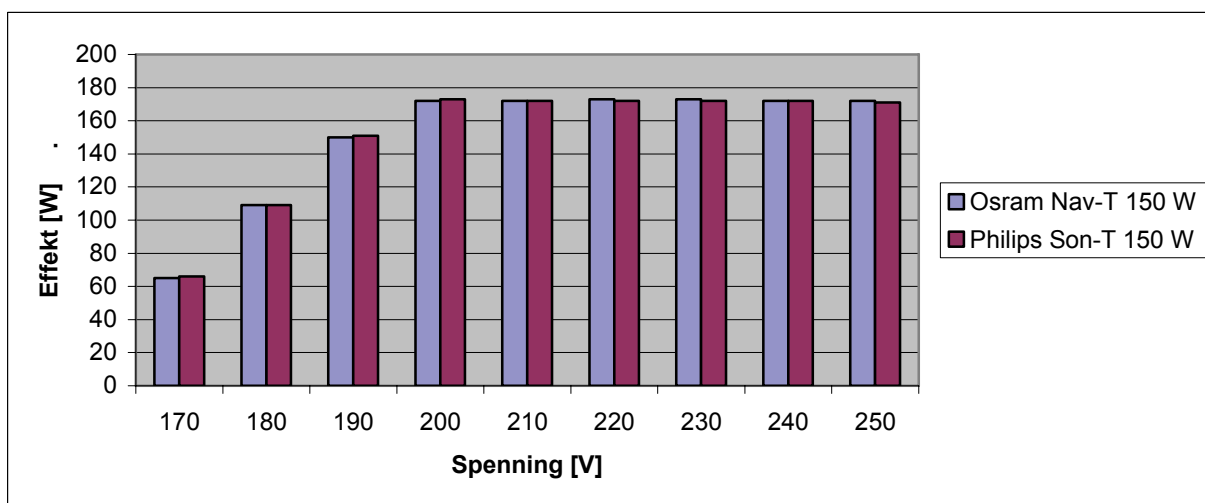
Ved 100 % pådrag er det foretatt effektmålinger,  $\cos \phi$  målinger og THD målinger for denne armaturen i spenningsområdet 170 V – 250 V. Effektmålingene er presentert i Tabell 12-4.

Tabell 12-4: Måleresultatene fra effektmålingen av Philips elektronisk forkobling med Nav-T og Son-T lampe i spenningsområde 170 V til 250 V. 100 % pådrag

Spenning [V]	Osram Nav-T 150 W			Philips Son-T 150 W		
	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
170	65	387	0,98	66	402	0,98
180	109	610	0,99	109	609	0,99
190	150	796	0,99	151	799	0,99
200	172	864	0,99	173	868	0,99
210	172	821	0,99	172	826	0,99
220	173	793	0,99	172	788	0,99
230	173	758	0,99	172	754	0,99
240	172	726	0,99	172	722	0,99
250	172	699	0,99	171	694	0,99

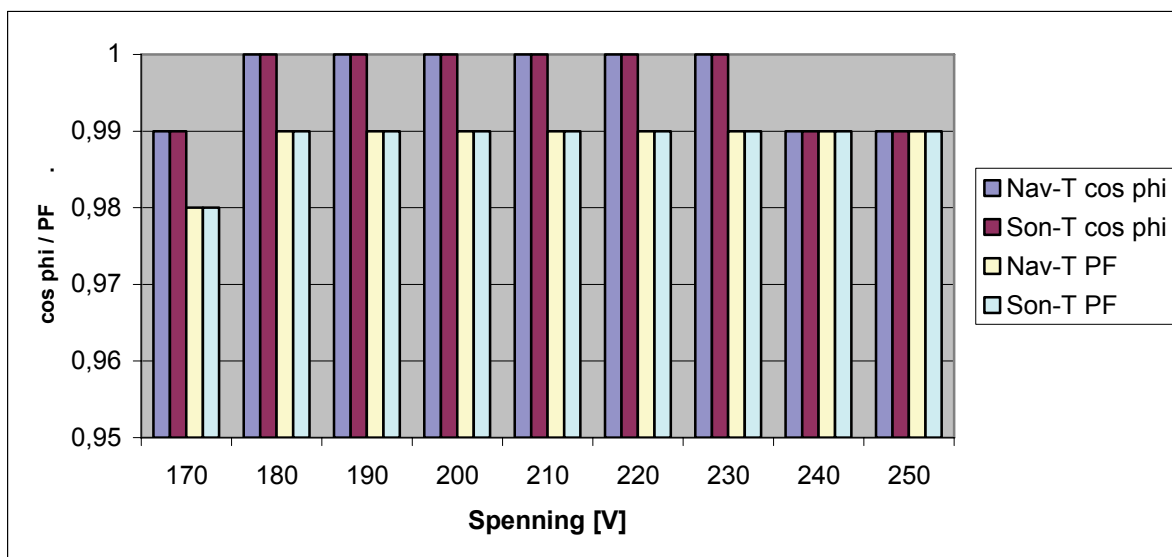


Figur 12-18: Grafene viser effektforbruket til armaturen med enten Nav-T eller Son-T lampe som funksjon av spenningen. Verdiene er presentert som % av merkeeffekt (150 W) og som % av merkespenning (230 V). 100 % pådrag

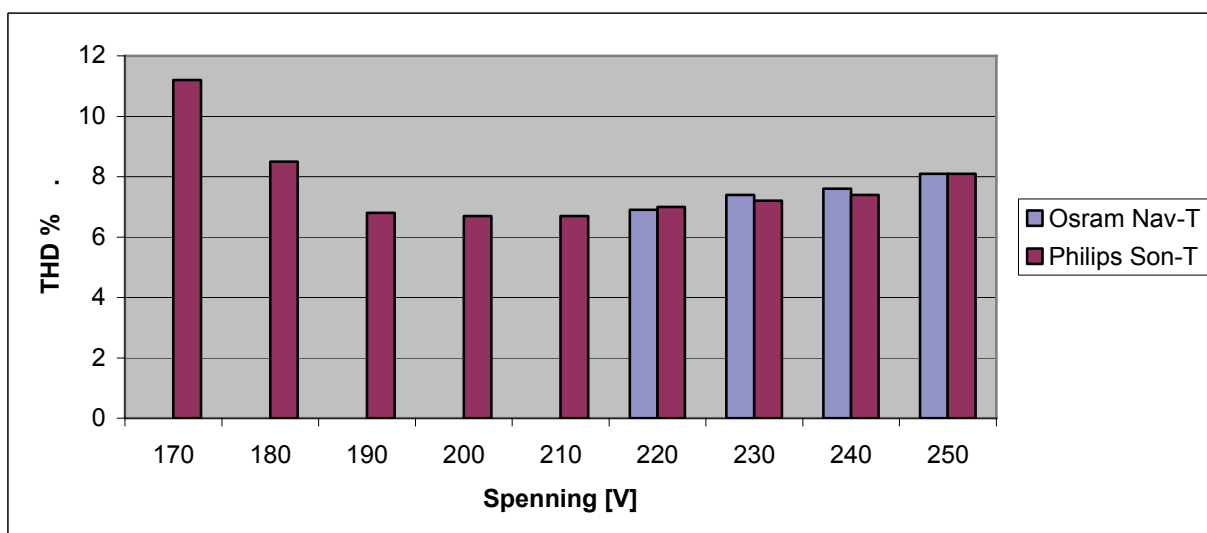


Figur 12-19: Stolpene viser hvor mye effekt armaturen trekker ved de ulike påtrykte spenninger med enten Nav-T lampe eller Son-T lampe. 100 % pådrag

Figur 12-18 og Figur 12-19 viser effektforbruket til armaturen ved de ulike spenningene. Figur 12-18 viser effektforbruket som funksjon av spenningen med verdier som prosent av merkeeffekt (150 W) langs y-aksen, og som prosent av merkespenningen (230 V) langs x-aksen. Figur 12-19 viser det faktiske forbruket ved de ulike spenningene. Vi ser at effektforbruket er stabilt når spenningen holder seg over 200 V eller over 87 % av merkespenning. Når spenningen faller lavere enn denne verdien synker armaturens effektforbruk. Vi ser også av figurene at det er nærmest ingen forskjell i armaturens effektforbruk avhengig av lampetype.



Figur 12-20: Cos  $\phi$  og PF verdier for armaturen. 100 % pådrag



Figur 12-21: THD verdier for armaturen ved 100 % pådrag

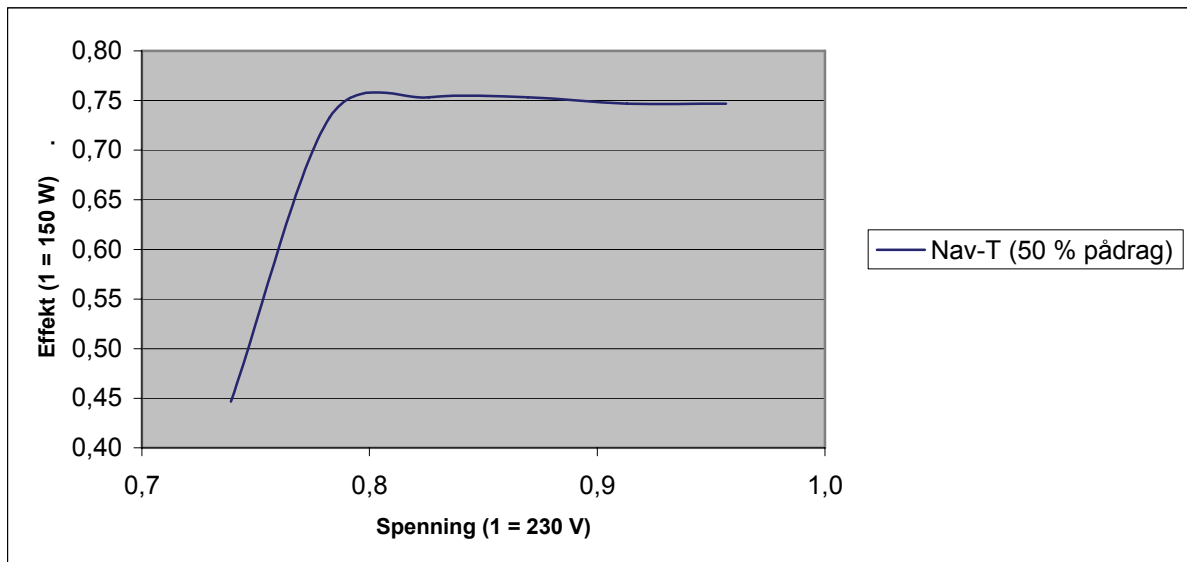
Figur 12-20 viser at armaturen har gode  $\cos \phi$  og PF verdier. I Figur 12-21 ser vi at armaturens THD verdier ligger mellom 6 og 8 % ved spenninger mellom 190 V og 250 V. Verdiene stiger når spenningen synker under 190 V og ved 170 V er THD verdien oppe i 11,2 %. Dette gjenspeiles i redusert PF verdi i Figur 12-20. For Nav-T lampa er det ikke notert THD verdier for spenninger under 220 V, men de antas å ligge i nærheten av verdiene til Son-T lampa.

### 50 % pådrag

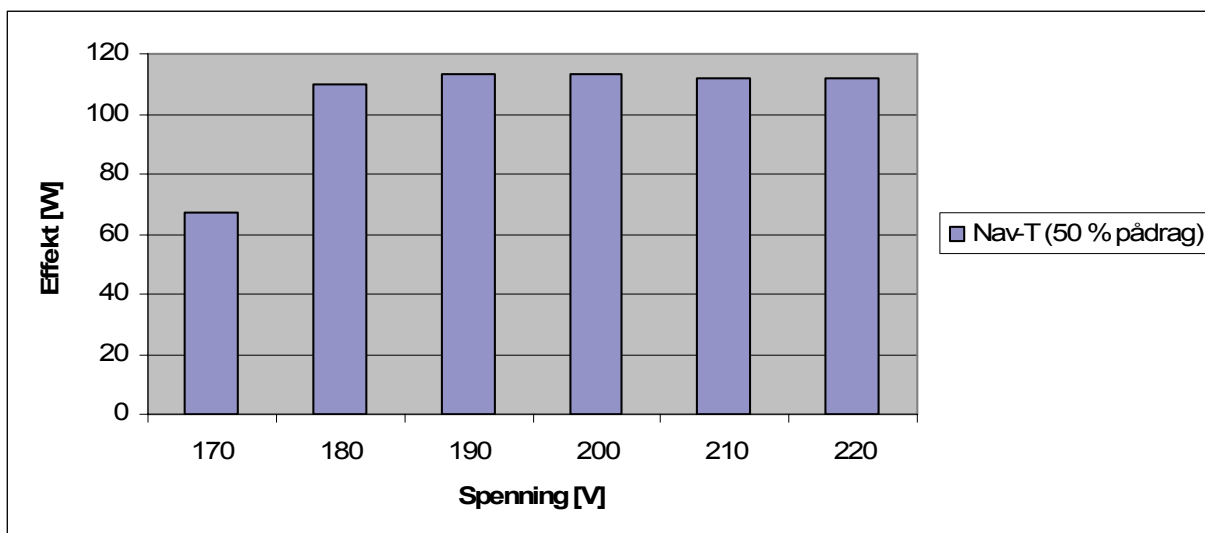
Ved 50 % pådrag på armaturen er det gjennomført effektmålinger der det er benyttet lampe fra Osram (Nav-T 150 W). Resultatene fra effektmålingene er vist i Tabell 12-5.

**Tabell 12-5: Måleresultatene fra forsøket med Philips elektronisk forkobling med Nav-T 150 W lampe i spenningsområde 170 V til 220 V. 50 % pådrag**

Spenning [V]	Nav-T (50 % pådrag)		
	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
170	67	400	0,98
180	110	612	0,99
190	113	599	0,99
200	113	570	0,99
210	112	544	0,99
220	112	521	0,98



**Figur 12-22: Grafene viser effektforbruket til armaturen med Nav-T lampe som funksjon av spenningen. Verdiene er presentert som % av merkeeffekt (150 W) og som % av merkespenning (230 V). 50 % pådrag**



Figur 12-23: Stolpene viser hvor mye effekt armaturen trekker med Nav-T lampe. 50 % pådrag

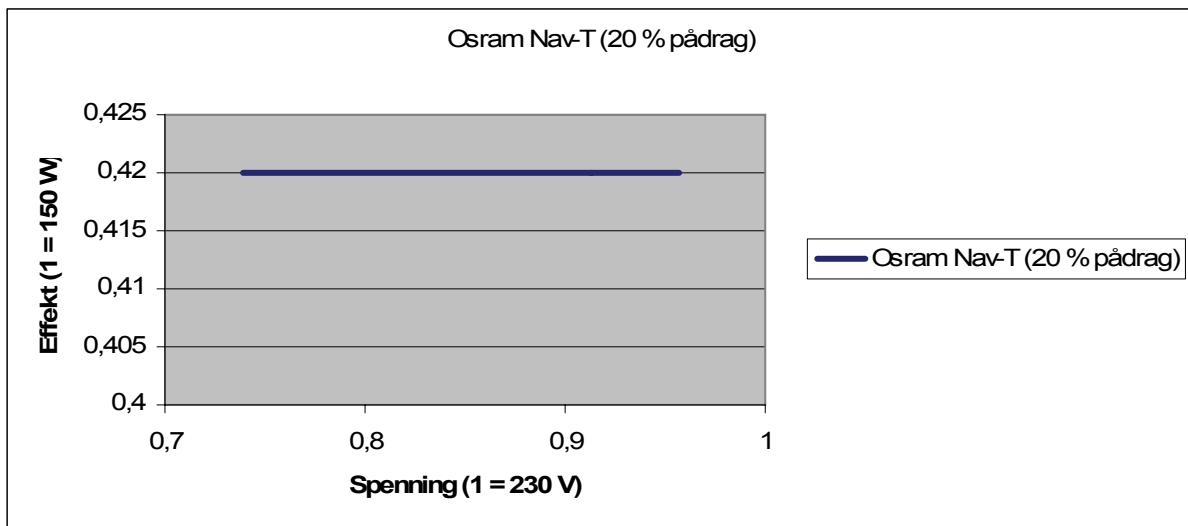
Figur 12-22 og Figur 12-23 viser armatureffekten ved 50 % pådrag i spenningsområde 170 V – 220 V. Figur 12-22 viser at effektforbruket er stabilt ned til ca. 79 % av merkespenning eller ca. 182 V. Figur 12-23 viser at når den påtrykte spenningen faller under 180 V, vil armatureffekten også falle. Vi ser av figurene at armaturen trekker ca. 75 % av merkeeffekt ved stabil drift, og at dette er 112 – 113 W.

### 20 % pådrag

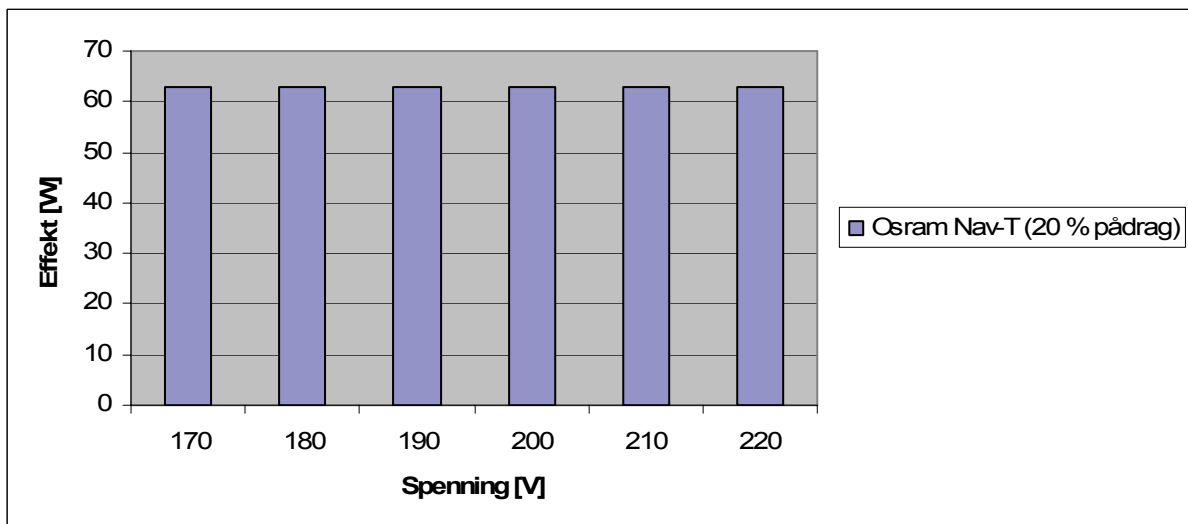
Ved 20 % pådrag på armaturen er det gjennomført effektmålinger der det er benyttet lampe fra Osram, Nav-T 150 W. Den påtrykte spenningen varierer mellom 170 V og 220 V med trinn på 10 V. Resultatene av effektmålingene er vist i Tabell 12-6.

Tabell 12-6: Måleresultatene fra forsøket med Philips elektronisk forkobling med Nav-T 150 W lampe i spenningsområdet 170 V til 220 V. 50 % pådrag

Osram Nav-T (20 % pådrag)			
Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
170	63	380	0,98
180	63	360	0,98
190	63	342	0,97
200	63	327	0,97
210	63	313	0,96
220	63	301	0,95



Figur 12-24: Grafen viser effektforbruket til armaturen med Nav-T lampe som funksjon av spenningen. Verdiene er presentert som % av merkeeffekt (150 W) og som % av merkespenning (230 V). 20 % pådrag



Figur 12-25: Stolpene viser hvor mye effekt armaturen trekker ved de ulike påtrykte spenninger med Nav-T lampe. 20 % pådrag

Figur 12-24 og Figur 12-25 viser at armaturens effektforbruk ved 20 % pådrag er stabilt under hele spenningsforløpet, 170 V – 220 V. Av Figur 12-24 ser vi at armaturen trekker 42 % av merkeeffekt, mens Figur 12-25 viser at armaturen trekker 63 W.

### Selc 2000 elektronisk forkobling

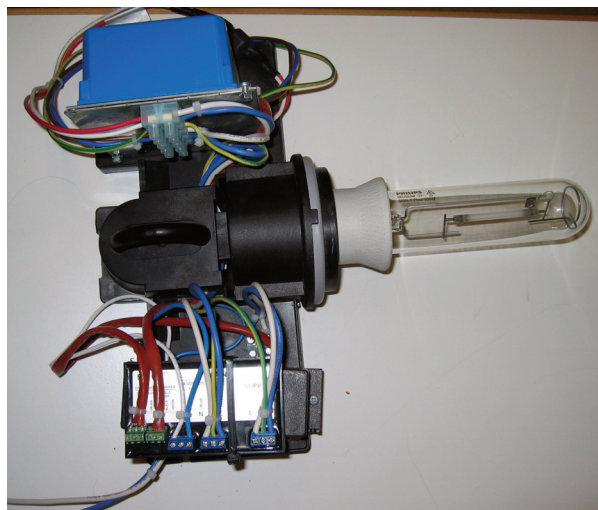
I undersøkelsen er det benyttet elektroniske forkoblinger av typen Selc 2000.

Ballasttypene kan benyttes i armaturer med høytrykknatrium- og kvikksølvlamper (også CDM). I dette kapitlet er det testet ut 3 forskjellige forkoblinger av denne typen med henholdsvis effekter på 150 W, 100 W og 70 W.

I følge leverandøren skal denne ballasten være lite følsom for variasjoner i spenningen selv om spenningen blir opp til 40 % lavere enn merkespenning. Ballasttypen kan programmeres med interaktiv

kommunikasjonsprogramvare for å gi mulighet for toveiskommunikasjon med eksterne system eller LonWorks. Selc 2000

kan blant annet registrere og videresende hvor lenge lyskilden har brent, lampestatus, spenning, effekt og ballasttemperatur. I tillegg kan det eksterne systemet slå av og på lampen og bestemme om armaturen skal dimmes eller ikke [5].



Figur 12-26: Selc 2000 ballast

I rapporten er det presentert resultater fra tester med 100 % pådrag for alle Selc ballastene. Selc ballasten med merkeeffekt på 70 W er testet med pådrag på 100 % og 50 %

### 12.5 Selc 150 W, høytrykknatrium

Det er gjennomført målinger på en Selc 2000 150 W armatur. Fullstendige resultater fra undersøkelsen finnes i vedlegg A8 og A9. I forsøket er det benyttet 3 ulike lamper. To lamper fra Osram (Nav-T) og en lampe fra Philips (Son-T). Hensikten med å benytte to lamper fra samme leverandør og samme type er å se om vi får utslag i måleresultatene. Det eneste som skiller de to lampene er antall brenntimer. Lampe (2) kan sees ut som har færre brenntimer enn lampe (1), fordi det er mindre sot rundt elektrodene i utladningsrøret. Armaturen er testet med påtrykt spenning fra 170 V til 230 V med trinn på 10 V. Det er også sett på hvor mye armaturen støyer på nettet. THD målinger og måling av 3. harmoniske er foretatt.

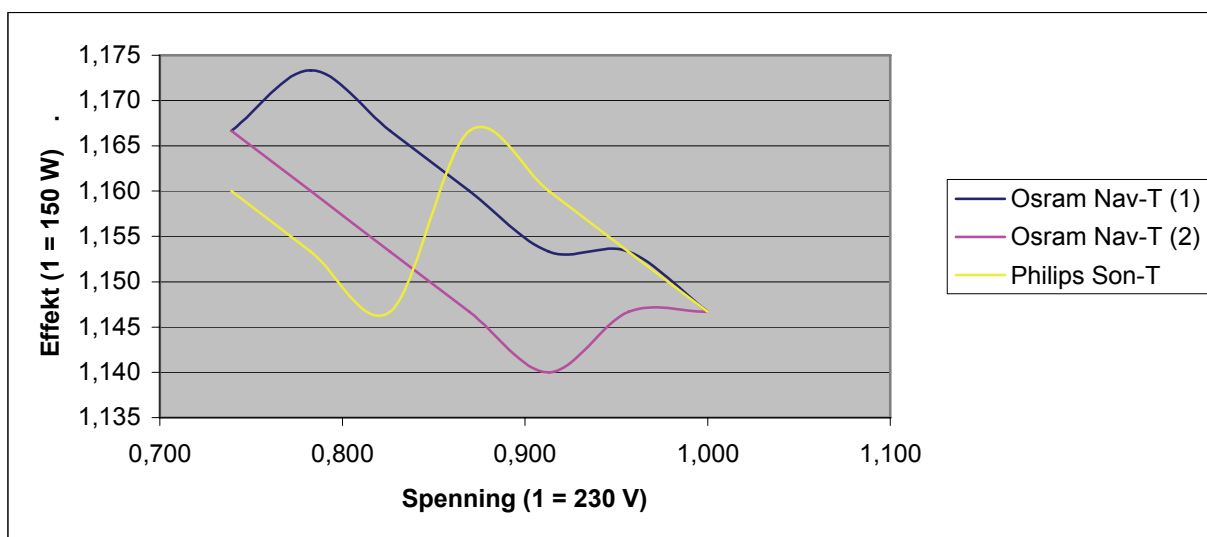
Tabell 12-7: Effektmålinger fra Selc 150 W armatur med to ulike Nav-T lamper. 100 % pådrag

Spenning [V]	Osram Nav-T (1)			Osram Nav-T (2)		
	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
170	175	1031	1	175	1029	1
180	176	979	1	174	964	1
190	175	926	1	173	911	1
200	174	876	0,99	172	862	1
210	173	830	0,99	171	820	1
220	173	792	0,99	172	786	1
230	172	757	0,99	172	752	1

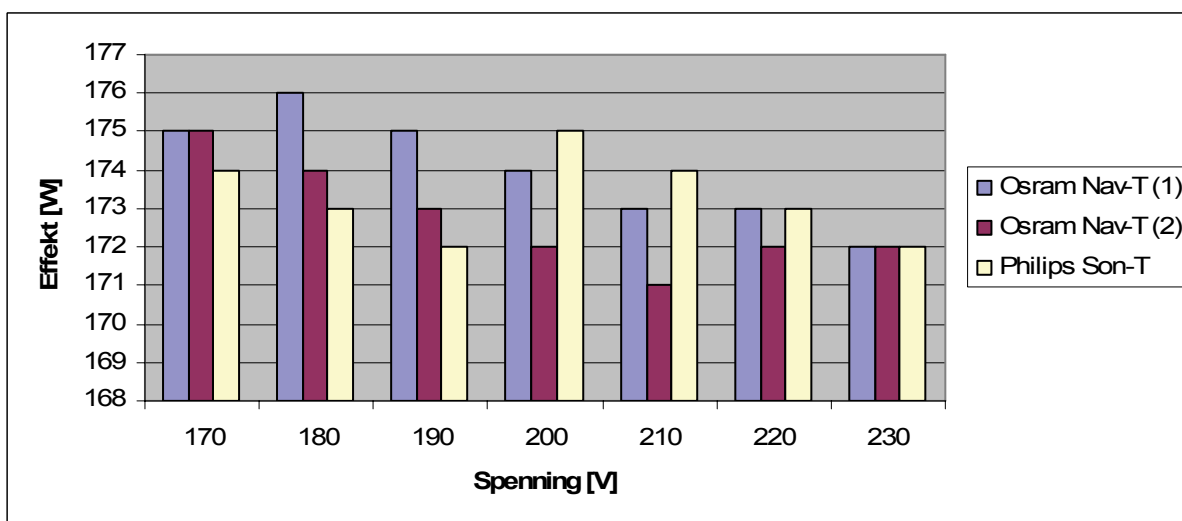


Tabell 12-8: Effektmålinger fra Selc 150 W armatur med Son-T lampe. 100 % pådrag

Spenning [V]	Philips Son-T		
	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
170	174	1025	1
180	173	962	1
190	172	907	1
200	175	876	1
210	174	829	1
220	173	790	1
230	172	750	1



Figur 12-27: Grafene viser hvordan armatureffekten endres i % av merkeeffekten (150 W) når spenningen endres i % av merkespenning (230 V). Armaturen er testet med 2 Nav-T lamper og en Son-T lampe, 150 W

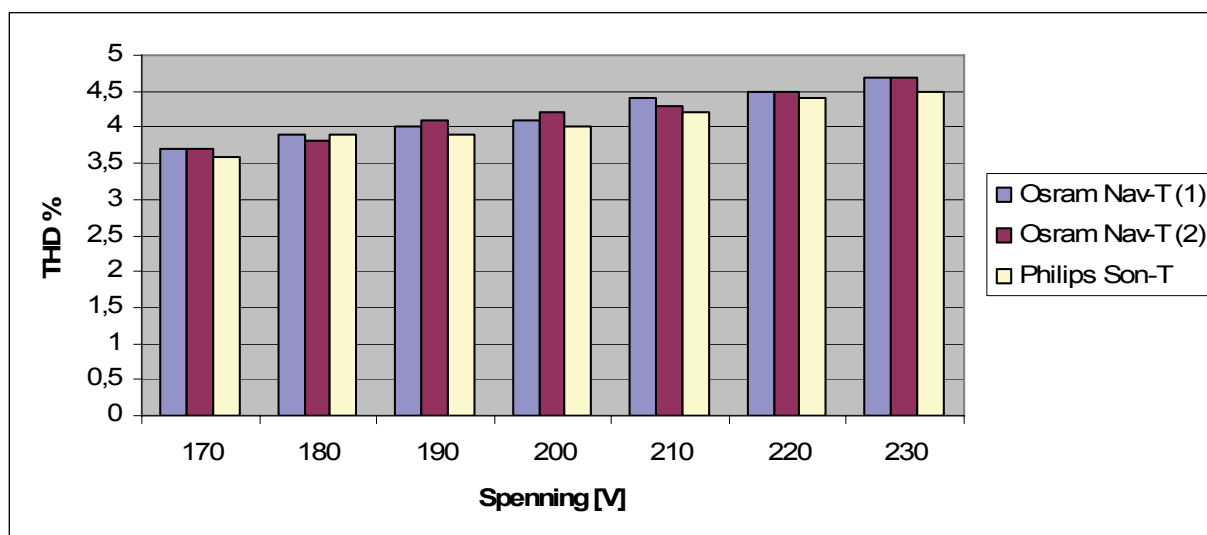


Figur 12-28: Stolpene viser armaturens forbruk av effekt ved de forskjellige påtrykte spenninger. Armaturen er testet med 2 Nav-T lamper og en Son-T lampe, 150 W

Figur 12-27 og Figur 12-28 viser armaturens effektforbruk ved forskjellige påtrykte spenninger. Totalt sett har armaturen et jevnt forbruk uavhengig av hvilken av de tre lampene som er tilkoblet. Effektforbruket varierer fra å være 14 % over merkeeffekt til 17,5 % over merkeeffekt. Trenden i Figur 12-28 viser at armaturen trekker en høyere effekt ved 170 V påtrykt spenning, enn ved 230 V påtrykt spenning. Armaturen med lampen Nav-T (2), som er antatt å være en lampe med færre brenntimer enn lampen Nav-T (1), trekker en mindre effekt enn armaturen gjør med lampen Nav-T (1) tilkoblet.

**Tabell 12-9: Cos  $\phi$ , 3. harmoniske og THD målinger for Selc 150 W forkobling for 3 ulike 150 W høytrykknatriumlysilder.**

Spenning [V]	Osram Nav-T (1)			Osram Nav-T (2)			Philips Son-T		
	Cos $\phi$	3h [mA]	THD [%]	Cos $\phi$	3h [mA]	THD [%]	Cos $\phi$	3h [mA]	THD [%]
170	1	30	3,7	1	29	3,7	1	29	3,6
180	1	30	3,9	1	30	3,8	1	28	3,9
190	1	30	4	1	29	4,1	1	30	3,9
200	1	30	4,1	1	29	4,2	1	28	4
210	1	29	4,4	1	29	4,3	1	28	4,2
220	1	29	4,5	1	30	4,5	1	28	4,4
230	1	30	4,7	1	30	4,7	1	29	4,5



**Figur 12-29: THD målinger for Selc 2000 150 W armatur med 3 ulike høytrykknatriumlampen tilkoblet**

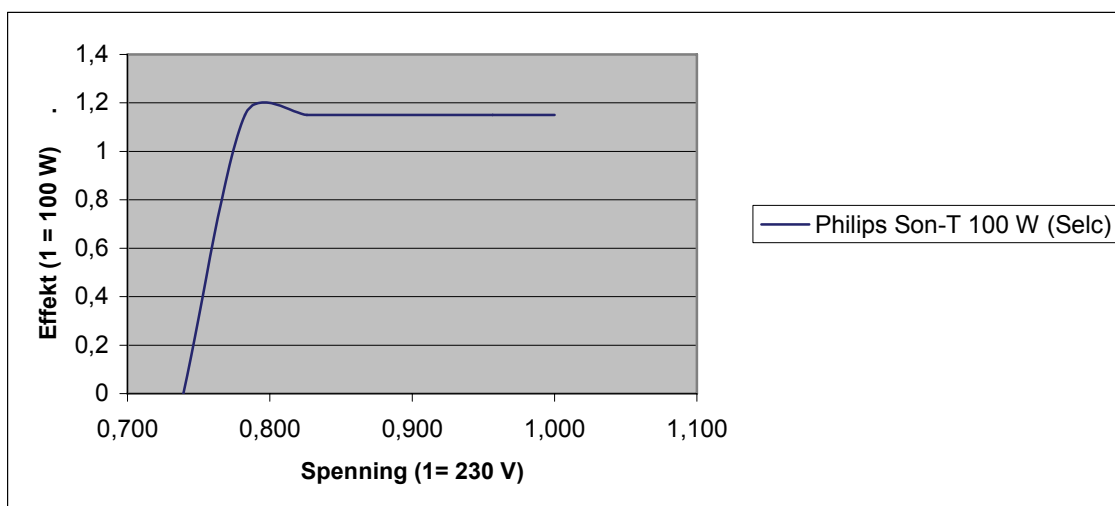
Figur 12-29 viser THD verdiene for Selc 150 W armaturen. Vi ser at ingen av de tre lyskildene påvirker armaturen i noe særlig grad. Armaturen har jevne verdier, men det ser ut som om THD verdien øker litt med spenningen. Ved 230 V påtrykt spenning ser vi THD verdier på 4,7 % og 4,5 %, mens ved 170 V påtrykt spenning ser vi THD verdier på 3,7 % og 3,6 %. Dette kan tyde på at armaturen lager mindre støy på nettet ved lave spenninger. At armaturen trekker en høyere strøm ved 170 V enn ved 230 V bør taes med i vurderingen.

## 12.6 Selc 100 W, høytrykknatrium

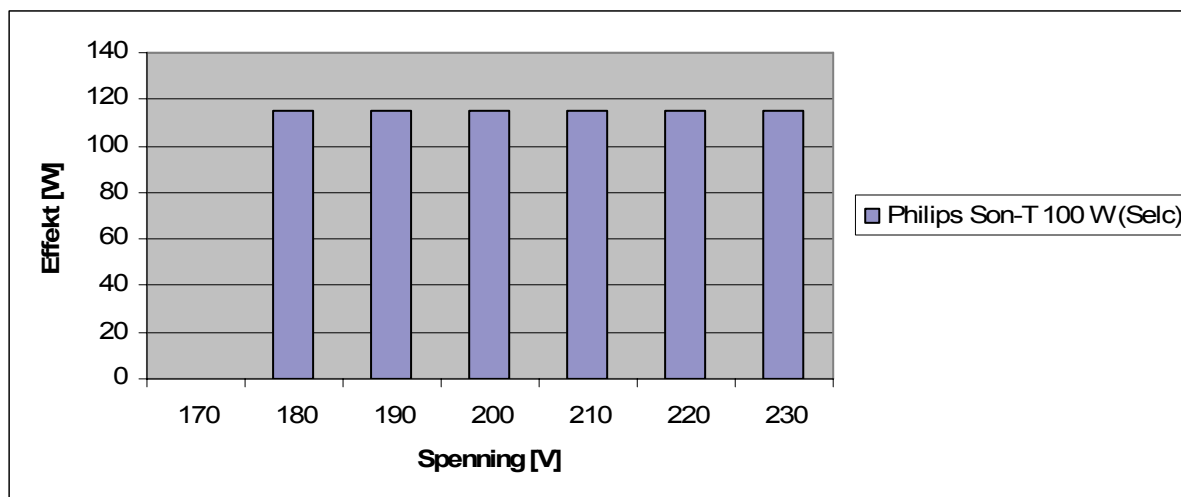
Målinger på en Selc 2000 elektronisk forkobling med en Philips Son-T Plus 100 W lampe tilkoblet er gjennomført. Fullstendige resultater fra undersøkelsen finnes i vedlegg A11. Armaturen er testet i spenningsområdet 170 V til 230 V i trinn på 10 V. Ved 170 V slukket lampen og det er av den grunn 0 W ved denne spenningen. Effektmålingene er presentert i Tabell 12-10. Det er også sett på hvor mye armaturen støyer på nettet. Det er foretatt målinger av  $\cos \phi$ , 3. harmoniske og THD. Resultatene er presentert i Tabell 12-11.

Tabell 12-10: Selc 2000 elektronisk forkobling med Philips Son-T 100 W lampe tilkoblet

Elektronisk forkobling fra Selc, 100 W					
Spenning [V]		Philips Son-T 100 W (Selc)			
		Effekt [W]		Strøm [mA]	Effektfaktor
170	0,739	0	0	0	
180	0,783	115	1,15	644	1
190	0,826	115	1,15	610	0,99
200	0,870	115	1,15	578	0,99
210	0,913	115	1,15	551	0,99
220	0,957	115	1,15	524	0,99
230	1,000	115	1,15	500	0,99



Figur 12-30: Grafen viser hvordan armatureffekten endres i % av merkeeffekten (100 W), ettersom spenningen endres i % av merkespenning (230 V).



Figur 12-31: Stolpene viser armatureffekten ved ulike påtrykte spenninger

Figur 12-30 og Figur 12-31 viser armaturens effektforbruk ved spenninger fra 170 V til 230 V. Vi ser at ved 170 V trekker armaturen 0 W og lampen er slukket. Når spenningen faller under ca. 78 % av merkespenning, eller under ca 180 V, blir armaturen ustabil. Ved spenninger over 180 V er armaturen stabil. I dette spenningsområdet trekker armaturen 115 W, 15 % mer enn merkeeffekt.

Tabell 12-11: Cos  $\phi$ , 3. harmoniske og THD målinger for Selc 100 W, elektronisk forkobling, med Philips Son-T 100 W lampe

Spenning [V]	Philips Master city Son-T 100 W		
	Cos $\phi$	3h [mA]	THD [%]
170			
180	1	29	5,2
190	1	30	5,5
200	1	29	5,7
210	1	29	6
220	1	29	6,7
230	1	30	6,7

Tabell 12-11 viser resultatene fra cos  $\phi$ , 3. harmoniske og THD målinger. Cos  $\phi$  verdiene er 1 for alle spenningsnivåer. 3. harmoniske, som er den største overharmoniske komponenten er på 29-30 mA. Den totale harmoniske forvrengning, THD, varierer fra 5,2 % ved 180 V, til 6,7 % ved 230 V.

## 12.7 Selc 70 W, høytrykknatrium

Målinger på en Selc 2000 elektronisk forkobling med en Master Son-T PIA plus 70 W lampe tilkoblet er gjennomført. Fullstendige resultater fra undersøkelsen finnes i vedlegg A7.

Armaturen er testet i spenningsområdet 170 V til 230 V i trinn på 10 V ved 100 % pådrag og testet i området 200 V til 250 V i trinn på 10 V ved 50 % pådrag.

### 100 % pådrag

Ved 100 % pådrag er armaturen testet med påtrykt spenning fra 170 V – 230 V i trinn på 10 V. Måleresultatene er presentert i Tabell 12-12.

Tabell 12-12: Effektmålinger for Selc 70 W forkobling med Philips master city 70 W lampe. 100 % pådrag

Philips master Son-T PIA Plus 70 W			
Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
170	82	484	1
180	81	455	1
190	81	430	0,99
200	81	410	0,99
210	81	390	0,99
220	81	374	0,99
230	81	357	0,99

Tabell 12-12 viser at armaturen har et jevnt effektforbruk over hele spenningsområdet. Armaturen trekker 81-82 W, eller 15,7 % - 17,1 % mer enn merkeeffekt.

### 50 % pådrag

Ved 50 % pådrag er armaturen testet med påtrykt spenning fra 200 V – 250 V i trinn på 10 V. Måleresultatene er presentert i Tabell 12-13.

Tabell 12-13: Effektmålinger for Selc 70 W forkobling med Philips master city 70 W lampe. 50 % pådrag

Philips master Son-T PIA Plus 70 W (50 % pådrag)			
Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor
200	46	234	0,97
210	45	224	0,97
220	45	214	0,96
230	45	206	0,96
240	45	198	0,96
250	46	191	0,95

Tabell 12-13 viser at armaturen har et jevnt effektforbruk over hele spenningsområdet. Armaturen trekker 45-46 W, eller 64,3 – 65,7 % av merkeeffekt.



## 13 RESULTATER FRA FELTUNDERSØKELSER

Resultatene fra de elektrotekniske undersøkelsene av veilys i Trondheim er presentert i alfabetisk rekkefølge sortert etter gatenavn, eller annen kursbeskrivelse.

### 13.1 Bromstadveien og Tungesletta

Undersøkelsen ble gjennomført 23. mars 2007. Se vedlegg B1 for kart. Undersøkelsen var i utgangspunktet ikke med i planene, men ble tatt med som følge av at det var tre armaturer ved enden av kursen som ikke ville tenne. Kursen er svært lang og det var interessant å måle spenningsfallet. De to armaturene på enden av kursen lyste med svært redusert lysstyrke.

På kursen er det 38 armaturer der 3 stk ikke var tent. Armaturenes merkeeffekt er på 250 W og 150 W. Elektrotekniske målinger er ikke gjennomført på alle armaturene på kursen. Ved de armaturer det ikke er gjort målinger, er det gjort estimater for å finne verdier for spenning og effekt (se vedlegg B1).



Figur 13-1: Master ved Tungesletta

Tennskapet til kursen er plassert i trafokiosk. Fra tennskap går det en  $2 \times 10 \text{ mm}^2$  PFSP – Cu kabel ut til armaturene. Kabelens lengde er anslått til å være 1000 meter.

Kursen har et unormalt høyt spenningsfall. Kursen er meget lang og armaturene er kun koblet inn mellom faser. Ut fra tennskapet går det en relativ stor strøm på 29,7 A. Dette har innvirkning på det høye spenningsfallet.

Tabell 13-1: Målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Bromstadveien og på Tungesletta

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap L1-L2:	233,4
Spenning ved kursens endepunkt:	167,8
Totalt spenningsfall:	65,4
Kursens gjennomsnittlige spenning:	192,1
Laveste armaturspenning	167,8
Høyeste armaturspenning	233

Tabell 13-1 viser en oppsummering av de målte og beregnede spenninger ved veilyskursen. Alle verdiene er målt med unntak av verdien for kursens gjennomsnittlige spenning og høyeste armaturspenning. Verdien for kursens gjennomsnittlige spenning er funnet ved å summere alle mastespenningene, både målte og estimerte verdier, for så å dele på antall master. Verdien for høyeste armaturspenning er den spenningen som er ved den første masta etter tennskapet. Ved tennskapet er spenningen målt til 233,4 V. Den første masta er plassert like ved tennskapet og spenningen her er estimert til 233 V. Spenningen ved kursens siste mast er målt til 167,8 V. Spenningsfallet blir følgelig på 65,4 V eller på 28 %.

Gjennomsnittlig armaturspenning er beregnet til 192,1 V, 16,5 % lavere enn merkespenning. Lave spenninger fører til at armaturene trekker mindre effekt enn merkeeffekt, og at lampenes lysfluks og lysutbytte blir redusert. Det var tydelig å se at armaturene ved kursens ende lyste dårlig.

**Tabell 13-2: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen i Bromstadveien og på Tungesletta**

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	6280
Summert reell masteeffekt	4159
Tap i overføring	2121
Overføringstap pr. armatur	60,6
Estimert effekt	6100
Estimert effekt inkludert 10 % tap	6710
Avvik mellom estimert og reel effekt	-430
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	118,8
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 250 W armatur	162,8
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 150 W armatur	113,2
Laveste armatureffekt	78
Høyeste armatureffekt	170
Armaturenes merkeeffekt	250 - 150

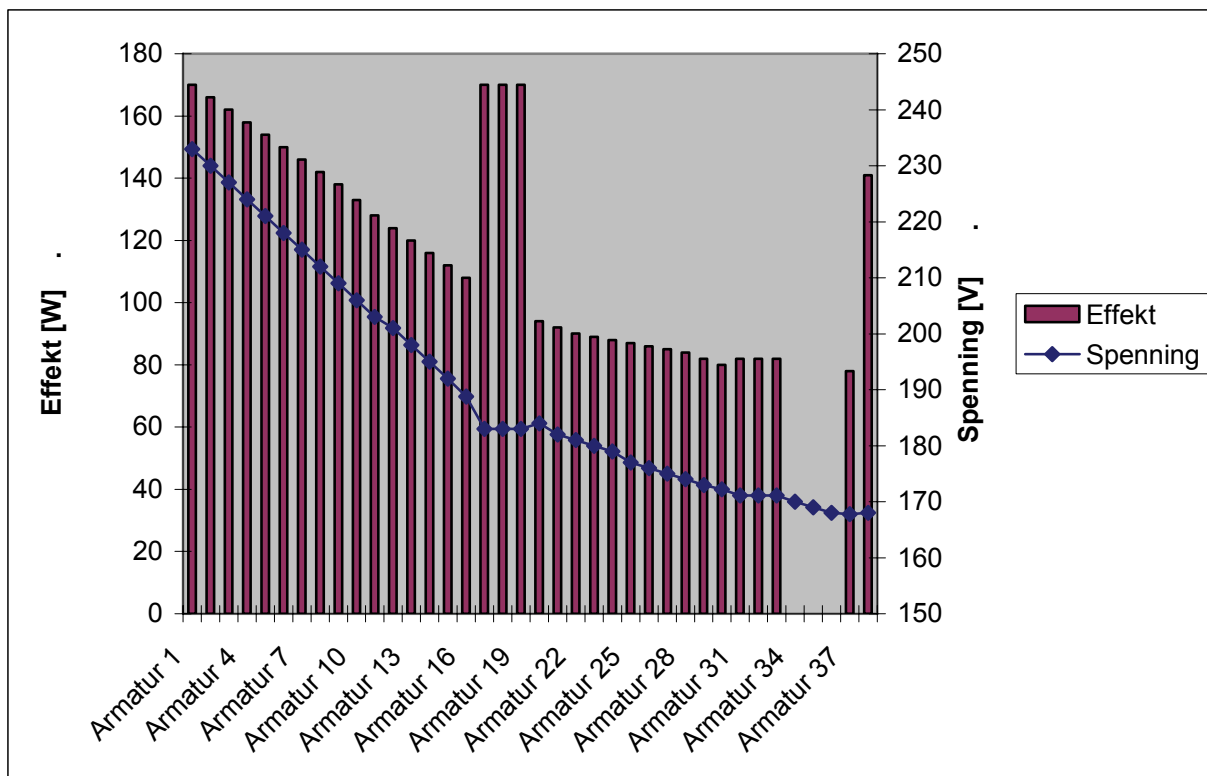
Tabell 13-2 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter fra veilyskursen. Totalt målt effekt ut fra tennskap er 6280 W. Summert masteeffekt funnet på grunnlag av målte og estimerte verdier, er beregnet til 4159 W. Resultatene gir et avvik som tilskrives tap i overføringen av elektrisitet på 2121 W. Det vil si 60,6 W per armatur eller 33,8 % av totaleffekten. Ut i fra våre målinger oppstår det store tapet som følge av stor strøm og stort spenningsfall. Ut fra tennskapet går det en strøm på 29,7 A.

Gjennomsnittlig effekt for 250 W armaturene er beregnet til 162,8 W, 34,9 % under merkeeffekt. Gjennomsnittlig effekt for 150 W armaturene er på 113,2 W, 24,4 % under merkeeffekt.

Estimerte effekt beregnet ut ifra armaturenes merkeeffekt er 6100 W ( $150 \text{ W} * 34 + 250 \text{ W} * 4$ ). Inkludert 10 % tap (korreksjonsfaktor på 1,1 bestemt av TEV) blir dette 6710 W. Avviket i forhold til virkelig verdi blir følgelig 430 W. Kursen trekker en lavere effekt enn antatt og det er en feilmargin på 6,8 %.

Total harmoniske forvrengning (THF eller THD) er målt til 11,5 %. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,91 og  $\cos \phi$  er målt til 0,91.





Figur 13-2: Kursens armatureffekter og spenninger

Figur 13-2 viser hvordan spenningen og armatureffekter reduseres utover i kursen. Figuren viser hvor 250 W armaturene befinner seg, og hvor de slukkede armaturene er. Figuren gir et uttrykk for hvordan spenningen er gjort lineær (prinsippet for estimering). Kun ved 11 av de 35 armaturene som lyser er det gjort mastemålinger. Se vedlegg B1 for hvilke.

Effektverdiene i Figur 13-2 er i et forsøk plassert inn i FEBDOK for å undersøke kursen nærmere. I FEBDOK ble det gjort forenklinger der masteavstanden ble satt til 40 meter og  $\cos \phi$  satt til 0,9. Resultatene fra FEBDOK viser at de estimerte verdiene kan være for lave. Totalt spenningsfall ble beregnet til 46,9 V, og strømmen ut fra tennskapet ble beregnet til 19,82 A. En mulig årsak til avvikene kan være at det er buss-skur eller annen last som ikke er oppdaget på kursen. De reelle tapene i overføringen blir følgelig mindre enn først antatt.

Forrige lampeskift ble i følge TEV gjennomført i 2004. Det antas dermed at lampene ved denne kursen har brent i ca 12 000 timer ved det tidspunktet målingene ble gjort.

I vedlegg B1 kan fullstendige måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.

## 13.2 Brundalen

Undersøkelsen i Brundalen (se vedlegg B2 for kart) ble gjennomført 27. mars 2007. Kursen består av 15 armaturer hvor de fire nederste, lengst fra tennskapet, har merkeeffekt lik 150 W, og de resterende elleve har merkeeffekt lik 100 W. Armaturene er av type AEG koffert fra 1980, mens lampene er av type høytrykknatrium og er fra 2005. Kursens lengde fra tennskap til endepunkt er anslått til å være ca 650 meter. Det er benyttet en 3 x 10 mm<sup>2</sup> PFSP Cu. kabel. Armaturene i kursen er koblet inn mellom to faser. Bare to av fasene er spenningsatt.



Figur 13-3: Mast i Brundalen

Tabell 13-3: Målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Brundalen

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap:	234,5
Spenning ved kursens endepunkt:	223,2
Totalt spenningsfall:	11,3
Kursens gjennomsnittlige spenning:	228
Laveste armaturspenning	223,2
Høyeste armaturspenning	231,5

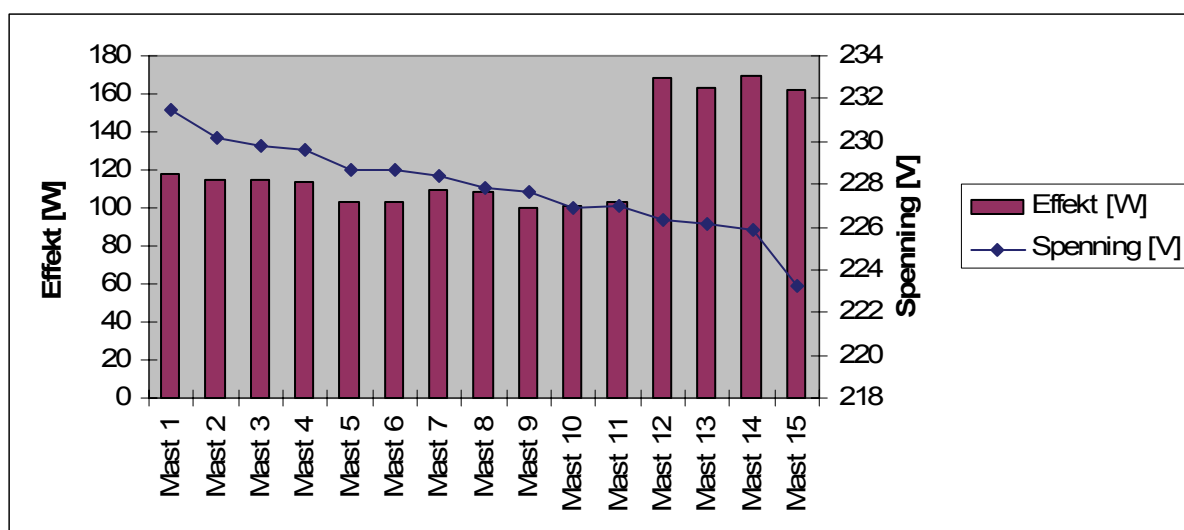
Tabell 13-3 viser en oppsummering over de målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Brundalen. Spenningen ved tennskapet, som er plassert i trafokiosk, er målt til 234,5 V. Spenningen ved armaturene varierer fra 223,2 V, som er målt ved den siste armaturen, til 231,5 V, som er målt ved den første armaturen.

Tabell 13-4: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen i Brundalen

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	1950
Summert reell masteffekt	1851
Tap i overføring	99
Overføringstap pr. armatur	6,6
Estimert effekt	1700
Estimert effekt inkludert 10 % tap	1870
Avvik mellom estimert og reell effekt	80
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	123,4
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 100 W armatur	108,1
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 150 W armatur	165,5
Laveste armatureffekt	100
Høyeste armatureffekt	169
Armaturenes merkeeffekt	100 og 150

Tabell 13-4 viser ulike effekter fra veilyskursen. Total målt effekt ut fra tennskap er 1 950 W. Summert reell masteffekt er kalkulert til 1851 W. Differansen er tap i overføring og er beregnet til 99 W, 6,6 W per armatur. Tapet er på 5,1 % i forhold til den totale målte effekten. Estimert effekt beregnet ut ifra armaturenes merkeeffekt, inkludert 10 % tap i overføringen (korreksjonsfaktor på 1,1 bestemt av TEV), er 1870 W  $((4 * 150 \text{ W} + 11 * 100 \text{ W}) * 1,1)$ . Her er det et avvik på 80 W eller 4,1 % i forhold til målt effekt. Fordi spenningen totalt sett ved denne veilyskursen er relativ høy (kursens gjennomsnittlige spenning = 228 V), trekker armaturene en høyere effekt enn merkeeffekten. Gjennomsnittlig reell effekt for både 100 W armaturene og 150 W armaturene er høyere enn merkeeffekt. 100 W armaturene trekker 8,1 % over merkeeffekt, mens 150 W armaturene trekker 10,3 % over merkeeffekt.

Total harmonisk forvrengning (THF eller THD) er målt til 20,7 %. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,93 og  $\cos \phi$  er målt til 0,94.



Figur 13-4: Kursens armatureffekter og spenninger

Figur 13-4 viser spenningsvariasjoner og effektvariasjoner for armaturene i Brundalen. Figuren viser at de 11 første armaturene er 100 W armaturer, mens de fire siste er 150 W armaturer. Vi kan også se at spenningen faller gradvis, men er hele tiden over 222 V.

Forrige lampeskift er oppgitt av TEV til å ha vært i 2005. Det vil si at lampene ved denne kursen har en antatt brenntid på ca 8 000 timer ved det tidspunktet målingene ble gjort.

I vedlegg B2 kan fullstendige måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.

### 13.3 Brøsetveien

Undersøkelsen i Brøsetveien (se vedlegg B3 for kart) ble gjennomført 28. mars 2007. Veilyskursen består av 7 armaturer fra 1985. Armaturene er levert av Siemens og består av konvensjonelle forkoblinger og lamper av type høytrykknatrium med merkeeffekt på 150 W.

Overføringskabelen fra tennskapet til kursens endepunkt er anslått til å være ca 300 meter. Overføringskabelen er en  $2 \times 16 \text{ mm}^2$  – PFSP – Cu. Tennskapet er plassert i trafokiosk. Armaturene i kursen er koblet inn mellom to faser.



Figur 13-5: Tennskapet i Brøsetveien

Tabell 13-5: Målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Brøsetveien

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap:	234,5
Spenning ved kursens endepunkt:	228,2
Totalt spenningsfall:	6,3
Kursens gjennomsnittlige spenning:	230,1
Laveste armaturspenning	228,2
Høyeste armaturspenning	232,4

Tabell 13-5 viser en oppsummering av de målte spenninger ved veilyskursen i Brøsetveien. Spenningen ved tennskapet, som er plassert i trafokiosk, er på 234,5 V. Spenningen ved armaturene varierer fra 228,2 V, som er målt ved kursens siste armatur, til 232,4 V, som er målt ved kursens første armatur.

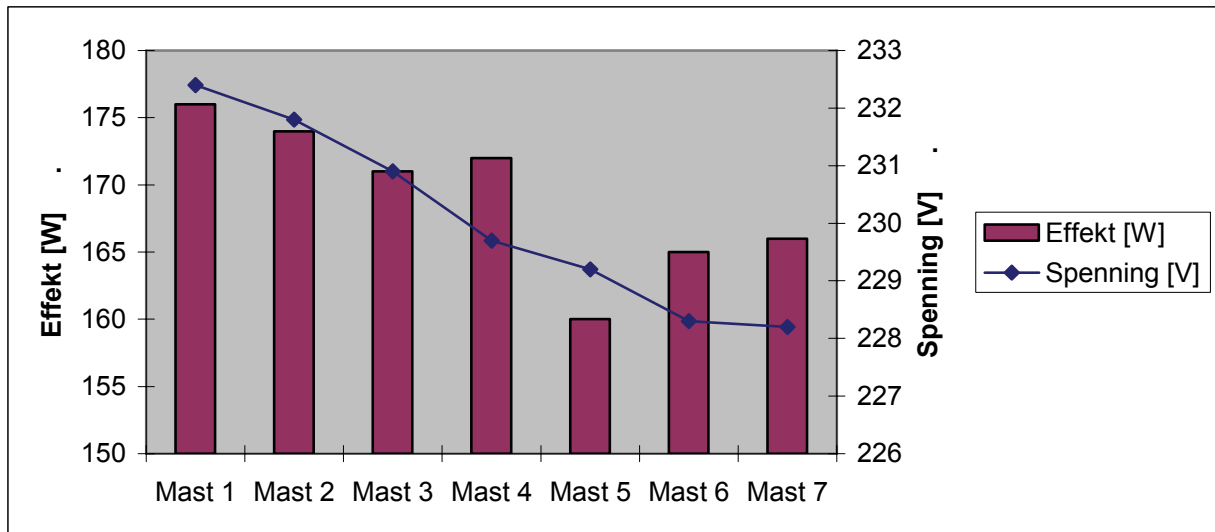
Tabell 13-6: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen i Brøsetveien

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	1 670
Summert reell masteeffekt	1184
Tap i overføring	58
Overføringstap pr. armatur	4,1
Estimert effekt	1050
Estimert effekt inkludert 10 % tap	1155
Avvik mellom estimert og reell effekt	515
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	169,1
Laveste armatureffekt	160
Høyeste armatureffekt	176
Armaturenes merkeeffekt	150

Tabell 13-6 viser ulike effekter fra veilyskursen. I tillegg til veilysarmaturene er det koblet inn belysning i et buss-skur som trekker 428 W på kursen. Tapet i overføringen er beregnet til 58

W, 4,1 W tap per armatur eller 3,5 % tap i forhold til den totale effekten ved tennskapet. Dette er et mindre tap enn de 10 % som blir brukt i de estimerte verdiene (korreksjonsfaktor på 1,1 bestemt av TEV). Summert reell masteeffekt er på 1184 W. Dette er 184 W mer enn armaturenes merkeeffekt skulle tilsi. Gjennomsnittlig reell armatureffekt er beregnet til 169,1 W. Armaturene trekker 12,1 % over merkeeffekt.

Total harmonisk forvrengning (THF eller THD) er målt til 15,6 %. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,81 og  $\cos \varphi$  er målt til 0,83.



**Figur 13-6: Kursens armatureffekter og spenninger**

Figur 13-6 viser kursens armatureffekter og hvordan spenningsnivået endres utover i kursen.

Forrige lampeskift er oppgitt av TEV til å ha vært i 2005. Det vil si at lampene ved denne kursen har en antatt brenntid på ca 8 000 timer ved det tidspunktet målingene ble gjennomført.

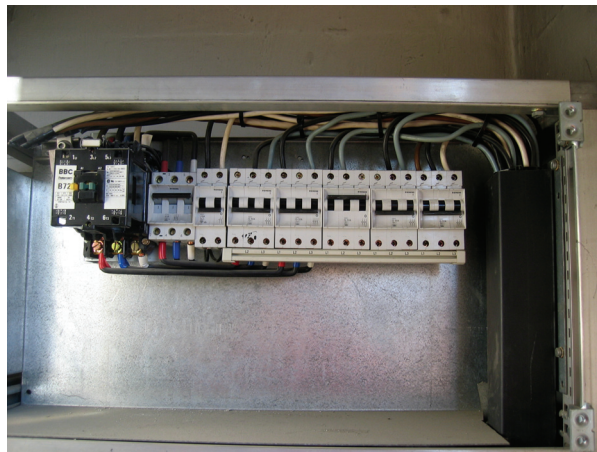
I vedlegg B3 kan fullstendige måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.

### 13.4 Fiolsvingen

Undersøkelsen i Fiolsvingen (se vedlegg B4 for kart) ble gjennomført 28. mars 2007.

Veilyskursen består av 29 armaturer.

Anlegget er påbygget i etterkant slik at alderen varierer. Noe av anlegget er i fra år 2000. Veilyskursen består av 11 armaturer med merkeeffekt på 150 W, 4 armaturer med merkeeffekt på 70 W og 14 armaturer med merkeeffekt på 100 W. Alle armaturene har konvensjonell forkobling. Fra tennskapet, som er plassert i trafokiosk, og til kursens endepunkt er det anslått en avstand på 600 meter. Kursen har to avgreininger som går ut i hver sin sidegate. I sidegatene er det benyttet 100 W armaturer. De fire siste armaturene i hovedgrenen er på 70 W. Det er benyttet en 2 x 16 mm<sup>2</sup> PFSP – Cu kabel til elektrisitetsoverføring.



Figur 13-7: Tennskapet i Fiolsvingen

I denne undersøkelsen er det ikke gjennomført målinger i alle mastene som er tilkoblet den utvalgte kursen. I undersøkelsen er det gjort 6 mastemålinger pluss måling i tennskap. For de resterende mastene er det benyttet estimerte verdier (se vedlegg B4).

Tabell 13-7: Tabellen viser målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Fiolsvingen

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap:	237,2
Spenning ved kursens endepunkt:	220,5
Totalt spenningsfall:	16,7
Kursens gjennomsnittlige spenning:	224,3
Laveste armaturspenning	220,3
Høyeste armaturspenning	234,2

Tabell 13-7 viser en oppsummering av de målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Fiolsvingen. Tennskapet er plassert i trafokiosk og spenningen er målt til 237,2 V. Laveste armaturspenning er målt til 220,3 V. Spenningsfallet er følgelig på 16,9 V eller 7,1 %. Siden denne kursen har to greiner ut i fra hovedkursen finnes det tre endepunkter. Lavest spenning finnes på den ene sidegreina, og er målt til 220,3 V. Kursens gjennomsnittsspenning er beregnet til 224,3 V.

