

AFDÆKNING AF TEKNISK FAGLIGE, ØKONOMISKE OG PRAKTISKE ASPEKTER VED AFSKAFFELSE AF 75 %-REGLLEN FOR DIMENSIONERING AF KABLER

**SIKKERHEDSSTYRELSEN
29-10-2018**

RAMBOLL

**AFDÆKNING AF TEKNISK FAGLIGE, ØKONOMISKE OG PRAK-
TISKE ASPEKTER VED AFSKAFFELSE AF 75 %-REGLLEN FOR
DIMENSIONERING AF KABLER**

19. NOVEMBER 2018

RAMBØLL MANAGEMENT CONSULTING A/S

Indhold

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | SAMMENFATNING | 3 |
| 2. | INDLEDNING | 6 |
| 2.1 | Analysens afgrænsninger og forudsætninger | 7 |
| 2.2 | Definitioner af centrale tekniske begreber | 8 |
| 2.3 | Læsevejledning og rapportstruktur | 9 |
| 3. | REGLER FOR DIMENSIONERING AF ELINSTALLATIONER | 11 |
| 3.1 | Om 75 %-reglen og HD-standarden | 11 |
| 4. | PRAKTISKE ASPEKTER VED DIMENSIONERING AF ELINSTALLATIONER | 17 |
| 4.1 | Arbejdsgange ved dimensionering af ny installation iht. SB6 med dansk 75 %-særregel | 17 |
| 4.2 | Arbejdsgange ved dimensionering iht. HD 60364 uden dokumentation | 19 |
| 4.3 | Arbejdsgange ved dimensionering iht. HD 60364 med dokumentation | 20 |
| 4.4 | Casebaseret estimering af projekterings- og installationsomkostninger | 25 |
| 4.5 | Sammenfatning af afdækningen af praktiske aspekter | 30 |
| 5. | TEKNISK FAGLIGE ASPEKTER | 34 |
| 5.1 | Kabeldesign | 34 |
| 5.2 | Teoretisk kabel model | 34 |
| 5.3 | Belastningsstrømme | 35 |
| 5.4 | Praktiske forsøg | 35 |
| 5.5 | COMSOL-simuleringer | 40 |
| 5.6 | Sammenligning af resultater | 43 |
| 5.7 | Kabellevetidsbetragtning | 44 |
| 5.8 | Analyse af kabellevetid efter nye energikrav til bygninger | 48 |
| 5.9 | Hvad kan vi udlede af kabellevetidsbetragtningerne? | 48 |
| 6. | ANVENDELSE AF DEN EUROPÆISKE STANDARD I ØVRIGE EUROPÆISKE LANDE | 49 |
| 6.1 | Casebeskrivelse for Sverige | 51 |
| 6.2 | Casebeskrivelse for Norge | 54 |
| 7. | ØKONOMISKE ASPEKTER | 58 |
| 7.1 | Opgørelse af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser | 59 |
| 7.2 | Beregning af samlede efterlevelseseffekter | 74 |
| 7.3 | Følsomhedsberegninger af centrale parametre | 81 |
| 7.4 | Adfærdspåvirkninger for berørte virksomheder | 85 |
| 7.5 | Afledte effekter for samfundsøkonomien | 93 |
| 8. | ANBEFALINGER TIL FREMTIDIG MODEL | 97 |
| 8.1 | Nye installationer | 97 |
| 8.2 | Udvidelser af eksisterende elinstallationer | 99 |

Afdækning af teknisk faglige, økonomiske og praktiske aspekter ved afskaffelse af 75 %-reglen for dimensionering af kabler

BILAG

Bilag 1 – Dynamisk tilstand

Bilag 2 – Termograferingsbilleder

Bilag 3 – Anvendte måleinstrumenter

Bilag 4 – Kategorisering af byggeristatistik i byggerityper

1. SAMMENFATNING

Da der pågår faglige drøftelser om hensigtsmæssigheden og sikkerhedsniveauet ved anvendelse af den danske særregel 75 %-reglen, afdækker nærværende analyse centrale aspekter ved anvendelse en eventuel afskaffelse af 75 %-reglen. 75 %-reglen er anmeldt som en dansk undtagelse (en SNC) til HD 60364-serien og reducerer kravene til projektering og dokumentation ved elinstallationer.

Hoveresultaterne fra afdækningens delelementer er sammenfattet i nedenstående figur.

Figur 1: Oversigt over afdækningens elementer og konklusioner

| | SB6 med dansk særregel (75 %-reglen) | HD 60364 uden dokumentation | HD 60364 med dokumentation |
|---|---|---|--|
| Praktiske aspekter (kapitel 4) | Simpel metode til installation | Større krav til projektering, men ikke til dokumentation. Den manglende dokumentation medfører ekstra tidsforbrug på byggepladsen ift. HD-scenariet med dokumentation | Større krav til projektering og til dokumentation, der medfører øgede omkostninger. Den foreliggende dokumentation sikrer dog tidsbesparelser på byggepladsen ift. HD-scenariet uden dokumentation |
| Teknisk faglige aspekter (kapitel 5) | Indikationer på væsentlig sikkerhedsrisiko, da kablerne udsættes for en højere temperatur end kablets nominelle driftstemperatur med forringet kablevetid og nedsmeltning af isoleringsmateriale og kortslutning til følge | Kablevetiderne er væsentligt forbedrede i sammenligningen med anvendelse af 75 %-reglen. Det fremgår af de udførte forsøg og teoretiske modelleringer, at der er vurderede kablevetider mellem ca. 15 til +30 år afhængig af oplægningsmetoden. Vurdering af levetid for kabler antages generelt at være +30 år, idet kablers nominelle driftstemperatur overholdes med de i forsøgene anvendte oplægningsmetoder | |
| Casebeskrivelser for Norge og Sverige (kapitel 6) | Forundring over anvendelse af dansk særregel, der medfører reduceret sikkerhedsniveau ift. internationale standarder | Der er både i Norge og Sverige positive erfaringer med at anvende HD-standarden. Disse kan tilskrives en række forhold såsom arbejdskraftens fri bevægelighed, stimulering af den teknologiske udvikling i branchen, reducerede omkostninger til vedligehold af nationale regler og et højt sikkerhedsniveau | |
| Økonomiske aspekter (kapitel 7) | Scenariet hvor der er færrest årlige omkostninger, da både løn- og materialeomkostninger grundet den simple tilgang minimeres | Betydelige omkostninger både til løn og materialer. Det er særligt arbejdet på byggepladsen, der medfører et højt tidsforbrug | Ekstra omkostninger til projektering og dokumentation ift. SB6. Disse er dog håndterbare og der er betydelig gevinster ved, at dokumentation foreligger |
| Anbefalinger (kapitel 8) | <p>På baggrund af afdækningens forskellige elementer anbefales det, at 75 %-reglen afskaffes og erstattes af en fuld implementering af HD-standarden med dokumentation.</p> <p>Der peges for udvidelser af installationer ligeledes på anbefalinger, der følger af HD-standarden. Her differentieres der mellem to typer af installationsscenerier:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Udvidelse af en elinstallation, der er udført efter HD 60364 med eller uden dokumentation 2. Udvidelse af en elinstallation, der er udført efter SB6 med 75 %-reglen | | |

På baggrund af en historisk gennemgang af regeludviklingen indenfor elinstallationer i Danmark og det nuværende regelgrundlag (kapitel 3) belyser afdækningen, hvordan arbejdsgange og projekteringsprocesser påvirkes ved en afskaffelse af 75 %-reglen (kapitel 4). Beskrivelserne tager udgangspunkt i tre scenarier:

1. Dimensionering af ny installation i henhold til SB6 med dansk 75 %-særregel
2. Dimensionering af ny installation i henhold til HD 60364 uden dansk 75 %-særregel og **uden** dokumentation
3. Dimensionering af ny installation i henhold til HD 60364 uden dansk 75 %-særregel og **med** dokumentation.

I analyserne beskrives konsekvenserne for nye installationer og udvidelser af eksisterende installationer i let industri, erhvervsbyggeri og offentligt byggeri. Tung industri undersøges ikke, da det er kendetegnet ved få store og særegne installationer, hvor det er vanskeligt at udlede overordnede betragtninger på baggrund af enkelte cases. På samme vis er boliger ikke med, da installationer her er kendetegnet ved mange små og heterogene installationer, hvor det ligeledes er vanskeligt at udlede gennemsnitsbetragtninger på baggrund af få casebeskrivelser. Endvidere vil det være kendetegnende for størsteparten af installationer i boliger, at de uagtet 75 %-reglens tilstedeværelse vil kunne anvende forenkledede tabeller fra HD-standarden, da sådanne installationer er kendetegnet ved simple installationer med små kabeltværsnit (se eksempelvis forenklet tabel i figur 4 under afsnit 4.1.1). Derfor vil sådanne installationer kun i begrænset grad blive påvirket af en eventuel afskaffelse af 75%-reglen, da de fortsat vil kunne anvende de forenkledede tabeller fra HD-standarden.

Arbejdsgangsanalysen peger på, at der vil være ekstra tidsomkostninger forbundet med anvendelse af HD 60364, når det sammenlignes med den danske særregel 75 %-reglen. Dette skyldes, at de simplere krav ved 75 %-reglen reducerer omkostningerne til løn og materialer i forbindelse med både nye og udvidelse af eksisterende elinstallationer.

Her viser en teknisk faglig analyse af kablevetider ved installation efter 75 %-reglen dog, at der ved en række belastningsscenarier opnås en temperatur i kablerne, som overstiger den maksimalt tilladte temperaturgrænse, der følger af HD-standarden (kapitel 5). Det vurderes derfor, at kablerne udsættes for en væsentlig højere temperatur end kablets nominelle driftstemperatur med forringet kablevetid og nedsmeltning af isoleringsmaterialet og kortslutning til følge. Når isolationsmaterialet udsættes for termisk varme, blødgøres det, hvorved der påbegyndes en ældningsproces og en degradering af isolationsmaterialet. Kontinuerlig opvarmning og nedkøling af kabler over tid vil bevirke, at isoleringsmaterialet bliver svagt og skørt. Det bevirker, at det efter endt teoretisk levetid må antages, at mekaniske påvirkninger, herunder vrid, bøjning, lastpåvirkning samt friktion, kan beskadige kablerne i sådan en grad, at der opstår defekt funktionalitet.

At der er en potentiel sikkerhedsrisiko forbundet med den danske undtagelse til HD-standarden underbygges af casebeskrivelser, der er foretaget for Norge og Sverige (kapitel 6). Her udtrykkes der forundring over den danske særregel, da det vurderes, at den reducerer sikkerhedsniveauet. Til forskel fra Danmark har Norge og Sverige kun enkelte særregler – og hvor der er særregler, er det med henblik på at styrke sikkerhedsniveauet. De nationale tilføjelser til HD-standarden vedrører således udelukkende strengere krav til dimensioneringsarbejdet, ikke lempeligere krav som følger af den danske særregel.

Den norske og svenske case peger sammenholdt med den samfundsøkonomiske analyse endvidere på, at der er betydelige samfundsøkonomiske udgifter forbundet med at opretholde nationale særregler (kapitel 7). Dette bl.a. i kraft af en u hensigtsmæssig konkurrencesituation på markedet, hvor danske installatører har vanskelig adgang til europæiske markeder, og i kraft af at der er udgifter forbundet med nationalt vedligehold af særregler. Øvrige negative samfundsøkonomiske effekter ved 75 %-reglen vedrører:

- Energitab i kablerne grundet overskredne temperaturgrænser.
- Potentielt dyrere kabler, da internationalt efterspurgte produkter typisk kan købes ind i større mængder og til billigere pris. Dette opvejes dog til dels af, at der fortsat er øgede materialeomkostninger ved HD-scenarierne ift. SB6, dels pga. at tværsnittene for gruppekablerne er mindre med 1,5 mm² (ift. 2,5 mm² ved de to andre dimensioneringsprocesser).
- Hindringer for arbejdskraftens fri bevægelighed i EU og øgede handelsbarrierer.

Grundet de reducerede kablevetider og deraf følgende sikkerhedsrisici, der indikeres i kablevetidsundersøgelsen samt i casebeskrivelserne for Norge og Sverige – og som må forventes at være

stigende i takt med den øgede belastningsprofil som følge af øget anvendelse af solcelleanlæg, el-biler osv., der tegner sig fremadrettet – vurderes det ikke hensigtsmæssigt at videreføre den danske særregel. I tillæg hertil indikerer samfundsøkonomiske forhold, såsom konkurrencesituationen på markedet og myndighedernes udgifter til at vedligeholde nationale særregler, at der er omkostninger for samfundet forbundet med den danske særregel. Dette peger således i retning af, at en afskaffelse af 75 %-reglen er anbefalelsesværdig.

Når HD-scenarierne sammenlignes, fremgår det af både arbejdsgangsbeskrivelserne og de økonomiske beregninger, at HD 60364 **med** dokumentation er at foretrække frem for HD 60364 **uden** dokumentation. Omkostningerne ved HD-standarden **uden** dokumentation beregnes således til at være ca. 200 mio. kr. større end ved HD-scenariet **med** dokumentation. Dette skyldes primært, at der vil være ekstra omkostninger forbundet med at foretage arbejdet på byggepladsen, hvis der ikke foreligger dokumentation. Disse ekstra omkostninger overstiger det ekstra arbejde, der ligger i at foretage dokumentationen. Endvidere peger casebeskrivelsen for Sverige på, at dokumentationen kan medføre besparelser ved udvidelser, da der foreligger beskrivelse af den eksisterende installation.

Derfor anbefaler Rambøll, at 75 %-reglen afskaffes, og at fuld anvendelse af HD 60364 med dokumentationskrav implementeres ([kapitel 8](#)). Det kan overvejes, om der skal pålægges krav om dokumentation, da det kun følger af HD-standarden, at der skal foretages dokumentation, hvor det er hensigtsmæssigt. Dokumentationskravet følger derfor ikke direkte af HD-standarden. Der kunne i stedet tænkes modeller, hvor det eksempelvis fastlægges i aftalegrundlaget mellem parterne, hvilket dokumentationskrav der kræves for den pågældende installation. Det vil dog jf. de økonomiske beregninger medføre betydelige ekstra omkostninger, hvis HD-installationer uden dokumentation tillades. Derfor anbefales det at præcisere, at det i alle tilfælde vurderes hensigtsmæssigt at foretage dokumentation, så der reelt indføres et dokumentationskrav.

I forhold til udvidelser af eksisterende installationer peges der ligeledes på en afskaffelse af 75 %-reglen for i stedet af følge HD-standarden. I HD-standarden differentieres der mellem, at udvidelsscenarioer overordnet kan inddeles i to typer af installationer:

- a. Udvidelse af en elinstallation, der er udført efter HD 60364 med eller uden dokumentation
- b. Udvidelse af en elinstallation, der er udført efter SB6 med 75 %-reglen.

Anbefalingerne for udvidelser følger derfor denne differentiering og er således harmoneret med HD-standarden.

2. INDLEDNING

Der er i Danmark en forenklet dimensioneringsregel for kabelinstallationer, den såkaldte 75 %-regel, til brug for beregning af dimensionering af kabler i forbindelse med elektriske installationer. Ved dimensionering efter den danske særregel kan installatøren omgå anvendelsen af korrektionsfaktoren for samlet fremføring, hvor strømmen i en strømkreds (kabler) med samlet fremføring ikke overstiger 75 % af det enkelte kables strømværdi ganget med korrektionsfaktoren for temperaturforhold. Her kan korrektionsfaktoren for sammenføring altså udelades.

Anvendelse af den danske særregel forsimples dermed arbejdet forbundet med dimensionering i forhold til anvendelsen af europæiske HD-standarder i form af HD 60364-serien fra CENELEC, der i høj grad følger og bygger på de internationale IEC-standarder (International Electrotechnical Commission). Samtidig udføres langt størstedelen af elinstallationerne i dag efter den danske særregel. En afskaffelse af 75 %-reglen kan derfor potentielt medføre erhvervs- og samfundsøkonomiske konsekvenser, jf. TEKNIQs notat af 17. august 2017.¹

Der er sket en udvikling i en række faktorer, som har haft betydelig indflydelse på forhold, som reglen oprindeligt blev baseret på, eksempelvis belastningsprofilen i elnettet. Denne udvikling har affødt diskussioner om, hvorvidt anvendelsen af 75 %-reglen fortsat sikrer overholdelse af temperaturgrænser for kabler. Det vil sige, om anvendelsen af særreglen sikrer, at kablernes maksimalt tilladte temperaturer ved fremføring holdes under grænseniveauet på 70 °C. Det fremgår af stærkstrømsbekendtgørelsen i forbindelse med reglerne om samlet fremføring af flere strømkredse eller flere flerlederkabler, at hvis 75 %-reglen er opfyldt i form af en maksimal belastning på 75 % af kablets strømværdi for samtlige strømkredse, er det ikke nødvendigt at korrigere for samlet fremføring ved anvendelse af såkaldte korrektionsfaktorer. Anvendelsen af reglen forenkler dermed projekteringen af elinstallationer. Det er imidlertid i en årrække blevet diskuteret, hvorvidt reglen kompromitterer sikkerheden og dermed er utidssvarende.

I forbindelse med den større revision af elsikkerhedsreglerne, der er et led i udviklingen af den nye elsikkerhedslov, har Sikkerhedsstyrelsen lagt op til en afskaffelse af 75 %-reglen, da det ud fra sikkerhedsbetragtninger vurderes uholdbart at opretholde særreglen. Vurderingen baserer sig på den tekniske udvikling med højere strømværdier og tyndere kabler med en tyndere isoleringskappe. De tyndere kabler vil medføre en øget effektafsættelse pr. volumenenhed. Når der dimensioneres efter de nye, højere strømværdier, kan det medføre en større grad af opvarmning af kablerne end tidligere. Endvidere må det forventes, at belastningsgraden af kabler i fremtiden vil stige i takt med udviklingen i elforbruget, eksempelvis som følge af udbredelsen af solcelleanlæg, varmepumper, opladning af elbiler og energilagere. En fastholdelse af 75 %-reglen kan derfor synes at være en utidssvarende løsning på længere sigt.

En afskaffelse af 75 %-reglen har været behandlet i Standardiseringsudvalget (S-564) under Dansk Standard flere gange siden 2011. Fortalerne for reglen argumenterer for, at den letter dimensioneringsarbejdet særligt i forbindelse med udvidelser og ændringer af eksisterende installationer, hvor det kan være vanskeligt at skabe overblik over belastningsforholdene i sideløbende kabler i de eksisterende føringsveje.² I et notat til Sikkerhedsstyrelsen fra 17. august 2017 redogjorde TEKNIQ for, at en afskaffelse af 75 %-reglen vil medføre væsentlige meromkostninger og forøgede administrative byrder. Installationsbranchen er derfor bekymret for, at en fjernelse af den danske forenkledte dimensioneringsmetode vil resultere i betydelige erhvervsøkonomiske konsekvenser.

¹ TEKNIQ har udviklet et dimensioneringsværktøj som en mobilapp, der kan foretage dimensioneringsberegningerne pba. en række input fra installatøren. Her er det også muligt at vælge enten "IEC/HD"-metoden eller SB6 med 75 %-reglen. Anvendelsen af appen kan således simplificere beregningsprocessen for installatøren. Det koster et gebyr at anvende appen.

² https://www.def.dk/sites/default/files/installationsbekendtgørelse_-_notat.pdf

Omvendt viser en undersøgelse, som Arbejdsgiverne har gennemført i 2017 blandt mere end 150 elvirksomheder, at kun 33 % fortsat ønsker at bevare særreglen.³ Arbejdsgiverne, Dansk El-Forbund, Dansk Standard og Foreningen af Rådgivende Ingeniører (FRI) argumenterer desuden for, at en øget anvendelse af standarder vil have positive effekter for konkurrencen i branchen.⁴ Samtidig argumenteres der for, at anvendelsen af standarder sikrer, at det gældende regelsæt følger den teknologiske udvikling. Det betyder, at der skabes bedre overensstemmelse mellem eksempelvis produktstandarder og installationsstandarder.⁵ Dermed bliver branchen i højere grad i stand til at agere mere agilt og dynamisk, så ny teknologi og innovative produkter nemmere kan introduceres på det danske marked. Der er ikke truffet beslutning i Standardiseringsudvalget (S-564), men der er konsensus om, at der kan være behov for at justere de nuværende regler.

På denne baggrund har Sikkerhedsstyrelsen bedt Rambøll om at belyse de praktiske, teknisk faglige og økonomiske aspekter ved en eventuel afskaffelse af 75 %-reglen. Afdækningen skal belyse en række mulige løsningsmodeller for både nye og eksisterende installationer med dertilhørende analyser af erhvervsøkonomiske konsekvenser og afledte effekter for samfundet. Afdækningen foretages ved en kombination af tekniske analyser, herunder analyser af arbejdsgange og kabelforsøg, foretaget af Rambølls ingeniører i samarbejde med DTU. Datagrundlaget for de økonomiske analyser er baseret på interviews med centrale brancheinteressenter, spørgeskemaundersøgelser med installatører, casebaserede prøveprojekter til estimering af materiale- og tidsforbrug samt ved hjælp af casebeskrivelser i to sammenlignelige nordiske lande. Tilsammen sikrer det omfattende datamateriale, at datakilderne kan trianguleres, så centrale aspekter ved en eventuel afskaffelse af 75 %-reglen belyses i dybden.

2.1 Analysens afgrænsninger og forudsætninger

Til at belyse teknisk faglige, økonomiske og praktiske aspekter ved en afskaffelse af 75 %-reglen er der foretaget metodisk valg for at sikre en klar og fokuseret analyse. Afgrænsningerne skal således bidrage til, at analysen fremkommer med resultater med størst mulig validitet og entydighed.

For det første skal det understreges, at sikkerhedsaspekter ved en fortsat anvendelse over for en afskaffelse af 75 %-reglen ikke er belyst i afdækningen. Sikkerhed er naturligt en betydende årsag til, at det er relevant at undersøge aspekter ved en afskaffelse af 75 %-reglen. Dette gør sig gældende i drøftelserne af emnet, som er foretaget i Standardiseringsudvalget og i den faglige debat på området, hvor sikkerhedsbetragtninger og -overvejelser fremføres. Endvidere er det fremtrædende i dialogen med fagpersoner i eksempelvis Sverige og Norge om anvendelsen af standarder, hvor sikkerhedsbehovet understreges, og der udtrykkes forundring over, at Danmark ikke følger de europæiske standarder på området. I denne afdækning forudsættes det, at der kan være sikkerhedsmæssig anledning til at revidere den danske særregel. Men det belyses ikke systematisk, da det i sidste ende vil bero på en sikkerhedsmæssig vurdering af, hvorvidt 75 %-reglen sikrer et tilstrækkeligt højt sikkerhedsniveau.

I stedet for at undersøge sikkerhedsaspekter direkte fokuserer den tekniske analyse i afdækningen på kablevetider ved varierende belastningsprofiler og installationsforhold. Denne tilgang er valgt, da en teknisk analyse af kablevetider i mindre grad indeholder vurderinger af, hvilket sikkerhedsniveau der er hensigtsmæssigt. Kablevetidsforsøg og -beregninger kan dog indikere, om der er et hensigtsmæssigt sikkerhedsniveau, da betydeligt forkortede teoretiske levetider kan være udtryk for en sikkerhedsrisiko i kraft af øget risiko for fejl og mangler i installationerne.

³ <https://www.arbejdsgiverne.dk/nyhedr2018/brandbomben-tikker-stadig>.

⁴ <https://www.ds.dk/da/nyhedsarkiv/2016/1/ny-elsikkerhedslov-styrker-konkurrence-og-innovation>.

⁵ <https://www.ds.dk/da/nyhedsarkiv/2016/1/reglerne-for-elsikkerhed-kommer-i-trit-med-virkeligheden>.

I analysen fokuseres der på etableringer eller udvidelser af større stærkstrømsinstallationer, da det er her, at 75 %-reglen primært finder anvendelse. Driftsomkostninger, såsom øget energitab i kablerne grundet temperaturpåvirkning og omkostninger til kabelvedligehold, er ikke afdækket i analysen. Endvidere medfører det, at der er anlagt bagatelgrænser, der medfører, at installationer i almindeligt boligbyggeri såvel som mindre ændringer af eksisterende installationer ikke afdækkes. Endvidere er etablering af tunge industribyggerier ikke medtaget i analysen, da disse projekteringer ofte er meget komplekse og særegne, hvorfor det er vanskeligt at udlede noget på baggrund af en systematisk gennemgang af de enkelte cases. Større offentlige byggerier såsom hospitaler regnes i analysen som tung industri, da de er kendetegnet ved den samme kompleksitet og særegenhed som karakteriserer tung industri. Derfor indgår disse ikke i analysen.

2.2 Definitioner af centrale tekniske begreber

Nedenfor beskrives centrale begreber i afdækningen, så det tydeliggøres, hvilken betydning og definition begreberne tillægges i analysen.

Forventet kablevetid

Den teknisk faglige vurdering omfatter kabelforsøg med det formål at teste den forventede levetid af kabler ved dimensionering efter hhv. 75 %-reglen og internationale standarder. Kablevetidsforsøgene foretages, da der kan være forskel på levetiden af kablerne afhængig af den valgte dimensioneringsmetode. Jf. stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 6 er den forventede kablevetid 20 år, hvis dimensioneringen korrigerer for samlet fremføring (hvor flere kabler sammenføres i en føringsvej⁶), mens levetiden forkortes ved anvendelse af 75 %-reglen.

I afdækningen defineres et kables forventede levetid som:

Den forventede kablevetid defineres som den tidsperiode, hvor det forventes, at kablet vil fungere som oprindeligt planlagt og efter hensigten uden at være behæftet med fejl og mangler. Eksempler på fejl og mangler kan fremkomme ved vedvarende termisk varme. Her kan der ske en nedsmeltning af isoleringsmaterialet og med kortslutning til følge kortslutning, hvorved der påbegyndes en ældningsproces og en degradering af isolationsmaterialet. Kontinuerlig opvarmning og nedkøling af kabler over tid vil bevirke, at isoleringsmaterialet bliver svagt og skørt. Det bevirker, at det efter endt teoretisk levetid må antages, at mekaniske påvirkninger kan beskadige kablerne, herunder reduktion af den faktiske levetid for kablerne og/eller defekt funktion.

Fejl og mangler er i denne definition afgrænset til at være de fejl og mangler, som er opstået som følge af den belastning, som kablet er blevet udsat for, og som kan relateres til kablets dimensioneringsforhold. Disse fejl og mangler omfatter de tilfælde, hvor det pågældende kabel er underdimensioneret ift. den belastning, som det udsættes for af de tilsluttede elapparater. Fejl og mangler, som skyldes fejl i installationen af kablet, indgår således ikke. Det kan eksempelvis være, hvis et kabel er afisolaret i for langt et stykke, eller hvis kablet er forbundet forkert i selve installationen.

Den forventede kablevetid må ikke forveksles med den faktiske kablevetid. Den faktiske kablevetid er den tidsperiode, hvor kablet fungerer som oprindeligt planlagt og efter hensigten, inden det kan siges at være påvirket af fejl og mangler. Når en fejl eller mangel opstår, så medfører det, at kablets levetid er opbrugt, hvorefter det skal udskiftes. Hvis et kabel ikke påvirkes af fejl og mangler, så er den faktiske levetid lig med den forventede levetid. Hvis et kabel derimod påvirkes af fejl og mangler, enten som følge af underdimensionering eller fejl i installationen, så er den faktiske levetid kortere end den forventede levetid.

⁶ Ved samlet fremføring af kabler vil det enkelte kabel overføre varme til de andre sammenførte kabler. Dette skal der derfor korrigeres for for at sikre beskyttelse mod overophedning.

Nye elinstallationer, udvidelser og ændringer af eksisterende installationer

De praktiske og økonomiske konsekvenser af at afskaffe 75 %-reglen afdækkes for både nye installationer og udvidelser af eksisterende installationer. Ændringer af eksisterende installationer medtages ikke i analysen. En definition heraf følger dog alligevel for at sikre højest mulig gennemsligtighed ift. vores anvendelse af tekniske begreber. En ny elinstallation er defineret som følger:

Nye installationer: *Nye installationer defineres som de installationer, der udføres i forbindelse med nybyggeri, hvor der ikke i forvejen er en eksisterende elinstallation.*

Definitionen af udvidelser og ændringer af eksisterende installationer tager udgangspunkt i TEKNIQs og Sikkerhedsstyrelsens vejledning.⁷ De nye reglerne om udvidelser og ændringer af eksisterende installationer er omfattet af §§ 62-67 i installationsbekendtgørelsen.

Udvidelser af eksisterende installationer: *En udvidelse er kendetegnet ved, at udvidelsen tilføjer noget nyt til den eksisterende installation. Det kan eksempelvis være, når der trækkes et nyt kabel frem til en ny stikkontakt, der ikke i forvejen var at finde i installationen. En udvidelse kan efter denne definition både opstå, når nye kabler sammenføres i de eksisterende føringsveje, og når nye føringsveje og kabler kobles til den eksisterende installation, fx ved ombygninger.*

Ændringer af eksisterende installationer: *En ændring er kendetegnet ved, at den eksisterende installation bibeholdes, og at en eller flere enheder (kabler, føringsveje, tavler etc.) bliver ændret eller udskiftet. Det kan eksempelvis være, hvis kabler i en strømkreds udskiftes, eller hvis placeringen af en tavle ændres.*

2.3 Læsevejledning og rapportstruktur

I **kapitel 3** sættes rammerne for analysen ved en kort beskrivelse af det nuværende regelsæt for dimensionering af elinstallationer og ved at etablere anledningen til at afdække aspekter ved en afskaffelse af 75 %-reglen.

Kapitel 4 indeholder en gennemgang af praktiske aspekter ved dimensionering efter tre scenarier, der vurderes at kunne belyse hensigtsmæssigheden af en afskaffelse af 75 %-reglen. Formålet med afdækningen af praktiske aspekter er at tydeliggøre, hvilke konkrete arbejdsprocesser der vil gøre sig gældende ved de tre scenarier. Derfor gennemgås de enkelte processer ved hvert af de tre scenarier selvstændigt. På baggrund af afdækningen af arbejdsgange opstilles der estimater for tids- og materialeomkostningerne for de tre scenarier, som anvendes til at foretage erhvervs- og samfundsøkonomiske beregninger på nationalt plan.

Kapitel 5 præsenterer teknisk faglige vurderinger af påvirkningen af kabellevetider ved forskellige belastningsprofiler. Vurderingerne er foretaget ved anvendelse af målepunkter fra forsøg til at foretage teoretiske beregninger med udgangspunkt i Arrhenius' ligning. I afdækningen anvendes kabellevetidsbetragtningerne i den samfundsøkonomiske analyse, da længere kabellevetider kan være en gevinst for samfundet, idet installationer sjældnere skal udskiftes og repareres. Længere levetider kan således være en samfundsøkonomisk gevinst i kraft af færre kabelnedbrud og i kraft af reduceret energitab i elnettet. Levetidsbetragtningerne kan endvidere indikere relevansen af sikkerhedsmæssige bekymringer, da det i nogen grad beskriver risikoen for fejl på kabler ved forskellige belastningsprofiler. Der konkluderes dog ikke herpå i denne analyse, da sikkerhedsmæssige aspekter i tråd med analysens afgrænsning ikke belyses systematisk.

I **kapitel 6** præsenteres casebeskrivelser for anvendelsen af standarder i Norge og Sverige, da disse lande er sammenlignelige på centrale forhold med relevans for anvendelsen af standarder i dimensioneringen af elinstallationer. Casebeskrivelserne anvendes til at kvalificere den praktiske

⁷ <http://elsikkerhedsregler.dk/da/fagomrader/elektriske-installationer/elektriske-installationer-i-boliger/regler-ved-aendring-eller>

afdækning og særligt de økonomiske beregninger. Derudover tjener de som helt central erfaringsopsamling fra lande, der har betydelig erfaring med at anvende HD-standard, hvilket kan kvalificere fremadrettede overvejelser om afskaffelse af den danske særregel. Dette eksempelvis ved at identificere fordele og ulemper ved anvendelsen, som det er oplevet i sammenlignelige lande.

På baggrund af de øvrige kapitler foretages der i **kapitel 7** en afdækning af de økonomiske aspekter ved afskaffelse af 75 %-reglen. Den økonomiske vurdering omfatter erhvervsøkonomiske beregninger for de tre scenarier, som er beskrevet i den praktiske afdækning. Erhvervsøkonomiske konsekvenser kvantificeres ved opskalering af tids- og materialeestimer fra afdækningen af praktiske aspekter til landsplan vha. byggestatistik. I forlængelse heraf beskrives adfærdspåvirkninger hos de berørte virksomheder og afledte effekter for samfundsøkonomien. Adfærdsvirkninger og samfundsøkonomiske aspekter beskrives kvalitativt på baggrund af afdækningen af praktiske aspekter, teknisk faglige vurderinger, casebeskrivelser fra Norge og Sverige samt de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger.

Endelig præsenteres der i **kapitel 8** som en konklusion på afdækningens elementer anbefalinger til en fremtidig model for dimensionering af elinstallationer, der tager højde for både teknisk faglige, økonomiske og praktiske aspekter. Anbefalingerne skal betragtes som anvisende, da de med fordel kan valideres og konkretiseres i tæt dialog med branchen.

3. REGLER FOR DIMENSIONERING AF ELINSTALLATIONER

I dette kapitel beskrives udviklingen i standarder fra indførelsen af den danske særregel og anledningen til overvejelser om, hvorvidt den danske særregel skal afskaffes.

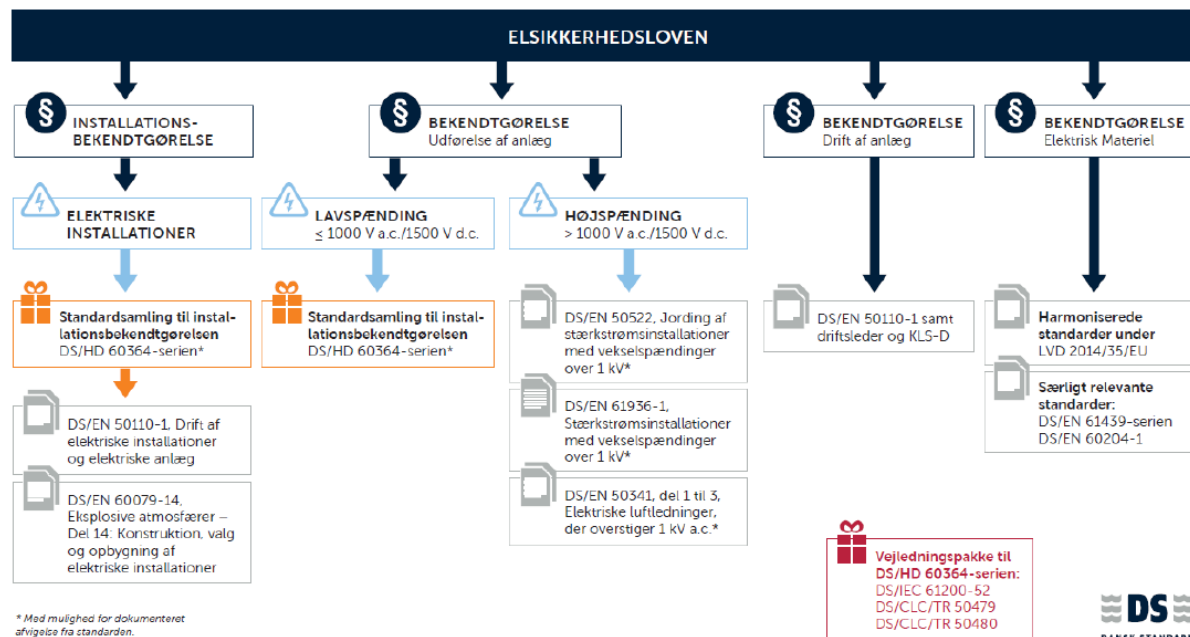
3.1 Om 75 %-reglen og HD-standarderne

Dette afsnit beskriver kort de gældende nationale regler for dimensionering af elinstallationer, som er fastlagt i stærkstrømsbekendtgørelsen og i installationsbekendtgørelsen, som erstattede førstnævnte pr. 1. juli 2017. Herudover beskrives de internationale standarder, som er fastlagt i HD 60364-serien.

3.1.1 Hvordan foregår dimensionering af elinstallationer i dag?

Dimensionering af elinstallationer foretages for nye installationer og udvidelser eller ændringer af eksisterende elinstallationer for at sikre adgang til den efterspurgte strøm, samtidig med at der sikres mod overophedning og overbelastning af kabler. Af elsikkerhedslovens § 3 fremgår det, at "Elektriske anlæg og elektriske installationer skal være udført og drives på en sådan måde, at de ikke frembyder fare for personer, husdyr eller ejendom". Kravene om sikre installationer er præciseret i afgrænsede bekendtgørelser, som trækker referencer til en række europæiske og internationale standarder. Sammenhængen mellem elsikkerhedsloven, bekendtgørelserne og standarderne er præsenteret i figuren nedenfor.

Figur 2: Sammenhængen mellem elsikkerhedsloven og bekendtgørelser samt tilhørende standarder



Kilde: Dansk Standard.

Installationsbekendtgørelsen (BEK Nr. 1082 af 12/07/2016) med dertilhørende standarder i HD 60364-serien (DS-håndbogen 183) afløste 1. juli 2017 stærkstrømsbekendtgørelsen. Dermed bort-

falder en række forenklede danske bestemmelser for dimensionering af eksempelvis boliginstallationer, som elinstallatører hidtil har kunne gennemføre ved at anvende Tabel 801 A⁸. Overgangsperioden fra stærkstrømsbekendtgørelsen til Installationsbekendtgørelsen med dertilhørende standarder er vist i figuren nedenfor:

Figur 3: Overgangsordning for elektriske installationer



Kilde: Elsikkerhedsregler.dk

Afhængig af overgangsperioden, så følger regelgrundlaget for dimensionering i Danmark stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, med dansk særregel (benævnt SB6 i resten af rapporten) eller installationsbekendtgørelsen med tilhørende standarder fra hhv. IEC (International Electrotechnical Commission) 60364 og HD 60364-serien fra CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization).⁹

I Danmark er standarderne udvidet med danske særregler og forsimplinger, herunder 75 %-reglen, der er anmeldt som en dansk SNC til HD 60364. Ved at anvende de internationale standarder eller danske særregler sikrer installatøren, at overbelastningsbeskyttelsen ved installationer opfylder de sikkerhedskrav, som er fastsat i elsikkerhedsloven. Overholdes overbelastningsbeskyttelsen ikke, kan det resultere i høje temperaturer i elinstallationerne med fejl til følge, når kablerne overbelastes. Bestemmelserne i SB6 er gældende for elinstallationer i følgende ejendomsstyper:

- a) Boliger
- b) Erhvervsjendomme
- c) Offentlige ejendomme
- d) Industrijendomme
- e) Landbrugsejendomme og gartnerier
- f) Præfabrikerede huse
- g) Campingvogne, campingpladser o.l.
- h) Byggepladser, udstillinger, markeder og andre midlertidige installationer
- i) Marinaer.

Afløsningen af SB6 betyder, at den danske fremgangsmåde ved dimensionering i højere grad stemmer overens med international praksis. Harmoniseringen er et resultat af målsætningen i Vækstpakken 2014, hvori regeringen identificerede en internationalisering og forenkling af stærkstrømsreglerne som en kilde til vækst gennem øget konkurrence på markedet for elinstallationer.¹⁰ Dette følger den generelle udvikling i Europa mod en internationalisering af el-reglerne og de fordele, som international harmonisering af reglerne medfører. 75 %-reglen fastholdes dog fortsat som en dansk SNC til Anneks C i HD 60364. Det vil derfor fortsat være muligt at dimensionere efter 75 %-reglen fremadrettet, selvom den nye installationsbekendtgørelse refererer til de europæiske standarder for elektriske installationer. Hvis standardserien anvendes og særreglerne i installationsbekendtgørelsen opfyldes, anses sikkerhedskravet i elsikkerhedsloven for opfyldt.

⁸ Afskaffelsen af den danske forenkling betyder, at det ikke længere er muligt at bestemme ledertværsnittet alene på baggrund af sikringsstørrelsen, dvs. uden at skulle tage højde for fremføringsmetode, omgivelsestemperatur og anvendelse af samlet fremføring.

<http://www.tekniq.dk/videncenter/oversigt/medlemsorientering/2017/juli/ny-app-til-dimensionering-og-vejledning>

⁹ <http://elsikkerhedsregler.dk/da/fagomrader/elektriske-installationer/regler-og-standarder-installationsområdet/sadan-er>

¹⁰ Aftale om en Vækstpakke, juni 2014.

Den danske særregel kan anvendes til dimensionering af installationer med samlet fremføring, det vil sige, hvor flere kabler sammenføres i en føringsvej¹¹. I SB6 lyder den som følger:

“For strømkredse, der kan forventes at føre en strøm, som ikke overstiger 75 % af strømværdien efter tabel A.2 eller A.3 ganget med en eventuel korrektionsfaktor for omgivelsestemperatur (hvis denne afviger fra 30 °C) tillades følgende:

- 1. Strømværdien for den pågældende strømkreds behøver ikke korrigeres for samlet fremføring.*
- 2. Der kan ses bort fra den pågældende strømkreds ved bestemmelse af korrektionsfaktoren for de øvrige strømkredse i den samlede fremføring.*
- 3. Hvis 75 %-reglen er opfyldt for samtlige strømkredse, behøver der slet ikke korrigeres for samlet fremføring.”¹²*

Det står i dag danske installatører frit for at vælge, hvilken af de to nedenstående metoder de ønsker at anvende i dimensioneringen:

1. 75 %-reglen: Anvendelse af den danske særregel for dimensionering

Dimensioneringer i Danmark adskiller sig fra fremgangsmåden for internationale dimensioneringer.

