



Statens Vegvesen

Trafikforvaltning

Utvikling av strømbesparende vegbelysning

Bilag 3 - Markedsundersøgelse og analyse af teknologier og produkter for spændingsmanipulation

5176not001, Rev. 0, 26.3.2015

Udført: GRK/POE

Kontrolleret: HSO

1. Spændingsregulering af vejbelysning

1.1 Formål

Spændingsregulering som dæmpning af forsyningsspændingen til vejbelysning udføres med det formål at opnå energibesparelse i vejbelysningsanlægget.

Som regel foretages dæmpningen i perioder af døgnet, hvor trafikintensiteten er lav og belysningsniveauet derfor kan reduceres.

Spændingsdæmpning er kun relevant for konventionelle lyskilder, styret af konventionelle forkoblinger. Hvis lyskilden er styret af en elektronisk forkobling, eller hvis lyskilden er LED, er spændingsdæmpning ikke relevant, da elektronikken i disse tilfælde vil kompensere for en reduktion i netspændingen.

Spændingsregulering kan også udføres med det formål at justere netspændingen og udjævne variationerne heri (spændingsstabilisering). Dette kan forøge levetiden af lyskilder og forkoblinger. Denne form anvendes, hvor netspændingen er høj eller ustabil, til at opnå (mindre) besparelser på energi og driftsomkostninger.

1.2 Konsekvenser

Spændingsregulering af forsyningsspændingen til vejbelysning har konsekvenser for:

- Energiforbrug
- Lysstrøm og lysudbytte
- I nogen grad: Levetid af lyskilder og forkoblinger

Hvis lyskilden er metalhalogen eller højtryksnatrium, og forkoblingen er konventionel, er den potentielle energibesparelse en tilnærmelsesvis lineær funktion af spændingen. Der vil dog være en reduktion af lysstrømmen, som afhænger af dæmpningsintervallet, idet lyskilder typisk er mest effektive (målt i lm/W) ved mærkespændingen. Kompaktlysrør, metalhalogen og højtryksnatrium har dog forskellig profil med hensyn til effektivitet.

Spændingsstabilisering (uden dæmpning) kan formentlig forlænge levetiden af elektroniske forkoblinger og LED drivers.

For højtryksdamplamper som f.eks. højtryksnatrium lamper gælder: Ved slutningen af lyskildens levetid stiger den lampespænding som er nødvendig, for at holde udladningen i gang, når lyskilden er opvarmet og gassen har opnået driftstryk. Til sidst er den tilstedeværende spænding ikke høj nok til at drive udladningen. Man ser derfor at lyskilden slukker kort tid efter at den er tændt.

Dette fænomen kan formodes at optræde tidligere i lyskildens levetid i perioder med reduceret spænding end i perioder med normal spænding.

Dette har dog erfaringsmæssigt ikke nogen afgørende betydning, fordi lyskilderne serieudskiftes som følge af generel lysstrømsnedgang inden de svigter (i større mængde), af den nævnte årsag.

Lyskildefabrikanterne tager forbehold, med hensyn til garanti for lyskildernes holdbarhed mv., når lyskilderne drives uden for det spændingsområde de er garanteret til eller med udstyr som de ikke af fabrikanten er afprøvet til.

Fabrikantens angivelse af spændingsområde er som regel nominal spænding -10% til +10%. Når en højtryksdamplampe angives at være dæmpbar forudsættes det normalt, at der anvendes dertil indrettede forkoblinger og altså ikke dæmpning med transformere.

Erfaringer fra Danmark viser dog at dæmpning med transformere på op til 20% af nominal spænding fungerer godt, og der kendes ikke eksempler på at den nævnte indskrænkning af fabrikantens garanti har fået konsekvenser.

1.3 Udførelse

Dæmpningen udføres ved hjælp af en transformer, som typisk indbygges i vejskabet indeholdende forsyningstavlen til anlægget. Det centrale princip er vist på Figur 1 på side 7.

Hvor vidt det er hensigtsmæssigt og rentabelt at etablere dæmpning i eksisterende anlæg afhænger af en række forhold ved:

- Armaturer og lyskilder
- Kabelanlægget og belysningsanlæggets anvendelse
- Vejbelysningsskabene

Armaturer og lyskilder

Etablering af spændingsdæmpning i eksisterende anlæg med konventionelle armaturer og lyskilder kan kun være en rentabel investering, hvis armaturerne er i en god og fuldt funktionsdygtig stand, således at de har en betydelig restlevetid. (I modsat fald er udskiftning til LED-armaturer aktuel).

Det bør således undersøges om det er muligt at få sliddele som f.eks. startere og andre reservedele som f.eks. skærme til armaturerne i en passende årrække fremover.

Ikke alle damplamper er velegnede til dæmpning. Dæmpning af metalhalogenlamper påvirker lyskildens lysudbytte og farveegenskaber i så høj grad, at leverandørerne ikke har indrettet metalhalogenlamperne til at kunne dæmpes.

De lyskilder som er bedst egnede, til dæmpning af spændingen, ved hjælp af en transformer, er lysstofrør og højtryksnatriumlamper med konventionel elektromagnetisk forkobling.

En spændingsdæmpning rettet mod dampplamper med konventionelle forkoblinger kan vanskeliggøres af anlæg med flere typer armaturer og lyskilder fx lyskilder med elektroniske forkoblinger eller LED. I denne situation må konsekvenserne af spændingsdæmpning for de elektronisk forkoblede lyskilder også overvejes. Hvis anlægget indeholder kompaktlysrør styret af HF spoler, skal man være opmærksom på, at en nedregulering med mere end ca. 8% fører til, at HF forkoblingen ikke kan kompensere for den manglende spænding, hvilket vil forkorte levetiden af kompaktlysrørene.