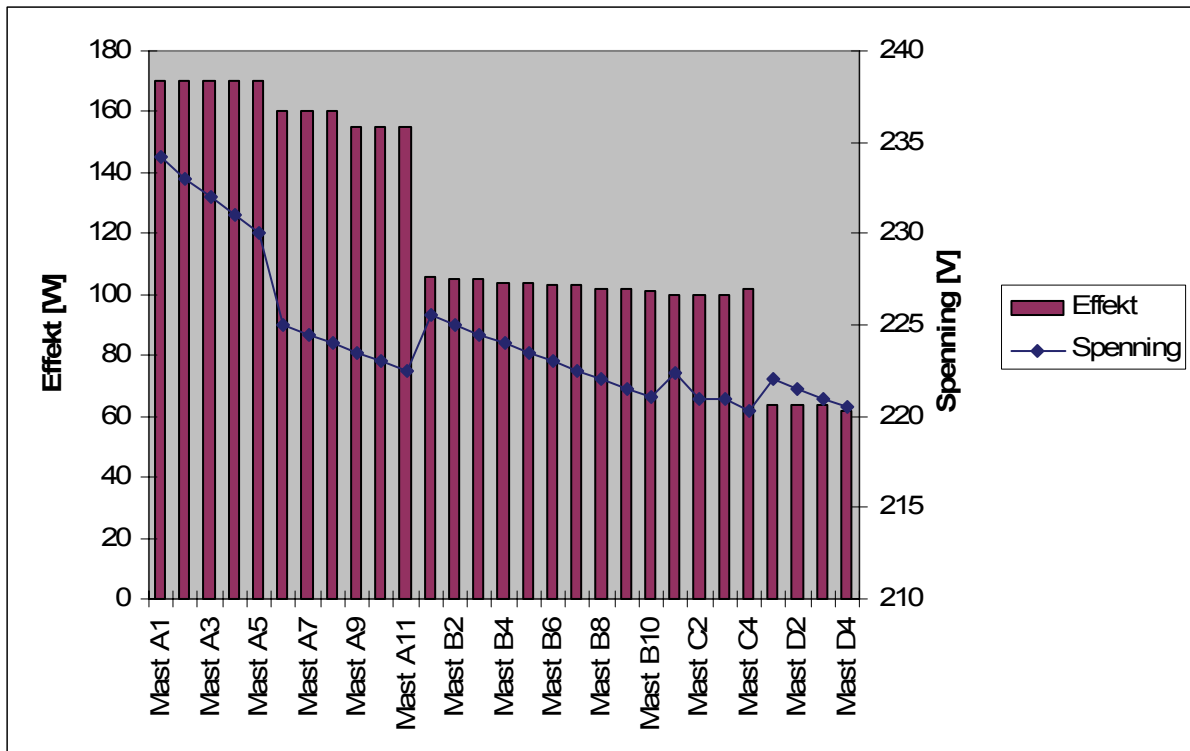
Tabell 13-8: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen i Fiolsvingen

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	3650
Summert reell masteeffekt	3486
Tap i overføring	164
Overføringstap pr. armatur	5,7
Estimert effekt	3330
Estimert effekt inkludert 10 % tap	3663
Avvik mellom estimert og reell effekt	-13
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	120
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 70 W armatur	63,5
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 100 W armatur	103
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 150 W armatur	163
Laveste armatureffekt	62
Høyeste armatureffekt	170
Armaturenes merkeeffekt	70, 100, 150

Tabell 13-8 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter for veilyskursen i Fiolsvingen. Total effekt ut fra kursens tennskap er målt til 3650 W. Den beregnede summerte masteeffekten er kalkulert til 3486 W. Overføringstapet er følgelig på 164 W eller 5,7 W per armatur. Det gir kun 4,5 % tap i overføringen i forhold til den totale effekten. Estimert total masteeffekt beregnet ut i fra armaturenes merkeeffekt er på 3330 W ( $11 \cdot 150 \text{ W} + 4 \cdot 70 \text{ W} + 14 \cdot 100 \text{ W}$ ). Inkludert 10 % tap (korreksjonsfaktor på 1,1 bestemt av TEV) gir dette 3663 W. Dette bekrefter at de estimerte verdier er relativt nøyaktige. Estimert total masteeffekt er ikke langt unna den virkelige totale effekten, 3650 W. Feilmarginen er 13 W eller 3,5 %.

Resultater fra undersøkelsen viser at 150 W armaturene trekker i gjennomsnitt 163 W (10,9 % mer enn merkeeffekt), 100 W armaturene trekker i gjennomsnitt 103 W (3 % mer enn merkeeffekt), mens 70 W armaturene trekker i gjennomsnitt 62 W (11,4 % mindre enn merkeeffekt). Grunnen til at 70 W armaturene trekker mindre enn merkeeffekten er at de er plassert på enden av kursen der spenningen er ned mot 220 V. 150 W armaturene er plassert i starten av kursen der spenningen er rundt 230 V. 100 W armaturene er plassert ca midt i kursen hvor spenninga er rundt 225 V i gjennomsnitt.

Totale harmoniske forvrengning (THF eller THD) er målt til 17,3 %. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,85 og  $\cos \phi$  er målt til 0,85.



Figur 13-8: Armatureffekter og spenningsnivåer ved veilykursen

Figur 13-8 viser armatureffekter og spenningsnivåer for veilykursen. Spenningskurven viser hvor avgreiningene på kursen er, og et klart skille mellom 150 W, 100 W og 70 W armaturene.

Det er ikke kjent når forrige lampeskift ble gjennomført.

I vedlegg B4 kan alle måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.



### 13.5 Henrik Ourens Vei

Undersøkelsen i Henrik Ourens vei (se vedlegg B5 for kart) ble gjennomført 15. mars 2007. Veilyskursen består av 12 armaturer, hvorav en armatur er koblet ut som følge av feil. Anlegget er oppgitt til å være fra 1990 og består av armaturer med konvensjonelle forkoblinger og høytrykknatriumslamper med merkeeffekt på 100 W. Fra tennskapet, som er plassert i trafokiosk, og til kursens endepunkt er det anslått en avstand på 400 meter. Kabelen er av typen 2 x 10 mm<sup>2</sup> PFSP – Cu.



Figur 13-9: Patronsikringer (10 A) i mast

I denne undersøkelsen er det ikke gjort målinger i alle mastene som tilhører den utvalgte kursen. I undersøkelsen er det gjort 3 mastemålinger pluss en i tennskap. Det er målt på første mast, siste mast og den midterste masten i kursen. Dette gir grunnlag for å beregne/estimere de resterende masteeffektene og spenningene.

Tabell 13-9: Målte og beregnede spenninger i Henrik Ourens vei

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap:	236,1
Spenning ved kursens endepunkt:	230,6
Totalt spenningsfall:	5,5
Kursens gjennomsnittlige spenning:	233,1
Laveste armaturspenning	230,6
Høyeste armaturspenning	237,5

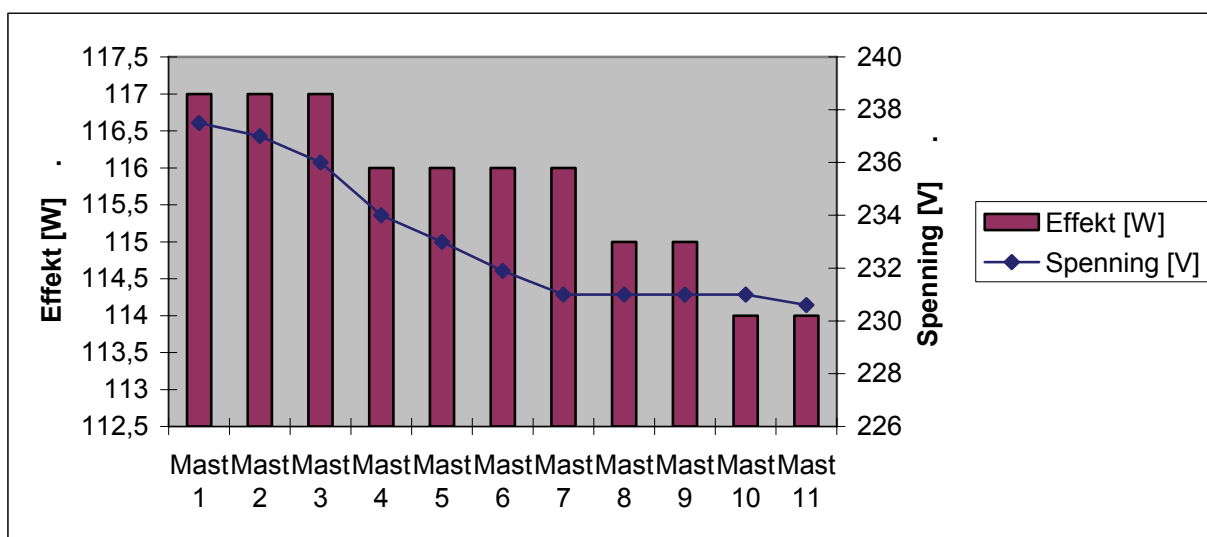
Tabell 13-9 viser en oppsummering av målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Henrik Ourens vei. Tennskapet er plassert i trafokiosk og spenningen er målt til 236,1 V. Spenningen ved kursens første armatur er målt til 237,5 V. Her ser vi at spenningen er høyere enn i tennskapet. Årsaken er at spenningen ikke er konstant, men varierer som funksjon av tiden. Mest sannsynlig skal spenningen på første mast være 1-2 V lavere enn spenningen i tennskapet. Spenningen ved kursens siste mast er målt til 230,6 V. Spenningsfallet er følgelig på 5,5 V eller 2,3 %. Kursens gjennomsnittlige spenning er beregnet til 233,1 V, 3,1 V over armaturenes merkespenning.

Tabell 13-10: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i Henrik Ourens vei

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	1420
Summert reell masteeffekt	1273
Tap i overføring	147
Overføringstap pr. armatur	13,4
Estimert effekt	1100
Estimert effekt inkludert 10 % tap	1210
Avvik mellom estimert og reell effekt	210
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	115,7
Laveste armatureffekt	114
Høyeste armatureffekt	117
Armaturenes merkeeffekt	100

Tabell 13-10 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter for veilyskursen i Henrik Ourens vei. Total effekt ut fra tennskapet er målt til 1420 W. Summert masteeffekt bestående av målte og estimerte verdier er kalkulert til 1273 W. Dette gir et kalkulert tap i overføringen på 147 W, 13,4 W per armatur eller 10,3 % av den totale effekten. Estimert total masteeffekt beregnet ut i fra armaturenes merkeeffekt er på 1100 W ( $11 \cdot 100$  W). Inkludert 10 % tap gir dette en totaleffekt på 1210 W. Estimert total masteeffekt er 210 W lavere enn den reelle effekten. Det vil si en feilmargin på 14,8 %. Årsaken i at anlegget trekker mer enn den estimerte verdien er at spenningsnivået ved denne kursen er relativt høyt. Som vi ser av tabellen er gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur 115,7 W, 15,7 % høyere enn merkeeffekten.

Totale harmonisk forvrengning (THF eller THD) er målt til 15,5 %. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,71 og  $\cos \phi$  er målt til 0,72.



Figur 13-10: Armatureffekter og spenningsnivåer for veilyskursen

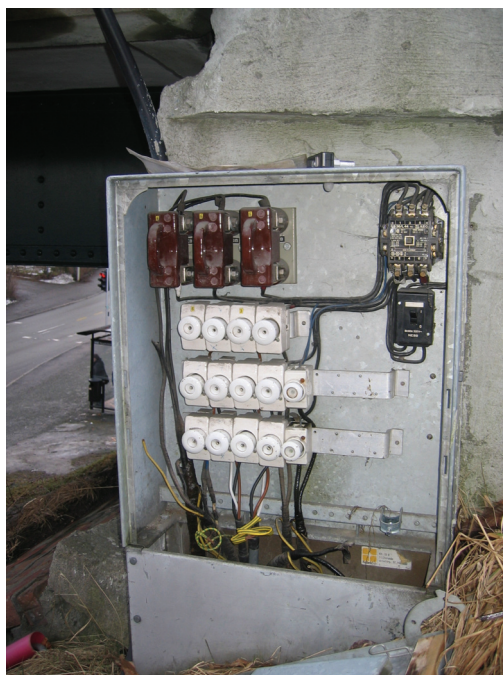
Figur 13-10 viser armatureffekter og spenningsnivåer for veilyskursen. Både armatureffekten og spenningsnivået holder seg over merkeverdiene gjennom hele kursen.

Forrige lampeskift er oppgitt av TEV til å ha vært i 2005. Det vil si at lampene ved denne kursen har en antatt brenntid på ca 8 000 timer ved det tidspunktet målingene ble gjennomført.

I vedlegg B5 kan fullstendige måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.

### 13.6 Høgskoleringen

Undersøkelsen i Høgskoleringen ble gjennomført 15. mars 2007. Veilyskursen består av 22 armaturer. I vedlegg B6 er masteplassering langs veien vist. Armaturene benytter konvensjonelle forkoblinger og høytrykknatriumslamper med merkeeffekt på 150 W. Sist lampeskift var i 2006. Armaturene i anlegget skal i følge TEV's oversikt være fra 1998. Ved denne kursen er det trukket tre faser ut fra tennskapet. Fasene er ikke symmetrisk belastet. L1-L2 er den fasekombinasjonen som er mest benyttet og her henger det på 11 armaturer. På L1-L3 henger det 6 armaturer og mellom L2-L3 er det innkoblet 5 armaturer (se vedlegg B6). Største spenningsfall vil det derfor være mellom L1 og L2. Tennskapet til denne kursen er ikke plassert i trafokiosk. Det er plassert en ukjent avstand fra trafokiosk. Alle mastemålingene finnes i vedlegg B6. Kabelen fra tennskapet er en 3 x 10 mm<sup>2</sup> PFSP – Cu.



Figur 13-11: Tennskapet i Høgskoleringen

Tabell 13-11: Målte og beregnede spenninger i Høgskoleringen

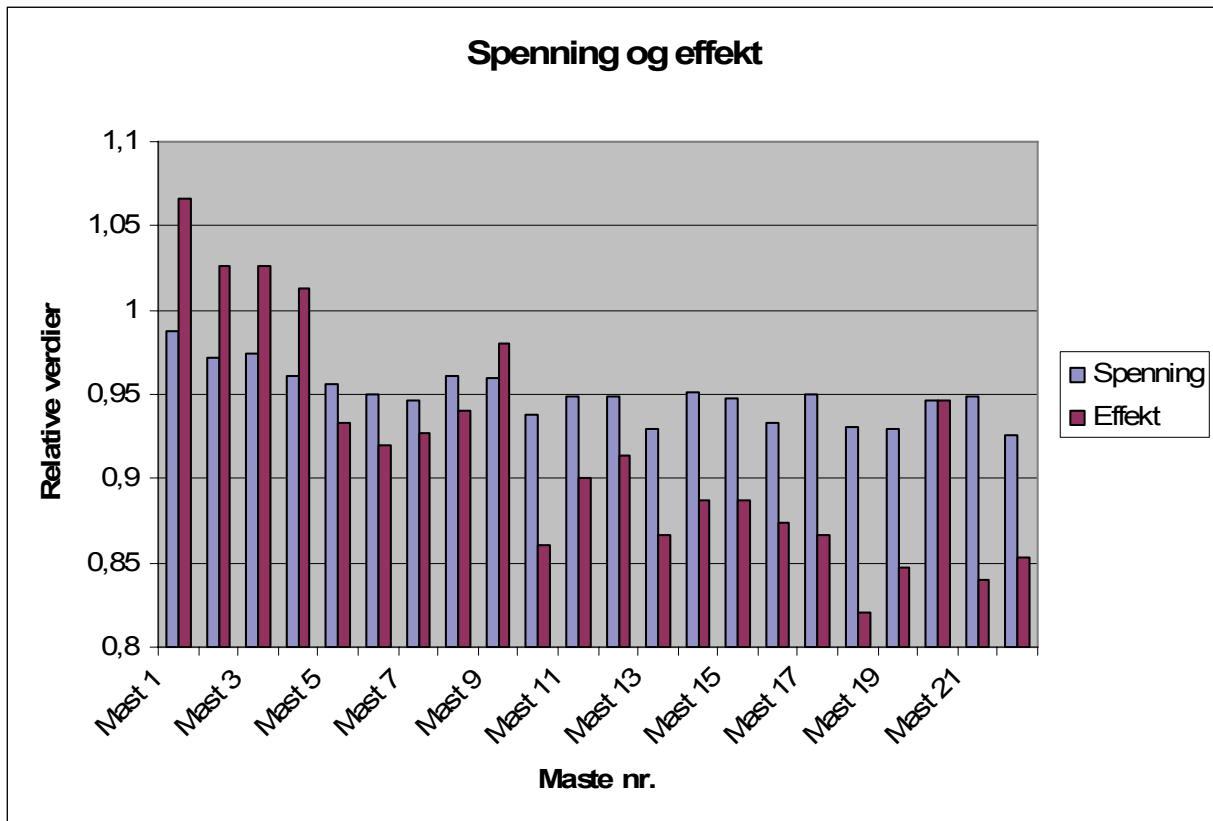
Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap (3. fase) L1-L2:	228
Spenning ved kursens endepunkt L1-L2:	213
Totalt spenningsfall:	15
Kursens gjennomsnittlige spenning:	218,4
Laveste armaturspenning	213
Høyeste armaturspenning	227

Tabell 13-11 viser en oppsummering av de målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Høgskoleringen. Tennskapet er ikke plassert i trafokiosk og vi kan se at spenningen derfor er litt lavere enn den bruker å være. Spenningen ved tennskapet er 228 V (L1-L2). Spenningen ved kursens første armatur er 227 V (L1-L2) og spenningen ved kursens siste armatur er 213 V (L1-L2). Spenningsfall er følgelig på 15 V eller 6,6 %. Når spenningen faller så lavt som 213 V vil det bli redusert lysfluks fra lampene. Forsøket beskrevet i kapittel 5 viser at når spenningen er nede i 213 V vil lysfluksen fra denne armaturen være redusert til ca 12 900 lm. Dette er en nedgang på 23,3 % i forhold til lysfluksen ved 230 V som er 16 825 lm.

Tabell 13-12: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen i Høgskoleringen

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	3240
Summert reell masteeffekt	3029
Tap i overføring	211
Overføringstap pr. armatur	9,6
Estimert effekt	3300
Estimert effekt inkludert 10 % tap	3630
Avvik mellom estimert og reell effekt	-390
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	137,7
Laveste armatureffekt	123
Høyeste armatureffekt	160
Armaturenes merkeeffekt	150

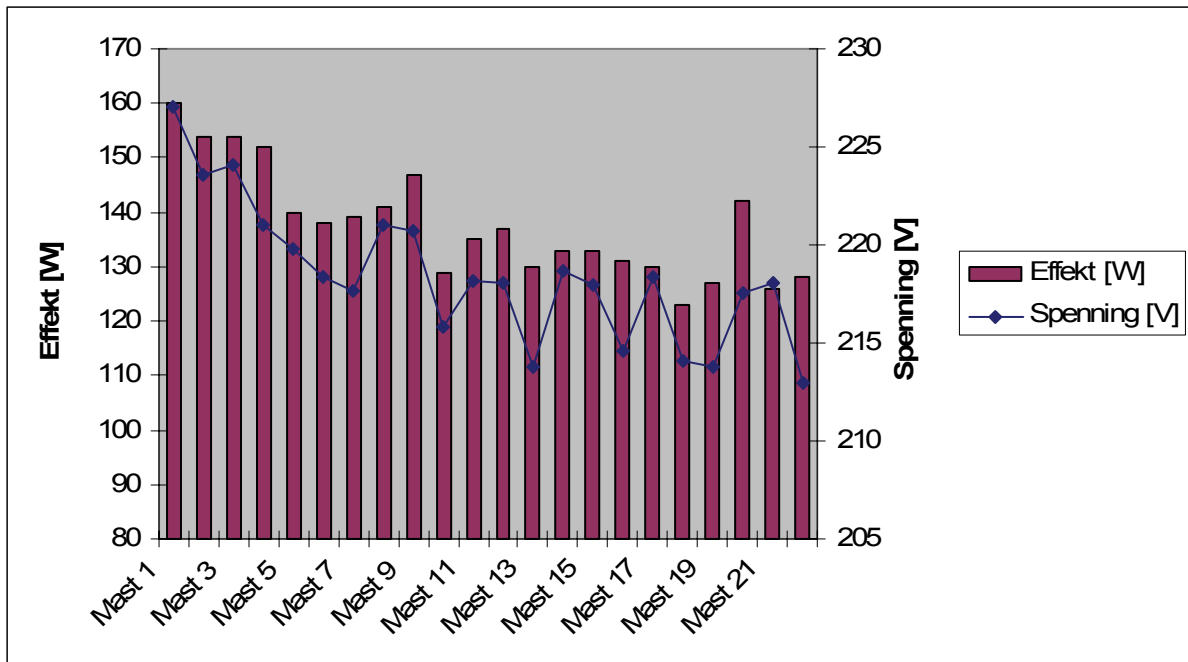
Tabell 13-12 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter for veilyskursen i Høgskoleringen. Total effekt ut fra tennskapet er målt til 3240 W. Summert effekt fra alle masteeffektene er beregnet til 3029 W. Følgelig gir dette et tap i overføringen på 211 W, 9,6 W per armatur eller på 6,5 % av den totale effekten. Estimerte total masteeffekten beregnet ut fra armaturenes merkeeffekt er på 3300 W ( $22 * 150$  W). Inkludert 10 % tap blir estimert totaleffekt på 3630 W. Denne effekten er 390 W høyere enn den reelle effekten. Det vil si en feilmargin på 12 %. Årsaken til at anlegget trekker en lavere effekt enn den estimerte effekten er lav gjennomsnittsspenning på kursen (218,4 V). Gjennomsnittlig reell effekt per armatur er som følge av dette på 137,7 W, 8,2 % under merkeeffekten.



Figur 13-12: Figuren viser hvordan spenningen og effekten reduseres utover i en 3 fase veilyskurs der armaturene ikke er symmetrisk fordelt. Spenningsverdiene er relatert til 230 V = 1 og effektverdiene er relatert til 150 W = 1

Figur 13-12 viser at de 4 første armaturene trekker en effekt høyere enn merkeeffekt på 150 W. De resterende armaturene trekker en lavere effekt. Armatur nr. 18 trekker minst med en effekt ned mot 80 % av merkeeffekten. Figuren gir et bilde på hvordan effektene påvirkes av spenningsvariasjoner langs veilyskurser. Dette gjelder i særskilt grad armaturer med konvensjonelle forkoblinger.

Total harmonisk forvrengning (THF eller THD) er målt til 5,9 % for fase 1, 7,9 % for fase 2 og 7,5 % for fase 3. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,92 for fase 1, 0,98 for fase 2 og 0,83 for fase 3. Cos  $\phi$  er målt til 0,93 for fase 1, 0,99 for fase 2 og 0,85 for fase 3.



**Figur 13-13: Armatureffekter og spenningsnivåer ved veilyskursen**

Figur 13-13 viser armatureffekter og spenningsnivåer ved veilyskursen. Spenningsgrafene viser hvordan armaturspenningene varierer. Svingningene i kurven kommer av at det er en trefase kurs, der fasespenningene er forskjellige. Armatureffektene er påvirket av spenningsnivået.

Forrige lampeskift er oppgitt av TEV til å ha vært i 2006. Det vil si at lampene ved denne kursen har en antatt brenntid på ca 4 000 timer ved det tidspunktet målingene ble gjennomført.

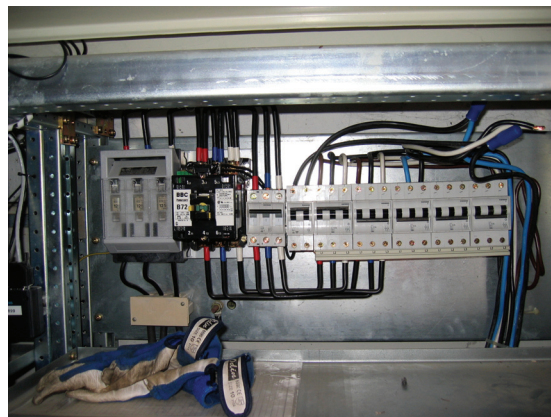
I vedlegg B6 kan fullstendige måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.

### 13.7 Jonsvannsveien v/ Fortunalia

Undersøkelsen i Jonsvannsveien (se vedlegg B7 for kart) ble gjennomført 13. april 2007. Kursen består av 15 armaturer med merkeeffekt på 250 W, 9 armaturer med merkeeffekt på 150 W og to armaturer med merkeeffekt på 100 W.

Armaturene har konvensjonelle forkoblinger med unntak av en armatur (dette er antatt ut i fra målingene). Alle armaturene har lyskilde av type høytrykknatrium. Videre er dette en trefasekurs hvor armaturene ikke er symmetrisk fordelt. Det er fasekombinasjonen L1-L2 som er hardest belastet, og av den grunn får det høyeste spenningsfallet. Tennskapet til denne kursen er plassert inne i trafokiosk. Det er ikke gjennomført målinger ved alle mastene i kursen.

Til sammen er det gjennomført 11 mastemålinger. For de resterende mastene er det funnet estimerte verdier for spenninger og effekter. Se vedlegg B7. Kursen kan for øvrig deles opp i tre deler, der det er en hovedgren og to sidegrener. På hovedgrenen er det 14 armaturer (250 W) mens på sidegrenene er det henholdsvis 4 og 7 armaturer. Kabelen fra tennskapet er en 3 x 10 mm<sup>2</sup> PFSP – Cu.



Figur 13-14: Tennskapet for veilyskursen

Tabell 13-13: Målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Jonsvannsveien ved Fortunalia

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap (3. fase) L1-L2:	232
Spenning ved kursens endepunkt (L1-L2):	196,6
Totalt spenningsfall:	35,4
Kursens gjennomsnittlige spenning:	208,7
Laveste armaturspenning	196,6
Høyeste armaturspenning	228,3

Tabell 13-13 viser en oppsummering av målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Jonsvannsveien. Ved måling av spenning i tennskap fikk vi følgende resultater: fase 1: 231,8 V, fase 2: 0,8 V og fase 3: 237,7 V. Resultatet viser at fase 2 har en jordfeil. Kursen har et høyt spenningsfall. Spenningen ved kursens siste mast er målt til 196,6 V. Spenningsfallet blir følgelig på 35,4 V eller 15,3 %. Generelt har kursens armaturer lave spenninger og gjennomsnittsspenningen er beregnet til 208,7 V. Dette er 9,3 % lavere enn armaturenes merkespenning..

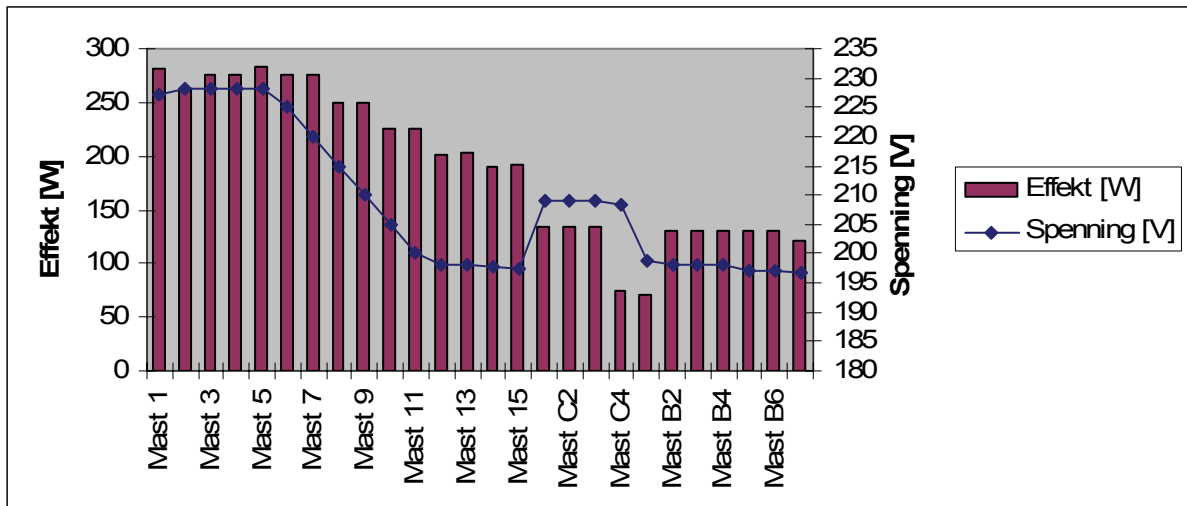


**Tabell 13-14: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen i Jonsvannsveien ved Fortunalia**

<b>Effektparametere</b>	<b>Effekt [W]</b>
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	5684,5
Summert reell masteeffekt	4605
Tap i overføring	1079,5
Overføringstap pr. armatur	41,5
Estimert effekt	5300
Estimert effekt inkludert 10 % tap	5830
Avvik mellom estimert og reell effekt	-145,5
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	191,8
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 250 W armatur	244,3
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 150 W armatur	130,7
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 100 W armatur	72,5
Laveste armatureffekt	70
Høyeste armatureffekt	282
Armaturenes merkeeffekt	250 - 150 - 100

Tabell 13-14 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter for veilyskursen i Jonsvannsveien. Total effekt ut fra tennskapet er målt til 5684,5 W med følgende fordeling: fase 1: 5300 W (23,9 A), fase 2: 11,5 W (22,45 A) og fase 3: 373 W (4,52 A). Summert effekt fra alle masteeffektene, både målte og estimerte verdier, er 4605 W. Overføringstapet blir følgelig på 1079,5 W, 41,5 W per armatur, eller på 19,0 % av totaleffekten. Dette blir betraktet som et høyt tap i overføringen. Estimert total masteeffekt beregnet ut ifra armaturenes merkeeffekt er 5300 W ( $15 * 250 \text{ W} + 9 * 150 \text{ W} + 2 * 100 \text{ W}$ ). Inkludert 10 % tap gir dette 5830 W. Estimert total masteeffekt er 519 W høyere enn den reelle effekten. Det vil si en feilmargin på 2,6 %. Årsaken til at anlegget trekker en lavere effekt enn de estimerte effektene tilsier, er på grunn av den lave gjennomsnittlige spenningen på kursen (208,7 V). Gjennomsnittlig reell effekt per armatur er som følge av dette lavere enn merkeeffekten. For 250 W armaturene er den gjennomsnittlige effekten på 244,3 W, 2,3 % lavere enn merkeeffekten. For 150 W armaturene er den gjennomsnittlige effekten på 130,7 W, 12,9 % lavere enn merkeeffekten. Og for 100 W armaturene er den gjennomsnittlige effekten på 72,5 W, 27,5 % lavere enn merkeeffekten.

Total harmonisk forvrengning (THF eller THD) er målt til 11 % for fase 1, 12,2 % for fase 2 og 10,4 % for fase 3. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,96 for fase 1, 0,75 for fase 2 og 0,36 for fase 3. Cos  $\phi$  er målt til 0,96 for fase 1, 0,63 for fase 2 og 0,34 for fase 3. Disse måleresultatene er muligens påvirket av jordfeil i systemet.



Figur 13-15: Armatureffekter og spenningsnivåer ved veilyskursen

Figur 13-15 viser armatureffekter og spenningsnivåer for veilyskursen. Mast 1 til mast 15 tilhører hovedgrenen hvor armaturene har merkeeffekt på 250 W. Mast C1 til mast C5 og mast B1 til mast B7 tilhører sidegrener. Her har armaturene merkeeffekt på 100 W og 150 W. Figuren viser at 250 W armaturene forårsaker stort spenningsfall på kursen.

Forrige lampeskift er oppgitt av TEV til å ha vært i 2004. Det vil si at lampene ved denne kursen har en antatt brenntid på ca 12 000 timer ved det tidspunktet målingene ble gjennomført.

I vedlegg B7 kan alle måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.

### 13.8 Okstad park syd

Undersøkelsen i Okstad park syd ble gjennomført 28. mars 2007.

Veilyskursen er fra 2007 og er dimensjonert etter kravene i Statens vegvesens ”Teknisk planlegging av veg- og gatelys” – høringsutgave.

Anlegget belyser en gang- og sykkelvei og består av 13 master/armaturer. Armaturene har merkeeffekt på 70 W, benytter elektronisk forkobling og høytrykknatriumslyskilder.

Armaturene er fra Philips, modell SGS 203.

Tennskapet ved denne kursen er plassert på utsiden av trafokiosken. Fra trafokiosken går det en ca. 45 meter lang tilførselskabel (4 x 50 mm<sup>2</sup> Al – TPXP). Anlegget benytter TN-S systemet. Armaturene er fordelt symmetrisk på alle fasene. Ut fra tennskapet går det en PFSP 4 x 25 mm<sup>2</sup> Al. Kabel. Kursens lengde er anslått til å være ca 520 meter lang.



Figur 13-16: Tennskapet i veilyskursen, TN-S system

Tabell 13-15: Målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Okstad park syd

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap (3-fase) L1:	236,8
Spenning ved kursens endepunkt L1:	235,3
Totalt spenningsfall:	1,5
Kursens gjennomsnittlige spenning:	236,1
Laveste armaturspenning	235,3
Høyeste armaturspenning	236,7

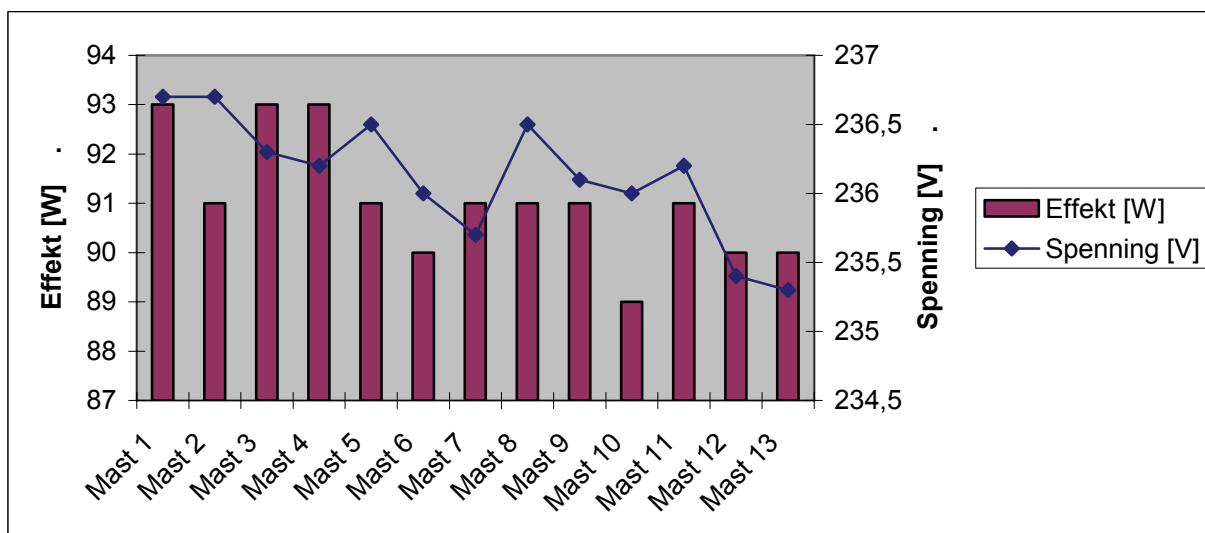
Tabell 13-15 viser en oppsummering av målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Okstad park syd. Spenningen i tennskapet er målt til følgende verdier: fase L1: 236,8 V, fase L2: 236,9 V og fase L3: 236,7 V. Den høye spenningen kommer av at dette er et område som er under utbygging. I fremtiden vil trafoen som veilyskursen er tilkoblet bli mer belastet slik at spenningen antakeligvis vil synke ned mot 230 V. Spenningen ved kursens siste armatur er målt til 235,3 V. Dette gir et spenningsfall på 1,5 V, eller 0,6 %. Årsaken til det lille spenningsfallet kommer av lave armatureffekter, 400 V TN-S system og 25 mm<sup>2</sup> tverrsnitt på lederne. Kursen har også en relativ lav totaleffekt.

Tabell 13-16: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen i Okstad park syd

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	1195
Summert reell masteeffekt	1184
Tap i overføring	11
Overføringstap pr. armatur	0,8
Estimert effekt	910
Estimert effekt inkludert 10 % tap	1001
Avvik mellom estimert og reell effekt	194
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	91,1
Laveste armatureffekt	89
Høyeste armatureffekt	93
Armaturenes merkeeffekt	70

Tabell 13-16 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter for veilyskursen i Okstad park syd. Total effekt ut fra tennskapet er målt til 1 195 W. Summert reell masteeffekt er beregnet til 1184 W. Tapet i overføringen er følgelig på kun 11 W, 0,8 W per armatur, eller 0,9 % av den totale effekten. Estimert total masteeffekt beregnet ut i fra armaturenes merkeeffekt er på 910 W ( $70 \text{ W} * 13$ ). Inkludert 10 % tap (korreksjonsfaktor på 1,1 bestemt av TEV) gir dette en estimert totaleffekt på 1001 W. Denne effekten er 194 W lavere enn den reelle effekten. Det vil si en feilmargin på 16 %. Årsaken til at anlegget trekker en høyere effekt enn estimert verdi kommer av at gjennomsnittlig armatureffekt er 91,1 W, 30,1 % mer enn merkeeffekt. At spenningen er så høy som den er har ingen stor betydning på denne kursen fordi det er benyttet elektroniske forkoblinger. Disse er spenningsuavhengige mellom 200 V og 250 V.

Total harmonisk forvrengning (THF eller THD) er målt til 23,4 % for fase 1, 24,3 % for fase 2 og 23,8 % for fase 3. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,97 for alle fasene, mens  $\text{Cos } \phi$  er målt til 1,0 for alle fasene.



Figur 13-17: Armatureffekter og spenningsnivåer

Figur 13-17 viser kursens armatureffekter og spenningsnivåer. Variasjonene i armaturenes effektforbruk er små, og spenningsfallet er lite.

Forrige lampeskift er oppgitt av TEV til å ha vært i 2006. Det vil si at lampene ved denne kursen har en antatt brenntid på ca 4 000 timer ved det tidspunktet målingene ble gjort.

I vedlegg B8 kan fullstendige måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.

### 13.9 St. Olav

Undersøkelsen ved St. Olav, nærmere bestemt i Edvard Griegs gate, ble gjennomført 13. april 2007.

Veilyskursen består av 20 armaturer som benytter induksjonslamper. Anlegget er fra 2001. Kursen benytter to ulike merkeeffekter på henholdsvis 165 W (12 stk.) og 55 W (8 stk.). Armaturene er levert av Philips og har betegnelse København.

I undersøkelsen er det ikke gjennomført målinger ved alle mastene. Derfor er noen av spenningsverdiene og effektverdiene estimerte. Se vedlegg B9.

Tennskapet til denne veilyskursen er plassert utenfor trafokiosk. Det er ikke kjent hvor lang avstanden er mellom trafokiosk og tennskap. Fra tennskapet til kursens endepunkt er avstanden anslått til 360 meter. Her går det en 3 fase kurs,  $3 \times 10 \text{ mm}^2$  PFSP – Cu, hvor armaturene er fordelt mellom fasene.



Figur 13-18: Lysmaster med induksjonslamper

Tabell 13-17: Målte og beregnede spenninger ved veilyskursen i Edvard Griegs gate ved St Olav hospital

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap (3. fase) L1-L2:	225,5
Spenning ved kursens endepunkt L1-L2:	216
Totalt spenningsfall:	9,5
Kursens gjennomsnittlige spenning:	220,4
Laveste armaturspenning	216
Høyeste armaturspenning	223,6

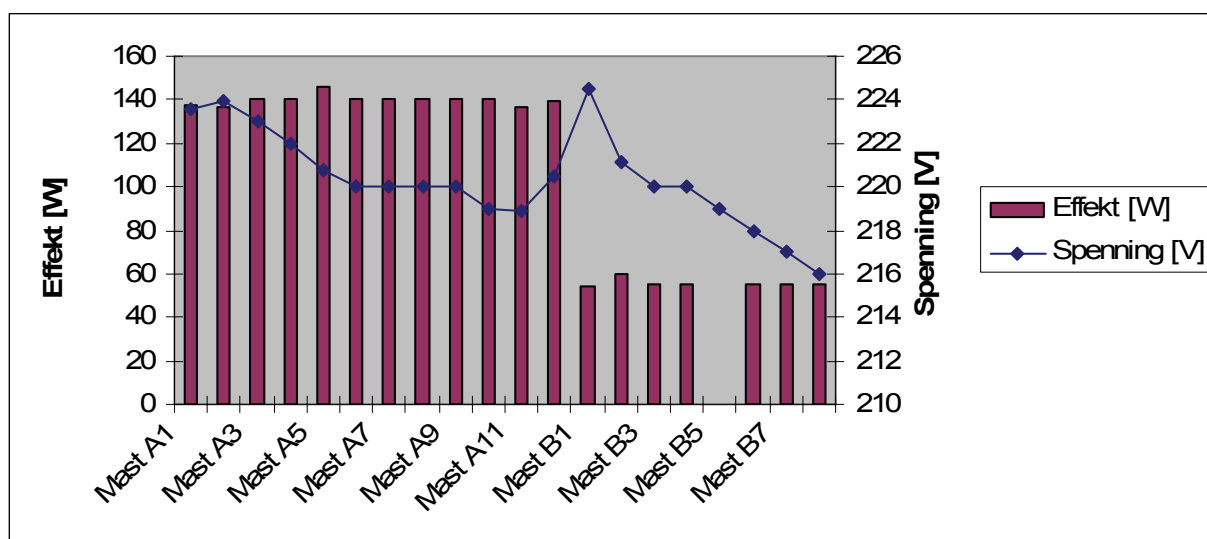
Tabell 13-17 viser en oppsummering av de målte og beregnede spenninger ved veilyskursen. Spenningen i tennskapet er målt til følgende verdier: fase 1 = 225,5 V, fase 2 = 1,44 V og fase 3 = 225,5 V. Resultatet tilsier at det er en jordfeil på fase 2. Kursens gjennomsnittsspenning er 220,4 V. Dette er 4,2 % lavere enn merkespenning.

Tabell 13-18: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen i Edwards Griegs gate ved St Olav hospital

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	2541
Summert reell masteeffekt	2066
Tap i overføring	475
Overføringstap pr. armatur	25,0
Estimert effekt	2365
Estimert effekt inkludert 10 % tap	2601,5
Avvik mellom estimert og reell effekt	-60,5
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	108,7
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 165 W armatur	139,8
Gjennomsnittlig reell effekt pr. 55 W armatur	55,6
Laveste armatureffekt	55
Høyeste armatureffekt	146
Armaturenes merkeeffekt	165 - 55

Tabell 13-18 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter for veilyskursen i Edvard Griegs gate. Total effekt ut fra tennskapet er målt til 2541 W. Summert masteeffekt bestående av målte og estimerte verdier er beregnet til 2066 W. Differansen tilskrives tap i overføringen og er beregnet til 475 W, 25 W per armatur eller 18,7 % av den totale effekten. Estimert total masteeffekt beregnet ut ifra armaturenes merkeeffekt er på 2365 W ( $12 * 165 \text{ W} + 7 * 55 \text{ W}$ ). Inkludert 10 % tap gir dette en totaleffekt på 2601,5 W. Estimert effekt er 60,5 W høyere enn den virkelige effekten. Det gir en feilmargin på 2,4 %. I tabellen ser vi at gjennomsnittlig effekt på 165 W armaturene ligger på 139,8 W. Dette er 15,3 % lavere enn merkeeffekt. Årsaken til at armatureffekten er så lav blir forklart i kapittel 15.2. 55 W armaturene trekker en gjennomsnittlig effekt på 55,6 W.

Total harmonisk forvrengning (THF eller THD) er målt til 9,2 % for fase 1, 5,5 % for fase 2 og 6,8 % for fase 3. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,99 for fase 1, 0,89 for fase 2 og 1,0 for fase 3.  $\cos \phi$  er målt til 0,99 for fase 1, 0,88 for fase 2 og 1,0 for fase 3.



Figur 13-19: Armatureffekter og spenningsnivåer for veilyskursen

Figur 13-19 viser armatureffekter og spenningsnivåer for veilyskursen. Mast A1 til mast A12 er armaturer med merkeeffekt på 165 W, mens mast B1 til mast B8 er armaturer med merkeeffekter på 55 W. Ved mast B5 er armatureffekten lik 0 W og armaturen er følgelig slukket.

I vedlegg B9 kan alle måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.



### 13.10 Stokkanhaugen

Undersøkelsen ved Stokkanhaugen (se vedlegg B10 for kart) ble gjennomført 13. april 2007. Kursen er privateid, men er tatt med i undersøkelsen fordi det var ønskelig å foreta målinger på en kurs hvor det er benyttet kvikksølvlamper. Kursen består av 16 armaturer med merkeeffekter på 125 W. Forkoblingene er konvensjonelle og anlegget er fra 1988-89. Fra tennskapet, som er plassert rett på utsiden av trafokiosk, går det en  $2 \times 16 \text{ mm}^2$  PFSP – Al kabel. Til kursens endepunkt er det anslått en avstand på 700 meter. I undersøkelsen er det gjennomført målinger ved 13 master. 2 master lot seg ikke måle. Her er spenning og effekt estimert. 1 mast var uten lys.



Figur 13-20: Tennskapet til kursen

Tabell 13-19: Målte og beregnede spenninger i veilyskursen ved Stokkanhaugen

Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap L1-L2:	230,7
Spenning ved kursens endepunkt L1-L2:	212
Totalt spenningsfall:	18,7
Kursens gjennomsnittlige spenning:	217
Laveste armaturspenning	212
Høyeste armaturspenning	225

Tabell 13-19 viser en oppsummering av målte og beregnede spenninger. Spenningen ved tennskapet er målt til 230,7 V. Spenningen ved kursens endepunkt er målt til 212 V. Spenningsfallet er på 18,7 V eller 8,1 %. Laveste armaturspenning er målt til 212 V eller på 92,2 % av merkespenning. Kursens gjennomsnittsspenning er på 217 V, 5,7 % lavere enn merkespenning.

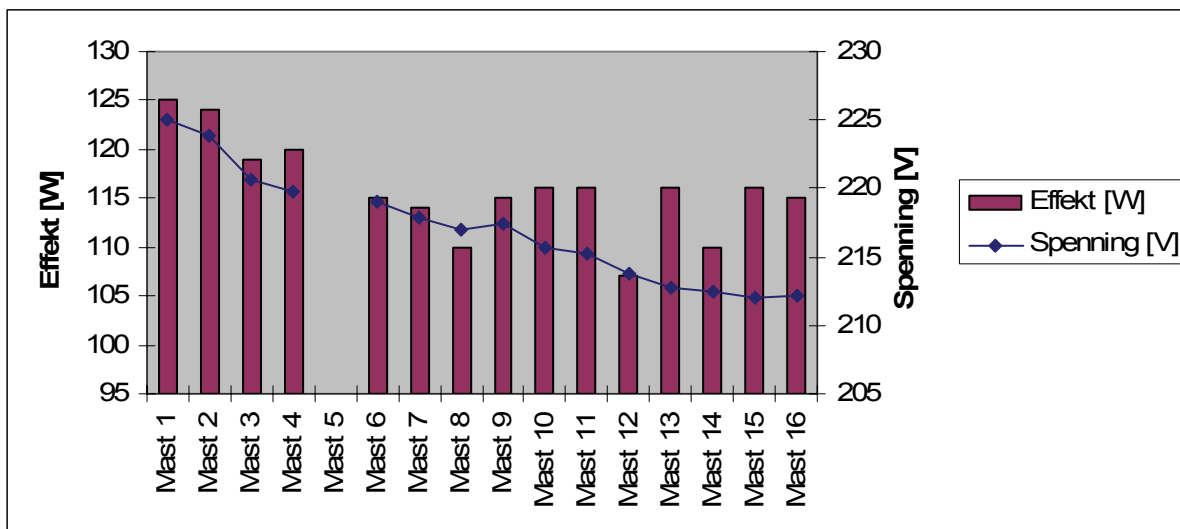
Tabell 13-20: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i veilyskursen ved Stokkanhaugen

Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	1880
Summert reel masteeffekt	1738
Tap i overføring	142
Overføringstap pr. armatur	9,5
Estimert effekt	1875
Estimert effekt inkludert 10 % tap	2062,5
Avvik mellom estimert og reell effekt	-182,5
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	115,9
Laveste armatureffekt	107
Høyeste armatureffekt	125
Armaturenes merkeeffekt	125

Tabell 13-20 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter. Total effekt ut fra tennskapet er målt til 1880 W. Summert masteffekt bestående av målte og estimerte verdier

er beregnet til 1738 W. Differanse som tilskrives tap i overføringen er følgelig på 142 W, 9,5 W per armatur, eller 7,6 % i forhold til total effekt. Estimert total merkeeffekt beregnet ut ifra armaturenes merkeeffekt er på 1875 W (15 \* 125 W). Inkludert 10 % tap gir dette en totaleffekt på 2062,5 W. Dette er 182,5 W mer enn den virkelige effekten. Altså en feilmargin på 9,7 %. Fra tabellen kan vi anta at årsaken til denne feilmarginen er at armaturene i gjennomsnitt trekker 115,9 W, dette er 7,3 % mindre enn merkeeffekten. Lav armatureffekt skjer som følge av at spenningen er gjennomsnittlig 5,7 % lavere enn merkespenningen.

Total harmoniske forvrengning (THF eller THD) er målt til 19,3 %. Effektfaktoren, PF, er målt til 0,95 og  $\cos \phi$  er målt til 0,96.



**Figur 13-21: Armatureffekter og spenningsnivåer ved veilyskursen**

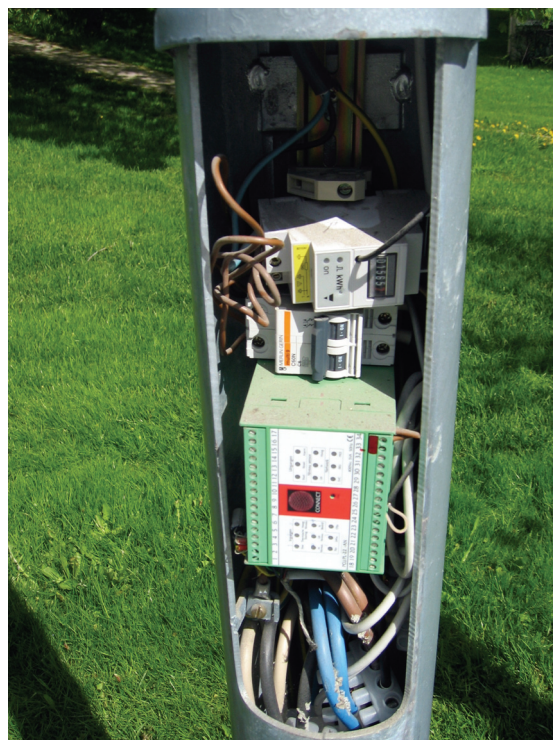
Figur 13-21 viser armatureffekter og spenningsnivåer i veilyskursen. Mast 5 trekker 0 W og er følgelig slukket. Spenningsnivået faller gradvis utover i kursen. Armatureffektene faller også utover i kursen. Mast 8, mast 12 og mast 14 har en lavere verdi enn antatt.

Lyskursen er en del av et privateid anlegg, så lampeskift blir gjennomført kun ved utbrente eller ødelagte lamper. Det finnes derfor ingen oversikt over lampenes alder. Variasjon av alder på lampene ved denne kursen vil forekomme.

I vedlegg B10 kan alle måleresultater og dokumentasjon rundt undersøkelsen finnes.

### 13.11 Testanlegget ved NTNU

Undersøkelsen i testanlegget ved NTNU ble gjennomført 26. og 29. mai 2007. Veilyskursen benytter et intelligent system for styring. Armaturene kan dimmes og forkoblingene er elektroniske. I denne undersøkelsen er det gjort målinger ved 100 % pådrag og 50 % pådrag. Kursen består av 11 armaturer med merkeeffekter på 150 W. Lampetyper er både høytrykknatrium (8 stk.) og metallhalogen (3 stk.). Tennskapet er plassert i etasje U4 i realfagsbygget. Fra tennskapet går det en enfase/tofase kurs ut til armaturene. Kursen er anslått til å være ca 500 meter. Fra tennskapet går kursen til armatur nr. 7. Spenningen ved armatur 7 er derfor den høyeste armaturspenningen på kursen.



Figur 13-22: Kontroller plassert i mast

Fullstendige resultater fra undersøkelsen finnes i vedlegg B11.

Tabell 13-21: Målte og beregnede spenninger i testanlegget, 100 % pådrag

100 % pådrag	
Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap L1-L2:	229,8
Spenning ved kursens endepunkt:	224
Totalt spenningsfall:	5,8
Kursens gjennomsnittlige spenning:	224,5
Laveste armaturspenning	224
Høyeste armaturspenning	224,9

Tabell 13-22: Målte og beregnede spenninger i testanlegget, 50 % pådrag

50 % pådrag	
Spenningsparametere	Spenning [V]
Spenning i tennskap L1-L2:	229,2
Spenning ved kursens endepunkt:	224,7
Totalt spenningsfall:	4,5
Kursens gjennomsnittlige spenning:	225
Laveste armaturspenning	224,7
Høyeste armaturspenning	225,6

Spenningen i tennskapet er målt til 229,8 V (100 % pådrag) og til 229,2 V (50 % pådrag). Kursen har to endepunkter. I Tabell 13-21 er spenningen ved kursens endepunkt målt til 224 V, og i Tabell 13-22 er spenningen ved kursens endepunkt målt til 224,7 V. Dette er de laveste spenningene av de to endepunktspenningene. Det totale spenningsfallet og kursens gjennomsnittsspenning er beregnet. Laveste og høyeste armaturspenning er målt.

**Tabell 13-23: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i testanlegget, 100 % pådrag**

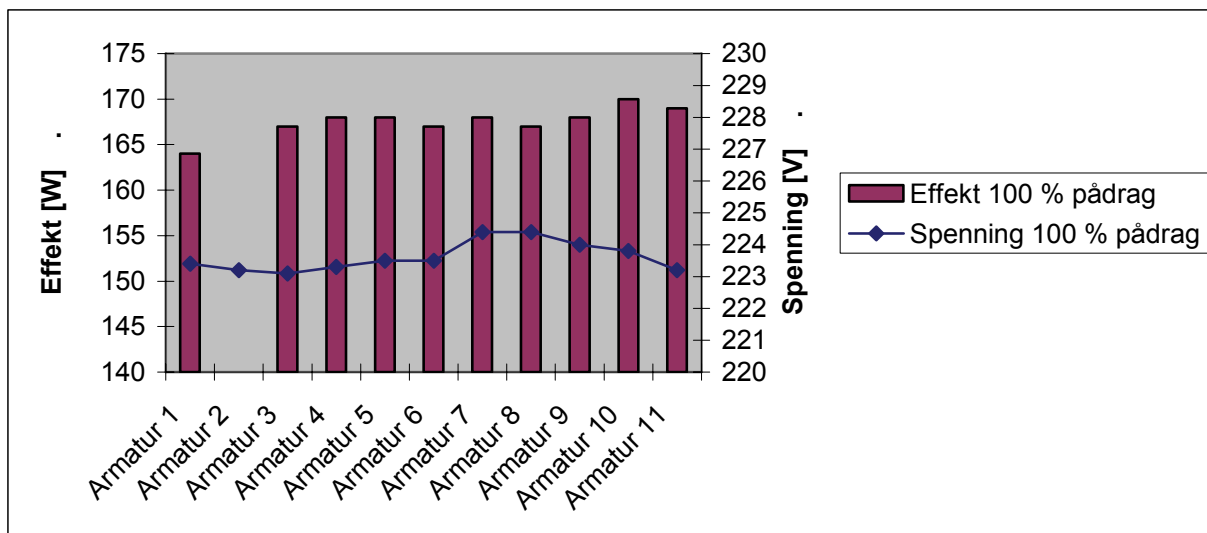
100 % pådrag	
Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	1730
Summert reell masteeffekt	1680
Tap i overføring	50
Overføringstap pr. armatur	5,0
Estimert effekt	1500
Estimert effekt inkludert 10 % tap	1650
Avvik mellom estimert og reell effekt	80
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	167,6
Laveste armatureffekt	164
Høyeste armatureffekt	170
Armatorenes merkeeffekt	150

**Tabell 13-24: Målte effekter, beregnede effekter, merkeeffekter og tap i testanlegget, 50 % pådrag**

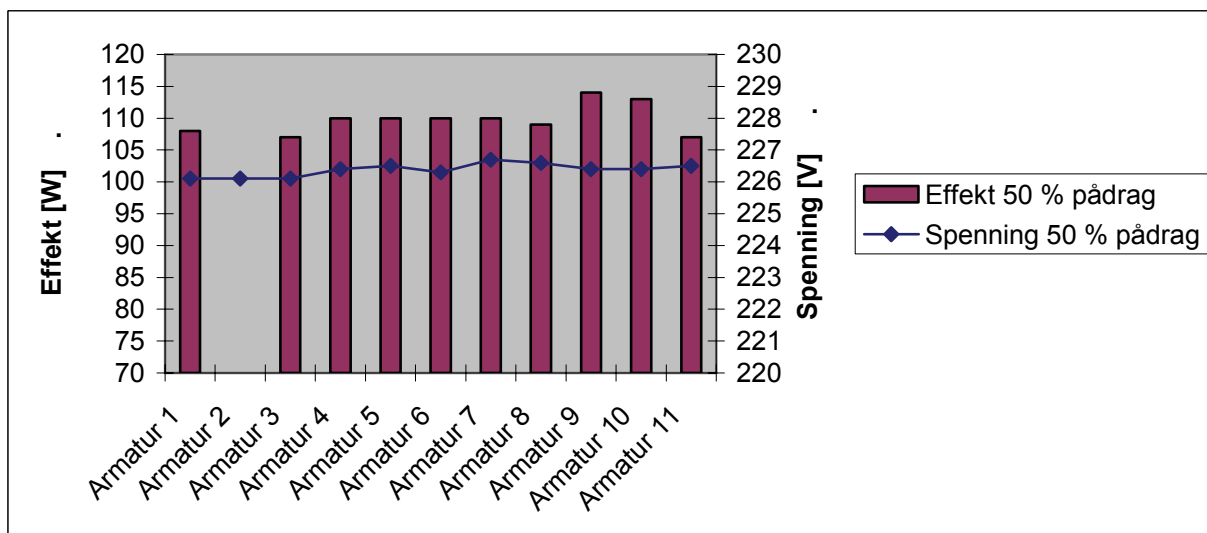
50 % pådrag	
Effektparametere	Effekt [W]
Total målt effekt (reell effekt) ved tennskap	1130
Summert reell masteeffekt	1098
Tap i overføring	32
Overføringstap pr. armatur	3,2
Estimert effekt	1500
Estimert effekt inkludert 10 % tap	1650
Avvik mellom estimert og reell effekt	-520
Gjennomsnittlig reell effekt pr. armatur	109,8
Laveste armatureffekt	107
Høyeste armatureffekt	114
Armatorenes merkeeffekt	150

Tabell 13-23 og Tabell 13-24 viser ulike effektparametere med tilhørende effekter for testanlegget. Den totale utgående effekt fra tennskapet er målt til henholdsvis 1730 W (100 % pådrag) og 1130 W (50 % pådrag). Alle masteeffektene er målt. Dette har gitt grunnlag til å beregne tapene i kursen.

Ved 100 % pådrag er tapet i overføringen beregnet til 50 W. Ved 50 % pådrag er tapet i overføringen beregnet til 32 W.



Figur 13-23: Armatureffekter og spenningsnivåer for veilyskursen, 100 % pådrag



Figur 13-24: Armatureffekter og spenningsnivåer for veilyskursen, 50 % pådrag

Figur 13-23 og Figur 13-24 viser armaturenes effektforbruk og spenningsnivåer langs kursen. Figur 13-23 for 100 % pådrag og Figur 13-24 for 50 % pådrag. Sammenlikner vi de to figurene ser vi at spenningsnivået er høyere ved 50 % pådrag og at det er mindre variasjon. Effektforbruket er som kjent lavere ved 50 % pådrag enn ved 100 % pådrag.

Total harmonisk forvrengning (THD) er målt til 9,4 % på kursen ved 100 % pådrag, og til 12,8 % ved 50 % pådrag. Effektfaktoren (PF) er målt til 0,98 ved 100 % pådrag, og til 0,96 ved 50 % pådrag.

Dokumentasjon for undersøkelsen og fullstendige resultater finnes i vedlegg B11.



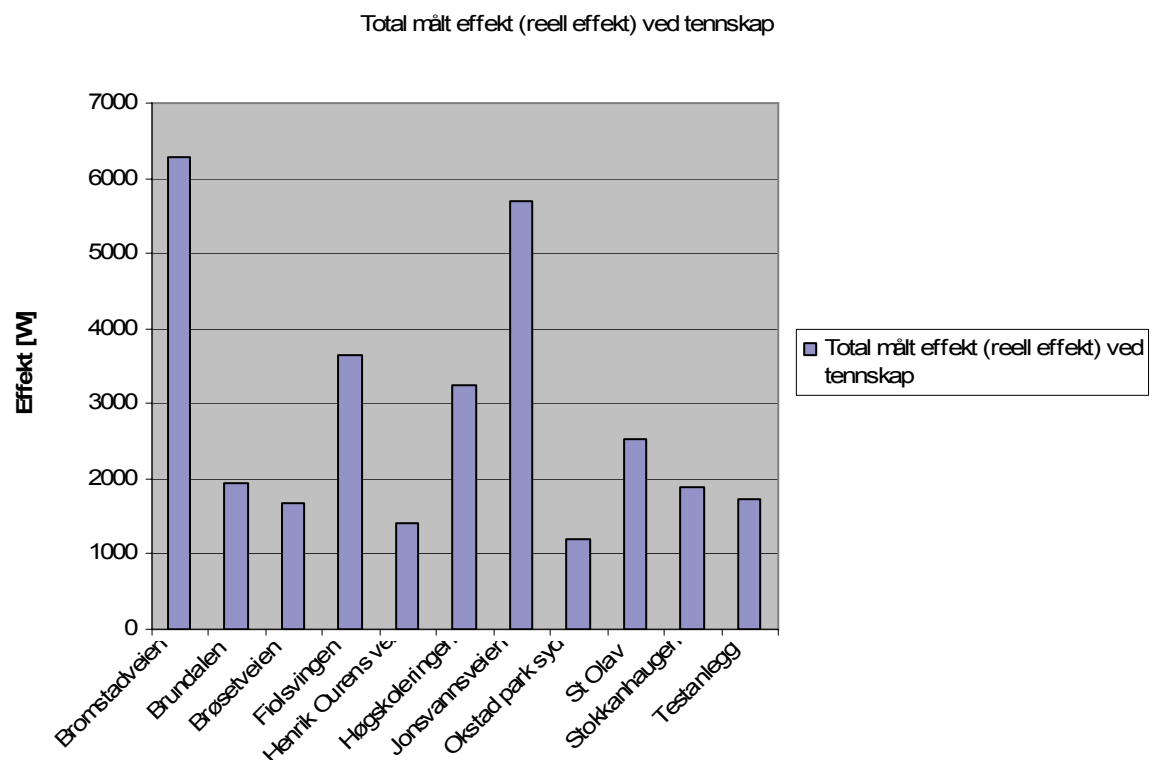
## 14 OPPSUMMERING OG SAMMENLIKNINGER AV FELTUNDERSØKELSER AV VEILYS

### Undersøkelse av veilyskurser

Det er i dette prosjektet gjennomført effektundersøkelser ved 11 veilyskurser i Trondheim. I dette kapitlet skal kursene sammenliknes. Total utgående effekt, spenningsfall, kabler, tap i overføring (både totalt for kursen og overføringstap per armatur), avvik mellom målt og estimert effekt, overharmoniske, effektfaktor,  $\cos \phi$  og klirrfaktor er sammenliknet for de ulike kursene.