2. HD-standard: Anvendelse af de standardiserede korrektionsfaktorer, HD 60364

Dimensioneringer i Danmark er i overensstemmelse med fremgangsmåden for europæiske dimensioneringer, der i høj grad følger internationale IEC-standarder.

Ved at anvende HD-standarden i dimensioneringsberegningerne anvender installatøren korrektionsfaktoren fra strømværdi-tabellerne i HD 60364, kapitel 52, Anneks B og C (hvor 75 %-reglen er anmeldt til Anneks C). Korrektionsfaktoren aflæses af installatøren i tabellen på baggrund af ledningstypen og installationens omkringliggende forhold.¹³ Installatøren skal i beregningen anvende en korrektionsfaktor for både temperatur og samlet fremføring.

3.1.2 Hvad er historikken og anledningen til at overveje at afskaffe 75 %-reglen?

75 %-reglen blev indført i 1963 som den første udgave af Stærkstrømsreglementet af 1962 med højeste korrektionsfaktor for sideløbende kabler. Reglen blev videreført i henholdsvis 2. og 3. udgave af Stærkstrømsreglementet af 1962. I de to udgaver var det et krav, at kabler, der blev belastet med mere end $\frac{3}{4}$ (75 %) af strømværdien, skulle korrigeres for samlet fremføring. Dette erstattedes i 1993 af stærkstrømsbekendtgørelsen, elektriske installationer 1993. Bekendtgørelsen var baseret på internationale standarder fra IEC og harmoniseringsdokumenter fra CENELEC. 75 %-reglen blev indsat som en forenklet særregel i tabellen med korrektionsfaktorer for samlet fremføring. Særreglen letter dermed dimensioneringsarbejdet, særligt i situationer hvor det er vanskeligt at danne overblik over belastningsforhold i eksisterende sideløbende (det vil sige samlet fremførte) kabelbakker og -stiger¹⁴ – men også i den indledende installationsfase.

Den 1. januar 2016 trådte den nye elsikkerhedslov (LOV nr. 525) i kraft. Formålet med lovændringen var at gennemføre en regelforenkling på området og at styrke konkurrencen gennem øget anvendelse af internationale standarder fremfor ufravigelige nationale regler. Pr. 1. juli 2017 er de

¹¹ Ved samlet fremføring af kabler vil det enkelte kabel overføre varme til de andre sammenførte kabler. Dette skal der derfor korrigeres for, for at sikre beskyttelse mod overophedning.

¹² <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=25862>

¹³ Der skal i dimensioneringsberegningen anvendes en korrektionsfaktor for både temperatur og samlet fremføring. Anvendelse af 75 %-reglen omgår således ikke arbejdet ved at indhente denne korrektionsfaktor.

¹⁴ https://www.def.dk/sites/default/files/installationsbekendtgørelse_-_notat.pdf

internationale standarder på området, HD 60364-serien, samt bestemmelserne i elsikkerhedsloven i forlængelse heraf bekendtgjort i den nye installationsbekendtgørelse (BEK nr. 1082 af 12/07/2016).¹⁵ Dette betyder, at stærkstrømsbekendtgørelsen erstattes, og at alle installationer som udgangspunkt skal udføres i henhold til de nye regler senest efter 1. juli 2019. Installationsbekendtgørelsen indeholder de tilbageblevne danske særregler og undtagelser, og de er fortsat ufravigelige. Bekendtgørelsen henviser til den europæiske standardserie for elektriske installationer HD 60364, som er enten frivillige eller obligatoriske. Hvis standardserien følges, anses sikkerhedskravet i elsikkerhedslovens § 3 for opfyldt. Såfremt installatøren ønsker at afvige fra standarderne, skal der kunne dokumenteres et tilsvarende højt sikkerhedsniveau, som det er beskrevet i elsikkerhedslovens § 3. Det er således en funktionsbaseret tilgang, der anvendes.

75 %-reglen er ikke skrevet direkte ind i installationsbekendtgørelsen, men den er fortsat gældende som en dansk særregel til HD-standard (SNC). Derfor må elinstallationer i Danmark i modsætning til sammenlignelige europæiske og nordiske lande dimensioneres i henhold til 75 %-reglen, hvor dimensioneringen udelukkende baseres på en forudsætning om maksimal belastning på 75 % af kablets strømværdi.

Efter indførelsen i 1963 er der sket en udvikling i en række faktorer, som reglen dengang blev baseret på:

- Strømværdierne (målt i ampere (A)) er i dag højere. Eksempelvis har strømværdien i et 3x1,5 mm kabel ændret sig til 18,5A ved SB6 og 22A ved HD 60364 mod de dengang 14A. Her er strømværdien således steget med 18,9 % fra SB6 til HD 60364 og med 57,1 % fra Stærkstrømsreglementer af 1962, 2. udgave til HD 60364.
- Eftersom effektafsættelsen i kablerne belastes med strømmen i anden potens, så medfører den højere strømværdi en eksponentiel forøgelse af effektafsættelsen.¹⁶ Stigningen i strømværdier medfører dermed betydelig forøget effektafsættelse i kablerne, som kan øge varmeafgivelsen og dermed medføre en sikkerhedsrisiko.
- Kablernes isolationsmateriale er blevet tyndere, hvilket øger kablernes effektafsættelse pr. volumenenhed.¹⁷ Dette bidrager igen til en risiko for øget varmeafgivelse, som kan medføre en sikkerhedsrisiko.
- Der sammenkøres flere kabler i kabelbakker og installationskanaler, eksempelvis drevet af behovet for optimering af pladsanvendelsen i bygninger. Dette kan ligeledes bidrage til øget varmeafgivelse ved sammenkørte kabler.

Denne udvikling har affødt diskussioner om, hvorvidt anvendelsen af 75 %-reglen fortsat sikrer overholdelse af temperaturgrænser for kabler. Det kan eksempelvis komme til udtryk ved, at sammenførte kabler smelter sammen.¹⁸ Denne diskussion er særlig relevant, da installatørerne i dag primært vælger den danske særregel under forudsætningen af, at anvendelsen af denne metode opfylder kravet om overbelastningsbeskyttelse og temperaturgrænser. Ved et belastningsforsøg af samlet fremførte kabler i en rapport af Thomas Krogh Andersen fra april 2017¹⁹ blev det vist, at anvendelsen af HD-korrektionsfaktorerne sikrede en overholdelse af grænseniveauet på 70 °C for sluttemperaturen, mens anvendelsen af 75 %-reglen resulterede i en sluttemperatur på 135 °C, dvs. sluttemperaturer over grænseniveauet, jf. boksen nedenfor.

¹⁵ <http://elsikkerhedsregler.dk/da/fagomrader/elektriske-installationer/regler-og-standarder-installationsområdet/sadan-er>

¹⁶ Udviklingen fra 14A til 22A svarer til en forøgelse af strømværdien på 57 %. Fordi forholdet mellem kablernes strømværdi (I) og effektafsættelse (P) følger $P=I^2 \times R$, så svarer dette til en effektførøgelse på 147 %. For uddybning, jf. http://www.elsikkerhed.dk/uploads/2/9/5/7/29571927/bek_1082_og_75_procent_reglen_5_april_2017.pdf.

¹⁷ <http://www.e-pages.dk/danskelforbund/582/html5/32/>

¹⁸ <http://www.e-pages.dk/danskelforbund/582/html5/32/>

¹⁹ http://www.elsikkerhed.dk/uploads/2/9/5/7/29571927/bek_1082_og_75_procent_reglen_5_april_2017.pdf

Belastningsforsøg af samlet fremførte kabler ved Erhvervsakademi Lillebælt

Erhvervsakademi Lillebælt gennemførte under ledelse af adjunkt Thomas Krogh Andersen et belastningsforsøg af samlet fremførte kabler i forbindelse med Standardiseringsudvalgets (S-564 – Elektriske installationer og beskyttelse mod elektrisk stød) diskussion af konsekvenserne ved afskaffelse af 75 %-reglen. Resultaterne af forsøget blev præsenteret i en rapport i april 2017.

I forsøget testede man 3x1,5 mm² PVC-kabler i to referenceopstillinger, hvor kabler sammenførtes i henholdsvis en lukket kanal og i gitterbakke. Kablernes starttemperatur i forsøget er 20 °C. I opstillingen med lukket kanal resulterede anvendelsen af korrektionsfaktor på 0,4 fra Tabel C.52.3 i DS/HD 60364-5-52 en sluttemperatur på 64 °C ved en belastning på 9,9A. Dette er indenfor grænseniveauet for sluttemperaturen på 70 °C. Ved anvendelse af 75 %-reglen og en belastning på 15,5A stiger sluttemperaturen til 135 °C. Hvis belastningen øges til 18,5A, så stiger sluttemperaturen til 200 °C. Temperaturstigninger forekom efter 2 timers varighed.

Målingerne er ikke gennemført for andre kabeltyper, og der er ikke taget højde for en overbelastningsanordning på forskellige belastningsniveauer. Resultaterne for opstillingen med kabler sammenført i gitterbakker fremgår ikke af rapporten.

Ifølge TEKNIQ anvendes 75 %-reglen sandsynligvis i dag i dimensioneringen i fire ud af fem nye installationer, mens de resterende 20 % dimensioneres efter HD-standarden. Sidstnævnte omfatter primært større offshore- og industribyggerier. TEKNIQ vurderer desuden, at stort set alle udvidelser eller ændringer af eksisterende installationer (mere end 90 %) i dag dimensioneres ved brug af 75 %-reglen, med undtagelse af meget veldokumenterede installationer. Dette kan eksempelvis være tilfældet, hvis en kunde stiller krav om, at installationen skal udføres ved brug af HD-standarden, fordi kunden har et behov for dokumentation. Dokumentationen giver i disse tilfælde installatøren det overblik over de eksisterende føringsveje og kabler, som er nødvendig for, at HD-standarden kan anvendes til udvidelsen eller ændringen af installationen.²⁰

Diskussionen er ydermere relevant set i lyset af forventningen om stigende elforbrug i takt med den generelle teknologiske udvikling og udbredelsen af solcelleanlæg, varmepumper, elbiler med videre, som øger belastningsgraden af elnettet. Dette vil antageligt medføre en forøget kontinuerlig belastning af kabelinstallationer, som kan medføre øget effektafsættelse i installationerne. Denne udvikling er eksempelvis fremtrædende i Norge, hvor en omfattende udbredelse af elbiler blandt andet har medført højere kontinuerlige belastninger af elnettet med øget effektafsættelse til følge²¹. Det er afgørende, at reglerne for dimensionering af elinstallationer er tilpasset denne udvikling.

I tillæg til faglige drøftelser om, hvorvidt anvendelsen af 75 %-reglen fortsat sikrer tilstrækkeligt mod fejl i elinstallationskabler, kan særreglen også være konkurrenceforvridende på markedet for elinstallationer. Hvis den danske særregel afskaffes, kan det dermed potentielt ændre den eksisterende konkurrencesituation på det danske installatørmarked. En afskaffelse af særreglen kan potentielt medføre øget konkurrence for danske installatører på det danske marked, da de har haft en fordel i kraft af at have erfaring med og anvender 75 %-reglen. Omfanget af den egentlige konkurrencefordel kan dog være tvivlsom, da det relativt set er lettere for udenlandske installatører at tilpasse sig til danske bestemmelser end omvendt, fordi de danske særkrav er simplere end de internationale standarder. Afskaffes reglen, kan det således påvirke den ovennævnte konkurrenceforvridning, hvilket gør det nemmere for internationale installatører at agere på det danske marked. Det formodes endvidere, at afskaffelsen kan gøre de danske installatører mere konkurrencedygtige på internationale markeder, hvor dimensioneringen skal ske efter international standard.²² Tidligere analyser har således påvist, at øget anvendelse af standarder har en positiv effekt

²⁰ Rambøll-interview med TEKNIQ den 9. juli 2018.

²¹ I 2017 var ca. 31 % af nye solgte biler i Norge hybridbiler (heraf er ca. 60 % opladerhybrider) og ca. 21 % var nuludslipbiler (heraf var langt størstedelen elbiler). Kilde: <http://www.ofvas.no/bilsalget-i-2017/category751.html>

²² <http://installator.dk/75-procent-reglen-er-en-tikkende-brandbombe>

på samhandel mellem lande.²³ Det er blandt andet disse forventede adfærdsvirkninger, der ligger til grund for forenklingen og standardiseringen af de danske elsikkerhedsregler i de seneste år.

Endelig kan der argumenteres for, at afskaffelsen af 75 %-reglen har en positiv betydning for effektiviteten på det indre marked, når flere europæiske lande anvender de samme harmoniserede regler. Dette kommer sig af ovennævnte adfærdspåvirkninger af konkurrenceforholdene mellem danske og udenlandske virksomheder. Når installatørerne anvender det samme regelsæt på tværs af landegrænser, så forbedrer det eksempelvis også mulighederne for at ansætte udenlandsk arbejdskraft. Dermed kan standardiseringen af de danske regler for elinstallationer medvirke til at styrke arbejdskraftens fri bevægelighed i EU.

²³ Copenhagen Economics (2013): Potentialer for standardisering og vækst i Danmark.

4. PRAKTISKE ASPEKTER VED DIMENSIONERING AF EL-INSTALLATIONER

Nærværende kapitel beskriver de praktiske aspekter i form af arbejdsgange forbundet med dimensionering og udførelse af elinstallationer. Det gennemgås, hvordan arbejdsgangene ved at anvende hhv. den danske særregel og de internationale standarder adskiller sig fra hinanden for følgende scenarier:

1. Dimensionering af ny installation i henhold til SB6 med dansk 75 %-særregel
2. Dimensionering af ny installation i henhold til HD 60364 uden dansk 75 %-særregel og **uden** dokumentation
3. Dimensionering af ny installation i henhold til HD 60364 uden dansk 75 %-særregel og **med** dokumentation.

Herudover beskrives arbejdsprocesserne for udvidelse af eksisterende installationer, som er udført iht. de tre ovenstående metoder. "Med dokumentation" defineres i denne sammenhæng ved, at der skal oprettes en database med alle kabler og føringsveje i installationen. Dette kan enten ske ved egenudviklede værktøjer (såsom Excel-databaser) eller ved at anvende digitale værktøjer, der håndterer disse data.

I gennemgangen af arbejdsprocesserne tages der udelukkende udgangspunkt i kablers strømværdi. Der ses således bort fra forhold som spændingsfald, kortslutningsbeskyttelse og fejlbeskyttelse. I beskrivelsen af arbejdsprocesserne lægges vægten på forskellene imellem de forskellige projekteringsmetoder, herunder med beskrivelser af de enkelte metoders fordele og ulemper.

Afslutningsvis præsenteres casebaserede estimater for projekteringsomkostningerne forbundet med arbejdsprocesserne i ovennævnte scenarier, som benyttes i de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger.

Estimaterne, der fremkommer ved arbejdsgangsbeskrivelserne, anvendes til at foretage erhvervsøkonomiske beregninger, ligesom de er med til at tydeliggøre, hvilke praktiske aspekter der påvirkes ved en eventuel afskaffelse af 75 %-reglen.

4.1 Arbejdsgange ved dimensionering af ny installation iht. SB6 med dansk 75 %-særregel

I SB6 stilles der ikke krav til dokumentation af føringsveje og kabler i en installation. Følgende betingelse skal dog være opfyldt, for at installationen lever op til sikkerhedskravene:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

- a. Fastlæggelse af belastningsstrømmen for brugsgenstanden (I_b)
- b. Udvælgelse af beskyttelsesudstyr med mærkestrøm (I_n)
- c. Tabelværdi for kablets strømværdi, korrigeret for oplægningsmetode og temperatur samt ganget med faktor 0,75 for sideløb ($I_z \cdot kt \cdot ks$).

I modsætning til HD-standarden er der ved brug af SB6 ikke krav til opdeling af kabler ved samlet fremføring, hvor disse er fremført med mere end tre spring i kabeltværsnit i samme fremføring²⁴. En fordel ved at benytte SB6 med 75 %-reglen i dimensioneringen er derfor, at tidsforbruget til at dimensionere kabler og føringsveje minimeres. Dette skyldes, at den projekterende ved at anvende den danske særregel kan undlade at håndtere den samlede fremføring. Anvendelsen af denne projekteringsmetode muliggør eksempelvis, at gruppekabler med tværsnit på 1,5 mm² kan

²⁴ SB-A6 s.182

føres sammen med kabler på 240 mm². I den nuværende installationspraksis ses det ofte, at eksempelvis gruppekabler sammenføres med hovedkabler, når flere størrelser af kabler skal fremføres samme vej op gennem en skakt eller i hovedføringsveje (se billedeksemplerne nedenfor). Dette er ikke særligt hensigtsmæssigt, da det i værste tilfælde kan føre til overophedning af de små kabler.



I branchen er det desuden velkendt, at mange elinstallationer generelt dimensioneres på baggrund af erfaringstal. Dette kan medføre, at fx føringsvejene i visse tilfælde enten bliver underdimensionerede eller overdimensionerede, hvilket bl.a. skyldes, at størrelsen på føringsvejene er baseret på antagelser og ikke det præcise antal kabler, som oplægges i føringsvejene. Denne unøjagtighed kan i denne forbindelse også opstå, fordi kablerne i visse tilfælde ikke bliver fremført i udførelsesfasen, som det oprindeligt var tiltænkt i projekteringsfasen.



Det kan antages, at levetiden for kabler blive kortere, hvis 75 %-reglen benyttes i stedet for at anvende metoderne for dimensionering af kabler iht. HD 60364. Som det fremgår af SB6, Tabel A.5, er det angivet, at levetiden må forventes at være mindre end 20 år ved anvendelse af 75 %-reglen. Levetidsbetragtninger for de forskellige metoder er belyst i kapitel 5.

4.1.1 Udvidelse af eksisterende installation

En udvidelse af en eksisterende installation kan håndteres på samme måde som projekteringen af nye installationer. Der skal således ikke tages særhensyn til den eksisterende installation. Dog skal det sikres, at der er plads i de eksisterende føringsveje. De nye kabler kan føres sammen med de eksisterende kabler ved at gentage samme procedure som i projekteringsfasen ved nye installationer. I praksis betyder det, at udvidelser af eksisterende installationer som hovedregel foregår ved, at nye kabler fremføres i de eksisterende føringsveje, medmindre der ikke er plads. Ligeledes som for nye installationer skal der ved en udvidelse ikke tages hensyn til spring i kabeltværsnit.

4.2 Arbejdsgange ved dimensionering iht. HD 60364 uden dokumentation

I dette projekterings scenarie stilles der ikke krav til, at der skal udarbejdes dokumentation af installationens føringsveje og kabler. Dog udarbejdes der principper for fremføring. Som ved dimensionering iht. SB6 med 75 %-reglen skal følgende betingelse være opfyldt, når installationen dimensioneres iht. HD 60364 **uden** dokumentation:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

- Fastlæggelse af belastningsstrøm for brugsgenstand (I_b)
- Udvælgelse af beskyttelsesudstyr med mærkestrøm (I_n)
- Tabelværdi for kablets strømværdi, korrigeret for oplægningsmetode, temperatur, spring i tværsnit samt korrektion for sideløb ($I_z \cdot kt \cdot ks$)

Der er to afgørende forskelle, når en elinstallation dimensioneres efter HD 60364 sammenlignet med SB6.

For det første stilles der ved dimensionering efter HD 60364 krav til korrektion for samlet fremføring af kabler af forskellige tværsnit i installationen. Ved en samlet fremføring må der ikke forekomme større spring end tre standardtværsnit²⁵.

For det andet indgår den danske 75 %-regel ikke som en mulighed i HD 60364. Hvis der stadig ønskes at benytte én samlet faktor for kabelsammenføring (ks-faktor), kan en korrektionsfaktor på 0,4 anvendes (jf. nedenstående tabel). Kabler, der under kendte driftsforhold forventes at føre en strøm, der ikke overskrider 30% af kablets strømværdi, kan udelades ved beregning af reduktionsfaktorer for resten af den samlede fremføring (jf. HD 60364-5-52:2011, 523.5).

Figur 4: Korrektionsfaktorer for samlet fremføring

| Nummer | Fremføring | Antal strømkredse eller flerlederkabler | | | | | | | | |
|--------|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 | 12 | 16 | 20 |
| 1 | Bundtet i luft, på en overflade, indfældet eller indkapslet | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,40 |
| 2 | Enkelt lag på væg, på gulve eller på upeforerede kabelbakker | 1,00 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,70 | – | – | – |
| 3 | Enkelt lag fastgjort direkte under et loft | 0,95 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | – | – | – |
| 4 | Enkelt lag på perforerede vandrette eller lodrette kabelbakker | 1,00 | 0,90 | 0,80 | 0,75 | 0,75 | 0,70 | – | – | – |
| 5 | Enkelt lag på kabelstige eller på bæring eller holdere osv. | 1,00 | 0,85 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | – | – | – |

Kilde: Tabel C.52.3 fra Anneks C, DS/HD 60364.

For at overholde kravet om et maksimalt spring på tre standardtværsnit skal der i projekteringsfasen udarbejdes principper for, hvilke kabeltværsnit der må føres sammen. Som det fremgår af figuren, kan det eksempelvis gøres ved at opdele føringsvejene i flere antal spor og samtidig definere et maksimalt antal af kabler, der må fremføres i hvert spor. Derved kan der anvendes en minimumsværdi for korrektionsfaktoren for samlet fremføring af kabler i installationen.

²⁵ B.52.5 DS/HD 60364.5-52:2011: "En samlet fremføring, hvor strømværdien af alle kablerne baseret på samme højeste tilladelige ledertemperatur, og hvor ledertværsnittene ikke spænder over mere end tre tilstødende standardtværsnit, betragtes som en samlet fremføring af ens kabler."

Hvis der udarbejdes et princip for sporinddeling af føringsvejene i tre spor, fx spor 1, 2 og 3, kan der for hvert spor fastsættes et maksimalt antal af kabler, som må føres sammen. Endvidere er det muligt at definere en ks-faktor for hvert spor i føringsvejen samt afsætte disponibel plads i føringsvejene til fremtidig udvidelse af installationen. Herudover skal der etableres en afstand mellem hver sporovergang svarende til to gange diameteren (2xD) på det største kabel ved spring større end tre standardtværsnit.

Figur 5: Eksempel på princip for sporinddeling af føringsveje

| Spør nr. i føringvej | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Kobber [mm ²] | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 |
| Aluminium [mm ²] | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | | | | |

Fordelen ved denne projekteringsmetode er, at installationen på en overskuelig metode vil følge de i HD 60364 nævnte metoder til dimensionering af kabler. Sammenlignet med projektering i forhold til HD 60364 **med** dokumentation, så er ulempen ved denne projekteringsmetode, at der ikke skabes et dokumenteret overblik over installationen i projekteringsfasen eller udførelsesfasen. Dette kan være med til at besværliggøre eventuelle udvidelser eller ændringer af installationen på et senere tidspunkt, idet kabler kan være fremført anderledes end først projekteret.

4.2.1 Udvidelse af eksisterende installation

En udvidelse af en eksisterende installation, som er dimensioneret iht. HD 60364 uden dokumentation, kan udføres på følgende måder:

1. Anvendelse af disponibel plads
2. Etablering af nye føringsveje
3. Kortlægning af den eksisterende installations føringsveje og kabler.

Hvis der i den oprindelige projektering af den eksisterende installation er medregnet disponibel plads i føringsvejene, kan dette anvendes til at udvide installationen. I tilfælde af at der ikke er disponibel plads i føringsvejene, skal der etableres nye føringsveje. Den sidste mulighed er at kortlægge den eksisterende installation. Dette skal gøres i tilfælde af, at der ikke er disponibel plads til rådighed, og at der ikke foreligger komplet dokumentation over installationens kabler og føringsveje. Kortlægning af installationen udføres ved, at der foretages komplet måling af kabler og de respektive føringsveje. Målingerne har bl.a. til formål at fastlægge kablernes oplægningsmetode, omgivelsestemperatur (uden last belastning af kablerne) og belastningsstrøm. Det er dog vigtigt at pointere, at det er en meget opfattende opgave. Når den eksisterende installation er kortlagt, kan arbejdet med at identificere de føringsveje, hvor udvidelsen eller ændringen skal finde sted, påbegyndes.

4.3 Arbejdsgange ved dimensionering iht. HD 60364 med dokumentation

Sammenlignet med de to foregående projekterings-scenarier er projektering iht. HD 60364 **med** dokumentation den mest omfattende projekteringsmetode. Det skyldes, at projekteringsprocessen indebærer, at der skal oprettes en database for alle kabler og føringsveje i installationen eller anvendes digitale værktøjer, der håndterer disse data.

Som ved de to foregående projekteringsmetoder skal følgende betingelse være opfyldt i projekteringen af installationen iht. HD 60364 **med** dokumentation:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

- a. Fastlæggelse af belastningsstrøm for brugsgenstand (I_b)
- b. Udvælgelse af beskyttelsesudstyr med mærkestrøm (I_n)

- C. Tabelværdi for kablets strømværdi, korrigeret for oplægningsmetode, temperatur, spring i tværsnit samt korrektion for sideløb ($I_z \cdot kt \cdot ks$)

Sammenlignet med de to foregående dimensioneringsprocesser, så vil anvendelsen af HD 60364 **med** dokumentation skabe det bedste overblik over installationen. Denne dokumentation er bl.a. med til at sikre, at udførelsesfasen følger de gældende dimensioneringsmetoder i HD 60364. Endvidere følger nedenstående fordele:

- En mere præcis dimensionering af føringsveje og kabler
- Simpel procedure ved udvidelse eller ændring af installationen
- Nemt at foretage fejlfinding og udskiftning af kabler.

Som ved anvendelse af HD 60364 **uden** dokumentation har denne projekteringsmetode den fordel, at installationen følger de gældende dimensioneringsmetoder i HD 60364.

For bl.a. at kunne fastlægge en mere præcis korrektionsfaktor (ks-faktor) for samlet fremføring (punkt c) skal alle kabler og føringsveje i installationen kortlægges. Dette gøres ved at gennemgå følgende tre steps:

1. Oprettelse af database for kabler og føringsveje
2. Angivelse af kabelstrækninger
3. Monitorering.

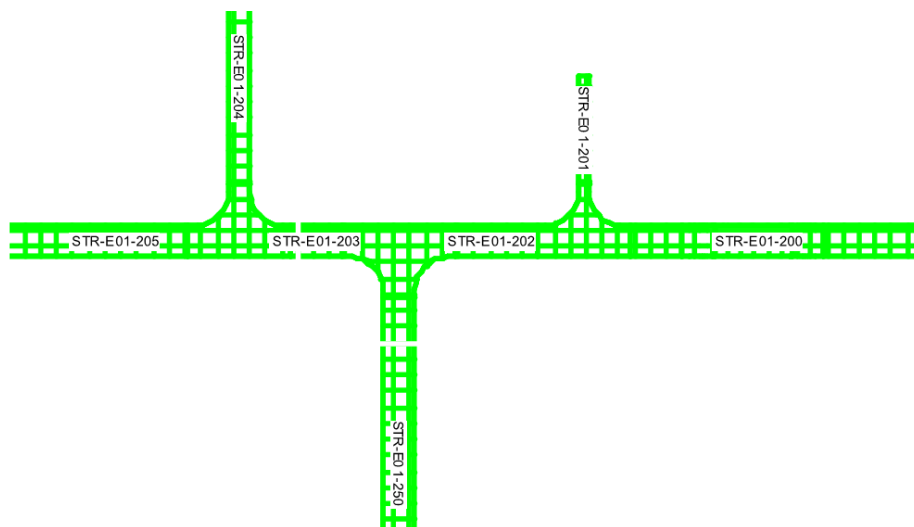
Det er væsentligt at pointere, at tidsforbruget og kompleksiteten af projekteringsprocessen kan variere. Tidsforbruget og kompleksiteten er afhængig af det værktøj, der anvendes til at oprette databasen med dokumentation af kabler og føringsveje.

Installationens kompleksitet vurderes imidlertid ikke at have betydelige påvirkninger af tidsforbruget. Dette skyldes, at processen for oprettelse af database er den samme, uafhængig af installations kompleksitet. De tre ovennævnte steps uddybes i de følgende afsnit.

4.3.1 Oprettelse af database for kabler og føringsveje (step 1)

Indledningsvis oprettes en database med alle kabler og føringsveje, som indgår i installationen. Dette indebærer, at der oprettes unikke strækings-id for hver føringsvejsafgrening med udgangspunkt i tegningerne over føringsvejene i installationen, jf. figuren nedenfor. Efterfølgende oprettes unikke kabel-id for alle kabler i installationen.

Figur 6: Føringsvejsudsnit med stræknings-id



I databasen kan der indtastes yderligere oplysninger, som er knyttet til hver stræknings-id og kabel-id. Disse oplysninger omhandler bl.a. type, længde, placering m.m. Endelig kan oplysningerne til slut anvendes til at fastsætte belastningsgraden for hvert kabel samt antallet af kabler og føringsveje i installationen.

Når databasen er oprettet, påføres alle stræknings-id føringsvejstegningerne. Føringsvejstegninger med de anførte stræknings-id anvendes senere til at angive ruten for kablerne. Ruten er de føringsvejsstrækninger, som et kabel gennemløber fra forsyningstavlen til tilslutningspunktet.

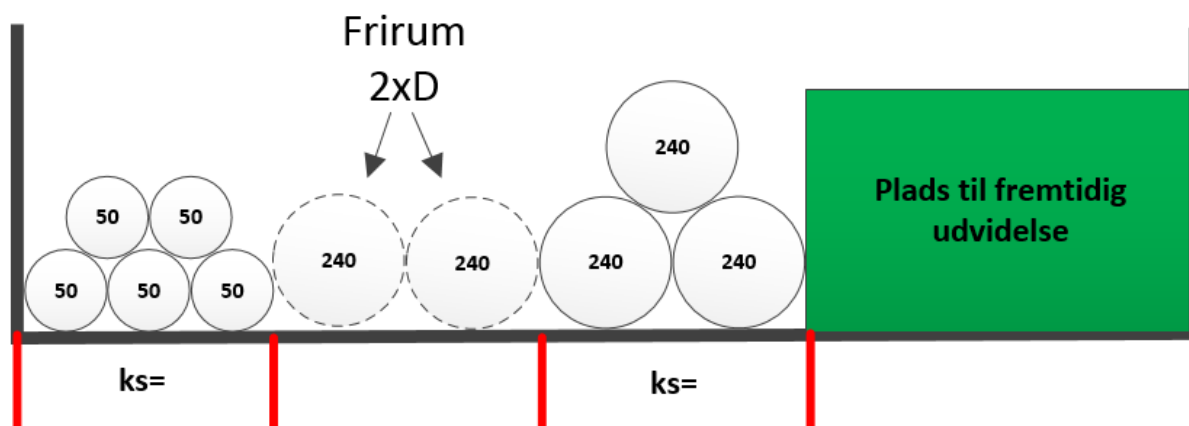
4.3.2 Angivelse af kabelstrækninger (step 2)

Når databasen med føringsveje og kabler er oprettet, skal alle kabelstrækninger i installationen specificeres. Ved hjælp af føringsvejstegningerne for installationen indtaster den projekterende alle de føringsvejsstrækninger i databasen, som et kabel gennemløber fra udgangspunktet til tilslutningspunktet. Samme proces udføres for samtlige kabler i installationen.

4.3.3 Monitorering (step 3)

Når step 1 og 2 er gennemført, kan samtlige føringsveje og kabler i installationen monitoreres i databasen. Dette gør det muligt at få overblikket over fyldningsgraden for hver føringsvejsstrækning. Figuren nedenfor viser et eksempel på, hvordan en kabeloplægning kunne se ud. Figuren er en afbildning af et føringsvejs tværsnit, som viser kablernes oplægningsmetode. Som nævnt tidligere må der ved en samlet fremføring ikke forekomme større spring end maksimalt tre standardtværsnit. Hvis der ønskes at sammenføre kabler, der afviger med mere end tre standardtværsnit fra hinanden, så skal der etableres en afstand mellem kabelbundterne på to gange diameteren for det største kabeltværsnit ($2 \times D$).

Figur 7: Eksempel på tværsnit af en føringsvej med angivelse af føringsveje med kabelsammenføring (ks)



4.3.4 Udvidelse af eksisterende installation

Når installationer skal udvides efter HD 60364 **med** dokumentation, er der behov for, at de eksisterende kablers dimensioneringsforudsætninger er tilgængelige, således at strømværdi og korrektionsfaktorer for de nye kabler kan bestemmes. Da der allerede er oprettet et system med dokumentation af alle kabler og føringsveje, er proceduren for at finde fremføringsvejen for de nye kabler umiddelbart simpel. Udvidelsen kan etableres på følgende måder:

1. De nye kabler føres sammen med eksisterende kabler (forudsat at ks-faktor for eksisterende kabler tillader det)
2. Der er disponibel plads i installationen, som kan anvendes
3. Etablering af nye føringsveje (såfremt udvidelsen er meget omfattende).

4.3.5 Dokumentation af kabelføring og anvendelse af digitale redskaber

Dokumentation af føringsveje og kabelføringer kan i princippet foretages ved projektering efter både SB6 og HD-standarden, men er ikke krævet. Med de nuværende regler i SB6 stilles der imidlertid ikke krav til dokumentation af installationen, hvor installationsbekendtgørelsen (som henviser til standarderne) blot kræver dokumentation, hvis installationen afviger fra bestemmelserne i standardsamlingen.²⁶

Den projekterende kan kortlægge og dokumentere kabler og føringsveje i en installation ved at anvende flere af de eksisterende digitale værktøjer. Dette kan gøres ved at anvende ét værktøj til kabeldimensionering og et andet til at oprette en database med dokumentation over alle føringsveje og kabler. Ifølge TEKNIQ anvender stort set alle installatører og rådgivere i dag digitale værktøjer i dimensioneringen af installationer, typisk ved brug af egne, enkle digitale løsninger, eksempelvis Excel-ark. Til gengæld er det kun meget få, der anvender digitale redskaber til dokumentation af installationer.²⁷ Dette hænger i høj grad sammen med, at der i dag ikke stilles krav om dokumentation. Herudover efterspørger modtagere af elinstallationer generelt ikke dokumentation.

Rambøll har i forbindelse med nærværende opgave gennemført en spørgeskemaundersøgelse blandt TEKNIQs medlemmer. Undersøgelsen bekræfter TEKNIQs egen vurdering, da 75 % af deltagerne i undersøgelsen har angivet, at deres virksomhed anvender digitale værktøjer til beregninger af kabeldimensionering.²⁸ Ifølge respondenterne er de hyppigst anvendte digitale redskaber TEKNIQs dimensioneringsapp, PCSHEMATIC, samt andre uspecificerede digitale værktøjer. Herudover anvendes også Simaris fra Siemens, Ecodial Advance Calculation 5.5 fra Schneider Electric

²⁶ <http://elsikkerhedsregler.dk/da/standarder/dokumentation-ved-afvigelse-fra-standarder>

²⁷ Rambøll interview med TEKNIQ den 9. juli 2018.

²⁸ Kilde: Rambøll spørgeundersøgelse blandt TEKNIQs medlemmer. Antal besvarelser = 36. Resultater er derfor behæftet med usikkerhed.

samt Febdok. Undersøgelsen er ikke udtømmende, og det må forventes, at der anvendes andre digitale redskaber i elbranchen, end dem der er nævnt her.

I afdækningen af de praktiske aspekter er muligheden for at anvende ét samlet værktøj til dimensionering og udarbejdelse af dokumentation for sammenførte kabler og føringsveje undersøgt. Det vurderes, at der på nuværende tidspunkt ikke findes mange alternativer på markedet, som gør det muligt at dimensionere og dokumentere elinstallationer ved brug af samme digitale værktøj. Ifølge Foreningen af Rådgivende Ingeniører (FRI) skyldes det, at elbranchen generelt er præget af stor usikkerhed, når det kommer til, hvilke regler der gælder i forhold til dimensioneringen af elinstallationer. Usikkerheden skal særligt ses i lyset af, at en eventuel afskaffelse af 75 %-reglen har været diskuteret i Standardiseringsudvalget S-564 under Dansk Standard siden 2011. Usikkerheden har samtidig medført en manglende villighed blandt softwareudviklere til at udvikle og lancere nye digitale værktøjer.²⁹

Der findes dog værktøjer på markedet, som tillader den projekterende at dimensionere en elinstallation, enten efter SB6 eller HD 60364, og som samtidig leverer automatisk dokumentation af hele kabelinstallationen. Ulempen ved disse værktøjer er dog, at de ikke kan levere en automatisk udledning og dimensionering af føringsveje.

Siemens har lanceret Simaris Design, som muliggør komplet dimensionering og dokumentation af hele elinstallationen, men ikke en automatisk udledning og dimensionering af føringsveje. Værktøjet er frit tilgængeligt for installatører og rådgivere, men det er kun muligt at dimensionere iht. IEC/HD-standarden.³⁰ I august 2018 lancerede PCSHEMATIC i samarbejde med ÅF et dansk alternativ; Cabledim³¹. Cabledim-værktøjet muliggør dimensionering efter både HD-standarden og SB6 med 75 %-reglen, men ikke en automatisk udledning og dimensionering af føringsveje. Det koster mellem 4.500 kr. og 6.000 kr. pr. softwarelicens ved køb af værktøjet.

Anvendelsen af digitale værktøjer, der letter arbejdsgangene ifb. med dokumentation af elinstallationer inkl. føringsveje, vil have en positiv indvirkning på projekteringsomkostningerne. For ikke at underestimere de økonomiske aspekter ved en afskaffelse af 75 %-reglen, baseres estimeringen af omkostninger til dimensionering og dokumentation på en konservativ vurdering med udgangspunkt i en antagelse om, at dimensioneringen og dokumentationen af installationer ikke kan understøttes i ét og samme digitale værktøj. Estimeringerne baserer sig derfor på, at dokumentationen enten 1) foretages manuelt i Excel-ark eller 2) foretages med et andet digitalt værktøj, end det der anvendes til projekteringen. Dette skyldes, at disse scenarier stemmer overens med det eksisterende udbud af digitale værktøjer.

Udbredelsen af digitale værktøjer, der kan understøtte både dimensioneringen og dokumentationen, kan derfor medføre betydelige produktivitetsgevinster i projekteringen af elinstallationer og betragteligt reducere tidsforbruget ifm. projektering efter HD-standarden med dokumentation.

²⁹ Rambøll-interview med Foreningen af Rådgivende Ingeniører (FRI) den 13. september 2018.

³⁰ Simaris Design-værktøjet dimensionerer hele lavspændingsinstallationen og giver komplet dokumentation. Redskabet tillader dimensionering af alle kabler, kanalskinner og beskyttelsesudstyr ud fra DS/HD60364 og andre relevante installations- og produktstandarder. Programmet giver komplet overblik og dokumentation af selektivitet, spændingsfald, kortslutningsstrømme, indstilling af luft- og kompakte maksimalafbrydere og meget mere. For uddybning se <https://w3.siemens.dk/home/dk/dk/industry/nyheder/pages/2018-03-27opfylder-dine-nye-elinstallationer-kravene-i-dshd60364.aspx>.

³¹ Produktblad for PCSHEMATIC Cabledim: 'PCSHEMATIC Cabledim udfører kortslutnings- og spændingsfaldsberegninger for samtlige kabler i installationen. Kablerne dimensioneres i henhold til DS/HD 60364 og kortslutningsberegningerne udføres efter DS/EN 60909. Man kan også vælge at dimensionere efter de forenklede metoder fra DS/HD 60364 i henhold til de danske særregler i tilknytning til Anneks C. Dokumentationen af beregningerne inkluderes automatisk i projektet.' For uddybning se https://www.elfokus.dk/wp-content/uploads/sites/3/Produktblad_Cabledim_Grafik_Mindre.pdf.

4.4 Casebaseret estimering af projekterings- og installationsomkostninger

For at demonstrere anvendelsen af og forskellene imellem de tre førnævnte projekteringsmetoder gennemføres dimensioneringsberegninger på en udvalgt installationscase. Beregningerne har til formål at estimere omkostningerne forbundet med anvendelse af de forskellige projekteringsmetoder. I beregningerne skelnes der mellem følgende faser med opgørelse af, i hvilken fase de forskellige omkostningstyper optræder:

1. Projekteringsfasen

- a. Omkostninger forbundet med tidsforbrug på dimensionering af kabler og føringsveje
- b. Omkostninger forbundet med tidsforbrug på dokumentation af installationen.

2. Installationsfasen

- a. Omkostninger forbundet med tidsforbrug på selve udførelsen af installationen, inkl. planlægning af installationen
- b. Omkostninger til materialeforbrug, herunder kabler og føringsveje.

Estimaterne anvendes som input i beregningen af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser senere i rapporten.