Kabelanlægget og belysningsanlæggets anvendelse

Når dæmpning indføres i eksisterende anlæg er det en forudsætning, at det eksisterende kabelanlæg er brugbart hertil.

Kabelanlægget skal gennemregnes i forhold til den sænkede spænding og det skal verificeres at sikringen fortsat kan afbryde spændingen ved en énfasnet fejl i det yderste punkt, når spændingen er sænket med den påtænkte transformator.

I Danmark såvel som i Norge er anlæggene som regel 3 faset forsynet således at alle 3 faser samt 0-lederen er ført frem i et 4-leder kabel til ”sløjfning” i samtlige master. Armaturenes tilslutning er fordelt successivt på faserne.

Hvis der er visse armaturer i anlægget som ikke ønskes dæmpet f.eks. dem som belyser kryds, rundkørsler, fodgængerovergange mm., så kan den ene fase anvendes udæmpet til forsyning af disse armaturer, mens de andre faser gøres dæmpbare og forsyner armaturer på strækninger.

Princippet er ganske almindeligt når dæmpning etableres eksisterende anlæg i Danmark, hvor belysningen af kryds, rundkørsler, fodgængerovergange mm. ikke må dæmpes.

Hvis visse armaturer der forsynes gennem samme kabel-gren skal holdes ude af dæmpningen vil det kun være hensigtsmæssigt, hvis forsyningskablet indeholder ledere nok (3 ledere som fører mindst 2 faser frem til masterne er minimum.)

Vejbelysningsskabene

Som udgangspunkt vil det være muligt at indbygge transformere med tilhørende styresystem til spændingsdæmpning i et eksisterende vejskab hvis skabets har pladsforhold som tillader det.

Det er ikke givet, i hvor høj grad ovenstående er opfyldt i de konkrete anlæg i Norge. Det må derfor forventes, at vejskabene i nogle tilfælde skal udskiftes for at muliggøre spændingsdæmpning. Så-

danne udskiftningsomkostninger påvirker den samlede rentabilitet betydeligt.

Af tilhørende funktioner og udstyr skal nævnes følgende:

Tidsstyring af spændingsdæmpningen skal indbygges og kunne kommunikere med en mere central belysningsstyring og overvågning.

Lysstofrør, kompaktlysrør og damplamper som metalhalogen og højtryksnatrium har behov for normal spænding til start (som sker ved hjælp af en startenhed) og til opvarmning af lyskilden. Et system skal derfor sikre at dæmpetransformeren først indkobles, når lyskilderne er opvarmede.

Den ønskede dæmpning skal indstilles med udgangspunkt i den spænding, som skal opnås på det yderste punkt i installationen. Dette afhænger af den konkrete lyskildetype, som anvendes, idet damplamper bliver sværtet til, når de drives ved en for lav spænding, med reduktion af levetiden til følge. Det præcise niveau, som kræves i det yderste punkt, må derfor baseres på den konkrete lyskilde (type og leverandør), som anvendes samt på det konkrete kabelanlæg.

2. Anvendelse af spændingsregulering

Spændingsdæmpning med energibesparelse som formål har så vidt vides kun været anvendt forsøgsmæssigt i Norge indtil dato, mens det har været anvendt i Danmark i de sidste 20 år. Erfaringer fra Danmark medtages derfor i det følgende.

2.1 Vejbelysning i Norge

I 2013 er udført et forsøg med spændingsdæmpning på FV23 - Gul-laug Fv-23, som er en fylkesvei rett øst for Drammen, i Lier kommune, mellom Drammen og Røyken.

Anlægget er et konventionelt belysningsanlæg med armaturer med højtryksnatriumlamper, lyspunkthøjde 10 m og mastefstand 40 m. Dæmpeudstyret blev leveret af firmaet Viritech ApS, Danmark.

Hovedresultatet for nye lyskilder var som følger:

	Lysniveau	Effekt
Fuld spænding (230V)	100%	100%
Dæmpet (200V)	72%	79%
Maks dæmpet (188V)	63%	70%

Disse resultater passer udmærket med erfaringer fra Danmark.

Farvetemperatur og farvegengivelsesindeks, Ra blev også målt. Resultaterne viste et lille fald i farvetemperatur og et betydeligt fald Ra-indeks ved dæmpning.

Denne virkning er ikke tidligere dokumenteret i praksis.

2.2 Generelt for Danmark

Det er karakteristisk at bestemte typer eller fabrikater af spændingsreguleringsudstyr anvendes af bestemte ejere til bestemte formål.

I vejbelysning har spændingsdæmpning været anvendt siden begyndelsen af 1990'erne med hovedformålet at spare energi. Det tilsvarende lavere belysningsniveau tillades i trafiksvage perioder i de sene aftentimer og om natten.

I begyndelsen anvendtes spændingsdæmpning på lysstofrør og kviksløvlamper, men i de senere år anvendes spændingsdæmpning næsten udelukkende på højtryksnatriumlamper.

I nogle få anlæg anvendes metoden desuden til metalhalogenlamper af typer som kan drives på samme elektromagnetiske forkoblinger som højtryksnatrium.

I andre anvendelser end vejbelysning er potentialet for energibesparelse mindre og anvendelsen retter sig da også mod andre driftsfordele, som kortfattet nævnt i afsnit 1.1 og i afsnittene **Fejl! Henvissningskilde ikke fundet.** til 0.

2.3 Det danske Vejdirektorats veje og anlæg

I anlæg som oprindeligt er udført under et af Vejdirektoratets udbud har vejbelysningsskabe med spændingsregulering i nogle tilfælde været en del af specifikationerne til udbuddet.