### 14.1 Total utgående effekt

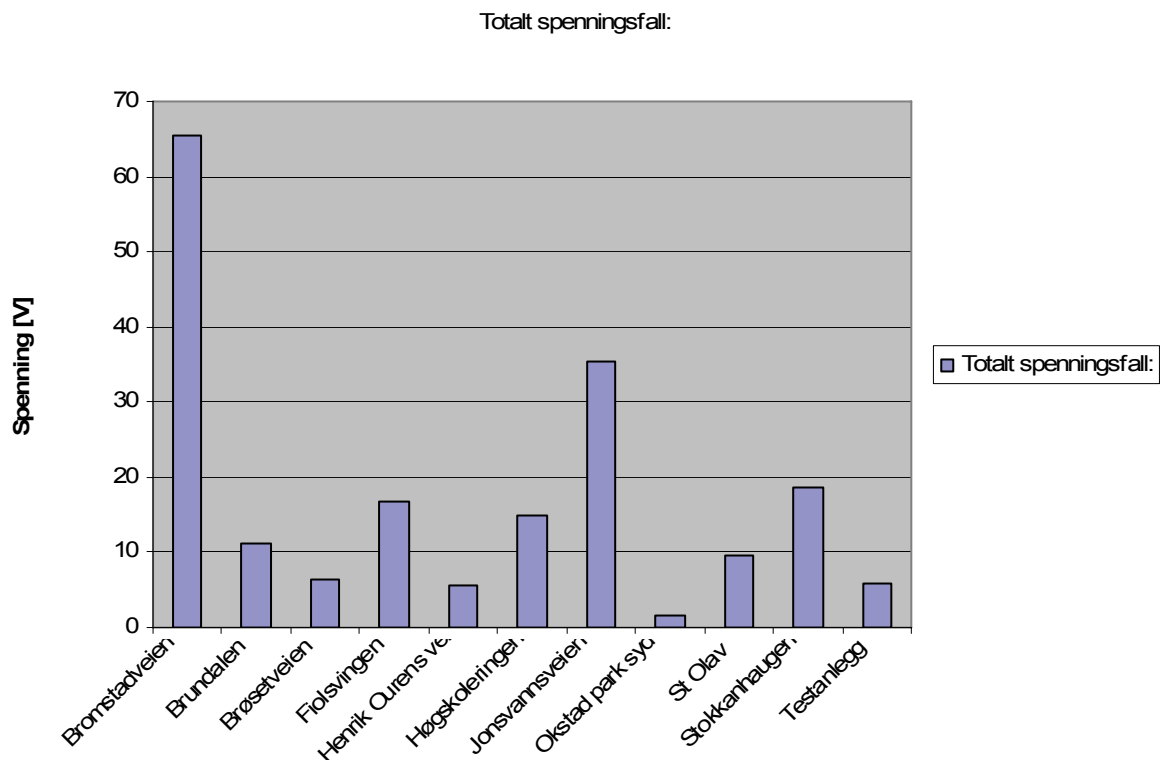
Figur 14-1 viser at det er veilyskursen i Bromstadveien som trekker den høyeste effekten. Dette er en veldig lang kurs hvor det er koblet inn 38 armaturer med merkeeffekter på 150 W og 250 W. Til sammen trekker denne kursen en effekt på 6280 W. Nest størst er veilyskursen som er undersøkt i Jonsvannsveien. Denne kursen inneholder 25 armaturer med merkeeffekter på henholdsvis 250 W, 150 W og 100 W. Den totale utgående effekten ved tennskapet er målt til 5684,5 W.



Figur 14-1: Figuren viser den totale effekten som går ut av tennskapet for hver av de undersøkte veilyskursene.

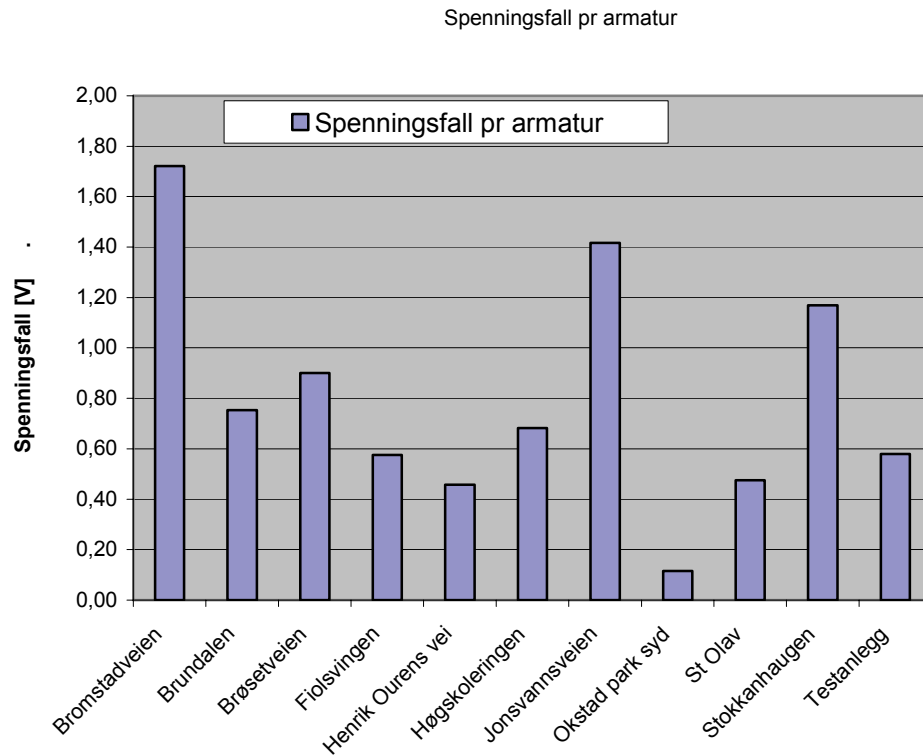
## 14.2 Spenningsfall

Veilysanlegg krever tilkobling til et driftssikkert fordelingsnett og fortrinnsvis med mindre variasjon i spenningen enn det som gjelder etter vanlige leveringsvilkår. Det har sammenheng med karakteristika for utladningslampene. Tillatt spenningsavvik varierer for forskjellig utstyr. I "Vegbelysning – Planlegging, anlegg og drift, Publikasjon nr. 358 1989" sies det at det ikke bør tillates mer enn max 10 % underspenning. Det vil si at ved 230 V merkespenning bør ikke spenningen faller under 207 V eller ha et spenningsfall på mer enn 23 V. Dette vil føre til for store reduksjoner i lampenes lysfluks, og lysutbytte vil bli dårligere.



Figur 14-2: Figuren viser spenningsfallet ved de undersøkte veilyskursene i prosjektet.





**Figur 14-3: Figuren viser det gjennomsnittlige spenningsfallet pr. armatur for de ulike veilyskursene**

Figur 14-2 og Figur 14-3 viser hvordan spenningsfallet er i de forskjellige veilyskursene. Figur 14-2 viser at veilyskursene i Bromstadveien og Jonsvannsveien har et større spenningsfall enn anbefalt. Vi ser også av figurene at spenningsfallet per armatur, følger mønsteret til det totale spenningsfallet. Bromstadveien, som har det høyeste totale spenningsfallet, har også det høyeste spenningsfallet per armatur. Figur 14-1 viser at denne kursen har høyest utgående effekt. Veilyskursen i Jonsvannsveien har det nest høyeste spenningsfallet, både totalt og per armatur. Dette er også kursen som har nest høyest utgående effekt.

### 14.3 Kabler

I undersøkelsene i Brundalen, Høgskoleringen, Jonsvannsveien, Okstad park syd og ved St Olav er det benyttet 3 fase kurser. Det er kun ved Okstad park syd at armaturene er fordelt symmetrisk på fasene. Det er ikke funnet noen grunn til at 3-fase kursen i Høgskoleringen og Jonsvannsveien ikke har symmetrisk fordeling av armaturene. Ved å fordele armaturene symmetrisk på fasene vil dette bidra til å få lavere spenningsfall, lavere strømmer og mindre tap i overføringen. I veilyskursen i Brundalen er alle armaturene koblet inn mellom kun to faser. Kursen i Brundalen benytter en 3-leder kabel, men ut fra tennisbanen går det kun to faser (kan sies at kablet er todelt – den første delen av kablet er 2-leder, mens den siste delen av kablet er 3-leder). Følgelig er kun to faser/ledere i kablet spenningsatt.

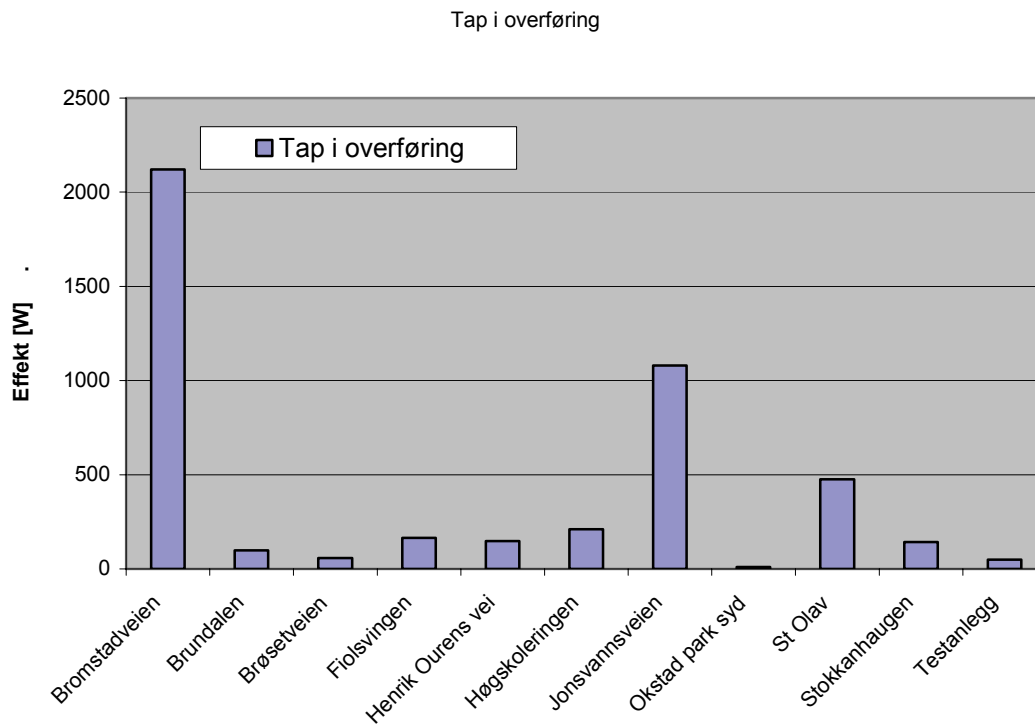
Følgende kabler er brukt i de forskjellige veilyskursene:

Tabell 14-1: Tabellen viser en oversikt over benyttede kabler i veilyskursene i undersøkelsen

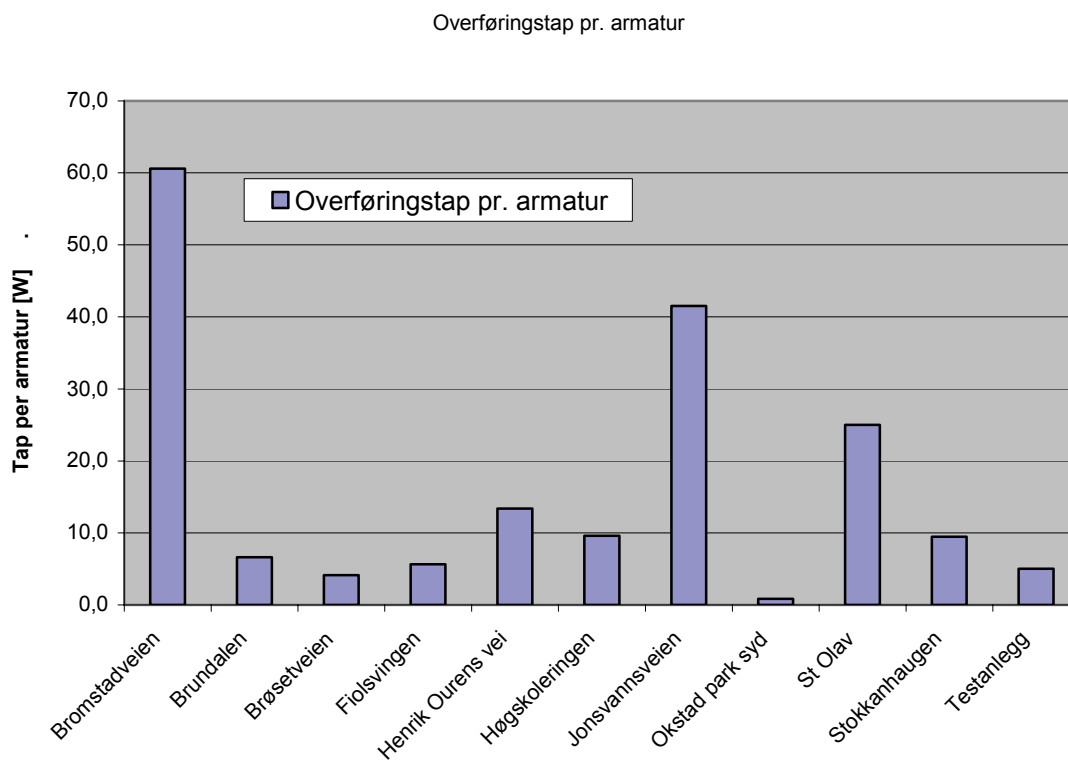
Bromstadveien	2 x 10 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Brundalen	3 x 10 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Brøsetveien	2 x 16 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Fiolsvingen	2 x 16 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Henrik Ourens vei	2 x 10 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Høgskoleringen	3 x 10 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Jonsvannsveien	3 x 10 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Okstad park syd	4 x 25 mm <sup>2</sup> TPXP - Al
St Olav	3 x 10 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Stokkandhaugen	2 x 16 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu
Testanlegg	2 x 10 mm <sup>2</sup> PFSP - Cu

Tabell 14-1 viser at de to mest belastede kursene benytter 10 mm<sup>2</sup> PFSP – Cu ledere. Videre ser vi at det er kun Okstad park syd som benytter aluminiumsledere. Når det benyttes aluminiumsledere skal det i følge Statens vegvesens ”Teknisk planlegging av veg- og gatebelysning – høringsutgave” [2] være minimum 25 mm<sup>2</sup> tverrsnitt.

## 14.4 Tap i overføringen



Figur 14-4: Figuren viser hvor mye tap det er i overføringen av elektrisitet ved de forskjellige veiløskursene i undersøkelsen.

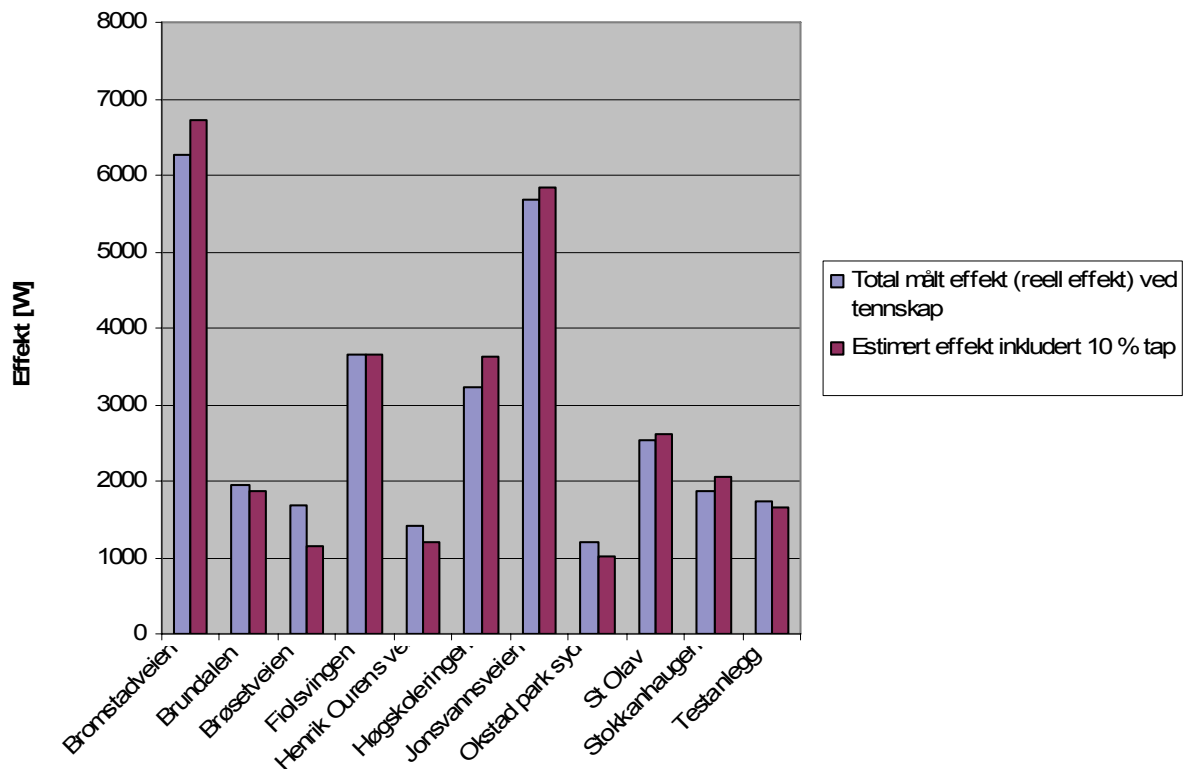


Figur 14-5: Figuren viser hvor mye tap det er i overføringen av elektrisitet i gjennomsnitt per armatur ved de forskjellige veiløskursene i undersøkelsen

Figur 14-4 og Figur 14-5 viser hvor mye tap det er i de forskjellige veilyskursene. Figur 14-4 viser det totale tapet i kursen, mens Figur 14-5 viser det gjennomsnittlige tapet per armatur i kursen. Som vi ser er figurene sammenliknbare. Bromstadveien har det klart høyeste tapet, både totalt og per armatur.

Det kan sees av figurene i dette kapitlet at det er en gjennomgående likhet der den kursen som har høyest utgående effekt også har det høyeste spenningsfallet, og det høyeste tapet.

Fra Figur 14-5 ser vi at i tillegg til Bromstadveien, har også Jonsvannsveien og St Olav urimelige høye tap per armatur. I Jonsvannsveien er det et ganske stort spenningsfall som følge av høy utgående effekt. Det er det ikke i kursen ved St Olav. Hvorfor det da oppstår så høye tap ved denne kursen er usikkert. En mulig årsak kan være at det er benyttet induksjonslamper ved denne kursen. Det bør undersøkes nærmere om det er forbundet større tap ved induksjonslamper enn ved andre lampetyper. En annen mulighet kan være topolet jordfeil. Vi vet det er jordfeil på en fase i anlegget. Dette må i så fall undersøkes nærmere.



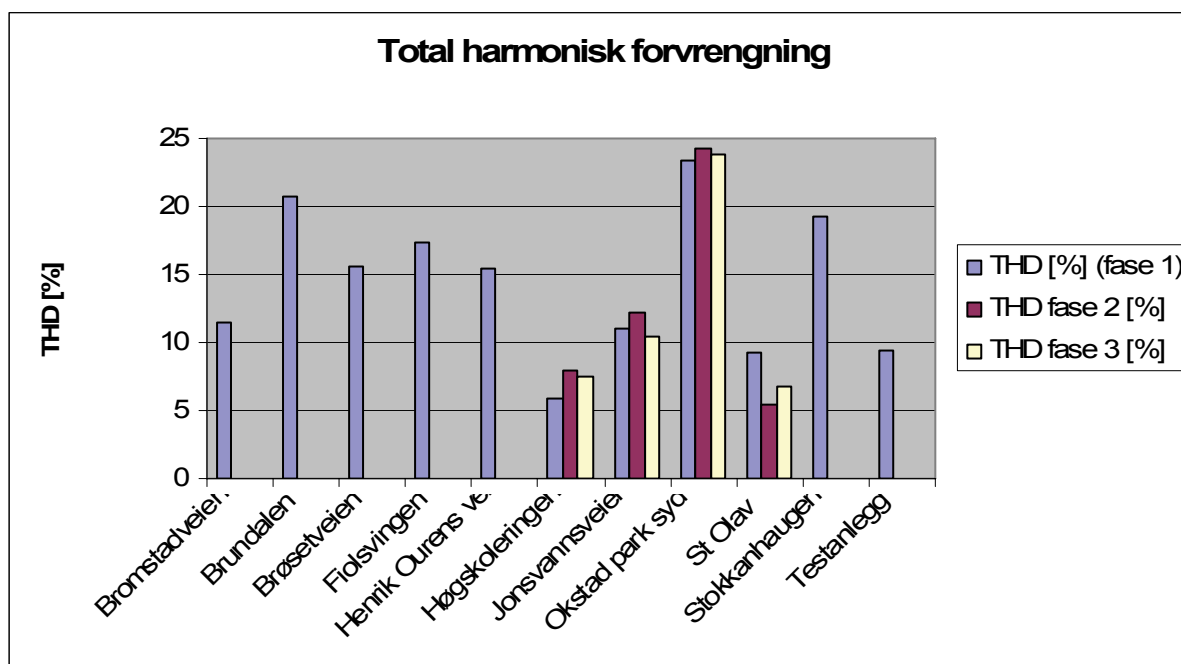
Figur 14-6: Figuren viser den totale målte effekten og den estimerte effekten inkludert 10 % tap for de ulike veilyskursene i undersøkelsen

Figur 14-6 viser den målte effekten ved tennskapet sammenliknet med den estimerte effekten ut i fra armaturenes merkeeffekt (inkludert korreksjonsfaktor på 1,1 bestemt av TEV). Det er denne estimerte effekten TEV benytter når de kalkulerer kostnadene til energiforbruk ved veilyset i Trondheim. Figuren viser en god tilnærming. I de kursene med høyest tap,

Bromstadveien og Jonsvannsveien, ser vi at den estimerte effekten er høyere enn den målte effekten. Dette kan forklares med at det i disse kursene er en veldig lav spenning på mange armaturer som befinner seg mot enden av kursen, og disse armaturene trekker av den grunn en lavere effekt enn merkeeffekten. Totalt på disse 11 veilyskursene som er analysert, er det målt en utgående effekt på 31241 W. Estimert verdi på dette inkludert 10 % tap er 31383 W. Det vil si en differanse på 143 W eller 0,46 %. Ut i fra denne undersøkelsen vil den riktige faktoren å bruke for å finne den riktige verdien av veilysanleggets effektforbruk, være å gange den summerte armatureffekten (merkeeffekter) med 1,1. Overføringstapet vil nok i seg selv være større, men fordi armaturene trekker en gjennomsnittlig effekt mindre enn merkeeffekt, vil denne verdien i dette tilfelle være riktig.

## 14.5 Overharmoniske

For å få kartlagt hvor mye støy det er på veilyskursene er det blitt gjennomført målinger av overharmoniske strømmer ved alle tennskapene i undersøkelsen. I denne undersøkelsen er det målt THD-R verdier. THD-R viser den totale harmoniske forvrengningen sett i forhold til total effektivverdi. THD-R viser effektivverdien til de harmoniske i prosent av den totale effektivverdien.



Figur 14-7: Figuren viser THD (total harmonisk forvrengning) for veilyskursene i undersøkelsen

Figur 14-7 viser at det er ved anlegget Okstad park syd den høyeste THD verdien er målt. Dette er den eneste kursen i undersøkelsen som har TN-S anlegg. I veilysanlegg med TN-nett kan de overharmoniske strømmene føre til at det vil gå strømmer i N-lederen. Det er da den 3. harmoniske som kan skape problemer.

Tabell 14-3 viser verdiene for 3. harmoniske for kursen i Okstad Park syd. Verdiene er oppgitt til 0,38 A for fase 1, 0,31 A for fase 2 og 0,31 A for fase 3.

Videre ser vi at THD verdien til anlegget ved St Olav er lavest. Her er det benyttet forkoblinger tilpasset induksjonslamper. Til induksjonslamper benyttes det en høyfrekvensspole som mates fra en tilhørende HF-generator som forkoblingsutstyr.

**Tabell 14-2: THD verdier for de forskjellige veilyskursene i undersøkelsen**

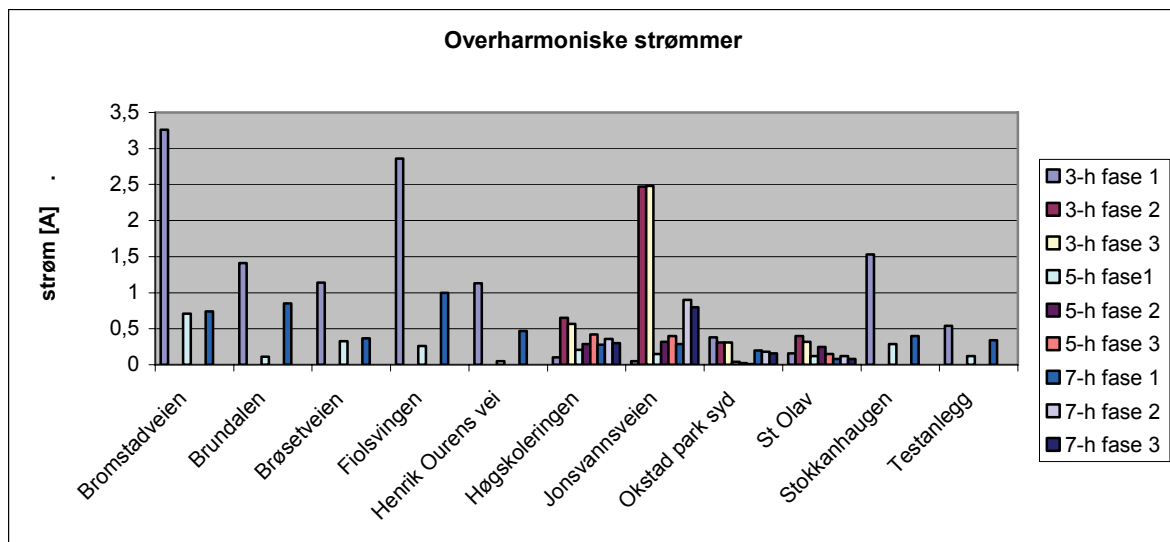
	THD [%]		
	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Bromstadveien	11,5		
Brundalen	20,7		
Brøsetveien	15,6		
Fiolsvingen	17,3		
Henrik Ourens vei	15,5		
Høgskoleringen	5,9	7,9	7,5
Jonsvannsveien	11	12,2	10,4
Okstad park syd	23,4	24,3	23,8
St Olav	9,2	5,5	6,8
Stokkanhaugen	19,3		
Testanlegg	9,4		

I tabell 14-3 ser vi THD verdiene som er presentert i Figur 14-7.

**Tabell 14-3: Overharmoniske strømmer (3. h, 5. h og 7. h) for veilyskursene i undersøkelsen**

	3 - h			5 - h			7 - h		
	Fase 1 [A]	Fase 2 [A]	Fase 3 [A]	Fase 1 [A]	Fase 2 [A]	Fase 3 [A]	Fase 1 [A]	Fase 2 [A]	Fase 3 [A]
Bromstadveien	3,26			0,71			0,74		
Brundalen	1,41			0,11			0,85		
Brøsetveien	1,14			0,33			0,37		
Fiolsvingen	2,86			0,26			1		
Henrik Ourens vei	1,13			0,05			0,47		
Høgskoleringen	0,1	0,65	0,57	0,21	0,29	0,42	0,28	0,36	0,3
Jonsvannsveien	0,05	2,47	2,48	0,15	0,32	0,4	0,29	0,9	0,8
Okstad park syd	0,38	0,31	0,31	0,04	0,02	0,01	0,2	0,18	0,16
St Olav	0,16	0,4	0,32	0,12	0,25	0,15	0,08	0,12	0,08
Stokkanhaugen	1,53			0,29			0,4		
Testanlegg	5,4				1,2		3,4		

Tabell 14-3 og Figur 14-8 viser at det er den 3. harmoniske komponenten som er størst av de overharmoniske. Det kan også sees at de største kursene, kursene med høyest utgående effekt fra tennskapet (Bromstadveien, Jonsvannsveien og Fiolsvingen), har de høyeste overharmoniske strømmene. Det vil si at de overharmoniske strømmene summeres og forsterkes ettersom det blir flere bidragsyttere på kursen. I vedlegg B kan det sees overharmoniske strømmer høyere enn 7 harmoniske. Disse er ikke tatt med her på grunn av at de ofte er veldig små.

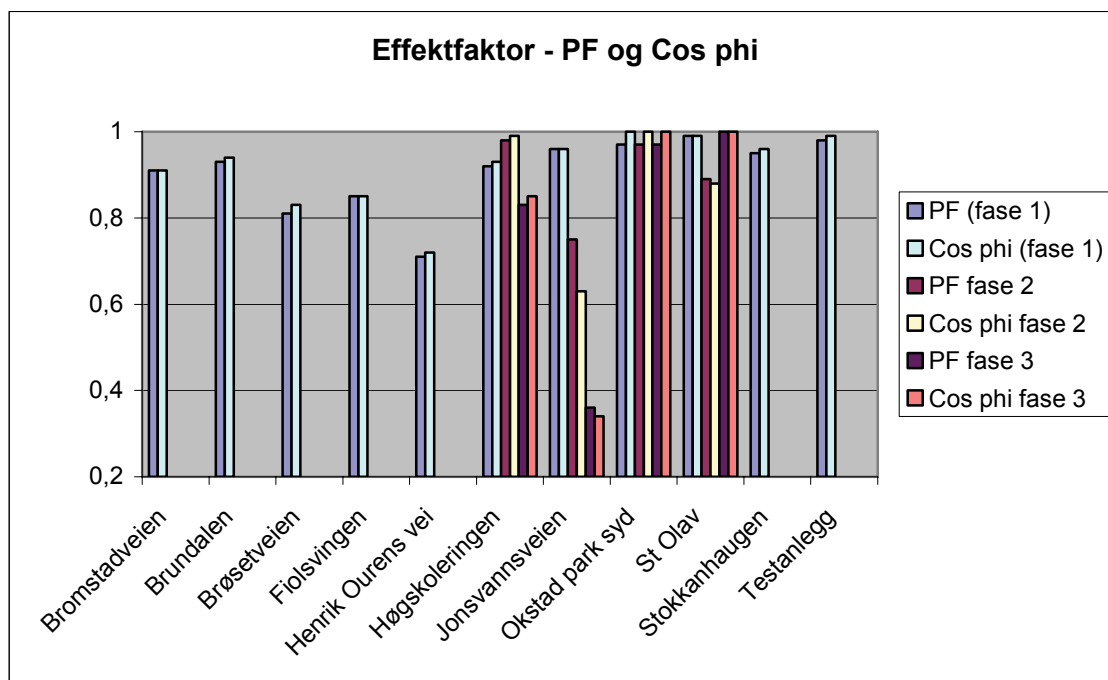


Figur 14-8: Figuren viser overharmoniske strømmer i 3 h, 5 h, og 7 h, for veiløskursene i undersøkelsen.



## 14.6 Effektfaktor, PF, og $\cos \varphi$

For å kartlegge hvor effektivt armaturene utnytter strømmen de trekker fra kursen er det gjennomført målinger av effektfaktor og  $\cos \varphi$ . En lav verdi av PF og  $\cos \varphi$  betyr at armaturene utnytter strømmen dårlig (det blir økte verdier for strøm i forhold til effekt), som igjen fører til økte tap i kursen.

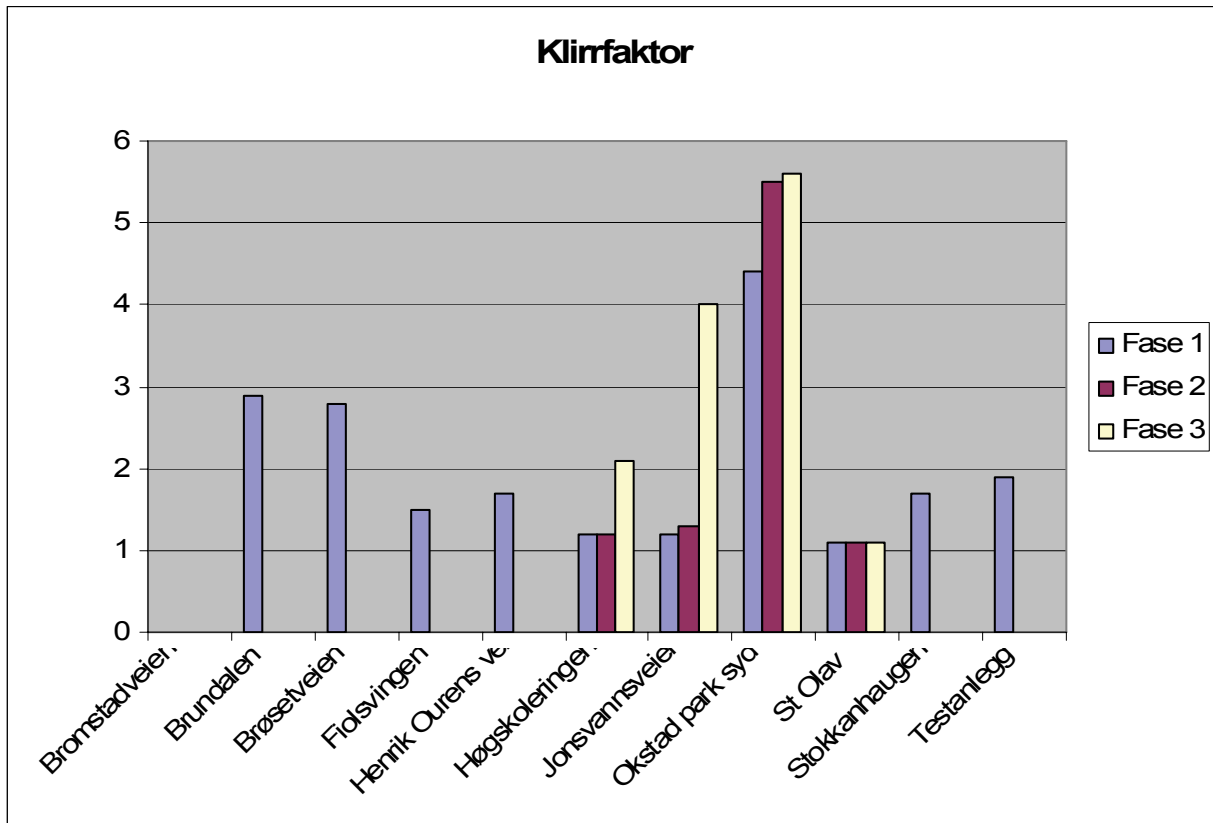


Figur 14-9: Effektfaktor og  $\cos \varphi$  for veilyskursene i undersøkelsen

Figur 14-9 viser at det er samsvar mellom PF verdier og  $\cos \varphi$  verdier for de ulike kursene. PF verdien ligger litt lavere som følge av at den medregner tilstedeværelsen av harmonikkstrømmer. Dette reduserer effektfaktoren i forhold til forskyvningseffektfaktoren ( $\cos \varphi$ ). Okstad park syd og testanlegget har veldig gode verdier. Dette er en av egenskapene til elektroniske forkoblinger. Ved kursen i Jonsvannsveien ser vi at verdiene er gode ved fase 1, men at ved fase 2 og fase 3 er verdiene blitt betraktelig redusert. Også ved kursen ved St Olav ser vi at det er en lavere verdi ved fase 2. Årsaken kan ha sammenheng med jordfeilen som er påvist i disse anleggene. Dette kan medføre feil i målingene. Ellers ser vi at kursen ved Henrik Ourens vei kommer dårlig ut og har lave verdier for PF og  $\cos \varphi$ .

## 14.7 Klirrfaktor – KF

Klirrfaktorene er et tall som indikerer tap i transformatorer som følge av harmoniske strømmer. Høye harmonikkverdier påvirker klirrfaktoren mer enn lave harmonikkverdier.



Figur 14-10: Klirrfaktor – KF for veilyskursene i undersøkelsen

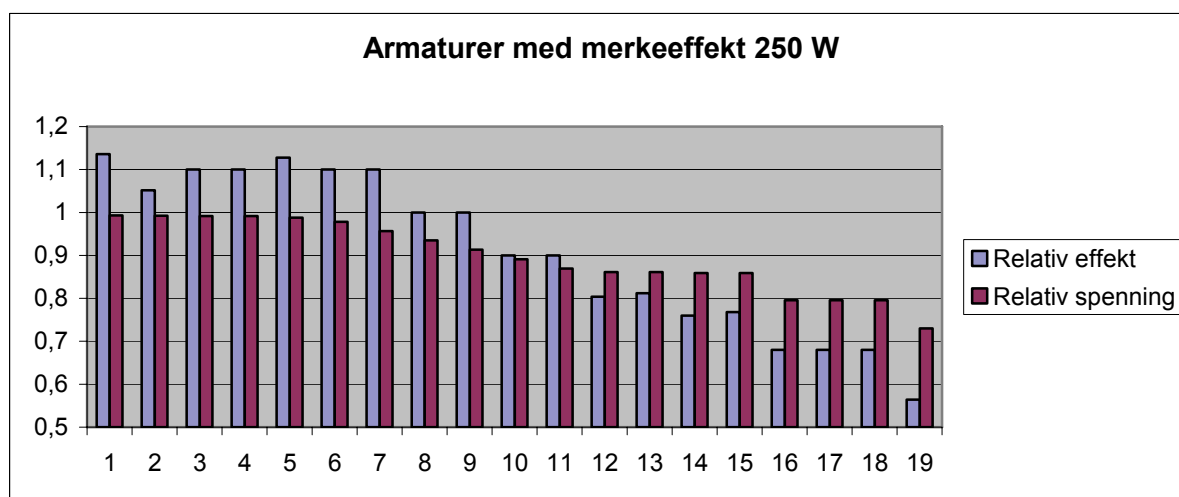
I Figur 14-10 ser vi at veilyskursen ved Okstad park syd har høyest klirrfaktor av de utvalgte kursene. Dette gjenspeiler resultatene fra THD målingene (Figur 14-7).

## 15 UNDERSØKELSE AV VEILYSARMATURER

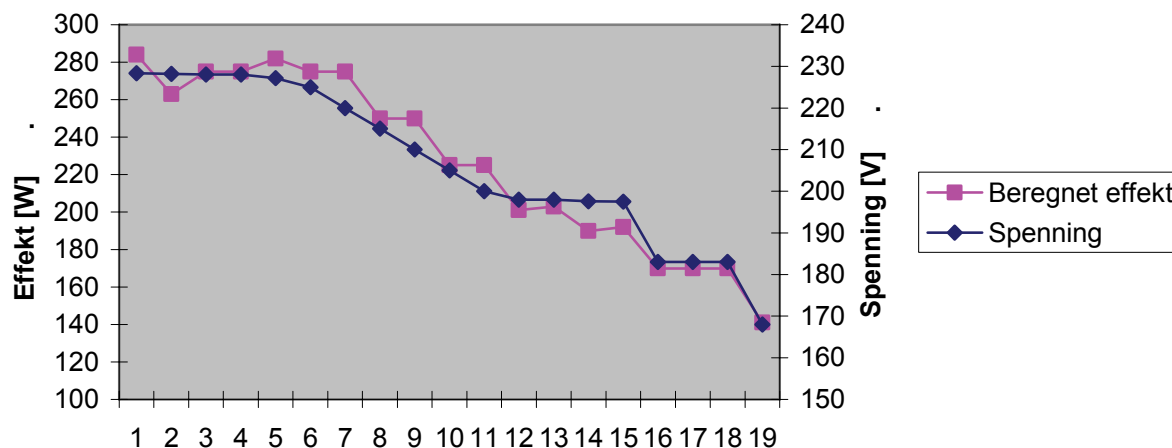
I dette kapitlet er resultater fra feltundersøkelsene vurdert nærmere. Søkelyset er satt på effekter og spenninger til veilyssarmaturer. Til sammen er det gjennomført individuelle målinger på 114 veilyssmaster. Disse målingene, i tillegg til målinger gjennomført på laboratoriet, ligger til grunn for estimerte verdier for de mastene som det ikke er gjennomført individuelle målinger for i undersøkelsen. Medregnes estimerte verdier er det 207 armaturer vi har effekt- og spenningsverdier for. Det er nå gjort en oppdeling/kategorisering, slik at vi ser på armaturer med lik merkeeffekt av gangen. Oppdelingen er slik at armatureffekten danner grupper der de høyeste armatureffektene blir vurdert først.

### 15.1 250 W armaturer, NaH - Høytrykknatrium

I undersøkelsen er det sett på totalt 19 armaturer med merkeeffekt på 250 W. Ved 11 av disse er det gjennomført målinger, mens det er funnet estimerte verdier for spenning og effekt ved de resterende 8 armaturene. Se vedlegg B12.



Figur 15-1: Figuren viser relative verdier for effekt og spenning til armaturer med merkeeffekt 250 W (konvensjonell forkobling). Effektverdiene er relatert slik at 250 W = 1, og spenningsverdiene er relatert slik at 230 V = 1.



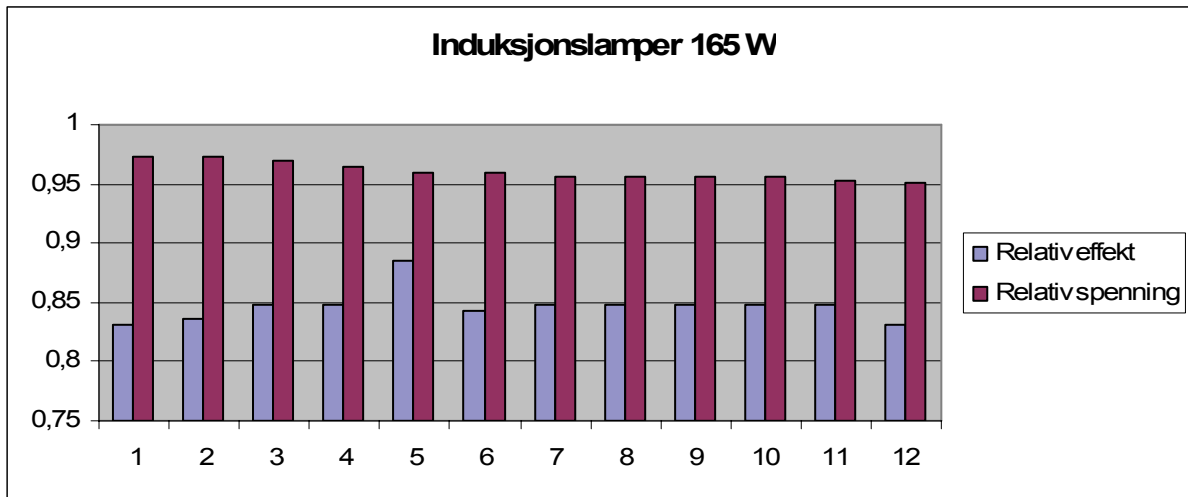
Figur 15-2: Armatureffekter og spenningsnivåer for 250 W armaturer

Figur 15-1 viser relative effekter og spenninger, mens Figur 15-2 viser reelle effekter og spenninger. I Figur 15-1 vises effektene slik at  $250 \text{ W} = 1$ , og spenningsene vises slik at  $230 \text{ V} = 1$ . Når spenningen har en verdi mellom 90 og 100 % av merkespenningen (207 – 230 V), ligger armatureffektene høyere eller lik merkeeffekten (250 W). Er spenningen mellom 220 og 230 V, trekker armaturene en effekt ca. 10 % høyere enn merkeeffekt. I det spenningen faller under 90 % av merkespenning, ser vi at armatureffektene reduseres betydelig. Når spenningen passerer 200 V (87 % av merkespenning) er armatureffekten nede i 80 % av merkeeffekt. Når spenningen er på 80 % av merkespenning (184 V) er effekten nede i under 70 % av merkeeffekten (175 W). Den laveste målingen som ble gjennomført var på enden av kursen ved Tungesletta. Her er spenningen målt til 168 V (73 % av merkespenning) og effekten er målt til 141 W (56,4 % av merkeeffekt). Den høyeste målingen som ble gjennomført var på starten av kursen i Jonsvannsveien. Her er spenningen målt til 228,3 V (99,3 % av merkespenning) og effekten er målt til 284 W (13,6 % over merkeeffekt).

Gjennomsnittseffekten for de 19 250 W armaturene er beregnet til 227 W (90,8 % av merkeeffekt), mens gjennomsnittsspenningen er beregnet til 206,5 V (90 % av merkespenning)

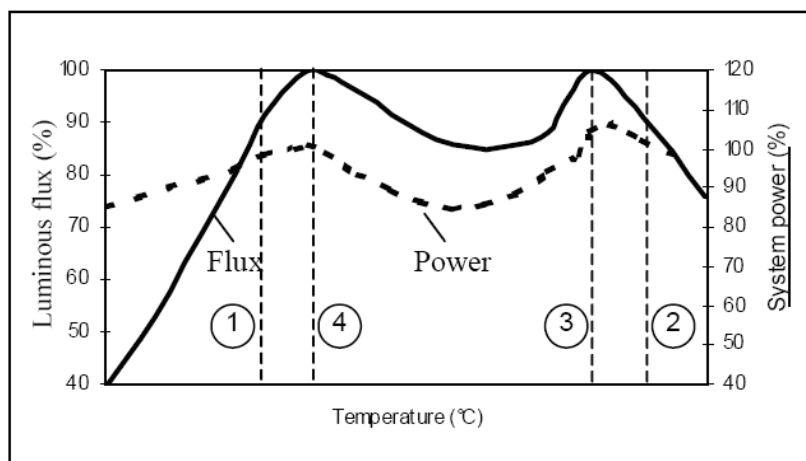
## 15.2 165 W armaturer, QL – Induksjonslamper

Ved veilyskursen i Edvard Griegs gate ved St Olav hospital er det sett på 12 armaturer med merkeeffekt på 165 W tilhørende induksjonslamper. Det er gjennomført 5 mastemålinger, mens det ved de resterende 7 armaturene er estimerte verdier. Se vedlegg B13.



Figur 15-3: Figuren viser relative verdier for effekt og spenning til armaturer med merkeeffekt 165 W (tilhørende induksjonslamper). Effektverdiene er relatert slik at 165 W = 1, og spenningsverdiene er relatert slik at 230 V = 1.

Av Figur 15-3 ser vi at armaturene trekker en lavere effekt enn merkeeffekten. Gjennomsnittseffekten for de 12 165 W armaturene er beregnet til 139,8 W (84,7 % av merkeeffekt), mens gjennomsnittsspenningen er beregnet til 221 V (96,1 % av merkespenning). Philips er kontaktet for å finne årsaken til at 165 W armaturene trekker en så lav effekt. Morten Seipjærvi (Produkt-/Markedssjef Prof. Lyskilder Philips Norge AS) forteller at deres erfaring er at ikke strømforbruket endres gjennom lyskildens levetid. Hovedårsaken til lavere effektforbruk er amalgamtemperaturen i lyskilden i den aktuelle installasjonen. Ved for lav eller for høy temperatur vil dette føre til lavere effektforbruk. I Philips sin dokumentasjon for induksjonslampe [9] heter det som følger: Det er en direkte sammenheng mellom kvikksølvtrykk og lysytelse, samt kvikksølvtrykk og energiforbruk. Amalgam stabiliserer kvikksølvtrykk i temperaturområdet 70 °C/160 °F. Se Figur 15-4.



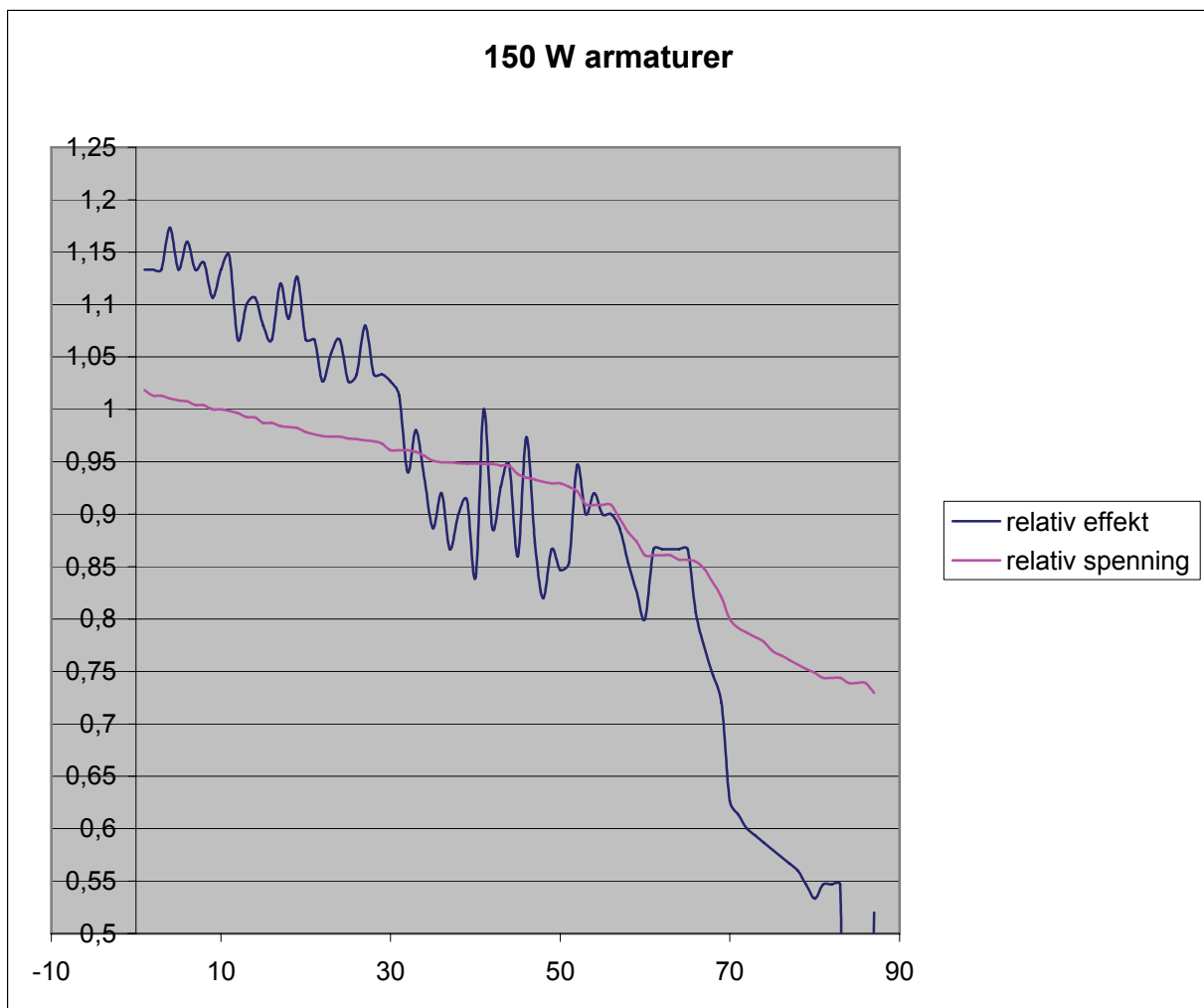
Figur 15-4: Typisk kurve for lysutsendelse (flux) og effekt som funksjon av temperaturen for en amalgamlampe. Temperaturskalaen mellom 1 og 2 er 70 °C [9]

Systemet er designet slik at det skal gi optimal lysytelse når effektforbruket er 55W/85W/165W. Gode resultater (mindre enn 15 % lystilbakegang) er oppnådd når energiforbruk er mer enn 50 W for QL 55 W system, mer enn 72 W for QL 85 W system og mer enn 145 W for QL 165 W system.

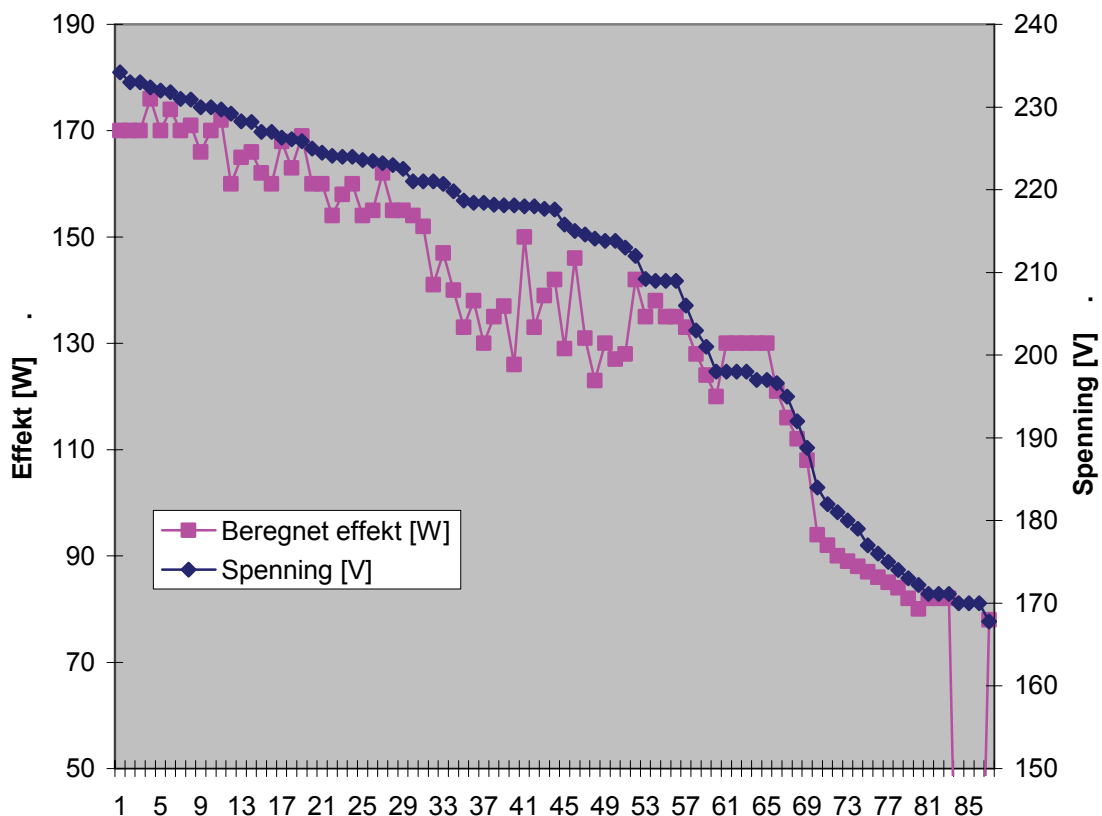
Resultatene fra undersøkelsene av QL 165 W systemet i dette prosjektet viser dermed at lampene ikke driftes optimalt. Som kjent er armatureffekten beregnet til gjennomsnittlig 139,8 W. Følgelig er det mer enn 15 % lystilbakegang for disse lampene.

### 15.3 150 W armaturer, NaH - Høytrykknatrium

Det er i dette prosjektet sett på 87 armaturer med merkeeffekter lik 150 W og konvensjonelle forkoblinger. Det er gjennomført mastemåling ved 43 av disse armaturene. Ved de resterende er det funnet estimer for spenning og effekt. Se vedlegg B14. 3 av armaturene var mørke. Ved testanlegget ved NTNU er det gjennomført målinger ved 10 armaturer med elektronisk forkobling. Disse er ikke vurdert i dette kapitlet.



Figur 15-5: Figuren viser relative verdier for effekt og spenning til armaturer med merkeeffekt 150 W. Effektverdiene er relatert slik at 150 W = 1, og spenningsverdiene er relatert slik at 230 V = 1.



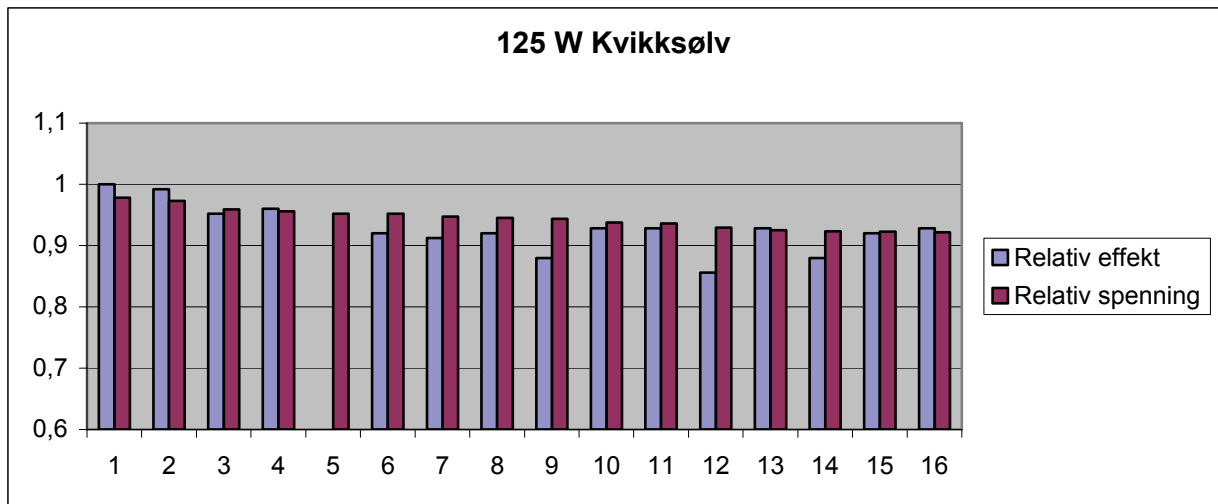
**Figur 15-6: Armatureffekter og spenningsnivåer for 150 W armaturer**

I Figur 15-5 ser vi at når spenningen er høyere enn 96 % av merkespenning (220,8 V) trekker armaturene en høyere effekt enn merkeeffekten. Når spenningsnivået befinner seg mellom 95 % og 85 % av merkespenning (218,5 V – 195,5 V), trekker armaturene en effekt mellom 80 og 100 % av merkeeffekt, det vil si en effekt mellom 120 og 150 W. Som vi ser pendler kurven litt i dette området. Når spenningen synker under 218 V, synker effektene raskt ned mot 50 % av merkeeffekt.

Gjennomsnittseffekten for de 87 armaturene med merkeeffekt på 150 W er beregnet til 135,2 W. Dette er 90,1 % av merkeeffekt. Da er ikke de tre armaturene som trekker 0 W medregnet. Gjennomsnittsspenningen er beregnet til 208,6 V. Dette er 90,7 % av merkespenning. Den laveste spenningen som ble målt fant sted på enden av kursen ved Tungesletta. Her ble effekten målt til 78 W (52 % av merkeeffekt), og spenningen målt til 167,8 V (73 % av merkespenning)

#### **15.4 125 W armaturer, HQL - Kvikksølvlamper**

I undersøkelsen er det sett på 15 armaturer med merkeeffekt på 125 W. Disse armaturene er fra anlegget ved Stokkanhaugen. Det er gjennomført målinger ved 12 master, 1 mast var mørk og 2 master har estimerte verdier. Se vedlegg B15.



**Figur 15-7: Figuren viser relative verdier for effekt og spenning til armaturer med merkeeffekt 125 W (kvikksølv, konvensjonell forkobling). Effektverdiene er relatert slik at 125 W = 1, og spenningsverdiene er relatert slik at 230 V = 1.**

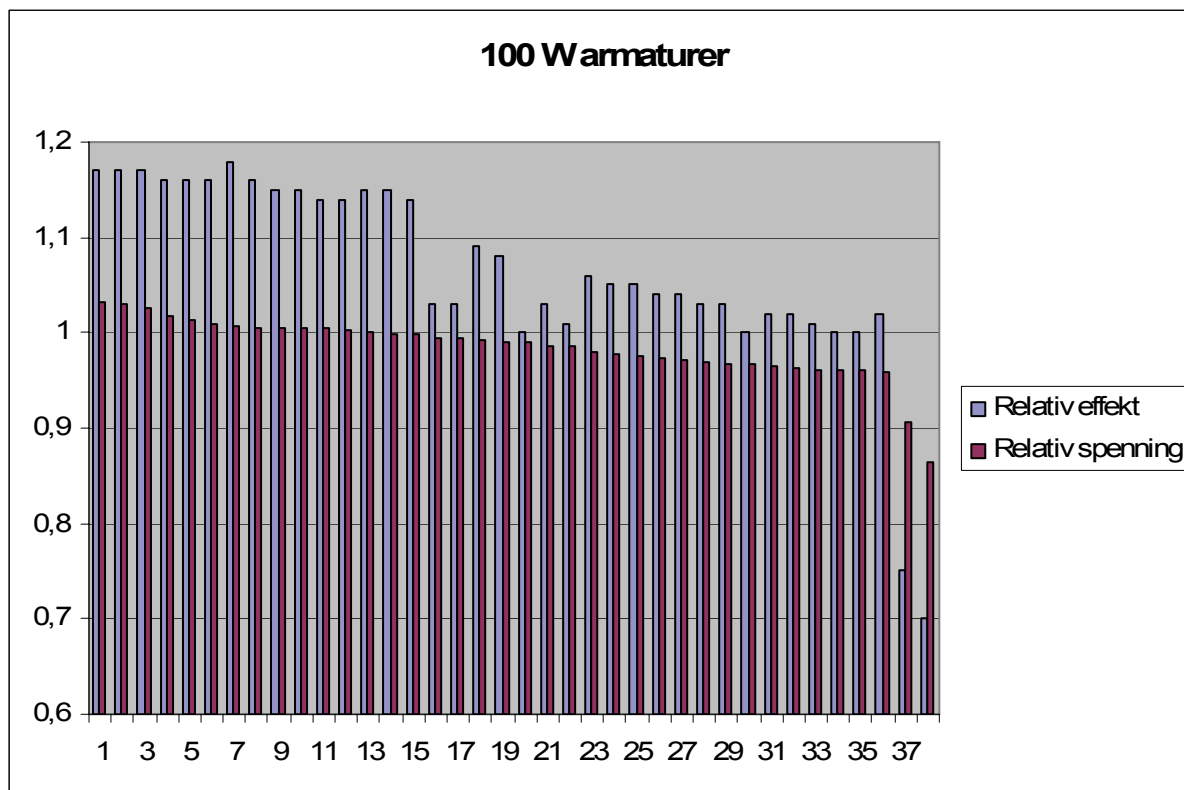
Figur 15-7 viser at alle armaturene trekker en effekt som er lavere eller lik merkeeffekt. Spenningsnivået ligger ved alle armaturer mellom 92 og 98 % av merkespenning. Effektene varierer fra 125 W til 107 W, det vil si fra 100 % av merkespenning til 85 % av merkespenning. Armatureffektene følger til en viss grad armaturspenningene. Det er noen armaturer som avviker, særlig armatur nr. 12. Her er effekten lavere en den antatt skulle være.