4.4.1 Installationscase som grundlag for estimaterne

Som grundlag for estimaterne er det valgt at foretage beregninger på to typer af bygningsinstallationer. Type 1 kan kategoriseres som "Let industri", mens type 2 kan kategoriseres som "Erhvervsbyggeri" eller "Offentligt byggeri". Type 2 dækker således både over erhvervsbyggerier, såsom kontorer, og offentlige byggerier, såsom offentlige institutioner. Eksemplet med "Let industri" (type 1) indeholder 50 % kontorinstallationer, såsom belysning og alm. 230V stik, og 50 % laboratorieinstallationer. Laboratorieinstallationer består af større og flere belastninger, fx i form af 400V CEE-stik. Beregningseksemplet med "Erhvervsbyggeri/Offentligt byggeri" (type 2) indeholder kun almindelige kontorinstallationer.

Begge beregningseksempler (type 1 og 2) indeholder både hovedkabler og gruppekabler. Hovedkabler forsyner store belastninger, fx andre tavler såsom etagetavler og ventilationstavler. Gruppekabler forsyner typisk de små belastninger som fx belysning og 230V stik.

Bygningsstørrelsen er identisk for begge typer bygningsinstallationer. Bygningen har en samlet størrelse på ca. 28.000 m². Forskellen på type 1 (let industri) og type 2 (erhvervsbyggeri/offentligt byggeri) er antallet af belastninger og størrelsen af belastningerne. Type 1 indeholder flere og større belastninger end type 2. I beregningerne (type 1 og 2) er der medtaget både etage- og hovedtavler. Etagetavler forsyner belysning, alm. 230V stik og 400V CEE-stik. Hovedtavlerne forsyner andre tavler heriblandt etagetavler, ventilationstavler og køkkentavle.

Gitterbakkerne, som er anvendt i beregningerne, er sporinddelt. Det betyder, at udover at indeholde kraftkabler (elkabler), så indeholder gitterbakkerne også kabler til maskininstallationer og svagstrøminstallationer. Størrelsen af de andre spor i føringsvejene er uafhængig af dimensioneringsgrundlaget, som bliver anvendt til at dimensionere kraftkablerne. Kabelstigerne indeholder kun kraftkabler (elkabler).

Beregningerne af omkostninger til materialer er baseret på føringsveje (gitterbakker og kabelstiger) og kabler (hovedkabler og gruppekabler), som afgår fra tavlerne. De supplerende føringsveje er ikke medtaget i beregningerne. Ligeledes er omkostninger til fx tavler og teknikrumsplads ikke medtaget, da det skønnes, at forskellene i omkostningerne til materialer og tidsforbrug imellem projekteringsscenarierne primært er drevet af forskelle i omkostningerne forbundet med kabler og føringsveje.

4.4.2 Metoder til dimensionering af elinstallationen i installationscasen

Elinstallationen i det valgte eksempel dimensioneres iht. følgende dimensioneringsmetoder:

1. Dimensionering af ny installation i henhold til SB6 med dansk 75 %-særregel
2. Dimensionering af ny installation i henhold til HD 60364 uden dansk 75 %-særregel og **uden** dokumentation.
3. Dimensionering af ny installation i henhold til HD 60346 uden dansk 75 %-særregel og **med** dokumentation.

Ved alle tre dimensioneringsmetoder skal følgende betingelse være opfyldt:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

- a. Fastlæggelse af belastningsstrøm for brugsgenstand (I_b)
- b. Udvælgelse af beskyttelsesudstyr med mærkestrøm (I_n)
- c. Tabelværdi for kablets strømværdi og korrigeres for oplægnings- og temperaturforhold samt sideløb ($I_z \cdot kt \cdot ks$).
- d. Spring i tværsnit ved anvendelse af HD 60364.

4.4.3 Omkostninger ved dimensionering iht. SB6 med dansk 75 %-særregel

Indledningsvis dimensioneres kablerne i det valgte byggeri i henhold til SB6 med anvendelse af 75 %-reglen. Udover anvendelse af tabelopslag for at finde kablets strømværdi foretages der beregninger for udvalgte kabler. Beregningerne har til formål at fastlægge den maksimale kabellængde for eksempelvis 1,5 mm² ift. kortslutningsstrøm ($I_{K,max}/I_{K,min}$) og spændingsfald (ΔU). Beregningerne kan udføres som håndberegninger eller ved anvendelse af et dimensioneringsværktøj. Typisk anvendes et dimensioneringsværktøj til kortslutnings- og spændingsfaldsberegningerne.

Efterfølgende dimensioneres føringsvejene (gitterbakker og kabelstiger). Størrelsen på føringsvejene er baseret på erfaringstal og overslag, hvilket er en udbredt metode i branchen. Anvendelsen af erfaringstal kan medføre unøjagtighed i størrelsen af føringsveje, når projektet er udført. Unøjagtigheden kan også skyldes, at kablerne ikke bliver fremført, som det oprindeligt var planlagt i projekteringsfasen.

Nedenstående tabel viser en oversigt over installationsomkostningerne (både for type 1 og 2) ved dimensionering iht. SBA6, herunder omkostningerne for projektering, materialer og udførelse (montering og planlægning) af installationen. Materialeomkostningerne består af kabler (hovedkabler og gruppekabler) og føringsveje (gitterbakker og kabelstiger). Priserne for materiale- og udførelsesomkostninger er indhentet fra EL-OVERSLAGS³² prisbogen. Omkostningerne til montage og planlægning er inkl. tillæg for sociale ydelser, som eksempelvis omfatter tillæg for sygdom, aften- og weekendarbejde, skurpenge m.m.

Tabel 1: Installationsomkostninger ved dimensionering iht. SB6 med 75 %-reglen

| Samlede elinstallationsomkostninger for hele bygningen, DKK i 2018-priser | | |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| Omkostningstype i DKK i 2018-priser | Type 1 "Let industri" | Type 2 "Erhverv/offentlig" |
| Projektering | 49.000 | 32.000 |
| Materialer (kabler og føringsveje) | 10.100.000 | 6.439.000 |
| Montering og planlægning (inkl. tillæg) | 5.527.000 | 3.224.000 |
| Samlede omkostninger [DKK] | 15.676.000 | 9.695.000 |

Kilde: Rambøll-estimer pba. priser i EL-OVERSLAGS prisbogen. Evt. summeringsfejl skyldes afrunding.

³² EL-OVERSLAGS prisbogen 2018. Udarbejdet af PM EL-beregning ApS.

De samlede omkostninger ved anvendelse af SB6 er lavere end ved dimensioneringsprocesser ved HD-standarden **med** dokumentation og HD-standarden **uden** dokumentation. Det skyldes bl.a. anvendelsen af erfaringstal og overslag til dimensionering af føringsveje. Desuden medfører anvendelsen af 75 %-reglen lavere materialeomkostninger. Omkostningerne for kabler bliver lavere, til dels pga. at tværsnittene for gruppekablerne er nu 1,5 mm² (ift. 2,5 mm² ved de to andre dimensioneringsprocesser).

Projekteringsprocessen med SB6 er relativt simpel og hurtig. Det skyldes bl.a., at der i dimensioneringen kan ses bort fra sideløbende kabler (både antal og tværsnit), hvis blot kablerne overholder 75 %-reglen. Desuden skal der ikke bruges særlig lang tid på udførelsesprocessen (ift. de andre dimensioneringsprocesser), da den praktiske planlægning er minimal. Kablerne bliver fremført efter, hvad der er mest praktisk. Det er dog vigtigt at påpege, at metoden kan have nogle uhen-sigtsmæssige konsekvenser både mht. opvarmning af kabler og kablens levetid.

4.4.4 Omkostninger ved dimensionering iht. HD 60364 **uden** dokumentation

Når HD 60364 **uden** dokumentation anvendes som dimensioneringsgrundlag, skal der indledningsvis udarbejdes principper for sporinddeling af alle føringsveje i installationen. Sporinddeling skal bl.a. sikre, at små kabler (fx 2,5 mm²) ikke sammenføres med kabler med stort tværsnit (fx 240 mm²). HD 60364 stiller krav om, at der ikke må forekomme større spring end maks. tre standardtværsnit ved en samlet fremføring. Derfor skal føringsvejene opdeles i et antal spor, og der skal defineres et maksimalt antal kabler, som må føres sammen i hvert spor.

Størrelsen på føringsvejene er som ved det forrige eksempel (dimensionering iht. SBA6) baseret på erfaringstal og overslag. Dette skyldes, at der heller ikke i dette projekterings-scenarie eksisterer et samlet dokumenteret overblik over installationen. Det kan føre til unøjagtighed ift. dimensioneringen af størrelsen på føringsvejene.

I arbejdsprocessen med at sporinddele føringsvejene skal tabellen over korrektionsfaktorer fra HD-standarden anvendes. Dette er nødvendigt for at fastlægge en korrektionsfaktor for samlet fremføring for hvert spor i føringsvejen.

Når projekteringsprocessen er overstået, vil der være udarbejdet sporinddelingsprincipper for alle føringsveje i installationen. Det betyder, at der for hver føringsvej er angivet et antal spor, en korrektionsfaktor for samlet fremføring (ks-faktor) og et maksimalt antal kabler, som må placeres i hvert spor. Dette kan gøres i tabelform (jf. Figur 5).

Tabellen nedenfor viser en oversigt over installationsomkostningerne, herunder omkostninger til projektering, materialer og udførelse af installationen.

Tabel 2: Installationsomkostninger ved dimensionering iht. HD 60364 **uden dokumentation**

| Samlede elinstallationsomkostninger for hele bygningen, DKK i 2018-priser | | |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| Omkostningstype | Type 1 "Let industri" | Type 2 "Erhverv/Offentlig" |
| Projektering | 87.000 | 60.000 |
| Materialer (kabler og føringsveje) | 13.887.000 | 8.269.000 |
| Montering og planlægning (inkl. tillæg) | 6.365.000 | 3.689.000 |
| Samlede omkostninger [DKK] | 20.339.000 | 12.018.000 |

Kilde: Rambøll-estimer pba. priser i EL-OVERSLAGS prisbogen. Evt. summeringsfejl skyldes afrunding.

Følgende dimensioneringsproces er den mest omkostningsfuld sammenlignet med HD-standarden **med** dokumentation og SB6. Dette skyldes, at der anvendes overslag/estimer for dimensionering

ring af føringsveje og kabler. For at tage højde for værste scenarie mht. føring af kabler, anvendes lave korrektionsfaktorer for kabler. Anvendelsen af lave korrektionsfaktorer samt sporinddeling af føringsveje medfører højere omkostninger.

Sammenlignet med dimensionering iht. SB6, så kræver det mere tid i projekteringsfasen ved anvendelse af HD 60364 uden dokumentation. Dette skyldes, at der skal udarbejdes sporinddelingsprincipper for alle føringsveje i installationen. Sporinddeling af føringsveje sikrer, at der er klare retningslinjer for, hvilke kabler der må føres sammen i føringsvejene. Princippet med at sporinddele føringsveje sikrer, at kabler med små tværsnit ikke sammenføres med kabler med store tværsnit. Monterings- og planlægningsprocessen vil tage længere tid end med SB6. Dette skyldes, at den udførende installatør nu skal følge de fastlagte sporinddelingsprincipper, når kablerne bliver trukket. Når standarden uden dokumentation anvendes, så påvirker det desuden materialevalget. Eksempelvis er det mindste kabeltværsnit i installationen nu 2,5 mm², hvor det mindste kabeltværsnit var 1,5 mm² ved anvendelse af SB6.

4.4.5 Omkostninger ved dimensionering iht. HD 60364 **med** dokumentation

Dimensionering af installationen iht. HD 60364 **med** dokumentation udføres ved at følge arbejdsgangen, der er beskrevet i afsnit 4.3.

Efter etablering af en database over alle kabler og føringsveje i installationen kan den projekterende påbegynde arbejdet med kabeldimensionering. Ved dimensionering af kablerne anvendes korrektionsfaktorerne for samlet fremføring (ks). Til dimensionering af gruppekablerne anvendes (ks) faktoren 0,4. Dette skyldes, at hovedføringsvejene i de to bygningscases indeholder flere end 16 gruppekabler. Dette medfører, at det mindste kabeltværsnit i installationen bliver 2,5 mm² (ift. 1,5mm² da dimensioneringsgrundlaget var SB6).

Som beskrevet tidligere har anvendelsen af digitale værktøjer indflydelse på varigheden af projektering, monterings- og planlægningsprocessen. I projekteringsfasen vil der være tid at spare, hvis der anvendes ét samlet værktøj både til dimensionering af føringsveje og kabler samt til at udarbejde dokumentation over installationen. Derved vil det ikke være nødvendigt at sammensætte flere værktøjer for både at projektere og dokumentere en installation. Dette er afspejlet ved, at estimeringen af omkostninger ved HD 60364 **med** dokumentation foretages både i en situation, hvor der anvendes et professionelt digitalt værktøj til projektering og dokumentation, og i en situation, hvor den projekterende anvender et selvudviklet værktøj (fx i Excel, som er udbredt praksis i dag).

Når projekteringsprocessen er afsluttet, vil der være udarbejdet komplet dokumentation over installationen. Det indebærer, at der er skabt overblik over alle kabler og føringsveje i installationen. Ydermere er der fastlagt en rute for hvert kabel, når det skal monteres. Det betyder, at den udførende installatør, der skal montere føringsveje og trække kabler på pladsen, har et samlet overblik over hvert eneste kabel i installationen (eksempelvis vha. en tablet). For hvert kabel vil installatøren desuden have overblik over, hvordan kablet skal fremføres. Dermed skal der ikke udarbejdes planer for, hvorledes kablerne skal trækkes.

Tabellen nedenfor viser de samlede installationsomkostninger ved dimensionering iht. HD 60364 **med** dokumentation, herunder omkostninger til projektering, materialeforbrug og udførelse af installationen. Ydermere ses omkostninger både med og uden anvendelse af digitale værktøjer.

Tabel 3: Installationsomkostninger ved dimensionering iht. HD 60364 med dokumentation

| Samlede elinstallationsomkostninger for hele bygningen, DKK i 2018-priser | | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Omkostningstype | Type 1 "Let industri" | | Type 2 "Erhverv/Offentlig" | |
| | m. professionelt digitalt værktøj | m. egenudviklet værktøj | m. professionelt digitalt værktøj | m. egenudviklet værktøj |
| Projektering (inkl. dokumentation) | 96.000 | 190.000 | 75.000 | 119.000 |
| Materialer | 12.864.000 | 12.864.000 | 7.257.000 | 7.257.000 |
| Montering og planlægning (inkl. tillæg) | 5.967.000 | 5.979.000 | 3.324.000 | 3.331.000 |
| Samlet omkostninger [DKK] | 18.927.000 | 19.033.000 | 10.657.000 | 10.708.000 |

Kilde: Rambøll estimerer pba. priser i EL-OVERSLAGS prisbogen. Evt. summeringsfejl skyldes afrunding.

De samlede omkostninger for ved anvendelse af HD-standarden **med** dokumentation er højere end SB6, men lavere end ved anvendelse af HD-standarden **uden** dokumentation. Dette skyldes, at der bruges mere tid i projekteringsfasen end ved SB6 og HD-standarden **uden** dokumentation (bl.a. til udarbejdelse af dokumentationen). Til gengæld bruges der mindre tid ud på byggepladsen til planlægning mv., når det er HD-standarden med dokumentation frem for uden. Derfor er de samlede omkostninger til løn lavere ved HD-scenariet **med** dokumentation frem for **uden**. Endvidere opnås der en mere præcis dimensionering ved scenariet med dokumentation frem for uden, hvorfor der er lavere materialeomkostninger ved HD-scenariet med dokumentation.

Som det fremgår af tabellen, er de samlede omkostninger lavere ved anvendelse af professionelle digitale værktøjer sammenlignet med situationen, hvor den projekterende anvender et selvudviklet værktøj. Dette skyldes, at tidsforbruget på projektering og dokumentation er lavere med digitale værktøjer. Herudover er tidsforbruget på den praktiske planlægning også lavere i selve installationsfasen, idet installatøren har adgang til komplet overblik over installationen med det digitale værktøj.

Ved at anvende HD-standarden **med** dokumentation stilles der større krav til projektering og udførelse af installationen end ved SB6 med 75 %-reglen. Kabeltværnsnittene for gruppekabler er her forøget ift. projekterings-scenariet, hvor SB6 anvendes som dimensioneringsgrundlag.

I modsætning til de forrige metoder (dimensionering ved SB6 og HD-standarden **uden** dokumentation) resulterer denne projekteringsmetode i en mere præcis dimensionering af kabler og føringsveje. Desuden vil installationen være lettere at tilgå ifm. ændringer – både undervejs i udførelsen, i projekteringsfasen og ved en eventuel ændring eller udvidelse på et senere tidspunkt. Endelig er der her i modsætning til de andre scenarier fastlagt én fremføring for hvert kabel (fra tavleafgang til kablets tilslutningspunkt). Ydermere sikres det, at kabler med små tværnsnit (fx 2,5 mm²) ikke bliver sammenført med kabler, der har store tværnsnit (fx 240 mm²).

4.4.6 Sammenligning af omkostninger ved de tre projekterings-scenarier

Når omkostninger sammenholdes for de tre projekterings-scenarier, er der forskelle i projekteringsprocesserne, tidsforbrug, økonomi og udførelse af installationen.

Tabellen nedenfor viser en oversigt over installationsomkostninger i form af projektering, materialer, montage og planlægning ved de tre projekterings-scenarier.

Tabel 4: Oversigt over case-baserede installationsomkostninger for de tre projekteringsmetoder

| Samlede elinstallationsomkostninger for hele bygningen, DKK i 2018-priser | | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Samlede omkostninger [DKK] | Type 1 "Let industri" | | Type 2 "Erhverv/Offentlig" | |
| | m. professionelt digitalt værktøj | m. egenudviklet værktøj | m. professionelt digitalt værktøj | m. egenudviklet værktøj |
| SB6 med 75 %-reglen | 15.676.000 | | 9.695.000 | |
| HD 60364 uden dokumentation | 20.339.000 | | 12.018.000 | |
| HD 60364 med dokumentation | 18.927.000 | 19.033.000 | 10.657.000 | 10.708.000 |

Det ses, at projekteringsprocessen iht. HD 60364 **med** dokumentation er mest omkostningsfuld sammenlignet med SB6. Dette skyldes bl.a., at der i projekteringsfasen ved HD-standarden **med** dokumentation ikke anvendes erfaringstal eller overslag til at dimensionere kabler og føringsveje. Dermed bliver kabler og føringsveje dimensioneret mere præcist ift. de øvrige dimensioneringsprocesser (SB6 og HD 60364 **uden** dokumentation).

Materialepriserne, når HD 60364 **med** dokumentation anvendes, er højere sammenlignet med dimensioneringsgrundlag SB6 (med 75 %-reglen). Dette skyldes bl.a., at det mindste kabeltværsnit i installationen er 2,5 mm² (ift. 1,5mm² når SB6 anvendes som dimensioneringsgrundlag). Omkostningerne til føringsvejene (generelt gældende for gitterbakker) bliver lavere, når HD 60364 **med** dokumentation anvendes som dimensioneringsgrundlag. Dette skyldes, at føringsveje bliver dimensioneret mere præcist ift. det faktisk antal kabler, som kommer til at blive fremført i føringsvejene.

Monterings- og planlægningsomkostningerne er lavere ved projekteringssceneriet for HD-standarden (**med** dokumentation) sammenlignet med SB6. Dette skyldes, at føringsvejene (hovedsageligt gitterbakkerne) er præcist dimensioneret, og det har generelt medført smalle føringsveje. Selvom at tværsnittene for gruppekablerne ved dimensionering iht. HD-standarden er forøget (fra 1,5 mm² til 2,5 mm²), så har det ikke medført øgede omkostninger mht. montering af kablerne.

Dimensioneringssceneriet med HD 60463 **uden** dokumentation er mest omkostningsfuld på næsten alle parameter sammenlignet med de to andre scenerier. Dette skyldes, at der bruges længere tid end ved SB6 på at dimensionere kabler og føringsveje, og at der bruges længere tid på planlægningen og det øvrige arbejde på byggepladsen end ved HD 60463 **med** dokumentation, da der her foreligger dokumentation, som arbejdet på byggepladsen kan basere sig på. Ved dimensionering iht. HD 60364 uden dokumentation forekommer der ligeledes højere materialeomkostninger, da der anvendes overslag til dimensionering af føringsveje. Desuden anvendes der lave korrektionsfaktorer for hovedkablerne, så det sikres, at hovedkablerne overholder kravene til samlet fremføring (ks).

4.5 Sammenfatning af afdækningen af praktiske aspekter

Ved at dimensionere i henhold til SB6, som er den mest udbredte dimensioneringspraksis i elbranchen på nuværende tidspunkt, skal der ikke udarbejdes dokumentation for installationens føringsveje og kabler. Sammenlignet med dimensionering efter HD 60364 **med** dokumentation er der her tid at spare i det samlede tidsforbrug på udførelse af installationen. Én af ulemperne ved SB6 er dog, at der ikke stilles krav til korrektionsfaktorer til kablernes tværsnit ved samlet fremføring, så længe 75 %-reglen overholdes. Dette medfører, at små kabler (fx 1,5 mm²) kan blive ført sammen med meget store kabler (fx 240 mm²), hvilket kan bevirke en u hensigtsmæssig overophedning af de små kabler og dermed påvirke kablernes levetid. Dette belyses yderligere i kapitel 5.

Dimensionering efter HD 60364 **uden** dokumentation stiller større dokumentationskrav end bestemmelserne i SB6. HD-standarden kan implementeres ved, at der i projekteringsfaserne udarbejdes principper for sporinddeling af føringsvejene (HD 60364 **uden** dokumentation). Når en eksisterende elinstallation udført efter SB6 med dansk 75 %-regel, hvilket gælder for langt størstedelen af de eksisterende installationer i dag, skal udvides ved brug af HD 60364, er følgende fire muligheder defineret i standarden:

- A. Anvendelse af disponibel plads
- B. Etablering af nye føringsveje
- C. Kortlægning af den eksisterende installations føringsveje og kabler til vurdering af, hvor nye kabler kan fremføres sammen med eksisterende kabler
- D. Anvendelse af en 30 % belastningsgrad.

Hvis der ikke er disponibel plads i den eksisterende installation og HD 60364 antages at skulle implementeres fuldt ud, så skal udvidelser af eksisterende installationer foretages ved først at kortlægge alle kabler og føringsveje i installationen (mulighed C ovenfor). Dette kan være særdeles omkostningsfuldt. Hvis en kortlægning af installationen ikke er mulig, skal der alternativt etableres nye føringsveje, som ligeledes vil medføre øgede omkostninger. Endelig kan den projekterende også anvende en 30 % belastningsgrad ved udvidelser af eksisterende installationer som alternativ til den angivne korrektionsfaktor på 0,4 i Tabel C.52.3 fra Anneks C, HD 60364.

Dimensionering efter HD 60364 kan implementeres ved at udarbejde en komplet dokumentation over alle kabler og føringsveje i installationen (HD 60364 **med** dokumentation). Kabeldokumentation i form af et strækningssystem bidrager til at skabe overblik over kablernes placering samt fyldningsgraden af føringsvejene. Dette er særlig vigtigt, når der opstår ændringer i projekteringsfaser, og efterfølgende når installationen skal udvides. Dokumentation af alle føringsveje kan være omfattende og må forventes at være mere tidskrævende, særligt sammenlignet med dimensionering efter SB6, hvor der i dag kun foretages dokumentation i meget få tilfælde.

Ved anvendelse af HD-standarden til dimensionering af kabler antages det, at kablernes levetid forlænges væsentligt ift. ved anvendelse af SB6.

De samlede omkostninger for de belyste scenarier er opsummeret i tabellen nedenfor.

Tabel 5: Oversigt over installationsomkostninger ved de afdækkede scenarier

| Samlede elinstallationsomkostninger for hele bygningen, DKK i 2018-priser | | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Samlede omkostninger [DKK] | Type 1 "Let industri" | | Type 2 "Erhverv/offentlig" | |
| | m. professionelt digitalt værktøj | m. egenudviklet værktøj | m. professionelt digitalt værktøj | m. egenudviklet værktøj |
| SB6 med 75 %-reglen | 15.676.000 | | 9.695.000 | |
| HD 60364 uden dokumentation | 20.339.000 | | 12.018.000 | |
| HD 60364 med dokumentation* | 18.927.000 | 19.033.000 | 10.657.000 | 10.708.000 |

*Det er kun for scenariet "HD 60364 med dokumentation", at estimaterne differentieres mellem anvendelse af digitalt værktøj og ikke-anvendelse af digitalt værktøj, da det qua dokumentationskravet kun er for dette scenarier, at der vil være variationer.

Det ses, at dimensioneringssceneriet HD 60364 **uden** dokumentation er mest omkostningsfuldt sammenlignet med de to andre scenarier. Dette skyldes bl.a., at der i projekteringsfasen bruges lang tid på at dimensionere kabler og føringsveje. Ved dimensionering ved HD 60364 **uden** dokumentation anvendes der overslag til dimensionering af føringsveje. Desuden anvendes der lave

korrektionsfaktorer for hovedkablerne. Dette gøres for at sikre, at hovedkablerne overholder kravene til samlet fremføring (ks) jf. figur 3.

Projekteringsprocessen ved HD 60364 **med** dokumentation er mindre omkostningstung end HD-standardens **uden** dokumentation, men belagt med flere omkostninger end ved SB6. Dette skyldes bl.a., at der i projekteringsfasen ved HD-standardens **med** dokumentation ikke anvendes erfarings-tal eller overslag til at dimensionere kabler og føringsveje, og at materialepriserne er højere sammenlignet med SB6. Dette er dog med til at sikre, at kabler og føringsveje dimensioneres mere præcist sammenlignet de to andre scenarier.

Derfor er monterings- og planlægningsomkostningerne lavere for HD 60364 **med** dokumentation sammenlignet med SB6 og HD-standardens **uden** dokumentation. Dette skyldes, at føringsvejene (hovedsageligt gitterbakkerne) er præcist dimensioneret, hvorfor der kan opnås generelt smallere føringsveje. Selvom tværsnittene for gruppekablerne ved dimensionering iht. HD-standardens er forøget (fra 1,5 mm² til 2,5 mm²), medfører det ikke øgede omkostninger mht. montering af dem.

Fordele og ulemper ved de tre projekteringsmetoder er opsummeret i tabellen nedenfor. Tabellen er baseret på følgende:

- Korrektionsfaktorer og strømværdier fra HD 60364, Anneks C
- Strømværdier fra SB6
- Resultaterne fra beregningerne
- Resultaterne fra praktiske forsøg på DTU.

Tabel 6: Opsummering af fordele og ulemper fra afdækningen af praktiske aspekter ved de forskellige projekteringsmetoder

| | Fordele | Ulemper |
|------------------------------------|---|--|
| <i>SB6 med dansk 75 %-særregel</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Højere tilladelig strømværdi for kabler bundtet i flere lag (75 %-reglen). • Simpel installation uden særlig behov for dokumentation (føringsveje og kabler). • Kendte metoder og arbejdsrutiner for udførende entreprenører i Danmark. • Omkostningseffektiv projektering sammenlignet med HD-standardens. • Omkostningseffektive udvidelser af eksisterende installationer sammenlignet med HD-standardens. | <ul style="list-style-type: none"> • Manglende systematik i dimensionering af installationer, der kan medføre over-/underkapacitet i kabelføringer. • Potentielle sikkerhedsrisici, da kablerne udsættes for en højere temperatur end kablets nominelle driftstemperatur. • Højere ledertemperatur og mere effekttab i ledere. • Kortere kabellevetider. |
| <i>HD 60364 uden dokumentation</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Højere tilladelig strømværdi for kabler lagt som enkelt lag på kabelstige (primært hovedkabler) ift. SB6 med dansk 75 %-særregel. • Lavere ledertemperatur og mindre effekttab i ledere. • Længere levetid på kabler. • Internationalt dimensioneringsgrundlag. | <ul style="list-style-type: none"> • Øget tidsforbrug ved planlægning og udførelse installationen, dette afhænger dog af, i hvilken grad digitale værktøjer anvendes. • Øgede installationsomkostninger. • Vanskeligt at foretage udvidelse uden tilgængelig dokumentation. |

| | Fordele | Ulemper |
|-----------------------------------|---|---|
| <i>HD 60364 med dokumentation</i> | <ul style="list-style-type: none">• Højere tilladelig strømværdi for kabler lagt som enkelt lag på kabelstige (primært hovedkabler) ift. SB6 med dansk 75 %-særregel.• Lavere ledertemperatur og mindre effekttab i ledere.• Længere levetid på kabler.• Internationalt dimensioneringsgrundlag.• Omkostningseffektiv installation sammenlignet med HD-standarden uden dokumentation.• Resulterer i den meste gennemsigtige installation sammenlignet med både SB6 og HD-standarden uden dokumentation.• Nemt at foretage udvidelse af installationen sammenlignet med HD-standarden uden dokumentation• Omkostningseffektiv drift og vedligehold af installation sammenlignet med både SB6 og HD-standarden uden dokumentation, da det er nemmere at spore fejl og mangler.• Dokumentation af installationen medfører lavere tidsforbrug på planlægning af selve installationen sammenlignet med HD-standarden uden dokumentation. | <ul style="list-style-type: none">• Øget tidsforbrug ved projektering og dokumentation.• Øgede kabelomkostninger ved gruppekabler. |

Estimaterne for de tre scenarier, der er sammenstillet i tabellen ovenfor, danner grundlaget for de økonomiske beregninger i kapitel 7. De erhvervsøkonomiske beregninger foretages således ved at gange estimaterne med den årlige byggeaktivitet i Danmark, så der beregnes samlede nationale omkostninger. Derudover baseres anbefalingerne til fremtidig anvendelse af standarder på de fordele og ulemper ved scenarierne. De praktiske aspekter i arbejdet er således helt afgørende at holde sig for øje, når fremtidige modeller skal opstilles, så det sikres, at lovgivningen fungerer i praksis.

5. TEKNISK FAGLIGE ASPEKTER

I dette kapitel beskrives afdækningen af teknisk faglige aspekter ved anvendelse af SB6 og HD 60364-serien i form af analyse af kablevetider ved varierende belastningsprofiler og oplægningsforhold. Denne analyse foretages for at belyse, om en kontinuerlig belastning af kabler installeret efter SB6 medfører reducerede kablevetider, som kan bevirke en potentiel sikkerhedsrisiko. Endvidere anvendes resultaterne til at belyse samfundsøkonomiske forhold, såsom effekttab i kablerne og samfundsøkonomiske omkostninger til udskift af beskadigede kabler.

For at afdække de teknisk faglige aspekter i form af kablevetider ved varierende temperaturer og belastningsgrader præsenteres en teoretisk analyse af levetidsbetragtning som funktion af temperaturen på installationskabler af typen 5G1,5 mm². For bestemmelse af temperaturen kabler udsættes for ved samlet fremføring, er der i samarbejde med DTU PowerLabDK gennemført flere praktiske forsøg. De praktiske forsøg har dannet grundlag for teoretiske simuleringer i FEM-programmet, COMSOL Multiphysics (FEM-modelleringssoftware). Til sidst er en levetidsbetragtning på kablerne, baseret på forsøgene og simuleringer, udarbejdet ved forskellige oplægningsforhold og belastningsstrømme.

Når isolationsmaterialet udsættes for termisk varme sker der en kemisk ældningsproces, og nedbrydning af isolationsmaterialet forekommer. Udover termisk varme sker der også en nedbrydning af isolationsmaterialet, når det udsættes for UV-lys, ozon, elektrisk spænding, mekanisk last og kemisk påvirkning. Det vil kun være ældningsprocessen ved termisk påvirkning, der er belyst i nærværende afdækning.

5.1 Kabeldesign

Installationskablet, der er belyst i nærværende afsnit, er halogenfri 5G1,5 mm² kabel af typen SCANLET PLUS Premium – 300/500 V. Kablet kan benyttes både indendørs og udendørs, indmuret, indstøbt eller nedgravet i jord. Kablets driftstemperatur er 70 °C og angivet til nominal strøm på 18,5 A, for øvrige tekniske data se vedlagte bilag³³.

5.1.1 Installationskablets tekniske opbygning

Installationskablet består af 5G1,5 mm² kobberledere og har en samlet yderdiameter på 10 mm, hvor lederisoleringen (2) har en tykkelse på 0,5 mm. Lederne er omgivet af en yderkappe (3), som danner grundlag for det samlede kabel. Af figuren nedenfor fremgår materialerne, som kablet er opbygget af.

Figur 8: Geometrisk kabelopbygning med materialeangivelser



5.2 Teoretisk kabel model

5.2.1 Energibalance

Varme genereret i kabler overføres i form af varmeledning, konvektion og stråling. For kabler lagt direkte i jord sker varmeoverførslen ved varmeledning, hvor der ved kabler i luft også tages højde

³³ Installationskabler – HF. SCANLET PLUS Premium 300-500 V.

for konvektion og stråling. Varmeudvikling i kabler afhænger af den tilførte og afgivne energi, hvilket tilsammen udgør en energibalance. Energibalancen kan tilskrives som: varmen genereret i kablet i form af joule heating og solstråling, samt varmeoverførsel til omgivelserne, som afhænger af omgivelsestemperatur, vind og vejr samt varmestråling.

- Varme genereret i ledernes elektriske modstand, Joule heating (QJ)
- Varme genereret ved solstråling, absorption (QS)
- Varmeafgivelse til omgivelserne ved konvektion (QC)
- Varmeafgivelse til omgivelserne ved stråling (QR).

For kabler i luft, beskyttet fra solstråling, er varme genereret ved solstråling ignoreret. Energibalancen for den tilførte og afgivne energi for installationskablerne belyst i nærværende rapport kan tilskrives en dynamisk og en stationær tilstand.

Yderligere dokumentation forefindes i bilag om Dynamisk tilstand.

5.3 Belastningsstrømme

De belastningsstrømme, der er anvendt i forsøget til opvarmning af kablerne ved samlet fremføring, er valgt ud fra en opstilling med 25 kabler af typen 5G1,5mm², bundtet i 5x5 formation. Belastningsstrømmene er bestemt ud fra SB6 med dansk særregel og HD 60364 uden dansk særregel.

Ved dimensionering iht. SB6 bliver kablernes strømværdi korrigeret med 75.

$$I_{Z,0,75} = I_Z * 0,75 = 13,9 A \quad (1)$$

Ved dimensionering i forhold til HD 60364 bliver kablernes strømværdi korrigeret med 40 %, svarende til faktor 0,4.

$$I_{Z,0,04} = I_Z * 0,4 = 7,4 A \quad (2)$$

Ud over ovenstående belastningsstrømme er der også udført målinger med belastningsstrøm på 5 A og 10 A. Disse belastningsstrømme er valgt for at få belastningsstrømme, der varierer i forhold til de korrigerede strømværdier fra ligning (1) og (2).

Tabellen nedenfor angiver belastningsstrømmene, der er anvendt i de fire praktiske forsøg for at se den termiske påvirkning i et kabelbunt af 5x5 formation.

Tablet 7: Forsøgsnummer med forskellige belastningsstrømme

| Forsøg nr. | Belastningsstrøm [A] |
|------------|----------------------|
| #1 | 5 |
| #2 | 7,4 |
| #3 | 10 |
| #4 | 13,9 |

5.4 Praktiske forsøg

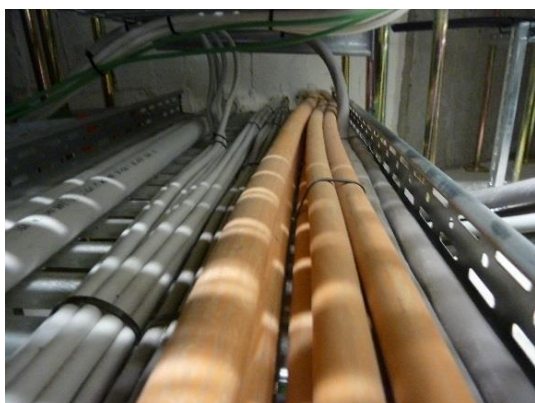
Der er udført termiske kabelforsøg på DTU PowerLabDK, hvor temperaturen i et bundt kabler, nærmere bestemt 25 kabler af typen 5G1,5 mm² (halogenfri, 70 °C), måles. Forsøget er udført på kabler med oplægningsforhold, der er så tæt på de faktiske forhold som muligt. Det antages således, at de mest anvendte metoder for oplægning af kabler i praksis er ved benyttelse af gitterbakker eller 30 % perforeret kabelbakker med oplægningsmetoder baseret på 75 %-reglen. På baggrund heraf er forsøgsopstillingen udført for at afspejle de metoder, der er anvendt i branchen. Dette for at sikre at opstillingen medfører realistiske og virkelighedsnære målinger, der vil gøre sig

gældende i faktiske installationer. Der er derfor i forsøgsopstillingen lagt vægt på at kunne sammenligne temperaturudviklingen mellem de forskellige oplægningsmetoder baseret på 75 %-reglen ved:

- Frit oplagte kabler
- Gitterbakke
- 30 % perforeret kabelbakke.

Figur 9: Hyppigst anvendte oplægningsmetoder for kabler i føringsveje





5.4.1 Forsøgsopstilling

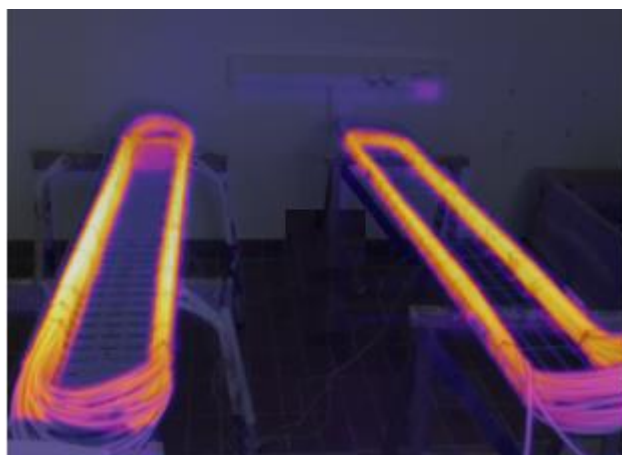
Kablet, der er benyttet i det praktiske forsøg, er et 5-leder kabel med tre ens belastede ledere for at vurdere et fremtidigt tilfælde, hvor ændrede belastningsprofiler kan medføre brug af vedvarende effektkrævende belastninger. Temperaturen er logget fra starttemperatur (omgivelsestemperatur) og til systemet har stabiliseret sig (stationær tilstand). Ligeledes er kablernes afkølingsforløbet logget. Forsøget er udført af fire omgange med fire forskellige belastningsstrømme.

Målingerne fra det praktiske forsøg benyttes til verificering af en teoretisk simuleret model, som afspejler kabelforsøget. Den teoretiske simulering gør det muligt at realisere andre oplægningsforhold, end dem der er belyst i de praktiske forsøg, for dermed at bestemme kablernes endelige temperaturer.

Nedenstående parametre er i forsøget logget med et logningsinterval på et sekund:

- Strøm [A]
- Spænding [V]
- Aktiv effekt [W]
- Tilsyneladende effekt [VA]
- Power factor
- Temperatur [°C]

Figur 10: Forsøgsopstilling ved DTU PowerLabDK. Venstre billede viser forsøgsopstillingen fotograferet med et termograferingskamera



Placeringen af temperaturfølerne er henholdsvis på yderkappen og på inderlederen (kobberlederen) af kablernes. Temperaturfølerne er placeret på kablet, der er placeret i midten af kabelbundet, hvor den største temperaturpåvirkning forefindes. Temperaturen måles på kablernes, der er

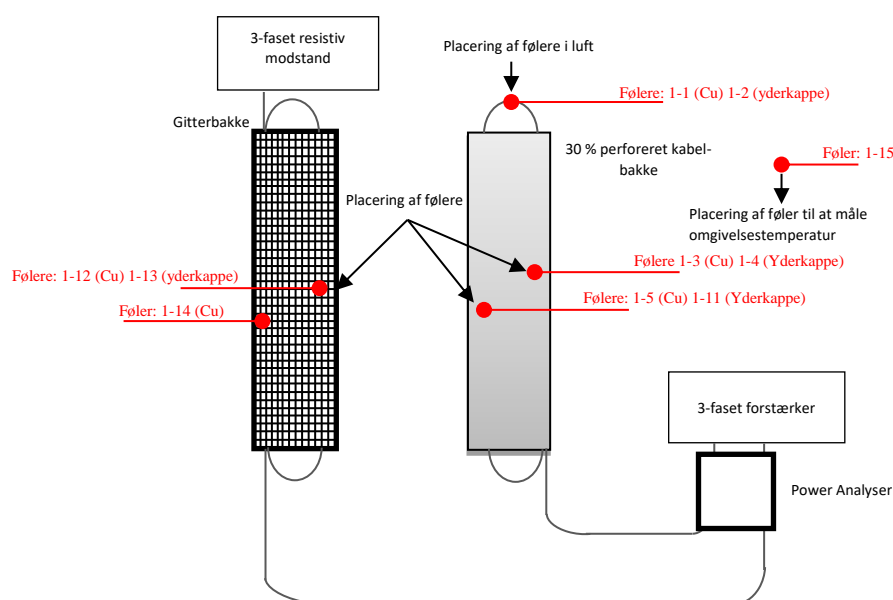
oplagt frit, gitter- og 30 % perforeret kabelbakke. For måling af omgivelsestemperaturen blev der placeret én temperaturføler i rummet ca. en meter fra opstillingen.