Disse bygges af en leverandør og leveres af anlægsentreprenøren.

I de senere år er der indgået rammeaftaler mellem Vejdirektoratet og en leverandør om levering af vejbelysningsskabe som bygherreleverance i henhold til Vejdirektoratets specifikationer.

Ved kommunesammenlægningen i 2007, hvor de danske amter (svarende til norske fylker) blev nedlagt overtog Vejdirektoratet bl.a. en del større belyste veje gennem byer.

Man må formode at de tilhørende vejbelysningsskabe med spændingsreguleringsudstyr er standardtyper fra f.eks. DanIntra på samme måde som det er fremherskende i danske kommuner. Se afsnit 2.4.

Eksempel – Motorringvej M3/M12

Spændingsregulering er udført i forbindelse med M3 / M12 projektet for udvidelse af motorveje omkring København, idet forsyningsspændingen dæmpes fra 230 V til 192-194 V. Transformerne

til spændingsdæmpningen er indbygget i vejskabene. Reduktionen af spændingen og belysningsniveauet sker i de trafiksvage perioder sent på aftenen og om natten (kl. 22 til kl. 5).

Lyskilderne er højtryksnatriumlamper med klar kolbe, som drives i moderne armaturer med elektromagnetisk forkobling og elektronisk starter.

Systemet har ikke givet anledning til nogle kendte driftsmæssige problemer. Der er f.eks. ikke konstateret nogen forringelse af lyskildernes levetid.

Der er ikke i dag foretaget en systematisk indsamling af data for at analysere energiforbruget ved dæmpning, men ved projekteringen er der estimeret en reduktion i belysningsniveauet på 40% - 45% og en reduktion i effekten på 30 - 35%.

2.4 Kommunale veje i Danmark

Belysningsanlæg og vejbelysningsskabe etableres som regel af en driftsentreprenør eller et driftsselskab, der ofte er et elforsyningsselskab.

Da kommunerne kun stiller overordnede krav og specifikationer er det driftsentreprenøren/-selskabet, som træffer beslutning om vejbelysningsskabenes fabrikat og type.

Der anvendes i vid udstrækning standard vejbelysningsskabe med dæmpeudstyr af typen Power Miser® fra leverandøren DanIntra.

2.5 Anden anvendelse af spændingsregulering

For fuldstændighedens skyld skal nævnes eksempler på anvendelse af spændingsregulering og/eller spændingsstabilisering i forbindelse offentlige bygninger. Anvendelsen omfatter både udendørs og indendørs installationer

Hos Slots- og Ejendomsstyrelsen er spændingsregulering blev taget i anvendelse på den baggrund, at variationer i netspændingen fik de elektroniske forkoblinger i et antal nyere armaturer til at fejle indenfor en kortere periode. Formålet var dermed primært at forhindre de store udsving i spændingen til armaturerne. Ved at dæmpe spændingsniveauet til 210 V, var det muligt samtidig at opnå en energibesparelse.

Så længe spændingen ikke dæmpes under 190 V, har spændingsdæmpningen ingen negativ indflydelse for elektriske apparater.

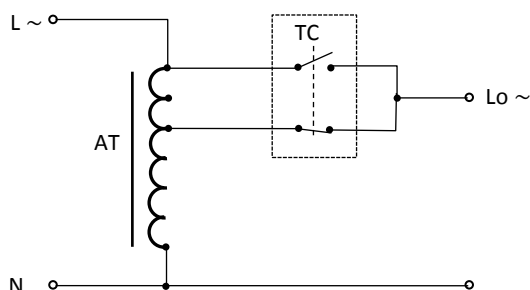
I Forsvarets Bygnings- og Etablissementstjenestes bygninger har man, som led i et generelt program for energieffektivisering, ind-

ført spændingsstabiliserende anlæg med bl.a. energibesparende formål.

3. Princielle forhold i vejbelysning

3.1 Dæmningsprincip

Spændingsdæmning foregår typisk med en autotransformer efter det grundlæggende princip som vist i Figur 1.



Figur 1 Princip for spændingsdæmning med autotransformer (AT), som er simpel, robust og har et lavt tab når spændingsreduktionen er lille.

En tidsstyret omkoblingsenhed, (TC) sørger for at lyskilderne starter på fuld spænding, samt omkobler til reduceret spænding i det indstillede interval af brændtiden.

Autotransformere med styrings- og omkoblingsenheder indbygges i vejbelysningskabet.

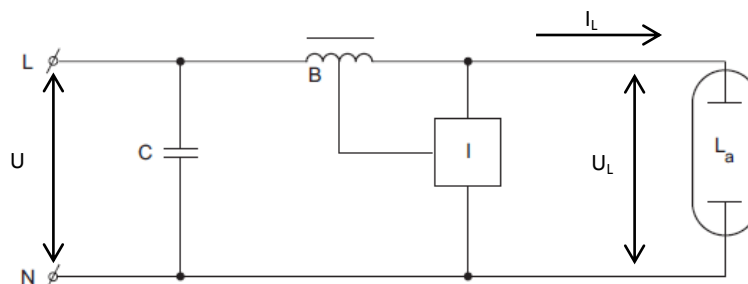
I både Norge og Danmark er kabelforsynede masteanlæg som regel 3-fasede med armaturerne ligeligt fordelt på faserne.

Derfor anvendes der 3 stk. 1-fasede autotransformere til dæmningen.

Når der indføres dæmning i eksisterende anlæg ønsker man normalt ikke at ændre væsentligt på kabelanlægget. Hvis der samtidig indgår belyste kryds, rundkørsler, fodgængerovergange mm., som ikke dæmpes, så anvendes kun 2 stk. autotransformere, idet den tredje fase anvendes til de armaturer som ikke dæmpes.