Gjennomsnittseffekten for de 16 armaturene er beregnet til 115,9 W. Dette er 92,7 % av merkeeffekt. Da er ikke armaturen som trekker 0 W medregnet. Gjennomsnittsspenningen er beregnet til 217,1 V. Dette er 94,4 % av merkespenning.

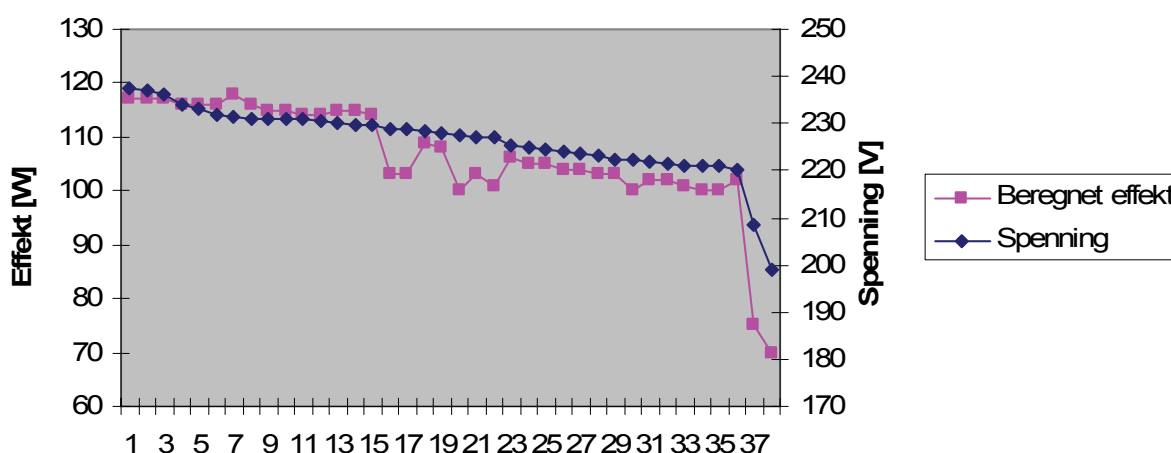


### 15.5 100 W armaturer, NaH - Høytrykknatrium

I prosjektet er det sett på 38 armaturer med merkeeffekt på 100 W. Det er gjennomført mastemålinger ved 19 av disse armaturene, mens det ved de resterende armaturer er funnet estimerte verdier for spenning og effekt. Se vedlegg B16



Figur 15-8: Figuren viser relative verdier for effekt og spenning til armaturer med merkeeffekt 100 W (høytrykknatrium, konvensjonell forkobling). Effektivdiene er relatert slik at 100 W = 1, og spenningsverdiene er relatert slik at 230 V = 1.



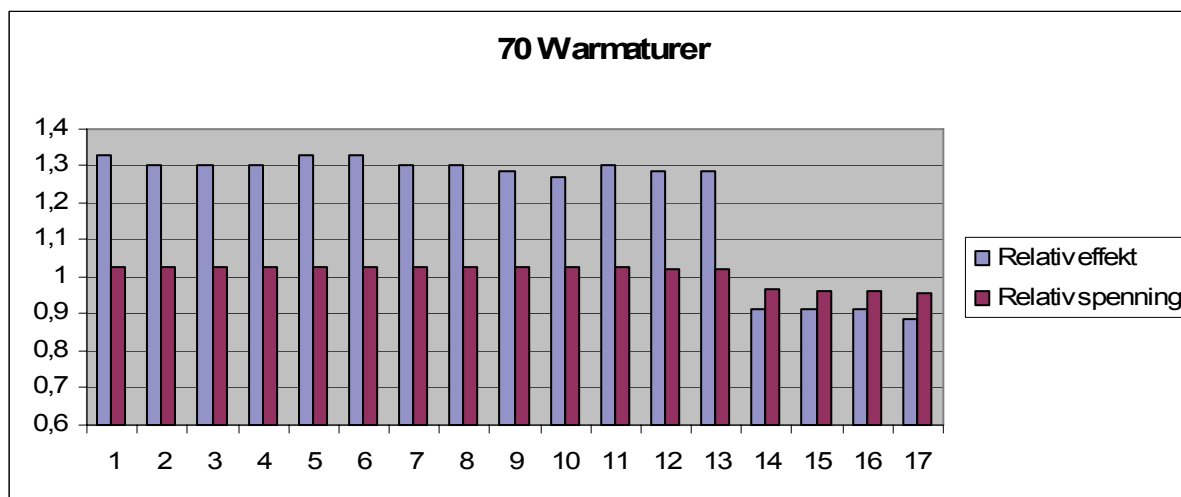
Figur 15-9: Armatureffekter og spenningsnivåer for 100 W armaturer

I Figur 15-8 ser vi at de fleste armaturene trekker en effekt høyere enn merkeeffekt. Det er kun to armaturer som trekker en lavere effekt. Her er spenningen falt ned til 90,6 % av merkespenning (208,4 V), og 86,5 % av merkespenning (198,9 V). Figuren viser at når spenningen ligger over eller lik merkespenning, fra 0 til 3,3 % høyere enn merkespenning, trekker armaturene mellom 15 og 17 % mer enn merkeeffekt.

Gjennomsnittseffekten for de 38 armaturene er beregnet til 106,4 W, 6,4 % over merkeeffekt. Gjennomsnittsspenningen er beregnet til 226,4 V, 1,6 % under merkespenning.

## 15.6 70 W armaturer, NaH - Høytrykknatrium

I prosjektet er det sett på 17 armaturer med merkeeffekt på 70 W. Det er gjort mastemålinger ved 15 av disse. Ved de to siste er det funnet estimerte verdier for spenning og effekt. Se vedlegg B17



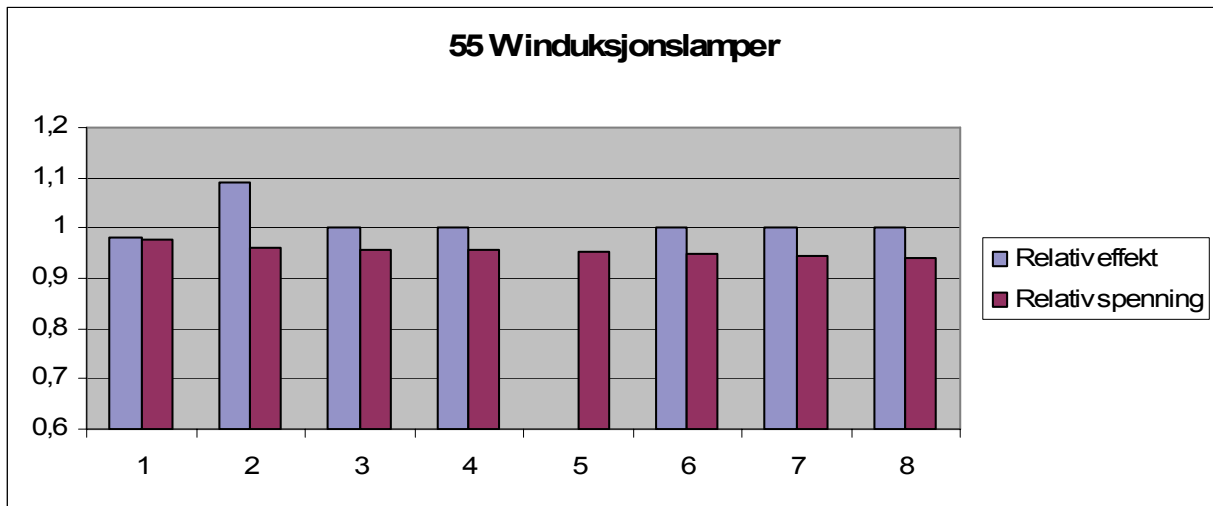
**Figur 15-10: Figuren viser relative verdier for effekt og spenning til armaturer med merkeeffekt 70 W (høytrykknatrium). Effektverdiene er relatert slik at 70 W = 1, og spenningsverdiene er relatert slik at 230 V = 1.**

I Figur 15-10 tilhører de 13 første armaturene anlegget i Okstad park syd. Her er det benyttet elektronisk forkoblingsutstyr. Disse armaturene trekker i gjennomsnitt 30,1 % mer enn merkeeffekten. Armaturene trekker fra 89 til 93 W. Dette indikerer et tap i elektroniske forkoblinger i størrelsesorden 20 W. Spenningen er fra 2,3 til 2,9 % over merkespenning, men dette er av mindre betydning da elektroniske forkoblinger blir sett på som spenningsuavhengige mellom 200 V og 250 V.

De fire siste armaturene har konvensjonelle forkoblinger og trekker en lavere effekt enn merkeeffekt. Disse trekker fra 88,6 % til 91,4 % av merkeeffekt, eller fra 62 til 64 W. Spenningsnivået ved disse armaturene er fra 220,5 til 222 V.

### 15.7 55 W armaturer, QL - Induksjonslamper

Ved veilyskursen i Edvard Griegs gate ved St Olav hospital er det sett på 8 armaturer med merkeeffekter på 55 W. Det er gjennomført målinger ved 3 av disse, 1 armatur var mørk og ved de 4 siste er det funnet estimerte verdier. Se vedlegg B18.



**Figur 15-11: Figuren viser relative verdier for effekt og spenning til armaturer med merkeeffekt 55 W (tilhørende induksjonslamper). Effektverdiene er relatert slik at 55 W = 1, og spenningsverdiene er relatert slik at 230 V = 1.**

Figur 15-11 viser at det er kun en armatur som trekker en høyere effekt enn merkeeffekt. Denne armaturen trekker 60 W eller 9,1 % over merkeeffekt. 5 armaturer trekker merkeeffekt, mens 1 armatur trekker 54 W eller 98,2 % av merkeeffekten. 1 armatur er mørk. Spenningsverdiene varierer mellom 216 V (94 % av merkespenning) og 224,5 V (97,6 % av merkespenning).



## 16 RESULTATER FRA LYTEKNISKE UNDERSØKELSER

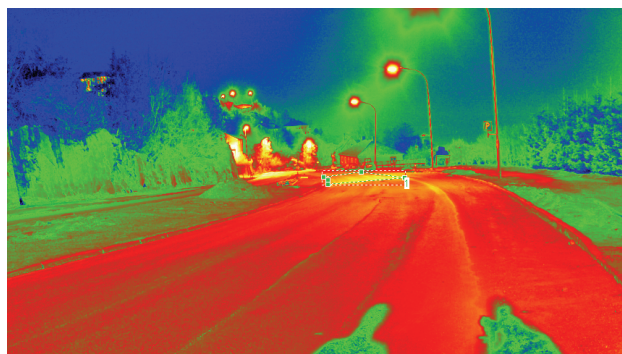
Resultater fra de lystekniske undersøkelsene som er gjennomført i dette prosjektet vil bli presentert i alfabetisk rekkefølge etter gatenavn. Resultatene vil først bli vurdert opp mot den nye veinormalen. Så vil resultatene bli vurdert opp mot den gamle veinormalen (dagens veinormal pr juni 2007, heretter kalt gammel veinormal). Alle veistrekningene i undersøkelsen er prosjektert etter tidligere krav. Gammel veinormal i denne rapporten er betegnelsen for veinormalen som var gyldig fra 1988. Det er mulig noen av veistrekningene er dimensjonert etter en veinormal som var gjellende før denne.

### 16.1 Byåsveien

Undersøkelsen i Byåsveien er tatt med for å se på luminansforholdene ved kvikksølv som lyskildetype. Målepunktet i undersøkelsen er ved Byåsveien 53 (se vedlegg D1 for nøyaktig beskrivelse). Armatureffekten/lampeeffekten er ikke oppgitt i TEV sin oversikt over veibelysningen i Trondheim, men jeg anslår den til å være på 250 W. Mastehøyden er 12 meter og masteavstanden er 40 meter. Mastene er plassert på samme side som den kjørebanelen vi har måleområdet i. Det er vanskelig å si noe om spenningsnivået eller alder på armaturer/lamper. Jeg anslår at armaturene er fra mellom 1980 og 1985.



Figur 16-1: Fotografi, Byåsveien 01



Figur 16-2: Luminansberegningsbilde, Byåsveien 01

## 16.1.1 Ny veinormal

Tabell 16-1: Veiteknisk informasjon for veilyskurs i Byåsveien

Beskrivelse	Vei			
	ÅDT	Belysningsklasse	Krav til midlere luminans [ $\text{cd/m}^2$ ]	Dekkeklasse
Byåsveien 01	8900	MEW 2	1,5	C1
Byåsveien 02	8900	MEW 2	1,5	C1

Tabell 16-2: Informasjon om lyskilde og mast ved veilyskurs i Byåsveien

Beskrivelse	Lyskilde		Mast		
	Type	Effekt [W]	Høyde [m]	Avstand [m]	Plassering
Byåsveien 01	Høytrykk kvikksølv	250	12	40	samme side
Byåsveien 02	Høytrykk kvikksølv	250	12	40	samme side

I undersøkelsen er det tatt to bilder av samme måleområde med to ulike observasjonspunkt som ligger ca. en meter fra hverandre. Måleoppsettet kunne ikke gjennomføres etter standarden hvor observasjonspunktet skal ligge  $\frac{3}{4}$  dels avstand fra høyere veiskulder, fordi det er en sving mot venstre på stedet (se vedlegg D1).

Tabell 16-3 viser luminansverdiene som er beregnet i programvaren LMK 2000. Midlere luminans er beregnet til henholdsvis  $0,8043 \text{ cd/m}^2$  og  $0,8356 \text{ cd/m}^2$ . Dette er verdier som ligger langt under planleggingskravet som stilles i vegvesenets "Teknisk planlegging for veg- og gatelys". I henhold til denne normen skal dette anlegget ha en midlere luminans på minimum  $1,5 \text{ cd/m}^2$ .

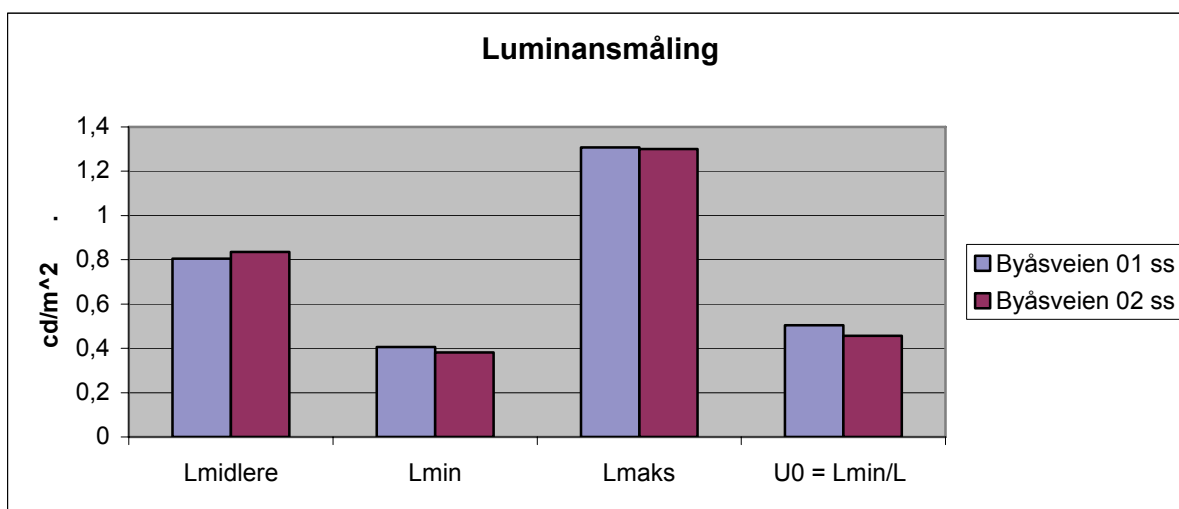
Luminansjevnheten ( $U_0$ ) er beregnet til henholdsvis 0,504 og 0,4561. Dette er verdier som tilfredsstiller kravene da planleggingskravet til jevnhet er minimum 0,4 (se kapittel 2.2).

Ut ifra måleresultatene fra langsgående luminansmåling er langsgående luminansjevnhet ( $U_l$ ) regnet ut. Denne verdien er beregnet til henholdsvis 0,514 og 0,495. Her er begge verdiene under planleggingskravet som er på minimum 0,6.

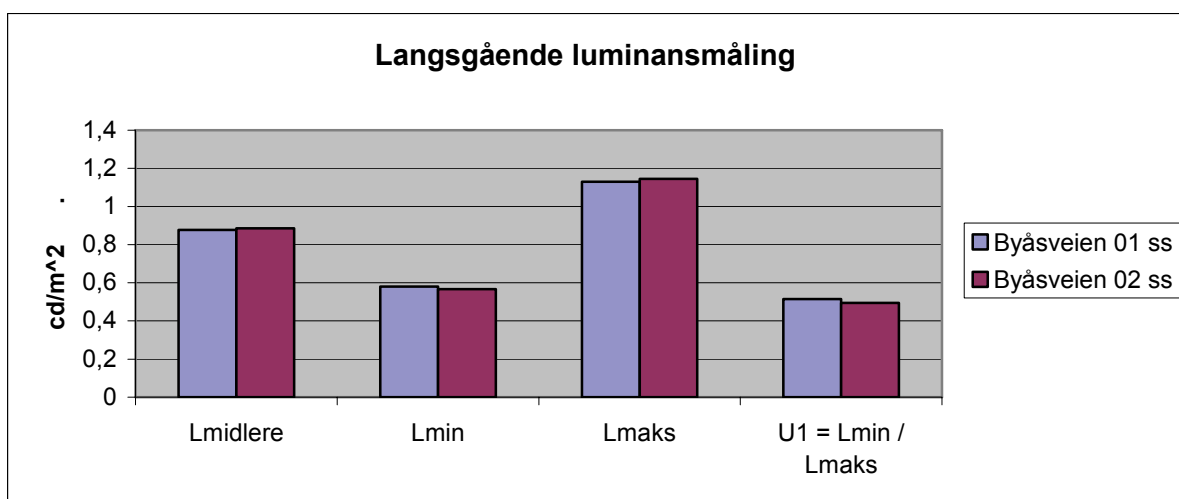
Tabell 16-3: Resultater fra luminansmåling og langsgående luminansmåling i Byåsveien

Beskrivelse	Luminansmåling [ $\text{cd/m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_0 = L_{\text{min}}/L$
Byåsveien 01	0,8043	0,4054	1,307	0,504
Byåsveien 02	0,8356	0,3811	1,3	0,4561

Beskrivelse	Langsgående luminansmåling [ $\text{cd/m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_1 = L_{\text{min}} / L_{\text{maks}}$
Byåsveien 01	0,8775	0,5807	1,13	0,514
Byåsveien 02	0,8856	0,5669	1,145	0,495



Figur 16-3: Et stolpediagram som indikerer luminansmålingene og jevnhet ved undersøkelsen i Byåsveien



Figur 16-4: Et stolpediagram som indikerer langsgående luminansmålinger og langsgående jevnhet i Byåsveien

Figur 16-3 og Figur 16-4 viser at de to målingene/beregningene (01 ss og 02 ss) er temmelig like. Det er små avvik som følge av at observasjonspunktet ikke er på samme sted, men i nærheten av hverandre. Måleområdet er det samme.

### **16.1.2 Gammel veinormal**

Veilyset langs Byåsveien er dimensjonert etter en eldre veinormal. Etter den gamle veinormalen vil jeg anslå at Byåsveien er en hovedvei i tett bebyggelse – H 3 (fartsgrense = 50 km/h). ÅDT for veien er oppgitt av Trondheim kommune til å være 8900. Går vi inn i tabell 2.2 under kapitlet om veinormalen ser vi da at midlere luminansnivå skal være 2 cd/m<sup>2</sup>. Det vil si at luminansnivået er senket ved den nye veinormalen, der kravet er 1,5 cd/m<sup>2</sup>.

Av målingene jeg har gjennomført i Byåsveien har jeg funnet en midlere luminans lik 0,8775 cd/m<sup>2</sup> og 0,8856 cd/m<sup>2</sup>. Verdiene ligger langt under kravet i den gamle veinormalen.



## 16.2 Dybdahlsveien

I denne undersøkelsen er veibaneluminansen i Dybdahlsveien ved Bunnpris butikken (se vedlegg D2) undersøkt og vurdert. Her er det benyttet høytrykknatriumslyskilder med merkeeffekt på 150 W. Mastehøyden er 8 meter og masteavstanden er 35 meter (oppgitt i TEV's oversikt). Målinger er gjennomført i begge kjøreretninger. Maste plasseringen er ensidig. Det vil si at den ene målingen er med master tett inntil kjørebanelen, og den andre målingen med master på motsatt side. Spenningsnivået er ikke målt. Armaturene er oppgitt av TEV til å være fra 1987. Lampenes alder er ikke oppgitt. Det er antatt at armaturene benytter konvensjonelle forkoblinger ved denne kursen.



Figur 16-6: Fotografi, Dybdahlsvei 02



Figur 16-5: Luminansberegningsbilde, Dybdahlsvei 02

Observasjonspunktene følger standarden og er 1,5 meter over veibanen, 60 meter fra måleområdet start og  $\frac{3}{4}$  dels avstand fra høyere veiskulder (se vedlegg D2).

Veidekket i kjørebanelen på motsatt side av maste plasseringen er fuktig (dekkeklasse W3) i kjørefeltets kjørespor (se vedlegg D2). Veibanen på samme side som maste plasseringen er tørr og har en lysere overflate (dekkeklasse C1).

### 16.2.1 Ny veinormal

Tabell 16-4: Veiteknisk informasjon for veilyskursen i Dybdahlsveien

Beskrivelse	Vei			
	ADT	Belysningsklasse	Krav til midlere luminans	Dekkeklasse
Dybdahlsveien 01	6200	MEW 2	1,5	C1
Dybdahlsveien 02	6200	MEW 2	1,5	C1

Tabell 16-5: Informasjon om lyskilde og mast for veilyskursen i Dybdahlsveien

Beskrivelse	Lyskilde		Mast		
	Type	Effekt [W]	Høyde [m]	Avstand [m]	Plassering
Dybdahlsveien 01	Høytrykk natrium	150	8	35	motsatt side
Dybdahlsveien 02	Høytrykk natrium	150	8	35	samme side

Resultatene i Tabell 16-6 viser luminansmålingene som er beregnet i programvaren LMK 2000. Den midlere luminansen er beregnet til henholdsvis 0,4608 cd/m<sup>2</sup> og 0,8515 cd/m<sup>2</sup>. Dette er verdier som ligger langt under kravet som stilles i vegvesenets ”Teknisk planlegging for veg- og gatelys”. I henhold til denne normen skal dette anlegget (MEW 2) ha en midlere luminans på minimum 1,5 cd/m<sup>2</sup>. Forskjellen mellom de to måleresultatene skyldes hovedsakelig måleområdet plassering i forhold til mastene. Måleområdet som ligger nærmest mastene har den beste luminansen.

Luminansjevnheten ( $U_0$ ) er beregnet til henholdsvis 0,524 og 0,4147. Verdiene tilfredsstillt kravene da planleggingskravet til jevnhet er minimum 0,4 (se kapittel 2).

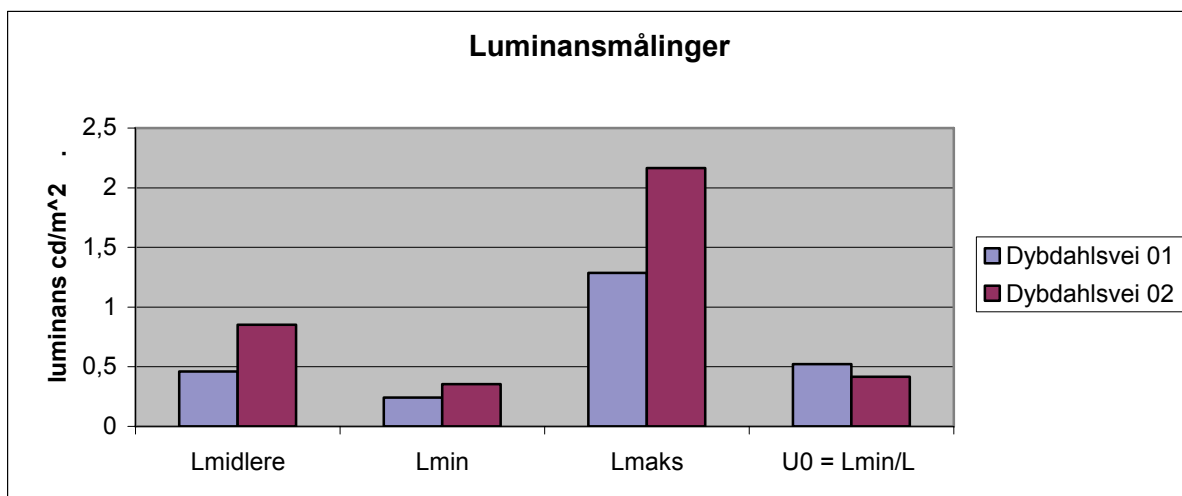
Ut ifra måleresultatene fra langsgående luminansmåling er langsgående luminansjevnhet ( $U_1$ ) regnet ut. Denne verdien er beregnet til henholdsvis 0,675 og 0,344. Kun den ene målingen tilfredsstillt kravet som er på minimum 0,6. Dette er målingen på motsatt side av masteplasseringen. Den langsgående jevnhet i kjørefeltet på samme side som masteplasseringen består ikke kravet. Går vi inn og ser på bildet av veibanen (vedlegg D2), ser vi at på grunn av en bussholderplass blir masteplasseringen lenger fra kjørebanelen enn den normalt ville vært. Dette resulterer i en dårligere langsgående luminansjevnhet i kjørebanelen.

Tabell 16-6: Resultater fra luminansmåling og langsgående luminansmåling i Dybdahlsveien

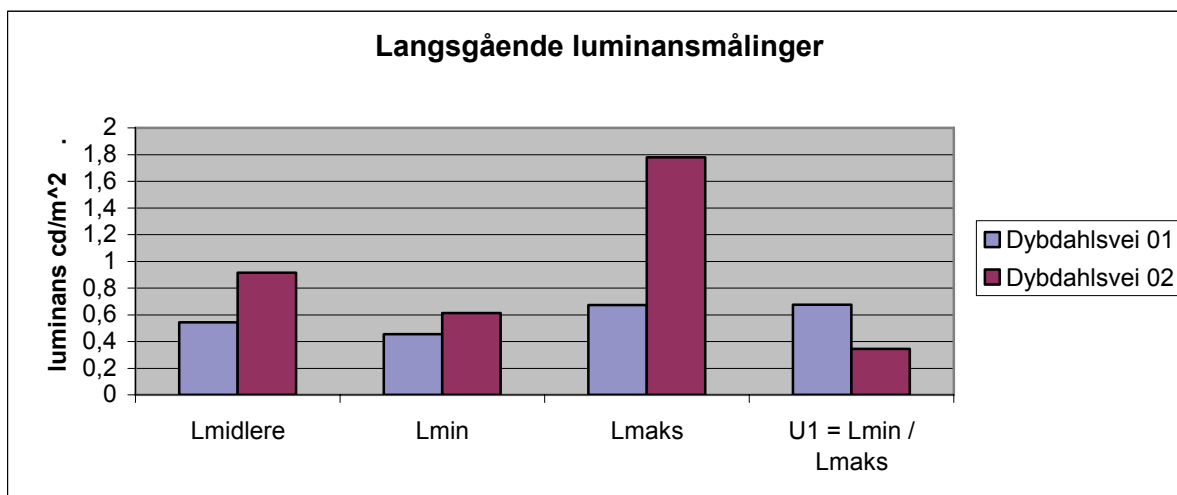
Beskrivelse	Luminansmåling [cd/m <sup>2</sup> ]			
	$L_{midlere}$	$L_{min}$	$L_{maks}$	$U_0 = L_{min}/L$
Dybdahlsveien 01	0,4608	0,2413	1,286	0,524
Dybdahlsveien 02	0,8515	0,3531	2,166	0,4147

Beskrivelse	Langsgående luminansmåling [cd/m <sup>2</sup> ]			
	$L_{midlere}$	$L_{min}$	$L_{maks}$	$U_1 = L_{min} / L_{maks}$
Dybdahlsveien 01	0,544	0,4548	0,674	0,675
Dybdahlsveien 02	0,9139	0,612	1,78	0,344



Figur 16-7: Et stolpediagram som indikerer luminansmålingene og jevnhet ved veilyskursen i Dybdahlsveien



**Figur 16-8:** Et stolpediagram som indikerer langsgående luminansmålinger og langsgående jevnhet i Dybdahlsveien

Figur 16-7 illustrerer forskjeller i luminansnivåer, både midlere-, minimal- og maksimal luminans, i de to kjørebanelene som i hovedsak avhenger av masteplasseringen. Kjørebanelen nærmest masteplasseringen har et høyere luminansnivå enn kjørebanelen lengst fra masteplasseringen. Jevnheten (Figur 16-7) og den langsgående jevnheten (Figur 16-8) er derimot best i kjørebanelen på motsatt side av masteplasseringen.

### 16.2.2 Gammel veinormal

Veilyset langs Dybdahlsveien er dimensjonert etter en eldre veinormal. Etter den gamle veinormalen vil jeg anslå at Dybdahlsveien er en hovedvei i tett bebyggelse – H 3 (fartsgrense = 50 km/h). ÅDT for veien er oppgitt av Trondheim kommune til å være 6200. Går vi inn i tabell 2.2 under kapitlet om veinormalen ser vi da at midlere luminansnivå skal være minimum  $2 \text{ cd/m}^2$ . Det vil si at luminansnivået er senket ved den nye veinormalen, der kravet er  $1,5 \text{ cd/m}^2$ .

Av målingene vi har gjennomført i Dybdahlsveien har vi funnet en midlere luminans lik  $0,544 \text{ cd/m}^2$  og  $0,9139 \text{ cd/m}^2$ . Dette er verdier som ligger langt under kravet i den gamle veinormalen.

Det er en mulighet for at ÅDT verdien har økt siden anlegget ble dimensjonert, slik at det er tatt høyde for en lavere ÅDT verdi. Kommer ÅDT verdien under 5000 kan veien sees på som en samlevei i tett bebyggelse – S 3. Da vil i så fall kravet til midlere luminans falle til mellom 1 og  $2 \text{ cd/m}^2$ .

### 16.3 Høgskoleringen

I denne undersøkelsen er det gjennomført åtte målinger på Høgskoleringen, som strekker seg forbi NTNU. Anlegget består av høytrykknatriumsarmaturer med merkeeffekter på 150 W. Mastene er 8 meter høye og avstanden mellom dem er i gjennomsnitt 30 meter. I undersøkelsen er det målt luminanser i begge kjørefelt. Både gjennomsnittlig jevnhet og langsgående jevnhet er beregnet. Mastene er plassert ensidig, noe som gir utslag på lik linje som i Dybdahlsveien. Spenningsnivået er målt, men ikke samtidig som luminansmålingene. Det kan derfor være noe avvik, men vi får et perspektiv på hvordan spenningen og eventuelt luminansnivået synker utover i kursen. Siden det er benyttet konvensjonelle forkoblinger vil armaturene være spenningsavhengige i motsetning til ved bruk av elektroniske forkoblinger (innenfor merkespenning som er fra 200 V til 250 V). Armaturene er oppgitt av TEV til å være fra 1998 og lampene skal være skiftet i 2006.

Observasjonspunktet følger standarden og er 1,5 meter over veibanen, 60 meter fra måleområdet start og  $\frac{3}{4}$  dels avstand fra kjørefeltets høyere veiskulder (se vedlegg D3).

Veidekket i kjørebanelen var tørt og lyst (dekkeklasse C1) i begge kjøreretninger.

#### 16.3.1 Ny veinormal

Tabell 16-7: Veiteknisk informasjon for veilyskursen i Høgskoleringen

Beskrivelse	Vei			
	ÅDT	Belysningsklasse	Krav til midlere luminans	Dekkeklasse
Høgskoleringen 01	4900	MEW 2	1,5	C1
Høgskoleringen 02	4900	MEW 2	1,5	C1
Høgskoleringen 03	4900	MEW 2	1,5	C1
Høgskoleringen 04	4900	MEW 2	1,5	C1
Høgskoleringen 05	4900	MEW 2	1,5	C1
Høgskoleringen 06	4900	MEW 2	1,5	C1
Høgskoleringen 07	4900	MEW 2	1,5	C1
Høgskoleringen 08	4900	MEW 2	1,5	C1

Tabell 16-8: Informasjon om lyskilde og mast ved veilyskursen i Høgskoleringen

Beskrivelse	Lyskilde		Mast		
	Type	Effekt [W]	Høyde [m]	Avstand [m]	Plassering
Høgskoleringen 01	Høytrykk natrium	150	8	30	samme side
Høgskoleringen 02	Høytrykk natrium	150	8	30	motsatt side
Høgskoleringen 03	Høytrykk natrium	150	8	30	samme side
Høgskoleringen 04	Høytrykk natrium	150	8	30	motsatt side
Høgskoleringen 05	Høytrykk natrium	150	8	30	samme side
Høgskoleringen 06	Høytrykk natrium	150	8	30	motsatt side
Høgskoleringen 07	Høytrykk natrium	150	8	30	samme side
Høgskoleringen 08	Høytrykk natrium	150	8	30	motsatt side

Resultatene i Tabell 16-9 viser midlere-, minimum- og maksimum luminans, både for område luminansmålinger og for langsgående luminansmålinger for alle de 8 målepunktene. Det er beregnet og vist område luminansjevnhet og langsgående jevnhet.

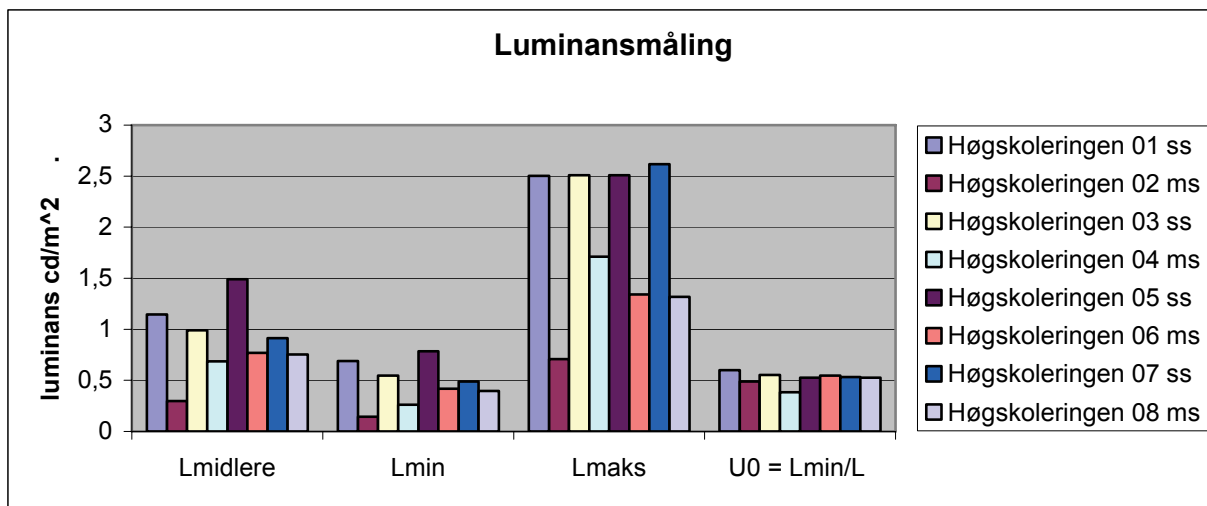
Fra luminansmålingene kan vi se at ingen av de åtte måleområdene tilfredsstiller planleggingskravet fra Statens vegvesen som er satt til minimum  $1,5 \text{ cd/m}^2$ . I målepunkt 02 kan vi se at den midlere luminansen er helt nede i  $0,2975 \text{ cd/m}^2$ . I vedlegg D3 (Høgskoleringen 02) kan vi se at en bussholdeplass har innvirkning på denne verdien.

Videre viser tabellen at masteplasseringen har stor betydning for måleresultatene. Måling 01, 03, 05 og 07 har masteplassering på samme side av veien som måleområdene, mens måling 02, 04, 06 og 08 har masteplassering på motsatt side av veien i forhold til måleområdene. Alle luminansmålingene har et høyere nivå der masteplasseringene er på samme side av veien som måleområdet. Den langsgående jevnheten er derimot bedre på målingene med masteplassering på motsatt side.

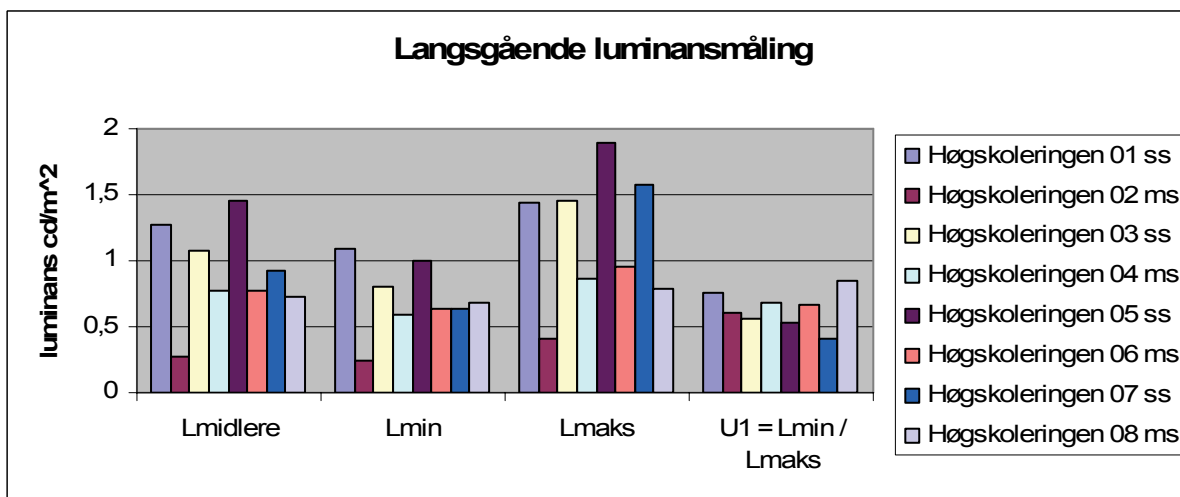
Tabell 16-9: Resultater fra luminansmåling og langsgående luminansmåling i Høgskoleringen

Beskrivelse	Luminansmåling [ $\text{cd/m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_0 = L_{\text{min}}/L$
Høgskoleringen 01	1,145	0,6881	2,503	0,601
Høgskoleringen 02	0,2975	0,145	0,7083	0,4874
Høgskoleringen 03	0,9901	0,5458	2,51	0,551
Høgskoleringen 04	0,6855	0,2627	1,712	0,3832
Høgskoleringen 05	1,491	0,7865	2,507	0,527
Høgskoleringen 06	0,7685	0,4196	1,339	0,5460
Høgskoleringen 07	0,9141	0,4878	2,616	0,534
Høgskoleringen 08	0,752	0,3669	1,319	0,5278

Beskrivelse	Langsgående luminansmåling [ $\text{cd/m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_1 = L_{\text{min}} / L_{\text{maks}}$
Høgskoleringen 01	1,273	1,097	1,443	0,76
Høgskoleringen 02	0,2799	0,2466	0,4041	0,61
Høgskoleringen 03	1,081	0,8093	1,454	0,557
Høgskoleringen 04	0,7712	0,5909	0,8684	0,680
Høgskoleringen 05	1,453	1,001	1,89	0,530
Høgskoleringen 06	0,7759	0,6298	0,95	0,663
Høgskoleringen 07	0,9208	0,6426	1,571	0,409
Høgskoleringen 08	0,7246	0,6768	0,7938	0,853

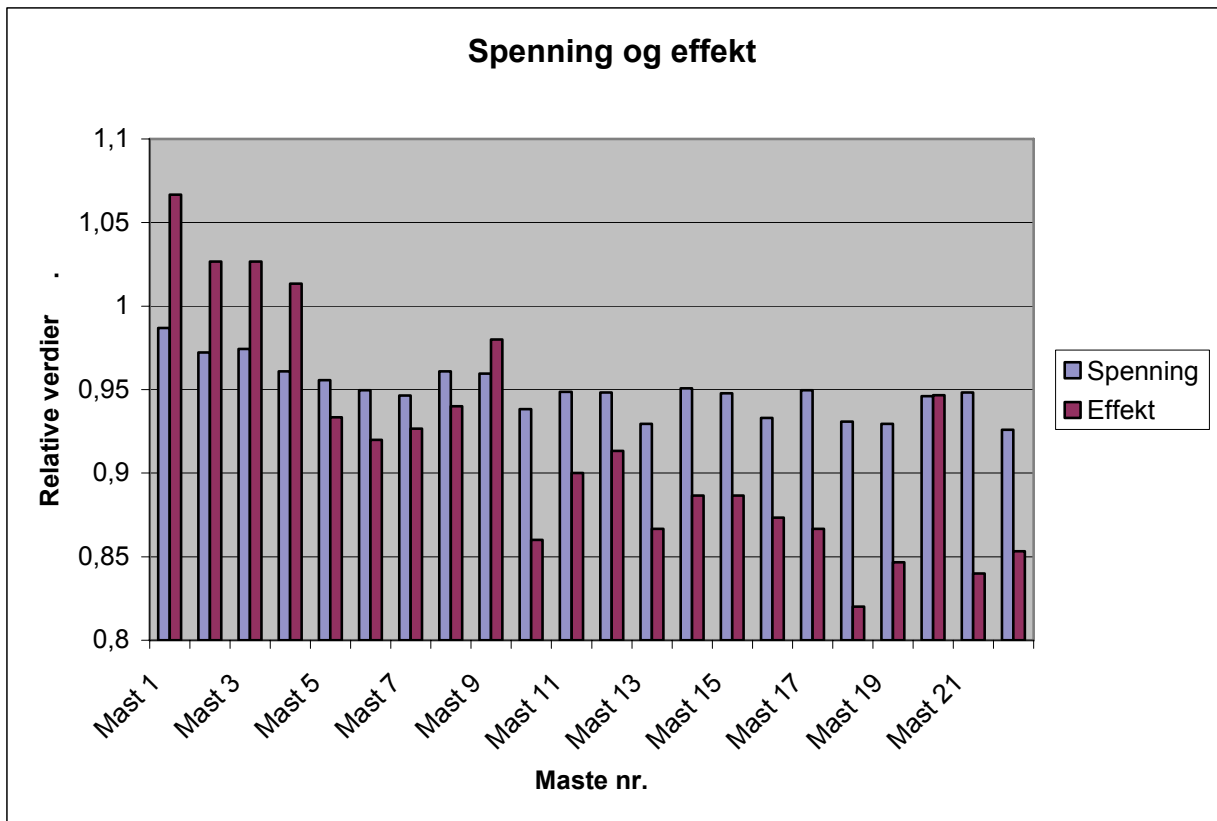


Figur 16-9: Et stolpediagram som indikerer luminansmålingene og jevnhet i Høgskoleringen

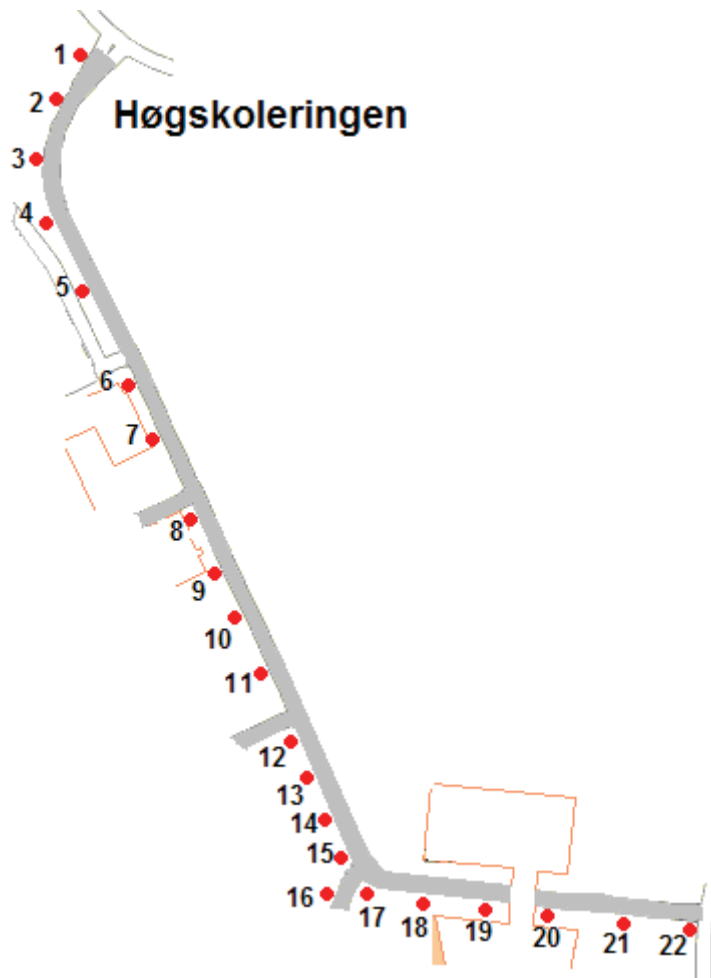


Figur 16-10: Et stolpediagram som indikerer langsgående luminansmålinger og langsgående i Høgskoleringen

Figur 16-9 og Figur 16-10 viser en oppsummering av luminansmålingene i Høgskoleringen. Figur 16-9 viser at måleområdet 05, som befinner seg på samme side som masteplasseringen har høyest midlere luminans, mens måleområdet 02 på motsatt side av masteplasseringen har lavest midlere luminans.



Figur 16-11: Figuren viser spennings- og effektvariasjoner i veilyskursen i Høgskoleringen. Spenningene er relatert til 230 V = 1 og effektene er relatert til 150 W = 1.



Figur 16-12: Figuren viser masteplassering og mastenummerering i Høgskoleringen

Tabell 16-10: Tabellen forteller hvor de ulike måleområdene for luminansmålingene i Høgskoleringen befinner seg og spenningsnivået ved mastene

Målepunkt	Måleområde	Spenning [V]
Høgskoleringen 01	Mellom mast 8 og 9	221 – 220,7
Høgskoleringen 02	Mellom mast 7 og 6	217,7 – 218,4
Høgskoleringen 03	Mellom mast 13 og 14	213,8 – 218,7
Høgskoleringen 04	Mellom mast 9 og 8	220,7 – 221
Høgskoleringen 05	Mellom mast 20 og 21	217,6 – 218,1
Høgskoleringen 06	Mellom mast 18 og 17	214,1 – 218,4
Høgskoleringen 07	Mellom mast 21 og 22	218,1 – 213
Høgskoleringen 08	Mellom mast 19 og 18	213,8 – 214,1

Figur 16-11 viser et stolpediagram som fremstiller spenning og effekt til alle de 22 mastene i Høgskoleringen. Spenningene i diagrammet er relatert til 230 V. Figuren viser da at alle spenningene er lavere enn 230 V. Figuren viser også en trend der spenningsnivået faller utover i kursen. Effektene i diagrammet er relatert til 150 W. Figuren viser at de fire første armaturene trekker over 150 W, mens de resterende trekker under 150 W.



Tabell 16-10 forteller hvor måleområdene i Høgskoleringen befinner seg, og det kan sees i Figur 16-12. Spenningen på mastene som belyser måleområdet er også oppgitt i tabellen. Det kunne vært interessant å se på hvor mye luminansnivået blir redusert ved spenningsfall på kursen. Ut i fra denne undersøkelsen blir det vanskelig å trekke noen konklusjon fordi spenningsfallet er lite. Men vi ser en indikasjon. Et eksempel kan være målepunkt 01 sammenliknet mot målepunkt 07. Spenningsnivået på mastene er høyest i måleområdet 01 ( $U = 221 \text{ V}$ ), og den midlere luminansen er høyest i måleområdet 01 ( $L_{\text{midlere}} = 1,145 \text{ cd/m}^2$ ). Spenningsnivået ved målepunkt 07 er  $213 \text{ V} - 218 \text{ V}$ . Den midlere luminansen er beregnet til  $0,9141 \text{ cd/m}^2$ . Resultatet er som forventet.

### 16.3.2 Gammel veinormal

Veilyset langs Høgskoleringen er dimensjonert etter den gamle veinormalen. Etter denne veinormalen vil jeg anslå at Høgskoleringen er en samlevei i tett bebyggelse – S 3 (fartsgrense =  $30 \text{ km/h}$ ). ÅDT for veien er oppgitt av Trondheim kommune til å være 4900. Går vi inn i tabell 2.2 under kapitlet om veinormalen ser vi da at midlere luminansnivå skal være mellom  $1$  og  $2 \text{ cd/m}^2$ . Det vil si at kravet til luminansnivå er mer fleksibelt ved den gamle veinormalen i forhold til den nye veinormalen, der kravet er minimum  $1,5 \text{ cd/m}^2$ .

Av målingene vi har gjennomført i Høgskoleringen har vi funnet en midlere luminans lik verdiene som er presentert i Tabell 16-9: Resultater fra luminansmåling og langsgående luminansmåling i Høgskoleringen. Resultatene forteller at det kun er måling 01 og måling 05 som tilfredsstillt kravet (mellom  $1$  og  $2 \text{ cd/m}^2$ ).

Det er trolig at det ved denne veien tidligere var en fartsgrense på  $50 \text{ km/h}$ , i stede for  $30 \text{ km/h}$  som det er i dag. Da kan veien ha vært av type samlevei i middels tett bebyggelse – S 2, og ha krav om midlere luminans på minimum  $0,7 \text{ cd/m}^2$ . I så tilfelle vil det bare være målepunkt 02 og 04 som ikke tilfredsstillt kravet.

## 16.4 Jonsvannsveien

I denne lystekniske undersøkelsen er det sett på et anlegg hvor det er benyttet armaturer med merkeeffekter på 250 W. Lampene er av type høytrykknatrium og forkoblingene er antatt å være konvensjonelle. Armaturene er oppgitt i TEV's oversikt til å være av merke Siemens og være fra 1990. Sist lampeskift var i 2004 for denne kursen. Mastehøyden er 12 meter, u-formet, og masteavstanden er 40 meter. Maste plasseringen er ensidig. Spenningen ved den ene av de to mastene ved måleområdet, er målt til 228,3 V (ikke samtidige målinger).

I undersøkelsen er det gjennomført målinger både på tørt og vått veidekke. For tørt veidekke er det gjennomført en luminansmåling i hvert kjørefelt og en langsgående luminansmåling i hvert kjørefelt. Ved tørr kjørebane er det tatt egen måling for langsgående luminanser med observasjonspunkt midt i kjørefeltet i stede for  $\frac{3}{4}$  dels avstand fra høyere veiskulder. For vått veidekke er det gjennomført 4 målinger hvor både områdeluminans og langsgående luminans er beregnet i samme måling.

Vi skal først se på lysforholdene for tørt veidekke, deretter for vått og til slutt gjøres det en sammenlikning.

### 16.4.1 Ny veinormal

Tabell 16-11: Veiteknisk informasjon for veilyskursen i Jonsvannsveien

Beskrivelse	Vei			
	ÅDT	Belysningsklasse	Krav til midlere luminans	Dekkeklasse
Jonsvannsveien 01/05	1900	MEW 3	1,0	C1/W4
Jonsvannsveien 02/06	1900	MEW 3	1,0	C1/W4
Jonsvannsveien 03/07	1900	MEW 3	1,0	C1/W4
Jonsvannsveien 04/08	1900	MEW 3	1,0	C1/W4

Tabell 16-12: Informasjon om lyskilde og mast ved veilyskursen i Jonsvannsveien

Beskrivelse	Lyskilde		Mast		
	Type	Effekt [W]	Høyde [m]	Avstand [m]	Plassering
Jonsvannsveien 01/05	Høytrykk natrium	250	12	40	motsatt side
Jonsvannsveien 02/06	Høytrykk natrium	250	12	40	motsatt side
Jonsvannsveien 03/07	Høytrykk natrium	250	12	40	samme side
Jonsvannsveien 04/08	Høytrykk natrium	250	12	40	samme side

### Tørt veidekke

Veidekket i kjørebane var tørt og lyst (dekkeklasse C1) i begge kjøreretninger.

Tabell 16-13 viser resultatene fra undersøkelsen. Begge måleområdene tilfredsstiller planleggingskravet fra Statens vegvesen hvor midlere luminans skal være minimum  $1,0 \text{ cd/m}^2$ . Her er verdiene beregnet til henholdsvis  $1,719 \text{ cd/m}^2$  og  $2,045 \text{ cd/m}^2$ .

Luminansjevnheterne, både gjennomsnittlig jevnhet og langsgående jevnhet, tilfredsstiller kravet. Dette er det eneste anlegget i undersøkelsen, med unntak av testanlegget ved NTNU som tilfredsstiller alle planleggingskravene for veibelysning. Det presiseres at det her er benyttet 250 W høytrykknatriumsarmaturer og 12 meter u-formede master. Spenningsnivået ved måleområdet er også bra (228,3 V)

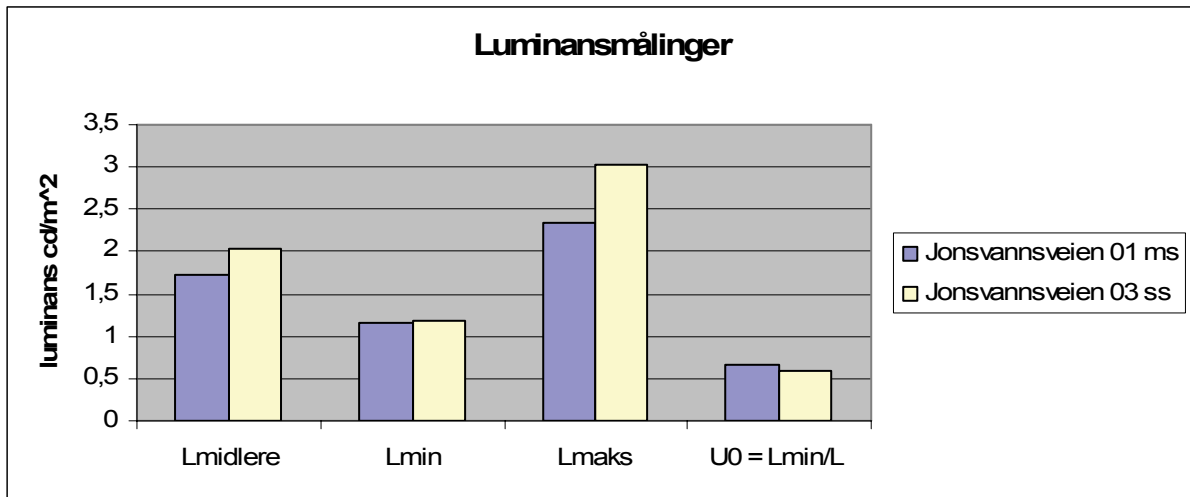


Figur 16-13: Veistrekning i Jonsvannsveien, tørt dekke

Tabell 16-13: Resultater fra luminansmåling og langsgående luminansmåling i Jonsvannsveien

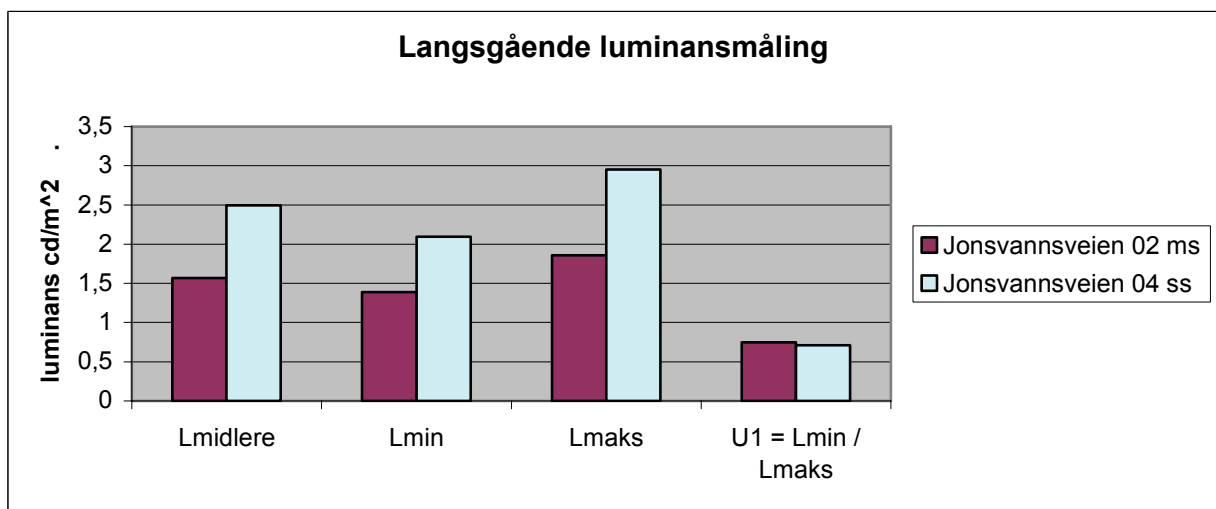
Beskrivelse	Luminansmåling [ $\text{cd/m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_0 = L_{\text{min}}/L$
Jonsvannsveien 01	1,719	1,158	2,352	0,674
Jonsvannsveien 02				
Jonsvannsveien 03	2,045	1,193	3,02	0,5834
Jonsvannsveien 04				

Beskrivelse	Langsgående luminansmåling [ $\text{cd/m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_1 = L_{\text{min}} / L_{\text{maks}}$
Jonsvannsveien 01				
Jonsvannsveien 02	1,566	1,39	1,859	0,748
Jonsvannsveien 03				
Jonsvannsveien 04	2,492	2,096	2,951	0,710



Figur 16-14: Et stolpediagram som indikerer luminansmålingene og jevnhet i Jonsvannsveien

Figur 16-14 viser forskjellene i luminans og jevnhet mellom de to måleområdene. Et særtrekk ved denne veimålingen er at minimum luminansen er nesten lik i begge områdene. At det også er relativt liten forskjell mellom midlere luminans, resulterer i en god jevnhet på veidekke. Begge jevnhetsberegningene er godt over planleggingskravet som er på minimum 0,4.



Figur 16-15: Et stolpediagram som indikerer langsgående luminansmålinger og langsgående jevnhet i Jonsvannsveien

### Vått veidekke

Veidekke i kjørebane er vått og speilende. Veinormalen sier at for beskrivelse av dekke i våt tilstand skal dekkeklasse W4 benyttes (se kapittel 2.2).



Figur 16-16: Veistrekning i Jonsvannsveien, vått dekke

Tabell 16-14 viser resultatene av de beregnede verdier fra målingene i Jonsvannsveien ved våt veibane.

Resultatene viser at luminansnivåene er relativt høye, og at jevnheten er lav. Dette kjennetegner våte veibaner. Refleksjonsegenskapene til dekket blir forandret når veien blir våt. Som vi ser av bildet er den langsgående

jevnheten god, mens jevnheten på tvers av veien er dårlig. Dette er forårsaket av dekkets speiling av lyset. I veinormalen er det reduserte krav til jevnhet ved våt veibane. Kravet er redusert til  $U_{ov} = 0,15$ . Dette kravet er tilfredsstilt i denne undersøkelsen. Den maksimale luminansen er målt til  $23,83 \text{ cd/m}^2$ . Dette er over 7 ganger høyere luminans enn vi har på tørt veidekke. Som vi ser oppstår den høye luminansen som følge av lysets speiling i veidekket.

Speilingen er avhengig av dekkestruktur, som har betydning for hvordan dekket dreneres, dybden i dekkets struktur og hvordan steinene bryter den speilende vannfilmen. Trafikk med sommerdekk har en tendens til å komprimere dekket slik at større andeler av steinmaterialet blir dekket av bitumen; strukturen blir grunnere og mer speilende. Piggdekkbruk gir dekkene egenskaper som lysteknisk sett er gunstige da strukturdybden øker og det blir blottlagt lysere steinpartikler som bryter vannfilmen. Det har imidlertid vist seg at det er vanskelig å finne noen tydelig sammenheng mellom dekkets egenskaper i tørr tilstand og dets W-klasse, men de fleste dekker er mer eller mindre speilende i våt tilstand [6].

Tabell 16-14: Resultater av beregnede verdier for områdeluminans og områdejevnhet

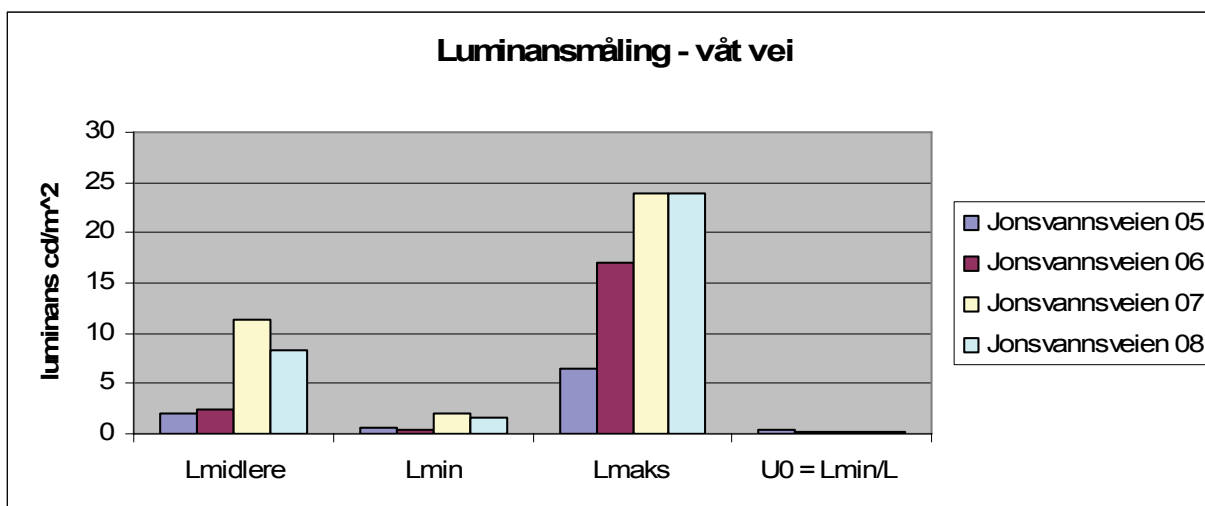
Beskrivelse	Luminansmåling [ $\text{cd/m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	Min - $L_{\text{min}}$	Maks - $L_{\text{maks}}$	$U_0 = L_{\text{min}}/L$
Jonsvannsveien 05	1,998	0,6439	6,507	0,322
Jonsvannsveien 06	2,514	0,4947	17,07	0,197
Jonsvannsveien 07	11,27	2,086	23,83	0,1851
Jonsvannsveien 08	8,346	1,664	23,83	0,1994

Tabell 16-14 viser resultater av beregnede verdier for langsgående luminans og langsgående jevnhet. Disse verdiene er i likhet med verdiene i Tabell 16-14 høye. Særlig den midlere luminansen i måling 07.