I forsøgsopstillingen er kablerne samtidigt symmetrisk og kontinuerligt belastet af den samme strøm. For at garantere at kablerne blev belastet af den samme strøm, var det det samme kabel, der gennemløb hele forsøgsopstillingen.

Strømforsyningen, der blev anvendt til forsøget, er en trefaset forstærker. Strømniveauet blev reguleret manuelt på forstærkeren til den ønskede belastningsstrøm var opnået.

For enden af kablerne blev der placeret en trefaset ren resistiv belastning for nemmere at regulere belastningsstrømmen. Dvs. at bidraget fra harmoniske strømme ikke er medtaget i forsøget.

Figur 11: Oversigt over testopstilling med placering af termiske følere, belastning, Power Analyser og forstærker

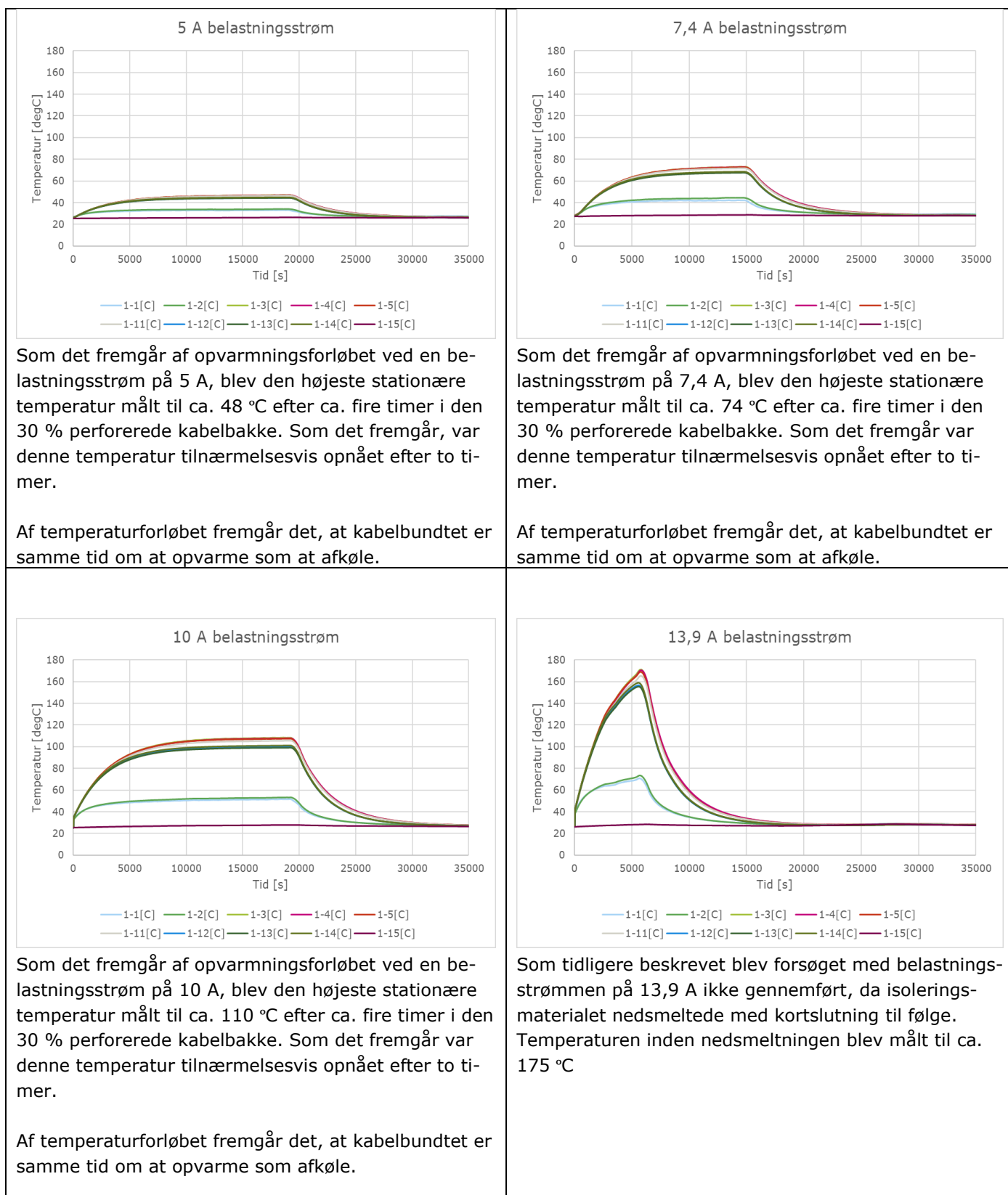


5.4.2 Resultater

Nedenstående grafer viser opvarmningsforløbet for kablerne ved de forskellige følere. Ud fra graferne kan temperaturen ved de forskellige belastningsstrømme aflæses. Den stationære temperatur var for de tre første forsøg (5 A, 7,4 A og 10 A) opnået efter ca. fire timer. Alle forsøg på nær forsøget med belastningsstrømmen på 13,9 A blev gennemført. Gældende for alle forsøgene blev den højeste temperatur målt på kobberlederen og i den 30 % perforeret kabelbakke, føler 1-3.

Forsøget med belastningsstrømmen på 13,9 A blev ikke gennemført, da der forekom kortslutning og blotlagte ledere, grundet at isoleringsmaterialer begyndte at smelte. Inden kortslutningen forekom, havde forsøget varet i ca. halvanden time. På baggrund af kortslutningen i kablet og grundet det smeltede isoleringsmateriale var det derfor ikke muligt at gennemføre yderligere forsøg. DTU og Rambøll vurderede, at det ikke vil være forsvarligt at udføre yderligere forsøg med belastningsstrømme højere end 13,9 A.

Figur 12: Varmeudvikling ved forskellig belastningsstrøm



Gældende for alle forsøgene steg temperaturen hurtigt i starten, hvorefter temperaturstigningen aftog over tid (potensfunktion).

Af nedenstående tabel fremgår den højeste målte temperatur ved de forskellige belastningsstrømme.

Tabel 8: Viser højeste målte stationære temperaturer ved de forskellige oplægningsmetoder samt belastningsstrømme

| Oplægningsmetode | Temperatur [°C] | | | |
|--|-----------------|-------|------|--------|
| | 5 A | 7,4 A | 10 A | 13,9 A |
| Frit oplagte kabler | 35 | 47 | 53 | >70 |
| Kabelbundet i gitterbakke | 45 | 68 | 99 | >150 |
| Kabelbundet i 30 % perforeret kabelbakke | 48 | 74 | 110 | >175 |

5.5 COMSOL-simuleringer

COMSOL-simuleringerne danner grundlag for bestemmelse af den stationære temperatur ud fra belastningsstrømmene samt de forskellige oplægningsmetoder. I dette afsnit præsenteres temperaturer for kabler med forskellige belastningsstrømme samt belastningsstrømme. COMSOL-simuleringerne er udført ud fra de praktiske forsøg, som er beskrevet tidligere.

5.5.1 Antagelser og forudsætninger for COMSOL-simuleringer

- Symmetriske belastningsstrømme
- Kablerne beskyttet for solstråling, solstråling ignoreret
- Netfrekvensen er simuleret ved 50 Hz
- Den elektriske modstand R [ohm/m] og resistivitet [ohm*m] sammenholdes med IEC-standard 60287-1-1 værdier
- Kablerne er seriebundet for at sikre en ligelig belastningsstrøm i alle strømførende ledere, tre faser.

5.5.2 Resultater

Den termiske model viser kablernes temperaturer for de valgte oplægningsmetoder ved ovenstående forudsætninger. Resultaterne er visualiseret som 2D-snit med belastningsstrøm nævnt i titlen og temperaturen angivet med farveskalaakse og konturplot. Den højeste og laveste temperatur er ligeledes vist over og under skalaaksen. I tabellen nedenfor er temperaturer og belastningsstrømme for hver oplægningsmetode opsummeret.

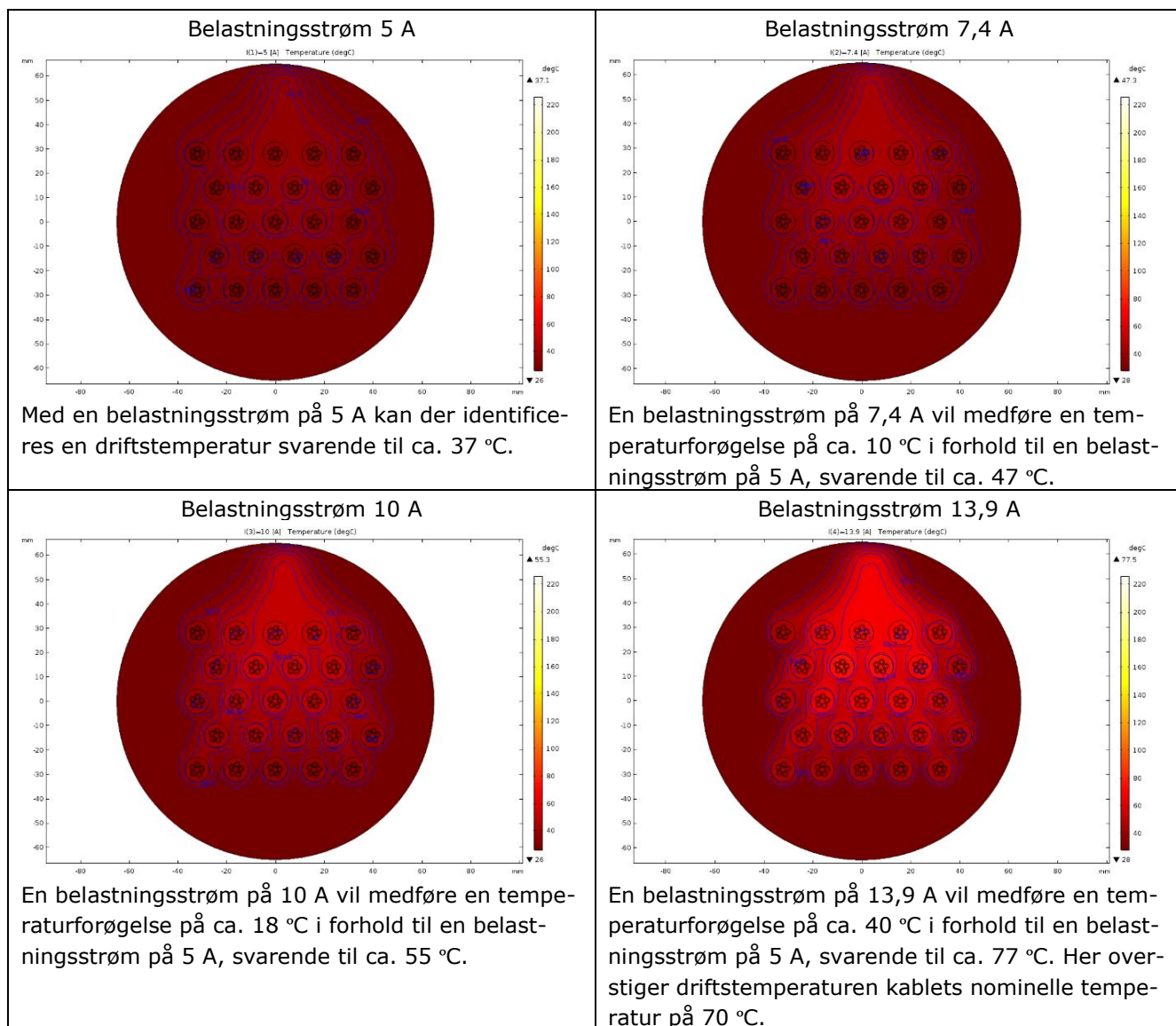
Som det fremgår af de afrundede resultater i tabellen nedenfor, opnår 6 ud af de 12 simuleringer ved forskellige oplægningsmetoder og belastningsstrømme en højere temperatur end 70 °C. Simuleringer, som er over kablets nominelle temperatur, er markeret med gult.

Tabel 9: Opsummeret temperatur, belastningsstrøm for hver oplægningsmetode. Cellerne markeret med gul angiver temperatur og belastningsstrøm, hvor kablernes nominelle temperatur på 70 °C overskrides

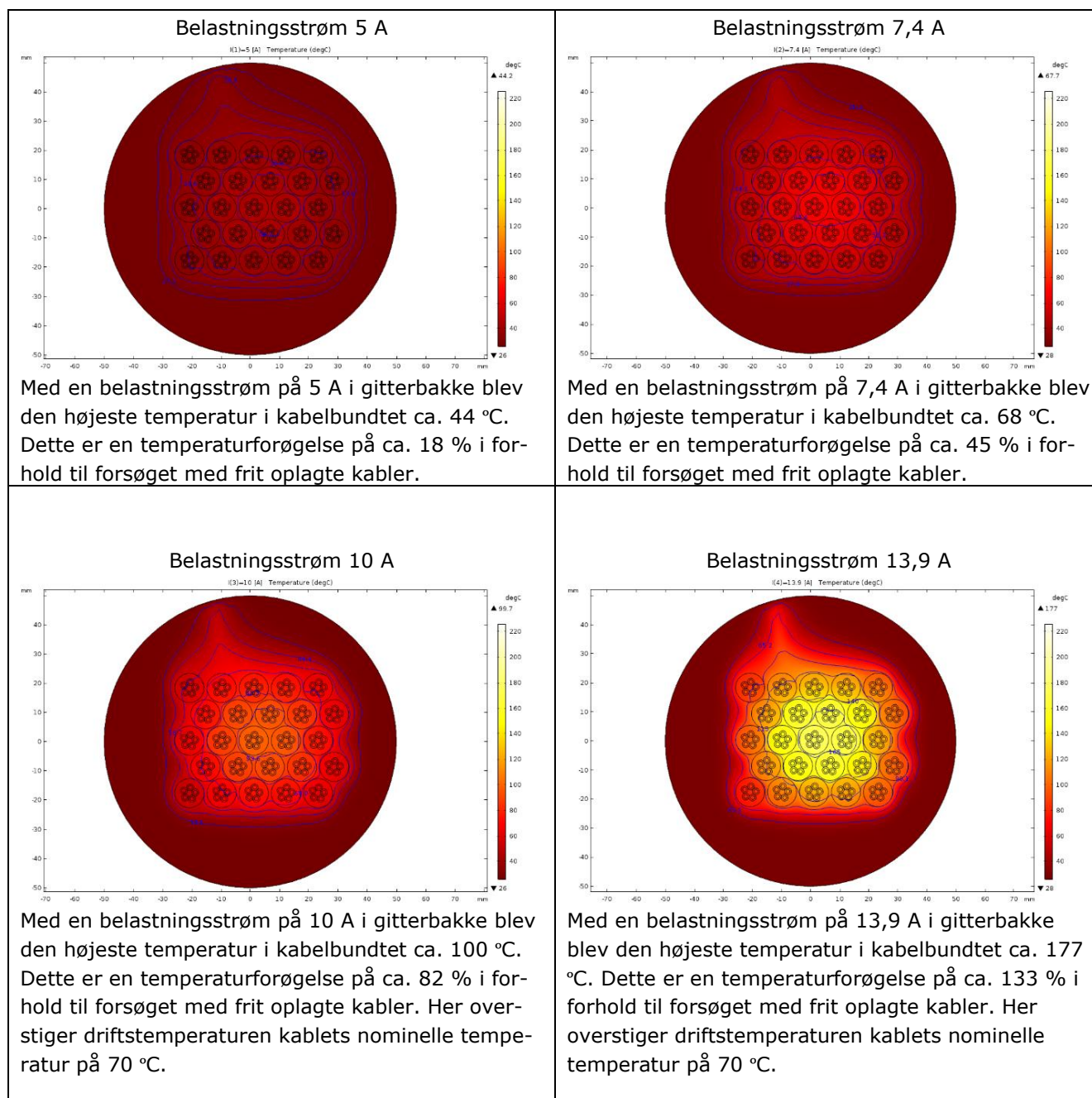
| Temperatur [°C] | Belastningsstrøm [A] | Oplægningsmetode |
|-----------------|----------------------|----------------------------|
| 37 | 5 | Frit oplagte |
| 47 | 7 | Frit oplagte |
| 53 | 10 | Frit oplagte |
| 78 | 14 | Fri luft |
| 42 | 5 | Gitterbakke |
| 68 | 7 | Gitterbakke |
| 100 | 10 | Gitterbakke |
| 177 | 14 | Gitterbakke |
| 49 | 5 | 30 % perforeret kabelbakke |
| 79 | 7 | 30 % perforeret kabelbakke |
| 121 | 10 | 30 % perforeret kabelbakke |
| 226 | 14 | 30 % perforeret kabelbakke |

De visualiserede oplægningsmetoder er præsenteret nedenfor. Her fremgår det, at varmeudviklingen er størst ved kabelbundet, der er oplagt i 30 % perforeret kabelbakke. Af nedenstående 2D-snit bliver temperaturen mellem oplægningsmetoden "frit oplagte" sammenholdt med henholdsvis "30 % perforeret kabelbakke" og "gitterbakke", hvor omgivelsestemperaturen er medtaget.

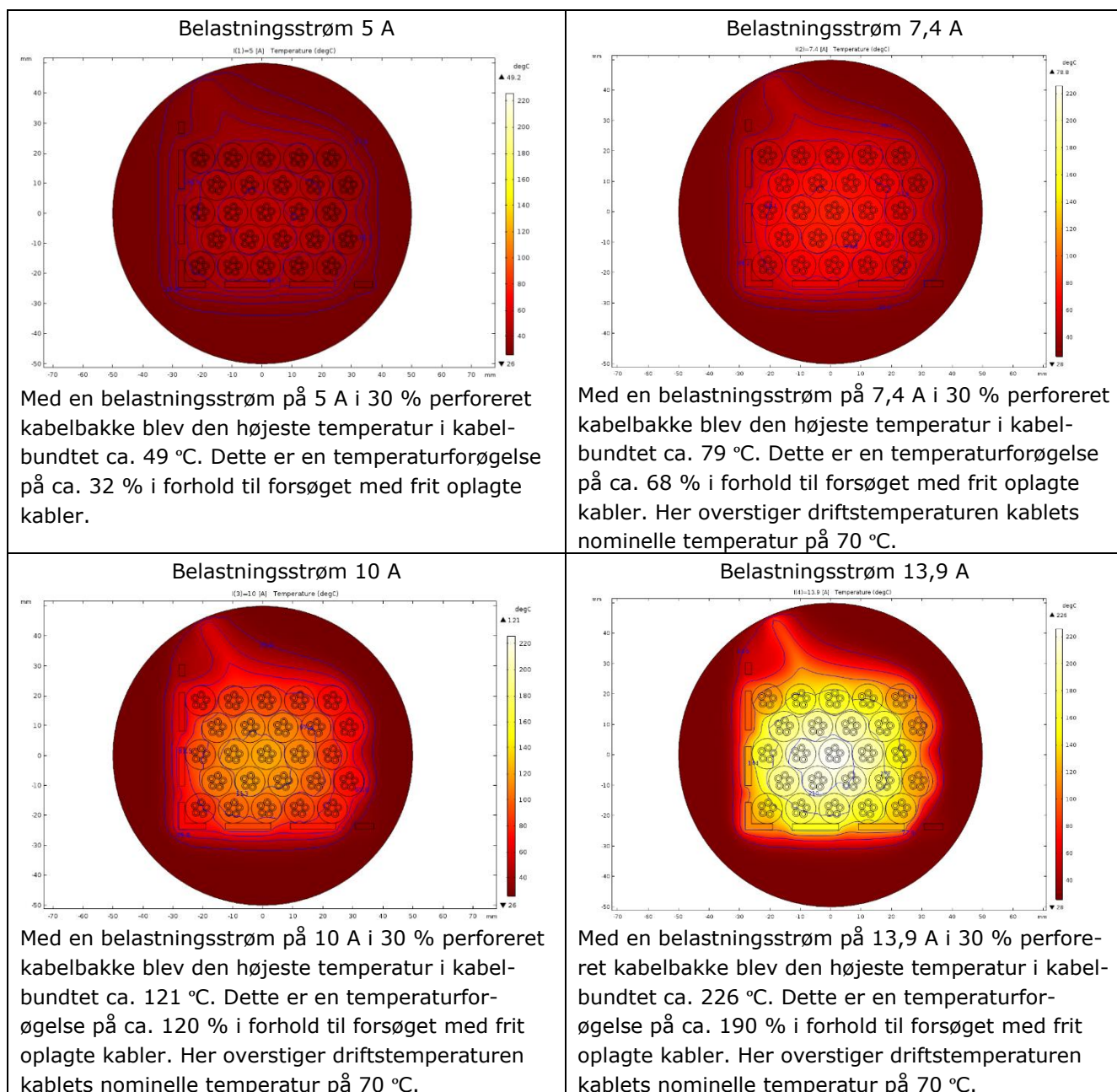
Figur 13: Frit oplagte kabler



Figur 14: Kabelbundet i gitterbakke



Figur 15: Kabelbunt i 30 % perforeret kabelbakke



Igen fremgår det, at der ved en betydelig andel af forsøgene opnås en temperatur, der er væsentligt højere end 70 °C. Dette peger i retningen af, at levetiden bliver betydeligt forringet ved en række SB6-scenarier, ligesom det indikerer en sikkerhedsrisiko, hvor overophedning medfører fejl på kablet.

5.6 Sammenligning af resultater

Resultaterne fra det praktiske forsøg og simulerede værdier fra FEM-modellen er sammenholdt, og afvigelsen i procent mellem disse er vist i nedenstående tabeller. Da det ikke har været muligt at gennemføre målinger fra det praktiske forsøg ved belastningsstrøm på 13,9 A, er en sammenligning heraf ikke angivet. Afvigelsen i procent mellem de målte og simulerede værdier er for alle værdier mindre end 10 %. Hermed kan det anskuelliggøres, at de teoretiske beregninger er retvisende og harmonerer med de målte temperaturer ved de praktiske forsøg.

Tabel 10: Sammenligning mellem FEM og praktiske forsøg for frit oplagte kabler

| Belastningsstrøm [A] | Temperatur [°C] (Målt) | Temperatur [°C] (FEM) | Afvigelse i procent |
|----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| 5 | 35 | 37 | 6 |
| 7,4 | 47 | 47 | 0 |
| 10 | 53 | 55 | 4 |
| 13,9 | | | |

Tabel 11: Sammenligning mellem FEM og praktiske forsøg for gitterbakke

| Belastningsstrøm [A] | Temperatur [°C] (Målt) | Temperatur [°C] (FEM) | Afvigelse i procent |
|----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| 5 | 45 | 44 | -2 |
| 7,4 | 68 | 68 | 0 |
| 10 | 100 | 100 | 0 |
| 13,9 | | | |

Tabel 12: Sammenligning mellem FEM og praktiske forsøg for kabelbundet 30 % perforeret kabelbakke

| Belastningsstrøm [A] | Temperatur [°C] (Målt) | Temperatur [°C] (FEM) | Afvigelse i procent |
|----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| 5 | 48 | 49 | 2 |
| 7,4 | 74 | 79 | 6 |
| 10 | 110 | 121 | 10 |
| 13,9 | | | |

Ud fra COMSOL-simuleringerne har det været muligt at bestemme belastningsstrømmen, som vil give anledning til at opnå kablets nominelle temperatur ved de forskellige oplægningsmetoder. Ydermere er korrektionsfaktorerne beregnet for hvert af systemerne ved 70 °C.

Tabel 13: Ampacity (strømkapacitet)/korrektionsfaktorer for 1,5 mm² kablerne ved nominel temperatur, 70 °C, i tre forskellige oplægningsforhold ved omgivelsestemperatur på 28 °C

| Oplægningsmetode | 30 % perforeret kabelbakke | Gitterbakke | Frit oplagte kabler |
|----------------------|----------------------------|-------------|---------------------|
| Strøm @ 70 °C [A] | 6,7 | 7,6 | 12,5 |
| KS @ 70 °C [ref E/F] | 0,36 | 0,41 | 0,68 |

5.7 Kabellevetidsbetragtning

En af kablernes store ældningsfaktorer er den varmepåvirkning, kablet udsættes for. Varmen kan forårsage nedbrydning af kablets isoleringsmateriale (dielektricitetsmateriale). Bestemmelse af ældningshastigheden udføres efter IEC 60216 serie, som gør brug af Arrhenius' ligning for at estimere levetiden som funktion af temperaturen, som kablet udsættes for.

Det har ikke været muligt at få kabelspecifikke oplysninger af kabelproducenterne. Derfor har det ikke været muligt at komme frem til en levetid som funktion af temperaturen. Som vurderingsgrundlag for estimering af levetiden som funktion af temperaturen er Arrhenius' ligning udledt for en teoretisk levetidsbetragtning. Ved ikke at benytte kabelproducentens oplysninger for bestemmelse af kabellevetiden er det muligt at give et teoretisk estimat, som er generelt for 70 °C halogenfrie kabler og ikke 'kun' for det anvendte kabel, som er benyttet til forsøget.

5.7.1 Udledning af Arrhenius' ligning på grundlag af Montsingers levetidsbetragtning

Der vil i følgende afsnit blive udledt en ligning, Arrhenius' ligningen, for at estimere en teoretisk kabellevetid for installationskablet.

Den generelle Arrhenius-ligning er udtrykt som ligningen (3):

$$K = Ae^{\frac{E_A}{RT}} \quad (3)$$

hvor;

A: er en konstant der er karakteristisk for den pågældende reaktion

R; gaskonstanten

E_A ; reaktionens aktiveringsenergi

K; hastighedskonstant

T; absolutte temperatur.

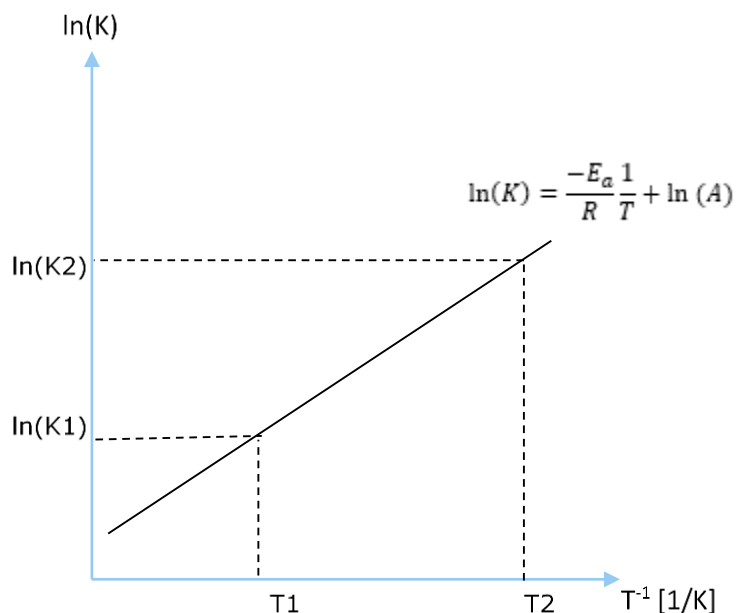
Ligning (4) er Arrhenius' ligning, der er omskrevet som en logaritmisk funktion. Ligningen danner en ret linje.

$$\ln(K) = \frac{-E_A}{R} \frac{1}{T} + \ln(A) \quad (4)$$

Da R, A og E_A kan betragtes som værende uafhængige af temperaturen, vil der være en lineær afhængighed mellem logaritmen til K og $1/T$. Ud fra den omskrevne ligning kan konstanterne for Arrhenius' ligning udledes ved det at kende to punkter på Arrhenius-plottet (temperaturen og dertilhørende levetid). Det første punkt er kendt ud fra oplysninger fra kabelfabrikanten, da kablet ved en nominel temperatur på 70 °C vil opnå en teoretisk levetid på 30 år. Det skal nævnes, at levetidsbetragtningen for kablet er baseret på normalt miljø og uden større mekanisk byrde i kablets levetid, idet de mekaniske og miljømæssige byrder kan reducere kablets teoretiske levetid yderligere.

Det andet punkt er fundet ud fra at vide, at ældningshastigheden øges med en faktor 2, når temperaturen øges med 10 °C, dvs. at levetiden halveres med en temperaturstigning på 10 °C (Montsingers levetidsregel)³⁴.

Figur 16: Afbildning af Arrhenius' ligning i et logaritmisk plot



³⁴ Fastlæggelse af levetider for plastlinere til sæsonvarmelagre (Energistyrelsens Udviklingsprogram for vedvarende energi, j.nr 551181/97-0074.

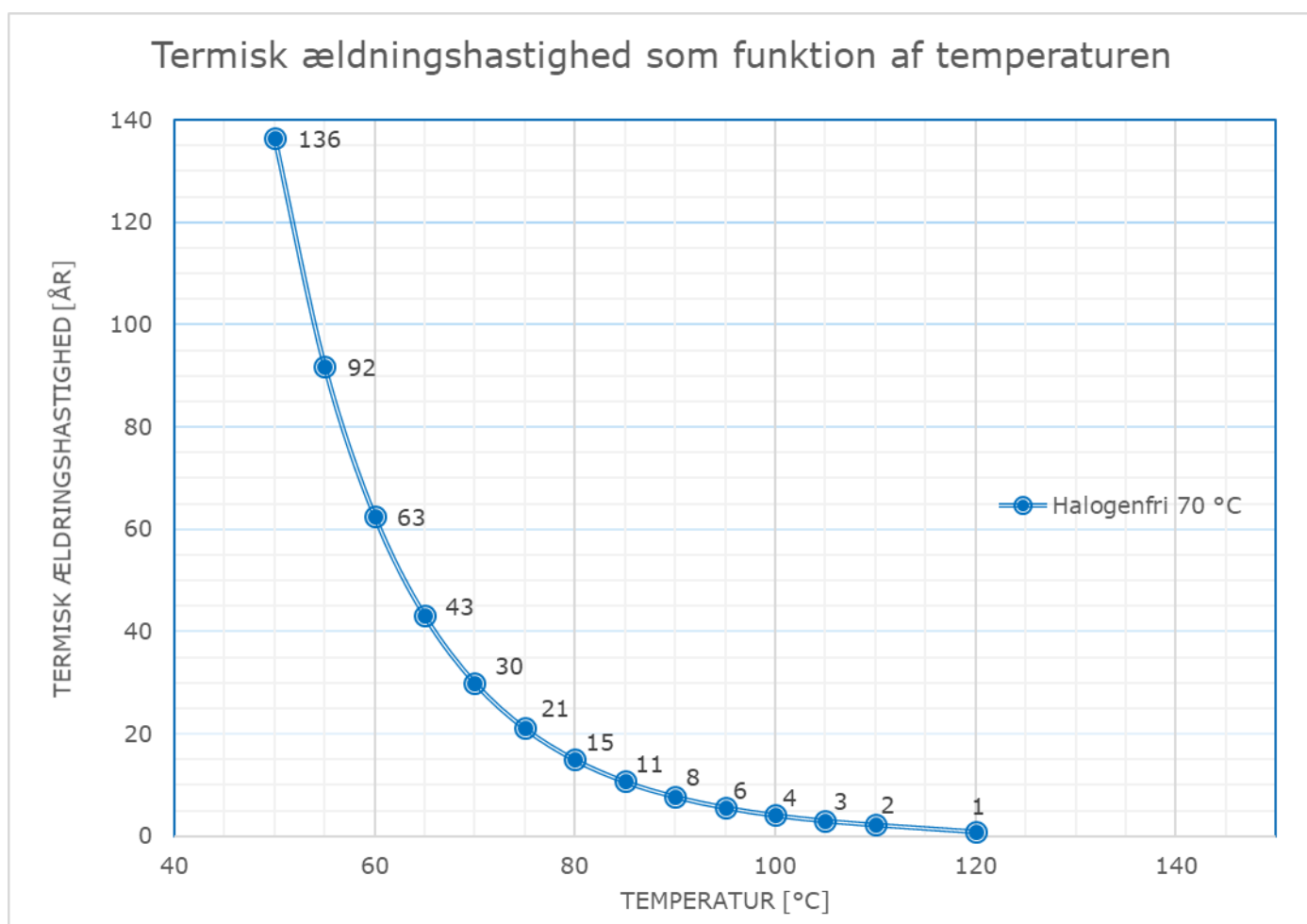
Elektroteknisk materiallære af N. Balslev, udgivesår 1965.

I ovenstående figur er Arrhenius' ligning afbilledet for et halogenfrit 70 °C installationskabel. Funktionen viser, at den teoretiske levetid for et halogenfrit kabel ved 70 °C har en levetid på 30 år, hvorefter levetiden aftager eksponentielt ved øget temperatur.

5.7.2 Estimering af levetiden ud fra den udledte Arrhenius' ligning

I figuren nedenfor er Arrhenius' ligning afbilledet for et halogenfrit 70 °C installationskabel.

Figur 17: Afbildning af den termiske ældningshastighed som funktion af temperaturen for halogenfri 70 °C kabel



Af figuren kan det ses, at kablets teoretiske levetid halveres ved en temperaturstigning på 10 °C i forhold til nominal temperatur, 70 °C, fra 30 år til 15 år.

Det skal bemærkes, at ovenstående figur viser den teoretiske levetid for kabler, hvis de bliver belastet med temperaturen kontinuerligt. I fremtiden må det forventes, at der kommer højere konstante belastninger, end der forekommer i dag, så figuren vil i fremtiden være mere retvisende, end den er i dag, da belastningsprofilen ændres.

Tabel 14: Værdier for Figur 17

| Temperatur [°C] | Termisk ældningshastighed (halogenfri) [År] |
|-----------------|---|
| 50 | 136 |
| 55 | 92 |
| 60 | 63 |
| 65 | 43 |
| 70 | 30 |

| Temperatur [°C] | Termisk ældningshastighed (halogenfri) [År] |
|-----------------|---|
| 75 | 21 |
| 80 | 15 |
| 85 | 11 |
| 90 | 8 |
| 95 | 6 |
| 10 | 4 |
| 105 | 3 |
| 110 | 2 |
| 120 | 1 |

5.7.3 Kabellevetidsbetragtninger ved anvendelse af 75 %-reglen

Der vil i det følgende blive redegjort for kabellevetidsbetragtninger ved fortsat anvendelse af 75 %-reglen. Det praktiske forsøg sammen med den teoretiske modellering vil ligge til grund for vurderingen af kabellevetidsbetragtningen. Som det fremgår af det praktiske forsøg og den teoretiske modellering kan den stationære temperatur som funktion af belastningsstrømmen afspejle levetidsbetragtninger for kabler.

Ved anvendelse af HD 60364 og brug af 75 %-reglen til Annex C fremgår det tydeligt af forsøgene, at der ikke er nogen af de anvendte oplægningsmetoder, hvor kablets nominelle temperaturgrænse på 70 °C ved en belastningsstrøm på 13,9 A overholdes. Det kan derfor antages, at kabellevetiden bliver forringet ud fra de teoretiske betragtninger.

Som det fremgik af det praktiske forsøg, blev kablerne udsat for en væsentlig højere temperatur, end kablets nominelle driftstemperatur med nedsmeltning af isoleringsmaterialet og kortslutning til følge. Når isolationsmaterialet udsættes for termisk varme, blødgøres dette, hvorved der påbegyndes en ældningsproces og en degradering af isolationsmaterialet. Kontinuerlig opvarmning og nedkøling af kabler over tid vil bevirke, at isoleringsmaterialet bliver svagt og skørt. Det bevirker, at det efter endt teoretisk levetid må antages, at mekaniske påvirkninger, herunder vrid, bøjning, last påvirkning samt friktion, kan beskadige kablerne i sådan en grad, at dets funktionalitet ikke længere er tilstede.

Som det fremgår af de udførte forsøg og teoretiske modelleringer, er der vurderet varierende kabellevetider på mellem 0 til 20 år afhængig af oplægningsmetoden. Det kan for eksempel betragtes ved anvendelse af 75 %-reglen med kabler i bundter, som er 75 % belastet, at temperaturer bliver så høje, at der forekommer nedsmeltning og kortslutning, samt at levetidsbetragtningen som følge heraf er 0 år, da kablerne er ubrugelige/defekte.

Den vurderede kabellevetid på ca. 20 år er baseret på frit oplagte kabler, som er belastet med 75 % og med en stationær temperatur på 78 °C, svarende til en teoretisk levetid på 20 år. Det skal bemærkes, at kablets nominelle driftstemperatur ikke overholdes.

5.7.4 Kabellevetidsbetragtninger uden brug af 75 %-reglen

Der vil i følgende afsnit blive redegjort for kabellevetidsbetragtninger ved udeladelse af 75 %-reglen. Det praktiske forsøg sammen med den teoretiske modellering vil ligge til grund for vurderingen af kabellevetidsbetragtningen ved anvendelse af HD 60364 uden brug af 75 %-reglen. Som det fremgår af det praktiske forsøg og den teoretiske modellering, kan den stationære temperatur som funktion af belastningsstrømmen afspejle levetidsbetragtning for kabler.

Ved anvendelse af HD-standarden fremgår det af forsøgene, at det kun var omlægningsmetoden i 30 % perforeret kabelbakke, hvor kablets nominelle driftstemperatur på 70 °C ved en belastningsstrøm på 7,4 A ikke kunne overholdes. På baggrund af dette kan det vurderes, at kabellevetiderne

er væsentligt forbedrede i sammenligningen med anvendelse af 75 %-reglen, idet der er anvendt en 40 % belastning af kablerne (som anført i HD 60364, Annex C).

Som det fremgår af de udførte forsøg og teoretiske modelleringer er der vurderet varierende kabellevetider på mellem ca. 15 til +30 år afhængig af oplægningsmetoden. Vurdering af levetid for kabler antages generelt for at være +30 år, idet kablers nominelle driftstemperatur overholdes med de i forsøget anvendte oplægningsmetoder. Dette er dog ikke gældende for en 30 % perforeret kabelbakke, hvor den teoretiske kabellevetid antages at være ca. 15 år.

5.8 Analyse af kabellevetid efter nye energikrav til bygninger

I takt med at der tænkes mere i alternative energikilder og anvendes flere elektriske apparater, er der sket et øget behov for at transportere energien i kabelnettet, hvilket giver anledning til et øget effekttab. Den øgede opmærksomhed på at få en forbedret klimaskærm i bygninger har gjort bygningerne varmere og med en lavere luftcirkulation, som kan hindre varmen i at blive ledt væk fra kablerne. Dette vil på sigt give anledning til varmere kabler grundet det øgede effekttab i kablerne, og at det bliver sværere at få ledt den genererede varme væk fra kablerne.

5.9 Hvad kan vi udlede af kabellevetidsbetragtningerne?

De praktiske forsøg og teoretiske beregninger viser, at der må forventes betydelig reduceret kabellevetid ved installationer, der er foretaget efter 75 %-reglen, og hvor kablerne udsættes for en konstant belastning. Dette gør sig særligt gældende, hvis installationen er foretaget i 30 % perforerede kabelbakker.

Der kan derfor være en potentiel samfundsøkonomisk gevinst ved at afskaffe 75 %-reglen, da det vil medføre længere kabellevetider med færre kabeludskift og -reparationer til følge. Endvidere kan der være en samfundsøkonomisk gevinst i reduceret energitab i kabelinstallationer, da kobberet i kabler får en ringere ledningsevne ved temperaturstigninger. Derfor vil lavere kabeltemperaturer medfører et lavere energitab. Disse potentielle gevinster medtages i de samfundsøkonomiske betragtninger.

Endelig må det konstateres, at de praktiske forsøg indikerer en betydelig risiko for temperaturudvikling i kablerne, der kan medføre fejl og nedbrud. Det var således ikke muligt at gennemføre forsøg med belastningsstrøm på 13,9 A og opefter, da det medførte afsmeltning af kablets isoleringsmateriale. Det skal understreges, at der ikke kan konkluderes entydigt herpå på baggrund af denne afdækning, men indikationerne på en sikkerhedsrisiko er til stede.

6. ANVENDELSE AF DEN EUROPÆISKE STANDARD I ØVRIGE EUROPÆISKE LANDE

Den samlede udredning af konsekvenserne ved afskaffelse af 75 %-reglen baserer sig primært på en afdækning af den danske situation ved den teknisk faglige vurdering, kabellevetidsforsøg og erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger. Dette suppleres af en overordnet og eksplorativ drevet casebeskrivelse af situationen og overgangsprocessen i sammenlignelige lande for at kvalificere udredningen af den danske situation. Det understreges, at casebeskrivelserne ikke er dybdegående og detaljerede beskrivelser af arbejdsgange, installationsprocesser og implementeringstiltag i de undersøgte lande. Casebeskrivelserne anvendes således til at understøtte de øvrige elementer i afdækningen, men er ikke selvstændige analyser.