3.2 Damplampers spændingsafhængighed

Højtryksdamplamper som højtryksnatrium og metalhalogen med keramisk udladningsrør drives normalt i kobling som vist i Figur 2.



Figur 2 Typisk koblingsdiagram af typen semi-parallel for en højtryksnatriumlampe eller metalhalogen i vejbelysning

L_a er lyskilden

B er elektromagnetisk forkobling (drosselspole)

I er tændenhet (som kun trækker strøm ved lyskildens tænding)

C er en kondensator til fasekompensering

U er forsyningsspændingen til kredsløbet, (Mains voltage)

U_L er lampespændingen

I_L er strømstyrken gennem lampekredsløbet

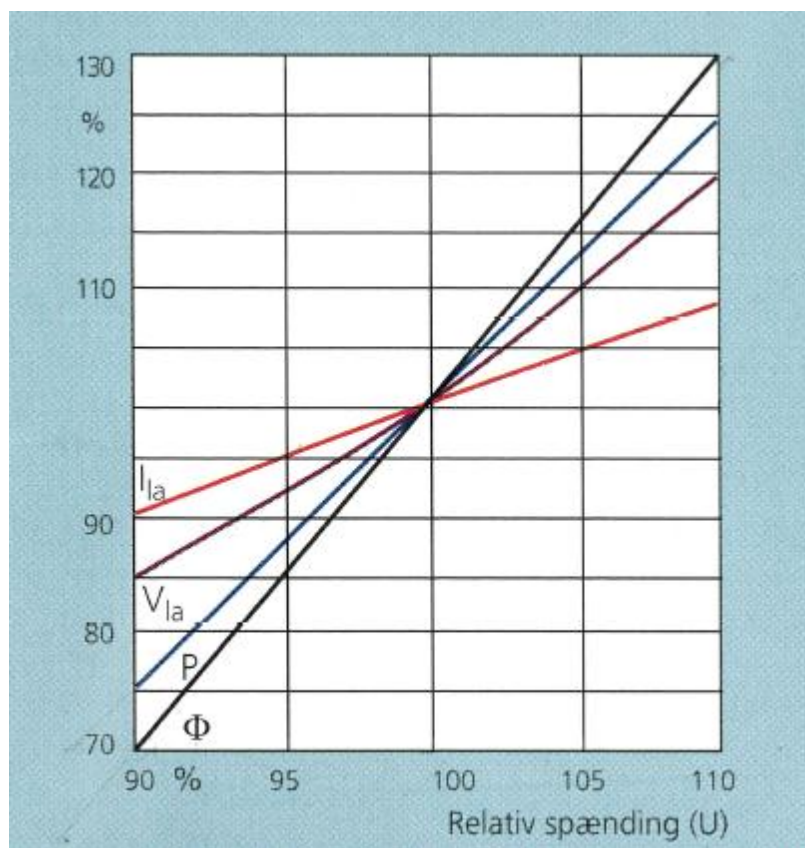
Ved dæmpning af spændingen, U udnytter man at effekten reduceres sammen med lysstrømmen.

I Danmark er det tilladt at reducere belysningsniveauet til 50% i trafiksvage perioder.

Eksperimentelle og praktiske erfaringer i 1980'erne og begyndelsen af 1990'erne har ført til at der generelt er valgt en nedre grænse for reduceret spænding på ca. 190 V. Ofte er autotransformeren indrettet til 192 V eller 194 V således at spændingsfaldet i kablet til de yderste armaturer imødegås.

Erfaringer fra dengang var, at en reduktion af lysstrømmen til 50% førte til en effektreduktion på 35%¹, hvilket passer nogenlunde med diagrammet over spændingsafhængighed som vist i Figur 3.

¹ Disse er overslagsbesparelser anvendt i belysningsbranchen. De oprindelige målinger og skriftlige kilder kan ikke længere lokaliseres.



Figur 3 Spændingsafhængighed for ældre højtryksnatriumlamper.

I_{la} er strømstyrken gennem lampekredsløbet

V_{la} er lampespændingen

P er effekten (eksklusivtab i forkobling)