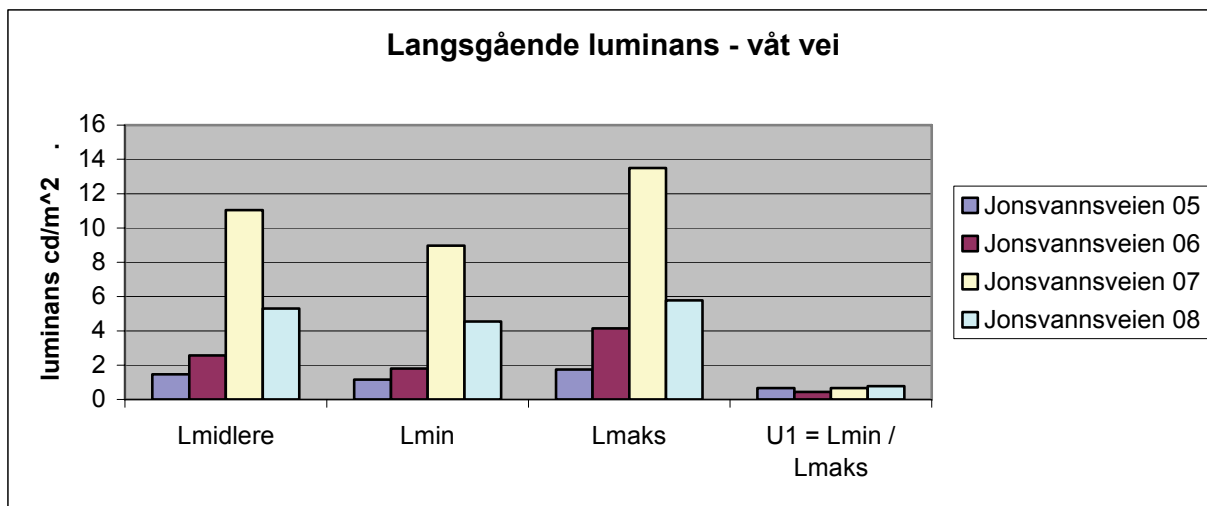
Tabell 16-15: Resultater av beregnede verdier for langsgående luminans og langsgående jevnhet

Beskrivelse	langsgående luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_1 = L_{\text{min}} / L_{\text{maks}}$
Jonsvannsveien 05	1,458	1,165	1,755	0,664
Jonsvannsveien 06	2,559	1,812	4,147	0,437
Jonsvannsveien 07	11,04	8,971	13,5	0,665
Jonsvannsveien 08	5,311	4,541	5,775	0,786

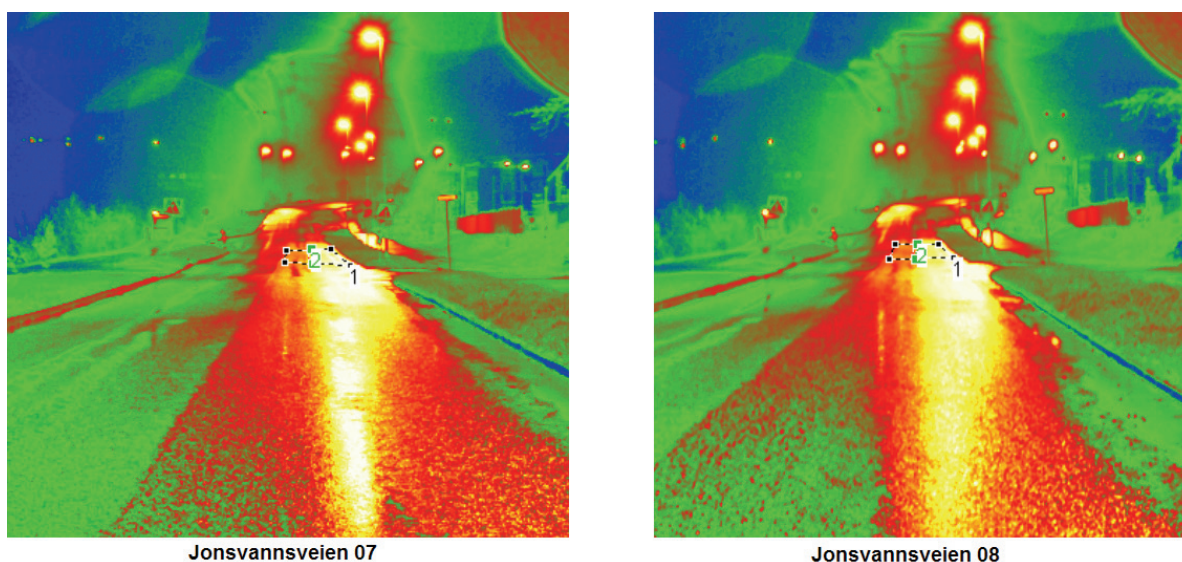
Av målingene er måling 05 og 06 måleområder på motsatt side av masteplasseringen, mens måleområdet 07 og 08 er måleområder på samme side som masteplasseringen. Dette kan sees/forståes av Figur 16-17 og Figur 16-18, da området 07 og 08 har de høyeste luminansverdiene. Det som skiller måling 05 fra måling 06, og måling 07 fra måling 08 er plassering av fotokamera/observasjonsposisjon. Ved måling 05 og 07 er fotokamera plassert  $\frac{3}{4}$  til høyre fra kjørefeltets venstre veiskulder, mens i måling 06 og 08 er fotokamera plassert midt i kjørefeltet. Måleområdet 05 er likt 06, og måleområdet 07 er likt 08. Se Figur 16-19. Det er usikkert hvorfor det blir stort avvik i resultatene mellom 05/06 og 07/08. Men det er klart observasjonsposisjonen er av betydning.



Figur 16-17: Områdeluminans og områdejevnhet for målinger i Jonsvannsveien – våt vei



Figur 16-18: Langsgående luminans og langsgående jevnhet for målinger i Jonsvannsveien – våt vei



Figur 16-19: Observasjonsposisjonen er endret fra måling 07 til måling 08. Vi ser at vi har flyttet oss fra å stå i venstre side av kjørefeltet til å stå midt i kjørefeltet.

### 16.4.2 Gammel veinormal

Veilyset langs Jonsvannsveien er dimensjonert etter en eldre veinormal. Etter den gamle veinormalen vil jeg anslå at Jonsvannsveien mot Vikelvveien er en samlevei i middels tett bebyggelse – S 2 (fartsgrense = 60 km/h). ÅDT for veien er oppgitt av Trondheim kommune til å være 1900. Går vi inn i tabell 2.2 under kapitelet om veinormalen ser vi da at midlere luminansnivå skal være minimum  $1 \text{ cd/m}^2$ . Det vil si at kravet til luminansnivå er det samme ved den gamle veinormalen, som det er i den nye veinormalen.

## 16.5 Loholt allé

I denne lystekniske undersøkelsen ser vi på et anlegg hvor det er benyttet armaturer med merkeeffekter på 150 W. Masteplasseringen er ensidig, mastehøyden er oppgitt til å være 8 meter, u-formet, og masteavstanden er 40 meter. Se vedlegg D5 for bilder og kapittel 7 for beskrivelse av målepunkt.

I denne undersøkelsen er det gjennomført målinger ved både tørr- og våt veibane. Det er gjennomført 4 målinger i hvert tilfelle. Ved tørr veibane er det to målinger av områdeluminans, og to målinger av langsgående luminans. I undersøkelsen ved våt vei, er det ikke tatt hensyn til observasjonspunkt, og områdeluminans og langsgående luminans er beregnet i samme målebildet. Dette er ikke 100 % korrekt fremgangsmåte, men den blir vurdert som god nok i dette tilfelle.

Tabell 16-16 og Tabell 16-17 viser veiteknisk informasjon om forholdene rundt måleområdene. Samme informasjon gjelder for tørr og våt vei om vi tar høyde for dekkeklassene som blir forskjellig.

### 16.5.1 Ny veinormal

Tabell 16-16: Veiteknisk informasjon for veilyskursen i Loholt allé

Beskrivelse	Vei			
	ÅDT	Belysningsklasse	Krav til midlere luminans	Dekkeklasse
Loholt allé 01/05	3100	MEW 3	1,0	C1/W4
Loholt allé 02/06	3100	MEW 3	1,0	C1/W4
Loholt allé 03/07	3100	MEW 3	1,0	C1/W4
Loholt allé 04/08	3100	MEW 3	1,0	C1/W4

Tabell 16-17: Informasjon om lyskilde og mast ved veilyskursen i Loholt allé

Beskrivelse	Lyskilde		Mast		
	Type	Effekt [W]	Høyde [m]	Avstand [m]	Plassering
Loholt allé 01/05	Høytrykk natrium	150	8	40	samme side
Loholt allé 02/06	Høytrykk natrium	150	8	40	samme side
Loholt allé 03/07	Høytrykk natrium	150	8	40	motsatt side
Loholt allé 04/08	Høytrykk natrium	150	8	40	motsatt side

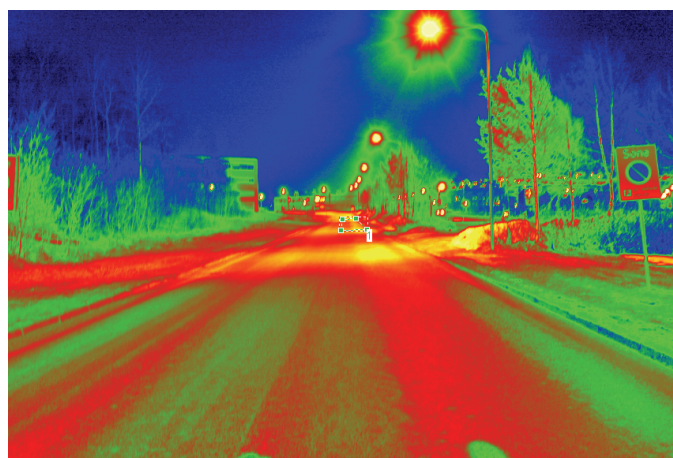


## Tørr veibane

Veidekket i kjørebane var tørt og lyst (dekkeklasse C1) i begge kjøreretninger.



Figur 16-20: Veistrekningen som er undersøkt i Loholt allé



Figur 16-21: Luminansberegningsbilde generert i LMK2000

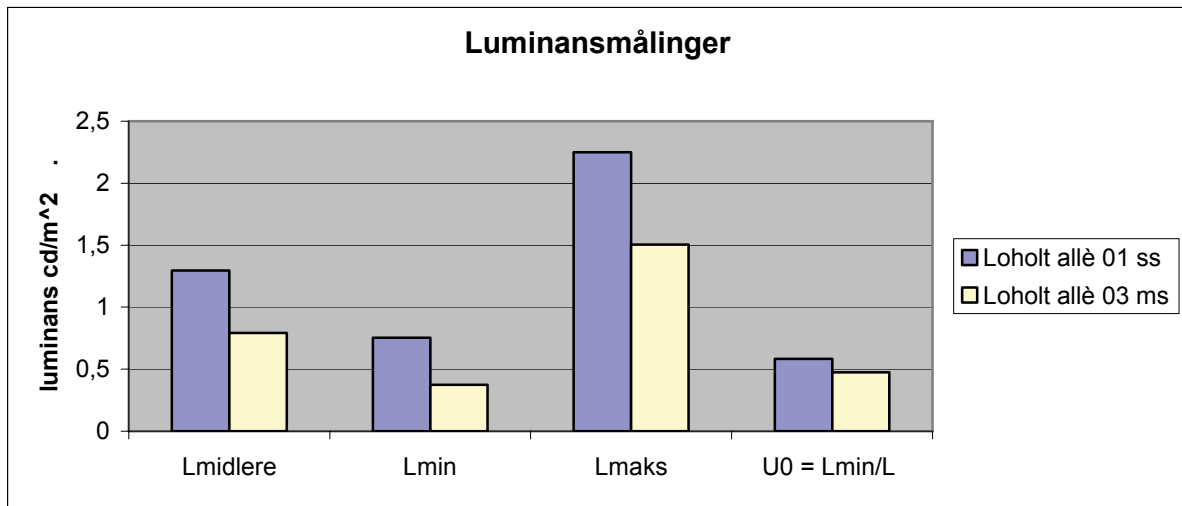
Tabell 16-18 viser resultater fra undersøkelsen. Den midlere luminansen er høyere enn planleggingskravet i det ene kjørefeltet (kjørefeltet nærmest mastene), men ligger lavere enn planleggingskravet i det andre kjørefeltet. Jevnhetene tilfredsstiller minimumsverdien (0,4) i planleggingskravet. I den langsgående luminansmålingen er den langsgående jevnheten for dårlig i forhold til minimumsverdien (0,6) i planleggingskravet.

Tabell 16-18: Resultater fra luminansmåling og langsgående luminansmåling i Loholt allé

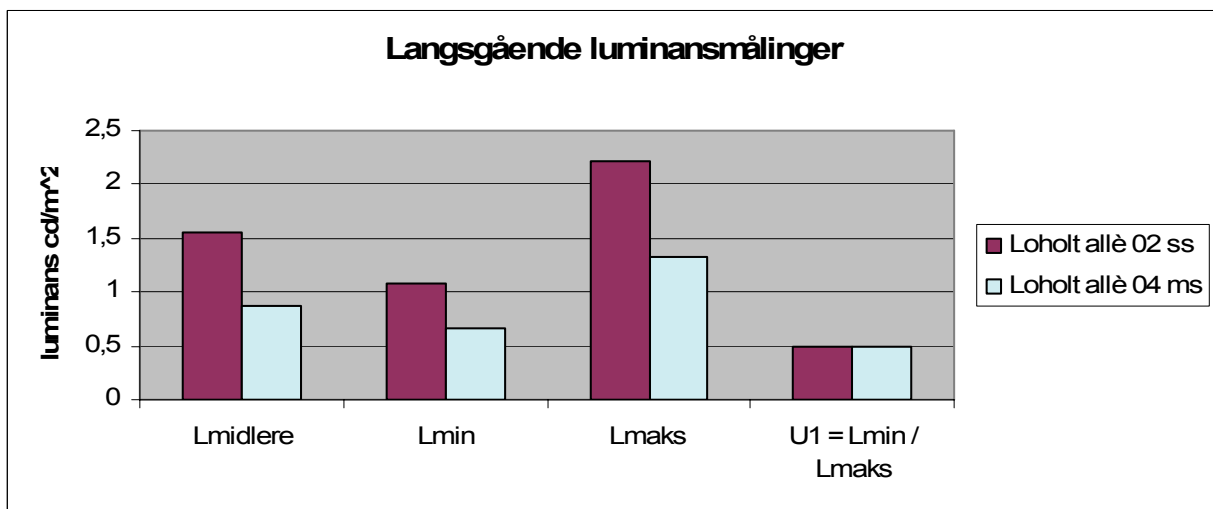
Beskrivelse	Luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_0 = L_{\text{min}}/L$
Loholt allè 01	1,294	0,7537	2,25	0,582
Loholt allè 02				
Loholt allè 03	0,7911	0,3752	1,503	0,4743
Loholt allè 04				

Beskrivelse	Langsgående luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_1 = L_{\text{min}} / L_{\text{maks}}$
Loholt allè 01				
Loholt allè 02	1,559	1,081	2,218	0,487
Loholt allè 03				
Loholt allè 04	0,8642	0,6597	1,327	0,497

Figur 16-22 og Figur 16-23 viser at luminansnivåene er bedre på kjørefeltet som ligger på samme side som masteplasseringen. Jevnhetene er så å si like, og uavhengige av masteplasseringen.



Figur 16-22: Et stolpediagram som indikerer luminansmålinger og jevnhet ved undersøkelsen i Loholt allè



Figur 16-23: Et stolpediagram som indikerer langsgående luminansmålinger og langsgående jevnhet i Loholt allè

### Våt veibane

Veidekket i kjørebane er vått og speilende. Veinormalen sier at for beskrivelse av dekket i våt tilstand skal dekkeklasse W4 benyttes (se kapittel 2.2).

Tabell 16-19 viser resultater fra målingene gjennomført i Loholt allé ved vått veidekke. Til sammenlikning med tørt veidekke er luminansen generelt høyere. Både den midlere-, minimums- og maksimumsluminansen er høyere.

Veidekket har fått en generelt høyere middelluminans som følge av de endrede speilingsegenskapene. Ser vi på

jevnheten er denne blitt dårligere. Det er særlig fordi speiling fører til at områder på tvers av

veien i forhold til armaturen vil reflektere lite lys i retning av trafikanten. I veinormalen er det reduserte krav til jevnhet ved våt veibane. Kravet er redusert til  $U_{ov} = 0,15$ . Dette kravet er tilfredsstillt i denne undersøkelsen.



Figur 16-24: Veistrekning i Loholt allé, våt veibane

Tabell 16-19: Resultater av beregnede verdier for områdeluminans og områdejevnhet

Beskrivelse	Luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	Min - $L_{\text{min}}$	Maks - $L_{\text{maks}}$	$U_{ov} = L_{\text{min}}/L$
Loholt allè 05	3,214	1,146	7,123	0,357
Loholt allè 06	3,334	1,131	7,868	0,339
Loholt allè 07	1,091	0,2856	4,042	0,262
Loholt allè 08	1,235	0,268	5,853	0,217

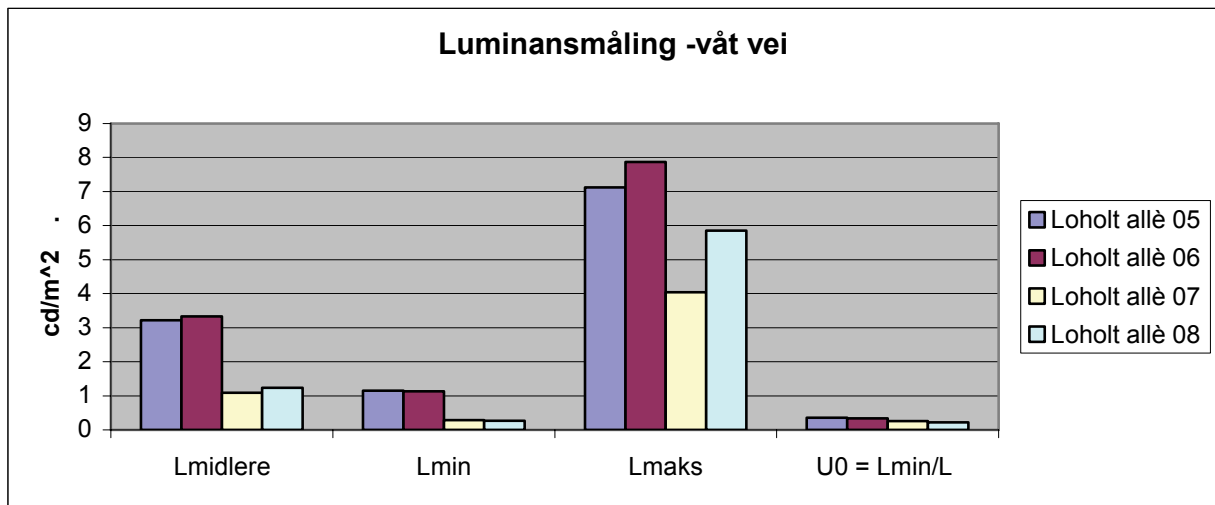
Tabell 16-20 viser resultater fra de langsgående luminansmålinger og den beregnede langsgående jevnheten. I dette tilfeller er det ingen nye eller reduserte krav presentert i veinormalen. Vi ser samme trend i de langsgående resultatene som i områderesultatene med tanke på forskjeller mellom våt og tørr vei. Luminansverdiene er høyere, mens jevnheten er lavere.

Tabell 16-20: Resultater av beregnede verdier for langsgående luminans og langsgående jevnhet

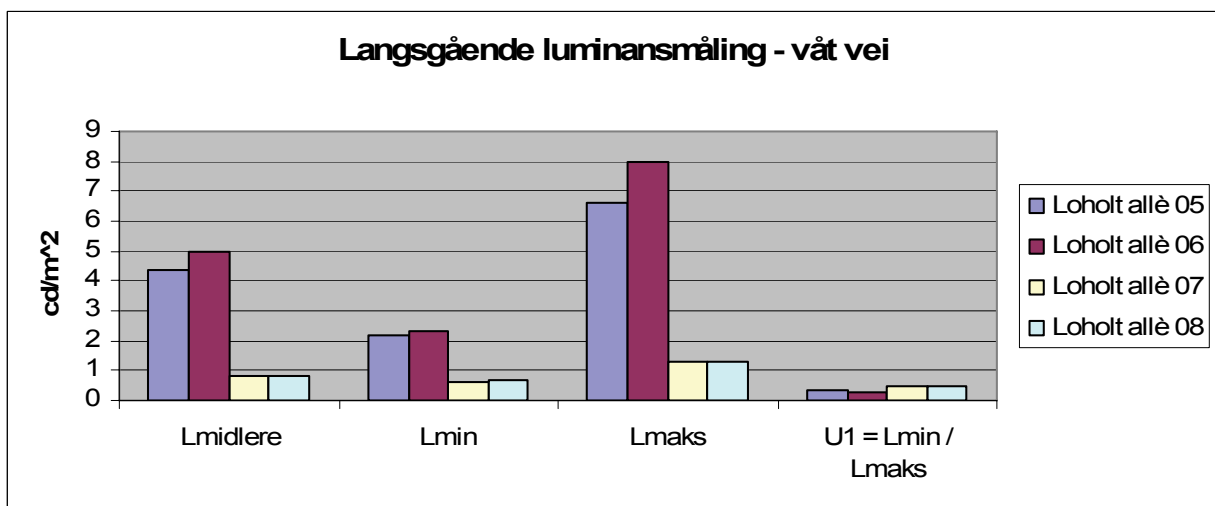
Beskrivelse	langsgående luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_1 = L_{\text{min}} / L_{\text{maks}}$
Loholt allè 05	4,394	2,201	6,608	0,333
Loholt allè 06	4,967	2,317	7,966	0,291
Loholt allè 07	0,8149	0,6061	1,295	0,468
Loholt allè 08	0,8287	0,6542	1,307	0,501

Figur 16-22 og Figur 16-25 viser verdiene fra Tabell 16-19 presentert i et stolpediagram. Her kommer det igjen klart frem hvordan masteplasseringen påvirker resultatene. Måling 05 og 06 er fra kjørefeltet nærmest mastene, mens måling 07 og 08 er fra kjørefeltet på motsatt side av

mastene. Figuren viser også tydelig at luminansverdiene er høyere enn i Figur 16-22 der veibanen er tørr.



Figur 16-25: Områdeluminans og områdejevnhet for målinger i Loholt allé – våt vei



Figur 16-26: Langsgående luminans og langsgående jevnhet for målinger i Loholt allé – våt vei

Figur 16-26 viser igjen forskjellene mellom kjørefeltene der måling 05 og 06 er på samme side som masteplasseringen, og måling 07 og 08 er på motsatt side av masteplasseringen. Sammenligner vi med Figur 16-23 ser at forskjellene mellom kjørefeltene er blitt større. Ved vått veidekke vil jevnheten på tvers av veien bli dårligere. Luminansforskjellene kan bli store.

### 16.5.2 Gammel veinormal

Veilyset langs Loholt Allé er dimensjonert etter en eldre veinormal. Etter den gamle veinormalen vil jeg anslå at Loholt allé er en samlevei i middels tett bebyggelse – S2 (fartsgrense = 50 km/h). ÅDT for veien er oppgitt av Trondheim kommune til å være 3100. Går vi inn i tabell 2.2 under kapitelet om veinormalen ser vi da at midlere luminansnivå skal

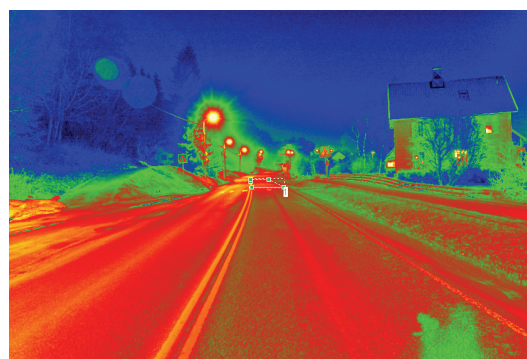
være minimum  $1 \text{ cd/m}^2$ . Det vil si at kravet til luminansnivå er det samme ved den gamle veinormalen, som i den nye veinormalen.

## 16.6 Osloveien

Veilyset i Osloveien tilhører Statens vegvesen siden dette er en riksvei (RV 715). Dette var ikke kjent da undersøkelsen ble gjennomført. Av den grunn finnes det ikke informasjon om veilyset for denne veistrekningen i TEV's oversikt. Likevel kan følgende informasjon antas: Mastehøyden er 8 meter, rette trestolper, og masteavstanden er 40 meter. Armatureffekten er mest sannsynlig på 150 W og lyskildetype er høytrykknatrium. Maste plasseringen er ensidig og det er gjennomført en luminansmåling i hvert kjørefelt og en langsgående luminansmåling i hvert kjørefelt. I denne undersøkelsen er det tatt egen måling for de langsgående luminanser med observasjonspunktet midt i kjørefeltet i stede for  $\frac{3}{4}$  dels avstand fra høyere veiskulder. Det er ikke gjennomført elektrotekniske målinger ved denne undersøkelsen, så spenningsnivået er ikke kjent og det er en usikkerhet ved forkoblingstypen.



Figur 16-27: Fotografi, Osloveien 01



Figur 16-28: Luminansbilde, Osloveien 01

Veidekket i kjørebane var tørt og lyst (dekkeklasse C1) i begge kjøreretninger.

ÅDT er oppgitt av Statens vegvesen til å være 12100 (se vedlegg D6).

### 16.6.1 Ny veinormal

Tabell 16-21: Veiteknisk informasjon for veilyskursen i Osloveien

Beskrivelse	Vei			
	ÅDT	Belysningsklasse	Krav til midlere luminans	Dekkeklasse
Osloveien 01	12 100	MEW 2	1,5	C1
Osloveien 02	12 100	MEW 2	1,5	C1
Osloveien 03	12 100	MEW 2	1,5	C1
Osloveien 04	12 100	MEW 2	1,5	C1

Tabell 16-22: Informasjon om lyskilde og mast ved veilyskursen i Osloveien

Beskrivelse	Lyskilde		Mast		
	Type	Effekt [W]	Høyde [m]	Avstand [m]	Plassering
Osloveien 01	Høytrykk natrium	150	8	40	motsatt side
Osloveien 02	Høytrykk natrium	150	8	40	motsatt side
Osloveien 03	Høytrykk natrium	150	8	40	samme side
Osloveien 04	Høytrykk natrium	150	8	40	samme side

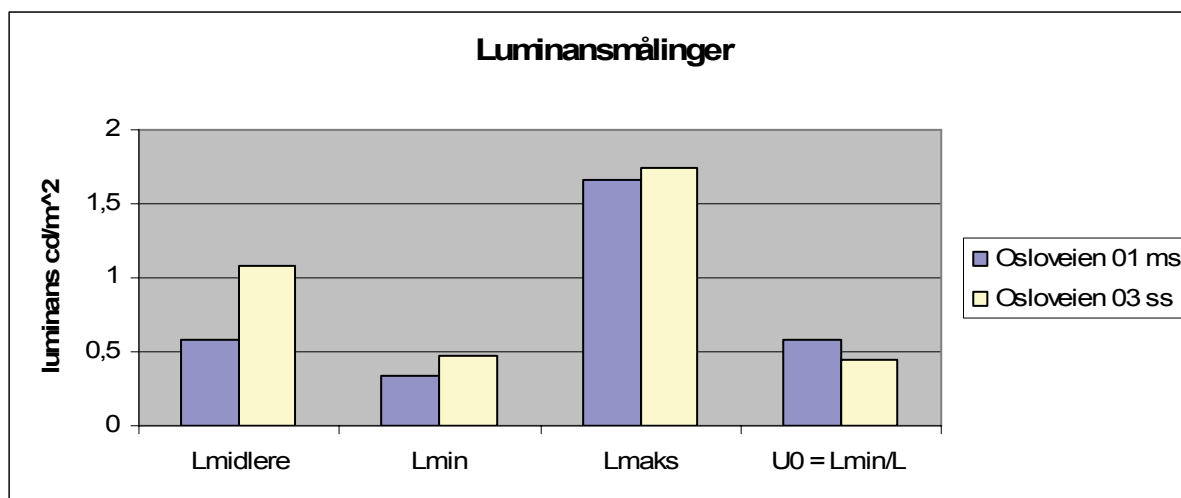


Tabell 16.23 viser resultatene fra undersøkelsen. Begge måleområdene har lavere midlere luminansnivå enn minimumsnivået i planleggingskravet fra Statens vegvesen. Måleområdet 03 kommer likevel best ut der masteplasseringen er på samme side,  $L_{\text{midlere}} = 1,078$ . Måleområdet 01 er på motsatt side av masteplasseringen og har  $L_{\text{midlere}} = 0,5837$ .

Tabell 16-23: Resultater fra luminansmåling og langsgående luminansmåling i Osloveien

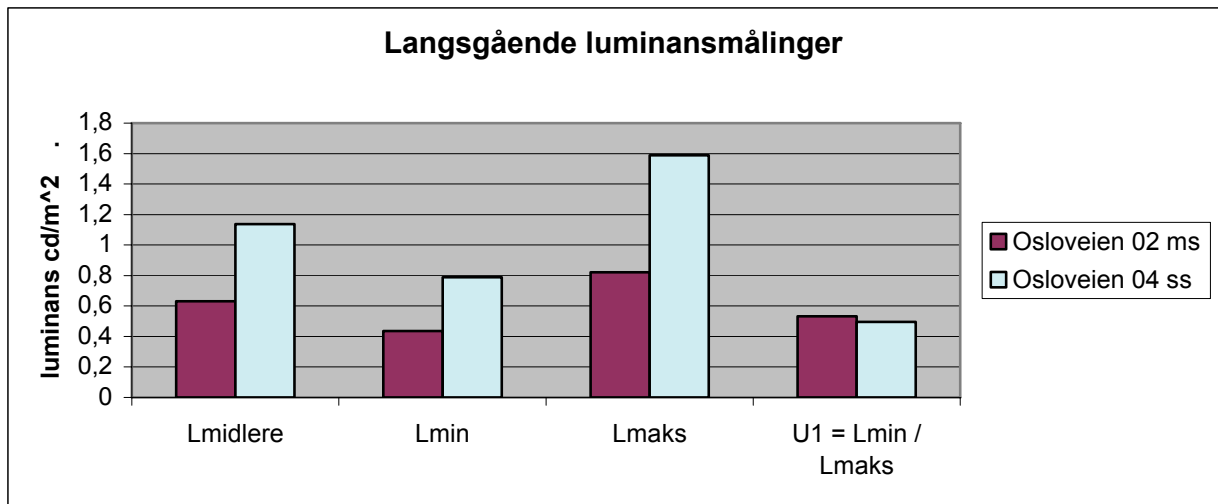
Beskrivelse	Luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_0 = L_{\text{min}}/L$
Osloveien 01	0,5837	0,3391	1,668	0,581
Osloveien 02				
Osloveien 03	1,078	0,4736	1,748	0,4393
Osloveien 04				

Beskrivelse	Langsgående luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_1 = L_{\text{min}} / L_{\text{maks}}$
Osloveien 01				
Osloveien 02	0,631	0,4364	0,8213	0,531
Osloveien 03				
Osloveien 04	1,137	0,7882	1,588	0,496



Figur 16-29: Et stolpediagram som indikerer luminansmålingene og jevnhet ved undersøkelsen i Osloveien

Figur 16-29 og Figur 16-30 viser luminansmålinger og de langsgående luminansmålinger, samt beregnede jevnheter i undersøkelsen. Vi ser at luminansnivået i måleområdet 03, på samme side som masteplasseringen, er høyest. Jevnheten er derimot høyest i måleområdet 01. Det kan også kommenteres at forskjellen på det maksimale luminansnivået, og det minimale luminansnivået, i de to områdene er liten. Likevel får vi en større forskjell i det midlere luminansnivået.



**Figur 16-30:** Et stolpediagram som indikerer langsgående luminansmålinger og langsgående jevnhet i Osloveien

### 16.6.2 Gammel veinormal

Veilyset langs Osloveien er dimensjonert etter en eldre veinormal. Etter den gamle veinormalen vil jeg anslå at Osloveien er en hovedvei i middels tett bebyggelse – H2 (fartsgrense = 60 km/h). ÅDT for veien er oppgitt av Statens vegvesen, som har ansvaret for denne veien i og med det er en riksvei, til å være 12100. Går vi inn i tabell 2-2 under kapitlet om veinormalen ser vi da at midlere luminansnivå skal være mellom 1 og 2  $\text{cd/m}^2$ . Det vil si at luminanskravet er i samme området, men mer fleksibelt enn det er ved den nye veinormalen, der kravet er 1,5  $\text{cd/m}^2$ .

Av målingene som er gjennomført i Osloveien er det funnet en midlere luminans lik 0,5837  $\text{cd/m}^2$  og 1,078  $\text{cd/m}^2$ . Måling 03 vil da tilfredsstille kravet, mens måling 01 har for lav verdi.



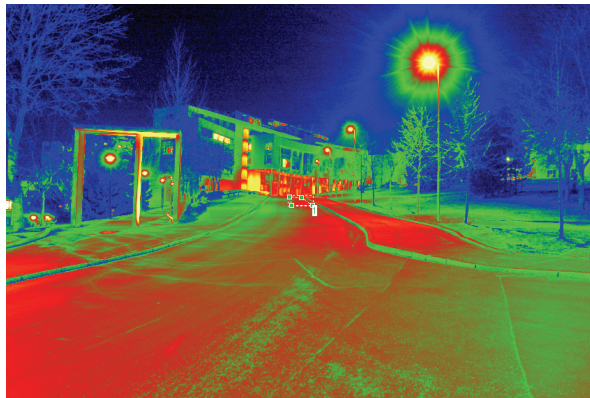
## 16.7 Testanlegg

I Testanlegget ved NTNU er det gjennomført en lysteknisk undersøkelse. Anlegget består av høytrykknatriumslamper og metallhalogenlamper med merkeeffekter på 150 W. Måleområdet befinner seg mellom en høytrykknatriumslampe (nærmest) og en metallhalogenlampe.

Mastehøyden er 8 meter og masteavstanden er 40 meter. I dette anlegget er armaturene levert av Philips og det er benyttet elektroniske forkoblinger.



Figur 16-31: Fotografi, testanlegg 01



Figur 16-32: Luminansberegningsbilde, testanlegg 01

Veidekket i kjørebanelen var tørt og lyst (dekkeklasse C1) i begge kjøreretninger.

Tabell 16-24: Veiteknisk informasjon ved testanlegget ved NTNU

Beskrivelse	Vei			
	ÅDT	Belysningsklasse	Krav til midlere luminans	Dekkeklasse
Testanlegg 01	< 1 500	MEW 4	0,75	C1

Tabell 16-25: Informasjon om lyskilde og mast ved undersøkelsen ved testanlegget ved NTNU

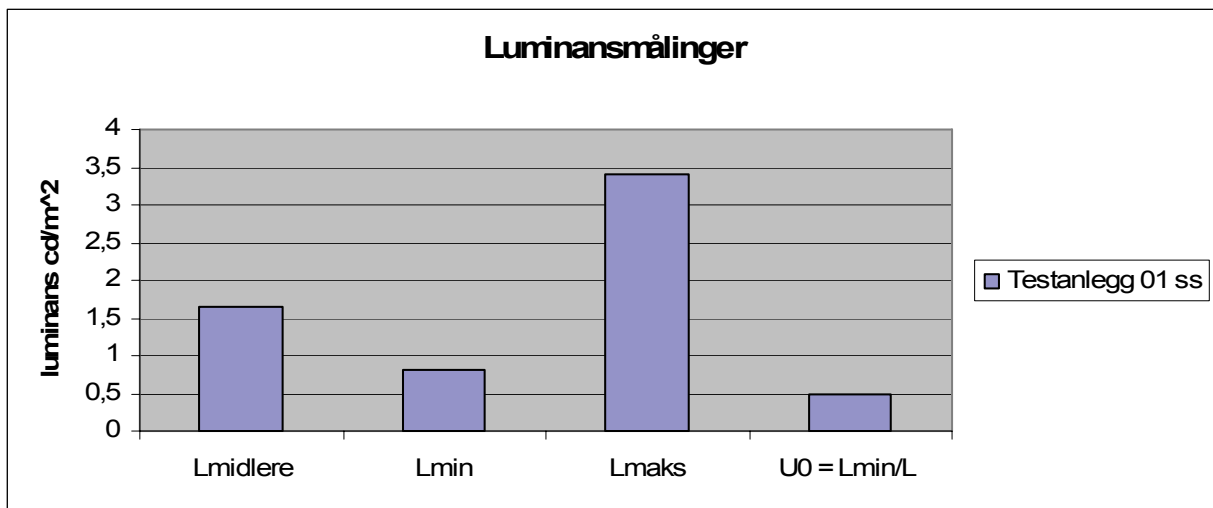
Beskrivelse	Lyskilde		Mast		
	Type	Effekt [W]	Høyde [m]	Avstand [m]	Plassering
Testanlegg 01	Høytrykk natrium	150	8	40	samme side

I tabell 16-26 ser vi resultater fra undersøkelsen. Den midlere luminansen er svært god, jevnheten er god, men verdien for den langsgående jevnheten er lav. Ved denne veiklassen, MEW 4, er det ingen krav til langsgående jevnhet fra Statens vegvesen.

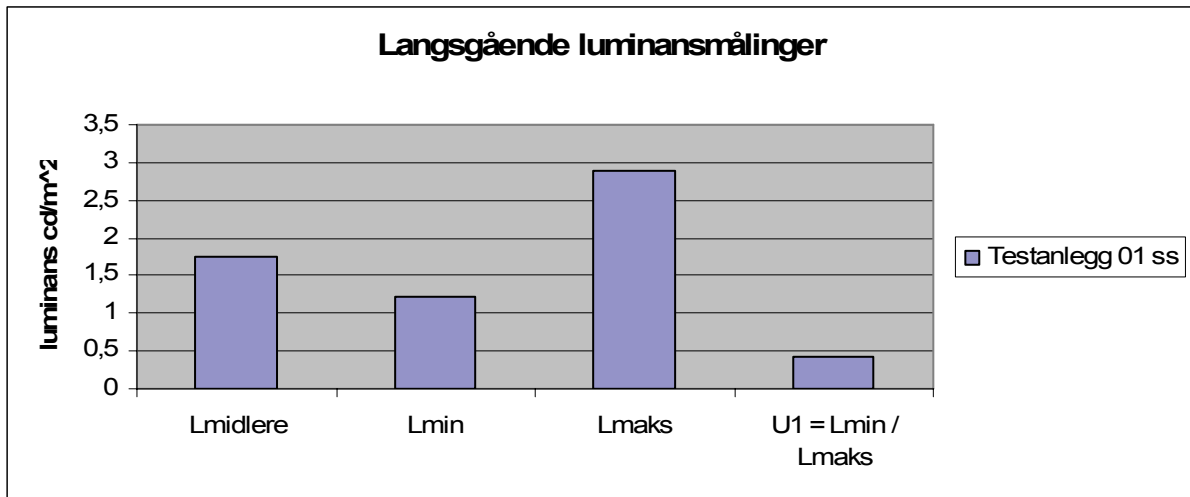
Tabell 16-26: Resultater fra luminansmåling og langsgående luminansmåling ved testanlegget ved NTNU

Beskrivelse	Luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_0 = L_{\text{min}}/L$
Testanlegg 01	1,661	0,7981	3,392	0,480

Beskrivelse	Langsgående luminansmåling [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]			
	$L_{\text{midlere}}$	$L_{\text{min}}$	$L_{\text{maks}}$	$U_1 = L_{\text{min}} / L_{\text{maks}}$
Testanlegg 01	1,755	1,217	2,892	0,421



Figur 16-33: Et stolpediagram som indikerer luminansmålingene og jevnhet ved undersøkelsen ved testanlegget ved NTNU



Figur 16-34: Et stolpediagram som indikerer langsgående luminansmåling og langsgående jevnhet ved testanlegget ved NTNU



## 17 FORSLAG TIL STYRING AV VEILYS I TRONDHEIM

Påliteligheten til veilyset i Trondheim skal vurderes og et forslag til økt pålitelighet skal fremlegges.

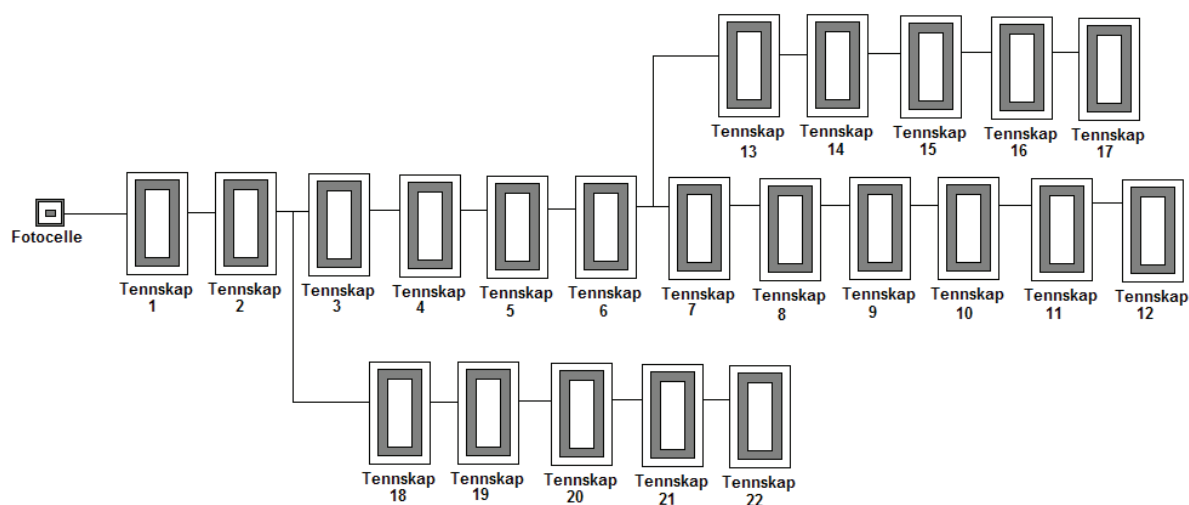
### 17.1 Dagens styresystem

Dagens styresystem for veilyset i Trondheim bygger på en strategi hvor et fåtall fotoceller skal sende av/på kommando til de ca 1 100 tennskapene som står spredt rundt i anlegget.

Styresignalet blir generert av en fotocelle. Denne fotocellen styrer kontakturen i det første tennskapet. Deretter følger styresignalet som nå er lavspent 230 V (PFSP 10 mm<sup>2</sup> Cu) veilyskursen til neste tennskap. Noen ganger går styresignalet på egen kabel mellom skapene, og andre ganger på kabel med belastning. Se kapittel X, kontaktorstyring. Styresignalet fører en spenning frem til neste tennskap. Kontakturen i dette tennskapet kobler inn frisk spenning til neste veilyskurs når den mottar spennings-signalet. Slik spres signalet utover i anlegget, og anlegget får en enhetlig tenning. Det er ikke hensiktsmessig å tenne hele anlegget momentant, fordi dette vil skape spenningsfall i nettet. Det er derfor gunstig å benytte forsinkelser ved noen av kontaktorene.

Hensikten med systemet er å få samtidig tenning og slukking av veilyset over et større område og å begrense antall fotoceller. Fotoceller er relativt sett en utsatt komponent (overspenning, aldring).

Problemer med denne strategien oppstår når det blir brudd/feil med styresignalet. Styresignalet blir ført som elektrisk signal i en leder fra fotoceller og ut i anlegget. Jo lenger avstanden blir mellom fotocelle og tennskap, jo større sannsynlighet blir det for feil ved tenning/slukking av kursen ved dette tennskapet. Hovedårsaken til feil, eller at deler av anlegget ikke blir tent, skyldes i følge TEV brudd på styreleder i sammenheng med gravearbeid. Blir store deler av anlegget styrt av en fotocelle, som det blir her i Trondheim, er anlegget sårbart i nærheten av denne fotocellen. Blir styresignalet brutt ved fotocellen vil alle tennskap som skal styres på signal fra denne ene fotocellen være ute av drift.



Figur 17-1: Fotocelle som styrer mange tennskap

Figur 17-1 viser et bilde på hvordan det kan se ut. Vi ser her at om det blir brudd på styresignalet rett etter fotocellen, vil mange kurser være ute av drift. Det kan tenkes at dette systemet er mye større med flere avgreininger. At systemet ekspanderer utover og at styresignalet går videre ut fra tennskap 17, 12 og 22.

## 17.2 Forslag til ny styrestrategi for veilysanlegget i Trondheim

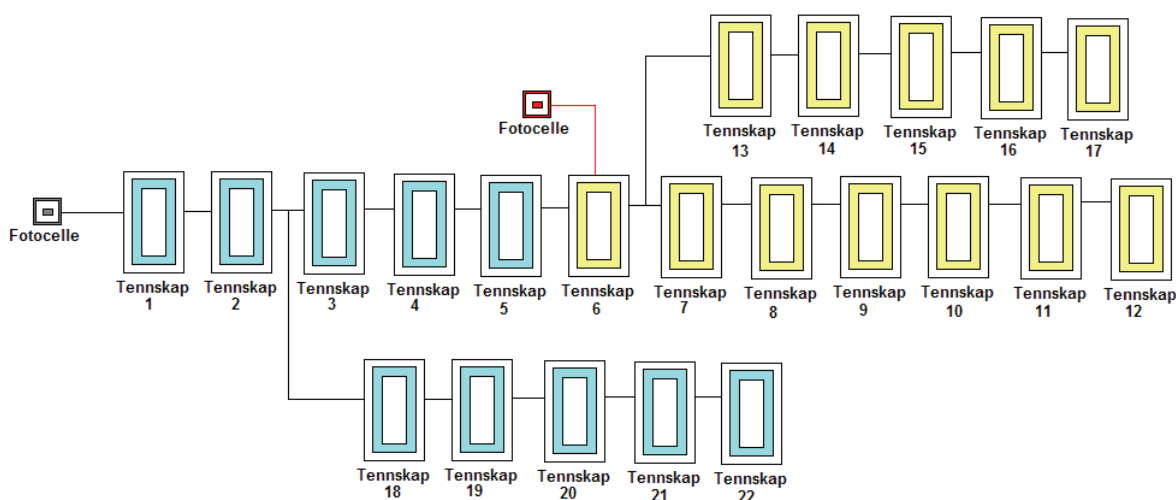
Hensikten med å komme med en ny styrestrategi for veilyset i Trondheim er å bedre påliteligheten. Anlegget er relativt omfattende med ca 1 100 tennskap som er avhengig av et styresignal for å tenne og slukke veilyset. Å totalendre et slikt system er svært ressurskrevende. Det er derfor ønskelig å beholde hovedstrukturene ved det eksisterende systemet. Utfordringen blir dermed å videreutvikle systemet.

Som nevnt i teksten over oppstår det stor sårbarhet i det eksisterende styresystemet som følge av at kun en fotocelle styrer et for stort område. Det er usikkert hvor mange tennskap denne fotocellen styrer og hvor mange fotoceller det er i anlegget totalt.

### 17.2.1 Løsning

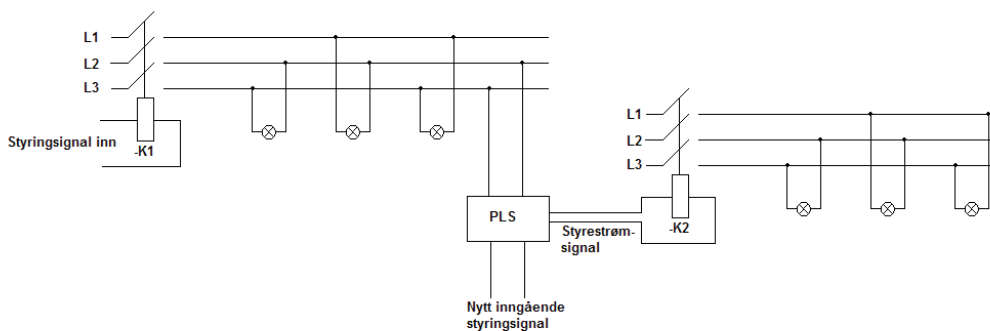
For å øke påliteligheten i veilysanlegget i Trondheim bør det implementeres flere styresignalettere (foceller/astronomiske ur/luminansmeter) i systemet. Konsekvensene ved feil/brudd på styresignalet bør minimaliseres.

Tar vi utgangspunkt i Figur 17-1 ser vi at et brudd i styresignalet mellom fotocelle og tennskap 1 vil føre til at hele styringen til hele anlegget faller ut. Sannsynligheten for feil ved tenning som følge av brudd i styresignalet øker derfor utover i kursen. Tennskap 12 har den høyeste sannsynligheten for utfall ved feil med styresignalet.



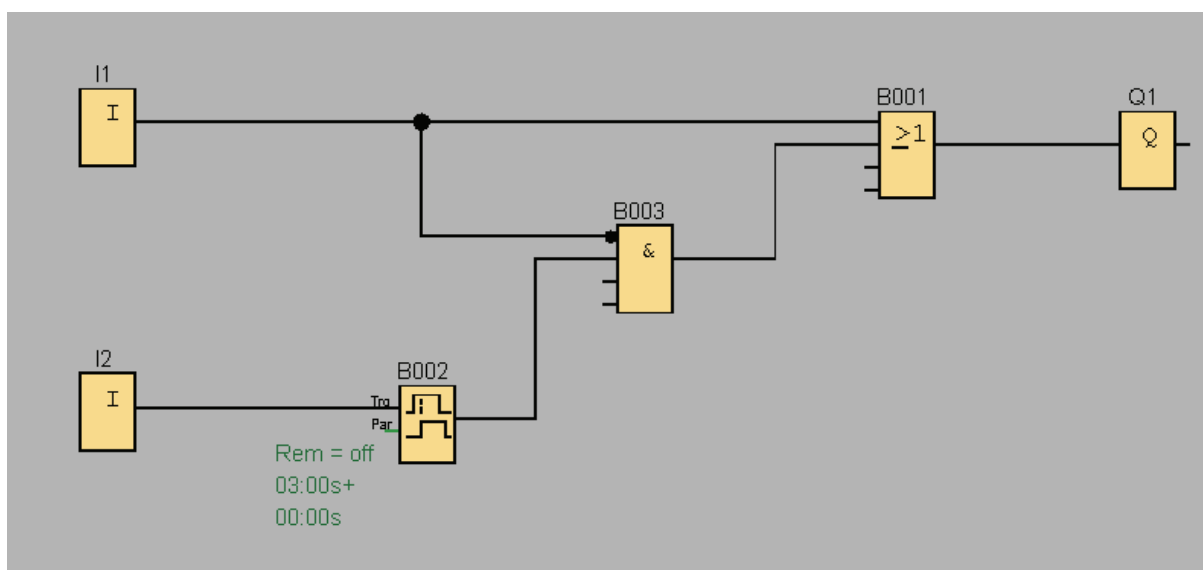
Figur 17-2: Figuren viser det samme anlegget som Figur 17-1, men her er det satt inn en ekstra fotocelle ved tennskap 6.

For å redusere sårbarheten og øke påliteligheten i dette eksempelet skal vi implementere en fotocelle i anlegget, se Figur 17-2. Denne fotocellen bør plasseres på et hensiktsmessig punkt i systemet. Ved tennskap 6 settes det inn en ekstra fotocelle. Dette vil skape redundans for tennskap 7 – 17.



**Figur 17-3: Kontaktorstyring med implementering av nytt styresignal**

I Figur 17-3 kan vi tenke oss at kontaktor K1 tilhører tennskap 5 fra Figur 17-1 og Figur 17-2, og kontaktor K2 tilhører tennskap 6. Vi ser av prinsippskissa en PLS med to inngående signaler, og et utgående signal. I PLS'en kan det lages et funksjonsdiagram som bestemmer hvordan signalene skal behandles. Her er et eksempel på hvordan det kan gjøres:



**Figur 17-4: Funksjonsdiagram for PLS styring av veilysets styresignal**

I Figur 17-4 vises de logiske blokkene som er satt sammen i funksjonsdiagrammet for styring av veilyset. Inngang I1 er styresignalet fra fotocella som har prioritet 1, mens inngang I2 er styresignal fra fotocelle med prioritet 2. Utgang Q1 er styresignalet for tenning/slukking av

veilyset. Når I1 går høy tennes Q1. Om det blir feil med fotocelle 1, vil fotocelle 2 få betydning. Når fotocelle 2, I2, går høy settes en timerfunksjon i gang. Det er tenkt at timeren skal vente i 15 minutter før den sender ”på signal” til utgangen. Dette for å opprettholde en enhetlig tenning av anlegget. Det vil si at fotocelle 1 skal tenne hele anlegget når systemet fungerer som det skal. Tidsperioden velges fritt. I det tilfelle at det er gått 15 minutter, og fotocelle 1 ikke er slått på, vil fotocelle 2 tenne anlegget. Systemet vurderer fotocelle 1 som ute av drift. Skulle fotocelle 1 tenne etter at anlegget er tent av fotocelle 2, skjer det ingenting. Anlegget slukkes når både fotocelle 1 og fotocelle 2 er gått lav.

Er fotocelle 1 plassert langt unna fotocelle 2 kan lysforholdene på de to plassene være forskjellige. Det kan da velges om man vil benytte fotocelle 2 som den fotocellen med høyest prioritet. Dette vil føre til at veilyset styres mer riktig i forhold til lysforholdene. Ulempen er at det blir en mindre enhetlig tenning av anlegget. Konsekvensene må vurderes opp mot hverandre.

I et anlegg som dette i Trondheim bør det implementeres flere fotoceller. Ut i fra en pålitelighetsanalyse bør det settes opp en oversikt over hvor i anlegget sårbarheten er størst. Det bør gjøres analyser som forteller hvor i anlegget sannsynligheten for feil eller brudd i styresignalet er størst, og plassere fotoceller med tanke på dette. Plasseringen av fotocellene er viktig for å oppnå et pålitelig system.

### **17.2.2 Valg av PLS**

Det finnes mange forskjellige typer PLS'er på markedet. I dette tilfelle skal PLS'en løse en liten oppgave og kravene til PLS'en er ikke omfattende. Derfor bør det velges en enkel og billig PLS som må tåle å stå plassert i et tennskap. PLS'en behøver, som vi ser av Figur 17-3, minimum to innganger. Signalet fra en fotocelle kan kobles til en digital inngang på PLS'en, mens signalet fra et luminansmeter må kobles til en analog inngang om ikke luminansmeteret er utstyrt med en komperator. Dette fordi en fotocelle gir et ”0” eller ”1” signal, mens et luminansmeter ofte er utviklet slik at det gir et spenningsignal eller et strømsignal som funksjon av luminansen. Styresignalet som kommer inn på PLS'en fra det foranliggende nettet (se Figur 17-3) må tilpasses den digitale inngangen. Dette er et 230 V signal. Om det ikke velges en PLS som er laget for 230 V på inngangen må dette 230 V signalet tilpasses inngangsspenningen på PLS'en. Ofte er signal ”0” < 5 V DC, og signal ”1” > 8 V DC.

### **17.2.3 Luminansmeter**

Tradisjonelt benyttes en fotocelle som måler belyningsstyrke eller et ur til å generere av/på signal til styring av veily. Siden veinormalen setter krav til luminansen på veien er det riktigere å benytte et luminansmeter.

Ved å benytte PLS som i eksempelet over kan det benyttes andre typer styresignalsettere. Fotoceller er mest benyttet til styring av veily, og er av den grunn valgt i eksempelet over. Det kunne vært interessant å benytte et luminansmeter i løsningen. Et luminansmeter vil da sende ut et analogt signal til PLS'en som tenner/slukker anlegget ved innstilbare verdier. Luminansmeter er hovedsakelig aktuelle å benytte i anlegg hvor veilyset skal dimmes, men kan også vurderes i en løsning som denne. Luminansmeteret vil kunne tenne og slukke et veilyanlegg til mer nøyaktige tidspunkt, i forhold til kravene, enn en fotocelle. Mange



foceller har dessverre en altfor tungvindt og grov innstilling, slik at en riktig innstilling er meget vanskelig å få til. Luminansmeteret måler luminansen i veibanen. Når den målte luminansen øker, sender luminansen ut et økende spenningsignal. Dette spenningssignalet kan sendes til en PLS analog inngang. PLS'en vil i dette tilfelle ha samme funksjon som kontrolleren i de nye intelligente veilyssystemene. Om det vurderes og benytte luminansmeter bør følgende undersøkes nærmer: 1) Hvor godt fungerer de i anleggene hvor de allerede er i drift? 2) Pris? 3) Hvor mye vedlikehold kreves og hvor stabile de er?



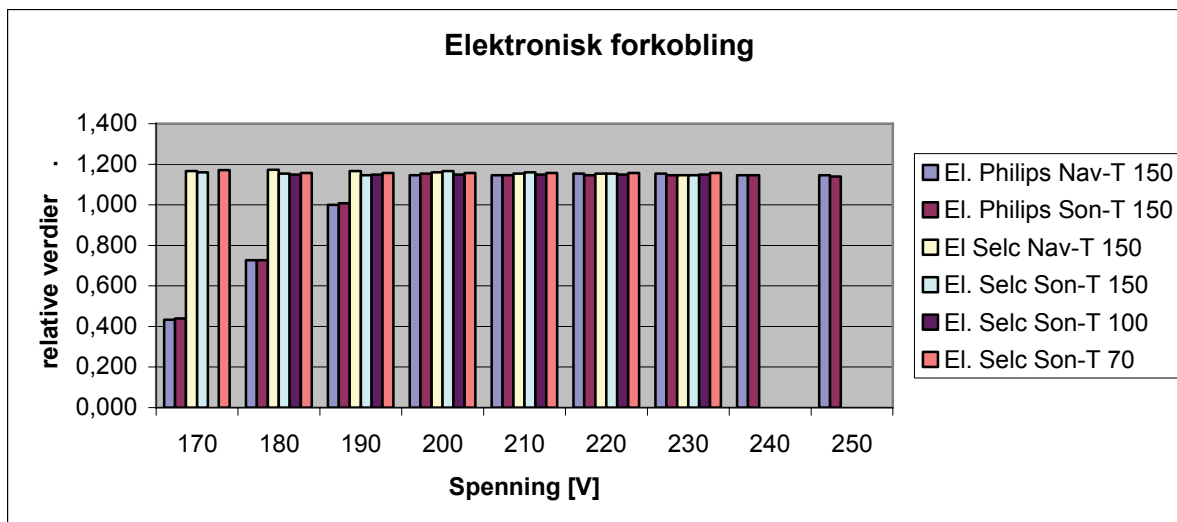
## 18 DISKUSJON

### 18.1 *Laboratorieundersøkelser – elektroniske forkoblinger*

Ved å benytte elektroniske forkoblinger i veilyarmaturer vil den påtrykte spenningen være av mindre betydning i forhold til armaturenes effektforbruk. Resultater fra undersøkelsene i dette prosjektet bekrefter dette i spenningsområdet 200V - 250V. Når den påtrykte spenningen faller under 200 V, har vi fått indikasjoner på at Philips armaturer med elektroniske forkoblinger får redusert effektforbruk og følgelig redusert utsendt lysfluks. Dette skjer ved 100 % pådrag. Reduseres pådraget til 50 % bedres forholdene for armaturen. Armaturen har i dette tilfellet jevnt effektforbruk ned til 180 V påtrykt spenning. Ved 170 V påtrykt spenning blir igjen effektforbruket redusert. Ved 20 % pådrag har armaturen jevnt effektforbruk i hele det uttestede spenningsområdet fra 170 V til 250 V. Armaturer med elektroniske forkoblinger levert av Selc er mindre spenningsavhengige. I målinger vi har gjennomført har ikke disse ballastene/armaturene latt seg affisere av spenningsnivåer i området 170 V – 250 V. Armaturene har jevnt effektforbruk i hele spenningsområdet ved 100 % pådrag, 50 % pådrag og 20 % pådrag. Resultatene indikerer med andre ord at Selc armaturene er mindre spenningsavhengige, og tåler lavere spenninger, enn Philips armaturen. Figur 18-1 viser et diagram der effektforbruket er relatert til merkeeffekt ved påtrykte spenninger fra 170 V til 250 V.

Ved bruk av armaturer med elektroniske forkoblinger er det fordelaktig med et høyt spenningsnivå (max 250 V). I motsetning til armaturer med konvensjonelle forkoblinger der en underspenning kan føre til økt levetid på lamper og lavere effektforbruk (men også da lavere utsendt lysfluks), vil ikke dette gjelde for disse armaturene. Derimot vil tapet i overføringen bli lavere ved høy spenning enn ved lav spenning. Høy spenning gir lavere strømmer i overføringen.

Ved spenninger mellom 200 V og 250 V er alle armaturene stabile og de trekker nærmest lik effekt uavhengig av lampetype (Nav-T eller Son-T). Armaturene trekker i dette spenningsområdet mellom 14 % og 17 % over merkeeffekt. Når spenningen faller under 200 V er det indikasjoner som viser at Selc armaturene begynner å trekke en litt høyere effekt. I vår undersøkelse slukket Selc 100 W armaturen når den påtrykte spenningen ble satt til 170 V. Selc 70 W armaturen trekker 17 % mer enn merkeeffekt ved 170 V.

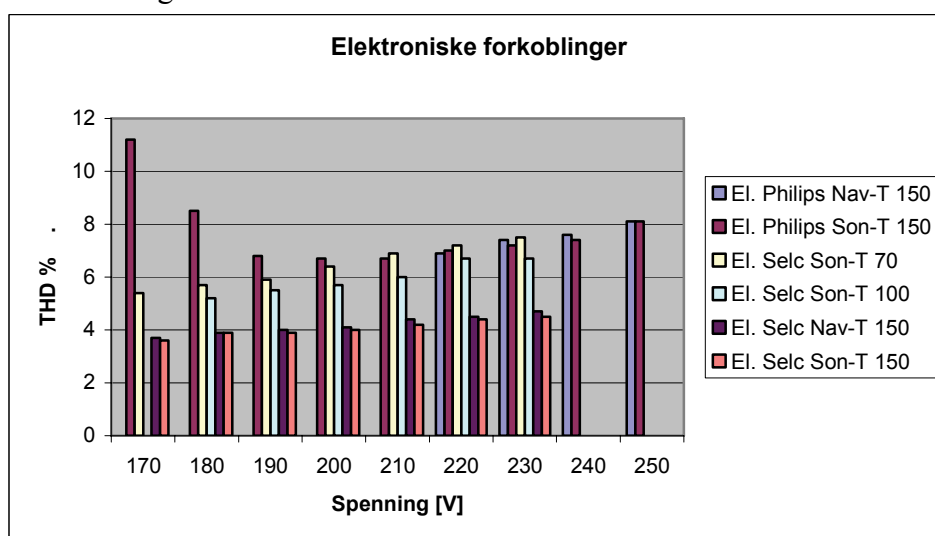


Figur 18-1: Sammenlikning av forholdet mellom % - vis effektforbruk av merkeeffekt og påtrykt spenning for elektroniske forkoblinger

Ut ifra målinger gjennomført på armaturer med elektroniske forkoblinger er det ingen ting som tyder på at det skal være noe forskjell i å benytte Nav-T lampe eller Son-T lampe.