Der er foretaget casebeskrivelser for anvendelse af den europæiske standard i Norge og Sverige. Norge og Sverige er udvalgt som interessante cases af en række årsager. Overordnet er de sammenlignelige med Danmark på gængse socioøkonomiske parametre såsom bruttonationalprodukt pr. indbygger, uddannelsesniveau og beskæftigelsesandel. Dette er en af årsagerne til, at Norge og Sverige – og øvrige skandinaviske lande – er lande, der normalt orienteres efter, når erhvervs- og samfundsøkonomiske forhold skal afdækkes. Andre lande som Tyskland kunne også have været undersøgt, men det vurderes, at Norge og Sverige kan bidrage med særligt relevant viden. I denne sammenhæng er det afgørende, at uddannelsesniveauet er nogenlunde sammenligneligt, da dette influerer på el-installatørernes forventede kompetenceniveau. Her er Sverige, Norge og Danmark i høj grad sammenlignelig, da alle lande har et højt uddannelsesniveau og er kendetegnet ved en stor del af befolkningen, der har videregående uddannelser³⁵. På sådanne parametre er eksempelvis Tyskland ikke velegnet at sammenligne med, da de har et betydeligt lavere uddannelsesniveau på de fleste uddannelsesmål.

Endvidere er Norge og Sverige karakteriseret ved en ensartet byggevirkomhed og anlægssammensætning i forhold til Danmark, hvorfor installationsgrundlaget vurderes at være sammenligneligt. Og ved at installationsbranchen er karakteriseret ved at være sammensat af primært små og mellemstore virksomheder med enkelte større aktører. Dette giver sig udslag i en ensartet konkurrencesituation i de tre lande, hvor antallet af påbegyndte boliger pr. 1.000 indbyggere fra 2000-2015 følger samme udvikling i 2015 og ligger på et nogenlunde sammenligneligt niveau³⁶. Endelig er de tre lande alle karakteriseret ved et velfungerende arbejdsmarked med fokus på et sikkert arbejdsmiljø, ligesom sikkerhed generelt er en prioriteret og væsentlig dagsorden i landene³⁷. Derfor må det forventes, at der stilles de samme politiske og holdningsmæssige krav til sikkerhedsniveauet for installationer på tværs af landene.

Ved udarbejdelsen af casebeskrivelserne er det dog fremkommet, at der også er betydelige forskelle i situationen vedrørende kabelinstallationer i de tre lande. I Norge og Sverige har overgangen til internationale standarder medført en simplificering af regelsættet, hvor det i Danmark i udgangspunktet vil medføre øget kompleksitet i projekteringer, da SB6 medfører simpel installation uden særligt behov for dokumentation af føringsveje og kabler. Her adskiller situationen i Danmark sig således markant fra situationen i Norge og Sverige, da en afskaffelse af 75 %-reglen vil medføre øgede krav til projekterings- og installationsarbejdet.

³⁵ Eksempelvis har henholdsvis 46 pct., 49 pct. og 47 pct. af befolkningen, der er 25-34 år, i Danmark, Norge og Sverige en videregående uddannelse. Tallet for Tyskland er 30 pct. Kilde: OECD (2016), *OECD Data: Population with tertiary education*

³⁶ I Danmark, Sverige og Norge var der eksempelvis henholdsvis 465, 479 og 475 boliger pr. 1.000 indbyggere, hvilket i høj grad er sammenligneligt. Se Sveriges Byggindustrier (2016), *Konjunkturrapport från Sveriges byggindustrier*, Byggkonjunkturen nr. 4, 14. december 2014

³⁷ For både Danmark (33 dødsfald), Norge (25 dødsfald) og Sverige (47 dødsfald) var der i 2016 et relativt lavt antal årlige arbejdsskader med dødeligt udfald, ligesom niveauet af generelle arbejdsskader er på et sammenligneligt lavt niveau.

Endvidere er der i Norge og Sverige sket en glidende tilpasning til europæiske standarder. Disse forhold kan udfordre sammenligneligheden, særligt i relation til overvejelser om kompetencer og virksomhedernes mulighed for hurtig tilpasning til et nyt regelsæt. Alligevel vurderes det, at casebeskrivelserne for Norge og Sverige kan bidrage med validerende og handlingsorienteret viden, der har relevans for den danske situation.

Casebeskrivelserne er gennemført ved interviews og desk research. Udvælgelsen af personer til interviews er foretaget ved at kontakte personer med en indgående forståelse af national dimensionering af strømkabler i de respektive lande og aktører, som er blevet påvirket af ensretningen af nationale regler for dimensionering ift. EU's standarder. Derudover er Rambølls lokale ingeniører med kendskab til elinstallationer i Norge og Sverige blevet inddraget i udarbejdelsen af casebeskrivelserne.

Overordnet peger casebeskrivelserne for Norge og Sverige på følgende:

| | Sverige | Norge |
|--|--|--|
| Gældende standarder og retningslinjer | <p>Sverige har så vidt muligt ensrettet regelsættet med den europæiske standard.</p> <p>Der er ved Svensk Elstandard udarbejdet en håndbog, der revideres regelmæssigt og sikrer overholdelse af bestemmelserne i den europæiske standard. I håndbogen er der opstillet tabeller for at forenkle processen med elektriske installationer.</p> <p>I få tilfælde har der ikke været europæisk konsensus, hvor Sverige har et ønske om højere sikkerhed. I disse tilfælde har Sverige egne nationale forskrifter.</p> | <p>Norge har så vidt muligt ensrettet regelsættet med den europæiske standard.</p> <p>”Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (FEL)”, udgivet af Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (DSB) henviser til standarden NEK 400 for lavspændingsinstallationer som en forudaccepteret løsning. NEK 400 er en norsk standard baseret på IEC 60364.</p> <p>Norge samarbejder med CENELEC om udarbejdelsen af de internationale normer og følger i udgangspunktet europæiske standarder. I enkelte tilfælde har de norske myndigheder vurderet, at de internationale standarder ikke sikre et tilstrækkeligt højt sikkerhedsniveau. Her har nationale tilføjelser stillet strengere krav end HD-standard.</p> |
| Overgang til EU-standard | <ul style="list-style-type: none"> • Sveriges overgang til europæisk standard bestod hovedsageligt i regelforenklinger • Tæt dialog mellem myndigheder og branchen. | <ul style="list-style-type: none"> • Løbende overgang til internationale standarder i perioden 1988-1991 • Fagforeninger og arbejdsgiverorganisationer blev orienteret om indholdet gennem deltagelse i referencegrupper • Man oplevede komplikationer såsom afsvedne installationer. Derfor indførte Direktoratet for Sikkerhet og Beredskap (DSB) i 1998 norske særregler, der stillede strengere krav end HD-standard. |
| Fordele ved overgangen | <ul style="list-style-type: none"> • Sikkerhed opretholdes • Mere præcise dimensioneringer • Skærper forudsætninger for at anvende ny teknologi • Produkter fungerer på tværs af landegrænser • Produkter kan anvendes på tværs af landegrænser uden sikkerhedsrisiko • Arbejdskraftens fri bevægelighed • International konkurrencedygtighed for svenske virksomheder | <ul style="list-style-type: none"> • Europæisk HD-standard understøtter dokumentation og national tilpasning til nye regler og teknologier • Forhindrer fejl, brande og dødsfald – og at ansvaret for sikre installationer ikke pålægges forbrugeren • Ensretningen med de europæiske normer fremmer faglige diskussioner mellem myndigheder og brancher • Styrker faglig udvikling i branchen • International konkurrencedygtighed for norske virksomheder • Øger anvendelsen af digitale værktøjer. |

| | Sverige | Norge |
|-------------------------------|--|--|
| Ulemper ved overgangen | <ul style="list-style-type: none">• Letter udbudsarbejdet for bygherrer.• Meget begrænsede. | <ul style="list-style-type: none">• Større kompetencemæssige krav til installatørerne – på både rådgiver- og installatørsiden• Engangsudgift til kurser for at sætte sig ind i den nye forordning i hhv. 1991 og 1998• Øgede dokumentationskrav kan medføre administrative byrder. |

Opsummerende viser den norske og svenske case, at de har prioriteret efterlevelse af den europæiske standard for at sikre sikkerhed i installationer, og at det i landene er oplevet som en relativt omkostningslet og umiddelbar proces. I begge lande er der således givet udtryk for generel undren over, at Danmark vurderer, at 75 %-reglen er tilstrækkelig til at sikre sikkerheden i installationer. Af positive effekter ved overgangen nævnes eksplicit:

- Opretholdelse af sikre installationer
- Mere præcise dimensioneringer
- Bedre grundlag for fremtidige udvidelser
- Færre udgifter til vedligehold og tilpasning af nationale standarder
- Lettere tilpasning af regelsæt til nye teknologier og belastningsforhold.

Begge lande har dog også bibeholdt enkelte særregler som supplement til HD-standarden. I begge skyldes det primært særlige forhold såsom høj belastning af elnettet, byggeskik og et udfordrende vejrlig og klima, der gør, at der ønskes et højere sikkerhedsniveau, end det der er defineret ved den europæiske standard. Dette understreger prioriteringen af sikkerhedshensyn i de sammenlignelige lande.

Der er kun oplevet begrænsede negative konsekvenser af anvendelsen af HD-standarden i Norge og Sverige, hvilket må vurderes at kunne gøre sig gældende ved en afskaffelse af 75 %-reglen. Af negative forhold med relevans for den danske case er det blevet belyst, at der vil være et initialt behov for kompetenceudvikling, ligesom det kan medføre et øget dokumentationsbehov og større omkostninger til kabler, da man skal anvende enten flere eller tykkere kabler for at opnå større ledertværsnit.

De begrænsede negative effekter kan i nogen grad tilskrives, at overgangen har medført en simplificering af regelsættet, og at overgangen er sket løbende over en årrække. Ikke desto mindre er billedet, at overgangen i Norge og Sverige er oplevet som positiv af både offentlige instanser, virksomheder, installatører og interesseorganisationer, hvorfor casebeskrivelserne primært understøtter argumenterne for en fjernelse af den danske særregel.

I den følgende præsenteres først casebeskrivelsen for Sverige og derefter for Norge.

6.1 Casebeskrivelse for Sverige

Sverige har siden 1978 haft en forordning om, at der kræves et kontekstaspekt (korrektionsfaktor) ved dimensionering af strømkabler. I 1996 påbegyndtes harmoniseringen af den svenske forordning om kabeldimensionering med de europæiske standarder. De svenske regler har altid ligget tæt op ad de europæiske standarder suppleret af svenske særregler med øgede krav. Implementeringen af HD-standardens medførte derfor hovedsageligt lempelser i kravene til elinstallationer.

Harmoniseringen blev fuldt indført i 2004, hvorefter flere svenske særregler forsvandt ud af standarderne. Ved harmoniseringen blev de bibeholdte svenske særregler indskrevet som vejledende tabeller i standarden. Det vurderes, at de svenske særregler stadig anvendes i dag ved langt de fleste installationer³⁸.

6.1.1 Overgangen til europæiske standarder

Det svenske regelsæt stillede strengere krav til dimensioneringen og var mere detaljeret i forhold til selve udførelsen end de europæiske standarder. Overgangen bestod derfor hovedsageligt af regelforenklinger snarere end øgede krav, særligt for beregningsprocessen ved dimensionering. I de europæiske standarder er der ikke krav til, hvilke beregningsmetoder der skal anvendes, så længe den elektriske installation overholder reglerne i standarden. Overgangen sikrede således fortsat sikkerheden ved elektriske installationer, men metoden til beregning blev fritstillet. Der er dog regneeksempler i den europæiske standard, som kan bruges til at sikre overholdelse af standardkravene.

I overgangsperioden arbejdede myndigheder og brancheorganisationer både sammen og individuelt for at sikre en smidig overgang og implementering. Der blev ført løbende dialog for at sikre enighed og fælles forståelse af overgangens betydning samt informationsindsatser og oplæring rettet mod de virksomheder, som blev berørt af overgangen. Overgangen til europæiske standarder forløb uden debat eller diskussioner og kun enkelte forespørgsler vedr. korrekte fremgangsmåder for at sikre overholdelse af det nye regelsæt blev fremført³⁹.

De personer, Rambøll interviewede i Sverige, ser ikke markante barrierer ved at overgå til HD-standard. For Sverige fungerede overgangen godt, fordi processen var tydelig og struktureret, så alle aktører, der ville blive påvirket, deltog. En lignende inddragende proces anbefales at anlægges ved en eventuel overgang i Danmark.

De svenske interviewpersoner vurderer endvidere, at fælles standarder understøtter arbejdskraftens fri bevægelse og fri konkurrence, som bidrager til et velfungerende indre europæisk marked.

Digitale værktøjer anses i dag som værende til stor hjælp og letter dimensioneringsarbejdet. Beregninger foretaget ved hjælp af værktøjet har automatisk indarbejdet de forskellige krav, der skal være opfyldt for at sikre overensstemmelse med gældende standarder, hvilket ikke altid var tilfældet, da arbejdet blev udført manuelt. Anvendelsen af de digitale værktøjer sikrer således, at dimensioneringen altid er i overensstemmelse med gældende standarder, da værktøjerne konstant opdateres med de aktuelle regelsæt.

De digitale værktøjer, der i Sverige anvendes i dimensioneringen, har ændret sig meget de seneste 10-15 år. Det har ikke været muligt at fastlægge, hvor meget af udvikling der kan tilskrives den teknologiske udvikling, og hvor meget der kan tilskrives en påvirkning som følge af overgangen til HD-standard. Men det er indtrykket, at der ikke opleves udfordringer med digital understøttelse i Sverige.

6.1.2 Anvendelse af HD-standard i Sverige

Som understøttelse til overgangen i 2004 udarbejdede Svensk Elstandard (SEK) en håndbog med tabeller for at forenkle den nu friere proces for elektriske installationer. Håndbogen indeholder internationale standarder og andre relevante IEC-publikationer. Dette suppleres, hvor det er relevant, af HD-standarder fra CENELEC og svenske standarder uden europæisk ækvivalent. Fælles for de fleste af de nationale standarder gælder det, at der ikke er nogen europæisk konsensus eller lille international interesse for det emneområde, som standarden refererer til. Et eksempel på

³⁸ Interview med Elsäkerhetsverket, Installationsföretagen og Svensk Elstandard.

³⁹ Interview med Elsäkerhetsverket.

svenske særregler er, at der i den seneste version af standarden stilles skærpede krav til solcelle-installationer. Her adskiller særreglerne sig således fra den danske SNC, 75 %-reglen, da der stilles øgede sikkerhedskrav. I standarderne gengives standarder, såfremt der forefindes internationale eller europæiske standarder, samt eventuelt en oversættelse til svensk af visse sektioner, primært sektioner der vedrører mærkning eller pleje. Håndbogen revideres regelmæssigt for at sikre, at bestemmelserne i de europæiske standarder overholdes.

De svenske aktører er positive over for håndbogen, da den sikrer, at elektriske installationer dimensioneres på baggrund af en fælles og anerkendt referenceramme, som reducerer risikoen for fejl. Tabellerne i håndbogen anvendes i princippet til alle elektriske installationer i Sverige, da det anses som ineffektivt at foretage detaljerede beregninger af alle dimensioneringer. Selvom anvendelsen af tabellerne ofte medfører overdimensionering, anses det dog som positivt, da det forbedrer mulighederne og fleksibiliteten ved fremtidige udvidelser.

Kun få installationer (estimeret 1 pct. af alle elektriske installationer) er så store, at det er omkostningseffektivt at bruge ekstra tid og ressourcer til dimensionering til en mere detaljeret beregning for den specifikke installation. Ved disse store installationer udføres designet ofte af ingeniører.

6.1.3 Konsekvenser ved anvendelse af HD-standard

Der er ikke fundet tegn på, at harmoniseringen har haft nogen negativ effekt på konkurrencen, lønninger eller berørte brancher. Interviewpersonerne er således enige om, at såfremt der er sket en ændring på grund af overgangen, har den været minimal.

Generelt er holdningen derfor, at Sveriges overgang til europæiske standarder har været et klogt valg. Dette tilskrives særligt fire argumenter; bredere anvendelighed af produkter, skærpede forudsætninger for anvendelsen af ny teknologi, mindre tids- og ressourceforbrug til løbende opdateringer og tydeliggørelse af gældende nationale regler.

- **Bredere anvendelighed af produkter:** Standarder sikrer, at produkter fungerer overalt, og at sikkerheden samtidig opretholdes. Dette gør arbejdet lettere og enklere at håndtere for installatørerne og de berørte virksomheder, ligesom der i nogle tilfælde kan opnås prisbesparelser, da der ikke skal indkøbes særprodukter.
- **Skærpede forudsætninger for anvendelse af ny teknologi:** I takt med at den teknologiske udvikling intensiveres, gør fælles standarder det lettere at følge udviklingen, hvilket skærper forudsætningerne for anvendelse af den nyeste teknologi på markedet. Som følge af den tekniske udvikling stilles der fx nye krav til belastning af strømkabler (bl.a. pga. øget anvendelse af elbiler). I disse tilfælde peges der på, at standarderne har været til stor hjælp, da de bidrager til at fremtidssikre installationerne og sikre velovervejede installationer.
- **Reduceret tids- og ressourceforbrug hos myndigheder:** Anvendelsen af fælles standarder sikrer omkostningseffektive lovgivningsmæssige rammer, da flere lande deler omkostningen ved udarbejdelse og opdatering af regelsættet for installation og dimensionering af elkabler. Vedligeholdelse af egne nationale regler vurderes derimod at indeholde et betydeligt ressourceforbrug alene til løbende opdatering og vedligeholdelse af nationale regler.
- **Tydeliggørelse af gældende nationale regler:** Der sikres konsensus og klarhed om, hvilke regler der gælder på området, da der ikke skal tages højde for særregler og nationale forbehold.

6.1.4 Delkonklusion på casebeskrivelse for Sverige

Sverige gennemførte en glidende overgang til europæiske standarder i perioden 1996 til 2004. Selvom det eksisterende regelsæt allerede var meget lig IEC-normerne, medførte Sveriges overgang til europæisk standard hovedsageligt regelforenklinger og en ændring til funktionsbaseret frem for procesbaseret forordning. Situationen i Sverige adskiller sig derfor fra Danmarks aktuelle situation, da Danmark vil gå fra enklere regler til øget kompleksitet i projekteringer og øget dokumentationsbehov.

En række af de svenske erhvervsøkonomiske effekter vil dog være sammenlignelige med dansk kontekst, grundet en sammenlignelig samfundsøkonomisk struktur, tilgang til sikkerhed på området for elinstallationer samt klimatiske og byggetekniske forhold.

Overgangen blev gennemført i tæt samarbejde mellem myndigheder og brancheorganisationer, hvilket indebærer løbende dialog, informationsindsatser, gennemførelse af kurser og uddannelsesprogrammer samt udarbejdelse af en håndbog med tabeller, der havde til formål at forenkle dimensioneringsarbejdet og efterlevelsen af dokumentationskravene.

En række elementer vurderes særligt at ligge til grund for Sveriges valg om at overgå til internationale standarder:

- 1) En **reduceret arbejdsbyrde** og **reducerede omkostninger for myndighederne**, der ved anvendelsen af internationale standarder ikke længere skal afsætte ressourcer til løbende at sikre et opdateret nationalt regelsæt.
- 2) Harmonisering med internationale standarder **øger og forenkler den generelle produkttilgang og -anvendelse**.
- 3) Løbende opdatering i forhold til den teknologiske udvikling er **en forudsætning for, at de svenske aktører kan anvende de nyeste metoder og produkter** til fordel for samfundet.
- 4) Anvendelsen af internationale standarder **forbedrer konkurrencen på markedet**.

6.2 Casebeskrivelse for Norge

I dette afsnit præsenteres en casebeskrivelse af anvendelsen af standarder ved elinstallationer i Norge.

6.2.1 Overgang til HD-standarder

Norge har siden 1963 anvendt forskrifter for dimensionering af elkabler, defineret i "Rødboka". I 1988 påbegyndte Norge en ensretning af deres regelsæt med de europæiske standarder, der blev fuldt introduceret i 1991. Herved overgik Norge fra en regelbaseret til funktionsbaseret forskrift, og "Rødboka" blev erstattet med forordningen "Feb. 91" indeholdende de internationale strømføringstabeller. Efter ensretningen i 1991 oplevede man dog sikkerhedsmæssige komplikationer, bl.a. registrerede man højere temperaturer end 70 °C i koblingspunkter i bygningers kabelinstallationer på lavspændingssiden.

For at garantere sikkerhedsniveauet under de europæiske standarder blev der 1. januar 1999 indført en ny forskrift, "Forskrift om elektriske lavspændingsanlæg (FEL)", indeholdende nationale tilpasninger, bl.a. øgede tværsnit.

Ved overgangen til FEL samarbejdede myndighederne med den nationale standardiseringsorganisation for elektriske produkter, Norsk Elektroteknisk Komité (NEK), for at indarbejde kravene i gældende standarder såsom NEK 400 (elektriske lavspændingsinstallationer). Derudover blev fagforeninger og arbejdsgiverorganisationer informeret om indholdet gennem deltagelse i en referencegruppe, men har ikke haft indflydelse på indholdet af forordningen.

Regel- og funktionsbaserede forskrifter

Ved regelbaserede forskrifter er der et myndighedsbestemt regelsæt, som skal følges stringent. Her er der ved bekendtgørelser faste kriterier for, hvordan det sikres, at installationer opretholder et tilstrækkeligt sikkerhedsniveau. Regelbaserede forskrifter er således ufravigelige ved installationer.

Ved funktionsbaserede forskrifter er der myndighedsdefinerede standarder, som beskriver, hvordan et tilstrækkeligt sikkerhedsniveau kan opretholdes. Der kan dog afviges fra standarderne, hvis det kan påvises, at et tilsvarende sikkerhedsniveau (i Danmark i relation til elsikkerhedsloven) indfries ved den tilgang, der anvendes.

I Danmark er der en funktionsbaseret tilgang, hvor der kan afviges fra standarder helt eller delvist, hvis det kan påvises, at sikkerhedskravet i elsikkerhedsloven er indfriet. Afvigelser fra standarderne skal indberettes og dokumenteres via virk.dk.

6.2.2 Anvendelse af HD-standarder i Norge

Elektriske lavspændingsinstallationer bestemmes i dag ud fra "Forskrift om elektriske lavspændingsanlegg (FEL)". FEL henviser til standardsamlingen NEK 400 for lavspændingsinstallationer, som er en norsk standard baseret på HD 60364. FEL er således harmoniseret med HD-standarder og er en funktional og målstyret forskrift, hvilket indebærer, at den ikke giver detaljerede tekniske krav til udførelse af lavspændingsanlæg, men snarere angiver grundlæggende sikkerhedskrav.

Samlet fastsætter forskriften, tilhørende vejledninger og de normer, som der henvises til i forskriften, det sikkerhedsniveau, som skal lægges til grund ved dimensionering af kabler. Det er imidlertid kun forskriften, som er juridisk bindende – derfor er det frit for at vælge andre løsninger end de, der beskrives i NEK 400. Andre løsninger kræver dog dokumentation for, at man opnår samme sikkerhedsniveau som ved anvendelse af NEK 400.⁴⁰

NEK 400 er en samling af standarder, som definerer sikkerhedskrav ved elektriske lavspændingsanlæg. Kravene gælder både planlægning, montering og verifikation af elektriske installationer. NEK 400 er baseret på og harmoniseret med HD 60364, men indeholder også nationale tillæg og tilpasninger. Baggrunden for de nationale tilføjelser er særlige forhold i Norge (bl.a. elnettet, brugsmønstre og byggeskik), der stiller andre krav til elektriske anlæg⁴¹.

Kapitel 1-7 i NEK 400 er stort set en oversættelse af internationale normer, mens kapitel 8 er særregler for Norge. Der er desuden en national afvigelse i forhold til kapitel 1-7, og NK 64 har eksempelvis meddelt en norsk afvigelse, som indebærer, at man ikke kan belaste kablerne så meget, som normen tillader. Norske særregler, der supplerer HD-standarder, medfører således strengere sikkerhedskrav, end der er defineret i de europæiske standarder.

Norge kan søge om nationale afvigelser, såfremt det vurderes, at de internationale normer ikke garanterer et tilstrækkeligt sikkerhedsniveau. Det er særligt tre forhold, der ligger til grund for norske særregler:

⁴⁰ Forskrift om elektriske lavspændingsanlegg, forord https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1998-11-06-1060#KAPITTEL_1

⁴¹ ELSIKKERHET NR. 86 (01/2015), side 16 https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/elsikkerhet-els/elsikkerhet-magasinet/elsikkerhet_86pdf.pdf

- Særligt elnetsystem (IT)
- Byggeskik så som træhusbebyggelser
- Klima.

Selvom Norge anvender en funktionsbaseret forordning, har man ingen særregel tilsvarende den danske 75 %-regel. Man benytter i stedet en beregningsformular ved hvert enkelt installationstilfælde, der følger af HD 60364. Dimensioneringsberegningen skal, som i Danmark, tage hensyn til en række korrektionsfaktorer baseret på de lokale forhold, fx nedlægningsmåde og omgivelsestemperaturer. Afkøling af kablerne kan derudover afhænge af jordbunden, hvor fx tør jord, våd jord og sandkorn kan give forskellige afkølingsegenskaber.

6.2.3 Konsekvenser ved anvendelse af HD-standarden

I Norge ønsker man ikke at tillade kabler med maksimal temperatur på 90 °C eller en overbelastning af kabler, der når op på 130°C i en periode på 3 timer. Den norske sektormyndighed mener, at man ved at tillade sådanne lempelige krav pålægger forbrugeren og den enkelte installatør for meget ansvar i forhold til at vurdere kablernes faktiske belastning og dermed brandrisiko. At ansvarliggøre forbrugeren på denne måde anses som uforsvarligt, fordi en privat bruger ikke har forudsætningerne for hverken at måle eller vurdere brandfaren.

I Norge foreligger der en tydelig politisk retningslinje om at reducere antallet af brande i huse og antallet af menneskeliv tabt som følge af brand.⁴² Sikkerhed anses derfor som helt afgørende og prioriteres ligeværdigt med industriel vækst og fortjeneste. I elsikkerhedsudregningen⁴³ er det opgjort, at en acceptabel el-sikkerhed indebærer fraværet af nedenstående hændelser:

- Strømgennemgang
- Farlig varmeudvikling
- Fejlfunktion i elektrisk udstyr eller anlæg, herunder systemer som disse er påtænkt at skulle understøtte
- Tab af strømforsyning
- Atmosfæriske overspændinger og koblingsspændinger.

Derfor ser man i Norge store fordele ved at følge de internationale standarder. Vælger man ikke at benytte standarderne, vil man have et stort arbejde med national tilpasning.

Særligt tre samfunds- og erhvervmæssige faktorer kan identificeres som grundlaget for, at Norge valgte at harmonere NEK 4000 med HD-standarden:

- 1) **Omkostningseffektivitet** ved at anvende forud godkendte løsninger.
- 2) Internationale standarder reducerer handelsbarrierer og **øger produkttilgængelighed og -anvendelighed.**
- 3) Skærpet **udvikling af branchen** gennem standardernes **ajourføring med den teknologiske udvikling.**

Det fremhæves særligt, at de internationale standarder følger den teknologiske udvikling og dermed sikrer, at den nyeste teknologi anvendes på markedet. Anvendelsen af ny teknologi giver mere effektive og dermed billigere løsninger. Brugen af standarder kan således give mere omsætning ved, at installatører, der er ajourførte på de internationale standarder, er i stand til at give kunderne det, de efterspørger. De norske kunder efterspørger i høj grad den nyeste og bedste teknologi, der er til rådighed (fx lysdæmper til belysning, LED-systemer, automatisk varmeledning osv.).

⁴² F.eks. St.meld.nr. 15 (1991-92) om Tiltak mot brann; St.meld. nr. 41 (2000-2001) Brann- og eksplosjonsvern, jf. Innst. S. nr. 341 (2000-2001)

⁴³ <https://www.nek.no/wp-content/uploads/2016/11/Elsikkerhetsutredningen-V%C3%A5r-elektriske-fremtid-2016.pdf> s. 4

Den løbende ajourføring betyder derudover, at der opnås nye erfaringer og tilføres nye udviklinger med det formål løbende at garantere sikre installationer og produkter. Ligeledes påpeges det, at overgangen til et funktionsbaseret frem for reguleringsbaseret regelsæt letter udnyttelsen af og tilpasningen til nye teknologiske løsninger. Brugen af internationale standarder er således også med til at udvikle branchen.

Endelig har harmoniseringen med internationale standarder medført, at el-installatører i Norge har anvendt digitale værktøjer til beregning af kabeldimensioneringer i en årrække. Anvendelsen af de digitale værktøjer medfører bl.a., at man nemmere kan optimere kabelinstallationerne og dermed spare penge. Det mest anvendte system (for boliginstallationer, offshore, sygehuse, industri og kommerciel) kaldes "Febdok".

6.2.4 Delkonklusion på casebeskrivelse for Norge

Som Danmark havde Norge inden overgangen et regelsæt, der var tilnærmelsesvis lig HD-standarden med en række nationale særregler. Overgangen betød, at de norske regler blev harmoniseret med HD-standarden, så kravene til dimensionering ændredes fra regel- til funktionsbaserede. Overgangen har således betydet en øget fleksibilitet i dimensioneringsarbejdet, men samtidig også øget kompleksiteten og dokumentationskravet.

Særligt tre hovedelementer vurderes at ligge til grund for Norges overgang til internationale standarder:

- 1) **Omkostningsbesparelser for myndighederne** ved at anvende standarder, der er udarbejdet og løbende bliver opdateret gennem internationalt samarbejde.
- 2) Internationale produkter, der typisk kan købes ind i større mængder og til billigere pris, er baseret på internationale standarder. En overgang giver derfor de norske aktører mulighed for **besparelser på produktindkøb**.
- 3) Markedet følger automatisk med den teknologiske udvikling, hvilket sikrer, at den nyeste teknologi anvendes. Det bidrager til **kompetenceudvikling** i brancherne og anvendelse af **mere effektive, billigere og efterspurgte løsninger** til gavn for brancherne og forbrugerne. Den øgede efterspørgsel på digital understøttelse er ligeledes med til at stimulere en **udvikling af de digitale værktøjer**, der er til rådighed på markedet.

Overgangen til internationale standarder har kun betydet marginale regelændringer. Der er derfor stort set ikke sket en påvirkning af pris- og løndannelsen ved overgangen. Ligeledes har overgangen ikke haft mærkbar negativ betydning for konkurrencen på det norske marked. Det vurderes dog at være positivt for Norges konkurrencekraft, at alle aktører i en handelssituation refererer til de samme aktuelle standarder.

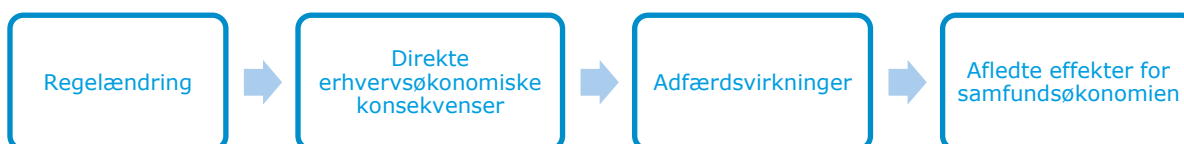
7. ØKONOMISKE ASPEKTER

I dette kapitel beskrives fremgangsmåden og resultaterne for den økonomiske vurdering af konsekvenserne ved en afskaffelse af 75 %-reglen. Udgangspunktet for den økonomiske vurdering er Erhvervs- og Vækstministeriets (EVM) 'Vejledning om erhvervsøkonomiske konsekvensvurderinger' fra januar 2015. Formålet med vurderingen er at skabe mere gennemsigtighed i forhold til de samlede konsekvenser for erhvervslivet som følge af en ændring af reglerne om dimensionering af elkabler.⁴⁴

De erhvervsøkonomiske konsekvenser omfatter hhv. **direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser**, eventuelle **adfærdsvirkninger** og **afledte effekter** for samfundsøkonomien, der kan have betydning for virksomhedernes produktion (og dermed landets BNP).

Den økonomiske vurdering er foretaget med udgangspunkt i en kausalitetsbetragtning, som er illustreret i figuren nedenfor.

Figur 18: Kausalitetskæden for vurderingen af regelændringens økonomiske aspekter



Kilde: Rambøll baseret på Erhvervs- og Vækstministeriet.

Som kausalitetskæden viser, antages regelændringen at medføre direkte økonomiske konsekvenser for de berørte virksomheder i elinstallationsbranchen. De direkte konsekvenser for virksomhederne i elinstallationsbranchen er så vidt muligt kvantificeret, og de omfattede effekter beskrives og afgrænses i rapportens **afsnit 7.1**. Heri fastlægges og beskrives størrelsen af målgruppen og metoden for opskalering til landsplan desuden også. Beregningerne af de samlede effekter for basisscenariet (SB6) og HD-scenarierne præsenteres i **afsnit 7.2**.

Da resultaterne er behæftet med en vis grad af usikkerhed, foretager vi følsomhedsberegner, der har til formål at teste resultaternes følsomhed ved ændringer i centrale parametre/antagelser. Vi foretager kun følsomhedsberegninger på parametre, der har indflydelse på de løbende (varige) efterlevelsesomkostninger, og således ikke for de midlertidige omstillingsomkostninger. Vi foretager i alt seks følsomhedsberegninger (A-E), herunder ift. valg af metode til opskalering ved brug af byggestatistik, størrelsen på estimater for materialeomkostninger og tidsforbrug pr. m² fra de casebaserede estimeringer (kapitel 4), antallet af virksomheder og medarbejdere, der er omfattet af analysen (populationsstørrelse) etc. Følsomhedsberegningerne af størrelsen på specifikke parametre foretages ved at teste, hvor meget resultaterne ændrer sig, hvis et centralt parameter ændres med eksempelvis +-5 % og 10 %. Resultaterne fra følsomhedsanalysen præsenteres i **afsnit 7.3**.

Konsekvenserne har betydning for virksomhedernes omkostningsbase og produktionsforhold, hvilket i næste led kan medføre adfærdsendringer blandt virksomhederne, fx i form af ændrede konkurrenceforhold. Adfærdsendringerne behandles kvalitativt i rapportens **afsnit 7.4**.

⁴⁴ Vejledning om Erhvervsøkonomiske Konsekvensvurderinger af januar 2015, Erhvervs- og Vækstministeriet. Kravet om erhvervsøkonomiske konsekvensvurderinger følger af Aftale om en vækstpakke 2014 og gælder for alle lovforslag og bekendtgørelser, som sendes i ekstern høring fra januar 2015. Formålet hermed er at skabe gennemsigtighed i forhold til de samlede konsekvenser for erhvervslivet, der følger af indførelsen af ny eller omlægning af eksisterende regulering til styrkelse af det politiske beslutningsgrundlag.

I det sidste led i kausalitetskæden kan adfærdsændringerne i elinstallationsbranchen som følge af de direkte konsekvenser fra regelændringen medføre afledte effekter, som kan have betydning for samfundsøkonomien. Dette kommer af det forhold, at ændringer i priser og omkostninger i elinstallationsbranchen før eller siden vil afspejle sig i ændrede lønninger eller priser i andre brancher/på andre markeder, fx i byggebranchen, samt at forbrugerne vil opleve ændrede priser.

Dette skyldes, dels at brancherne anvender hinandens varer og tjenester som input til produktionen og til investeringer, dels at ændringerne kan have en effekt på fordelingen af arbejdskraft og kapitalressourcer på tværs af brancher. De afledte effekter på samfundsniveau belyses kvalitativt i **afsnit 7.5**.

7.1 Opgørelse af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser

Opgørelsen af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser foretages for følgende fire projekterings-scenarier, hvor der skelnes mellem hhv. basisscenarie (SB6) og standardscenarier (HD 60364). Læseren henvises til, at scenariet med HD-standarden med dokumentation er udvidet til to scenarier, så det stemmer overens med arbejdsgangsbeskrivelserne i kapitel 4. Som det fremgår af arbejdsgangsbeskrivelserne er der forskel på omkostningerne, afhængig af om installatøren anvender et professionelt digitalt værktøj til dimensionerings- og dokumentationsarbejdet, eller om installatøren anvender et selvudviklet værktøj (eksempelvis i Excel).

1. Basisscenarie: Dimensionering i henhold til SB6 med dansk 75 %-særregel
2. Standardscenarie A: Dimensionering i henhold til HD 60364 uden dansk 75 %-særregel og **uden** dokumentation.
3. Standardscenarie B: Dimensionering i henhold til HD 60364 uden dansk 75 %-særregel og **med** dokumentation ved brug af **selvudviklet værktøj**.
4. Standardscenarie C: Dimensionering i henhold til HD 60364 uden dansk 75 %-særregel og **med** dokumentation ved brug af **professionelt værktøj**.

Erhvervs- og Vækstministeriet kategoriserer de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser i tre typer, jf. 'Vejledning om erhvervsøkonomiske konsekvensvurderinger' fra januar 2015:

1. *Skatter, afgifter, tilskud mv.*
2. *Administrative konsekvenser*
3. *Øvrige efterlevelseseffekter.*

Da en ændring af reglerne fra 75 %-reglen til HD-standard ikke omfatter direkte ændringer i niveauet af skatter, afgifter eller tilskud ift. elinstallationer, er disse ikke omfattet af analysen.⁴⁵ Vurderingen af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser omfatter derfor de administrative konsekvenser, eksempelvis i form af øget tidsforbrug på projektering eller dokumentation, samt øvrige efterlevelseseffekter, eksempelvis i form af øgede materialeomkostninger til elinstallationer.

Analysen tager afsæt i en kvantitativ vurdering af de konsekvenser, som regelændringerne forventes at medføre på markedet for elinstallationer, dog med forbehold for bagatelgrænser, jf. afsnit 3.1 i EVM's vejledning. Opgørelsen af de erhvervsøkonomiske konsekvenser følger nedenstående trinvis gennemgang:

⁴⁵ Eventuelle skatte- og afgiftsrelaterede påvirkninger vil imidlertid opstå som følge af ændringer i prisniveauet. I disse tilfælde er der dog snarere tale om samfundsmæssige effekter, som i analysen behandles kvalitativt.

Figur 19: Trin i beregningen af erhvervsøkonomiske konsekvenser

1 Kortlægning og afgrænsning af efterlevelseseffekter samt vurdering af omfang

2 Inddeling i løbende (varige) omkostninger og omstillingskonsekvenser

3 Fastlæggelse af metode for opskalering og population for konsekvensvurderingen

4 Beregning af de samlede efterlevelseseffekter

Kilde: Rambøll, baseret på EVM's vejledning for erhvervsøkonomiske konsekvensvurderinger.

De samlede efterlevelseseffekter beregnes som brutto-omkostningerne i det enkelte scenarie med HD-standarden fratrukket brutto-omkostningerne i basisscenariet med SB6. Dermed opgøres konsekvenserne som netto-omkostninger (eller meromkostninger) ved at anvende HD-standarden frem for 75 %-reglen til dimensionering af elinstallationer.

I de følgende underafsnit gennemgås trin 1-3, mens trin 4 følger i afsnit 7.2.

7.1.1 Kortlægning og afgrænsning af efterlevelseseffekter samt vurdering af omfang

Konsekvensvurderingen omfatter regelændringens påvirkning af arbejdsgange ifm. elinstallationsarbejde, omkostninger til og anvendelse af materialer, øgede kompetencekrav for elinstallatører samt eventuelt øgede omkostninger til digitale værktøjer, jf. nedenstående omkostningskategorisering:

- Lønomsøkonomier ifm. tidsforbrug på arbejdsgange
- Materialeomsøkonomier ifm. installationsfasen
- Virksomhedsomsøkonomier til opkvalificering af medarbejdere samt til anskaffelse af digitale værktøjer i projekterings- og dokumentationsarbejdet.

For at vurdere og kvantificere scenariernes påvirkning af markedet er installationsprocessen opdelt i dets overordnede faser, jf. de tidligere arbejdsgangsbeskrivelser:

- 1. Projekteringsfasen (inkl. dokumentation)**
- 2. Installationsfasen.**

I det følgende beskrives, hvilke omkostninger der er inkluderet i den erhvervsøkonomiske konsekvensvurdering, samt hvordan disse fordeler sig i de to faser i installationsprocessen. Datagrundlaget for de enkelte omkostningstyper fremgår desuden af beskrivelserne. Alle omkostninger er angivet ekskl. moms i 2018-prisniveau.

7.1.1.1 Lønomsøkonomier ifm. tidsforbrug på arbejdsgange i den samlede installationsproces

Regelændringernes påvirkning af arbejdsgangene for installationer har erhvervsøkonomiske konsekvenser i form af en ændring i tidsforbruget ved hver installation. Alt efter påvirkningen kan dette øge eller reducere omkostningen ved en installation.

Projekterings- og dimensioneringsfasen (**fase 1**) omfatter tidsforbruget til dimensioneringen af de enkelte kabler, deres placeringer og længder i kabelføringerne m.m. Denne fase omfatter også tidsforbruget på registrering og opmærkning af den specifikke udlægning af hvert enkelt stykke føringsvej og kabler, markering af afstande, registrering af længden, typen og opbygningen af føringsvejen, registrering af temperaturforhold m.m.

Endelig omfatter fase 1 også den tid, som bruges på dokumentationen af selve installationen, når dette foretages i scenarierne med HD-standarden med dokumentation. Det forventes, at der vil være et øget fokus på dokumentation ved overgangen til internationale standarder, som potentielt kan resultere i besparelser ved udvidelser af eksisterende installationer. Dette skyldes, at dokumentation kan gøre det nemmere at skabe overblik over, hvordan udvidelsen kan foretages i eksisterende føringsveje.