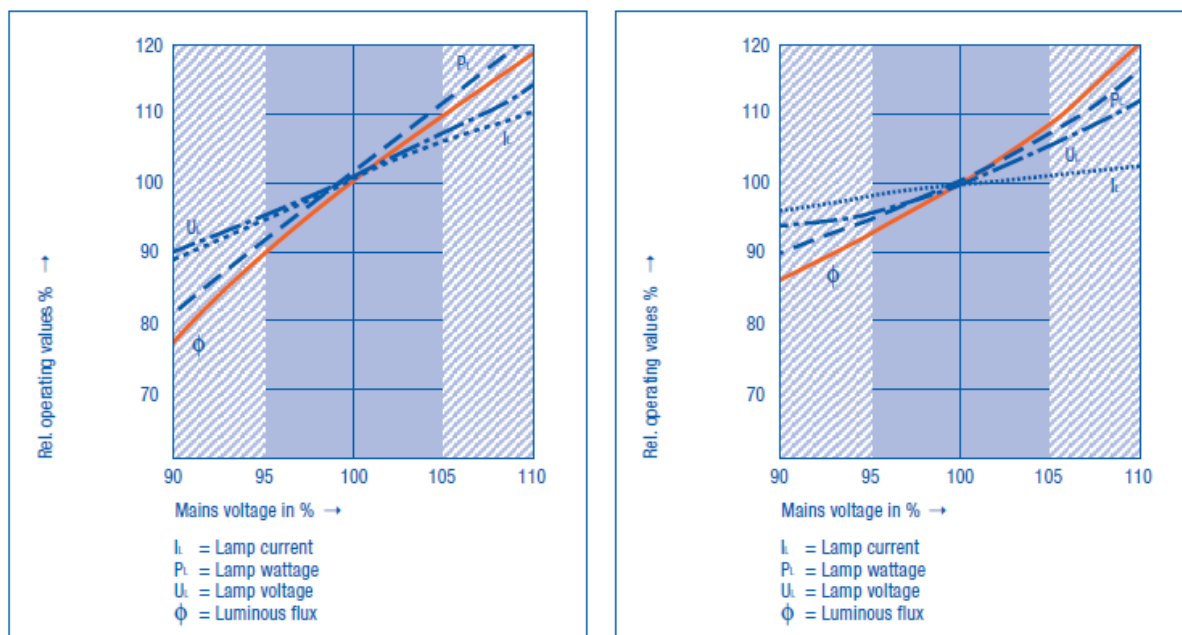
Φ er lysstrømmen

(Kilde: Elektriske Lyskilder, 1993 Lysteknisk Selskab)

Den nedre spændingsgrænse bestemmes endvidere af starteren. Erfaringsmæssigt kan starteren fejlagtigt forsøge "starte" lyskilden, når spændingen sænkes under 190V.

På grund af spændingsfald i kabelanlægget indstilles autotransformeren til en lidt højere spænding f.eks. 192V eller 194V. Spændingsfaldet er relativt lille i vejbelysningsanlæg trods lange kabelstræk. Det skyldes at kabeltværsnittet og længden vælges efter at opnå tilstrækkelig stor kortslutningsstrøm, I_{kmin} således at sikringen kan afbryde en såkaldt 1-faset jordslutning eller en fase-nul kortslutning ved det yderste armatur.

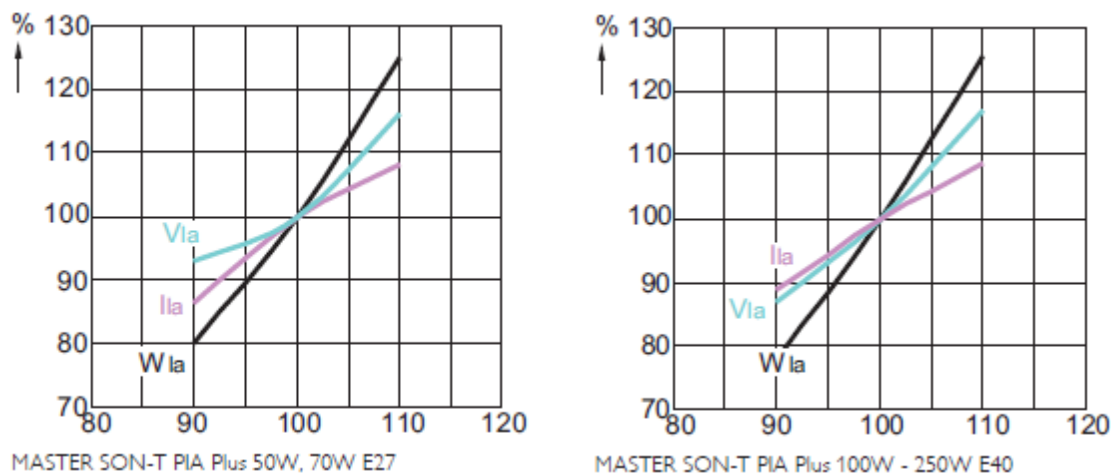
Som det fremgår af det følgende må det anses noget usikkert hvor stor besparelse der opnås med de aktuelle lyskilder i anlægget.



NAV® 4Y®: 50–70 W
 NAV®: 50–70 W
 NAV® SUPER 4Y®: 50–70 W

NAV® 4Y®: 150– 400 W
 NAV®: 150–1000 W
 NAV® SUPER 4Y®: 100– 600 W

Figur 4 Diagram for moderne Osram højtryksnatriumlampers afhængighed af forsyningsspændingen, U = Mains voltage. (Effekten P_1 er angivet eksklusiv tab i forkobling) (Kilde: Lysviden.dk samt Osram Vialox® NAV® Technical Information)



Figur 5 Diagram for moderne Philips højtryksnatriumlampers afhængighed af forsyningsspændingen i % af nominal spænding. Der angives kun lampens spænding V_{la} , strøm I_{la} og effekt, W_{la} (Effekten er angivet eksklusiv tab i forkobling). Lysstrømmen er ikke angivet. (Kilde: Philips 2013, December 11)

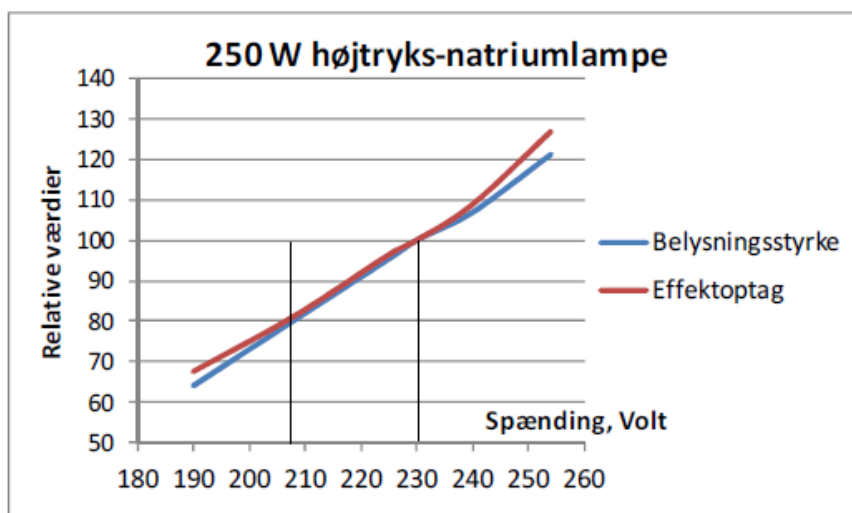
Figur 4 og Figur 5 viser spændingsafhængigheden for moderne højtryksnatriumlamper herunder de typer som anvendes i vejbelysning. Producenterne angiver ikke data udenfor området +/- 10% af nominal spænding (230V), men man antager normalt, at den no-

genlunde lineære afhængighed fortsætter til de ca. -18% eller ca. 190 V, som anvendes i praksis.