Når vi undersøker hvor mye armaturene støyer på nettet ser vi at de elektroniske forkoblingene oftest har THD verdier under 8 %. Den elektroniske forkoblingen fra Philips får stigende verdi når spenningen går under 190 V. I dette spenningsområdet vet vi fra undersøkelsen at armaturen ikke klarer å opprettholde stabil drift, effekten sank. Dette kan ha påvirkning på THD verdien. Ellers kommer det frem av undersøkelsen at den elektroniske forkoblingen fra Selc på 150 W støyer minst av de testede elektroniske forkoblingene. Her varierer THD verdiene fra 3,7 % til 4,7 %. Det kommer frem, som forventet, at støyforholdet er uavhengig av lampetype. Det er forkoblingenes egenskaper som har påvirkning på støyforholdet.

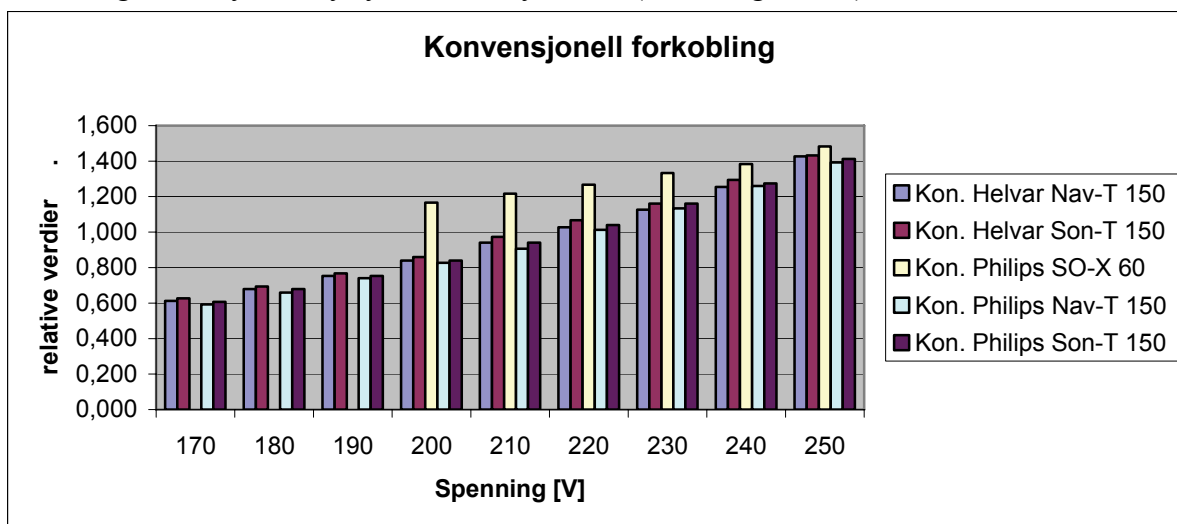
I Figur 18-2 er det satt sammen et oppsummeringsdiagram for THD verdiene til de elektroniske forkoblinger i undersøkelsen.



Figur 18-2: Sammenlikning av THD verdier for de testede elektroniske forkoblinger

## 18.2 Laboratorieundersøkelser – Konvensjonell forkobling

Ved laboratoriemålinger av veilyarmaturer er det testet ut 3 forskjellige armaturer med konvensjonell forkobling. En 150 W fra Philips, en 150 W fra Helvar og en 60 W fra Philips. 60 W armaturen fra Philips benytter en lavtrykknatriumlyskilde (SO-X), mens de to andre forkoblingene benytter høytrykknatriumlyskilder (Nav-T og Son-T).



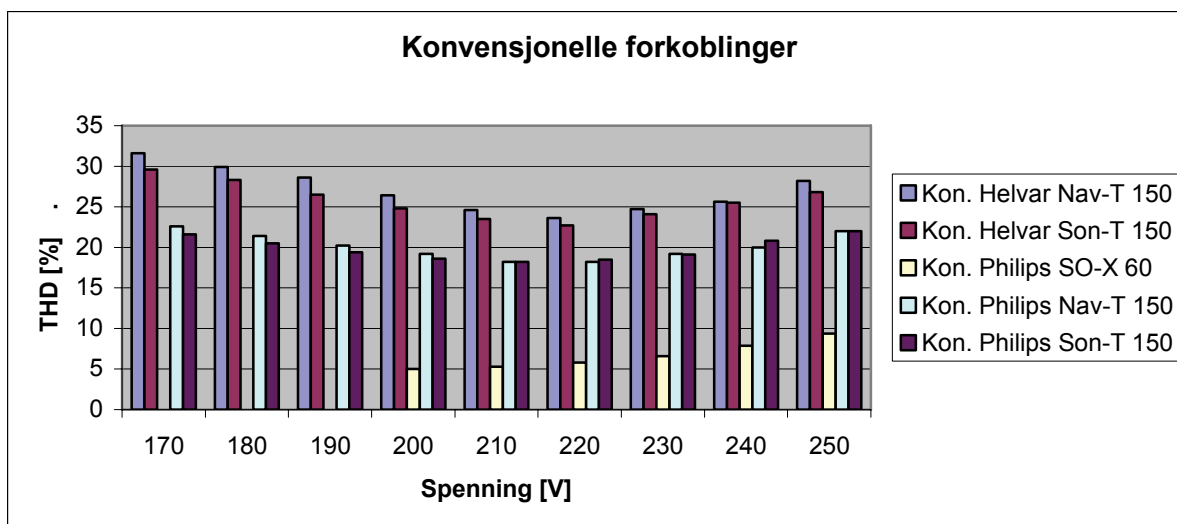
Figur 18-3: Sammenlikning av forholdet mellom % - vis effektforbruk av merkeeffekt og påtrykt spenning for konvensjonelle forkoblinger.

Armaturer med konvensjonelle forkoblinger er spenningsavhengige. Armaturenes effektforbruk endres i takt med den påtrykte spenningen. Så gjør også armaturenes utsendte lysfluks. Ved lave spenninger trekker armaturene en lavere effekt. Følgelig vil armaturenes utsendte lysfluks blir redusert. I kapittel 5, lysutbytte, kan det sees hvordan utsendt lysfluks reduseres ved redusert påtrykt spenning. Her er det dog gjennomført målinger ved spenningsnivåer fra 210 V til 240 V. Lyskilden benyttet i forsøket er en 150 W NaH. Resultatene viser likevel at lysfluksen blir sterkt redusert når spenningen faller ned mot 210 V.

Ved spenningsnivåer høyere enn 220 V trekker alle armaturene en effekt over merkeeffekt. Armaturen med konvensjonell forkobling og lavtrykknatriumlampe trekker mest effekt i forhold til merkeeffekten. Ved 200 V påtrykt spenning trekker denne armaturen 16,7 % over merkeeffekt, og ved 250 V påtrykt spenning hele 48,3 % over merkeeffekt.

Resultatene fra undersøkelsen tyder på at armaturer med lyskilde fra Philips (Son-T) tilkoblet, trekker en høyere effekt enn armaturer med lyskilde fra Osram (Nav-T) tilkoblet. Dette gjelder for både Helvar forkoblingen og Philips forkoblingen ved alle spenningsnivåer. Årsaken til dette kan være flere. Lampens alder eller lampens antall brenntimer kan påvirke resultatet. Resultater fra Skjelsvolds undersøkelse av veilyarmaturer høsten 2005 viser til at det kan tyde på at lyskilder som har brent en tid trekker en noe større effekt enn nye lyskilder. Men siden de to lampenes oppbygning ikke er helt lik, kan det være slik at den ene lampen trekker en høyere effekt enn den andre lampen ved lik påtrykt spenning. Differansen i effektforbruket er i størrelsesorden 2-6 W mer for Son-T lampen i forhold til Nav-T lampen.

I Figur 18-4 er det satt sammen et oppsummeringsdiagram for THD verdier for de konvensjonelle forkoblingene i undersøkelsen.



Figur 18-4: Sammenlikning av THD verdier for de testede konvensjonelle forkoblinger.

Av resultatene av THD målinger for konvensjonelle forkoblinger ser vi en indikasjon på at armaturen med Helvar forkobling (150 W) skaper mest støy. THD verdien er høyest for denne forkoblingen. THD verdien varierer fra 23,6 % til 31,6 %, hvor den høyeste verdien på 31,6 % finnes ved en påtrykt spenning lik 170 V. THD verdiene til armaturen med Philips konvensjonell forkobling (150 W) ligger i område fra 18,2 % til 22,6 %. THD verdiene til armaturen med Philips konvensjonell forkobling (60 W) tilkoblet lavtryknatriumlyskilde ligger i området 5 % til 9,4 %.

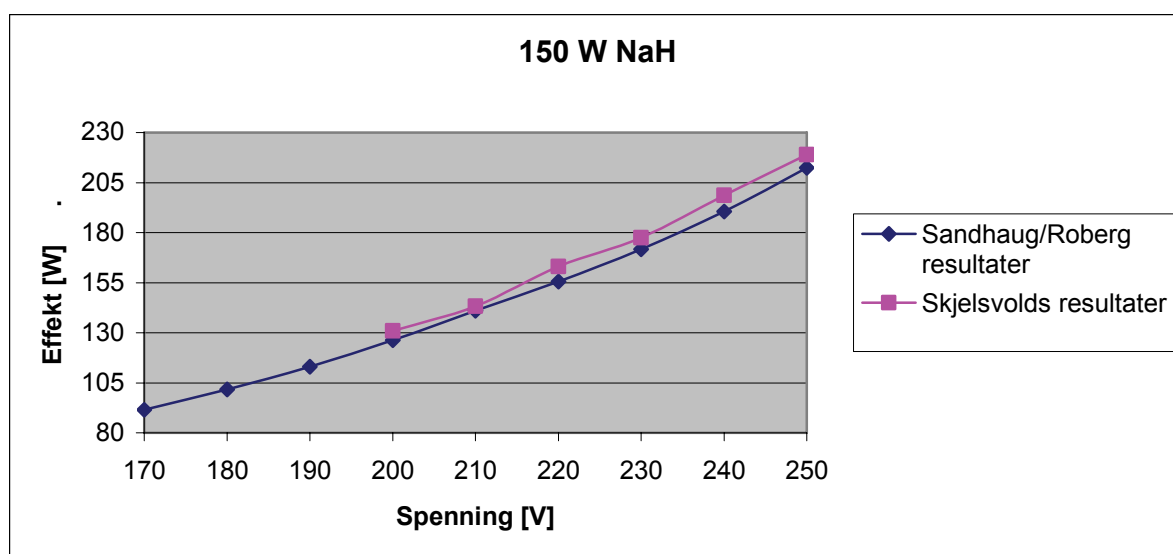
Resultatene fra THD målingene viser en trend der det er lavest THD nivå ved påtrykt spenning mellom 220 V og 230 V.

Som vi ser av resultatene er det mye overharmoniske strømmer forbundet med veilyssarmaturer med konvensjonelle forkoblinger, der særlig den 3. harmoniske er fremtredene. De overharmoniske strømmene kan forårsake mange problemer. I veilysanlegg kan de blant annet føre til effekttap i overføringslinjer og kabler. Økte strømmer på grunn av de overharmoniske strømmene kan føre til uforutsette sikringsbrudd og store spenningsfall i overføringen. Å ha kontroll på spenningsfallet i overføringene er spesielt viktig i anlegg med konvensjonelt forkoblingsutstyr. Spenningsfallet kan føre til at effekten og lysutbytte til lyskildene reduseres. Et annet problem som kan oppstå i veilysanlegg er at kondensatorene i forkoblingsutstyret blir ødelagt hvis de overharmoniske strømmene blir for store [5].

Vi har gjennomført målinger og har resultater fra 4 kombinasjoner der det er benyttet konvensjonell forkobling og 150 W NaH lampe. To av forkoblingene er like, og to av lampene er like. Gjennomsnittseffektene er regnet ut og sammenliknet med verdiene Skjelsvold fikk i sin undersøkelse der han har undersøkt armaturer i samme kategori. Skjelsvold har i sin rapport [5] testet ut 6 ulike armaturer med konvensjonell forkobling og 150 W NaH lampe. En oppsummering av Skjelsvolds resultater finnes i vedlegg E. I Tabell 18-1 er resultatene fra vår (Sandhaug/Roberg) undersøkelse presentert, mens Figur 18-5 viser en sammenlikning av resultatene. Figuren viser at Skjelsvold har høyere gjennomsnittsverdier fra undersøkelsen sin, enn vi har fra vår. Årsaken til dette er ikke fastsatt, men det kan komme av ulike måleoppsett, at lyskildene som er benyttet ikke er identiske eller unøyaktigheter i målingene.

Tabell 18-1: Målinger fra armaturer med konvensjonell forkobling og 150 W NaH lyskilde

Spenning [V]	Osram Nav-T (kon.hel)	Philips Son-T (kon.hel)	Osram Nav-T (kon.phi)	Philips Son-T (kon.phi)	Gjennomsnitt	% av 150 W
170	92 W	94 W	89 W	91 W	91,5 W	61,0
180	102 W	104 W	99 W	102 W	101,75 W	67,8
190	113 W	115 W	111 W	113 W	113 W	75,3
200	126 W	129 W	124 W	126 W	126,25 W	84,2
210	141 W	146 W	136 W	141 W	141 W	94,0
220	154 W	160 W	152 W	156 W	155,5 W	103,7
230	169 W	174 W	170 W	174 W	171,75 W	114,5
240	188	194	189	191	190,5	127,0
250	214	215	209	212	212,5	141,7



Figur 18-5: Sammenlikning av Sandhaug/Roberg resultater mot Skjelsvolds resultater

### 18.3 Elektrotekniske feltundersøkelser

I forbindelse med elektrotekniske feltundersøkelser er det funnet ut at kurser med høy belastning ikke har tilfredsstillende spenningsnivåer. I kapittel 5, spenningsforhold – krav til driftsspenning, er det sagt at det ikke bør tillates mer enn 10 % underspenning. Det vil si at spenningen ikke skal synke under 207 V ved 230 V nominell spenning. I undersøkelsen er ikke dette kravet tilfredsstillt ved veilyskursen i Bromstadveien og Tungesletta, og ved veilyskursen i Jonsvannsveien v/Fortunalia. Her er spenningsfallet målt til henholdsvis 65,4 V og 35,4 V. Spenningsfall avhenger av flere faktorer.

$$\Delta U = \frac{I \cdot \delta \cdot l \cdot 2 \cdot \cos \varphi}{A} \quad (18-1)$$

Formel 18-1 forteller at stor strøm (høy I), høy resistivitet (høy  $\delta$ ), lang avstand (høy l) og lite kabelverrsnitt (lav A) bidrar til høyt/stort spenningsfall. Tiltak for å redusere spenningsfallet

blir følgelig å prøve å holde strømmen lav. Dette kan gjøres ved å begrense størrelsen på kursen (reducere antall armaturer eller benytte armaturer med lavere merkeeffekt) og å benytte trefase kurser med symmetrisk fordeling av armaturer mellom fasene. Spenningsfallet blir også mindre ved å øke kabeltverrsnittet. Resistiviteten i lederne er også av betydning. Ved å benytte kobberledere vil dette føre til reduserte spenningsfall i forhold til å benytte aluminiumsledere med samme tverrsnitt. Alt avhenger av økonomi. Kobber er dyrere enn aluminium. En treleder kabel er dyrere enn en toleder kabel. Økt kabeltverrsnitt medfører større kostnader.

Kursen i Bromstadveien og Tungesletta er en tofase kurs med  $2 \times 10 \text{ mm}^2$  Cu kabel. Kursens spenningsforhold vil derfor bli forbedret om en ny trefasekurs med symmetrisk fordeling av armaturer på fasene legges. Kabeltverrsnittet bør økes til  $16 \text{ mm}^2$ . Gjennomføres denne handlingen vil armatureffektene på kursen øke. Kursens totale utgående effekt vil trolig bli større. Når spenningsnivåene langs kursen blir høyere vil de påtrykte armaturspenninger også høynes. Dette vil igjen medføre at armaturenes effektforbruk økes. Armaturenes utsendte lysfluks vil bli høyere, lyskildens lysutbytte vil bedres og følgelig belysningsnivået på veibanen vil bli bedre. Tapene i overføringen vil bli redusert som følge av lavere spenningsfall og lavere strøm ( $P_{\text{tap}} = \Delta U \cdot I$ ). Den elektriske energien vil i større grad bli utnyttet til sitt formål; å belyse veien.

Det er gjennomført undersøkelser i FEBDOK. Forenklinger gjort i beregningsprogrammet er at masteavstanden er satt til 40 meter, og  $\cos \phi$  er satt til 0,9. Masteeffektene er varierende, så den forenklete metoden for veibelysning i FEBDOK er ikke benyttet. Ved å benytte  $2 \times 10 \text{ mm}^2$  Cu kabel til overføring og effektverdier fra vedlegg B1 er spenningsfallet beregnet til 46,1 V og utgående strøm fra tennskapet til 19,82 A. (se digitalt vedlegg). Denne kurseffekten er beregnet til 4102 W ( $230 \text{ V} \cdot 19,82 \text{ A} \cdot 0,9$ ). Ved å benytte  $3 \times 16 \text{ mm}^2$  Cu kabel til overføring, med symmetrisk fordeling av master og effektverdier estimert ut fra kursens spenningsverdier (se digitalt vedlegg), er spenningsfallet beregnet til 29 V. Utgående strømmer fra tennskapet har følgende fordeling: L1: 16,96 A, L2: 14,31 A og L3: 17,79 A. Denne kurseffekten er beregnet til 5803 W (L1:  $132,8 \text{ V} \cdot 16,46 \text{ A} \cdot 0,9$  + L2:  $132,8 \text{ V} \cdot 14,31 \text{ A} \cdot 0,9$  + L3:  $132,8 \text{ V} \cdot 17,79 \text{ A} \cdot 0,9$ ).

Beregningene i FEBDOK viser at spenningsfallet er mer enn 10 % i begge tilfeller. Riktignok er spenningsfallet minst i 3-fasekursen med større kabeltverrsnitt, men det er ikke tilfredsstillende. Tverrsnittet må økes ytterligere for å komme under 10 % spenningsfall.

I undersøkelser av veilyskurser er det sett at det særlig i veilyskurser med 250 W armaturer forekommer store spenningsfall. Følgelig vil 250 W armaturer i liten grad ha påtrykte spenninger over 230 V. I undersøkelsen av veilyskursen i Jonsvannsveien er det benyttet 250 W armaturer med høytrykknatriumlyskilde tilkoblet. Det er gjennomført mastemålinger på 7 av disse. Her er gjennomsnittsspenningen beregnet til 210,7 V og gjennomsnittseffekten er beregnet til 230,7 W. Til sammenlikning er resultatene til Skjelsvold (se vedlegg E) av 250 W armaturer med høytrykknatriumlyskilde mye høyere. Skjelsvold har målt gjennomsnittelig armatureffekt til 267,3 W ved 210 V påtrykt spenning. Ved 230 V påtrykt spenning er gjennomsnittelig armatureffekt målt til 324,3 W. Vi har målt 2 stk 250 W armaturer på 228 V. Disse trakk henholdsvis 284 W og 263 W.



### **Energiavregning av veilysanlegget i Trondheim**

Til å beregne energiforbruket til veibelysning i Trondheim benytter TEV følgende metode: De summerer alle armatureffekter (merkeeffekter) i anlegget, multipliserer denne verdien videre med en korreksjonsfaktor på 1,1 som er ment til å dekke overføringstap. Tilslutt multipliseres effekten med antall brenntimer. Antall brenntimer er satt til 4000 timer for anlegget i Trondheim. I dette prosjektet er det sett på om korreksjonsfaktoren på 1,1 er en riktig.

Totalt er 11 veilyskurser vurdert. På disse 11 veilyskursene er det tilkoblet 208 veilyarmaturer. Her er det målt en utgående effekt fra tennskap på til sammen 31241 W. Summerte armatureffekter (merkeeffekter) er beregnet til 28860 W.  $28860 \text{ W} * 1,1 = 31746 \text{ W}$ . TEV får følgelig en beregnet effektverdi på 505 W mer enn målt effekt.  $31241 \text{ W} / 28860 \text{ W} = 1,0825$ . Årsaken til at korreksjonsfaktoren er beregnet til en lavere verdi enn 1,1 i dette prosjektet er at armaturene trekker i gjennomsnitt mindre enn merkeeffekt. Grunnen til dette er igjen at påtrykt spenning i mange tilfeller er lavere enn armaturenes merkespenning.

I fremtiden vil veilysanlegget i Trondheim bli oppgradert. Da vil det mest sannsynlig bli installert elektroniske forkoblinger i veilyarmaturene. I dette prosjektet er det resultater som indikerer at armaturer med elektroniske forkoblinger trekker en høyere effekt enn armaturer med konvensjonelle forkoblinger i spenningsområdet 200 V til 225 V. Ved 230 V trekker armaturene ca. lik effekt, mens over 230 V trekker armaturer med konvensjonelle forkoblinger mest effekt. Gjennomsnittsspenningen på mastene undersøkt i dette prosjektet er beregnet til ca 216 V. Følgelig vil armaturer med elektroniske forkoblinger trekke en høyere effekt enn armaturer med konvensjonelle forkoblinger. Ved oppgraderinger til elektroniske forkoblinger vil man derfor oppleve at veilykursene trekker høyere effekter og veibelysningen (veibaneluminansen) vil bli bedre. Svein B. Sandhaug forteller at etter sine beregninger vil veilykursen i Høgskoleringen trekke 18,9 % mer effekt ved oppgradering til elektroniske forkoblinger og symmetrisk fordelt 3-fasekurs.

### **Påbygging/utvidelse av eksisterende anlegg**

Ved undersøkelse av veilyskurser er det sett at det ved flere anlegg er tilkoblet flere armaturer/master i etterkant. Veilykursene i Bromstadveien/Tungesletta, Jonsvannsveien v/Fortunalia og i Fiolsvingen er utvidet med flere master i etterkant. Hvor gjennomtenkt dette er med hensyn til spenningsfall, tap i overføring og redusert belysningskvalitet er usikkert. Men det som er sikkert er at økonomien spiller en viktig rolle. Kostnadsbesparelser ved å koble seg inn på eksisterende kurser veier nok i mange tilfeller mer enn redusert belysningskvalitet. Søkelyset bør bli rettet mot lysreduksjon og for lavt luminansnivå i veibanen ved stort spenningsfall.

## **18.4 Lystekniske undersøkelser**

Ved de lystekniske undersøkelsene gjennomført i dette prosjektet er det sett at luminansnivåene i veibanen er sterkt påvirket av masteplasseringen. Alle veistrekningene undersøkt i dette prosjektet har hatt ensidig masteplassering. Luminansnivået i veibanen nærmest masteplasseringen er alltid høyest. Et tiltak for å gi begge kjørefeltene lik belysning vil være å plassere veilyarmaturen midt mellom kjørefeltene. Dette lar seg gjennomføre med master i tilfeller der kjørefeltene er atskilte. De fleste veier er derimot ikke atskilte. Da må det

benyttes vaier som er fester på begge sider av veien for få til dette. I Danmark og andre europeiske land er dette en metode som er benyttet.

Luminansnivåer målt/beregnet i dette prosjektet tilfredsstillende i liten grad de planleggingskrav som Statens vegvesen stiller i dagens veinormal (ny veinormal). Det er kun veilyskursen, av de undersøkte veistrekkninger, hvor det er benyttet 250 W armaturer som tilfredsstillende planleggingskravet. Dette er i Jonsvannsveien v/Fortunalia, en klasse MEW2 vei hvor kravet er satt til minimum 1,0 cd/m<sup>2</sup>. Luminansnivåene er målt til henholdsvis 1,719 cd/m<sup>2</sup> og 2,045 cd/m<sup>2</sup>. Luminansnivåene er også vurdert opp mot en eldre veinormal (veinormalen fra 1988) som kan ha vært gjeldene ved projektering av veilyskursene. Vurderinger opp mot disse kravene viser igjen at kravet til luminans i liten grad er oppfylt.

De fleste veistrekkningene undersøkt i dette prosjektet tilfredsstillende ikke de planleggingskrav som er satt for veiklassen. Ofte er det benyttet 150 W armaturer med konvensjonelle forkoblinger og høytrykknatriumlyskilder. Masteavstanden varierer, men er i gjennomsnitt ca 35 meter. I slike anlegg er luminansen i veibanen målt til typisk verdi mellom 0,3 cd/m<sup>2</sup> og 1,2 cd/m<sup>2</sup>. Altså under et typisk planleggingskrav på 1,5 cd/m<sup>2</sup> for en MEW2 vei. Til sammenlikning er det gjennomført luminansmåling i testanlegget ved NTNU. Her er det benyttet 150 W armaturer med elektroniske forkoblinger. I dette anlegget ble luminansnivået målt til 1,661 cd/m<sup>2</sup>. Resultatene indikerer her at armaturer med elektroniske forkoblinger gir en bedre veibanebelysning (et høyere luminansnivå i veibanen) enn armaturer med konvensjonelle forkoblinger.

## 19 KONKLUSJON

- ❖ Konvensjonelle forkoblinger er spenningsavhengige effekt og lysutbytte øker med spenningen. Bør driftes i spenningsområdet 220V – 230V. Det frarådes å drifte med lavere spenning enn 207V.
- ❖ Elektroniske forkoblinger er spenningsuavhengige mellom 200V – 250V. Totaleffekten er ca. 20 W mer enn lampens merkeeffekt. Det anbefales å drifte med påtrykt spenning så høy som mulig under 250V.
- ❖ Veilyskurser med elektroniske forkoblinger vil mest sannsynlig trekke mer effekt enn veilyskurser med konvensjonelle forkoblinger, men vil gi bedre belysning (forutsatt like merkeeffekter)
- ❖ Det gjennomsnittlige spenningsnivået ved hardt belastede veilyskurser er funnet for lav. Det skal for veilyskurser ikke tillates et spenningsfall på mer enn 10 %. Det bør sørges for at veilyskurser med høy belastning er trefasekurser hvor armaturene er symmetrisk fordelt.
- ❖ Det er påvist at veilyarmaturer (konvensjonelle forkoblinger) i gjennomsnitt trekker en lavere effekt enn merkeeffekt. Årsak: Gjennomsnittlig spenning for veilyarmaturer er beregnet til 216V.
- ❖ Resultater i dette prosjektet indikerer at korreksjonsfaktoren på 1,1 for avregning av energiforbruket til veilyset i Trondheim er korrekt.
- ❖ Resultater fra luminansmålinger viser at anlegg i Trondheim har problemer med å oppfylle krav til luminans. Dette gjelder kravene fra både den nye og den gamle veinormalen.
- ❖ Resultater fra luminansmålinger indikerer at bruk av elektroniske forkoblinger øker veibaneluminansen i forhold til bruk av konvensjonelle forkoblinger, forutsatt like merkeeffekter.
- ❖ Masteplassering er avgjørende for luminansnivået i veibanen. Resultater fra luminansmålinger indikerer at ensidig masteplassering gir store forskjeller i veibaneluminans kjorefeltene imellom.
- ❖ Styresystemet for veilyset i Trondheim er sårbart. Styresystemet bør etter min mening ha flere signalsettere som skaper større redundans i systemet.

Forslag til videre arbeid:

- Gjennomføre lystekniske målinger på veilyarmaturer i spenningsområdet 230 V til 170 V. Mål lysfluks og lysutbytte med lavere påtrykt spenning enn tidligere.
- Måle veibaneluminans på veistrekninger der det er stort spenningsfall i veilykursen. Prøv å finne ut hvor store konsekvenser spenningsfallet har på veibanens luminansnivå.

- Undersøk veilyskursen ved Bromstadveien/Tungesletta videre. Ta målinger på alle master for å få en fullstendig kartlegging av kursen.
- Plukk ut flere veilyskurser som er tungt belastet for å fastslå om det er utilfredsstillende spenningsnivåer ved slike kurser.
- Gjennomfør målinger/beregninger som viser forskjeller mellom bruk av konvensjonelle og elektroniske forkoblinger. Prøv å finne ut av om det er mulig å redusere armatureffekten ved bruk av elektroniske forkoblinger i forhold til bruk av konvensjonelle forkoblinger. Eksempelvis et anlegg med 150 W armaturer med konvensjonelle forkoblinger. Hva blir konsekvensene av å installere armaturer med 100 W armaturer med elektroniske forkoblinger?

**Referanseliste:**

- [1] Hans-Henrik Bjørset / Eilif Hugo Hansen, Lysteknikk, Utgave 2003, Classica Forlag AS, ISBN 82-7610-010-4.
- [2] Statens vegvesen, Teknisk planlegging av veg- og gatelys, høringsutgave.
- [3] Statens Vegvesen (2002), Veg og gateutforming – 017, ISBN 82-7207-328-5.
- [4] Statens Vegvesen (2005), Teknisk planlegging av veg- og gatelys (Høringsutgave), Håndbok 264
- [5] Geir Morten Skjelsvold, Prosjektoppgave høsten 2005, Energisparepotensialet ved utskiftning av gamle veilysanlegg.
- [6] Vegbelysning – Planlegging, anlegg og drift. Publikasjon nr. 358 – 1989. Norges energiverkforbund.
- [7] Trondheim kommunes internettside om veily: (<http://www.trondheim.kommune.no/content.ap?thisId=1117615024&language=0> – dato: 24.05.07)
- [8] W. Mack Grady, The University of Texas at Austin / Robert J. Gillaskie, San Diego Gas & Electric. 1993. Harmonics and how they relate to power factor, Proc. Of the EPRI Power Issues & Opportunities (PQA 93), San Diego, CA, November 1993.
- [9] Philips QL lamp systems, Information for Original Equipment Manufactures – Version October 2006. [http://www.nam.lighting.philips.com/us/ecatalog/catalogs/ql\\_oem\\_guide.pdf](http://www.nam.lighting.philips.com/us/ecatalog/catalogs/ql_oem_guide.pdf) (dato: 07.06.07)
- [10] Styring av veilysanlegg, seminar i Trondheim 16.09.2004 – Utarbeidet av Per G. Holmesland, Interconsult ASA
- [11] Sven-Erik Kirkelund, Styring av veily, Hovedoppgave ved NTNU høsten 1996



**VEDLEGGSLISTE**

Vedlegg A	Registreringsskjema for testing av veilyssarmaturer	1
Vedlegg B	Undersøkelser av operative veilysskurser	14
Vedlegg C	Radiostyring	78
Vedlegg D	Beskrivelse av observasjonspunkt i lysteknisk undersøkelse	83
Vedlegg E	Resultater fra Geir Morten Skjelsvold (oppsummert)	99
Vedlegg F	Tennspenninger	107

## VEDLEGG A1

## Registreringsskjema for testing av veilyssarmaturer

Dato:	17.04.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	3_a

<b>Merkedata forkobling:</b>	
Fabrikkat:	Helvar
Type	NK150T 230/240V (2219)
Effekt:	150 W
Spenning:	230-240 V , 50 Hz
Strøm:	1,8 A
Cos $\phi$	0,42
Annen data	

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Osram/Nav-T

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [Ma]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	92	587	0,92	39	100	50
180	102	617	0,92	44	111	50
190	113	649	0,92	48	123	50
200	126	684	0,92	53	137	50
210	141	720	0,93	55	151	50
220	154	756	0,93	60	165	50
230	169	798	0,93	69	183	50
240	188	848	0,93	77	203	50
250	214	904	0,94	75	227	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [Ma]	1h [Ma]	3h [Ma]	5h [Ma]	7h [Ma]	9h [Ma]	11h [Ma]	13h [Ma]	15h [Ma]	17h [Ma]	THD [%]
170	0,97	12	553	93	28	41	110	82	39	23	45	31,6
180	0,97	11	586	96	28	45	107	71	33	24	61	29,9
190	0,96	10	617	99	31	45	101	74	25	25	62	28,6
200	0,96	13	655	104	31	40	101	67	19	19	50	26,4
210	0,97	11	694	110	33	40	99	63	20	18	42	24,6
220	0,96	9	732	115	31	39	95	62	19	16	37	23,6
230	0,95	15	791	129	35	46	112	44	13	22	46	24,7
240	0,97	16	838	145	40	54	121	55	13	28	52	25,6
250	0,98	19	884	160	42	62	141	64	16	35	74	28,2



## VEDLEGG A2

## Registreringsskjema for testing av veilyssarmaturer

Dato:	17.04.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	4

<b>Merke data forkobling:</b>	
Fabrikkat:	Helvar
Type:	NK150T 230/240V (2219)
Effekt:	150 W
Spenning:	230-240 V , 50 Hz
Strøm:	1,8 A
Cos $\phi$	0,42
Annen data	

<b>Merke data Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Philips/SON-T plus

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	94	589	0,93	36	100	50
180	104	622	0,93	40	112	50
190	115	654	0,93	46	124	50
200	129	688	0,94	47	137	50
210	146	731	0,95	49	154	50
220	160	768	0,95	55	169	50
230	174	807	0,94	63	186	50
240	194	858	0,94	68	206	50
250	215	912	0,94	75	228	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	0,98	25	559	88	20	37	100	83	36	18	44	29,6
180	0,98	25	590	93	20	42	97	74	32	20	64	28,3
190	0,97	25	677	95	19	40	91	67	32	20	62	26,5
200	0,98	24	661	102	20	40	91	64	26	15	49	24,8
210	0,98	24	702	110	23	44	91	61	24	13	43	23,5
220	0,98	32	744	115	24	44	92	60	23	14	38	22,7
230	0,98											24,1
240	0,98											25,5
250	0,99											26,8

## VEDLEGG A3 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyssarmaturer

Dato:	17.04.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	5_a

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabrikkat:	Philips
Type:	elektronisk
Effekt:	HID-DV 150 / S SON 1-10V 150 W
Spenning:	220-240 V , 50-60 Hz
Strøm:	0,75 A
PF	0,98
Annen data	elektronisk

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Osram/NAV-T

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

### 100 % PÅDRAG:

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	65	387	0,98	13	66	50
180	109	610	0,99	15	110	50
190	150	796	0,99	17	151	50
200	172	864	0,99	19	173	50
210	172	821	0,99	21	173	50
220	173	793	0,99	22	174	50
230	173	758	0,99	24	174	50
240	172	726	0,99	26	174	50
250	172	699	0,99	28	175	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	0,99	16	384	44	6	16	8					
180	1	15	607	46	8	17	11					
190	1	15	791	47	8	17	12					
200	1	18	859	48	11	16	13					
210	1	18	817	47	10	16	13					
220	1											6,9
230	1											7,4
240	0,99											7,6
250	0,99											8,1

## VEDLEGG A3 (2)

## 50 % PÅDRAG:

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [Var]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	67	400	0,98	13	69	50
180	110	612	0,99	15	110	50
190	113	599	0,99	17	114	50
200	113	570	0,99	18	114	50
210	112	544	0,99	20	114	50
220	112	521	0,98	21	114	50

Spenning [V]	Cos $\varphi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	0,99	2	386	40	8	14	8					11,8
180	1	2	610	45	8	16	11					8,3
190	1	2	596	45	9	17	11					8,4
200	0,99	2	566	44	10	16	11					8,8
210	0,99	1	540	42	10	16	10					9,1
220	0,99	2	516	42	11	16	11					9,2

## 20 % PÅDRAG:

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAR]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	63	380	0,98	13	65	50
180	63	360	0,98	14	65	50
190	63	342	0,97	16	65	50
200	63	327	0,97	17	65	50
210	63	313	0,96	19	66	50
220	63	301	0,95	20	66	50

Spenning [V]	Cos $\varphi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	0,99	2	375	40	8	15	9					11,8
180	0,99	1	356	40	8	14	9					12,2
190	0,98	2	338	39	8	14	10					12,6
200	0,98	2	321	38	8	13	10					13,4
210	0,97	1	308	38	8	13	11					13,8
220	0,97	2	296	38	9	13	11					14,7

## VEDLEGG A4 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyarmaturer

Dato:	17.04.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	6

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabrikkat:	Philips
Type	HID-DV 150 / S SON 1-10V
Effekt:	150 W
Spenning:	220-240 V , 50-60 Hz
Strøm:	0,75 A
PF	0,98
Annen data	Elektronisk

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Philips/Son-T plus

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

### 100 % PÅDRAG

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAR]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	66	402	0,98	13	69	50
180	109	609	0,99	16	110	50
190	151	799	0,99	17	152	50
200	173	868	0,99	20	174	50
210	172	826	0,99	21	174	50
220	172	788	0,99	23	173	50
230	172	754	0,99	24	173	50
240	172	722	0,99	26	173	50
250	171	694	0,99	28	173	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	0,99	13	400	41	9	13	9					11,2
180	1	14	605	46	9	16	12					8,5
190	1	13	796	49	11	17	12					6,8
200	1	13	864	50	13	18	13					6,7
210	1	13	822	48	11	16	13					6,7
220	1	8	781	48	11	16	13					7
230	1											7,2
240	0,99											7,4
250	0,99											8,1

## VEDLEGG A5 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyarmaturer

Dato:	18.04.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	7 a

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabrikkat:	Philips
Modell	SGS203/150 TG MG34LA
Produksjonsår:	1986
Effekt:	150 W
Spenning:	230V , 50 Hz
Strøm:	0,9 A
Cos $\phi$	0,9
Annen data	konvensjonell

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Osram/Nav-T

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	89	676	0,78	73	115	50
180	99	718	0,77	83	129	50
190	111	766	0,76	95	146	50
200	124	805	0,76	106	162	50
210	136	854	0,76	116	179	50
220	152	899	0,77	127	198	50
230	170	932	0,79	132	215	50
240	189	980	0,8	141	236	50
250	209	1031	0,81	151	258	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	0,8											22,6
180	0,79											21,4
190	0,78											20,2
200	0,78											19,2
210	0,78											18,2
220	0,79											18,2
230	0,81											19,2
240	0,83											20
250	0,85											22

## VEDLEGG A6 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyarmaturer

Dato:	18.04.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	8_a

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabrikkat:	Philips
Modell:	SGS203/150 TG MG34LA
Produksjonsår:	1986
Effekt:	1XSON-T 150 W
Spenning:	230V , 50 Hz
Strøm:	0,9 A
Cos $\phi$	0,9
Annen data	konvensjonell

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Philips/Son-T

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	91	670	0,8	68	114	50
180	102	715	0,79	79	129	50
190	113	757	0,79	89	144	50
200	126	796	0,79	99	160	50
210	141	840	0,79	108	177	50
220	156	878	0,81	115	194	50
230	174	914	0,83	119	210	50
240	191	962	0,83	128	230	50
250	212	1012	0,84	139	253	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	0,83											21,6
180	0,81											20,5
190	0,81											19,4
200	0,81											18,6
210	0,81											18,2
220	0,83											18,5
230	0,85											19,1
240	0,85											20,8
250	0,87											22

## VEDLEGG A7 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyssarmaturer

Dato:	12.05.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	9_a

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabriukat:	Selc
Modell:	SELC 2000 HID Smart Ballast
Produksjonsår:	2005
Effekt:	70 W
Spenning:	230V , 50/60 Hz
Strøm:	360 mA
Cos $\phi$	0,9
Annen data	elektronisk

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	70 W
Merke/Type	Philips/ master SON-T

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	82	484	1	7	82	50
180	81	455	1	8	82	50
190	81	430	0,99	9	82	50
200	81	410	0,99	10	82	50
210	81	390	0,99	11	82	50
220	81	374	0,99	12	82	50
230	81	357	0,99	13	82	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	1			21	10	8	6					5,4
180	1			22	10	8	6					5,7
190	1			22	9	7	6					5,9
200	1			23	9	7	6					6,4
210	1			24	9	6	6					6,9
220	0,99			25	8	6	5					7,2
230	0,99			24	8	6	6					7,5

## VEDLEGG A8 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyarmaturer

Dato:	12.05.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	10_a

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabrikkat:	Selc
Modell:	SELC 2000 HID Smart Ballast
Produksjonsår:	2005
Effekt:	150W
Spenning:	230V , 50/60 Hz
Strøm:	800 mA
Cos $\phi$	0,9
Annen data	elektronisk

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Osram/NAV-T

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

### Osram Nav-T (1)

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	175	1031	1	16	176	50
180	176	979	1	17	177	50
190	175	926	1	18	176	50
200	174	876	0,99	20	175	50
210	173	830	0,99	21	174	50
220	173	792	0,99	23	174	50
230	172	757	0,99	24	174	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	1			30	16	11	9					3,7
180	1			30	15	11	9					3,9
190	1			30	15	10	8					4
200	1			30	13	11	8					4,1
210	1			29	13	11	8					4,4
220	1			29	12	10	8					4,5
230	1			30	11	10	8					4,7



## VEDLEGG A8 (2)

Vi bytter til en annen lampe som også er fra osram for å se om det gir noen innvirkning. (kan se ut som om lampen er nyere; mindre sot ved endene av utladningsrøret)

## Osram Nav-T (2)

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	175	1029	1	8	175	50
180	174	964	1	9	174	50
190	173	911	1	10	173	50
200	172	862	1	11	172	50
210	171	820	1	13	172	50
220	172	786	1	14	172	50
230	172	752	1	16	173	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]				THD [%]
170	1			29	16	11	8					3,7
180	1			30	15	11	9					3,8
190	1			29	16	11	8					4,1
200	1			29	14	11	8					4,2
210	1			29	13	10	8					4,3
220	1			30	13	9	8					4,5
230	1			30	11	10	8					4,7

## VEDLEGG A9 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyarmaturer

Dato:	12.05.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	11_a

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabrikkat:	Selc
Modell:	SELC 2000 HID Smart Ballast
Produksjonsår:	2005
Effekt:	150W
Spenning:	230V , 50/60 Hz
Strøm:	800 mA
Cos $\phi$	0,9
Annen data	elektronisk

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Philips/SON-T

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	174	1025	1	8	175	50
180	173	962	1	9	173	50
190	172	907	1	10	172	50
200	175	876	1	11	175	50
210	174	829	1	13	175	50
220	173	790	1	14	174	50
230	172	750	1	15	173	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170	1			29	15	11	9					3,6
180	1			28	15	11	9					3,9
190	1			30	15	11	8					3,9
200	1			28	13	11	8					4
210	1			28	13	10	8					4,2
220	1			28	13	10	8					4,4
230	1			29	11	9	8					4,5

## VEDLEGG A10 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyssarmaturer

Dato:	22.03.2007
Utført av:	Anders
Forsøk nr. :	12

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabrikkat:	Philips
Modell:	59002AH/01
Produksjonsår:	
Effekt:	60-85 W
Spenning:	220V , 50 Hz
Strøm:	1,4 A
Cos $\phi$	
Annen data	konvensjonell

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	60 W
Merke/Type	Philips/SO-X

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
200	70	1228	0,29	234	244	50
210	73	1315	0,26	267	277	50
220	76	1406	0,25	299	308	50
230	80	1507	0,23	337	346	50
240	83	1616	0,22	379	388	50
250	89	1741	0,2	427	436	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
200	0,3	5	1220	59	10	5	4					5
210	0,28	6	1310	69	11	6	4					5,3
220	0,27	11	1400	80	11	8	4					5,8
230	0,24	0	1500	99	14	10	3					6,6
240	0,23	2	1613	125	24	12	3					7,9
250	0,22	6	1735	159	35	16	4					9,4

## VEDLEGG A11 (1)

## Registreringsskjema for testing av veilyarmaturer

Dato:	12.05.2007
Utført av:	Svein og Anders
Forsøk nr. :	13_a

<b>Merkedata ballast:</b>	
Fabriukat:	Selc
Modell:	SELC 2000 HID Smart Ballast
Produksjonsår:	2005
Effekt:	100W
Spenning:	230V , 50/60 Hz
Strøm:	510 mA
Cos $\phi$	
Annen data	elektronisk

<b>Merkedata Lyskilde</b>	
Effekt	100 W
Merke/Type	Philips/Master city Son-T

<b>Benyttet måleutstyr:</b>	FLUKE 43B Power Quality Analyzer
-----------------------------	----------------------------------

Spenning [V]	Effekt [W]	Strøm [mA]	Effektfaktor	Reaktiv effekt [VAr]	Tilsynelatende effekt [VA]	frekvens [Hz]
170	0	0				50
180	115	644	1	11	116	50
190	115	610	0,99	12	115	50
200	115	578	0,99	13	115	50
210	115	551	0,99	14	116	50
220	115	524	0,99	15	115	50
230	115	500	0,99	15	116	50

Spenning [V]	Cos $\phi$	DC [mA]	1h [mA]	3h [mA]	5h [mA]	7h [mA]	9h [mA]	11h [mA]	13h [mA]	15h [mA]	17h [mA]	THD [%]
170												
180	1			29	11	8	7					5,2
190	1			30	11	8	7					5,5
200	1			29	11	7	6					5,7
210	1			29	10	7	6					6
220	1			29	10	7	6					6,7
230	1			30	9	6	6					6,7

## VEDLEGG B1 (1)

## Undersøkelse av veilyd

Dato:	28.03.2007
Utført av:	Anders, Svein og Runar

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert i trafokiosk
Adresse	Bromstadveien 7045 Trondheim ved 49 C

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	[1985]
Kabel	PFSP
Tverrsnitt	3 * 16 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Lengde	2 m
System	IT
Jordleder	Nei
Sikkring/Vern	125 A Høyeffekt

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	[1985]
Styring	Kontaktorstyring
Sikringer/Vern	32 A automat
Plassering	I trafokiosk

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	
Kabel	
Tverrsnitt	2 x 10 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - Cu
Lengde	Anslått til 1000 m.
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/vern	32 A automat

## VEDLEGG B1 (2)

<b>Mast</b>	
Antall	[34] (2 med 3 armaturer)
Monteringsår	[1985]
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	8 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i mast

<b>Armatur</b>	
Antall	38 (3 mørke lamper)
Produksjonsår	[1985]
Type/Fabrikat	
Modell	
Merkeeffekt	250 W, 150 W og 100 W
Ballast	konvensjonell
Sikring/Vern	
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	150 W og 100 W
Merke/Type	Høytrykknatrium

<b>Andre kommentarer</b>	Denne kursen ble tatt med på grunn av at det er 3 armaturer ved enden som ikke tenner. Kursen er svært lang og det er et stort spenningsfall ved enden. Lyskildene ved enden lyser svært dårlig. Grunnen til at de tre armaturene ikke tenner er fordi de er koblet inn mellom to faser der den ene fasen ikke er i drift (ikke spenningsatt).
--------------------------	--

## VEDLEGG B1 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	Bromstadveien			
Dato:	28.03.2007			
Utført av:	Anders, Svein og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning				233,4
Ampere				29,7
Hertz				
Effekt				6,28
Reaktiv Effekt				2,93
Tilsynelatende Effekt				6,93
Effektfaktor, PF	0,91			
Cos $\varphi$	0,91			
THD % r	11,5			
rms A	29,7			
KF				

## Harmonics

DC	1h	3h	5h	7h	9h
	29,7	3,26	0,71	0,74	0,11

11h	13h	15h	17h	19h	21h
0,28					

## VEDLEGG B1 (4)

**Mastmålig**

Dato:	28.03.2007
Utført av:	Anders R., Svein S. og Runar J (TEV)

Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	Bromstadveien og Tungesletta

Type mast:	Stål
Høyde:	8 m.
Armatyr:	
Lampe:	Høytrykknatrium,
Tegn:	

	Mast nr. 34	Mast nr. 33	Mast nr. 32	Mast nr. A
Spenning [V]:	168	167,8	65	171,1
Strøm [A]:	0,965	1,261		1,856
Effekt [W]:	141	78		246
Effektfaktor:	0,87	0,37		0,78
Cos phi:	0,88	0,38		0,78
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L3	L1-L2
THD:	16,4	6,9		14,1

	Mast nr. B	Mast C	Mast nr. D	Mast nr. E
Spenning:	172,2	184	183	188,8
Strøm:	1,287	0,633	2,99	0,589
Effekt:	80	94	510	108
Effektfaktor:	0,36	0,8	0,93	0,97
Cos phi:	0,38	0,82	0,94	1
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	5,9	16,2	16,6	18

**Komentarer:**

Mast A er i rundkjøring ved tungesletta og har 3 armaturer  
 Mast D er i rundkjøring ved bromstadveien og har 3 armaturer  
 Mast nr. 32 tenner ikke





VEDLEGG B1 (6)



## VEDLEGG B2 (1)

## Undersøkelse av veilyss

Dato:	27.03.2007
Utført av:	Anders og Runar (TEV)

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert i Trafokiosk
Adresse	Brundalen 7058 Jakobsli

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	1997
Kabel	Ledning
Tverrsnitt	16 mm <sup>2</sup>
Type	IXXI dobbelt isolert
Lengde	0,5 m
System	IT
Jordleder	
Sikring/Vern	Høyeffekt NH00 80 A

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	1997
Styring	Kontaktorstyring
Sikringer/Vern	32 A MerlinGerin
Plassering	Tennskapet er plassert i Trafokiosk

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	
Kabel	
Tverrsnitt	3 x 10 mm <sup>2</sup> (to faser ut)
Type	PFSP
Lengde	650 m.
System	IT
Jordleder	nei
Sikring/vern	32 A Merlin Gerin Automat

**VEDLEGG B2 (2)**

<b>Mast</b>	
Antall	15
Monteringsår	1980
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	8 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i mast

<b>Armatyr</b>	
Antall	15
Produksjonsår	1980
Type/Fabrikat	AEG Koffert
Modell	
Merkeeffekt	150 W og 100 W
Ballast	konvensjonell
Sikring/Vern	Patron
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Høytrykknatrium

**Andre kommentarer**

De fire mastene/armaturene lengst fra tennskapet hadde merkeeffekt 150 W, men de resterende 11 mastene/armaturene hadde merkeeffekt 100 W.

## VEDLEGG B2 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	Brundalen			
Dato:	27.03.2007			
Utført av:	Anders og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning	136,6	139,7		234,5
Ampere	8,98	8,98		8,98
Hertz	50	50	50	
Effekt				1950
Reaktiv Effekt				790
Tilsynelatende Effekt				2110
Effektfaktor, PF	0,93			
Cos $\varphi$	0,94			
THD % r	20,7			
rms A	8,95			
KF	2,9			

## Harmonics

DC	1h	3h	5h	7h	9h
Fase 1	8,76	1,41	0,11	0,85	0,12
Fase 2					
Fase 3					
11h	13h	15h	17h	19h	21h
0,69	0,49			0,1	

## VEDLEGG B2 (4)

**Mastmålig**

Dato:	27.03.2007
Utført av:	Anders R. og Runar J (TEV)

Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	Brundalen, 7058 Jacobsli

Type mast:	Stål
Høyde:	8 m
Armatur:	AEG
Lampe:	Høytrykknatrium, 150 W og 100 W
Tegn:	ingen

	Mast nr. 1	Mast nr. 2	Mast nr. 3	Mast nr. 4
Spenning [V]:	231,5	230,2	229,8	229,6
Strøm [A]:	0,553	0,557	0,55	0,57
Effekt [W]:	118	115	115	114
Effektfaktor:	0,92	0,9	0,91	0,87
Cos phi:	0,99	0,97	0,96	0,96
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	21,3	20,7	20,7	21

	Mast nr. 5	Mast nr. 6	Mast nr. 7	Mast nr. 8
Spenning:	228,7	228,7	228,4	227,8
Strøm:	0,743	0,578	0,586	0,566
Effekt:	103	103	109	108
Effektfaktor:	0,6	0,78	0,81	0,84
Cos phi:	0,62	0,85	0,92	0,98
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	13,7	19,3	20,7	22,4

	Mast nr. 9	Mast nr. 10	Mast nr. 11	Mast nr. 12
Spenning:	227,6	226,9	227	226,3
Strøm:	0,585	0,556	0,556	0,773
Effekt:	100	101	103	168
Effektfaktor:	0,75	0,79	0,82	0,95
Cos phi:	0,86	0,85	0,88	1
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	19,6	19,5	20,6	23,2

	Mast nr. 13	Mast nr. 14	Mast nr. 15	
Spenning:	226,1	225,9	223,2	
Strøm:	0,779	0,797	0,789	
Effekt:	163	169	162	
Effektfaktor:	0,93	0,94	0,93	
Cos phi:	0,99	0,99	0,97	
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	
THD:	24	27,6	22,5	

Kommentarer: De 4 siste armaturene har lamper med merkeeffekt 150 W, mens de resterende armaturene har lamper med merkeeffekt på 100 W.

## VEDLEGG B2 (4)

<b>Brundalen</b>							
		<b>Effekt [W]</b>	<b>Spenning [V]</b>	<b>Strøm [A]</b>	<b>Faser</b>	<b>Avstand</b>	<b>Merkeeffekter</b>
Brundalen	Mast 1	118	231,5	0,553	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 2	115	230,2	0,557	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 3	115	229,8	0,55	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 4	114	229,6	0,57	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 5	103	228,7	0,743	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 6	103	228,7	0,578	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 7	109	228,4	0,586	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 8	108	227,8	0,566	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 9	100	227,6	0,585	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 10	101	226,9	0,556	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 11	103	227	0,55	L1-L2	40	100
Brundalen	Mast 12	168	226,3	0,773	L1-L2	40	150
Brundalen	Mast 13	163	226,1	0,779	L1-L2	40	150
Brundalen	Mast 14	169	225,9	0,797	L1-L2	40	150
Brundalen	Mast 15	162	223,2	0,789	L1-L2	40	150
	<b>Totalt</b>	<b>1851</b>					1700
	<b>Gjennomsnitt</b>	123,4	244,1				

VEDLEGG B2 (5)





## VEDLEGG B3 (1)

## Undersøkelse av veilyd

Dato:	28.03.2007
Utført av:	Anders, Svein og Runar

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert i trafokiosk
Adresse	Brøsetveien 7050 Trondheim ved 81 A

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	1985
Kabel	PFSP
Tverrsnitt	3 * 16 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Lengde	2 m
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/Vern	160 A Høyeffekt

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	[1985]
Styring	Kontaktorstyring
Sikringer/Vern	35 A patron
Plassering	I trafokiosk

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	
Kabel	
Tverrsnitt	2 x 16 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - Cu
Lengde	ca 300 m
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/vern	35 A patron

## VEDLEGG B3 (2)

<b>Mast</b>	
Antall	7
Monteringsår	[1985]
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	8 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i mast

<b>Armatør</b>	
Antall	7
Produksjonsår	[1985]
Type/Fabrikat	Siemens
Modell	
Merkeeffekt	150 W
Ballast	konvensjonell
Sikring/Vern	
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Høytrykknatrium

## VEDLEGG B3 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	Brøsetveien			
Dato:	28.03.2007			
Utført av:	Anders, Svein og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning				234,5
Ampere				8,75
Hertz				
Effekt				1,67
Reaktiv Effekt				1,19
Tilsynelatende Effekt				2,05
Effektfaktor, PF	0,81			
Cos $\varphi$	0,83			
THD % r	15,6			
rms A	8,7			
KF	2,8			

## Harmonics

DC	1h	3h	5h	7h	9h
	8,64	1,14	0,33	0,37	0,06

11h	13h	15h	17h	19h	21h
0,23	0,24			0,13	

## VEDLEGG B3 (4)

**Mastmålig**

Dato:	28.03.2007
Utført av:	Anders R., Svein S. og Runar J (TEV)

Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	Brøsetveien, 7048 Trondheim v/85 A

Type mast:	Stål
Høyde:	8 m.
Armatyr:	Siemens
Lampe:	Høytrykknatrium, 150 W
Tegn:	rød firkant med svart kryss

	Mast nr. 1	Mast nr. 2	Mast nr. 3	Mast nr. 4
Spenning [V]:	232,4	231,8	230,9	229,7
Strøm [A]:	1,17	1,23	1,43	1,06
Effekt [W]:	176	174	171	172
Effektfaktor:	0,65	0,59	0,52	0,71
Cos phi:	0,63	0,59	0,51	0,72
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	12,4	11,2	9,3	14,6

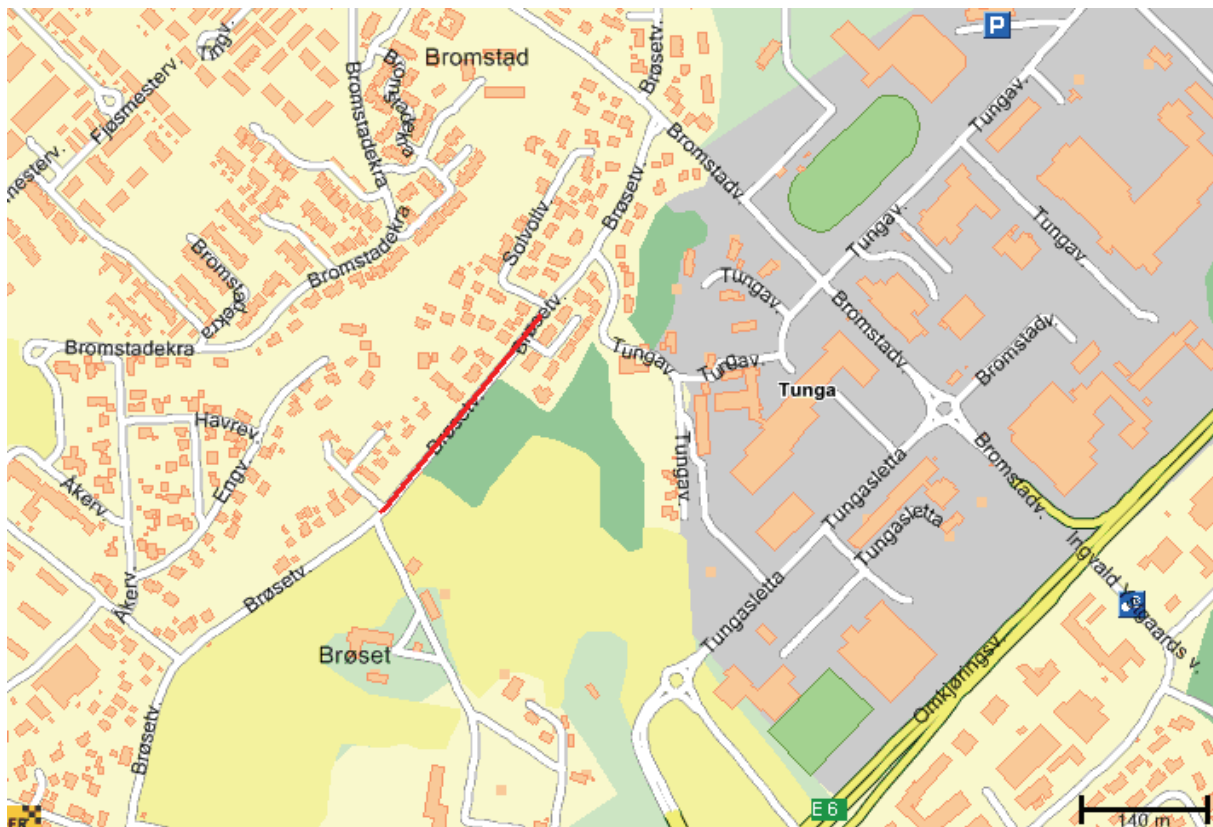
	Mast nr. 5	Buss-skur	Mast nr. 6	Mast nr. 7
Spenning:	229,2	229,2	228,3	228,2
Strøm:	0,74	1,9	0,9	1
Effekt:	160	428	165	166
Effektfaktor:	0,95	0,98	0,8	0,73
Cos phi:	0,99	1	0,83	0,72
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	26,2	17,2	17,9	15,1

## Kommentarer:

Buss-skuret trekker en effekt på 428 W. Her er det 4 lysrør på ca 1,5 m.

## VEDLEGG B3 (5)

<b>Brøsetveien</b>							
		<b>Effekt [W]</b>	<b>Spenning [V]</b>	<b>Strøm [A]</b>	<b>Faser</b>	<b>Avstand</b>	<b>Merkeeffekter</b>
Brøsetveien	Mast 1	176	232,4	1,17	L1-L2	40	150
Brøsetveien	Mast 2	174	231,8	1,23	L1-L2	40	150
Brøsetveien	Mast 3	171	230,9	1,43	L1-L2	40	150
Brøsetveien	Mast 4	172	229,7	1,06	L1-L2	40	150
Brøsetveien	Mast 5	160	229,2	0,74	L1-L2	40	150
Brøsetveien	Buss-skur	428	229,2	1,9	L1-L2		
Brøsetveien	Mast 6	165	228,3	0,9	L1-L2	40	150
Brøsetveien	Mast 7	166	228,2	1	L1-L2	40	150
	<b>Totalt</b>	<b>1612</b>					
		169,1	230,1				1050



## VEDLEGG B4 (1)

## Undersøkelse av veilyss

Dato:	28.03.2007
Utført av:	Anders, Svein og Runar

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert i trafokiosk
Adresse	Fiolsvingen 7050 Trondheim

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	1984
Kabel	PFSP
Tverrsnitt	3 * 16 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Lengde	2 m
System	IT
Jordleder	
Sikring/Vern	125 A Høyeffekt

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	-1984
Styring	Kontaktorstyring
Sikringer/Vern	
Plassering	I trafokiosk

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	
Kabel	
Tverrsnitt	2 x 16 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - Cu
Lengde	600
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/vern	32 A Automat - Siemens

## VEDLEGG B4 (2)

<b>Mast</b>	
Antall	29 (15 i fiolsvingen + 14 i tverrgater)
Monteringsår	Forskjellig (noe fra 2000)
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	8 m. og 5 m. i tverrgater
Masteavstand	40 m.
Jording	i mast

<b>Armaturo</b>	
Antall	29
Produksjonsår	Forskjellig (noe fra 2000)
Type/Fabrikat	
Modell	
Merkeeffekt	11 x 150 W, 4 x 70 W og 14 x 100 W
Ballast	konvensjonell
Sikring/Vern	Automat
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	150 W, 100 W og 70 W
Merke/Type	Høytrykknatrium

<b>Andre kommentarer</b>	På denne kursen er det tre ulike effekter. 11 armaturer på 150 W, 14 armaturer på 100 W og 4 armaturer på 70 W. Se figur for oversikt over plassering. 70 W armaturene er på enden av kursen.
--------------------------	---

## VEDLEGG B4 (3)

**Effektanalyse av Veilyskurs**

Undersøkelse:	Fiolsvingen			
Dato:	28.03.2007			
Utført av:	Anders, Svein og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning				237,2
Ampere				18,13
Hertz				
Effekt				3,65
Reaktiv Effekt				2,65
Tilsynelatende Effekt				4,3
Effektfaktor, PF	0,85			
Cos $\varphi$	0,85			
THD % r	17,3			
rms A	18,14			
KF	1,5			

## Harmonics

DC	1h	3h	5h	7h	9h
	17,89	2,86	0,26	1	0,08

11h	13h	15h	17h	19h	21h
0,61					



## VEDLEGG B4 (4)

**Mastmålig**

Dato:	28.03.2007
Utført av:	Anders R., Svein S. og Runar J (TEV)

Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	Fiolsvingen, 7050 Trondheim

Type mast:	Stål
Høyde:	8 m. og 5 m. på tverrgater
Armatur:	
Lampe:	Høytrykknatrium, 150 W, 100 W og 70 W
Tegn:	ingen

	Mast nr. 1	Mast nr. X	Mast nr. Y	Mast A
Spenning [V]:	234,3	222,4	220,3	221,1
Strøm [A]:	0,813	0,637	0,746	0,714
Effekt [W]:	170	102	100	101
Effektfaktor:	0,89	0,72	0,61	0,64
Cos phi:	0,9	0,72	0,9	0,83
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	17,6	15,4	20,92	17,7

	Mast nr. 28	Mast nr. 29		
Spenning:	221	220,5		
Strøm:	0,461	0,896		
Effekt:	64 W	62 W		
Effektfaktor:	0,62	0,31		
Cos phi:	0,92	0,3		
Fase:	L1-L2	L1-L2		
THD:	25,9	7,7		

**Komentarer:**

Mast nr. 1: Masten som er nærmest trafokiosken og tennskapet.