I installationsfasen (fase 2) inkluderes det administrative tidsforbrug ifm. med udførelsen af selve installationen, herunder montering af kablerne efter udlægning og placering af det enkelte kabel, samt tidsforbruget ifm. med den praktiske planlægning af installationen.

Datagrundlaget for opgørelsen af lønomkostninger er de casebaserede estimeringer af projekteringsomkostninger samt nøgletal for gennemsnitlig timeløn for elinstallatører og rådgivere fra Danmarks Statistik.

Tabellen nedenfor viser estimerne forbundet med tidsforbruget i hhv. projekteringsfasen og installationsfasen fra den casebaserede estimering. Estimerne angives som omkostninger i kr. pr. m².

Tablet 15: Arbejdstidsomkostninger til projektering og installation, kr. pr. m² i 2018-prisniveau

FØLSOMHEDSBEREGNING A:

Resultaternes følsomhed over for ændringer i de estimerede arbejdstidsomkostninger testes i følsomhedsberegning A, hvor arbejdstidsomkostningerne ændres med +5 % og 10 %. Resultaterne af følsomhedsberegningerne præsenteres i afsnit 7.3.

| Omkostninger pr. etageareal (kr. pr. m ²) | Basis-scenarie - SB6 | Scenarie A: HD uden dokumentation | Scenarie B: HD med dokumentation (selvudviklet værktøj) | Scenarie C: HD med dokumentation (digitalt værktøj) |
|---|----------------------|-----------------------------------|---|---|
| Erhverv/offentlig | | | | |
| Projektering og dokumentation | 1,12 | 2,07 | 4,15 | 2,62 |
| Installation, herunder planlægning og montering | 112,08 | 128,23 | 115,78 | 115,54 |
| Let industri | | | | |
| Projektering og dokumentation | 1,70 | 3,01 | 6,60 | 3,32 |
| Installation, herunder planlægning og montering | 192,11 | 221,24 | 207,83 | 207,40 |

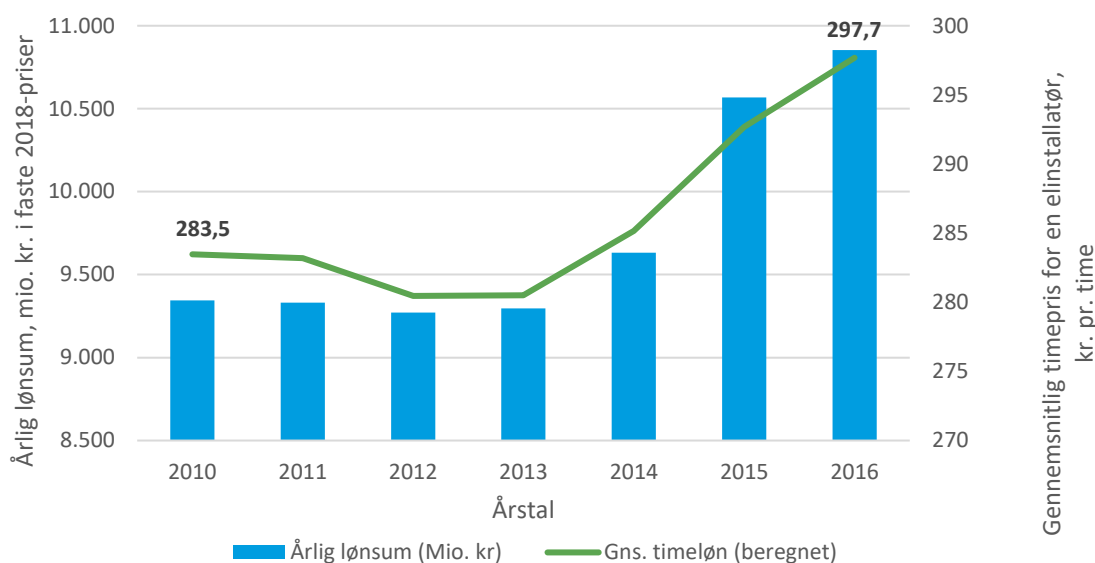
Kilde: Rambøll-estimeringer på baggrund af EI-OVERSLAGS prisbogen og Statistikbankens tabel ERHV1.

Det skal bemærkes, at ovenstående tal er estimer baseret på en case til brug for nærværende analyse. De kan således ikke anvendes i generel forstand til at sige noget om den gennemsnitlige lønomkostning forbundet med tidsforbruget på arbejdsgange i elinstallationsprocessen.

Figuren nedenfor viser udviklingen i den samlede lønsum for elinstallationsbranchen fra 2010 til 2016 i 2018-prisniveau samt udviklingen i den gns. timepris for elinstallatører. Den samlede lønsum (korrigeret for inflation) i elinstallationsbranchen er steget med ca. 16 %. Lønomkostningerne er således vækstet mere end beskæftigelsen⁴⁶, hvilket kommer til udtryk ved stigende timepriser for elinstallatører. Siden 2010 er den gennemsnitlige timepris for en elinstallatør dermed steget fra 284 kr. i timen til 298 kr. i timen.

⁴⁶ Beskæftigelsen er steget med knap 11 % fra 2010 til 2016, jf. underafsnit 7.1.3.2.

Figur 20: Årlig lønsum for elinstallationsbranchen og gns. timepris i faste 2018-priser



Kilde: Statistikbankens tabel ERHV1 for "432100 Elinstallation" samt Rambølls egne beregninger. For at beregne en gennemsnitlig timepris antages, at en fuldtidsbeskæftiget har 218 arbejdsdage om året.

I beregningerne af de erhvervsøkonomiske konsekvenser anvendes elinstallatørers gns. timepris til at beregne lønomkostningerne til opkvalificering af medarbejdere. Udover timeprisen for elinstallatører anvendes også den gns. timeløn for en rådgivende ingeniør til beregningen af lønomkostninger ifb. med tidsforbruget på projektering og dokumentation af elinstallationen, jf. tabellen ovenfor. Ifølge Arbejdsgiverne vil (mindre) praktiserende installatører, som ikke har egen ingeniøraftdeling, typisk anvende en ekstern rådgiver, hvis installationsprojektet er større end 5-10 mio. kr.⁴⁷ Samtidig vil mellemstore installatørvirksomheder, som ikke har egen overmontør ansat, typisk udlicitere projekteringsarbejdet til et beregnerkontor i tilbudsfasen, hvor timeprisen vil være højere end den gns. timeløn for en elinstallatør. Endelig har de største elinstallatørvirksomheder egen ingeniøraftdeling, som forestår projekterings- og dokumentationsarbejdet. Omregnet til 2018-prisniveau er den gennemsnitlige timepris for en rådgivende ingeniør 395 kr.⁴⁸

7.1.1.2 Materialeomkostninger i forbindelse med installationsfasen

Med nye dimensioneringskrav vil der potentielt opstå nye krav til det materiale, der skal anvendes. Dette betyder en ændring i materialeanvendelsen i form af ændrede omkostninger til kabeltværsnit (større/mindre kabler), antallet af og/eller størrelsen på føringsveje, kabelbakker, kabelstiger, hovedtavler samt evt. ekstra teknikrumsplads. Det kan have en række effekter på markedet, såsom a) storindkøb mindskes, hvilket øger prisen pr. produkt permanent og/eller for en periode, og b) en kombination af billigere og dyrere kabler anvendes, hvilket gør, at prisen forbliver tilnærmelsesvist den samme.

Det er Rambølls vurdering, at det primært er omkostningerne til kabler og føringsveje, der driver forskellene i materialeomkostninger på tværs af de fire scenarier, jf. kapitel 4. Dermed afgrænses opgørelsen af konsekvenserne for materialeforbruget sig til kabler og føringsveje. Dette medfører, at størrelsen på brutto-omkostningerne for både basisscenariet samt de tre standardscenarier er lavere end de reelle omkostninger ifm. med elinstallationsarbejde, fordi opgørelsen ikke omfatter alle materialeomkostninger (eksempelvis til eltavler og teknikrumsplads). Eftersom forskellen i de

⁴⁷ Rambøll-interview med Arbejdsgiverne den 17. september 2018.

⁴⁸ Kilde: Statistikbankens tabel ERHV1 for branchen "711210 Rådgivende ingeniørvirksomhed inden for byggeri og anlægsarbejder".

udeladte materialeomkostninger på tværs af scenarier vurderes ubetydelig, har afgrænsningen ingen betydning, når konsekvenserne opgøres som netto-omkostninger (standardscenarie – basisscenarie).

Datagrundlaget for opgørelse af materialeomkostningerne er de casebaserede estimater fra kapitel 4. For at kunne opskalere til de samlede efterlevelsedomkostninger for erhvervslivet, anvendes materialeomkostningerne pr. m². Disse fremgår af tabellen nedenfor.

FØLSOMHEDSBEREGNING A:

Resultaternes følsomhed over for ændringer i de estimerede materialeomkostninger testes ligeledes i følsomhedsberegning A, hvor materialeomkostningerne ændres med +5 % og 10 %.

Resultaterne af følsomhedsberegningerne præsenteres i afsnit 7.3.

Tablet 16: Materialeomkostninger, kr. pr. m² i 2018-prisniveau

| Omkostninger pr. etageareal (kr. pr. m ²) | Basisscenarie - SB6 | Scenarie A: HD uden dokumentation | Scenarie B: HD med dokumentation (selvudviklet værktøj) | Scenarie C: HD med dokumentation (digitalt værktøj) |
|---|---------------------|-----------------------------------|---|---|
| Erhverv/Offentlig | 223,8 | 287,4 | 252,2 | 252,2 |
| Let industri | 351,0 | 482,7 | 447,1 | 447,1 |

Kilde: Rambøll-estimeringer på baggrund af EI-OVERSLAGS prisbogen og Statistikbankens tabel ERHV1.

Det bør igen noteres, at ovenstående tal er estimater baseret på en case til brug for nærværende analyse. De kan således ikke anvendes i generel forstand til at sige noget om den gennemsnitlige omkostning forbundet med materialeforbruget i elinstallationsprocessen.

7.1.1.3 Virksomhedsomkostninger til digitale værktøjer og opkvalificering af medarbejdere

Digitale værktøjer til projektering og dokumentation

En overgang til nye regler forventes at medføre et øget brug af digitale værktøjer, som det ses i de internationale markeder. Denne udvikling ses allerede nu som følge af introduktionen af den nye elsikkerhedslov den 1. juli 2017.⁴⁹ Ifølge TEKNIQ anvendes digitale værktøjer i dag af de fleste installatører og rådgivere i branchen i projekterings- og dimensioneringsarbejdet, mens det er mindre udbredt ifm. dokumentationen af elinstallationer.⁵⁰ Rambøll har i forbindelse med nærværende afdækning gennemført en spørgeskemaundersøgelse blandt TEKNIQs medlemmer. Undersøgelsen viser, at 75 % af deltagerne i undersøgelsen har angivet, at deres virksomhed anvender digitale værktøjer til beregninger af kabeldimensionering.⁵¹ Ifølge respondenterne er de hyppigst anvendte digitale redskaber TEKNIQs dimensioneringsapp, PCSCHMATIC, samt andre uspecificerede digitale værktøjer. Herudover anvendes også Simaris fra Siemens, Ecodial Advance Calculation 5.5 fra Schneider Electric samt Febdok. Undersøgelsen er ikke udtømmende, og det må forventes, at der anvendes andre digitale redskaber i elbranchen end de nævnte her.

Anvendelsen af professionelle værktøjer forventes imidlertid at stige i omfang, hvis reglerne ændres. Dette kommer eksempelvis til udtryk ved, at der i løbet af 2018 er blevet introduceret flere nye digitale værktøjer på markedet, som gør det muligt at dimensionere og dokumentere elinstallationer efter HD-standarden. Det kan betyde øgede årlige omkostninger til anskaffelse, oplæring og brug af værktøjer. Omkostningerne til digitale værktøjer vil typisk relatere sig til virksomheden som helhed, hvorfor de behandles som virksomhedsspecifikke omkostninger i de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger.

⁴⁹ Se <https://www.pcschematic.com/DA/software/cabledim/cabledim.htm> og <http://www.tekniq.dk/videncenter/oversigt/medlemsorienting/2017/juli/ny-app-til-dimensionering-og-vejledning>

⁵⁰ Rambøll-interview med TEKNIQ den 9. juni 2018.

⁵¹ Kilde: Rambøll spørgeundersøgelse blandt TEKNIQs medlemmer. Antal besvarelser = 36. Resultater er derfor behæftet med usikkerhed.

Som tidligere nævnt findes der efter Rambølls bedste overbevisning ikke et værktøj, som på tilfredsstillende vis kan klare både dimensioneringen af hele installationen (kabler og føringsveje) og automatisk generere dokumentation. Det forudsættes, at denne type værktøjer vil blive udviklet i fremtiden, i takt med at efterspørgslen stiger. Datagrundlaget for opgørelsen af virksomhedsomkostninger til digitale værktøjer er derfor årlige licens- og investeringsomkostninger forbundet med eksisterende professionelle værktøjer på markedet baseret på desk research og spørgeskemabesvarelser fra medlemmer af TEKNIQ. Med basis i ovenstående anvender vi forudsætningerne i boksen nedenfor til at estimere virksomhedsudgifterne forbundet med anskaffelse af digitale værktøjer. Heri angives det, hvilke antagelser der testes i de efterfølgende følsomhedsberegninger i afsnit 7.3.

Boks 1: Forudsætninger og nøgletal i estimeringen af virksomhedsudgifter til digitale værktøjer

- Andelen af virksomheder i elinstallationsbranchen, der anvender digitale værktøjer (stort set udelukkende til projekteringsarbejdet), er 75 %. Hvis den danske særregel afskaffes, antages det derfor, at de resterende 25 % (svarende til lidt mere end 600 virksomheder) skal investere i digitale værktøjer, medmindre de selv udvikler eget værktøj (fx i Excel). Det vurderes dog, at særligt de mindre elinstallatører skal investere i et professionelt værktøj, da de vil have svært ved at udvikle deres eget.
- Anvendelsen af digitale værktøjer antages at være den samme i **HD-scenariet uden dokumentation** som i basisscenariet med SB6. Dette skyldes, at arbejdsgangene ifm. dimensioneringen af kabler og føringsveje er enslydende, idet der ikke foreligger dokumentation for installationen i disse scenarier.
- Virksomhedsudgifterne til digitale værktøjer opgøres i hhv. en engangsomkostning det første år samt løbende årlige licensgebyrer til digitale værktøjer. For de 25 % virksomheder, som ikke anvender værktøjer i dag, estimeres engangsudgiften ifb. med investeringen i værktøjet det første år til 6.300 kr. pr. licens. For alle virksomheder, som anvender digitale værktøjer, estimeres de løbende årlige licensgebyrer til at udgøre 4.700 kr. pr. licens. Der kan kun være én samtidig bruger pr. licens, hvorfor større virksomheder skal investere i flere licenser end mindre virksomheder. Det svarer til, at der i gennemsnit skal investeres i lidt mere end 5 licenser til digitale værktøjer pr. virksomhed.
- Det forudsættes, at de 75 % af virksomhederne, som bruger digitale redskaber i dimensioneringen i dag, fortsat vil bruge digitale redskaber til både dimensionerings- og dokumentationsarbejdet. Herudover antages det, at de 25 %, som ikke bruger værktøjer i dag, vil investere i digitale værktøjer, som kan bruges til dimensionering og dokumentation i scenariet **HD-standard med dokumentation med professionelt værktøj**. I scenariet **HD-standard med dokumentation med egenudviklet værktøj** antages det, at de 75 % af virksomhederne, som bruger digitale værktøjer i dimensioneringen i dag fortsat vil bruge de samme værktøjer (og dermed ikke vil have øgede udgifter dertil), mens de 25 %, som ikke bruger værktøjer i dag, vil anvende selvudviklede værktøjer. Udviklingsudgifterne til dette antages at være 19.700 kr. pr. virksomhed, svarende til lønudgifter for en rådgiver i 50 timer.

Opkvalificering af medarbejdere i standarderne samt anvendelse af digitale værktøjer

Regelændringerne kan derudover stille nye kompetencemæssige krav til elinstallatørerne, uanset om der anvendes digitale værktøjer eller ej. Dette kan skabe et behov for opkvalificering gennem deltagelse i kurser, både ift. dimensionering efter nye regler og standarder, men også ift. anvendelsen af digitale redskaber. Det er antageligvis de enkelte virksomheder, der forventes at bære disse omkostninger til opkvalificering af medarbejderne, dog med mulighed for at modtage tilskud fra eksempelvis Kompetenceudviklingsfonden i AMU-systemet.

Datagrundlaget for opgørelsen af virksomhedsomkostninger til opkvalificering af medarbejdere er baseret på desk research for det eksisterende udbud af kurser samt spørgeskemabesvarelser fra medlemmer af TEKNIQ. Relevante kurser er fundet på baggrund af kursusbeskrivelser fra udbydere.

Med basis i ovenstående anvender vi følgende forudsætninger for at estimere virksomhedsmkostningerne forbundet med opkvalificering af medarbejdere ifm. en eventuel afskaffelse af 75 %-reglen. Der er således udelukkende tal om engangsmkostninger.

Boks 2: Forudsætninger og nøgletal i estimeringen af virksomhedsudgifter til opkvalificering

- Det antages, at virksomhederne bærer en lønomkostning på 298 kr. pr. opkvalificeringstime, svarende til en elinstallatørs gennemsnitlige timeløn.

Opkvalificering af medarbejdere i nye regler og standarder

- Det antages pba. af spørgeskemabesvarelser, at 70 % af alle medarbejdere har brug for opkvalificering i de nye regler og standarder, hvis 75 %-reglen afskaffes, svarende til 6.663 elinstallatører.
- Det antages, at et gennemsnitligt kursus varer 10 timer, og at det koster 1.900 kr. pr. kursusdag (7,4 timer). Det antages desuden, at virksomhederne kan få tilskud fra Kompetenceudviklingsfonden på 400 kr. pr. medarbejder pr. kursusdag.
- Det antages derfor, at der samlet set skal bruges 66.630 elevtimer på opkvalificering i de nye regler. Til sammenligning blev der i 2017 i alt brugt ca. 30.500 elevtimer på efteruddannelse inden for tekniske installationer i elbranchen, jf. [AMU Kursusstatistik](#).
- De samlede udgifter til opkvalificering af medarbejdere i de nye regler estimeres til 13.267 kr. pr. virksomhed, hvoraf der går 7.893 kr. til udbetaling af løn, 6.808 kr. pr. virksomhed til kursusudgifter, mens hver virksomhed estimeres til at modtage et tilskud fra Kompetenceudviklingsfonden på 1.433 kr.

Opkvalificering af medarbejdere i anvendelse af digitale værktøjer

- Det forudsættes pba. af spørgeskemabesvarelser, at 46 % af alle medarbejdere i dag kan anvende digitale værktøjer. Eftersom 25 % af virksomhederne antages at skulle investere i digitale værktøjer ifm. omstillingen til HD-standarden, antages det, at antallet af medarbejdere, der fremadrettet vil skulle anvende digitale værktøjer, også stiger med 25 %. Således estimeres antallet af medarbejdere, der vil have behov for oplæring i et nyt værktøj at være 58 % af det samlede antal elinstallatører, svarende til 3.818 årsværk.
- Det antages, at et gennemsnitligt kursus varer 18 timer, og at det koster 3.100 kr. pr. kursusdag (7,4 timer). Det antages derfor, at der samlet set estimeres at skulle bruges ca. 99.350 timer på opkvalificering af medarbejdere i anvendelsen af nye digitale værktøjer.
- Estimatet for de samlede udgifter til opkvalificering udgør 13.530 kr. pr. medarbejder, hvoraf 7.300 kr. går til betaling af kursusudgifter og 6.230 kr. forudsættes at gå til udbetaling af løn.

7.1.2 Inddeling i løbende (varige) og (midlertidige) omstillingsomkostninger

I beregningen af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser skelnes mellem følgende omkostningstyper:

1. *Løbende (varige) efterlevelseskonsekvenser som følge af regelændringen*
2. *Midlertidige omstillingsomkostninger forbundet med omstillingen til HD-standarden.*

De løbende (varige) efterlevelseskonsekvenser består både af den tid (altså lønomkostninger), som virksomhederne bruger på at efterleve kravene i det nye regelsæt, og de (varige) køb virksomhederne må foretage ifm. efterlevelsen af kravene. De varige omkostninger omfatter således følgende omkostninger:

- Lønomkostninger, herunder til
 - projektering og dimensionering af elinstallationen
 - planlægning og montering af kabler og føringsveje
 - dokumentation af elinstallationen
- Materialeomkostninger (kabler og føringsveje)
- Licensomkostninger til digitale værktøjer til dimensionering og dokumentation.

Afdækningen af konsekvenser for materialeforbruget omfatter kun omkostninger til kabler og føringsveje, da den primære forskel mellem de forskellige projekteringsscenarier vil opstå ifm. disse

poster. De estimerede materialeomkostninger inkluderer således ikke omkostninger til eksempelvis eltavler, teknikrum m.m.

De midlertidige omstillingsomkostninger forbundet med overgangen til HD-standarden består af de engangsomkostninger, som virksomhederne har i omstillingsperioden fra det eksisterende til det nye regelsæt. De midlertidige omkostninger består af følgende:

- Omkostninger til opkvalificering af medarbejdere i det nye regelsæt, herunder
 - Lønomsomkostninger
 - Kursusomkostninger (fratrasket evt. tilskud)
- Omkostninger til opkvalificering af medarbejdere i anvendelse af digitale værktøjer, herunder
 - Lønomsomkostninger
 - Kursusomkostninger
- Investeringsomkostninger til digitale værktøjer til dimensionering og dokumentation.

7.1.3 Fastlæggelse af metode for opskalering og population (målgruppe)

I dette afsnit præsenteres metoden for opskalering af de casebaserede omkostningsestimater (jf. kapitel 4) til de samlede erhvervsøkonomiske konsekvenser på landsplan. Herudover fastlægges populationen, der berøres af en eventuel beslutning om at omlægge reglerne for dimensionering af elinstallationer. Jf. analysens afgrænsninger så omfatter de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger ikke elinstallationsopgaver forbundet med ændringer eller vedligeholdelse af eksisterende installationer. Ligeledes er analysen også afgrænset til kun at omfatte elinstallationer i erhvervsbyggerier, offentlige institutioner og lette industribyggerier. Analysen omfatter derimod projekteringer af nye installationer i nybyggeri samt udvidelser af eksisterende installationer for ovennævnte byggeriformer.

7.1.3.1 Metode for opskalering af de casebaserede estimater til samlede konsekvenser på landsplan

Til at opskalere de samlede konsekvenser for erhvervslivet på landsplan skal der fastsættes en metode til, hvordan de casebaserede estimater for tidsforbrug og materialeomkostninger (der er beregnet for ét byggerieksempel af typen erhvervsbyggeri/offentligt byggeri samt ét eksempel af typen let industri) opregnes til årlige omkostninger for elinstallationer i det samlede byggeri. Til dette formål anvendes statistikken for byggerivirksomheden, som er en opgørelse over den aktuelle byggeaktivitet, baseret på Bygnings- og Boligregistret (BBR).

Heri opgøres udviklingen i den samlede byggeaktivitet i form af det samlede etageareal (målt i kvadratmeter), inkl. tagetage, men ekskl. kælderareal, og det samlede boligbyggeri (målt i antal byggesager). Statistikken er baseret på kommunernes indberettede byggesager, hvor der er sket en tilgang i etageareal (kvadratmeter) og/eller antal boliger ifm. nybyggeri eller til- og ombygninger. De kommunale indberetninger til BBR er baseret på byggesagsbehandlingen, hvorfor byggerarbejder, der ikke kræver en byggesag, ikke indberettes. Da kælderarealet og byggesager, som ikke kræver indberetning, ikke er inkluderet i byggeristatistikken, er der en risiko for, at opskaleringen af de erhvervsøkonomiske konsekvenser ved brug af statistikken underestimerer de egentlige konsekvenser på landsplan. Rambøll vurderer dog, at dette ikke har nogen betydning for resultaterne, når konsekvenserne opgøres som netto-omkostninger (standardscenarie – basisscenarie). I opgørelsen på bruttoniveau vil de samlede omkostninger imidlertid formentlig være underestimerede.

Statistikken skelner mellem byggerivirksomheden efter følgende byggefaser:

- Tilladt byggeri, som er den kommunale bygningsmyndigheds tilladelse til at påbegynde et byggeri.
- Påbegyndt byggeri, som er et udtryk for den fysiske påbegyndelse af byggeriet.

- Fuldført byggeri, som er den byggeaktivitet, hvor der er udstedt enten ibrugtagningstilladelse, midlertidig ibrugtagningstilladelse, eller hvor byggeriet er konstateret fuldført, uanset om det foreligger en tilladelse til ibrugtagning.
- Byggeri under opførelse, som er en bestandsopgørelse af det byggeri, der er påbegyndt, men endnu ikke fuldført på et bestemt tidspunkt.

For at kunne opskalere til de samlede årlige erhvervsøkonomiske konsekvenser ifm. projektering og udførelse af elinstallationer har vi behov for en opgørelse over den årlige byggeaktivitet. Dette betyder, at vi enten skal anvende byggeaktiviteten målt som det tilladte, det påbegyndte eller det fuldførte byggeri i løbet af et helt kalenderår.

Ifølge Danmarks Statistik skal de nyeste tal for byggeaktivitet generelt benyttes med forbehold, da datagrundlaget er præget af stor usikkerhed. Usikkerheden skyldes markante forsinkelser i de kommunale indberetninger af byggesager til BBR. Danmarks Statistik skønner omfanget af forsinkelser vha. en estimationsmodel og korrigerer de indberettede byggesagstal for dette for de seneste 18 måneder. Skønnet er behæftet med usikkerhed, da der ikke er et fast mønster for forsinkelserne. Det gælder dog generelt, at statistikken for det fuldførte byggeri er mere pålidelige end for det påbegyndte byggeri, mens oplysninger om det samlede byggeareal (målt i kvadratmeter) er mere pålidelige end for antallet af boliger. Samtidig gælder det, at tallene for de seneste 18 måneder kan være underestimerede, da der stadig forekommer små revisioner i de indberettede tal op til 18 måneder efter indberetningstidspunktet.⁵²

Rambøll vurderer på baggrund af ovenstående og gennem dialog med Danmarks Statistik, at det er mest retvisende at bruge opgørelsen for det fuldførte byggeri i 2017. Da vi i vores beregninger er interesserede i at skelne mellem de erhvervsøkonomiske konsekvenser ved hhv. nye elinstallationer og udvidelser af eksisterende installationer, anvender vi byggeristatistikens inddeling i hhv. nybyggeri, tilbygninger og ombygninger. I beregningerne anvendes det byggede areal (målt i kvadratmeter) for nybyggeri og tilbygninger til at opskalere konsekvenserne ved nye installationer, mens det byggede areal for ombygninger anvendes til at opskalere konsekvenserne ved udvidelser af eksisterende installationer (jf. definitionerne i afsnit 2.3).⁵³ Dette gøres ved at gange det samlede etageareal (m²) for de casebaserede estimater, som er omregnet til omkostning i DKK pr. kvadratmeter, jf. Tabel 15 og Tabel 16.

Tabellen nedenfor viser statistikken for byggerivirksomheden i det fuldførte byggeri for 2017 fordelt på byggerityper. Statistikken opgør oprindeligt det fuldførte byggeri i 29 anvendelsesformer, som vi til brug i analysen har kategoriseret i fem byggetyper, jf. bilag 4. For oversigt over kategoriseringen. Som det fremgår af tabellen, udgør den samlede byggeaktivitet i det fuldførte byggeri i 2017 lidt mere end 9,8 mio. m² målt i etageareal, hvoraf etagearealet for erhvervsbyggerier, offentlige byggerier og lette industribyggerier udgør 58 %.

⁵² For mere information om statistikken for byggerivirksomheden, se [Statistikdokumentation for Byggevirksomheden 2018 2. kvartal](#).

⁵³ Statistikken for byggerivirksomheden er baseret på kommunernes indberettede byggesager, hvor der er sket en tilgang i etageareal (kvadratmeter) og/eller antal boliger ifm. nybyggeri eller til- og ombygninger. Mens der sker en tilgang i både areal og antal ved nybyggeri og tilbygninger, sker der (ganske naturligt) ikke en tilgang af areal ved ombygninger. Dette udgør en udfordring, når vi skal opskalere konsekvenserne for udvidelser af eksisterende installationer fra DKK pr. kvadratmeter til en samlet opgørelse på landsplan. For at løse dette har vi estimeret arealet, som er omfattet af ombygningerne, ved at gange det korrigerede antal af ombygninger i BYGV90 med den korrigerede gennemsnitlige arealtilgang for nybyggeri målt som forholdet mellem arealtilgangen i m² i BYGV80-tabellen og antallet af boliger i BYGV90-tabellen ($\text{antal ombygninger (BYGV90)} * \left(\frac{\text{arealtilgang i m}^2 \text{ ved nybyggeri (BYGV80)}}{\text{antal boliger i nybyggeri (BYGV90)}} \right)$). Dette gør vi ud fra den betragtning, at størrelsen på en gennemsnitlig udvidelse af en eksisterende installation er afhængig af den gennemsnitlige størrelse på den eksisterende installation (som oprindeligt er projekteret i nybyggeriet). Arealet ved ombygninger af tunge industribyggerier er 0, da antallet af nybyggede tunge industribyggerier var 0 i 2017 i BYGV22, som anvendes til inddeling i hhv. nybyggeri samt til- og ombygninger.

Tabel 17: Byggeaktivitet målt i m² i 2017 for fuldført byggeri, fordelt på byggerityper

| Byggeritype/ Anvendelsesform | Erhverv | Let industri | Tung industri | Boliger | Offentlig | Samlet byggeri |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Nye installationer | 995.668 | 1.218.007 | 117.772 | 3.663.527 | 403.291 | 6.398.265 |
| Nybyggeri | 827.484 | 949.245 | 111.823 | 3.250.498 | 317.129 | 5.456.178 |
| Tilbygning | 168.184 | 268.762 | 5.949 | 413.029 | 86.162 | 942.087 |
| Udvidelser af eksisterende installationer | 2.554.406 | 392.476 | - | 338.311 | 138.297 | 3.423.490 |
| Ombygning | 2.554.406 | 392.476 | - | 338.311 | 138.297 | 3.423.490 |
| Sum for byggeritype | 3.550.074 | 1.610.483 | 117.772 | 4.001.838 | 541.588 | 9.821.755 |
| %-andel af samlet byggeri | 36,1% | 16,4% | 1,2% | 40,7% | 5,5% | 100% |

Kilde: Statistikbankens tabel BYGV80 – Det samlede etageareal i m² (korrigeret for forsinkelser). Denne statistik opdeler det fuldførte byggeri i 29 anvendelsesformer. Til brug i nærværende analyse er disse blevet kategoriseret i hhv. erhverv, let industri, tung industri, boliger samt offentlige institutioner. De er desuden fordelt i hhv. nybyggeri samt til- og ombygninger ud fra fordelingen i tabel BYGV22 – Fuldført byggeri (ikke korrigeret for forsinkelser), da BYGV80 kun angives samlet.

Jf. afgrænsningerne i afsnit 2.2 medtages boliger og tunge industribyggerier ikke i analysen.⁵⁴ For at fastsætte, hvor stor en del af byggeriet, der skal anvendes i opskaleringen, kræver det en vurdering af, hvor stor en andel af det samlede antal installationer, der i dag dimensioneres efter hhv. SB6 og HD 60364.

TEKNIQ vurderer, at omkring 80 % af nye installationer sandsynligvis dimensioneres efter 75 %-reglen i dag, mens det er tilfældet for stort set alle udvidelser af eksisterende installationer (sjældne undtagelser ved meget veldokumenterede installationer). Dette skyldes ifølge TEKNIQ, at HD-standarden kun anvendes, hvis køberen af elinstallationen stiller specifikt krav herom. Dette er dog ikke særlig udbredt, da køberen i disse tilfælde vil skulle betale en højere pris for, at projekteringen og installationen følger standarderne. De resterende 20 % af de nye installationer omfatter primært større offshore- og industribyggerier, som er uden for analysens scope.⁵⁵

Opskalering af konsekvenser forbundet med nye installationer

Til at opskalere de erhvervsøkonomiske konsekvenser forbundet med nye installationer til landsplan anvendes hele det samlede etageareal (lidt over 2,6 mio. m²) for nybyggeri og tilbygninger, svarende til 46 % af det samlede byggeri for de omfattede byggeriformer (erhverv, offentlig og let industri) på ca. 5,7 mio. m², jf. tabellen ovenfor.⁵⁶ Denne procentandel stemmer overens med de erfaringsbaserede procentfordelinger, som TEKNIQ anvender i deres notat vedr. 75 %-reglen.⁵⁷

⁵⁴ Afgrænsningen udenom boliginstallationer er i tråd med den vurdering, som TEKNIQ gav Rambøll ved interview den 9. juni 2018 om at boliginstallationer bør behandles særskilt iht. debatten om afskaffelse af 75 %-reglen. Afgrænsningen udenom de tunge industribyggerier (eksempelvis sygehuse samt forsyningsværker) følger primært af, at kompleksiteten er højere for denne type byggerier, hvorfor det er langt sværere og behæftet med større usikkerhed at estimere omkostningerne forbundet hermed. Rambøll vurderer dog, at dette ikke har den store betydning for analysens resultater, dels fordi andelen af tungt industribyggeri ud af det samlede byggeri er meget lav, og dels fordi TEKNIQ vurderer, at denne type byggerier i et vist omfang i forvejen projekteres efter HD-standarden.

⁵⁵ Rambøll-interview med TEKNIQ den 9. juni 2018.

⁵⁶ Vi har spurgt TEKNIQs medlemmer i en spørgeskemaundersøgelse, hvor mange årlige projekteringer de foretager af hhv. nye elinstallationer og udvidelser af eksisterende. Baseret på svarene fra respondenterne udgør nye elinstallationer og udvidelser hhv. 36 % og 64 % af de samlede årlige projekteringer. Disse tal er dog behæftet med en betydelig grad af usikkerhed grundet lavt antal respondenter (N = 45).

⁵⁷ I TEKNIQs notat vedr. 75 %-reglen af 17.08.2017 antages, at 46 % af den samlede omsætning relaterer sig til installationsarbejde forbundet med nye installationer/tilbygninger. De resterende 54 % antages at relatere sig til arbejde ifb. med eksisterende installationer, herunder både vedr. materialeomsætning, service, vedligehold, reparationer og ændringer.

Opskalering af konsekvenser forbundet med udvidelser af eksisterende installationer

I opskaleringen af de erhvervsøkonomiske konsekvenser er den største udfordring håndteringen af udvidelser af eksisterende installationer. Udfordringen bunder i, at der er flere måder, hvorpå udvidelser af eksisterende installationer kan foretages. Når en eksisterende elinstallation udført efter SB6 med dansk 75 %-regel (hvilket gælder for langt størstedelen af de eksisterende installationer i dag) skal udvides ved brug af HD 60364, er der følgende fire muligheder, jf. Kapitel 4:

- A. Anvendelse af disponibel plads
- B. Etablering af nye føringsveje
- C. Kortlægning af den eksisterende installations føringsveje og kabler til vurdering af, hvor nye kabler kan fremføres sammen med eksisterende kabler
- D. Anvendelse af en 30 % belastningsgrad.

I udgangspunktet antager vi, at udvidelser med HD 60364 foretages efter mulighed C, hvorfor resultaterne i afsnit 7.2 afspejler denne antagelse. Dette er den mest omkostningstunge måde at foretage udvidelser på. Hvis mulighed C benyttes, så er det nødvendigt at foretage projekteringen af den eksisterende installation, udover projekteringsarbejdet for selve udvidelsen. Dette betyder, at arealet for de eksisterende byggerier, som udvides, skal lægges til det samlede areal for udvidelserne (ombygninger, jf. ovenfor), når vi skal opskalere konsekvenserne.

For at kunne fastlægge dette har vi anvendt statistikken for den samlede bygningsbestand i 2017 målt hhv. i antal bygninger (Statistikbankens tabel BYGB12) samt i etageareal (Statistikbankens tabel BYGB34). Estimeringen af arealstørrelsen for elinstallationerne i de eksisterende byggerier, hvor elinstallationer udvides, følger formelen nedenfor, hvor det korrigerede antal af ombygninger i det samlede byggeri i 2017 fra Statistikbankens tabel BYGV90 ganges med det gennemsnitlige areal for den eksisterende bygningsbestand:

$$(\text{antal ombygninger (BYGV90)}) * \left(\frac{\text{etageareal i m}^2 \text{ for bygningsbestand (BYGB34)}}{\text{antal boliger i bygningsbestand (BYGB12)}} \right)$$

Estimererne fremgår af tabellen nedenfor.

Tabel 18: Estimeret arealstørrelse for eksisterende bygninger, hvor elinstallationer udvides i 2017

| Anvendt statistik/ Estimerer | Erhverv | Let industri | Offentlig | Samlet byggeri for de omfattede byggerityper |
|---|----------------|-----------------|----------------|---|
| BYGB12: Antal bygninger | 94.719 | 534.714 | 56.264 | 685.697 |
| BYGB34: Bygningsareal (mio. m2) | 76 | 201 | 44 | 321 |
| Beregnet gns. bygningsareal (m2) pr. bygning | 802 | 375 | 779 | |
| BYGV90: Antal ombygninger | 260 | 42 | 171 | 473 |
| Estimeret areal for eksiste- rende bygninger, der udvi- des (m2) | 208.773 | 15.663 | 133.478 | 357.913 |

Kilde: Rambøll-beregninger baseret på data fra Statistikbanken.

Ved at gange det gns. arealstørrelse pr. bygning med antallet af ombygninger i 2017 estimeres etagearealet for de eksisterende bygninger, hvor disse ombygninger (udvidelser af elinstallationer) foretages. Tabellen nedenfor viser det samlede areal, som anvendes til opskalering af konsekvenser ved udvidelser, når den projekterende vælger at anvende mulighed C.

Tabel 19: Byggeaktivitet målt i m² i 2017 for fuldført byggeri samt for eksisterende bygninger, der udvides, fordelt på byggerityperne omfattet af analysen

| Byggeritype/ anvendelsesform | Erhverv | Let industri | Offentlig | Samlet byggeri for de omfattede byggerityper |
|--|------------------|------------------|----------------|---|
| Nye installationer | 995.668 | 1.218.007 | 403.291 | 2.616.966 |
| Nybyggeri | 827.484 | 949.245 | 317.129 | 2.093.858 |
| Tilbygning | 168.184 | 268.762 | 86.162 | 523.108 |
| Udvidelser af eksisterende installationer | 2.763.179 | 408.139 | 271.775 | 3.443.093 |
| Ombygning | 2.554.406 | 392.476 | 138.297 | 3.085.179 |
| Eksisterende bygning | 208.773 | 15.663 | 133.478 | 357.913 |
| Sum for byggeritype | 3.758.847 | 1.626.146 | 675.066 | 6.060.059 |

Kilde: Rambøll-beregninger baseret på data fra Statistikbanken.

Vi antager som sagt, at mulighed C benyttes som udgangspunkt for at foretage udvidelser af eksisterende installationer med HD 60364, som oprindeligt er projekteret med SB6. Til at opskalere de erhvervsøkonomiske konsekvenser forbundet med tidsforbrug på projektering og dokumentation af udvidelser af eksisterende installationer til landsplan anvendes derfor et samlet areal på knap 3,5 mio. m², hvoraf det estimerede etageareal for ombygninger udgør i alt ca. 3,1 mio. m², mens det estimerede etageareal for de eksisterende bygninger, som udvides, udgør ca. 360.000 m². Til opskalering af materialeomkostninger og tidsforbrug på udførelse af selve installationen anvendes udelukkende etagearealet for ombygninger.

FØLSOMHEDSBEREGNING B:

Resultaternes følsomhed over for størrelsen af det anvendte etageareal til opskalering testes i følsomhedsberegning B, hvor etagearealet ændres med +-5 % og 10 %. Resultaterne af følsomhedsberegningerne præsenteres i afsnit 7.3.

Hvis mulighed A, B eller D benyttes, så er det ikke nødvendigt for installatøren eller rådgiveren også at projektere den eksisterende installation. For at afspejle dette bør i stedet anvendes det samlede etageareal (knap 3,1 mio. m²) for ombygninger af de tre relevante byggerityper til opskalering af udvidelser af eksisterende installationer som angivet i tabellen ovenfor.

Omkostningerne pr. m² forbundet med tids- og materialeforbrug fra de casebaserede estimeringer, som er angivet i afsnit 7.1.1, anvendes både i beregningen af konsekvenser for nye installationer samt udvidelser af eksisterende installationer. Vi imødekommer således forskellen i at projektere og udføre hhv. nye installationer og udvidelser af eksisterende installationer ved at tage højde for, at konsekvenserne ved udvidelser afhænger af den valgte metode (A, B, C, eller D) herfor og ikke ved at differentiere mellem omkostningen pr. m².

FØLSOMHEDSBEREGNING C:

Resultaternes følsomhed ift. om udvidelser af eksisterende installationer foretages efter mulighed A, B eller D i stedet for mulighed C testes i følsomhedsberegning C. Resultaterne af følsomhedsberegningerne præsenteres i afsnit 7.3.