Man ser varierende spændingsafhængighed mellem fabrikater og mellem wattager.

Tilsammen antyder diagrammerne i Figur 3, Figur 4 og Figur 5, at dæmpningen giver en mindre energibesparelse med nutidens højtryksnatriumlamper end med dem, som udstyret er udviklet til i begyndelsen af 1990'erne. Denne vurdering indeholder dog en række usikkerhedspunkter omkring de mulige besparelser og kun få måledata findes tilgængelige.

Eksempel på måledata findes i Elforsk PSO-projekt nr. 343-004, Delrapporter "Laboratoriemålinger af lyskilders spændingsafhængighed" hvorfra diagrammet i Figur 6 stammer.



Figur 6 Relative værdier for effekttag og belysningsstyrke (som kan regnes proportional med lysstrømmen) som funktion af spændingen for et armatur med ét stk. 250 W højtryksnatriumlampe, (Philips SON-T) med konventionel spole. (Effekten er angivet inklusiv tab i forkobling).

Diagrammet i Figur 6 viser en mindre forskel mellem faldet i effekt og faldet i lysstrøm end det ses i Figur 4 og Figur 5. Bemærk at lyskilden i Figur 6 (SON-T) ikke er helt den samme som normalt anvendes i vejbelystning og som vises i Figur 5 (SON-T PIA Plus).

3.3 Teoretisk besparelspotentiale

Besparelspotentialet med moderne højtryksnatriumlyskilder kan estimeres på følgende måde:

Effekttabet i forkoblingen er proportionalt med lampestrømmen i anden potens dvs. med I_L^2 . I diagrammerne i Figur 4 og Figur 3 ser

man at lampestrømmen falder med ca. halvdelen af effekten P. Det betyder at forkoblingens effekttab med tilnærmelse falder med samme faktor som lampeeffekten, så disse to kan regnes procentvis ens. Det samme gælder tab i kabler mm. (Figur 6 sammenlignet med Figur 5 bekræfter dette).

Det er derfor relativt enkelt at beregne forventede besparelser ved ekstrapolation af kurverne i Figur 4 og Figur 5.

	Osram NAV super		Philips SON-T PIA Plus		SON-T
Lyskilde nominel effekt	50 – 70W	100 – 600W	50 – 70W	100 – 250W	250W
Dæmpet spænding	190V ~ 82,6%				
Lysstrøm reduceret til	60%	76%	57%	50%	64%
Armatureffekt reduceret til	67%	83%	65%	60%	67%
Transformer tab v. dæmpning	2%	2%	2%	2%	2%
El-besparelse i dæmpet tilstand	32%	16%	33%	39%	32%
El-besparelse v. dæmpning fra kl. 21.00 til kl. 6.00	24%	12%	25%	29%	24%

Tabel 1 Estimerede besparelser ved anvendelse af dæmpning med autotransformer på højtryksnatriumlamper beregnet ved ekstrapolation på grundlag af diagrammerne Figur 4 og Figur 5 sammenlignet med målte værdier fra Figur 6 i den højre kolonne. Værdierne for lysstrømmen fra lyskilder fra Philips SON-T PIA Plus er estimeret ud fra en antagelse om at der er samme sammenhæng som funktion af strøm og spænding som for Osrams NAV Super lyskilder.

Tabel 1 viser således de besparelser i el-forbrug som kan forventes for moderne højtryksnatriumlamper som angivet i Figur 4, Figur 5 og Figur 6, når spændingen dæmpes til 190V i gennemsnit for armaturer inkl. forkoblinger i anlægget.

Tydeligvis kan der forventes temmelig store forskelle mellem fabrikater og wattager. Navnlig skiller NAV Super 100 – 600W sig ud jf. kurverne i det højre diagram i Figur 4 sammenlignet med de øvrige kurver i Figur 4, Figur 5 og Figur 6. Ud fra dette må kun forventes den halve besparelse eller mindre med NAV 100 – 600W i forhold til de øvrige.

Samlet set bekræfter Tabel 1 fabrikanters (DanIntras) angivelse af en elbesparelse i dæmpet tilstand på 30% til 35%. Samtidig må forventes en reduktion af belysningsniveauet på ca. 40%.

4. Leverandører og systemer

Systemer til spændingsdæmpning i vejbelysning, som i dag er i anvendelse, leveres af følgende leverandører, som alle er baseret i Danmark.

4.1 Strøm-Hansen

Leverandør: Strøm-Hansen: www.stroemhansen.dk

Anvender transformere fra Overgaard: www.transformere.com

Produkter: Vejbelysningsskabe med dæmpetransformere, styrings- og koblingsrelæer, plads til kommunikation/lysstyringsenheder samt måler.

Tekniske data: Produkterne leveres typisk efter Vejdirektoratets standard specifikation under en rammeaftale og produktbrochurer og tekniske datablade findes følgelig på Vejdirektoratets hjemmeside.

Netspændingen reduceres til 192-194 V.

4.2 DanIntra

Leverandør: DanIntra: www.danintra.dk

Produkt: Power Miser®.