Mast nr X: Masten som er innerst på denne kursen i Prestekrageveien (tverrgate)

Mast nr Y: Masten som er ytterst på denne kursen i Prestekrageveien (tverrgate)

Mast A : Masten som er ytterst på denne kursen i Kornblomstveien (tverrgate)

Mast 28 og 29 er de to mastene på enden av kursen i fiolsvingen

Det kan stilles spørsmål om det er brukt elektronisk forkobling eller konvensjonell. Men elektroniske forkoblinger kjennetegnes ved at de har cos

## VEDLEGG B4 (5)

		Merkeeffekt [W]	Effekt [W]		Spenning [V]
Fiolsvingen	Mast A1	150	170	målt	234,2
Fiolsvingen	Mast A2	150	170	estimert	233
Fiolsvingen	Mast A3	150	170	estimert	232
Fiolsvingen	Mast A4	150	170	estimert	231
Fiolsvingen	Mast A5	150	170	estimert	230
Fiolsvingen	Mast A6	150	160	estimert	225
Fiolsvingen	Mast A7	150	160	estimert	224,5
Fiolsvingen	Mast A8	150	160	estimert	224
Fiolsvingen	Mast A9	150	155	estimert	223,5
Fiolsvingen	Mast A10	150	155	estimert	223
Fiolsvingen	Mast A11	150	155	estimert	222,5
Kornblomstveien	Mast B1	100	106	estimert	225,5
Kornblomstveien	Mast B2	100	105	estimert	225
Kornblomstveien	Mast B3	100	105	estimert	224,5
Kornblomstveien	Mast B4	100	104	estimert	224
Kornblomstveien	Mast B5	100	104	estimert	223,5
Kornblomstveien	Mast B6	100	103	estimert	223
Kornblomstveien	Mast B7	100	103	estimert	222,5
Kornblomstveien	Mast B8	100	102	estimert	222
Kornblomstveien	Mast B9	100	102	estimert	221,5
Kornblomstveien	Mast B10	100	101	målt	221,1
Prestekrageveien	Mast C1	100	100	målt	222,4
Prestekrageveien	Mast C2	100	100	estimert	221
Prestekrageveien	Mast C3	100	100	estimert	221
Prestekrageveien	Mast C4	100	102	målt	220,3
Fiolsvingen	Mast D1	70	64	estimert	222
Fiolsvingen	Mast D2	70	64	estimert	221,5
Fiolsvingen	Mast D3	70	64	målt	221
Fiolsvingen	Mast D4	70	62	målt	220,5
	<b>Total</b>	3330	3486		
	<b>Gjennomsnitt</b>		120,21		224,31

VEDLEGG B4 (6)



## VEDLEGG B5 (1)

## Undersøkelse av veilys

Dato:	27.03.2007
Utført av:	Anders og Runar (TEV)

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert i Trafokiosk
Adresse	Henrik Ourens Vei 7048 Trondheim

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	1996
Kabel	Ledning
Tverrsnitt	3 x 16 mm <sup>2</sup>
Type	PN - Cu
Lengde	0,5 m
System	IT
Jordleder	
Sikring/Vern	63 A kortslutningsvern

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	1996
Styring	Kontaktorstyring
Sikringer/Vern	32 A Merlin Gerin Automat
Plassering	Tennskapet er plassert i Trafokiosk

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	
Kabel	
Tverrsnitt	2 x 10 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Lengde	400 m
System	IT
Jordleder	nei
Sikring/vern	32 A Merlin Gerin Automat

## VEDLEGG B5 (2)

<b>Mast</b>	
Antall	11
Monteringsår	1990
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - Cu
Masthøyde	5 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i mast

<b>Armatur</b>	
Antall	11
Produksjonsår	1990
Type/Fabrikat	Philips
Modell	
Merkeeffekt	150 W og 100 W
Ballast	konvensjonell
Sikring/Vern	10 A Patron
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	100 W
Merke/Type	Høytrykknatrium

## VEDLEGG B5 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	Henrik Ourens Vei			
Dato:	27.03.2007			
Utført av:	Anders og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning				236,1
Ampere				8,43
Hertz	50	50		
Effekt				1420
Reaktiv Effekt				1410
Tilsynelatende Effekt				2000
Effektfaktor, PF	0,71			
Cos $\varphi$	0,72			
THD % r	15,5			
rms A	8,43			
KF	1,7			

## Harmonics

	1h	3h	5h	7h	9h
	8,29	1,13	0,05	0,47	0,11

11h	13h	15h	17h	19h	21h
0,29	0,18		0,1	0,11	

## VEDLEGG B5 (4)

**Mastmålig**

Dato:	27.03.2007
Utført av:	Anders R. og Runar J (TEV)

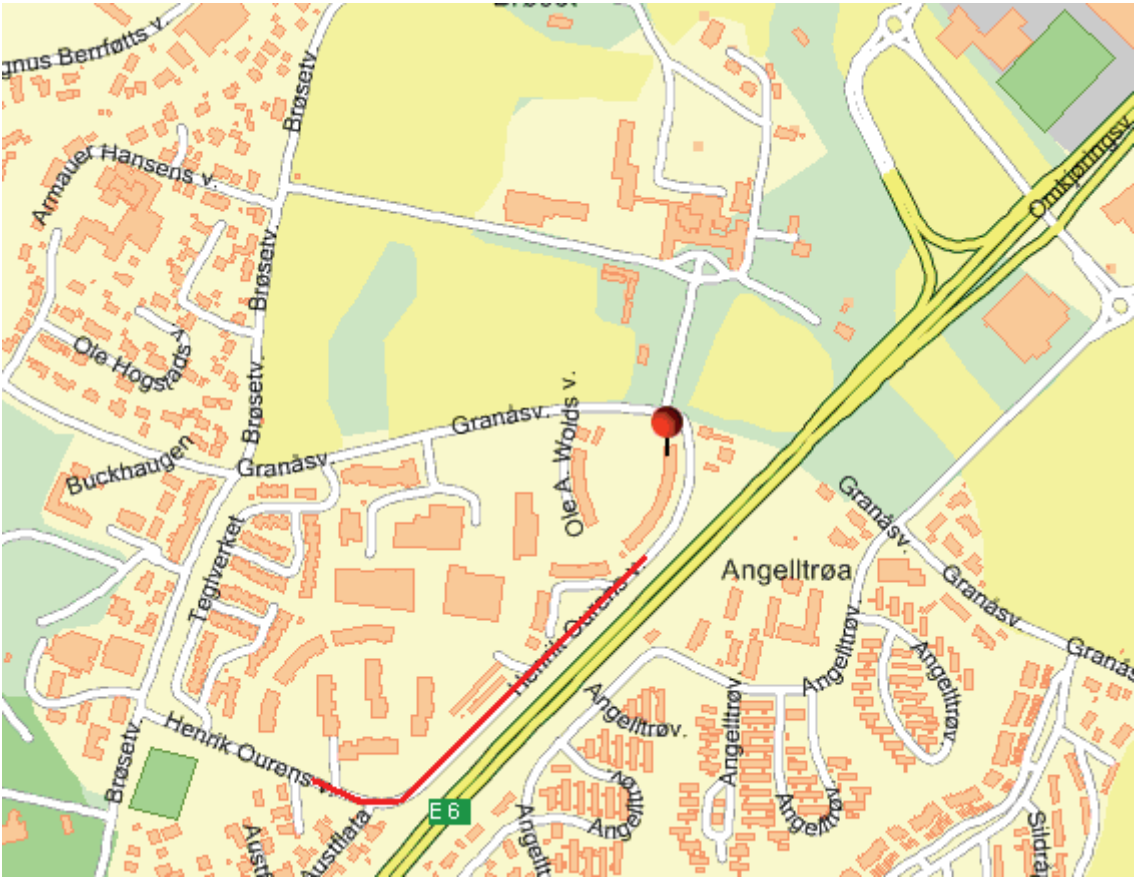
Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	Henrik Ourens Vei, 7048 Trondheim

Type mast:	Stål
Høyde:	5 m
Armatyr:	Philips
Lampe:	Høytrykknatrium, 100 W
Tegn:	ingen

	Mast nr. 1	Mast nr. 6	Mast nr. 11	
Spenning [V]:	237,5	231,9	230,6	
Strøm [A]:	0,775	0,711	0,723	
Effekt [W]:	117	116	114	
Effektfaktor:	0,64	0,7	0,68	
Cos phi:	0,71	0,76	0,71	
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	
THD:	16,8	17,4	16,8	

<b>Henrik Ourens Vei</b>								
		Effekt [W]	Spenning [V]	Strøm [A]	Faser	Avstand		Merkeeffekt
Henrik Ourens vei	Mast 1	117	237,5	0,775	L1-L2	40	målt	100
Henrik Ourens vei	Mast 2	117	237		L1-L2	40	estimert	100
Henrik Ourens vei	Mast 3	117	236		L1-L2	40	estimert	100
Henrik Ourens vei	Mast 4	116	234		L1-L2	40	estimert	100
Henrik Ourens vei	Mast 5	116	233		L1-L2	40	estimert	100
Henrik Ourens vei	Mast 6	116	231,9	0,711	L1-L2	40	målt	100
Henrik Ourens vei	Mast 7	116	231		L1-L2	40	estimert	100
Henrik Ourens vei	Mast 8	115	231		L1-L2	40	estimert	100
Henrik Ourens vei	Mast 9	115	231		L1-L2	40	estimert	100
Henrik Ourens vei	Mast 10	114	231		L1-L2	40	estimert	100
Henrik Ourens vei	Mast 11	114	230,6	0,723	L1-L2	40	målt	100
	<b>Totalt</b>	<b>1273</b>						
	Gjennomsnitt	231,5	233,1					1100

VEDLEGG B5 (5)





## VEDLEGG B6 (1)

## Undersøkelse av veilyd

Dato:	15.03.2007
Utført av:	Anders, Svein og Runar

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert ved siden av Høgskolebrua
Adresse	Øvre allé 7030 Trondheim

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	
Kabel	
Tverrsnitt	
Type	
Lengde	
System	IT
Jordleder	
Sikkring/Vern	

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	
Styring	Kontaktorstyring
Sikringer/Vern	
Plassering	Ved siden av Høgskolebroa

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	
Kabel	
Tverrsnitt	3 x 10 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Lengde	650 m.
System	IT
Jordleder	nei
Sikring/vern	35 A Smeltesikring

## VEDLEGG B6 (2)

<b>Mast</b>	
Antall	22
Monteringsår	1999 ?
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	8 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i mast

<b>Armatur</b>	
Antall	22
Produksjonsår	1999
Type/Fabrikat	Siemens
Modell	
Merkeeffekt	150 W
Ballast	konvensjonell
Sikring/Vern	Automat
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	150 W
Merke/Type	Høytrykknatrium

## VEDLEGG B6 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	Høgskoleringen			
Dato:	15.03.2007			
Utført av:	Anders, Svein og Runar (TEV)			
	<b>Fase 3</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 1</b>	<b>Total</b>
Spenning	129,3	136,3	129,1	
Ampere	6,6	10,08	10,27	
Hertz	50	50	50	
Effekt	0,79	1,35	1,1	3,24
Reaktiv Effekt	0,33	1,26	0,73	2,32
Tilsynelatende Effekt	0,85	1,37	1,33	3,55
Effektfaktor, PF	0,92	0,98	0,83	
Cos $\varphi$	0,93	0,99	0,85	
THD % r	5,9	7,9	7,5	
rms A	6,6	10,1	10,29	
KF	1,2	1,2	2,1	

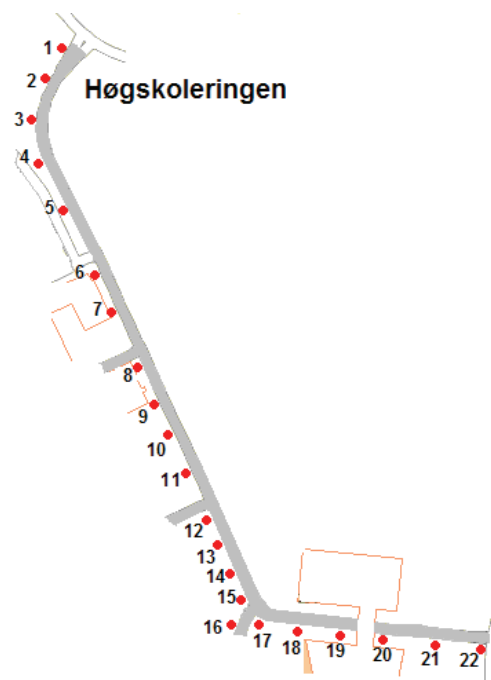
## Harmonics

DC	1h	3h	5h	7h	9h
Fase 3		0,1	0,21	0,28	
Fase 2		0,65	0,29	0,36	
Fase 1		0,57	0,42	0,3	

11h	13h	15h	17h	19h	21h

## VEDLEGG B6 (4)

Høgskoleringen							
		Effekt [W]	Spenning [V]	Strøm [A]	Faser	Avstand	Merkeeffekt
Høgskoleringen	Mast 1	160	227	0,828	L1-L2	20	150
Høgskoleringen	Mast 2	154	223,6	0,738	L1-L3	50	150
Høgskoleringen	Mast 3	154	224,1	0,756	L2-L3	80	150
Høgskoleringen	Mast 4	152	221	0,709	L1-L2	110	150
Høgskoleringen	Mast 5	140	219,8	0,765	L1-L2	140	150
Høgskoleringen	Mast 6	138	218,4	0,738	L1-L2	170	150
Høgskoleringen	Mast 7	139	217,7	0,687	L1-L2	200	150
Høgskoleringen	Mast 8	141	221	0,735	L1-L3	230	150
Høgskoleringen	Mast 9	147	220,7	0,725	L1-L3	260	150
Høgskoleringen	Mast 10	129	215,8	0,682	L1-L2	290	150
Høgskoleringen	Mast 11	135	218,2	0,714	L2-L3	320	150
Høgskoleringen	Mast 12	137	218,1	0,69	L1-L3	350	150
Høgskoleringen	Mast 13	130	213,8	0,676	L1-L2	380	150
Høgskoleringen	Mast 14	133	218,7	0,702	L2-L3	410	150
Høgskoleringen	Mast 15	133	218	0,697	L1-L3	440	150
Høgskoleringen	Mast 16	131	214,6	0,671	L1-L2	470	150
Høgskoleringen	Mast 17	130	218,4	0,672	L2-L3	500	150
Høgskoleringen	Mast 18	123	214,1	0,755	L1-L2	530	150
Høgskoleringen	Mast 19	127	213,8	0,654	L1-L2	560	150
Høgskoleringen	Mast 20	142	217,6	0,707	L2-L3	590	150
Høgskoleringen	Mast 21	126	218,1	0,686	L1-L3	620	150
Høgskoleringen	Mast 22	128	213	0,675	L1-L2	650	150
	<b>Totalt</b>	<b>3029</b>					<b>3300</b>
	Gjennomsnitt	137,7	218,4				



## VEDLEGG B7 (1)

## Undersøkelse av veilyd

Dato:	13.04.2007
Utført av:	Anders, Svein og Runar

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert i trafokiosk
Adresse	Jonsvannsveien v/435 7059 Jakobsli ved 435

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	[1990]
Kabel	
Tverrsnitt	3 * 16 mm <sup>2</sup>
Type	IXXI, Dobbeltisolert PN
Lengde	1 m.
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/Vern	125 A Høyeffekt

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	[1990]
Styring	kontaktorstyring
Sikringer/Vern	32 A automat, Siemens
Plassering	i trafokiosk

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	[1990]
Kabel	
Tverrsnitt	3 x 10 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - Cu
Lengde	
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/vern	32 A automat, Siemens

## VEDLEGG B7 (2)

<b>Mast</b>	
Antall	26
Monteringsår	[1990]
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	14 x 10 m. og 11 x 8 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i kabelskjerm

<b>Armatur</b>	
Antall	26
Produksjonsår	[1990]
Type/Fabrikat	Siemens
Modell	
Merkeeffekt	14 x 250 W. 9 x 150 W. 2 x 100 W.
Ballast	konvensjonell
Sikring/Vern	10 A patron
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	250 W 150 W 100 W
Merke/Type	Høytrykknatrium, HPS

<b>Andre kommentarer</b>	<b>Det er jordfeil et sted i dette systemet. Jordfeilen er ikke på veilyskursen.</b>
--------------------------	--

## VEDLEGG B7 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	Jonsvannsveien			
Dato:	13.04.2007			
Utført av:	Anders, Svein og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning	231,8	0,8	237,7	
Ampere	23,9	22,45	4,52	
Hertz	50	50	50	
Effekt	5300	11,5	373	5684,5
Reaktiv Effekt	1530	11,3	800	2341,3
Tilsynelatende Effekt	5520	15,7	1050	6585,7
Effektfaktor, PF	0,96	0,75	0,36	
Cos $\phi$	0,96	0,63	0,34	
THD % r	11	12,2	10,4	
rms A	23,94	22,5	4,53	
KF	1,2	1,3	4	

## Harmonics

	1h	3h	5h	7h	9h
Fase 1	4,5	0,049	0,146	0,293	
Fase 2	22,37	2,47	0,32	0,9	
Fase 3	23,8	2,48	0,4	0,8	

11h	13h	15h	17h	19h	21h

## VEDLEGG B7 (4)

**Mastmålig**

Dato:	13.04.2007
Utført av:	Anders R., Svein S. og Runar J (TEV)

Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	Jonsvannsveien

Type mast:	Stål
Høyde:	12 m. og 8 m.
Armaturl:	Siemens
Lampe:	Høytrykknatrium, NaH
Tegn:	Rød sirkel (250 W) og rød firkant (150 W)

	Mast nr. 1	Mast nr. 2	Mast nr. 5	Mast nr. C1
Spenning [V]:	227,2	228,2	228,3	209,2
Strøm [A]:	1,28	1,28	2,55	0,71
Effekt [W]:	282	263	284	135
Effektfaktor:	0,97	0,9	0,49	0,91
Cos phi:	1	0,91	0,5	0,93
Fase:	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-L2
THD:	22,4	17,5	8,9	15,6

	Mast nr. C4	Mast nr. B1	Mast nr. B7	Mast nr. 23
Spenning:	208,4	198,9	196,6	198
Strøm:	0,521	0,46	0,75	2,39
Effekt:	75	70	121	201
Effektfaktor:	0,69	0,76	0,82	0,43
Cos phi:	0,71	0,78	0,83	0,44
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	13	13,5	13	7,1

	Mast nr. 24	Mast nr. 25	Mast nr. 26	
Spenning:	198	197,6	197,5	
Strøm:	1,04	0,99	1	
Effekt:	203	190	192	
Effektfaktor:	0,98	0,97	0,97	
Cos phi:	1	0,99	0,99	
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	
THD:	15,4	16,7	17,1	

**Kommentarer:**

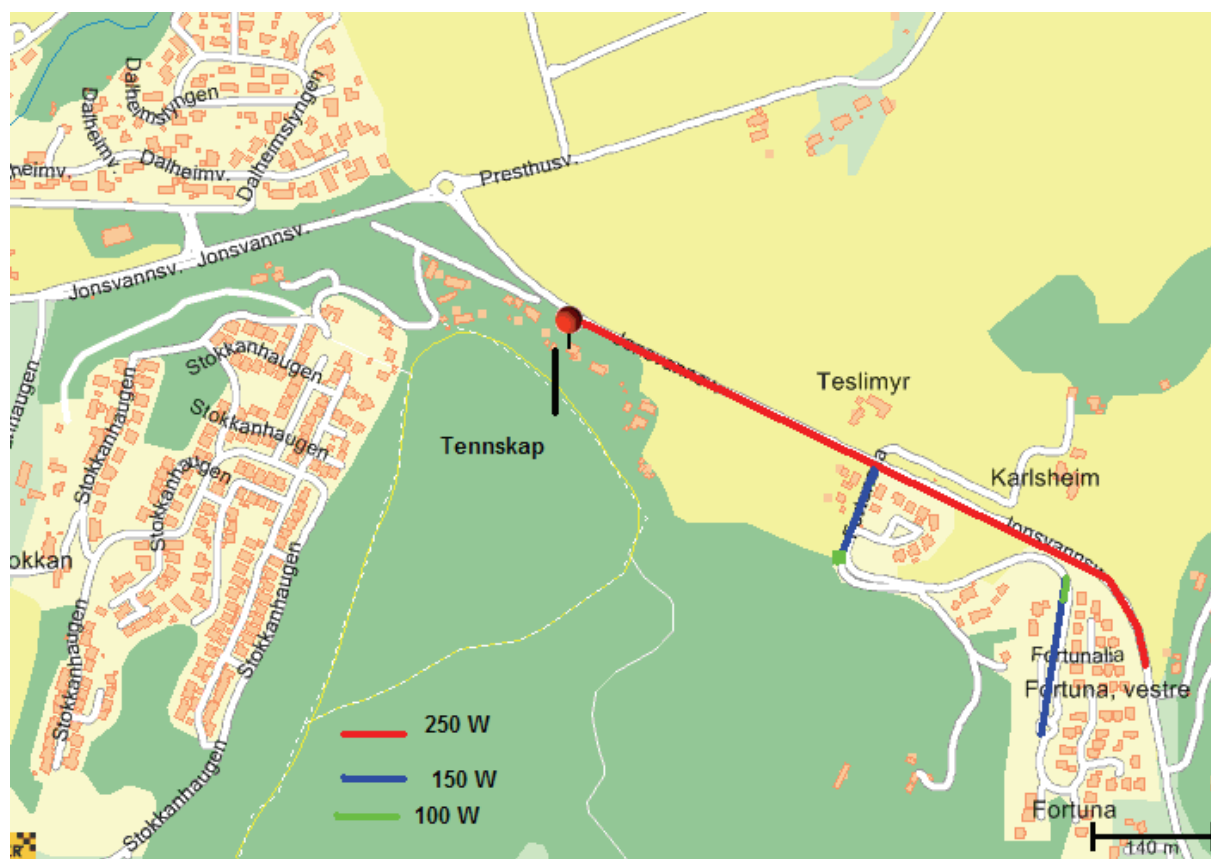
På denne kursen er det 250 W armaturer på hovedveien, mens det er 2 tverrgater som henger på hvor det er 150 W armaturer. Den nederste armaturen, nærmest hovedgaten, i tverrgate B (Fortuna vestre) er det 100 W armatur, eller en defekt 150 W armatur. Den øverste armaturen i tverrgate C er 100 W. Se kart.



## VEDLEGG B7 (5)

Jonsvannsveien								
		Effekt [W]	Spenning [V]	Strøm [A]	Faser	Avstand		Merkeeffekt [W]
Jonsvannsveien	Mast 1	282	227,2		L1-L2	40	målt	250
Jonsvannsveien	Mast 2	263	228,2		L1-L3	40	målt	250
Jonsvannsveien	Mast 3	275	228			40	estimert	250
Jonsvannsveien	Mast 4	275	228			40	estimert	250
Jonsvannsveien	Mast 5	284	228,3		L2-L3	40	målt	250
Jonsvannsveien	Mast 6	275	225			40	estimert	250
Jonsvannsveien	Mast 7	275	220			40	estimert	250
Jonsvannsveien	Mast 8	250	215			40	estimert	250
Jonsvannsveien	Mast 9	250	210			40	estimert	250
Jonsvannsveien	Mast 10	225	205			40	estimert	250
Jonsvannsveien	Mast 11	225	200			40	estimert	250
Jonsvannsveien	Mast 12	201	198		L1-L2	40	målt	250
Jonsvannsveien	Mast 13	203	198		L1-L2	40	målt	250
Jonsvannsveien	Mast 14	190	197,6		L1-L2	40	målt	250
Jonsvannsveien	Mast 15	192	197,5		L1-L2	40	målt	250
Jonsvannsveien	Mast C1	135	209,2		L1-L2	40	målt	150
Jonsvannsveien	Mast C2	135	209			40	estimert	150
Jonsvannsveien	Mast C3	135	209			40	estimert	150
Jonsvannsveien	Mast C4	75	208,4		L1-L2	40	målt	100
Jonsvannsveien	Mast B1	70	198,9		L1-L2	40	målt	100
Jonsvannsveien	Mast B2	130	198			40	estimert	150
Jonsvannsveien	Mast B3	130	198			40	estimert	150
Jonsvannsveien	Mast B4	130	198			40	estimert	150
Jonsvannsveien	Mast B5	130	197			40	estimert	150
Jonsvannsveien	Mast B6	130	197			40	estimert	150
Jonsvannsveien	Mast B7	121	196,6		L1-L2	40	målt	150
	<b>Totalt</b>	<b>4605</b>						5300
	Gjennomsnitt	191,8	208,65					

VEDLEGG B7 (5)



## VEDLEGG B8 (1)

## Undersøkelse av veilyd

Dato:	28.03.2007
Utført av:	Anders, Svein og Runar

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert ved siden av trafokiosk
Adresse	Okstad park syd 70XX Trondheim

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	2007
Kabel	
Tverrsnitt	4 * 50 mm <sup>2</sup>
Type	TPXP
Lengde	45 m.
System	TN-S
Jordleder	
Sikring/Vern	50 A automat

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	2007
Styring	Kontaktorstyring
Sikringer/Vern	20 A automat
Plassering	ved siden av trafokiosk

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	2007
Kabel	
Tverrsnitt	4 x 25 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - AI
Lengde	
System	TN-S
Jordleder	Ja
Sikring/vern	20A automat

**VEDLEGG B8 (2)**

<b>Mast</b>	
Antall	13
Monteringsår	2007
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	5 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i mast ????

<b>Armatur</b>	
Antall	13
Produksjonsår	2007
Type/Fabrikat	Philips
Modell	SGS 203
Merkeeffekt	70 W
Ballast	elektronisk
Sikring/Vern	10 A patron
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	70 W
Merke/Type	Høytrykknatrium / Nav-T

<b>Andre kommentarer</b>	<b>Denne kursen er fra et helt nytt anlegg.</b>
--------------------------	---

## VEDLEGG B8 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	Okstad park syd			
Dato:	28.03.2007			
Utført av:	Anders, Svein og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning	236,8	236,9	236,7	
Ampere	1,98	1,6	1,62	
Hertz				
Effekt	455	370	370	1195
Reaktiv Effekt	112	93	96	301
Tilsynelatende Effekt	469	381	383	1233
Effektfaktor, PF	0,97	0,97	0,97	
Cos $\varphi$	1	1	1	
THD % r	23,4	24,3	23,8	
rms A	1,98	1,91	1,61	
KF	4,4	5,5	5,6	

## Harmonics

DC	1h	3h	5h	7h	9h
0,096	1,925	0,375	0,04	0,199	0,027
0,07	1,556	0,306	0,016	0,175	0,02
0,08	1,565	0,314	0,012	0,155	0,036

11h	13h	15h	17h	19h	21h
0,13	0,06				
0,106	0,025				
0,11	0,045				

## VEDLEGG B8 (4)

**Mastmålig**

Dato:	28.03.2007
Utført av:	Anders R., Svein S. og Runar J (TEV)

Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	Okstad park syd

Type mast:	Stål
Høyde:	5 m.
Armatur:	
Lampe:	Høytrykknatrium, 70 W Nav-T, Osram
Tegn:	

	Mast nr. 1	Mast nr. 2	Mast nr. 3	Mast nr. 4
Spenning [V]:	236,7	236,7	236,3	236,2
Strøm [A]:	0,404	0,395	0,408	0,408
Effekt [W]:	93	91	93	93
Effektfaktor:	0,97	0,97	0,97	0,96
Cos phi:	1	1	1	1
Fase:	L1	L2	L3	L3
THD:	22,4	23,8	23,4	23,5

	Mast nr. 5	Mast 6	Mast nr. 7	Mast nr. 8
Spenning:	236,5	236	235,7	236,5
Strøm:	0,397	0,39	0,4	0,397
Effekt:	91	90	91	91
Effektfaktor:	0,97	0,97	0,97	0,97
Cos phi:	1	1	1	1
Fase:	L2	L1	L1	L2
THD:	23,6	23,2	23,2	23,6

	Mast nr. 9	Mast nr. 10	Mast nr. 11	Mast nr. 12
Spenning:	236,1	236	236,2	235,4
Strøm:	0,397	0,4	0,401	0,394
Effekt:	91	89	91	90
Effektfaktor:	0,97	0,94	0,96	0,97
Cos phi:	1	1	1	1
Fase:	L3	L3	L2	L1
THD:	23,6	23,6	23,6	23,1

	Mast nr. 13			
Spenning:	235,3			
Strøm:	0,393			
Effekt:	90			
Effektfaktor:	0,97			
Cos phi:	1			
Fase:	L1			
THD:	22,8			

## VEDLEGG B8 (5)

<b>Okstad Park Syd</b>							
		<b>Effekt [W]</b>	<b>Spenning [V]</b>	<b>Strøm [A]</b>	<b>Faser</b>	<b>Avstand</b>	<b>Merkeeffekt</b>
Okstad park syd	Mast 1	93	236,7	0,4	L1	40	70
Okstad park syd	Mast 2	91	236,7	0,4	L2	80	70
Okstad park syd	Mast 3	93	236,3	0,41	L3	120	70
Okstad park syd	Mast 4	93	236,2	0,41	L3	160	70
Okstad park syd	Mast 5	91	236,5	0,4	L2	200	70
Okstad park syd	Mast 6	90	236	0,4	L1	240	70
Okstad park syd	Mast 7	91	235,7	0,4	L1	280	70
Okstad park syd	Mast 8	91	236,5	0,4	L2	320	70
Okstad park syd	Mast 9	91	236,1	0,4	L3	360	70
Okstad park syd	Mast 10	89	236	0,4	L3	400	70
Okstad park syd	Mast 11	91	236,2	0,4	L2	440	70
Okstad park syd	Mast 12	90	235,4	0,39	L1	480	70
Okstad park syd	Mast 13	90	235,3	0,39	L1	520	70
Gjennomsnitt		91,1	236,1				
<b>Totalt</b>		<b>1184</b>					910

## VEDLEGG B9 (1)

## Undersøkelse av veilyks

Dato:	13.04.2007
Utført av:	Anders, Svein og Runar

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert i skap på fortaug
Adresse	St. Olavs hospital 7012 Trondheim Edvard Griegs gate

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	2006
Kabel	
Tverrsnitt	3 * 10 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - Cu
Lengde	-
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/Vern	125 A Høyeffekt

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	2006
Styring	kontaktorstyring
Sikringer/Vern	32 A automat, ABB
Plassering	på fortaug

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	2006
Kabel	
Tverrsnitt	3 x 10 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - Cu
Lengde	
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/vern	32 A automat, ABB



## VEDLEGG B9 (2)

<b>Mast</b>	
Antall	20
Monteringsår	2006
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	12 x 8 m. og 8 x 4 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i kabelskjerm

<b>Armatyr</b>	
Antall	20
Produksjonsår	2006
Type/Fabrikat	København / Philips
Modell	
Merkeeffekt	12 x 165 W og 8 x 55 W
Ballast	HF
Sikring/Vern	10 A patron
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	12 x 165 W og 8 x 55 W
Merke/Type	Induksjonslampe QL

<b>Andre kommentarer</b>	Det er jordfeil et sted i dette systemet. Jordfeilen er ikke på veilyskursen. Det er en armatur som ikke lyser (55 W)
--------------------------	--

## VEDLEGG B9 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	St. Olav			
Dato:	13.04.2007			
Utført av:	Anders, Svein og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning	225,5	1,44	225,5	
Ampere	5,88	9,33	5,45	
Hertz	50	50	50	
Effekt	1310	11	1220	2541
Reaktiv Effekt	200		87	287
Tilsynelatende Effekt	1330		1230	2560
Effektfaktor, PF	0,99	0,89	1	
Cos $\varphi$	0,99	0,88	1	
THD % r	9,2	5,5	6,8	
rms A	5,89	9,33	5,44	
KF	1,1	1,1	1,1	

## Harmonics

	1h	3h	5h	7h	9h
Fase 1	5,9	0,16	0,12	0,08	
Fase 2	9,31	0,4	0,25	0,12	
Fase 3	5,44	0,32	0,154	0,084	

## VEDLEGG B9 (4)

**Mastmålig**

Dato:	13.04.2007
Utført av:	Anders R., Svein S. og Runar J (TEV)

Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	St. Olav

Type mast:	Stål
Høyde:	4 m. og 8 m.
Armatur:	Philips København
Lampe:	Induksjonslampe, QL
Tegn:	

	Mast nr. A1	Mast nr. A2	Mast nr. A5	Mast nr. A11
Spenning [V]:	223,6	223,9	220,8	218,9
Strøm [A]:	0,63	0,62	0,67	0,63
Effekt [W]:	138	137	146	137
Effektfaktor:	0,98	0,99	0,99	0,99
Cos phi:	1	0,99	1	1
Fase:	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-L2
THD:	7,7	7,8	7,1	6,8

	Mast nr. A12	Mast nr. B1	Mast nr. B2	Mast nr. B8
Spenning:	220,5	224,5	221,1	216
Strøm:	0,64	0,24	0,28	0,26
Effekt:	139	54	60	55
Effektfaktor:	0,99	0,98	0,95	0,99
Cos phi:	0,99	0,99	1	0,99
Fase:	L1-L3	L2-L3	L1-L2	L1-L2
THD:		9,9	9,8	10,5

## Kommentarer:

A = Store master (8 m) og armatureffekt på 165 W

B = Små master (4 m) og armatureffekt på 55 W

## VEDLEGG B9 (5)

<b>St. Olav</b>								
		<b>Effekt [W]</b>	<b>Spenning [V]</b>	<b>Strøm [A]</b>	<b>Faser</b>	<b>Avstand</b>		<b>Merkeeffekter [W]</b>
St Olav	Mast A1	138	223,6	0,63	L1-L2	40	målt	165
St Olav	Mast A2	137	223,9	0,62	L1-L3	40	målt	165
St Olav	Mast A3	140	223			40	estimert	165
St Olav	Mast A4	140	222			40	estimert	165
St Olav	Mast A5	146	220,8	0,67	L2-L3	40	målt	165
St Olav	Mast A6	140	220			40	estimert	165
St Olav	Mast A7	140	220			40	estimert	165
St Olav	Mast A8	140	220			40	estimert	165
St Olav	Mast A9	140	220			40	estimert	165
St Olav	Mast A10	140	219			40	estimert	165
St Olav	Mast A11	137	218,9	0,63	L1-L2	40	målt	165
St Olav	Mast A12	139	220,5	0,64	L1-L3	40	målt	165
St Olav	Mast B1	54	224,5	0,28	L1-L2	40	målt	55
St Olav	Mast B2	60	221,1	0,26	L1-L2	40	målt	55
St Olav	Mast B3	55	220			40	estimert	55
St Olav	Mast B4	55	220			40	estimert	55
St Olav	Mast B5	0	219			40	Mørk	55
St Olav	Mast B6	55	218			40	estimert	55
St Olav	Mast B7	55	217			40	estimert	55
St Olav	Mast B8	55	216	0,26	L1-L2	40	målt	55
<b>Totalt</b>		<b>2066</b>						<b>2420</b>
<b>Gjennomsnitt</b>		<b>108,7</b>	<b>220,4</b>					

## VEDLEGG B10 (1)

## Undersøkelse av veilyd

Dato:	13.04.2007
Utført av:	Anders, Svein og Runar

Beskrivelse av målepunkt.	Tennskapet er plassert ved siden av trafokiosk
Adresse	Stokkanhaugen 7048 Trondheim ved 125

<b>Forsyning til tennskap:</b>	
Monteringsår	1988-89
Kabel	PFSP - Cu
Tverrsnitt	3 * 16 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Lengde	3m.
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/Vern	100 A Høyeffekt

<b>Tennskap</b>	
Monteringsår	1988-89
Styring	Fotocelle, lokal
Sikringer/Vern	35 A patron
Plassering	ved siden av trafokiosk

<b>Forsyning fra tennskap:</b>	
Monteringsår	1988-89
Kabel	
Tverrsnitt	2 x 16 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP - Al
Lengde	700
System	IT
Jordleder	Nei
Sikring/vern	35 A patron

**VEDLEGG B10 (2)**

<b>Mast</b>	
Antall	16
Monteringsår	1988-89
Kabel	
Tverrsnitt	1,5 mm <sup>2</sup>
Type	PFSP
Masthøyde	5 m.
Masteavstand	40 m.
Jording	i kabelskjerm

<b>Armatyr</b>	
Antall	16 (1 mørk lampe)
Produksjonsår	[1988]
Type/Fabrikat	
Modell	
Merkeeffekt	125 W
Ballast	konvensjonell
Sikring/Vern	
Jording	

<b>Lyskilde</b>	
Effekt	125 W
Merke/Type	Kvikksølv

<b>Andre kommentarer</b>	Denne kursen er ikke kommunal, men er tatt med fordi den har kvikksølvarmaturer.
--------------------------	--

## VEDLEGG B10 (3)

## Effektanalyse av Veilyskurs

Undersøkelse:	Stokkanhaugen			
Dato:	13.04.2007			
Utført av:	Anders, Svein og Runar (TEV)			
	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Total</b>
Spenning				230,7
Ampere				8,6
Hertz				
Effekt				1,88
Reaktiv Effekt				0,62
Tilsynelatende Effekt				1,98
Effektfaktor, PF	0,95			
Cos $\varphi$	0,96			
THD % r	19,3			
rms A	8,58			
KF	1,7			

## Harmonics

DC	1h	3h	5h	7h	9h
	8,44	1,53	0,29	0,4	

11h	13h	15h	17h	19h	21h
0,25	0,16				

## VEDLEGG B10 (4)

**Mastmålig**

Dato:	13.04.2007
Utført av:	Anders R., Svein S. og Runar J (TEV)

Beskrivelse av målepunkt:	
Adresse:	Stokkanhaugen

Type mast:	Stål
Høyde:	5 m.
Armatyr:	Siemens
Lampe:	Kvikksølv, HQL
Tegn:	Blå firkant

	Mast nr. 2	Mast nr. 3	Mast nr. 4	Mast nr. 5
Spenning [V]:	223,8	220,6	219,8	mørk
Strøm [A]:	0,58	0,62	0,62	
Effekt [W]:	124	119	120	
Effektfaktor:	0,95	0,88	0,9	
Cos phi:	0,97	0,89	0,92	
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	19,5	17,7	17,3	

	Mast nr. 7	Mast nr. 8	Mast nr. 9	Mast nr. 10
Spenning:	217,9	217	217,4	215,7
Strøm:	0,62	0,52	0,56	0,56
Effekt:	114	110	115	116
Effektfaktor:	0,85	0,96	0,94	0,95
Cos phi:	0,85	0,99	0,96	0,97
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	16,8	20,9	19,6	20,3

	Mast nr. 11	Mast nr. 12	Mast nr. 13	Mast nr. 14
Spenning:	215,3	213,2	212,8	212,4
Strøm:	0,56	0,52	0,99	0,55
Effekt:	116	107	116	110
Effektfaktor:	0,93	0,96	0,55	0,95
Cos phi:	0,97	0,99	0,57	0,96
Fase:	L1-L2	L1-L2	L1-L2	L1-L2
THD:	20,2	21	10,6	20

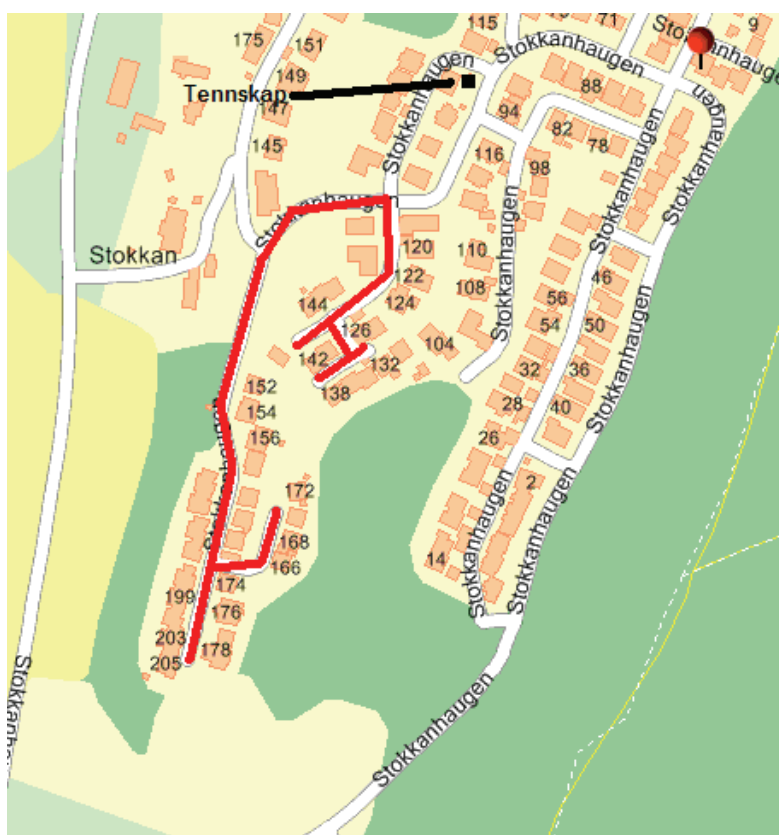
	Mast nr. 15	Mast nr. 16		
Spenning:	212	212,2		
Strøm:	0,6	0,57		
Effekt:	116	115		
Effektfaktor:	0,93	0,94		
Cos phi:	0,95	0,96		
Fase:	L1-L2	L1-L2		
THD:	18,4	19,3		



## VEDLEGG B10 (5)

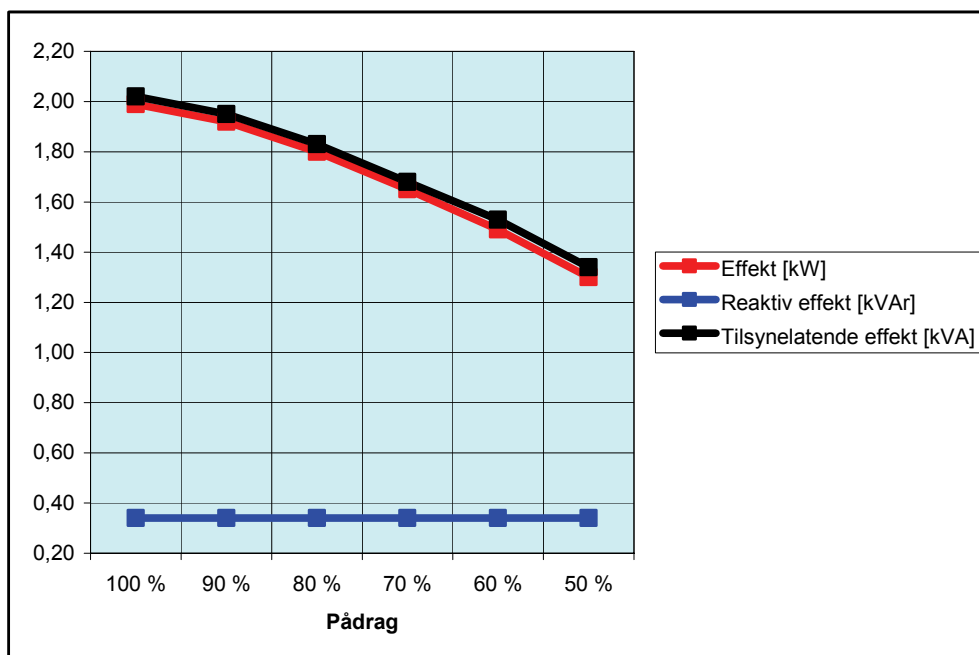
Stokkanhaugen								
		Effekt [W]	Spenning [V]	Strøm [A]	Faser	Avstand	Merkeeffekt [W]	
Stokkanhaugen	Mast 1	125	225		L1-L2	40	125	estimert
Stokkanhaugen	Mast 2	124	223,8	0,58	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 3	119	220,6	0,62	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 4	120	219,8	0,62	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 5				L1-L2	40	125	mørk
Stokkanhaugen	Mast 6	115	219		L1-L2	40	125	estimert
Stokkanhaugen	Mast 7	114	217,9	0,62	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 8	110	217	0,52	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 9	115	217,4	0,56	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 10	116	215,7	0,56	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 11	116	215,3	0,56	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 12	107	213,7	0,52	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 13	116	212,8	0,99	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 14	110	212,4	0,55	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 15	116	212	0,56	L1-L2	40	125	målt
Stokkanhaugen	Mast 16	115	212,2	0,57	L1-L2	40	125	målt
<b>Totalt</b>		<b>1738</b>					2000	
<b>Gjennomsnitt</b>			216,9733333					

Kommentarer: Mast 1 kunne ikke måles da den var midt i en hekk. Mast 6 kunne ikke måles pga. innebygging. Mast 7 og 8 er avstikkere fra mast 9 (egen avgreining) .Mast 3 og 4 er avstikkere fra mast 5.



## VEDLEGG B11 (1)

<b>Måleresultater fra Testanlegg (NTNU)</b>						
Forsøk nr.	12 (21. februar 2007)					
	<b>Pådrag</b>					
	<b>100 %</b>	<b>90 %</b>	<b>80 %</b>	<b>70 %</b>	<b>60 %</b>	<b>50 %</b>
Spenning [V]	229,2	229,1	228,9	229,2	229,2	229,3
Strøm [A]	8,81	8,50	7,98	7,34	6,65	5,85
frekvens [Hz]	50	50	50	50	50	50
Effekt [kW]	1,99	1,92	1,80	1,65	1,49	1,30
Reaktiv effekt [kVAr]	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Tilsynelatende effekt [kVA]	2,02	1,95	1,83	1,68	1,53	1,34
Effektfaktor	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97
Cos $\phi$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
DC [A]	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
1h [A]	8,77	8,46	7,94	7,29	6,59	5,81
3h [A]	0,59	0,57	0,57	0,57	0,55	0,53
5h [A]	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,11
7h [A]	0,35	0,32	0,32	0,30	0,29	0,29
9h [A]	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
11h [A]	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08
13h [A]	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
15h [A]	0,19	0,16	0,16	0,15	0,16	0,13
17h [A]	0,16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12
19h [A]	0,16	0,13	0,15	0,16	0,17	0,17
THD [%]	8,9	8,5	9,1	9,8	10,6	11,7
KF	1,6	1,5	1,6	1,7	1,8	2,1



## VEDLEGG B11 (2)

<b>Måleresultater fra Testanlegge (NTNU)</b>											
Forsøk nr.	(26.mai 2007)										
<b>Pådrag: 100%</b>											
	<b>Mast 1</b>	<b>Mast 2</b>	<b>Mast 3</b>	<b>Mast 4</b>	<b>Mast 5</b>	<b>Mast 6</b>	<b>Mast 7</b>	<b>Mast 8</b>	<b>Mast 9</b>	<b>Mast 10</b>	<b>Mast 11</b>
<b>Spenning [V]</b>	223,4	223,2	223,1	223,3	223,5	223,5	224,4	224,4	224	223,8	223,2
<b>Strøm [mA]</b>	740	110	758	758	759	758	760	844	761	770	763
<b>frekvens [Hz]</b>	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
<b>Effekt [W]</b>	164	4	167	168	168	167	168	167	168	170	169
<b>Reaktiv effekt [VAr]</b>	23	17	26	24	25	31	28	89	28	26	25
<b>Tilsynelatende effekt [VA]</b>	166	18	169	169	170	170	170	189	170	172	170
<b>Effektfaktor</b>	0,99	0,24	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,88	0,99	0,99	0,99
<b>Cos <math>\phi</math></b>	1,00		0,99	1,00	0,99	0,99	1,00	0,90	0,99	1,00	1,00
<b>DC [mA]</b>	15		6	51	10	76	49	15	43	23	33
<b>3h [mA]</b>	40		49	40	52	52	53	54	54	52	49
<b>5h [mA]</b>	18		12	18	13	12	13	29	13	12	12
<b>7h [mA]</b>	24		33	25	34	33	33	47	33	32	33
<b>THD [%]</b>	7,5	50,0	8,6	7,3	9,0	9,0	9,2	14,7	9,2	8,6	8,6
<b>KF</b>	1,5		1,6	1,4	1,6	1,6	1,6	7,7	1,6	1,5	1,5
<b>Lyskildetype</b>	NaH	NaH	MH	NaH	MH	MH	NaH	NaH	NaH	NaH	NaH

<b>Måleresultater fra anlegget i høyskoleringen</b>				
Forsøk nr.	(29. mai 2007)			
<b>Pådrag: 100%</b>				
	<b>Tennskap</b>	<b>Mast 1</b>	<b>Mast 7</b>	<b>Mast 11</b>
<b>Spenning [V]</b>	229,8	224,0	224,9	224,4
<b>Strøm [mA]</b>	7670	747	736	749
<b>frekvens [Hz]</b>	50	50	50	50
<b>Effekt [W]</b>	1730	167	164	166
<b>Reaktiv eff</b>	320	23	25	28
<b>Tilsynelatende eff</b>	1760	168	166	168
<b>Effektfaktor</b>	0,98	0,99	0,99	0,99
<b>Cos <math>\phi</math></b>	0,99	1,00	1,00	1,00
<b>DC [mA]</b>	0	8	20	54
<b>3h [mA]</b>	540	41	52	51
<b>5h [mA]</b>	120	17	11	12
<b>7h [mA]</b>	340	24	32	32
<b>THD [%]</b>	9,4	7,3	9,1	8,6
<b>KF</b>	1,9	1,4	1,5	1,5
		NaH	NaH	NaH

## VEDLEGG B11 (3)

<b>Måleresultater fra testanlegget (NTNU)</b>											
Forsøk nr.	(26. mai 2007)										
<b>50 % pådrag</b>											
	<b>Mast 1</b>	<b>Mast 2</b>	<b>Mast 3</b>	<b>Mast 4</b>	<b>Mast 5</b>	<b>Mast 6</b>	<b>Mast 7</b>	<b>Mast 8</b>	<b>Mast 9</b>	<b>Mast 10</b>	<b>Mast 11</b>
<b>Spenning [V]</b>	226,1		226,1	226,4	226,5	226,3	226,7	226,6	226,4	226,4	226,5
<b>Strøm [A]</b>	487		485	493	495	495	497	625	514	511	487
<b>frekvens [Hz]</b>											
<b>Effekt [W]</b>	108		107	110	110	110	110	109	114	113	107
<b>Reaktiv eff</b>	24		25	21	25	25	25	91	106	25	25
<b>Tilsynelatende eff</b>	110		110	112	112	112	113	142	117	116	110
<b>Effektfaktor</b>	0,98		0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,77	0,98	0,98	0,97
<b>Cos <math>\varphi</math></b>	0,99		0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,79	0,99	0,99	0,99
<b>DC [A]</b>	51		3	19	9	35	38	27	2	14	25
<b>3h [A]</b>	36		44	35	47	48	49	51	52	47	45
<b>5h [A]</b>	18		9	18	11	11	8	22	10	11	10
<b>7h [A]</b>	18		25	18	25	25	25	39	28	25	25
<b>THD [%]</b>	9,6		11,3	9,5	11,7	11,5	12,0	17,4	12,2	11,6	11,5
<b>KF</b>	1,7		2,0	1,7	2,0	1,9	1,9	10,3	2,0	2,0	2,0
	NaH	NaH	MH	NaH	MH	MH	NaH	NaH	NaH	NaH	NaH

<b>Måleresultater fra testanlegget (NTNU)</b>				
Forsøk nr.	(29. mai 2007)			
<b>Pådrag: 50%</b>				
	<b>Tennskap</b>	<b>Mast 1</b>	<b>Mast 7</b>	<b>Mast 11</b>
<b>Spenning [V]</b>	<b>229,2</b>	224,7	225,6	225,6
<b>Strøm [mA]</b>	<b>5120</b>	493	503	484
<b>frekvens [Hz]</b>	<b>50</b>	50	50	50
<b>Effekt [W]</b>	<b>1130</b>	109	111	106
<b>Reaktiv eff</b>	<b>320</b>	21	25	24
<b>Tilsynelatende eff</b>	<b>1170</b>	111	114	109
<b>Effektfaktor</b>	<b>0,96</b>	0,98	0,98	0,98
<b>Cos <math>\varphi</math></b>	<b>0,97</b>	0,99	0,99	0,99
<b>DC [mA]</b>		2	6	21
<b>3h [mA]</b>	<b>480</b>	37	49	44
<b>5h [mA]</b>	<b>80</b>	16	7	8
<b>7h [mA]</b>	<b>300</b>	20	28	27
<b>THD [%]</b>	<b>12,8</b>	9,7	12,0	11,7
<b>KF</b>	<b>2,7</b>	1,8	2,0	2,1
		NaH	NaH	NaH

## VEDLEGG B12 (1)

## 250 W armaturer

Adresse	Mast/Armaturo	Merkeeffekt [W]	Effekt [W]		Spenning [V]
Jonsvannsveien	Mast 5	250	284	målt	228,3
Jonsvannsveien	Mast 2	250	263	målt	228,2
Jonsvannsveien	Mast 3	250	275	estimert	228
Jonsvannsveien	Mast 4	250	275	estimert	228
Jonsvannsveien	Mast 1	250	282	målt	227,2
Jonsvannsveien	Mast 6	250	275	estimert	225
Jonsvannsveien	Mast 7	250	275	estimert	220
Jonsvannsveien	Mast 8	250	250	estimert	215
Jonsvannsveien	Mast 9	250	250	estimert	210
Jonsvannsveien	Mast 10	250	225	estimert	205
Jonsvannsveien	Mast 11	250	225	estimert	200
Jonsvannsveien	Mast 12	250	201	målt	198
Jonsvannsveien	Mast 13	250	203	målt	198
Jonsvannsveien	Mast 14	250	190	målt	197,6
Jonsvannsveien	Mast 15	250	192	målt	197,5
Bromstadveien	Armaturo 17	250	170	målt	183
Bromstadveien	Armaturo 18	250	170	målt	183
Bromstadveien	Armaturo 19	250	170	målt	183
Bromstadveien	Armaturo 38	250	141	målt	168
<b>Gjennomsnitt</b>			227,16		206,5

## VEDLEGG B13 (1)

## 165 W armaturer

Adresse	Mast/Armatur	Merkeeffekt [W]	Effekt [W]		Spenning [V]
St Olav	Mast A2	165	137	målt	223,9
St Olav	Mast A1	165	138	målt	223,6
St Olav	Mast A3	165	140	estimert	223
St Olav	Mast A4	165	140	estimert	222
St Olav	Mast A5	165	146	målt	220,8
St Olav	Mast A12	165	139	målt	220,5
St Olav	Mast A6	165	140	estimert	220
St Olav	Mast A7	165	140	estimert	220
St Olav	Mast A8	165	140	estimert	220
St Olav	Mast A9	165	140	estimert	220
St Olav	Mast A10	165	140	estimert	219
St Olav	Mast A11	165	137	målt	218,9
Gjennomsnitt			139,75		220,975

## VEDLEGG B14 (1)

## 150 W armaturer

Adresse	Mast/Armaturo	Merkeeffekt [W]	Effekt [W]		Spenning [V]
Fiolsvingen	Mast A1	150	170	målt	234,2
Bromstadveien	Armaturo 1	150	170	estimert	233
Fiolsvingen	Mast A2	150	170	estimert	233
Brøsetveien	Mast 1	150	176	målt	232,4
Fiolsvingen	Mast A3	150	170	estimert	232
Brøsetveien	Mast 2	150	174	målt	231,8
Fiolsvingen	Mast A4	150	170	estimert	231
Brøsetveien	Mast 3	150	171	målt	230,9
Bromstadveien	Armaturo 2	150	166	estimert	230
Fiolsvingen	Mast A5	150	170	estimert	230
Brøsetveien	Mast 4	150	172	målt	229,7
Brøsetveien	Mast 5	150	160	målt	229,2
Brøsetveien	Mast 6	150	165	målt	228,3
Brøsetveien	Mast 7	150	166	målt	228,2
Bromstadveien	Armaturo 3	150	162	estimert	227
Høgskoleringen	Mast 1	150	160	målt	227
Brundalen	Mast 12	150	168	målt	226,3
Brundalen	Mast 13	150	163	målt	226,1
Brundalen	Mast 14	150	169	målt	225,9
Fiolsvingen	Mast A6	150	160	estimert	225
Fiolsvingen	Mast A7	150	160	estimert	224,5
Høgskoleringen	Mast 3	150	154	målt	224,1
Bromstadveien	Armaturo 4	150	158	estimert	224
Fiolsvingen	Mast A8	150	160	estimert	224
Høgskoleringen	Mast 2	150	154	målt	223,6
Fiolsvingen	Mast A9	150	155	estimert	223,5
Brundalen	Mast 15	150	162	målt	223,2
Fiolsvingen	Mast A10	150	155	estimert	223
Fiolsvingen	Mast A11	150	155	estimert	222,5
Bromstadveien	Armaturo 5	150	154	estimert	221
Høgskoleringen	Mast 4	150	152	målt	221
Høgskoleringen	Mast 8	150	141	målt	221
Høgskoleringen	Mast 9	150	147	målt	220,7
Høgskoleringen	Mast 5	150	140	målt	219,8
Høgskoleringen	Mast 14	150	133	målt	218,7
Høgskoleringen	Mast 6	150	138	målt	218,4
Høgskoleringen	Mast 17	150	130	målt	218,4
Høgskoleringen	Mast 11	150	135	målt	218,2
Høgskoleringen	Mast 12	150	137	målt	218,1
Høgskoleringen	Mast 21	150	126	målt	218,1
Bromstadveien	Armaturo 6	150	150	estimert	218
Høgskoleringen	Mast 15	150	133	målt	218
Høgskoleringen	Mast 7	150	139	målt	217,7
Høgskoleringen	Mast 20	150	142	målt	217,6
Høgskoleringen	Mast 10	150	129	målt	215,8
Bromstadveien	Armaturo 7	150	146	estimert	215
Høgskoleringen	Mast 16	150	131	målt	214,6
Høgskoleringen	Mast 18	150	123	målt	214,1

## VEDLEGG B14 (2)

Høgskoleringen	Mast 13	150	130	målt	213,8
Høgskoleringen	Mast 19	150	127	målt	213,8
Høgskoleringen	Mast 22	150	128	målt	213
Bromstadveien	Armaturo 8	150	142	estimert	212
Jonsvannsveien	Mast C1	150	135	målt	209,2
Bromstadveien	Armaturo 9	150	138	estimert	209
Jonsvannsveien	Mast C2	150	135	estimert	209
Jonsvannsveien	Mast C3	150	135	estimert	209
Bromstadveien	Armaturo 10	150	133	estimert	206
Bromstadveien	Armaturo 11	150	128	estimert	203
Bromstadveien	Armaturo 12	150	124	estimert	201
Bromstadveien	Armaturo 13	150	120	estimert	198
Jonsvannsveien	Mast B2	150	130	estimert	198
Jonsvannsveien	Mast B3	150	130	estimert	198
Jonsvannsveien	Mast B4	150	130	estimert	198
Jonsvannsveien	Mast B5	150	130	estimert	197
Jonsvannsveien	Mast B6	150	130	estimert	197
Jonsvannsveien	Mast B7	150	121	målt	196,6
Bromstadveien	Armaturo 14	150	116	estimert	195
Bromstadveien	Armaturo 15	150	112	estimert	192
Bromstadveien	Armaturo 16	150	108	målt	188,8
Bromstadveien	Armaturo 20	150	94	målt	184
Bromstadveien	Armaturo 21	150	92	estimert	182
Bromstadveien	Armaturo 22	150	90	estimert	181
Bromstadveien	Armaturo 23	150	89	estimert	180
Bromstadveien	Armaturo 24	150	88	estimert	179
Bromstadveien	Armaturo 25	150	87	estimert	177
Bromstadveien	Armaturo 26	150	86	estimert	176
Bromstadveien	Armaturo 27	150	85	estimert	175
Bromstadveien	Armaturo 28	150	84	estimert	174
Bromstadveien	Armaturo 29	150	82	estimert	173
Bromstadveien	Armaturo 30	150	80	målt	172,2
Bromstadveien	Armaturo 31	150	82	målt	171,1
Bromstadveien	Armaturo 32	150	82	målt	171,1
Bromstadveien	Armaturo 33	150	82	målt	171,1
Bromstadveien	Armaturo 34	150	0	mørk	170
Bromstadveien	Armaturo 35	150	0	mørk	170
Bromstadveien	Armaturo 36	150	0	mørk	170
Bromstadveien	Armaturo 37	150	78	målt	167,8
<b>Gjennomsnitt</b>			<b>135,2</b>		<b>208,6</b>



## VEDLEGG B15 (1)

## 125 W armaturer

Adresse	Mast/Armatur	Merkeeffekt [W]	Effekt [W]		Spenning [V]
Stokkandhaugen	Mast 1	125	125	estimert	225
Stokkandhaugen	Mast 2	125	124	målt	223,8
Stokkandhaugen	Mast 3	125	119	målt	220,6
Stokkandhaugen	Mast 4	125	120	målt	219,8
Stokkandhaugen	Mast 5	125		mørk	219
Stokkandhaugen	Mast 6	125	115	estimert	219
Stokkandhaugen	Mast 7	125	114	målt	217,9
Stokkandhaugen	Mast 9	125	115	målt	217,4
Stokkandhaugen	Mast 8	125	110	målt	217
Stokkandhaugen	Mast 10	125	116	målt	215,7
Stokkandhaugen	Mast 11	125	116	målt	215,3
Stokkandhaugen	Mast 12	125	107	målt	213,7
Stokkandhaugen	Mast 13	125	116	målt	212,8
Stokkandhaugen	Mast 14	125	110	målt	212,4
Stokkandhaugen	Mast 16	125	115	målt	212,2
Stokkandhaugen	Mast 15	125	116	målt	212
<b>Gjennomsnitt</b>			<b>115,9</b>		<b>217,1</b>

## VEDLEGG B16 (1)

## 100 W armaturer

Adresse	Mast/Armatur	Merkeeffekt [W]	Effekt [W]		Spenning [V]
Henrik Ourens vei	Mast 1	100	117	målt	237,5
Henrik Ourens vei	Mast 2	100	117	estimert	237
Henrik Ourens vei	Mast 3	100	117	estimert	236
Henrik Ourens vei	Mast 4	100	116	estimert	234
Henrik Ourens vei	Mast 5	100	116	estimert	233
Henrik Ourens vei	Mast 6	100	116	målt	231,9
Brundalen	Mast 1	100	118	målt	231,5
Henrik Ourens vei	Mast 7	100	116	estimert	231
Henrik Ourens vei	Mast 8	100	115	estimert	231
Henrik Ourens vei	Mast 9	100	115	estimert	231
Henrik Ourens vei	Mast 10	100	114	estimert	231
Henrik Ourens vei	Mast 11	100	114	målt	230,6
Brundalen	Mast 2	100	115	målt	230,2
Brundalen	Mast 3	100	115	målt	229,8
Brundalen	Mast 4	100	114	målt	229,6
Brundalen	Mast 5	100	103	målt	228,7
Brundalen	Mast 6	100	103	målt	228,7
Brundalen	Mast 7	100	109	målt	228,4
Brundalen	Mast 8	100	108	målt	227,8
Brundalen	Mast 9	100	100	målt	227,6
Brundalen	Mast 11	100	103	målt	227
Brundalen	Mast 10	100	101	målt	226,9
Fiolsvingen	Mast B1	100	106	estimert	225,5
Fiolsvingen	Mast B2	100	105	estimert	225
Fiolsvingen	Mast B3	100	105	estimert	224,5
Fiolsvingen	Mast B4	100	104	estimert	224
Fiolsvingen	Mast B5	100	104	estimert	223,5
Fiolsvingen	Mast B6	100	103	estimert	223
Fiolsvingen	Mast B7	100	103	estimert	222,5
Fiolsvingen	Mast C1	100	100	målt	222,4
Fiolsvingen	Mast B8	100	102	estimert	222
Fiolsvingen	Mast B9	100	102	estimert	221,5
Fiolsvingen	Mast B10	100	101	målt	221,1
Fiolsvingen	Mast C2	100	100	estimert	221
Fiolsvingen	Mast C3	100	100	estimert	221
Fiolsvingen	Mast C4	100	102	målt	220,3
Jonsvannsveien	Mast C4	100	75	målt	208,4
Jonsvannsveien	Mast B1	100	70	målt	198,9
<b>Gjennomsnitt</b>			<b>106,4</b>		<b>226,4</b>

## VEDLEGG B17 (1)

## 70 W armaturer

Adresse	Mast/Armatur	Merkeeffekt [W]	Effekt [W]		Spenning [V]
Okstad park syd	Mast 1	70	93	målt	236,7
Okstad park syd	Mast 2	70	91	målt	236,7
Okstad park syd	Mast 5	70	91	målt	236,5
Okstad park syd	Mast 8	70	91	målt	236,5
Okstad park syd	Mast 3	70	93	målt	236,3
Okstad park syd	Mast 4	70	93	målt	236,2
Okstad park syd	Mast 11	70	91	målt	236,2
Okstad park syd	Mast 9	70	91	målt	236,1
Okstad park syd	Mast 6	70	90	målt	236
Okstad park syd	Mast 10	70	89	målt	236
Okstad park syd	Mast 7	70	91	målt	235,7
Okstad park syd	Mast 12	70	90	målt	235,4
Okstad park syd	Mast 13	70	90	målt	235,3
Fiolsvingen	Mast D1	70	64	estimert	222
Fiolsvingen	Mast D2	70	64	estimert	221,5
Fiolsvingen	Mast D3	70	64	målt	221
Fiolsvingen	Mast D4	70	62	målt	220,5
<b>Gjennomsnitt</b>			<b>84,6</b>		<b>232,6</b>

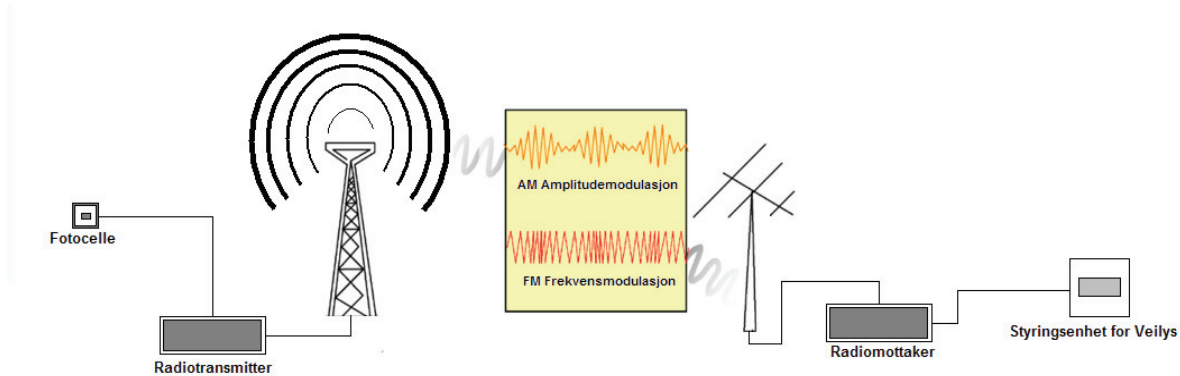
## VEDLEGG B18 (1)

## 55 W armaturer

Adresse	Mast/Armatur	Merkeeffekt [W]	Effekt [W]		Spenning [V]
St Olav	Mast B1	55	54	målt	224,5
St Olav	Mast B2	55	60	målt	221,1
St Olav	Mast B3	55	55	estimert	220
St Olav	Mast B4	55	55	estimert	220
St Olav	Mast B5	55	0	Mørk	219
St Olav	Mast B6	55	55	estimert	218
St Olav	Mast B7	55	55	estimert	217
St Olav	Mast B8	55	55	målt	216
<b>Gjennomsnitt</b>			<b>55,6</b>		<b>219,5</b>

## VEDLEGG C (1)

Vurdering: Bruk av ledningsløs kommunikasjon for styring av veilyset i Trondheim.