7.1.3.2 Fastlæggelse af population (målgruppe), der berøres af regelændringen

For at vurdere efterlevelseseffekterne for erhvervslivet af at afskaffe 75 %-reglen er det nødvendigt at klarlægge, hvem der er omfattet af regelændringerne. Den gruppe af virksomheder eller brancher, der påvirkes, benævnes *populationen* eller *målgruppen*. Målgruppen for opgørelsen

af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser ved at afskaffe 75 %-reglen er således virksomheder og beskæftigede i den danske elinstallatørbranche.

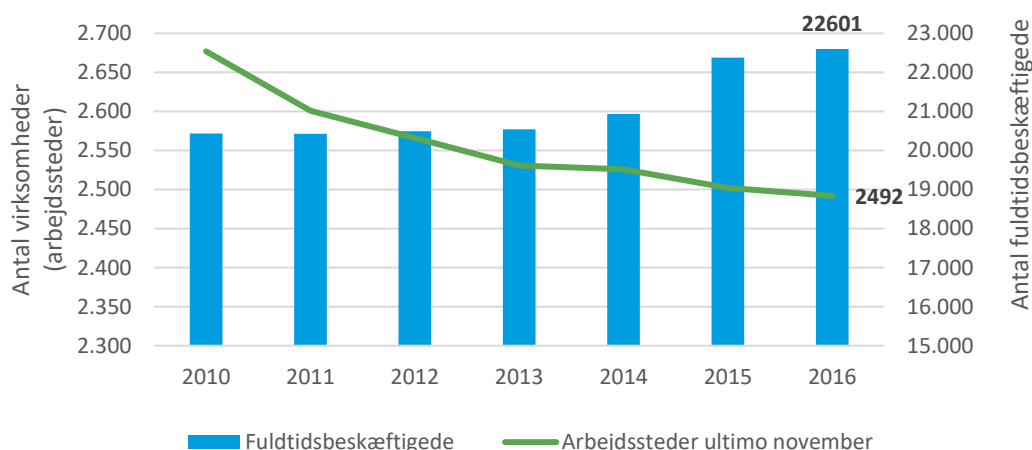
Fastgørelse af population af berørte virksomheder

Figuren nedenfor viser udviklingen i antallet af elinstallatørvirksomheder samt branchens beskæftigelse i perioden 2010-2016⁵⁸. Der er i 2016 185 virksomheder færre sammenlignet med 2010, hvilket svarer til et fald på knap 7 %. Ifølge EVM's vejledning bør populationen være et udtryk for et gennemsnitligt antal virksomheder, der berøres årligt. For at tage højde for eventuelle udsving i enkelte år skal populationen således fastlægges som et gennemsnit over en årrække. Som det fremgår af figuren, er udviklingen i antallet af virksomheder delvist stagneret over årene 2013-2016, mens der var stor tilbagegang i årene umiddelbart efter finanskrisen. Populationen for den erhvervsøkonomiske konsekvensvurdering fastsættes derfor som det gennemsnitligt antal virksomheder i perioden 2013-2016, svarende til 2.513 virksomheder.

FØLSOMHEDSBEREGNING D:

Resultaternes følsomhed over for størrelsen på virksomhedspopulationen testes i følsomhedsberegning D, hvor antallet af virksomheder ændres med +5 % og 10 %. Resultaterne af følsomhedsberegningerne præsenteres i afsnit 7.3.

Figur 21: Antal virksomheder og fuldtidsbeskæftigede i elinstallationsbranchen



Kilde: Statistikbankens tabel ERHV1 for "432100 Elinstallation". Antallet af virksomheder svarer til antal arbejdssteder ultimo november det pågældende år.

Fastlæggelse af population af berørte medarbejdere (elinstallatører)

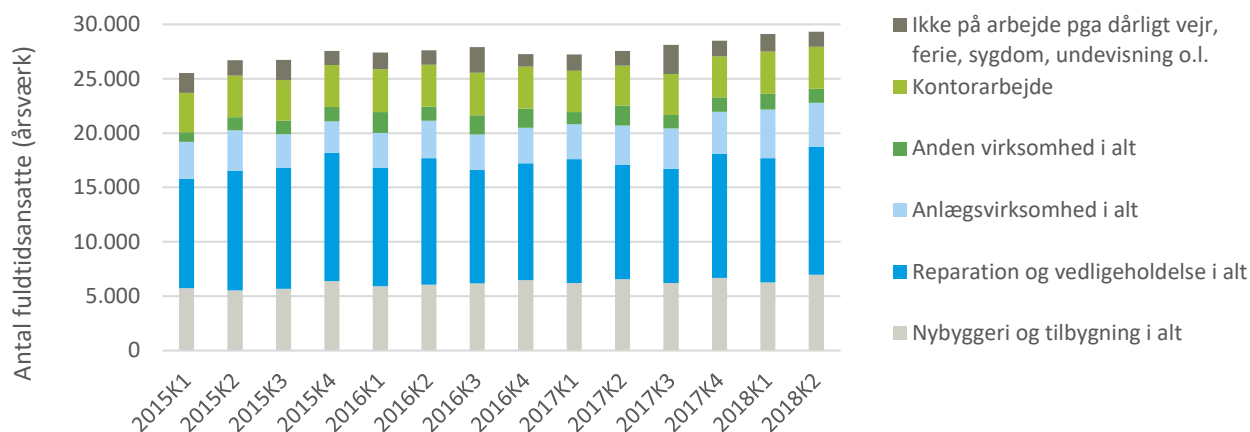
Over samme periode er beskæftigelsen steget med knap 11 %, særligt drevet af øget beskæftigelse fra 2014 til 2015. Den samlede beskæftigelse i branchen for elinstallationer er derfor ca. 22.600 fuldtidsansatte (årsværk). Det er imidlertid ikke alle årsværk, der beskæftiger sig med de arbejdsopgaver, som er beskrevet i arbejdsgangsbeskrivelserne i kapitel 4 (projektering og installation).

For at fastlægge antallet af installatører, der vil blive påvirket af regelændringen, anvendes statistik for andelen af den samlede beskæftigelse i elinstallationsbranchen. Dette fremgår af figuren nedenfor. Når vi fastlægger populationen af elinstallatører, så er det kun relevant at medtage ansatte, der beskæftiger sig med opgaver knyttet til nybyggeri og tilbygninger (nye installationer) samt ombygninger (udvidelser) af erhvervsbyggerier, offentlige institutioner og lette industribyggerier. Det er således ikke relevant at medtage ansatte, der beskæftiger sig med opgaver uden for analysens scope, eksempelvis anlægsvirksomhed, anden virksomhed eller kontorarbejde. Ansatte,

⁵⁸ Tallene for 2016 er de senest offentliggjorte i Statistikbanken.

der ikke er på arbejde pga. enten dårligt vejr, ferie, sygdom, undervisning o.l., inkluderes ligeledes ikke. Dette skyldes, at det ikke er muligt at fordele dem efter arbejdsart.⁵⁹

Figur 22: Faktisk antal ansatte i elinstallationsbranchen 2015-2018 fordelt efter arbejdsart



Kilde: Statistikbankens tabel BYG1 for branchen "43201 Elinstallation". Bemærk, at beskæftigelsen her opgøres som det faktiske antal ansatte og altså ikke som årsværk.

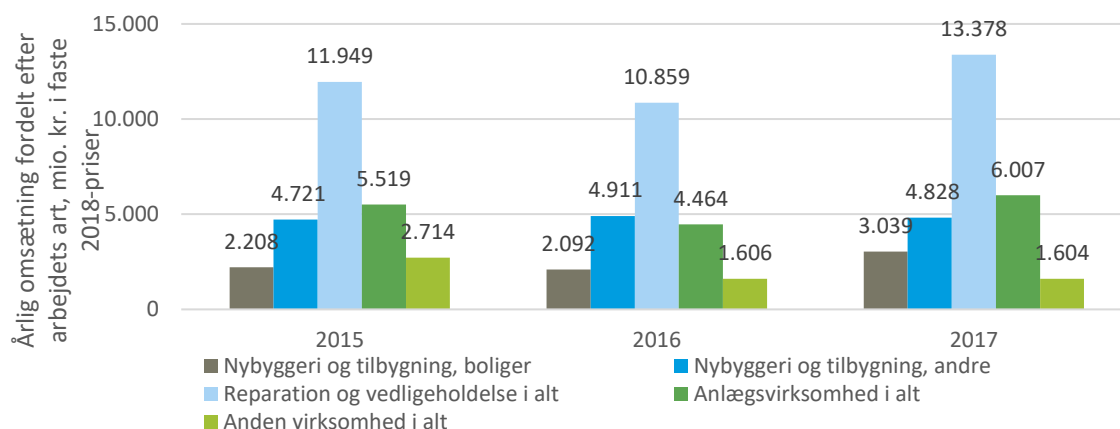
Vi anvender beskæftigede under arten "Nybyggeri og tilbygning i alt" til at fastsætte den relevante population af elinstallatører, der beskæftiger sig med nye installationer. Der er i gennemsnit 6.617 elinstallatører i det første halve år af 2018, som beskæftiger sig med nybyggeri og tilbygninger. Det fremgår dog ikke af statistikdokumentationen for BYG1, hvilken art der indeholder årsværk, som beskæftiger sig med ombygninger. Denne skal derfor i stedet estimeres.

Rambøll har modtaget indberetningsblanketten for BYGOMS2-tabellen fra Danmarks Statistik, som omfatter omsætning i bygge- og anlægsbranchen. Her fremgår det, at omsætningen knyttet til ombygninger er inkluderet under arten "Reparation, vedligeholdelse, renovering" med følgende beskrivelse: "Reparation, vedligeholdelse, renovering og **ombygningsarbejde**, hvor etagearealet ikke forøges samt værkstedsarbejde i forbindelse hermed."

For at kunne fastlægge beskæftigede knyttet til elinstallationsopgaver ifm. ombygninger (udvidelser) anvendes derfor tabel BYGOMS2. Figuren nedenfor viser den samlede omsætning i elinstallationsbranchen i perioden 2015-2017 i 2018-prisniveau. Branchen opnåede i 2017 en samlet omsætning på 28,9 mia. kr. i 2018-priser, hvoraf 46 % udgøres af omsætning forbundet med arbejdsarten "Reparation og vedligehold i alt".

⁵⁹ Det kan imidlertid argumenteres, at fravalget heraf vil underestimere den berørte population af medarbejdere. Rambøll vurderer dog, at dette ikke vil have den store betydning for de endelige resultater. Dette hænger sammen med, at virksomhedsomkostningerne, som opskales ved bl.a. at anvende populationsstørrelsen, kun udgør en lille del af de samlede erhvervsøkonomiske konsekvenser.

Figur 23: Årlig omsætning i elinstallationsbranchen efter arbejdsart



Kilde: Statistikbankens tabel BYGOMS2 for "432100 Elinstallation". Omregnet til 2018-priser med forbrugerprisindeks (PRIS113).

Denne arbejdsart kan yderligere inddeles i følgende underkategorier, hvor procentsatserne angiver andelen, som omsætningen i den enkelte underkategori udgør af den samlede omsætning i 2017 for "Reparation og vedligeholdelse i alt"⁶⁰:

Tablet 20: Fordeling af omsætning for arbejdsarten "Reparation og vedligeholdelse" i 2017

| Art og underkategorier | Andel af omsætningen i den samlede arbejdsart |
|--|---|
| Reparation og vedligeholdelse i alt | 100 % |
| heraf hovedreparation af boliger | 19 % |
| heraf hovedreparation af andre bygninger | 26 % |
| heraf vedligeholdelse af bolig | 21 % |
| heraf vedligeholdelse af andre bygninger | 35 % |

Kilde: Rambøll, baseret på Statistikbankens tabel BYGOMS2.

Ifølge Danmarks Statistik er den årlige omsætning for ombygninger omfattet af tallene for hovedreparationer. Da analysen er afgrænset til ikke at omfatte bolig- og anlægsinstallationer, kan omsætningen forbundet med "Hovedreparation af andre bygninger" anvendes til at estimere antallet af elinstallatører, der er beskæftiget med ombygninger.

Det bør dog noteres, at tallene for hovedreparationer af andre bygninger også omfatter omsætning knyttet til renovering, reparation og værkstedsarbejde. Den samlede omsætning for hovedreparation af andre ombygninger omfatter således udover udvidelser af eksisterende installationer også omsætning forbundet med udskiftning og ændringer af eksisterende installationer, som er uden for nærværende opgaves scope. Ikke desto mindre anvendes omsætningen til at bestemme målgruppen af elinstallatører, der beskæftiger sig med ombygninger (udvidelser).

Andre bygninger omfatter alle andre bygningstyper end bolig:

- Erhvervsbyggerier (fx kontorer)
- Offentlige byggerier (fx kontorer, institutioner, etc.)
- Let industri (fx avls- og driftsbygninger, fabrikker, værksteder eller kombi-byggeri med fx kontor og laboratorie)
- Tung industri (fx el-, gas-, vand- og varmeværker).

⁶⁰ Se [Statistikdokumentation for Omsætning i byggeri og anlæg 2017 4. kvartal](#) for flere detaljer.

I 2017 udgør omsætningen forbundet med "Hovedreparation af andre bygninger" 3.473 mio. kr. i 2018-prisniveau. Eftersom analysen ikke omfatter tunge industribyggerier, skal omsætning forbundet hermed trækkes fra dette beløb. Vi ved fra byggeristatistikken, at installationsopgaver i erhvervsbyggerier, offentlige byggerier samt lette industribyggerier udgør 58 % af den samlede fuldførte byggeriaktivitet. Tunge industribyggerier udgør "blot" 1,2 %. Det betyder, at andelen af omsætningen forbundet med hovedreparationer (ombygninger) af andre bygninger, som er knyttet til installationer i tunge industribyggerier, udgør 2,02 %⁶¹.

Ved at kombinere beskæftigelses- og omsætningsdata kan vi estimere antallet af installatører, som er beskæftiget med ombygninger vha. følgende formel:

$$\begin{aligned} & \text{Gns. antal beskæftigede i 2018 ved Reparation og vedligehold (11.600) *} \\ & \text{andel af omsætningen ifm. med hovedreparation af andre bygninger (26 \%) *} \\ & \text{forholdet mellem byggeri for erhverv, offentlig og let industri og byggeri for tung industri (1 - 0,202) =} \\ & \mathbf{2.950 \text{ beskæftigede ifm. ombygninger}} \end{aligned}$$

Antallet af beskæftigede, der kan knyttes til arbejdet forbundet med udvidelser af eksisterende installationer, er således 2.950 elinstallatører. Det samlede antal beskæftigede, som berøres af regelændringen, er derfor 9.567 elinstallatører i alt.

Populationstallene for antal virksomheder og beskæftigede anvendes i de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger til at beregne de samlede virksomhedsomkostninger relateret til opkvalificering af medarbejdere samt anskaffelse af digitale værktøjer.

FØLSOMHEDSBEREGNING E:

Resultaternes følsomhed over for størrelsen på medarbejderpopulationen testes i følsomhedsberegning E, hvor antallet af medarbejdere ændres med +-5 % og 10 %. Resultaterne af følsomhedsberegningerne præsenteres i afsnit 7.3.

7.2 Beregning af samlede efterlevelseskonsekvenser

Tabellen nedenfor viser resultaterne af de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger som **brutto**-omkostninger, mens den efterfølgende tabel viser resultaterne som **netto**-omkostninger (standardscenarie – basis). Netto-omkostningerne svarer til de erhvervsøkonomiske **mer**omkostninger ved at afskaffe 75 %-reglen sammenlignet med at fastholde 75 %-reglen. Alle værdier er angivet i 2018-prisniveau.

7.2.1 Løbende (varige) omkostninger

De løbende (varige) brutto-omkostninger ved dimensionering af elinstallationer i basisscenariet efter det nuværende regelsæt (SB6 med 75 %-reglen) estimeres samlet set til knap 2,3 mia. kr. i 2018-priser. Det svarer til 28 % af den samlede omsætning på 8,13 mia. kr. i elinstallationsbranchen ved nybyggeri og tilbygninger (4,83 mia. kr.) samt hovedreparationer (ombygninger 3,47 mia. kr.) af erhvervsbyggerier, offentlige byggerier samt lette industribyggerier.

⁶¹ Andelen er beregnet som følger: $1,2\% / (58\% + 1,2\%) = 2,02\%$.

Tabel 21: Resultater fra de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger, brutto-omkostninger

| BRUTTO-OMKOSTNINGER I 2018-PRISNIVEAU | | | | |
|---|----------------------------------|--|--|--|
| Årlige løbende omkostninger (mio. DKK) | Basisscena- rie - SB6 | Scenarie A: HD uden dokumen- tation | Scenarie B: HD med dokumen- tation (selvudviklet værktøj) | Scenarie C: HD med dokumen- tation (digitalt værktøj) |
| Lønomsotninger | 775 | 895 | 838 | 824 |
| Lønomsotninger ifb. med NYE installationer | 394 | 455 | 429 | 422 |
| Lønomsotninger ifb. med UDVIDELSER | 381 | 440 | 409 | 402 |
| Materialeomsotninger | 1481 | 1953 | 1752 | 1752 |
| Materialeomsotninger ifb. med NYE installationer | 741 | 990 | 897 | 897 |
| Materialeomsotninger ifb. med UDVIDELSER | 740 | 963 | 855 | 855 |
| Virksomhedsomsotninger | 46 | 46 | 46 | 62 |
| Årlige virksomhedsomsotninger til digitale værktøjer | 46 | 46 | 46 | 62 |
| Samlede årlige vedvarende omsotninger for nye installationer og udvidelser af eksisterende | 2303 | 2895 | 2636 | 2638 |
| Midlertidige omsotninger ifm. overgang (mio. DKK) | | | | |
| Engangsomsotninger til opkvalificering af medarbejdere i nyt regelsæt | 0 | 33 | 33 | 33 |
| Engangsomsotninger forbundet med anskaffelse af digitale værktøjer | 0 | 0 | 12 | 95 |
| Samlede midlertidige omsotninger ifm. overgang | 0 | 33 | 46 | 129 |

Kilde: Rambøll.

Resultaterne viser, at de årlige brutto-omkostninger forbundet med HD 60364 **uden** dokumentation er højere end omkostningerne forbundet med de to HD-scenarier **med** dokumentation. Således er de årlige brutto-omkostninger ved dimensionering med HD-standarden uden dokumentation 2,895 mia. kr., hvilket svarer til 36 % af den samlede omsætning i 2017. Hvis dimensioneringen i stedet foretages efter HD-standarden med dokumentation med enten et selvudviklet eller digitalt værktøj, så er der årlige omsotninger forbundet hermed svarende til hhv. 2,636 mia. kr. (32 % af totalen) og 2,638 mia. kr. (32 % af totalen).⁶²

⁶² Som nævnt tidligere er der en risiko for, at brutto-omkostningerne er underestimeret som følge af følgende usikkerheder. 1) Byggeristatistikken er behæftet med usikkerhed grundet forsinkelser i de kommunale byggesagsindberetninger. 2) Byggeristatistikken opgør det samlede etageareal ekskl. kælderareal og omfatter ikke byggesager, som ikke kræver indberetning. 3) De casebaserede estimeringer omfatter kun materialeomsotninger til kabler og føringsveje, mens omsotninger til tavler, teknikrumsplads, udstyr m.m. ikke er inkluderet. Herudover omfatter estimeringerne af tidsforbruget ikke et overhead til at dække virksomhedernes administrative omsotninger, som ikke direkte relaterer sig til den enkelte projektering. 4) Omsætningsstatistikken for hovedreparationer af andre bygninger omfatter omsætningen knyttet til renovering, reparation og værkstedsarbejde. Den samlede omsætning for hovedreparation af andre ombygninger omfatter således, udover udvidelser af eksisterende installationer, også omsætning forbundet med udskiftning og ændringer af eksisterende installationer, som er uden for nærværende opgaves scope. Den samlede omsætning forbundet med ombygningsarbejde, som de estimerede omsotninger skal holdes op imod, kan derfor i realiteten være lavere end de 8,13 mia. kr. Dermed kan de estimerede omsotninger som andel af den samlede omsætning i virkeligheden være højere.

De højere omkostninger ved HD-standarden uden dokumentation er både drevet af højere omkostninger til lønninger samt til materiale, som udgør hhv. 30,9 % og 67,5 % af de samlede omkostninger i dette scenarie. De resterende knap 1,6 % udgøres af virksomhedsomkostninger forbundet med årlige licensgebyrer til digitale værktøjer for de virksomheder, som i forvejen benytter digitale værktøjer i dimensioneringsarbejdet. I de to HD-scenarier med dokumentation udgør lønomkostningerne imellem 29,5 % og 31,2 % af de samlede omkostninger, mens materialeomkostningerne udgør ca. 66 %.⁶³ Lønomkostningerne er en anelse lavere, når den projekterende anvender et digitalt værktøj, da dette sparer tid i planlægningen af installationen sammenlignet med at anvende et selvudviklet værktøj (fx Excel).

Omkostninger forbundet med tids- og materialeforbrug fordeler sig stort set ligeligt imellem nye installationer og udvidelser af eksisterende installationer på tværs af både basisscenariet og de tre standardscenarier. Således udgør løn- og materialeomkostningerne forbundet med udvidelser i gns. 49-50 % af de samlede løn- og materialeomkostninger på tværs af scenarierne.

7.2.1.1 Løbende meromkostninger på kort sigt og forventet udvikling på længere sigt

Som det fremgår af tabellen nedenfor, er der årlige meromkostninger forbundet med **Scenarie A** (HD-standarden uden dokumentation) på 592 mio. kr., hvoraf 472 mio. kr. omfatter øget materialeforbrug og 120 mio. kr. omfatter øget tidsforbrug på projektering og udførelse af elinstallationer. Meromkostningerne forbundet med **Scenarie B** (HD-standarden med dokumentation med selvudviklet værktøj) og **Scenarie C** (HD-standarden med dokumentation med digitalt værktøj) er estimeret til hhv. 334 mio. kr. og 335 mio. kr. Materialeomkostningerne er ens i begge scenarier, mens meromkostningerne til løn er højere ved anvendelse af selvudviklet værktøj. I sidstnævnte scenarie er der til gengæld ekstraomkostninger på ca. 15. mio. kr. årligt forbundet med anskaffelse af digitale værktøjer.

Som beskrevet i afsnit 7.1.3.1 tager beregningen af de erhvervsøkonomiske konsekvenser forbundet med udvidelser af eksisterende installationer udgangspunkt i, at hele den eksisterende installation skal kortlægges. Dette medvirker til et øget tidsforbrug på projektering og dokumentation af den eksisterende installation. Som resultaterne viser, er meromkostningerne til løn imidlertid ikke markant højere ved udvidelser i de tre standardscenarier sammenlignet med basisscenariet med SB6.

Det gælder generelt på tværs af de tre standardscenarier, at materialeforbruget stiger på kort sigt sammenlignet med basisscenariet med SB6. Dette skyldes, at dimensioneringen efter HD-standarden medfører øgede kabeltværsnit, hvilket (for det meste) også resulterer i bredere føringsveje. Beregningen af materialeomkostningerne er imidlertid baseret på de nuværende priser for kabler og føringsveje på det danske marked, som tager udgangspunkt i, hvilke komponenter der oftest bruges i elinstallationer i dag. Udbuddet og prissætningen af disse komponenter bærer præg af, at danske elinstallationer i dag foretages efter 75 %-reglen. Hvis HD-standarden i stedet implementeres som projekteringsmetode, vil det sandsynligvis medføre prisændringer på det danske marked for de kabler og føringsveje, som elinstallatører ikke bruger i vidt omfang i dag, men som de vil substituere til fremadrettet. De estimerede materialeomkostninger vil derfor højst sandsynligt falde på længere sigt, i takt med at markedspriserne tilpasser sig efterspørgslen efter andre typer/størrelser af kabler og føringsveje.

⁶³ I TEKNIQs notat vedr. 75 %-reglen antages det, at omsætningen forbundet med nye installationer fordeler sig med 40 % til lønomkostninger og 60 % til materialer. Ved eksisterende installationer antages det, at omsætningen fordeler sig med 70 % til lønomkostninger og 30 % til materialer. Eftersom de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger i nærværende analyse ikke omfatter service og vedligehold eller ændringer af eksisterende installationer, som antageligvis er mere løntunge end materialetunge, er det ikke overraskende, at størstedelen af de estimerede omkostninger fordeler sig på materialer (ca. 66-67 %), mens lønomkostningerne står for ca. 30-31 %.

Tabel 22: Resultater fra de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger, netto-omkostninger

| NETTO-OMKOSTNINGER (SCENARIOE - BASIS) I 2018-PRISNIVEAU | | | |
|--|--|--|--|
| Årlige løbende meromkostninger (mio. DKK) | Scenario A: HD uden dokumentation | Scenario B: HD med dokumentation (selvudviklet værktøj) | Scenario C: HD med dokumentation (digitalt værktøj) |
| Lønomsomkostninger | 120 | 62 | 48 |
| Lønomsomkostninger ifb. med NYE installationer | 61 | 35 | 28 |
| Lønomsomkostninger ifb. med UDVIDELSER | 59 | 28 | 21 |
| Materialeomsomkostninger | 472 | 271 | 271 |
| Materialeomsomkostninger ifb. med NYE installationer | 249 | 157 | 157 |
| Materialeomsomkostninger ifb. med UDVIDELSER | 223 | 114 | 114 |
| Virksomhedsomsomkostninger | 0 | 0 | 15 |
| Årlige virksomhedsomsomkostninger til digitale værktøjer | 0 | 0 | 15 |
| Samlede årlige meromkostninger for nye installationer og udvidelser af eksisterende | 592 | 334 | 335 |
| Midlertidige meromkostninger ifm. overgang (mio. DKK) | | | |
| Engangsomsomkostninger til opkvalificering af medarbejdere i nyt regelsæt | 33 | 33 | 33 |
| Engangsomsomkostninger forbundet med anskaffelse af digitale værktøjer | 0 | 12 | 95 |
| Samlede midlertidige meromkostninger ifm. overgang | 33 | 46 | 129 |

Kilde: Rambøll.

Det gælder også generelt for de tre standardscenarier, at lønomsomkostningerne stiger på kort sigt, jf. tabellen ovenfor. I scenariet med HD-standard uden dokumentation skyldes det højere omkostninger i projekteringen og planlægningen af installationen, mens det i de to scenarier med HD-standard med dokumentation herudover skyldes øgede omkostninger til dokumentation. I sidstnævnte to scenarier sparer installatøren til gengæld tid i selve installationsfasen sammenlignet med HD-scenariet uden dokumentation, idet tidsforbruget på montering og planlægning er lavere. Dette følger af, at en øget anvendelse af digitale værktøjer har en positiv betydning for tidsforbruget i både dimensionerings- og dokumentationsfasen, idet digitalisering af disse arbejdsgange antageligvis øger produktiviteten.

Ifølge Arbejdsgiverne vil anvendelse af digitale værktøjer til dokumentation øge dynamikken i installationsprocessen.⁶⁴ Dette skyldes, at dokumentationen giver det nødvendige overblik over installationen, så det er muligt at foretage ændringer af kabelføringen ift. den oprindelige dimensionering. Samtidig er det muligt at genbruge dokumentationen for samme typer af projekteringer. Det kan eksempelvis tænkes, at dokumentationen ifm. dimensionering af en elinstallation i et standardkontorbyggeri i nogen grad vil kunne genanvendes næste gang, installatøren skal foretage en lignende projektering. Der vil således antageligvis være en engangsudgift forbundet med

⁶⁴ Rambøll interview med Arbejdsgiverne den 17. september 2018.

dokumentationen af nogle installationer, som kan genanvendes senere hen. Dette skaber synergieffekter til efterfølgende projekteringer, hvilket kommer til udtryk i form af produktivetsgevinster.

Rambøll vurderer derfor, at omkostningerne til øget dokumentation vil stige på kort sigt, hvis 75 %-reglen afskaffes. I takt med at digitale værktøjer også vinder indpas i dokumentationen af installationer, vil omkostningerne sandsynligvis falde som følge af øget produktivitet. Dette er samtidig med til at styrke konkurrenceevnen for danske elinstallatører. Produktivetsstigningerne er ikke inkluderet i opgørelsen af erhvervsøkonomiske konsekvenser grundet for stor usikkerhed samt manglende datagrundlag. Det betyder, at de estimerede konsekvenser ovenfor formentlig er overestimerede på længere sigt.

Endelig forventes omkostningerne til projektering og dokumentation (af særligt udvidelser af eksisterende installationer) at falde på længere sigt, i takt med at populationen af eksisterende elinstallationer konverteres til HD-standarden. I takt med at der foreligger fuld dokumentation for flere og flere eksisterende installationer, vil udvidelser og ændringer kunne foretages med betydelige besparelser sammenlignet med den nuværende situation. Eftersom den gennemsnitlige forventede levetid for kabler er 30 år ved dimensionering efter HD-standarden, vurderes horisonten for den fulde realisering af ovenstående fordele og besparelser at være et sted mellem 30 og 50 år. Fordelene vil dog opstå løbende, i takt med at flere og flere installationer projekteres efter standarderne.

Tabel 23: Resultater fra de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger, gennemsnitlige netto-omkostninger pr. virksomhed

| NETTO-OMKOSTNINGER (SCENARIOE - BASIS) I 2018-PRISNIVEAU | | | |
|---|--|--|--|
| Årlige løbende (varige) meromkostninger (DKK) | Scenario A: HD uden dokumentation | Scenario B: HD med dokumentation (egenudviklet værktøj) | Scenario C: HD med dokumentation (digitalt værktøj) |
| Lønudgifter | 47.657 | 24.790 | 19.297 |
| Lønudgifter ifb. med NYE installationer | 24.272 | 13.745 | 10.959 |
| Lønudgifter ifb. med UDVIDELSER | 23.384 | 11.045 | 8.338 |
| Materialeudgifter | 187.992 | 107.926 | 107.926 |
| Materialeudgifter ifb. med NYE installationer | 99.250 | 62.429 | 62.429 |
| Materialeudgifter ifb. med UDVIDELSER | 88.742 | 45.497 | 45.497 |
| Virksomhedsudgifter | 0 | 0 | 6.144 |
| Årlige virksomhedsudgifter til digitale værktøjer | 0 | 0 | 6.144 |
| Samlede årlige vedvarende meromkostninger for nye installationer og udvidelser af eksisterende | 235.648 | 132.715 | 133.366 |
| Midlertidige meromkostninger ifm. overgang (mio. DKK) | 0 | 0 | 0 |
| Engangsudgifter til opkvalificering af medarbejdere i nyt regelsæt | 13.267 | 13.267 | 13.267 |
| Engangsudgifter forbundet med anskaffelse af digitale værktøjer | 0 | 4.925 | 37.954 |
| Samlede midlertidige meromkostninger ifm. overgang | 13.267 | 18.192 | 51.221 |

For at tydeliggøre de mulige omkostninger ved en afskaffelse af 75 %-reglen er der foretaget beregninger af de gennemsnitlige nettoudgifter på virksomhedsniveau, se tabellen ovenfor. Her er der taget udgangspunkt i Danmarks Statistiks opgørelser af virksomheder i branchen. For at opnå et retvisende tal er der beregnet et gennemsnit af antal virksomheder over årene 2013-2016. Herved fremkommer et gennemsnitligt antal virksomheder på 2.513.

Som det fremgår af ovenstående tabel, er der beregnet varige årlige virksomhedsomkostninger på ca. 133.000 kr. ved begge HD-scenarier med dokumentation, når det sammenholdes med SB6. Ved HD-scenariet uden dokumentation er de varige omkostninger ca. 235.000 kr. Derudover vil der være engangsomkostninger ved en eventuel afskaffelse af 75 %-reglen mellem ca. 13.000 kr. og 51.000 kr.

Det skal understreges, at de beregnede omkostninger på virksomhedsniveau er gennemsnitsbetragtninger. De reelle virksomhedsspecifikke omkostninger vil variere betydeligt for den enkelte virksomhed. Det gælder eksempelvis for omkostningerne, at de må forventes at være proportionelle med virksomhedsstørrelsen, da de store virksomheder foretager flere installationer og beskæftiger flere medarbejdere. Derfor må det forventes, at små og mellemstore aktører vil opleve betydeligt lavere omkostninger end dem, der fremgår af beregningerne. Omkostninger vil ligeledes variere betydeligt efter virksomhedens opgaveportefølje. Hvis der i virksomheden primært foretages udvidelser, vil omkostningerne også være betydeligt lavere end den beregnede værdi.

7.2.2 Midlertidige omkostninger ifm. med omstillingen til nye regler

De midlertidige omstillingsomkostninger består af engangsomkostninger forbundet med opkvalificering af medarbejdere i de nye regler samt ifm. anskaffelse/udvikling af og oplæring af medarbejdere i anvendelse af digitale værktøjer.

Det antages, at omkostningerne til opkvalificering af medarbejdere i de nye regler og standarder er ens på tværs af de tre standardscenarier. De estimeres af således at udgøre 33 mio. kr. i alt.

Engangsomkostningerne ifm. overgangen er markant højere i scenariet HD-standarden med dokumentation med digitale værktøjer sammenlignet med de to andre HD-scenarier. Det hænger sammen med, at de virksomheder, som ikke anvender digitale værktøjer i dag, antages at skulle investere i sådanne fremadrettet. I den forbindelse forventes det samtidig, at flere medarbejdere skal oplæres i at anvende digitale værktøjer. De medarbejdere, som i dag anvender digitale værktøjer (primært til dimensionering), antages således at skulle oplæres i værktøjer, der også kan bruges til dokumentationsarbejdet. Samtidig skal centrale medarbejdere i de virksomheder, som ikke anvender digitale værktøjer i dag, oplæres heri. De samlede engangsomkostninger forbundet med anskaffelse af digitale værktøjer udgør 95 mio. kr.

Det bør noteres, at vi ikke antager, at alle medarbejdere har behov for oplæring i at anvende digitale værktøjer. Dette hænger sammen med, at ikke alle medarbejdere forestår projekterings- og dokumentationsarbejdet. Installatører, som i dag kun foretager selve udførelsen af installationen, forventes ligeledes at kunne fortsætte med det fremadrettet.

I HD-scenariet med dokumentation med selvudviklet værktøjer antager vi, at der medfølger nogle omkostninger til udvikling af disse værktøjer for de virksomheder, som ikke anvender værktøjer i dag. Disse omkostninger estimeres til 12 mio. kr.

De samlede midlertidige meromkostninger udgør dermed 33 mio. kr. i HD-scenariet uden dokumentation, 46 mio. kr. i HD-scenariet med dokumentation med selvudviklet værktøj og 129 mio. kr. i HD-scenariet med dokumentation med digitalt værktøj. Eftersom disse omkostninger kun optræder én gang i forbindelse med omstillingen til det nye regelsæt, vurderes de ikke at være af stor betydning i den samlede vurdering af de erhvervsøkonomiske konsekvenser.

7.2.3 Sammenfatning af beregningen af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser

Resultaterne af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger viser, at indførelsen af HD 60364 til dimensionering af elinstallationer i stedet for SB6 vil medføre øgede *administrative og øvrige efterlevelseseffekter* på kort sigt både med og uden krav om dokumentation. Analysen skelner imellem hhv. løbende (varige) konsekvenser og midlertidige omstillingskonsekvenser.

- **Skatter, afgifter, tilskud mv.:** Der vurderes ikke at være nogen påvirkning af skatter, afgifter, tilskud mv. ved en eventuel afskaffelse af 75 %-reglen.
- **Administrative efterlevelseseffekter (varige):** De løbende og varige administrative konsekvenser omfatter primært øget tidsforbrug på planlægning og montering af føringsveje og kabler i selve installationsfasen, mens det i scenarierne med HD-standarden med dokumentation også omfatter øget tidsforbrug på dokumentation. De administrative konsekvenser vurderes at være højest i scenariet med HD-standarden uden dokumentation, mens de er lavest i de to scenarier med HD-standarden med dokumentation. Dette skyldes, at den manglende dokumentation i førstnævnte scenarie medfører øget tidsforbrug i selve udførelsen af installationen, fordi den udførende installatør ikke har et dokumenteret overblik over den projekterede installation.
- **Administrative efterlevelseseffekter (midlertidige):** De midlertidige administrative omstillingskonsekvenser består af øget tidsforbrug på opkvalificering af medarbejdere i de nye regler i standardsamlingen, samt i anvendelse af digitale værktøjer til dimensionering

og dokumentation efter HD-standarden. Omkostningerne er højest i scenariet med HD-standard med dokumentation med professionelle digitale værktøjer. Dette skyldes, at der kun er meromkostninger til opkvalificering i anvendelse af digitale værktøjer i dette scenarie, mens omkostningerne til opkvalificering i de nye regler vurderes at være ens uagtet, om der stilles krav til dokumentation eller ej.

- **Øvrige efterlevelsedomkostninger (varige):** Øvrige og varige efterlevelsedomkostninger omfatter primært øget materialeforbrug til føringsveje og kabler. Materialeforbruget vurderes at være størst i scenariet med HD-standard uden dokumentation, mens de er ens i de to scenarier med HD-standard med dokumentation. Dette skyldes, at den projekterende installatør eller rådgiver i førstnævnte scenarie ikke kan optimere elinstallationen uden et dokumenteret overblik over hele installationen. Dette medfører med andre ord, at der i højere grad anvendes bredere føringsveje og/eller kabler, sammenlignet med de to HD-scenarier med dokumentation. Udover de øgede materialeomkostninger i alle tre scenarier, estimeres der også øgede meromkostninger til anskaffelse af licenser til digitale værktøjer i scenariet med HD-standard med dokumentation ved brug af (professionelle) digitale værktøjer.
- **Øvrige efterlevelsedomkostninger (midlertidige):** De midlertidige øvrige efterlevelsedomkostninger udgøres af engangsomkostninger forbundet med anskaffelse eller udvikling af digitale værktøjer til dimensionering og dokumentation af elinstallationer efter HD-standarden. Omkostningerne vurderes at være højest i scenariet med HD-standard med dokumentation ved brug af (professionelle) digitale værktøjer. Dette hænger sammen med, at det vurderes at være dyrere at købe licenser til de professionelle værktøjer, sammenlignet med omkostningerne til selvudviklede værktøjer i den enkelte virksomhed. Det bør dog i den forbindelse noteres, at ikke alle elinstallatørvirksomheder vil have de nødvendige kompetencer til selv at udvikle den slags værktøjer, mens mulighederne for øget produktivitet sandsynligvis også er højere ved anvendelse af professionelle digitale værktøjer. Der vurderes ikke at være midlertidige øvrige efterlevelsedomkostninger ved indførelse af HD-standarden uden dokumentation.

På længere sigt vurderes de varige administrative og øvrige efterlevelsedomkostninger forbundet med materiale- og tidsforbrug at falde, særligt i scenariet HD med dokumentation med anvendelse af professionelle digitale værktøjer. Dette skyldes, at der forventeligt vil opstå produktivetsgevinster som følge af, at der foreligger komplet dokumentation over en større og større andel af den samlede population af elinstallationer. Samtidig vil det også være muligt at genbruge dokumentation for elinstallationer af samme type.

Med udgangspunkt i beregningerne i nærværende afsnit, vurderes HD 60364 med dokumentation med professionelle digitale værktøjer derfor som det bedste alternativ ud fra et økonomisk perspektiv, hvis 75 %-reglen skal afskaffes.

7.3 Følsomhedsberegninger af centrale parametre

Formålet med følsomhedsberegningerne er at teste resultaternes følsomhed ved ændringer i centrale parametre/antagelser. Resultaterne af følsomhedsberegningerne vises som de varige nettoomkostninger samt den procentvise ændring sammenlignet med hovedresultaterne i afsnit 7.2.

7.3.1 Følsomhedsberegning A: Ændringer i estimerede materiale- og arbejdstidsomkostninger

Resultaternes følsomhed over for ændringer i de estimerede materiale- og arbejdstidsomkostninger testes i følsomhedsberegning A, hvor omkostningerne ændres med $\pm 5\%$ og 10% . Udfaldet af følsomhedsberegningerne fremgår af tabellen nedenfor.

Tabel 24: Følsomhedsberegning A: Ændringer i estimater for materiale- og arbejdstidsomkostninger

| Samlede løbende netto-omkostninger, mio. kr. ved følsomhed | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|
| Projektscenarie/ Følsomhed | Scenarie A: HD uden dokumentation | Scenarie B: HD med do- kumentation (selvud- viklet værktøj) | Scenarie C: HD med do- kumentation (digitalt værktøj) |
| - 10 % | 533 | 300 | 303 |
| - 5 % | 563 | 317 | 319 |
| + 5 % | 622 | 350 | 351 |
| + 10 % | 651 | 367 | 367 |

Kilde: Rambøll.

Hvis de casebaserede estimater for materiale- og arbejdstidsomkostningerne ændres med +/- 5-10 %, så ændres de samlede netto-omkostninger ligeledes med +/- 5-10 %. Ved at ændre på estimaterne befinder netto-omkostningerne ved HD-standarden uden dokumentation sig indenfor intervallet 533 mio. kr. til 651 mio. kr. For HD-standarden med dokumentation med hhv. selvudviklet og digitalt værktøj befinder nettoomkostningerne sig hhv. indenfor et interval på 300-367 mio. kr. og 303-367 mio. kr.