Vejbelysningsskab med dæmpetransformere, styrings- og koblingsrelæer, plads til kommunikation/lysstyringsenheder samt måler-ramme.

Tekniske data: Produktbrochurer og tekniske datablade kan downloades fra DanIntras hjemmeside.

PowerMiser indstilles statisk for 8,0%, 10,0%, 12,5%, 15,0% eller 17,0% reduktion af spændingen. Der er ingen spændingsstabilisering.

Der foreligger ingen dokumenterende målinger af effektreduktionen eller reduktion af lysstrøm i belysningsanlæg ved de nævnte spændingsreduktioner.

Produkterne anvendes i en lang række af kommuner og drives typisk af forsyningsselskaber, som i mange tilfælde også har været entreprenør.

4.3 Viritech ApS / MO Partner Norge

Leverandør: Viritech ApS, Følfodvej 6, 9970 Strandby Danmark (www.viritech.dk)

Produkt: System til spændingsreduktion i installationer i bygninger, som muligvis kaldes "Viritech Adjust boks".

Der foreligger ingen produktbeskrivelser, brochurer, beskrivelse af dæpningsprincippet eller anden dokumentation.

På web-siden loves en el-besparelse på 30%.

Der er ingen driftserfaringer med anvendelse i vejbelysning ud over forsøget på FV 23 Gullaug.

5. Referencer og driftserfaringer med dæmpning af vejbelysning

5.1 Vejdirektoratets veje

Vejdirektoratet har i størrelsesordenen 1000 belyste vejstrækninger med ca. 35.000 armaturer fordelt over Danmark.

Der anvendes dæmpning med transformere på ca. 100 vejstrækninger med anslået ca. 200 vejbelysningsskabe og i alt ca. 5.500 armaturer.

Når ikke flere anlæg har dæmpning skyldes det to forhold:

1. Mange af Vejdirektoratets anlæg er små anlæg ved kryds, rundkørsler, tilslutningsanlæg eller lignende hvor belysningen efter reglerne ikke reduceres.
2. Mange ældre belysningsanlæg på bynære motorveje og andre store hovedveje har anlægstyper med så tæt placerede armaturer, at reducere af belysningen indtil for nylig er sket ved delslukning af hvert andet armatur.

Det kan ikke fastslås hvornår de første dæmpeanlæg er etableret, men det formodes at være tidligt i 1990'erne.

De seneste anlæg er etableret i 2012 på M3/M12 som var udbygning af M3, Motorring 3 omkring København og en strækning af den radielle motorvej M12 der forbinder M3 med M4, Motorring 4.

Eksempler på anlæg med nyere dæpningsanlæg er:

- M3/M12 Motorring 3 og østlig del af M12, Frederikssundmotorvej
- M14 Helsingørmotorvejen
- M70 motorvejsstrækninger nord og syd for Limfjordstunnelen

Udstyr:

- Dæmpeudstyr: Vejbelysningsskabe med dæmpetransformere og styring leveret efter Vejdirektoratets specifikationer af f.eks. Strøm-Hansen.
- Antal vejbelysningsskabe med dæmpeudstyr: ca. 200 stk. á 10 kVA til 32 kVA
- Antal lyskilder, højtryksnatrium: ca. 5.000 stk.
- Dæmpeniveau spænding: 192 V

- Dæmpeniveau belysning: Ikke registreret
- Dæmpeperiode start: normalt kl. 22 til kl. 6
- Energibesparelse: Ikke registreret.
- Driftserfaringer i øvrigt: Ingen negative erfaringer.

Konklusion vedr. Vejdirektoratet:

Der er ingen tilgængelige oplysninger om besparelserne ved dæmpningen.

Dæmpning er indført i forbindelse med nyetablering eller renovering af anlæg med nye vejbelysningsskabe. Merprisen for dæmpe-transformere er i så fald begrænset.

5.2 Kommunale veje

Reference 1:

Fire kommuner i Nordvestjylland hvor vejbelysningen drives af Thy-Mors Energi.

- Dæmpeudstyr: Power Miser fra DanIntra A/S
- Samlet antal lyskilder, højtryksnatrium: ca. 20.000 stk.
- Samlet antal vejbelysningsskabe: Ikke oplyst
- Antal vejbelysningsskabe med dæmpeudstyr: 200 stk. á 4,5 kVA
- Dæmpeniveau spænding: 190 V (yderste armatur)
- Dæmpeniveau belysning: Ikke kendt
- Dæmpeperiode: kl 21 til kl. 06
- Energibesparelse: ca. 30% til 45%, hvoraf dog en ukendt del skyldes overgang fra lysstofrør og kviksølvlamper til højtryksnatriumlamper i nye armaturer.
- Driftserfaringer i øvrigt: Ingen negative erfaringer. Man har konstateret en øget levetid for højtryksnatriumlamper i forhold til producentens angivelser.

Reference 2:

Fredericia Kommune i Syd-Østjylland hvor vejbelysningen drives af Tre-for Forsyningsselskab:

- Dæmpeudstyr: Power Miser fra DanIntra A/S
- Antal lyskilder, højtryksnatrium: 7.000 - 8.000 stk.
- Samlet antal vejbelysningsskabe: Ikke oplyst
- Antal vejbelysningsskabe med dæmpeudstyr: 32 stk. á 6 kVA eller 10 kVA
- Dæmpeniveau spænding: Ikke oplyst
- Dæmpeniveau belysning: 60% - 75% afhængigt af sted
- Dæmpeperiode: kl. 21 til kl. 06
- Energibesparelse: Anslået ca. 30% - 35%, hvoraf dog en ukendt del skyldes overgang fra lysstofrør til højtryksnatriumlamper i nye armaturer.
- Driftserfaringer i øvrigt: Ingen negative erfaringer.