### Radio:

Radio er en ledningsløs overføringsmetode av signaler. Metoden går ut på modulering av elektromagnetiske bølger der frekvensen er lavere enn de ved synlig lys.

Elektromagnetisk stråling forflytter seg ved svingninger i det elektromagnetiske feltet og passerer gjennom luft og vakuum. Det kreves intet medium for transport av signaler. Informasjonen blir båret av systematiske endringer (modulasjon) av radiobølgenes egenskaper, slik som amplitude og frekvens. Når radiobølger passerer en elektrisk leder vil det svingende feltet indukere en vekselstrøm i lederen. Denne strømmen kan bli detektert og transformert til lyd eller andre signaler som bærer informasjon.

### Data (digital radio)

De fleste nye radioer er digitale. Den eldste formen for digital kringkasting var gnistgap telegrafi, brukt av pionerer som Marconi. Ved å trykke på en knapp kunne operatøren sende beskjeder som morse koder ved å sende strøm gjennom et roterende og kommuterende gnistgap. Denne metoden er i dag ulovlig på grunn av at overføringen benytter et spekter på flere hundre megahertz. Dette er veldig bortkastet av både radiofrekvenser og energi.

Kontinuerlig bølge telegrafi, eller CW (Continuos Wave), benytter rene radiofrekvenser, produsert av et vakuumrør med en elektronisk svingningsgenerator (oscillator). En mottaker med en lokal oscillator vill overlage, eller skape en interferens, med den rene radiofrekvensen. Dette skaper en plystre-liknende lyd tone. CW bruker mindre enn 100 Hz med båndbredde. CW teknologien er fremdeles i bruk, primært av amatørradio operatører.

Radio fjernskrivere opererer vanligvis på kortbølger (HF) og er høyt verdsatt av det militæret fordi det skaper skrevet informasjon uten en dyktig operatør. Bitene blir laget av to ulike toner der 0 representerer en tone og 1 en annen. Grupper på fem eller syv bit's blir en bokstav printet av fjernskriveren.

Flygemaskiner benytter et 1200 Baud radio fjernskrivings system over VHF til å sende flyets ID, høyde og posisjon, og for å motta "gate" og "connecting-flight data".

**VEDLEGG C (2)**

Kvadratisk amplitude modulasjon (QAM) sender data ved å endre både fase og amplitude på radiosignalet. Ingeniører liker QAM fordi det pakker de fleste bit'sene inn i radiosignalet. Vanligvis er bit'sene sent i rammer som repeteres. En spesiell bit modell er brukt som kjennetegn for starten på en ramme.

Systemer som behøver høyere krav til sikkerhet ved overføring, eller som deler frekvens med andre systemer, kan benytte ”korrigeret ortogonal frekvens divisjon multipleksing” eller COFDM. COFDM bryter et digitalt signal ned til flere hundre tregere underkanaler. Det digitale signalet er ofte sendt som QAM på underkanalene. Moderne COFDM systemer bruker små datamaskiner til å lage og motta signaler med digital signal prosessering. Disse er mye mer fleksible og mindre dyre enn eldre systemer hvor det er implementert separate elektroniske kanaler. COFDM motvirker at signalstyrken reduseres og dobbeltkontur fordi smalkanals QAM signaler kan bli sent sakte. Et tilpasningsegnet system, eller et system som er kodet for feilkorrigering kan også motvirke interferens, fordi de fleste interferenser kan påvirke kun et fåtall av QAM kanalene.

**Det elektromagnetiske spekter**

Radiobølger er en form for elektromagnetisk stråling som oppstår når ladde objekter (i en normal radiosender er dette et elektron) akselererer med en frekvens som ligger i frekvensområdet for radio (RF) i det elektromagnetiske spekter. I radio er denne akselerasjonen forårsaket av en vekselstrøm i en antenne. Radiofrekvenser ligger i området fra ca 30 Hz til 300 GHz. Kommersielt er det bare brukt en liten del av dette spekteret.

ELF	SLF	ULF	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF
3 Hz	30 Hz	300 Hz	3 kHz	30 kHz	300 kHz	3 MHz	30 MHz	300 MHz	3 GHz	30 GHz
30 Hz	300 Hz	3 kHz	30 kHz	300 kHz	3 MHz	30 MHz	300 MHz	3 GHz	30 GHz	300 GHz

**ELF:** Extremely low frequency er båndbredden av radiofrekvenser fra 3 til 30 Hz og med bølgelengder fra 100 000 km til 10 000 km. To faktorer som begrenser bruken av ELF som kommunikasjonskanal er den lave overføringshastigheten samt at det er nødvendig å ha en stor transmitter.

**SLF:** Super low frequency er båndbredden av radiofrekvenser fra 30 til 300 Hz og med bølgelengder fra 10 000 km til 1 000 km. Denne frekvensen inkluderer frekvensen til vekselstrøm som er på 50 Hz.

**ULF:** Ultra low frequency er båndbredden av radiofrekvenser fra 300 til 3 000 Hz og med bølgelengder fra 1 000 km til 100 km. Denne båndbredden har som egenskap at den kan transportere signaler gjennom jord, og blir av den grunn brukt i gruver.

**VLF:** Very low frequency er båndbredden fra 3 kHz til 30 kHz og med bølgelengder fra 100 km til 10 km. Denne båndbredden blir brukt til å sende enkle signaler som ved radionavigasjon.

**VEDLEGG C (3)**

**LF:** Low frequency er båndbredden fra 30 kHz til 300 kHz og med bølgelengde fra 10 km til 1 km. I Europa er deler av LF spekteret brukt til AM kringkasting. Båndbredden er også brukt for radiokommunikasjon i fly, navigasjon og i værmeldings systemer.

**MF:** Medium frequency er båndbredden fra 300 kHz til 3 000 kHz og med bølgelengde fra 1000 m til 100 m. MF er båndbredden der AM kringkastingen foregår.

**HF:** High frequency er båndbredden fra 3 MHz til 30 MHz og med bølgelengder fra 100 m til 10 m. Disse frekvensene er ofte brukt til å sende radiosignaler over lange avstander siden ionosfæren ofte reflekterer HF. Støy fra elektriske komponenter kan interferere og ødelegge signalene i HF båndet.

**VHF:** Very high frequency er båndbredden fra 30 MHz til 300 MHz og med bølgelengder fra 10 m til 1 m. Vanligvis brukes VHF til FM radiokringkasting ved frekvenser mellom 88-108 MHz, og til televisjon kringkasting. VHF er ideell for kortdistanse kommunikasjon som foregår bakkenært. Rekkevidden er generelt gitt ut ifra denne formelen:

$$\text{Distansen i km} = \sqrt{12,7 \times A_m}$$

Der  $A_m$  er antennemastas høyde i meter. I motsetning til HF vil ikke ionosfæren reflektere VHF radio og derfor heller ikke ha den samme rekkevidden. VHF blir i mindre grad påvirket av atmosfæriske forstyrrelser og av elektronisk utstyr enn lavere frekvenser. Mens VHF signalene lettere blir forstyrret av landskapet enn lavere frekvenser, er VHF bedre til å føre signaler gjennom bygninger og materielle objekter enn høyere frekvenser. I forbindelse med lansering av digital TV vil trolig mye av VHF spekteret bli tilgjengelig i årene som kommer.

**UHF:** Ultra high frequency er båndbredden fra 300 MHz til 3 GHz og med bølgelengder fra 1 m til 100 nm. UHF og VHF er de vanligste frekvensbånd for overføring av TV signaler. Moderne mobiltelefoner benytter også frekvenser i UHF spekteret. UHF er mye brukt i offentlig tjeneste for toveiskommunikasjon, der smalbånd frekvensmodulasjon blir benyttet, men nå blir digital teknikk mer og mer aktuelt.

**SHF:** Super high frequency er båndbredden fra 3 GHz til 30 GHz og med bølgelengder fra 100 mm til 10 nm.

**EHF:** Extremely high frequency er båndbredden fra 30 GHz til 300 GHz og med bølgelengder fra 10 mm til 1 mm. Dette frekvensbåndet er ekstremt følsomt for atmosfæriske forstyrrelser og er av den grunn lite egnet som frekvensområde for overføring av informasjon over lengre distanser. EHF har høy overføringskapasitet og blir brukt til punkt til punkt kommunikasjon, ledningsløse lokale nettverk og bredbånd Internet tilgang.

Til å overføre styringssignaler i forbindelse med styring av veilyst er det antakelig mest relevant å benytte VHF båndbredden.

**VEDLEGG C (4)**

Et kriteri som bør vektlegges når frekvensbånd skal velges er som følger: Lange bølgelengder behøver mindre energi for å bli overført en gitt distanse i forhold til korte bølgelengder. Så lavere frekvenser, dvs. lange bølgelengder, resulterer i større rekkevidde og høyere frekvenser i kortere rekkevidde. Disse karakteristikene må taes med i beregningene av størrelsene på cellene. Konklusjonen blir at jo høyere effekt man velger å benytte jo flere celler må man ha i systemet.

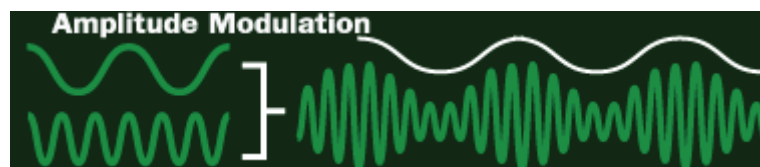
**Overføring av informasjon**

For å overføre informasjon med radiokommunikasjon er det nødvendig å modulere radiobølgene som sendes. Det er ulike måter å gjøre dette på:

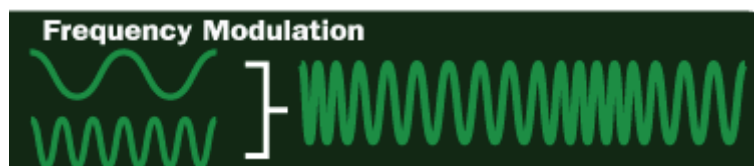
**Puls modulasjon:** Ved puls modulasjon blir sinus bølgene (radiobølgene) slått av og på. Dette er en enkel måte å sende Morse koder på. PM er ikke vanlig.

**Puls modulasjon**

**Amplitudemodulasjon:** Både AM radiostasjoner og bilde delen av TV signalet bruker amplitude modulasjon til å kode innformasjon. I amplitudemodulasjon blir sinusbølgens amplitude (peak-to-peak spenningen) forandret.



**Frekvensmodulasjon:** FM radiostasjoner og hundrevis av ledningsløse teknologier benytter frekvensmodulasjon. Fordelen med FM er at den ikke blir forstyrret i like stor grad av atmosfæriske forstyrrelser. I FM blir transmitterens sinusbølgefrequens endret basert på informasjonen i signalet.





## VEDLEGG C (5)

**GPRS**

**General Packet Radio Service (GPRS)** er en standard for trådløs mobilkommunikasjon, og etterfølgeren til GSM. GPRS benytter det allerede eksisterende GSM nettet til å overføre og motta TCP/IP basert data gjennom en GPRS mobil enhet. Private IP adresser er typisk dynamisk tildelt innenfor nettveket til de mobile enhetene.

Internett og GPRS er designet for klient baserte oppgaver.

Mens GSM har en maksimal dataoverføringshastighet på 9,6 kbps. (inntil 38,4 kbps. med HSCSD), er makshastigheten til GPRS på 171,2 kbps. Dette er imidlertid en teoretisk øvre hastighet, den praktiske begrensingen er på ca 40 kbps på grunn av begrensing i mobilene. GPRS ble introdusert i Norge i begynnelsen av 2001. GPRS er en pakkesvitsjet teknologi (GSM er linjesvitsjet), som gir en forbindelse som alltid er på, dvs. at man kan motta e-post, surfe på Veven, e.l. uten å måtte koble seg opp først. I stedet for tellerskritt betaler man enten en fast månedsavgift eller for de datamengdene som blir overført. Her i Norge er det det siste betalingsalternativet som benyttes. Mobiltelefoner som støtter GPRS kalles gjerne GPRS-terminaler, og støtter et visst antall såkalte tidsluker opp og ned. I GPRS-alternativet som tilbys av bl.a. Netcom er en tidsluke på 13,4 kbps. Hvis en telefon da støtter f.eks. 2+1 tidsluker, betyr dette at den gir en hastighet på 26,8 kbps. for mottak, og 13,4 kbps. for sending av data. Brukerne i GPRS-nettet deler på kapasiteten som er tilgjengelig, slik at ytelsen i praksis kan variere i den tiden man er oppkoblet. Dersom all kapasitet på basestasjonen er oppbrukt, vil taletrafikk ha prioritet fremfor data -- og dataoverføringshastigheten vil synke. GPRS er en såkalt 2,5G teknologi, mens UMTS er 3G - eller tredje generasjon.

Hentet fra «<http://no.wikipedia.org/wiki/GPRS>»

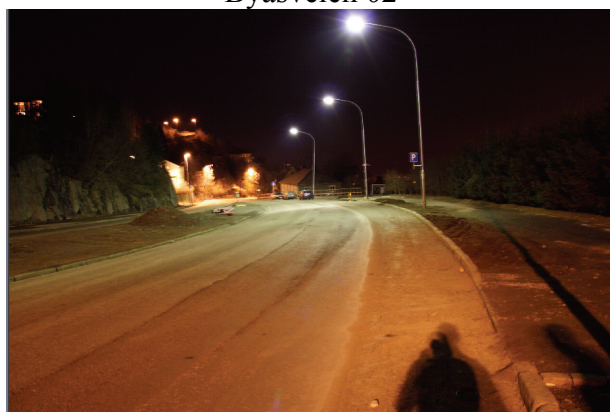
VEDLEGG D1 (1)

Byåsv. luminansmålepunkt

Byåsv. 01



Byåsv. 02



Målepunkt = Observasjonspunkt

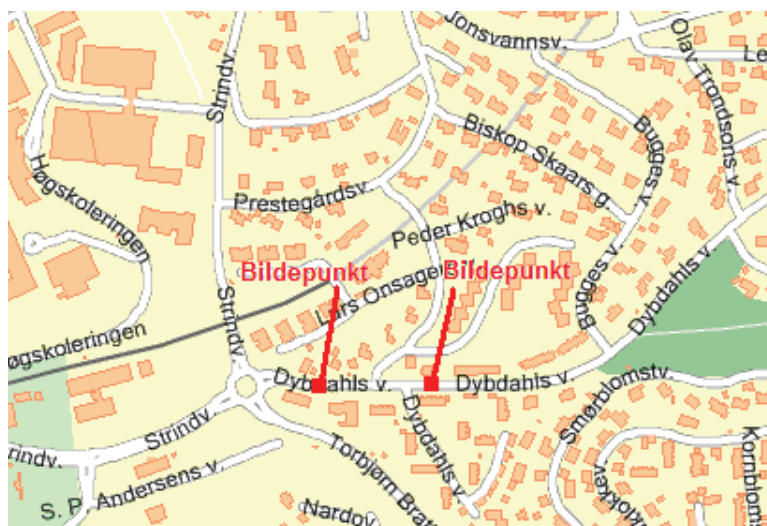
VEDLEGG D2 (1)

Dybdahlsvei Luminansmålepunkt

Dybdahlsveien 01



Dybdahlsveien 01



Bildepunkt = Observasjonspunkt

**VEDLEGG D3 (1)**

**Høgskoleringen, Luminansmålinger - Plassering**

Høgskoleringen 01



Høgskoleringen 02



Høgskoleringen 03



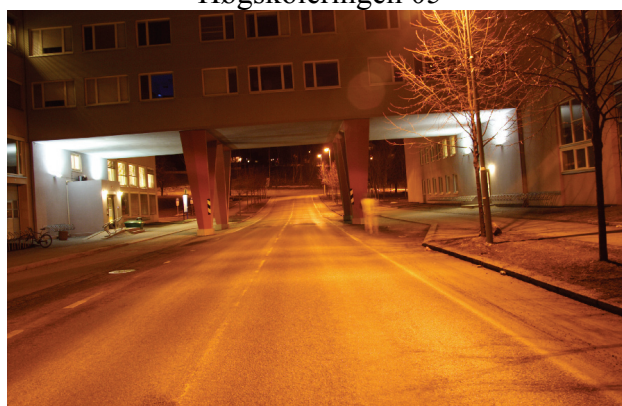


**VEDLEGG D3 (2)**

Høgskoleringen 04



Høgskoleringen 05



Høgskoleringen 06

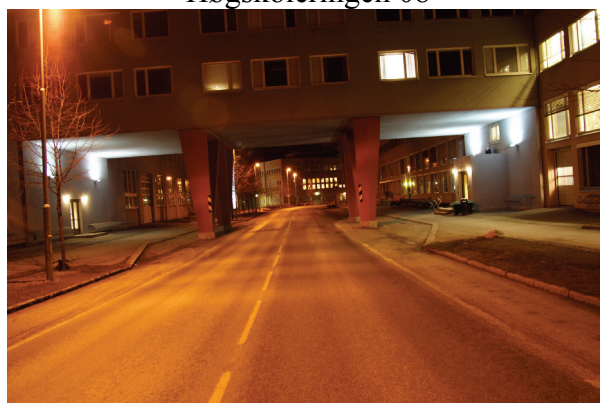


**VEDLEGG D3 (3)**

Høgskoleringen 07



Høgskoleringen 08



VEDLEGG D3 (4)



**VEDLEGG D4 (1)**

Jonsvannsveien luminansmålingpunkt

Jonsvannsveien 01



Jonsvannsveien 02



Jonsvannsveien 03





VEDLEGG D4 (2)

Jonsvannsveien 04

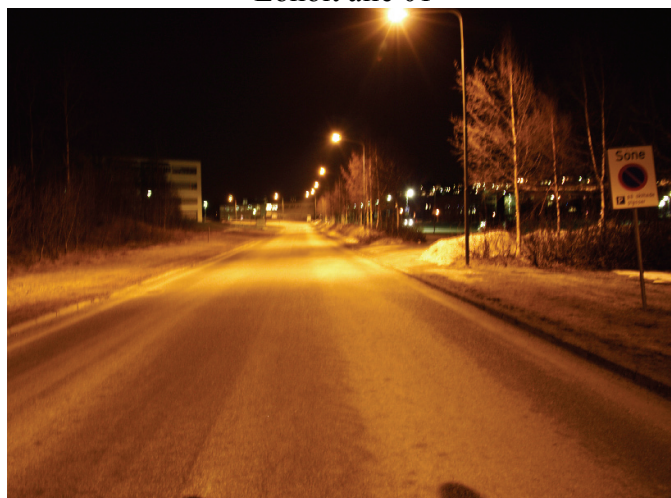


Målepunkt = Observasjonspunkt

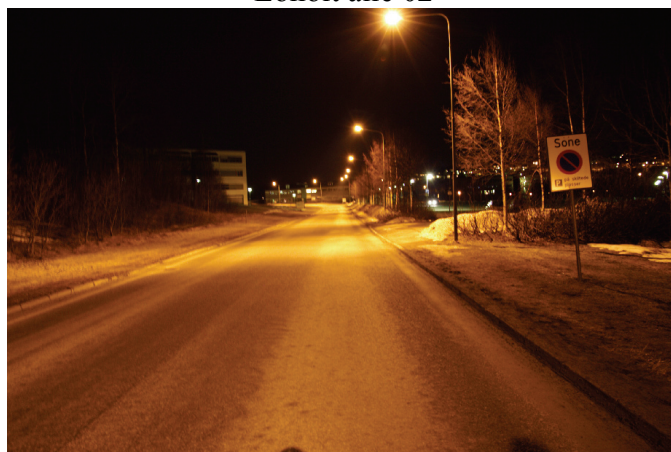
VEDLEGG D5 (1)

Loholt allé luminansmålepunkt

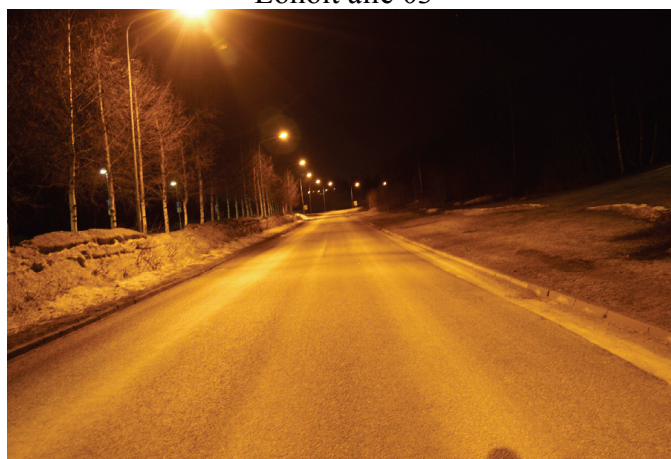
Loholt allé 01



Loholt allé 02



Loholt allé 03



VEDLEGG D5 (2)

Loholt allé 04

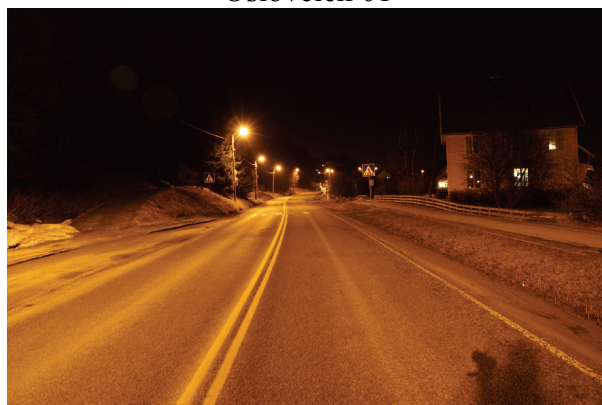


Målepunkt = observasjonspunkt

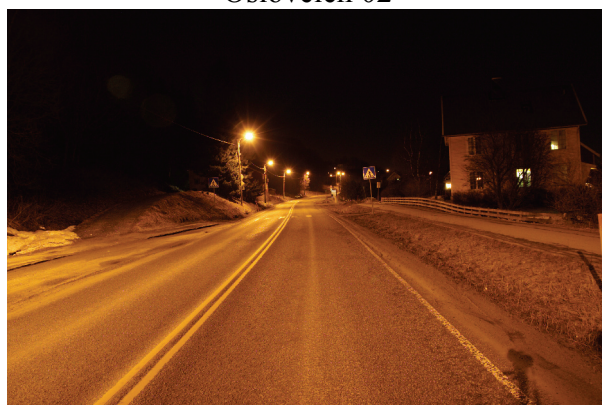
Osloveien luminansmålepunkt

**VEDLEGG D6 (1)**

Osloveien 01



Osloveien 02



Osloveien 03





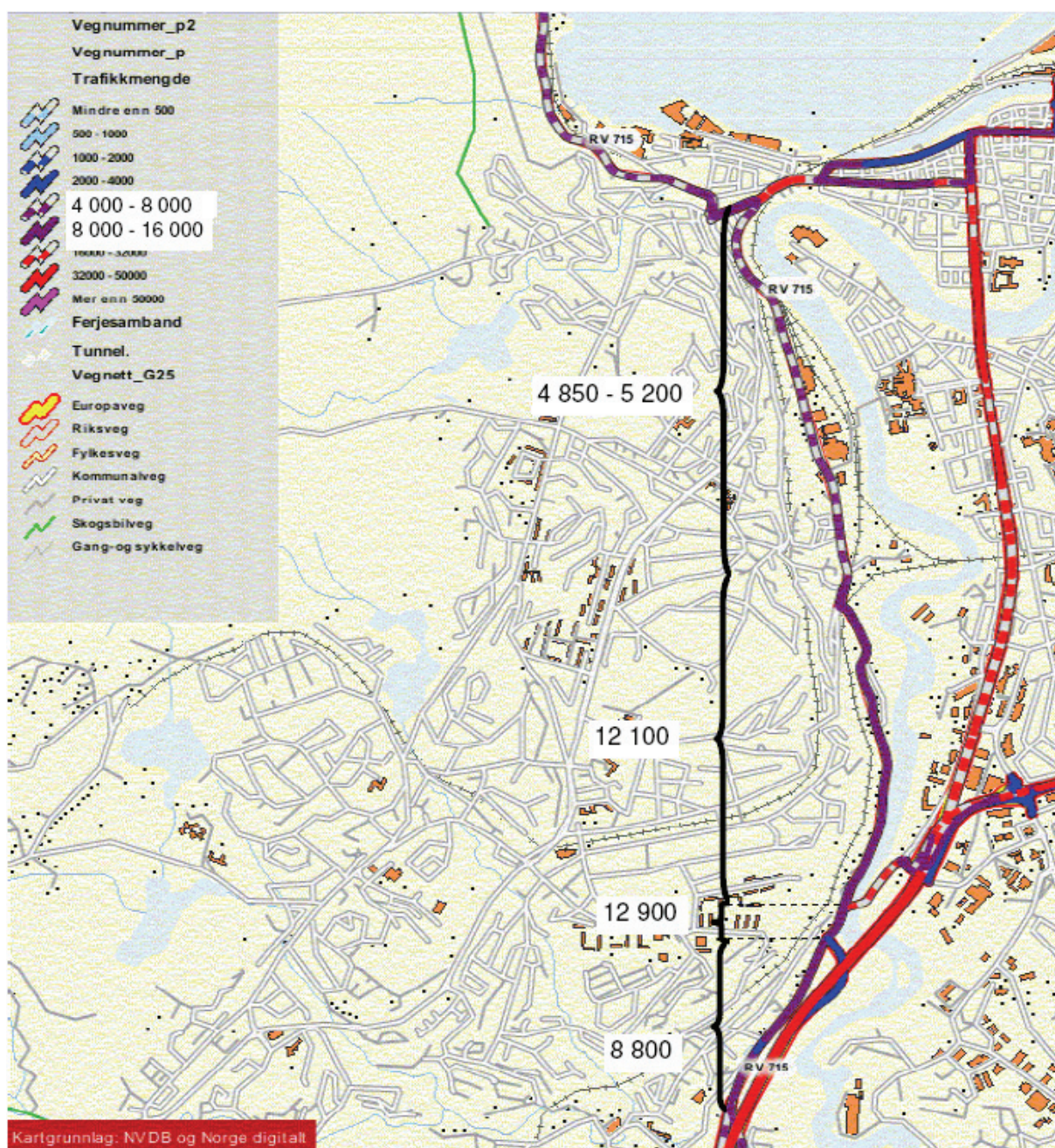
VEDLEGG D6 (2)

Osloveien 04



Målepunkt = Observasjonspunkt

VEDLEGG D6 (3)





VEDLEGG D7 (1)

Testanlegg luminansmålepunkt



Målepunkt = observasjonspunkt

## VEDLEGG D8 (1)

**Målinger av veibanens luminans 25/3-07  
(tørr veibane)**

Forhold

Stjerneklart, nesten halvmåne og ca 0 grader C

Høgskoleringen

Fra- til 22.00-23.00

Fartsgrense 30 km/h

Forhold i veibanen tørr

kommentarer

Oppover mot Moholtkrysset

Fra- til 23.00-23.10

Fartsgrense 50 km/h

Forhold i veibanen tørr+ litt vann i 1/4 av veibanen

kommentarer

Dragvoll

Fra- til 23.15-23.25

Fartsgrense 50 km/h

Forhold i veibanen tørr

kommentarer

Mot Jonsvann

Fra- til 23.35-23.45

Fartsgrense 60 km/h

Forhold i veibanen tørr

kommentarer merket med rød runding (250 W)

Byåsen kvikksølv

Fra- til 00.15-00.20

Fartsgrense 50 km/h

Forhold i veibanen tørr

kommentarer 3 kvikksølvvarmaturer

Osloveien

Fra- til 00.25-00.35

Fartsgrense 60 km/h

Forhold i veibanen tørr

kommentarer merket med rød runding (250 W?), tremaster, gamle  
armaturer?



**VEDLEGG D8 (2)****Målinger av veibanens luminans 16/5-07  
(våt veibane)**

Forhold  
Regnfult, ca 5 grader C

Dragvoll - Loholt allé	
Fra- til	00.45 til 01.00
Fartsgrense	50 km/h
Forhold i veibanen	våt
kommentarer	merket rød firkant (150 W)

Jonsvannsveien ved	
Fra- til	01.15 til 01.30
Fartsgrense	60 km/h
Forhold i veibanen	våt
kommentarer	merket med rød runding (250 W)

**VEDLEGG E (1)****Resultater fra Geir Morten Skjelsvold prosjektoppgave høsten 2005**

For å sammenlikne måleresultater av spenninger og effekter for veilyarmaturer er det her tatt med de resultatene Geir Morten Skjelsvold fikk i sin prosjektrapport 2005.

Geir Morten Skjelsvold har i sin rapport resultater fra til sammen 26 veilyarmaturer. 25 av disse har tidligere vært i bruk i Oslo. Den siste er en Philips armatur av typen SGS 253 Iridium, med elektronisk forkobling.

Geir Morten Skjelsvold har testet 9 armaturer med 125 W og 7 armaturer med 250 W kvikksølvlampe, 6 armaturer med 150 W og 3 armaturer med 250 W høytrykknatriumlampe.

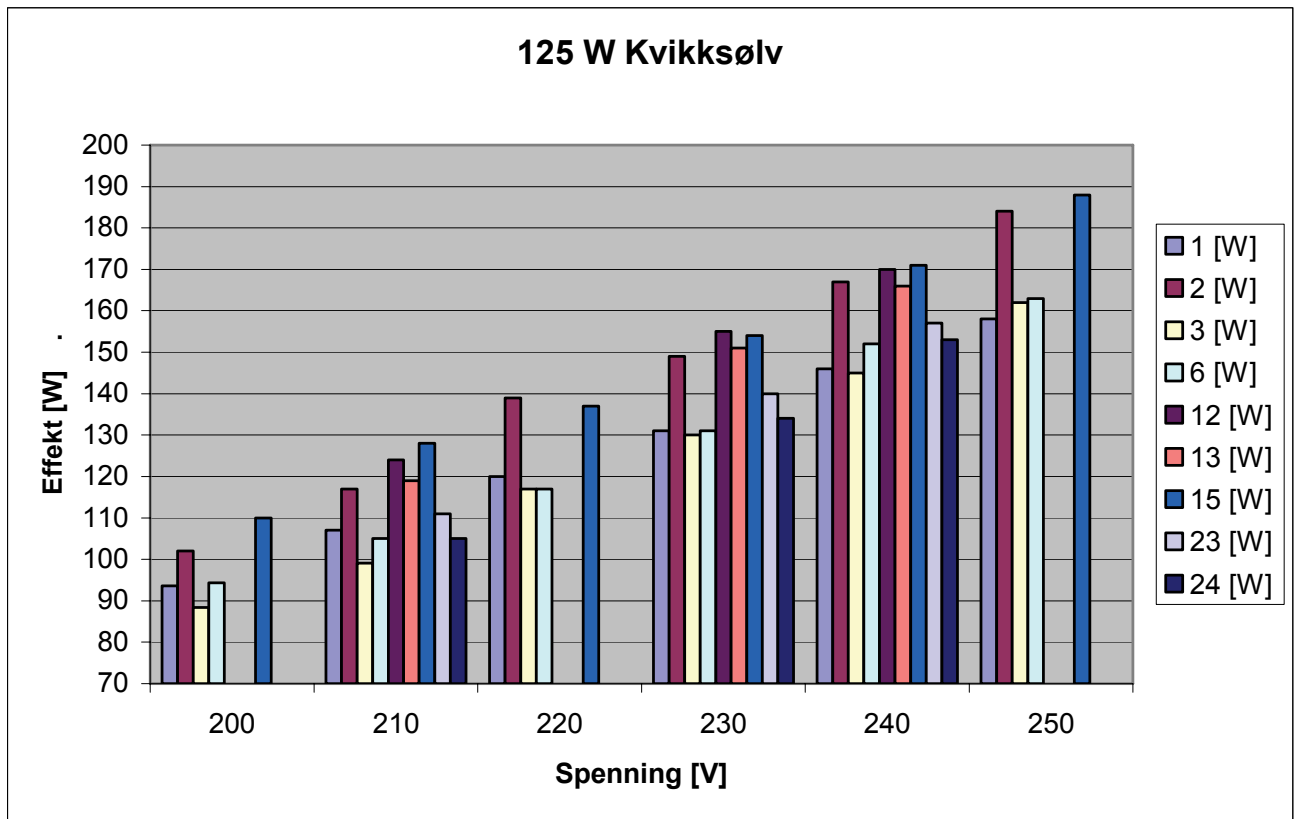
Jeg vil kun presentere de resultatene av undersøkelsen som jeg mener er aktuelle for denne rapporten. Ønskes det å studere alle resultatene fra Geir Mortens prosjekt, henviser jeg til hans prosjektoppgave; "Energisparepotensialet ved utskifting ved utskifting av gamle veilyanlegg".

Resultatene presenteres nå i rekkefølge sortert etter armatureffekter.

**125 W Kvikksølv****Tabell 1: Måleresultater fra armatur med kvikksølvlampe, 125 W**

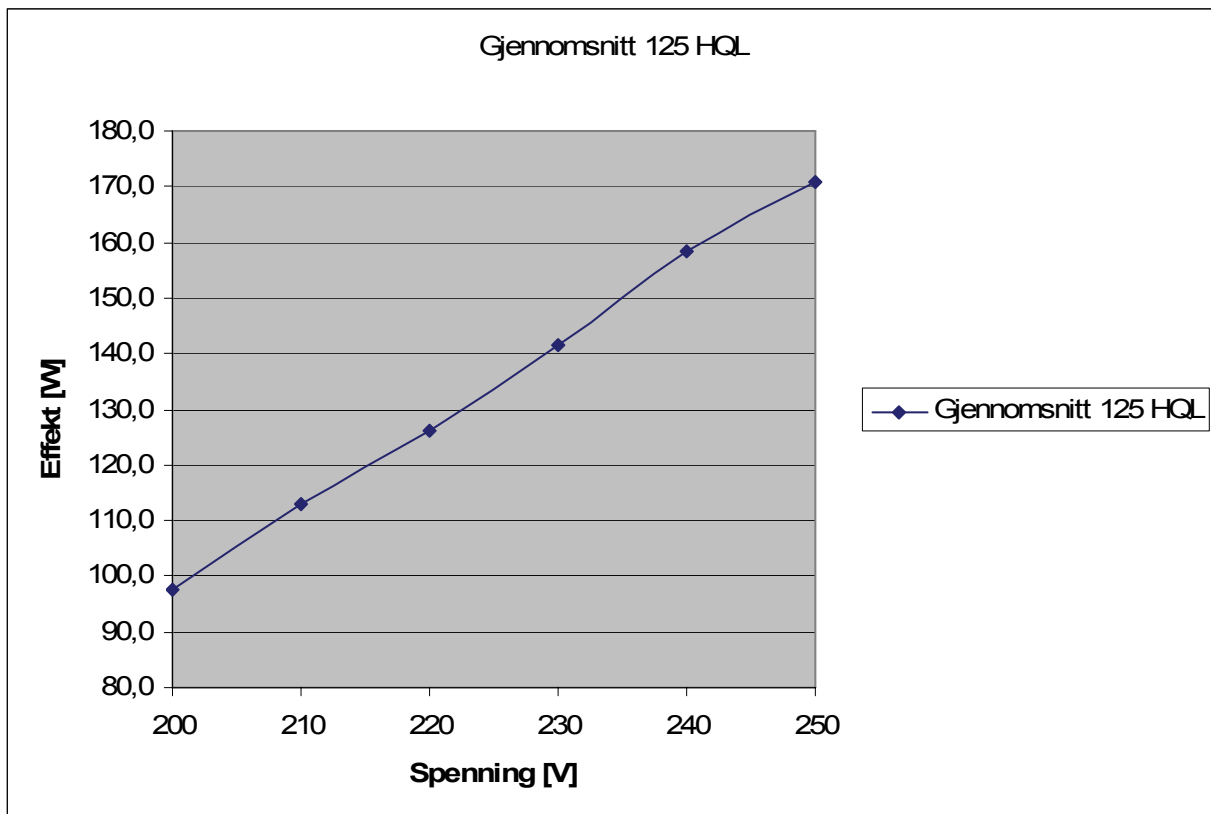
Kvikksølvlamper, 125 W										Gjennomsnitt [W]	% av 125 W
	Lampe nr.										
Spenning [V]	1 [W]	2 [W]	3 [W]	6 [W]	12 [W]	13 [W]	15 [W]	23 [W]	24 [W]		
200	93,6	102	88,4	94,3			110			97,7	78,1
210	107	117	99,1	105	124	119	128	111	105	112,8	90,2
220	120	139	117	117			137			126	100,8
230	131	149	130	131	155	151	154	140	134	141,7	113,3
240	146	167	145	152	170	166	171	157	153	158,6	126,8
250	158	184	162	163			188			171	136,8

VEDLEGG E (2)



Figur 1: Effektforbruk for kvikksølvvarmatur, 125 W

## VEDLEGG E (3)



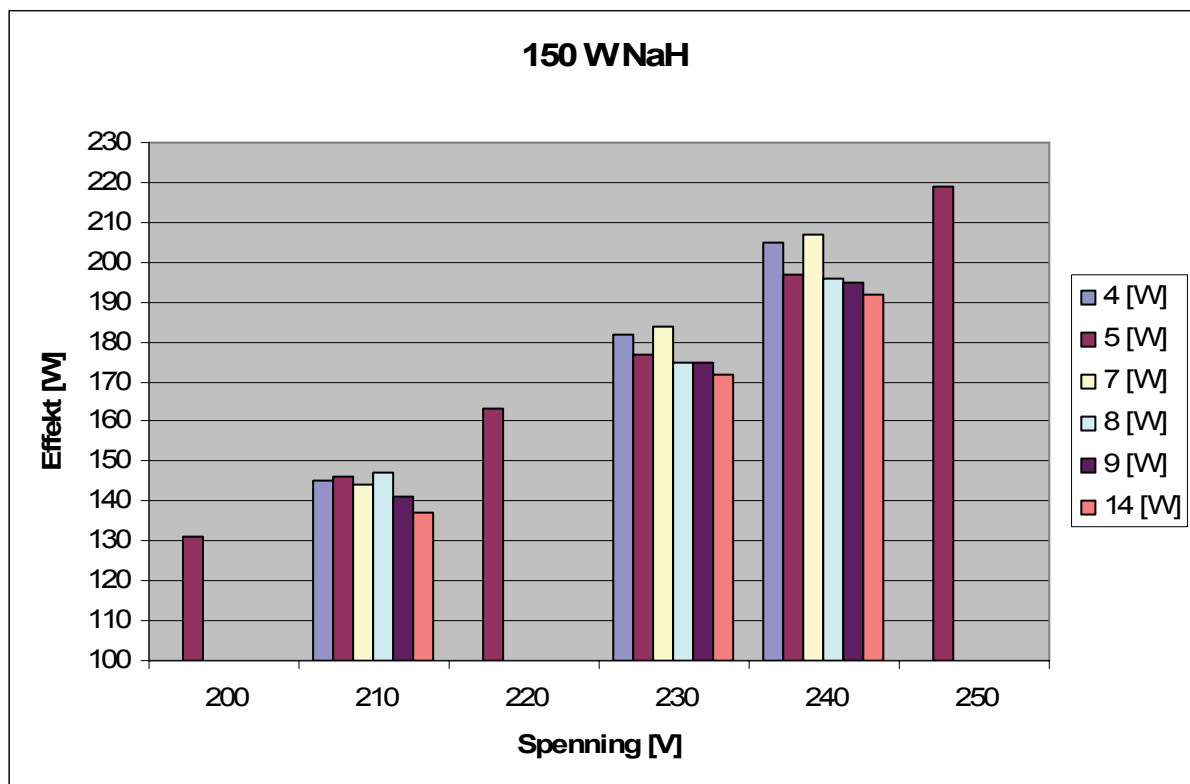
Figur 2: Gjennomsnittlig effektforbruk for Kvikksølvvarmaturer, 125 W

## 150 W Høytrykknatrium

Tabell 2: Måleresultater fra høytrykknatriumarmaturer, 150 W

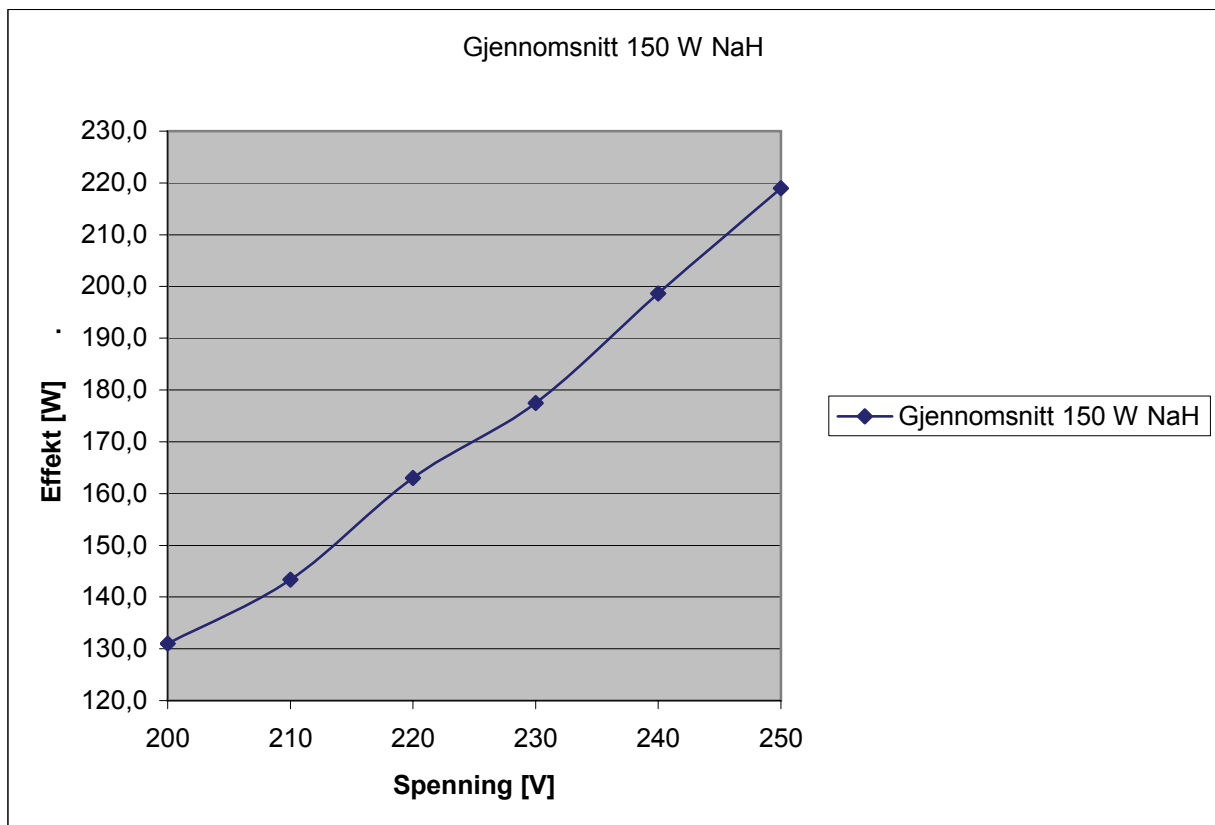
Høytrykknatrium 150 W, konvensjonell forkobling							Gjennomsnitt [W]	% av 150 W
Spenning [V]	Lampe nr.							
	4 [W]	5 [W]	7 [W]	8 [W]	9 [W]	14 [W]		
200		131					131,0	87,3
210	145	146	144	147	141	137	143,3	95,6
220		163					163,0	108,7
230	182	177	184	175	175	172	177,5	118,3
240	205	197	207	196	195	192	198,7	132,4
250		219					219,0	146,0

## VEDLEGG E (4)



Figur 3: Effektforbruk for høytrykknatriumarmaturer, 150 W

## VEDLEGG E (5)



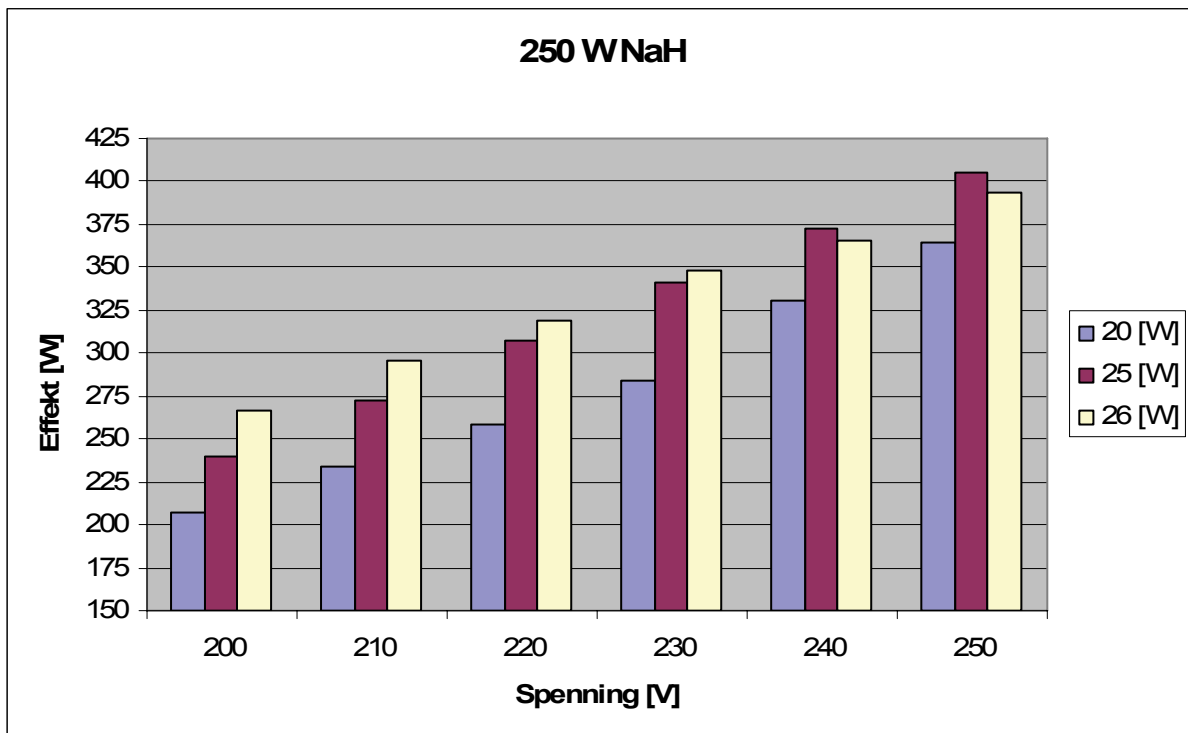
Figur 4: Gjennomsnittelig effektforbruk for høytrykknatriumarmaturer, 150 W

## 250 W Høytrykknatrium

Tabell 3: Måleresultater for høytrykknatriumarmaturer, 250 W

Høytrykknatrium 250 W, konvensjonell forkobling					
Spenning [V]	Lampe nr.			Gjennomsnitt [W]	% av 250 W
	20 [W]	25 [W]	26 [W]		
200	207	240	266	237,7	0,951
210	234	272	296	267,3	1,069
220	258	307	319	294,7	1,179
230	284	341	348	324,3	1,297
240	331	372	366	356,3	1,425
250	364	405	394	387,7	1,551

## VEDLEGG E (6)



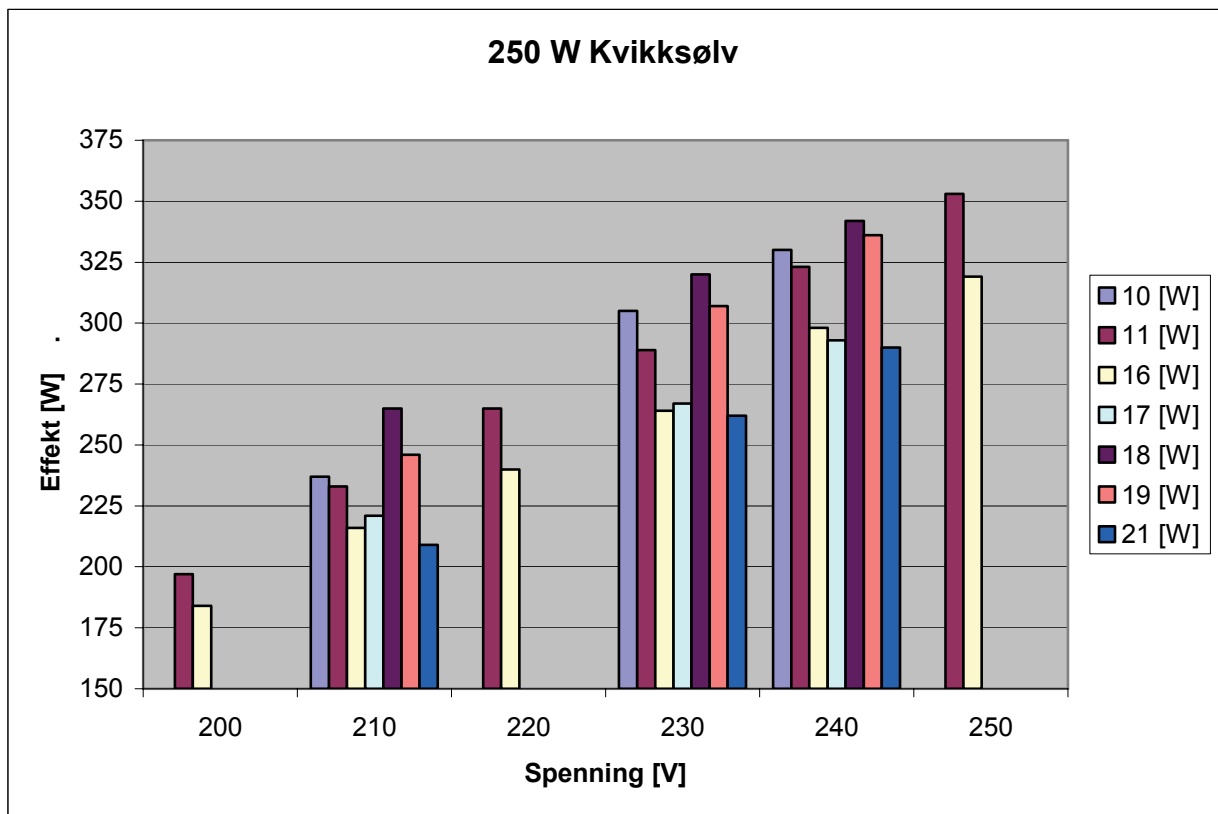
Figur 5: Effektforbruk for høytrykknatriumarmaturer, 250 W

## 250 W Kvikksølv

Tabell 4: Måleresultater for kvikksølvvarmaturer, 250 W

Kvikksølv 250 W, konvensjonell forkobling								Gjennomsnitt [W]	% av 250 W
	Lampe nr.								
Spenning [V]	10 [W]	11 [W]	16 [W]	17 [W]	18 [W]	19 [W]	21 [W]		
200		197	184					190,5	0,762
210	237	233	216	221	265	246	209	232,4	0,930
220		265	240					252,5	1,010
230	305	289	264	267	320	307	262	287,7	1,151
240	330	323	298	293	342	336	290	316,0	1,264
250		353	319					336,0	1,344

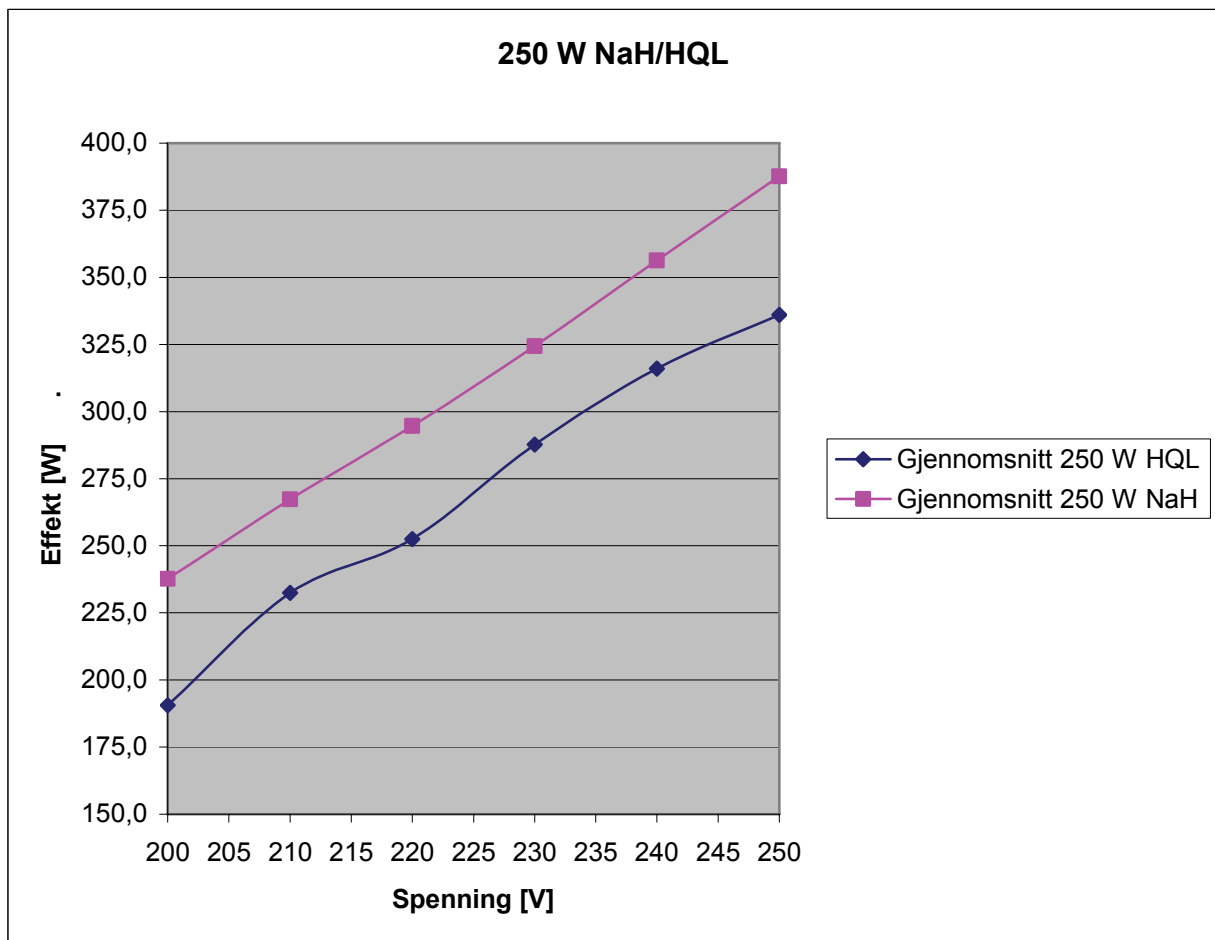
## VEDLEGG E (7)



Figur 6: Effektforkbruk for kvikksølvvarmaturer, 250 W



## VEDLEGG E (8)



Figur 7: Gjennomsnittelig effektforbruk for høytrykknatriumarmaturer og kvikksølvarmatuer, 250 W.

**VEDLEGG F****Spenningsnivå ved tenning av lamper**

Det er gjennomført forsøk der det er undersøkt hvor lavt spenningsnivået kan være for at høytrykknatriumlamper skal tenne. Forsøket er gjennomført på rom E-320, onsdag 21. mars. Temperaturen i rommet var 24 grader celsius.

Ved temperaturer ned mot -20 grader celsius må en regne med at tennspenningen øker med 10 V.

Gjennomføring av forsøket:

Vi kobler armaturen eller forkobling og lampe til en variac (B01-0505). Ved start leverer variacen 0 V. Spenningen kontrollmåles med en Fluke 43B Power Quality Analyzer. Deretter setter vi opp spenningen helt til lampen tenner. Dette er den minste tennspenning. Videre lar vi lampen stabilisere seg før vi begynner å redusere spenningen. I det tidspunkt lampen slukker fordi spenningen er blitt for lav, leser vi av den minste driftsspenning.

Forkobling	Lampe	Minste tennspenning	Minste driftsspenning
Philips HID-DV 150	Osram NAV-T 150 W	183 V *	160 V
Philips HID-DV 150	Philips SON-T 150 W	183 V	157 V
Hellvar	Osram NAV-T 150 W	100 V	35 V
Hellvar	Philips SON-T 150 W	168 V	110 V
Philips SGS203/150 TG MG34LA	Osram NAV-T 150 W	177 V	124 V
Philips SGS203/150 TG MG34LA	Philips SON-T 150 W	177 V	109 V
Selc 2000 HID smart ballast (207140)	Philips master Son-T 70 W	60 V **	86 V
Selc 2000 HID smart ballast (215140)	Philips Son-T plus 150 W		92 V
Selc 2000 HID smart ballast (215140)	Osram NAV-T 150 W	74***	92 V
Selc 2000 HID smart ballast (210140)	Philips master Son-T 100 W	64****	171 V

Kommentarer:

\* Philips HID-DV 150 med Osram NAV-T 150 W var ustabil, det vil si pendlende mellom slukking og tenning ved minste tennspenning. Dette fulgte videre oppover til spenningen var satt til 210 V.

\*\* Lampen tenner ved 60 V. Etter ca 2 minutter begynner lampen å bli ustabil. Den slukker og tenner igjen.

\*\*\* Lampen tenner ved 74 V, men etter ca 2 minutter blir den ustabil. 95 V er ikke nok til å få stabil drift. Ved 105 V ble lampen stabil.

\*\*\*\* Lampen tenner, men er svært ustabil -> blinker. Lampen blir stabil først når spenningen når 175 V