Konklusioner vedr. kommunale veje

Det er ikke muligt at udskille besparelser ved dæmpning fra andre samtidige besparelser.

Dæmpningsudstyret er installeret samtidig med reovering af belysningsanlæg, som tidligere hovedsageligt var med lysstofrør eller kviksøvlamper (eller i mindre grad andre typer) i gamle armaturer. Ved reoveringerne blev opsat nye anlæg med tilpasset mastehøjde og effektive moderne armaturer med højtryksnatriumlamper.

Selv om belysningsniveauet på vejen samtidig i visse tilfælde er øget har selve anlægsfornyelsen ført til anseelige el-besparelser.

De besparelserne på op til 45%, der er konstateret i de nævnte kommuner, er således ikke i strid med det som forventes i henhold til Tabel 1.

Med udgangspunkt i Tabel 1 er det således ikke mere end 2/3 af besparelsen som skyldes dæmpning i trafiksvage perioder.

5.3 Sammenfatning af erfaringer i vejbelysning

Spændingsdæmpning med energibesparelse som formål har hidtil kun været anvendt på forsøgsbasis i Norge. Dæmpning af vejbelysning ved hjælp af transformere har i Danmark været anvendt i lidt mere end 20 år.

Metoden er for den langt overvejende del anvendt på højtryksnatriumlamper. Der haves ikke specifikke erfaringer fra andre lyskilde-typer.

Der er ikke rapporteret (nævneværdige) tekniske driftsproblemer.

Ved introduktionen af teknologien omkring 1990 blev der foretaget eksperimentelle målinger (som ikke længere kan dokumenteres):

- Spændingsdæmpning til ca. 190 V dvs. spændingsreduktion ca. 18%
- Reduktion af belysningsniveau: ca. 40%
- Reduktion af effekt: ca. 30% til 35%

Den nævnte effektreduktion svarer godt til det som angives af leverandøren DanIntra.

I de realiserede belysningsanlæg er der ikke foretaget målinger eller registreringer af de opnåede el-besparelse på grund af dæmpningen alene, fordi dæmptransformere er installeret i forbindelse med nyanlæg eller med reoveringen af gamle belysningsanlæg, således at andre effektiviseringer af belysningsanlæggene også indgår i de registrerede besparelser (som ligger i størrelsesordenen 30% til 45%).

Disse erfaringer må tolkes således at der generelt hos ejere og rådgivere er tillid til teknikken og til leverandørerne, således at man accepterer de besparelser der opnås uden at man behøver at kende disse i detaljer.

Nyere data for højtryksnatriumlys-kilder som vist i afsnit 3.2 (Figur 4, Figur 5 og Figur 6) tyder på at visse moderne højtryksnatriumlamper er mindre spændingsafhængige, således at dæmpning (til de anvendte spændingsniveauer) giver noget mindre el-besparelse.

Tilbagebetalingstid og rentabilitet

I Danmark er transformere til dæmpning næsten altid indført ved nyanlæg eller når vejbelysningsskabe alligevel skal udskiftes. Her ved udgør dæmpeudstyret en næsten marginal omkostning. Der er historisk set regnet med en tilbagebetalingstid på 2-3 år.

I Norge vil tilbagebetalingstiden af flere grunde være længere.

Elprisen i Norge er kun omkring 1 NOK pr. kWh, hvor den i Danmark er omkring 1,7 DKK. Det betyder at tilbagebetalingstiden er omkring 70% længere i Norge end i Danmark. (Kursforskel og eventuelle andre prisforskelle er ikke medregnet).

I Norge vil introduktionen af spændingsdæmpning i eksisterende anlæg muligvis kræve udskiftning af vejbelysningsskabene (på grund af pladsmangel), hvilket vil gøre det meget dyrere og meget mindre rentabelt.

Hvis de nuværende generationer af højtryksnatriumlamper er mindre spændingsafhængige som det må formodes, så vil besparelsen yderligere være mindre og reducere rentabiliteten yderligere.

Anbefaling:

- Eksperimentelle målinger på aktuelle moderne højtryksnatriumlys-kilder af forskellige fabrikater under kontrollerede forhold i laboratorium til fastlæggelse af spændingsafhængighed.
- Indhentning af priser og estimater af etableringsomkostninger for vejbelysningsskabe med dæmpetransformer på aktuelle vejstrækninger i Norge
- Estimering af cost-benefit for aktuelle situationer i Norge.
- Hvis sidstnævnte ikke giver en klar konklusion: Etablering af et prøveanlæg og eksperimentelle målinger i dette anlæg.

6. Litteraturliste

Elektriske lyskilder, Lysteknisk Selskab 1993

www.lysviden.dk – Online håndbog om lys og lysteknik udgivet af Dansk Center for Lys

Målerapport FV 23 Gullaug - Teknologievaluering av Viritech veilysstyring, Nordconsult d. 2013-09-06

Power Miser®· Automatisk effektregulator, brochure fra DanIntra, Juni 2013

Power Miser®· Automatisk spændingsregulator Teknik, datablad fra DanIntra, September 2008

Spændingsstyring i erhvervsvirksomheder - værktøj til fastlæggelse af muligheder og besparelspotentialer

Dansk Elforsk PSO projekt nr. 343-004. (2011)

www.elforsk.dk

- Delrapport, Laboratoriemålinger af lyskilders spændingsafhængighed

- Delrapport, Spændingsregulering Københavns Lufthavne

Osram Vialox® NAV® Technical Information – Osram Datablad

”The most reliable solution in road lighting MASTER SON-T PIA Plus” – Philips datablad 2013, December 11