7.3.2 Følsomhedsberegning B: Ændring i størrelsen på etageareal til opskalering til landsplan

Resultaternes følsomhed over for størrelsen af det anvendte etageareal til opskalering testes i følsomhedsberegning B, hvor etagearealet ændres med +/- 5 % og 10 %. Udfaldet vises i tabellen nedenfor.

Tabel 25: Følsomhedsberegning B: Ændringer i størrelsen på etageareal til opskalering til landsplan

| Samlede løbende netto-omkostninger, mio. kr. ved følsomhed | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|
| Projektscenarie/ Følsomhed | Scenarie A: HD uden dokumentation | Scenarie B: HD med do- kumentation (selvud- viklet værktøj) | Scenarie C: HD med do- kumentation (digitalt værktøj) |
| - 10 % | 533 | 300 | 303 |
| - 5 % | 563 | 317 | 319 |
| + 5 % | 622 | 350 | 351 |
| + 10 % | 651 | 367 | 367 |

Kilde: Rambøll.

Ligesom i følsomhedsberegning A, så omsættes en %-ændring i etagearealet, der anvendes i opskalering en-til-en i en %-ændring i netto-omkostningerne af samme størrelse. Ved at ændre på etagearealet befinder netto-omkostningerne ved HD-standarden uden dokumentation sig derfor igen indenfor intervallet 533 mio. kr. til 651 mio. kr. For HD-standarden med dokumentation med hhv. selvudviklet og digitalt værktøj befinder nettoomkostningerne sig hhv. indenfor et interval på 300-367 mio. kr. og 303-367 mio. kr.

7.3.3 Følsomhedsberegning C: Ændring i metode for udførelse af udvidelser efter HD 60364

Resultaternes følsomhed ift. om udvidelser af eksisterende installationer foretages efter mulighed A, B eller D i stedet for mulighed C testes i følsomhedsberegning C. Resultaterne af følsomhedsberegningen fremgår af tabellen nedenfor.

Tabel 26: Følsomhedsberegning C: Ændring i metode for udførelse af udvidelser efter HD 60364

| Samlede løbende netto-omkostninger, mio. kr. ved følsomhed (%-ændring ift. hovedresultater) | | | |
|---|--------------------------------------|---|---|
| Projektscenarie/ Følsomhed | Scenarie A: HD uden dokumentation | Scenarie B: HD med do- kumentation (selvud- viklet værktøj) | Scenarie C: HD med do- kumentation (digitalt værktøj) |
| Anvendelse af mulig- hed A, B eller D til udvidelse af eksiste- rende installation frem for C | 591 (-0,1 %) | 332 (-0,5 %) | 334 (-0,3 %) |

Kilde: Rambøll.

Hvorvidt etagearealet for de eksisterende installationer, der udvides, medtages i beregningen af arbejdstidsomkostninger, har meget lille betydning for de endelige resultater. Således påvirkes de varige netto-omkostninger kun med mellem -0,5 % og -0,1 %, når udvidelser foretages uden at kortlægge den eksisterende installation. Den meget lave følsomhed over for dette metodevalg hænger sammen med, at arbejdstidsomkostningerne til projektering og dokumentation kun udgør en meget lille andel af de samlede lønomkostninger. For HD-standarden uden dokumentation udgør disse omkostninger 1,6 %, mens de udgør hhv. 3,5 % og 2,2 % af de samlede lønomkostninger for HD-standarden med dokumentation hhv. med selvudviklet og digitalt værktøj.

7.3.4 Følsomhedsberegning D: Ændring i størrelsen på virksomhedspopulationen

Resultaternes følsomhed over for ændringer i størrelsen på virksomhedspopulationen testes i følsomhedsberegning D, hvor antallet af virksomheder ændres med +-5 % og 10 %. Følsomhedsresultaterne præsenteres i tabellen nedenfor. Scenarie A (HD-standarden med dokumentation) fremgår ikke, da påvirkningen herpå udlignes fuldt ud af påvirkningen i basisscenariet. Netto-effekten er dermed nul.

Tabel 27: Følsomhedsberegning D: Ændringer i størrelsen på virksomhedspopulationen

| Samlede løbende netto-omkostninger/midlertidige omstillingsomkostninger, mio. kr. ved følsomhed | | |
|---|--|--|
| Projektscenarie/ Følsomhed | Scenarie B: HD med dokumentation (selvudviklet værktøj) | Scenarie C: HD med dokumentation (digitalt værktøj) |
| - 10 % | 334 / 44 | 334 / 127 |
| - 5 % | 334 / 45 | 334 / 128 |
| + 5 % | 334 / 46 | 336 / 130 |
| + 10 % | 334 / 47 | 337 / 131 |

Kilde: Rambøll.

De løbende og midlertidige netto-omkostninger responderer stort set ikke, når antallet af berørte virksomheder ændres med +- 5-10 %. Dette hænger sammen med, at omkostningerne primært vedrører virksomhedsomkostningerne til opkvalificering og anskaffelse af digitale værktøjer, som kun udgør en lille bestanddel af de samlede omkostninger. Det er således heller ikke overraskende, at det særligt er Scenarie C (HD-standarden med dokumentation med digitalt værktøj), som (dog kun i begrænset omfang) påvirkes i nærværende følsomhedsberegning.

7.3.5 Følsomhedsberegning E: Ændringer i størrelsen på medarbejderpopulationen

Resultaternes følsomhed over for størrelsen på medarbejderpopulationen testes i følsomhedsberegning E, hvor antallet af medarbejdere ændres med +-5 % og 10 %. Udfaldet fremgår at tabellen nedenfor. Læg mærke til, at det her er følsomheden af de midlertidige omstillingsomkostninger, der testes.

Tabel 28: Følsomhedsberegning E: Ændringer i størrelsen på medarbejderpopulationen

| Samlede netto-omstillingsomkostninger, mio. kr. ved følsomhed (%-ændring ift. hovedresultater) | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|
| Projektscenarie/ Følsomhed | Scenarie A: HD uden dokumentation | Scenarie B: HD med do- kumentation (selvud- viklet værktøj) | Scenarie C: HD med do- kumentation (digitalt værktøj) |
| - 10 % | 30 (-10 %) | 42 (-8,1 %) | 118 (-8,3 %) |
| - 5 % | 32 (-4 %) | 44 (-3,8 %) | 123 (-4,4 %) |
| + 5 % | 35 (5 %) | 47 (2,8 %) | 134 (4,1 %) |
| + 10 % | 37 (11 %) | 49 (7,2 %) | 140 (8,8 %) |

Kilde: Rambøll.

De midlertidige netto-omstillingsomkostninger er mest følsomme i Scenarie A (HD-standarden uden dokumentation), hvor en %-ændring i størrelsen på medarbejderpopulationen stort set omsætter en-til-en som %-ændring i netto-omstillingsomkostningerne. Ud af de tre standardscenarier er omkostningerne i Scenarie B (HD-standarden med dokumentation med selvudviklet værktøj) mindst følsomme over for ændringer i antallet af elinstallatører. Her omsættes eksempelvis en stigning på 10 % i antallet af elinstallatører til en stigning på 7,2 % i de midlertidige omkostninger til opkvalificering af medarbejdere.

7.3.6 Sammenfatning af resultater fra følsomhedsberegningerne

I de foregående afsnit har vi testet følsomheden af en række centrale parametre i beregningen af de erhvervsøkonomiske konsekvenser. Resultaterne af følsomhedsberegningerne kan opsummeres som følger:

- Følsomhedsberegninger A og B:** De erhvervsøkonomiske konsekvenser er følsomme over for ændringer i de casebaserede materiale- og arbejdstidsomkostninger samt over for ændringer i størrelsen på etagearealet, der anvendes til opskalering. Procentvise ændringer i disse parametre omsættes en-til-en som højere/lavere årlige netto-omkostninger.
- Følsomhedsberegning C:** De erhvervsøkonomiske konsekvenser er ikke følsomme over for den valgte metode for udvidelse af eksisterende installationer efter HD-standarden. Således påvirkes de løbende årlige netto-omkostninger maksimalt med -0,5 %, hvis udvidelser antages at blive gennemført ved mulighed A, B eller D frem for mulighed C, jf. afsnit 7.1.3.1.
- Følsomhedsberegning D:** De erhvervsøkonomiske konsekvenser er ikke følsomme over for ændringer i størrelsen på populationen af berørte virksomheder. Dette hænger sammen med, at dette parameter primært vedrører virksomhedsomkostningerne til opkvalificering og anskaffelse af digitale værktøjer, som kun udgør en lille bestanddel af de samlede omkostninger.
- Følsomhedsberegning E:** De erhvervsøkonomiske konsekvenser i form af midlertidige omstillingsomkostninger er følsomme over for ændringer i størrelsen på populationen af berørte medarbejdere (elinstallatører). Ud af de tre standardscenarier er de midlertidige omstillingsomkostninger mest følsomme ved HD-standarden uden dokumentation, mens de er mindst følsomme ved HD-standarden med dokumentation med selvudviklet værktøj.

Vi kan samlet set konkludere, at resultaterne er robuste over for ændringer i centrale parametre. Selv om størrelsen på omkostningerne er følsom over for ændringer i nogle parametre (følsomhed A og B), så ændres forholdet mellem de estimerede erhvervsøkonomiske konsekvenser i de tre scenarier ikke.

7.4 Adfærdspåvirkninger for berørte virksomheder

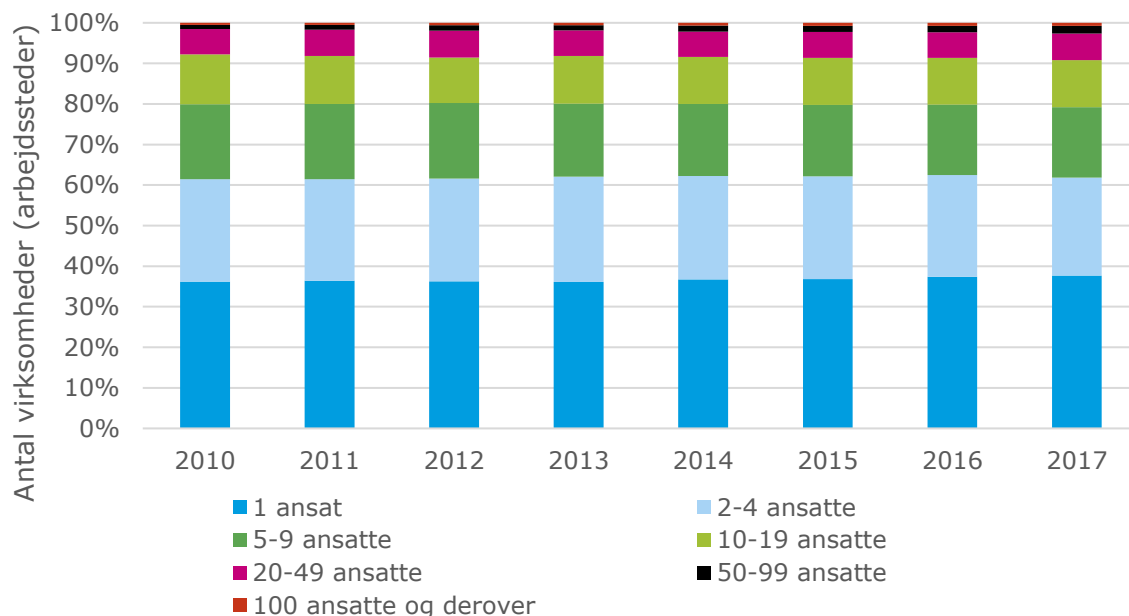
I tillæg til de direkte konsekvenser kommer eventuelle adfærdsændringer blandt de berørte virksomheder som følge af de direkte konsekvenser ved afskaffelse af 75 %-reglen. Disse adfærdsændringer omfatter eksempelvis effekter på produktions- og konkurrenceforhold, og de belyses i de følgende afsnit gennem kvalitative beskrivelser og vurderinger. En ændring i arbejdsgange og/eller omkostninger til og anvendelse af materiale har betydning for virksomhedens produktions- og driftsomkostninger og derved konkurrenceevne, hvilket på nationalt niveau kan betyde en påvirkning af markedskonkurrencen. Derudover kan de nye arbejdsgange og mere forskelligartede sammensætninger af føringsveje og materialer også give virksomhederne mulighed for at diversificere sig på markedet.

7.4.1 Påvirkninger af konkurrenceintensiteten på det danske marked for elinstallationer

7.4.1.1 Afdækning af den nuværende konkurrencesituation

I en afdækning af konkurrenceforhold i en branche er det relevant at se på branchens erhvervsstruktur (virksomhedssammensætning). Den danske installationsbranche består af mange små og mellemstore installatører, hvor der er under 10 mand ansat. Samtidig er der kun få store installatørvirksomheder med mere end 50 ansatte. Figuren nedenfor viser erhvervsstrukturen for bygningsinstallationsbranchen i form af antal arbejdssteder fordelt efter størrelsen.

Figur 24: Erhvervsstrukturen i bygningsinstallationsbranchen



Kilde: Statistikbankens tabel ERHV4. Tal for hele bygningsinstallationsbranchen.

I 2017 udgør de små installatørvirksomheder med mindre end 10 ansatte 79 % af den samlede virksomhedspopulation. Herudover udgør virksomheder med mellem 10 og 19 ansatte ca. 12 %. Ifølge Arbejdsgiverne projekterer de små installatører som udgangspunkt efter tommelfingerregler, mens de i lavere grad benytter (professionelle) digitale værktøjer. De vil derfor i mindre grad være omstillingsparate, hvis regelsættet ændrer sig. De små installatører har ikke egen ingeniøraftdeling, hvorfor de typisk står for projektering af og udførelse af mindre installationsprojekter (under 5 mio. kr.). Denne gruppe af installatører står derfor primært for opgaver ifm. udvidelser

eller ændringer af eksisterende (mindre) installationer, mens de i mindre grad står for projekteringsarbejdet af nye installationer i nybyggeri.⁶⁵ Hvis de er involveret i installationsarbejdet i større nybyggerier, så vil de oftest udlicitere projekteringsarbejdet til en rådgiver.

Mellemstore virksomheder med mellem 20 og 49 ansatte udgør 7 % af det samlede antal installatørvirksomheder. Ifølge Arbejdsgiverne bruger disse installatører beregnerkontor i tilbudsfasen, såfremt de ikke selv har overmontører ansat til at forestå projekterings- og prisfastsættelsesarbejdet. Disse virksomheder forestår i højere grad end de små virksomheder projektering af nye installationer, mens de også i højere grad kan håndtere større elinstallationsopgaver (mellem 5-10 mio. kr.).

De store installatører med mere end 50 ansatte udgør blot 3 % af den samlede branche. Disse installatører har allerede kompetencerne til at projektere efter HD-standarden, idet de fleste har egen ingeniøraftdeling. Herudover anvender de fleste digitale værktøjer i projekteringsarbejdet og er derfor mere produktive end de små og mellemstore installatørvirksomheder. Endelig er det primært de store virksomheder, som står for projektering og udførelse af nye installationer, og som tager de store installationsopgaver (over 10 mio. kr.).

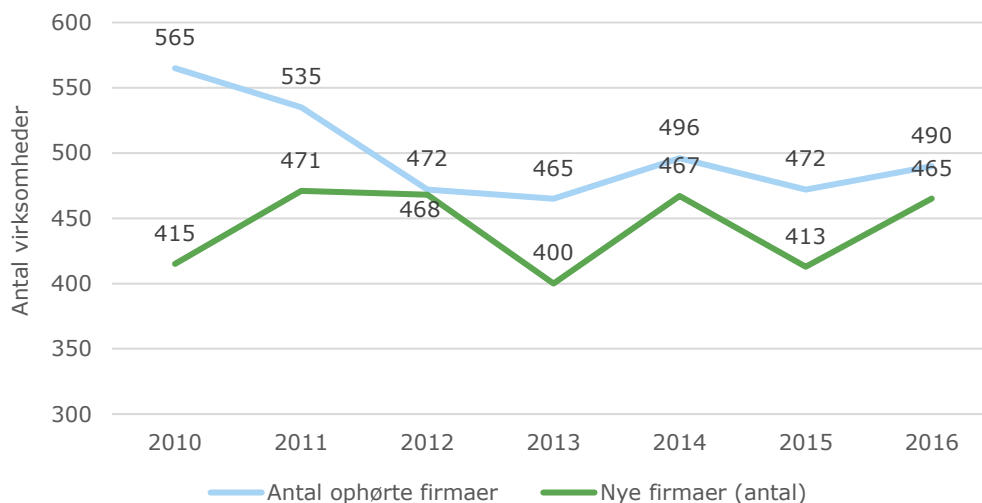
Det betyder samlet set, at 9/10 af virksomhederne i bygningsinstallationsbranchen i dag har mindre end 20 ansatte. Herudover betyder det, at der er et kompetencegab mellem de små og store elinstallatører. De store virksomheder er således i højere grad omstillingsparate, såfremt 75 %-reglen afskaffes.

Sammenlignet med 2010 er antallet af små virksomheder (med under 20 ansatte) imidlertid faldet fra ca. 5.670 virksomheder til 4.360 virksomheder, mens antallet af store virksomheder er steget med 65 % fra 95 virksomheder til 157 virksomheder. Dette kommer ligeledes til udtryk i TEKNIQs seneste markedsanalyse af installationsbranchen. Her fremgår det, at det samlede fald i antallet af virksomheder skyldes en nedgang på 2,6 % i antallet af små virksomheder (med årlig omsætning på 0-15 mio. kr.), som i 2017 udgør 87,1 % af den samlede installationsbranche. Samtidig er der sket en fremgang i antallet af mellemstore (med årlig omsætning på 15-60 mio. kr.) og store virksomheder (med årlig omsætning >60 mio. kr.) på hhv. 9,2 % og 46 %. I 2017 udgør mellemstore og store virksomheder derfor hhv. 10,7 % og 2,2 % af den samlede branche. Branchen har således konsolideret sig i færre, men større virksomheder i årene efter finanskrisen.

Denne udvikling skal bl.a. ses i lyset af, at efterkriseår typisk medfører en markedskonsolidering, hvor de mindst produktive virksomheder udkonkurreres eller opkøbes af de mest produktive markedsspillere. Herudover er den negative tilgang af virksomheder bl.a. også et resultat af, at antallet af ophørte virksomheder har været højere end antallet af nye over en længere årrække, jf. figuren nedenfor.

⁶⁵ Rambøll interview med Arbejdsgiverne den 17. september 2018.

Figur 25: Antal ophørte og nye virksomheder i branchen for bygningsinstallation



Kilde: Statistikbankens tabel DEMO1 for den samlede installationsbranche "43001 Bygningsinstallation".

Den negative virksomhedstilgang har resulteret i en øget markedskoncentration, hvilket potentielt medfører forringet konkurrenceintensitet på markedet. Dette kommer også til udtryk i TEKNIQs seneste markedsanalyse af installationsbranchen, hvor markedsandelen for de største virksomheder (med årlig omsætning >60 mio. kr.) er steget fra 34 % i 2013 til 42 % i 2017, mens markedsandelen for små installatørvirksomheder er faldet fra 37 % i 2013 til 31 % i 2017.⁶⁶ Endelig er markedsandelen for mellemstore virksomheder faldet fra 29 % i 2013 til 27 % i 2017.

Dette betyder, at de mellemstore og store virksomheder, som tilsammen udgør knap 13 % af branchen, tilsammen står for 69 % af den samlede omsætning. Der tegner sig således et billede af, at markedet for elinstallationer i stigende grad koncentrerer sig om de største virksomheder. Dette kan have negative påvirkninger af konkurrenceintensiteten i branchen.

Ifølge Foreningen af Rådgivende Ingeniører er konkurrencen desuden påvirket negativt af usikkerheden om, hvilke regler der gælder ved projektering og udførelse af elinstallationer.⁶⁷ Det drejer sig særligt om usikkerhed ift. de gældende regler i snitfladerne (gråzonen) mellem standarderne og den danske særregel, fx i forhold til udvidelser af eksisterende installationer. Usikkerheden medfører ifølge Foreningen af Rådgivende Ingeniører, at rådgivere og installatører "går med livrem og seler" for at sikre sig, at det projekterede og udførte elinstallationsarbejde ikke strider imod de gældende sikkerhedskrav. Resultatet heraf er dyrere og mindre optimale elinstallationer samt hæmmede vækstvilkår for branchen som helhed.

7.4.1.2 Vurdering af regelændringens påvirkning på konkurrenceintensiteten i elinstallationsbranchen

Ifølge TEKNIQ vil kompleksiteten i projekteringsarbejdet stige, hvis 75 %-reglen afskaffes.⁶⁸ Det betyder, at det ikke længere i lige så høj grad vil være muligt at projektere pba. erfaringstal og tommelfingerregler. Dette stiller øgede krav til elinstallatørernes kompetencer, idet det kræver viden om de nye regler og arbejdsgange i standarderne samt kompetencer i anvendelsen af digitale værktøjer til projektering og (potentielt) dokumentation af elinstallationer.

⁶⁶ TEKNIQs markedsanalyse af installationsbranchen 2018, se <https://ipaper.ipapercms.dk/teknik/markedsanalyse/markedsanalyse-2018/?page=2>. De angivne tal er for hele installationsbranchen, dvs. både el- og vvs-installatører.

⁶⁷ Rambøll-interview med Foreningen af Rådgivende Ingeniører (FRI) den 13. september 2018.

⁶⁸ Rambøll-interview med TEKNIQ den 9. juli 2018.

Ifølge Arbejdsgiverne vil afskaffelsen af 75 %-reglen resultere i, at bygherrer i stigende grad vil efterspørge kompetencer inden for og kendskab til projektering efter standarderne. Disse kompetencer ligger i dag primært hos de større installatørvirksomheder. Samtidig kan de store virksomheder i højere grad udnytte stordriftsfordele i projekterings- og installationsarbejdet og dermed tilbyde projekteringen og installationen til en lavere pris. En afskaffelse af 75 %-reglen vil derfor, på kort sigt, højst sandsynligt medføre stigende markedsandele for de store virksomheder. Ifølge Foreningen af Rådgivende Ingeniører skyldes det, at projekteringsarbejdet i stigende grad vil blive udført af rådgivere eller installationsvirksomheder med egen ingeniøraftdeling. Dette betyder, at de små og mellemstore installatører i højere grad vil holde sig til selve udførelsen af installationsarbejdet. Dette kan potentielt medføre en stigende markedskonsolidering, hvor mindre installatører opkøbes eller udkonkurreres af større installatører.

Både Arbejdsgiverne og Foreningen af Rådgivende Ingeniører pointerer dog samtidig, at den beskrevne udvikling allerede er i gang. Dette skyldes, at flere og flere bygherrer begynder at klæde sig på til at være mere professionelle, når de køber elinstallationsarbejde. Dette hænger sammen med, at det i sidste ende er bygherren, der bærer risikoen, hvis der skulle opstå fejl ifm. byggeriet. Det betyder, uagtet om 75 %-reglen afskaffes eller ej, at køberne kommer til at stille større krav til installatørernes kompetencer og vil derfor under alle omstændigheder efterspørge de kompetencer, som særligt de store virksomheder besidder. Samtidig forventes usikkerheden om, hvilke regler der gælder, at stige i fremtiden, hvis ikke der kommer en endelig afklaring på, om 75 %-reglen skal afskaffes eller ej.

Rambøll vurderer, at en afskaffelse af 75 %-reglen på kort sigt vil medføre øgede omkostninger til materialer og arbejdstid ifm. projektering og udførelse af elinstallationer. Det vil dog ikke være virksomhederne, der vil bære alle omkostningerne. Installatørerne forventes at overføre størstedelen af disse omkostninger til køberne af elinstallationer, hvilket vil resultere i prisstigninger på markedet for elinstallationer. Dermed stiger omsætningsgrundlaget for elinstallatørerne. Samtidig vurderer vi, at markedsandelene for de største installationsvirksomheder vil stige på kort sigt som følge af øget efterspørgsel efter de kompetencer, som de besidder. På længere sigt forventer vi dog, at de små og mellemstore virksomheder vil vinde markedsandelene tilbage, i takt med at kompetencegabet mellem de små og store installatører mindskes gennem opkvalificering og erfaring i at anvende standarderne og digitale værktøjer i projekterings- og dokumentationsarbejdet.

Endelig vurderes det, at omkostningerne til og priserne på elinstallationsarbejde vil falde på længere sigt, i takt med at produktivetsgevinsterne ved øget anvendelse af digitale værktøjer vil slå igennem, samt i takt med at flere og flere eksisterende installationer er gennemført efter standarderne. Vi vurderer desuden, at en afklaring af, hvorvidt 75 %-reglen skal afskaffes eller ej, vil være med til at fjerne den store usikkerhed, som påvirker konkurrencesituationen negativt på nuværende tidspunkt. Det vil have en positiv effekt på konkurrencesituationen og bidrage til forbedrede vækstvilkår for hele branchen.

Dette stemmer overens med den undersøgelse, som Arbejdsgiverne har gennemført i 2017 blandt mere end 150 elvirksomheder, hvor kun 33 % fortsat ønsker at bevare særreglen.⁶⁹ Herudover stemmer det overens med den udbredte opfattelse blandt centrale brancheaktører, herunder Arbejdsgiverne, Dansk El-Forbund, Dansk Standard og Foreningen af Rådgivende Ingeniører (FRI), at en øget anvendelse af standarder vil have positive effekter for konkurrencen i branchen.⁷⁰

7.4.2 Påvirkninger af danske elinstallatørers konkurrenceevne ift. udenlandske konkurrenter

I afdækningen af adfærdspåvirkninger er det relevant at vurdere regelændringens betydning for danske elinstallatørers konkurrenceevne i forhold til udenlandske konkurrenter, både i Danmark og

⁶⁹ <https://www.arbejdsgiverne.dk/nyhedr2018/brandbomben-tikker-stadig>

⁷⁰ <https://www.ds.dk/da/nyhedsarkiv/2016/1/ny-elsikkerhedslov-styrker-konkurrence-og-innovation>

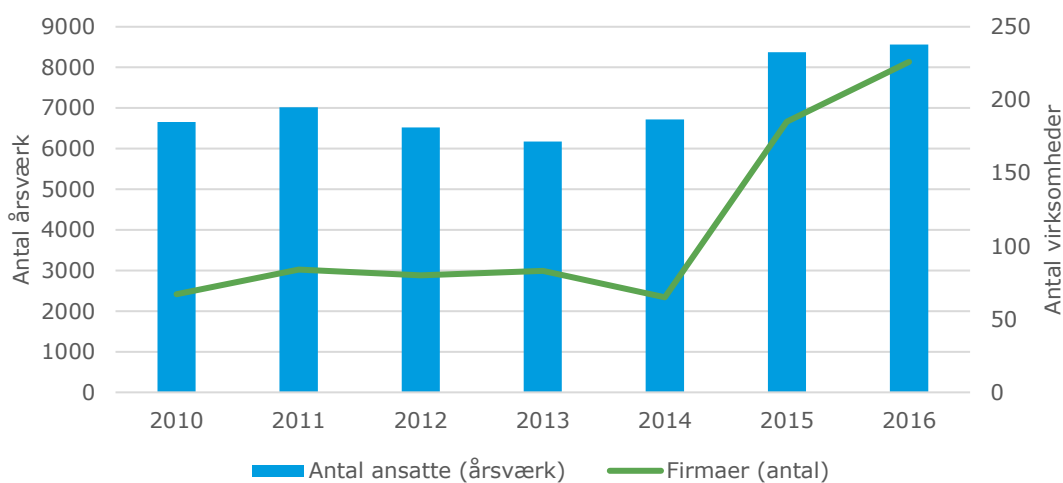
i udlandet. I denne forbindelse er det relevant at tale om markedsadgang og barrierer for udenlandske virksomheder i Danmark og for danske virksomheder i udlandet. Herudover er det også relevant se på påvirkningen af danske elinstallatørers produktionsforhold og -begrænsninger.

7.4.2.1 Vurdering af regelændringens påvirkninger af markedsadgang og -barrierer

Som nævnt tidligere i rapporten, så diskuteres det bredt i branchen, om 75 %-reglen kan være konkurrenceforvridende på markedet for elinstallationer. Det fremhæves, at den danske særregel i dag fungerer som en markedsbarriere for udenlandske virksomheder, hvilket dermed hæmmer markedsadgangen til det danske marked. En afskaffelse af særreglen vil ud fra det perspektiv potentielt medføre øget konkurrence fra udlandet for danske installatører på det danske marked, da de har haft en fordel i kraft af at have erfaring med og anvender 75 %-reglen.

Figuren nedenfor viser antallet af udenlandskeje virksomheder i bygge- og anlægsbranchen på det danske marked og den dertilhørende beskæftigelse. Som det fremgår, er antallet af udenlandske virksomheder i den samlede bygge- og anlægsbranche i Danmark steget siden 2010. Der er særligt sket en tilgang siden 2014, hvilket stemmer overens med udviklingen i beskæftigelsen i den danske elinstallationsbranche. Hvorvidt antallet af udenlandske virksomheder, der opererer i den danske bygge- og anlægsbranche, ville være større uden 75 %-reglen, kan ikke vurderes på baggrund af disse tal. Det kan dog konkluderes, at markedsadgangen for udenlandske virksomheder i Danmark er forbedret de seneste år, idet der er kommet flere til.

Figur 26: Udenlandske virksomheder i den danske bygge- og anlægsbranche



Kilde: Statistikbankens tabel IFATSF1 for "3 Bygge og Anlæg".

Omvendt fremhæves det ligeledes, at afskaffelsen kan gøre de danske installatører mere konkurrencedygtige på internationale markeder, hvor dimensioneringen skal ske efter international standard.⁷¹ Dette følger dels af Produktivitetskommissionens anbefalinger i 2013⁷² samt regeringens udspil fra 2015 om "Vækst gennem øget anvendelse af internationale standarder". Her argumenteres det for, at øget standardisering har positive effekter på virksomheders produktivitet og eksport og dermed konkurrenceevnen. Det er blandt andet disse forventede adfærds- og produktionspåvirkninger, der ligger til grund for forenklingen og standardiseringen af de danske elsikkerhedsregler i de seneste år.

Ovenstående argumentation er bl.a. baseret på resultaterne fra tidligere analyser. Center for Economic and Business Research (CEBR) finder eksempelvis, at virksomheder, der har købt standardi-

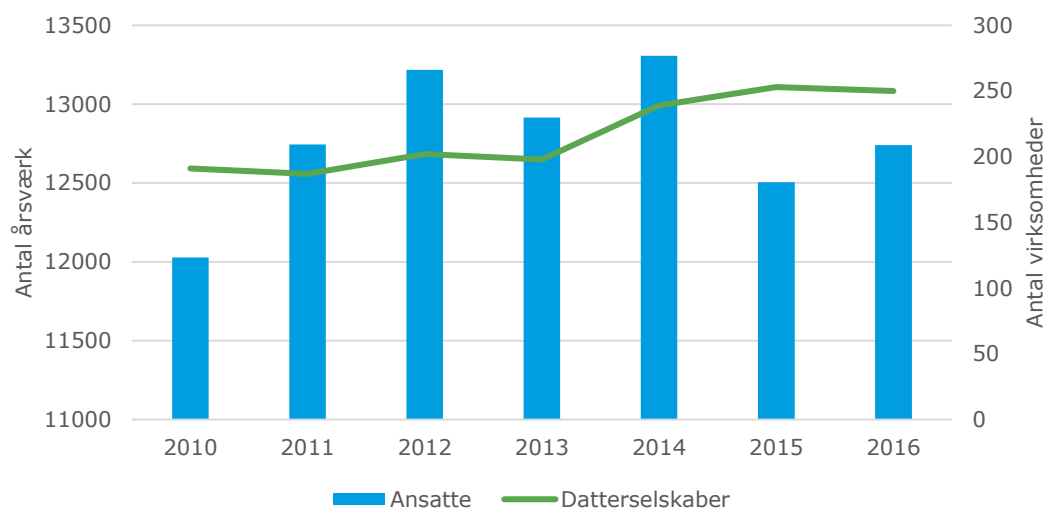
⁷¹ <http://installator.dk/75-procent-reglen-er-en-tikkende-brandbombe>

⁷² <http://produktivitetskommissionen.dk/media/139395/rapport.pdf>

seringsprodukter hos Dansk Standard, er 9-15 % mere produktive sammenlignet med virksomheder, der ikke har.⁷³ Dette betyder alt andet lige, at en afskaffelse af 75 %-reglen forventeligt vil have en positiv effekt på danske elinstallatørers produktivitet.

Figuren nedenfor viser antallet af danske datterselskaber i udlandet inden for bygge- og anlægsbranchen samt den dertilhørende beskæftigelse.

Figur 27: Danske datterselskaber i udlandet i bygge- og anlægsbranchen



Kilde: Statistikbankens tabel OFATS1 for "3 Bygge og Anlæg".

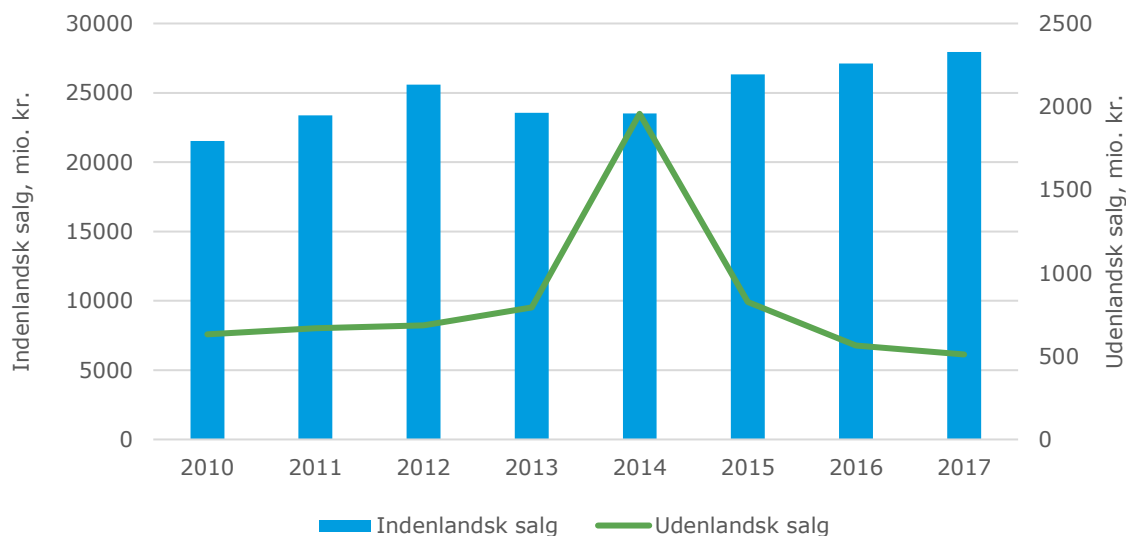
Som det fremgår, så er antallet af danske datterselskaber i udlandet inden for bygge- og anlægsbranchen faldet i de senere år. Denne udvikling kan naturligvis ikke tilskrives det faktum, at danske elinstallatører projekterer og udfører elinstallationer efter andre regler i hjemlandet, sammenlignet med de gældende regler (standarder) på udenlandske markeder. Det kan dog konkluderes, at danske virksomheders markedsadgang på de udenlandske markeder ikke synes lige så gode, som udenlandske virksomheders adgang til det danske marked. Det kan hænge sammen med, at danske virksomheder, herunder danske elinstallatører, ikke er lige så produktive som deres europæiske konkurrenter.

Ud over øget produktivitet, så kan øget brug af standarder ifølge Copenhagen Economics også forbedre mulighederne for samhandel. Eksempelvis kan mellem 0,5 % og 1,3 % af eksporten inden for fremstillingsindustrien i perioden 2005-2011 tilskrives anvendelsen af standarder.⁷⁴ Figuren nedenfor viser udviklingen i danske elinstallatørers salg i ind- og udland over perioden 2010-2017 i 2018-prisniveau.

⁷³ CEBR (2011), Effektivvurdering af virksomheders anvendelse af standarder: https://erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/effektanalyse_standarder.pdf

⁷⁴ Copenhagen Economics (2013): Potentialer for standardisering og vækst i Danmark.

Figur 28: Udvikling i indenlandsk og udenlandsk salg i den danske elinstallationsbranche



Kilde: Statistikbankens tabel FIKS44 for "432100 Elinstallation".

Elinstallationsbranchen opnåede i 2017 en samlet omsætning på 28,9 mia. kr. i 2018-priser, jf. afsnit 7.1.3.1. Som det fremgår af figuren ovenfor, så udgøres langt størstedelen af dette af indenlandsk salg. Således foregår 98,2 % af danske elinstallatørers salg på det danske marked. Ifølge Foreningen af Rådgivende Ingeniører er byggesektoren generelt en lokal sektor (hjemmemarkedsbaseret).⁷⁵ Det er derfor forventeligt, at størstedelen af omsætningen finder sted i hjemlandet. Det bør dog noteres, at danske elinstallatørers udenlandske salg, eksport, er faldet med 19 % siden 2010. Samtidig har eksporten været støt faldende siden 2014, hvor branchen ellers generelt er vokset både i omsætning og beskæftigelse.

Det kan derfor konkluderes, at danske elinstallatørers konkurrenceevne på udenlandske markeder ikke er forbedret de seneste år. Således er både antallet af danske datterselskaber i udlandet faldet, mens også de danske elinstallatørers eksport er faldende. Over samme periode synes udenlandske virksomheders position på det danske bygge- og anlægsmarked at være forbedret, idet antallet af udenlandske virksomheder, der opererer i Danmark, er steget.

Rambøll vurderer på den baggrund, at 75 %-reglen umiddelbart ikke er konkurrenceforvridende på det danske marked til fordel for danske virksomheder. Dette skyldes, at omfanget af danske installatørers egentlige konkurrencefordel ved at kunne projektere efter den danske særregel (sammenlignet med udenlandske konkurrenter) er tvivlsom, da det relativt set er lettere for udenlandske installatører at tilpasse sig danske bestemmelser end omvendt. Dette hænger sammen med, at de danske særkrav er simplere end de internationale standarder. Det kommer til udtryk ved, at udenlandske virksomheders markedsandel i Danmark er steget de seneste år, mens det modsatte er tilfældet for danske virksomheder i udlandet. Vi vurderer derfor, at en fastholdelse af 75 %-reglen i højere grad vil være en ulempe for danske elinstallatørers mulighed for at udføre elinstallationsarbejde i udlandet snarere end omvendt, idet danske elinstallatører er vant til at projektere og udføre elinstallationer efter simplere, nationale regler.

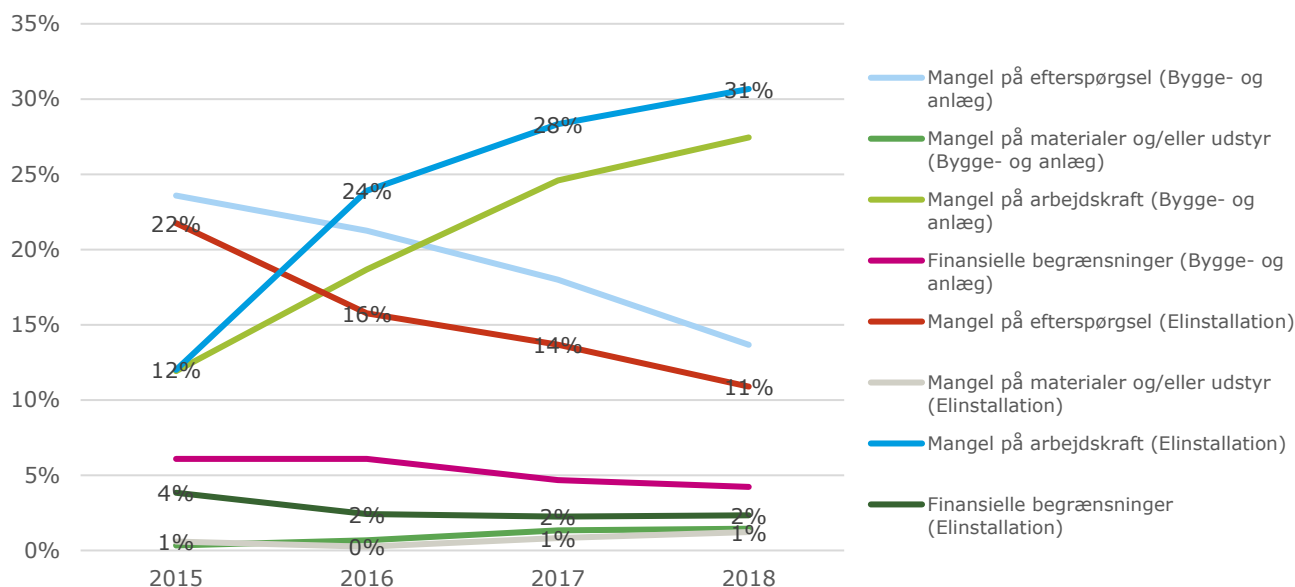
7.4.2.2 Vurdering af regelændringens påvirkninger af produktionsforhold og -begrænsninger

En afskaffelse af 75 %-reglen kan have betydning for virksomhedernes produktionsforhold og begrænsningerne heri. Figuren nedenfor viser bygge- og anlægsbranchens vurdering af udviklingen i

⁷⁵ Rambøll-interview med Foreningen af Rådgivende Ingeniører (FRI) den 13. september 2018.

produktionsbegrænsninger i perioden 2015 til 2018.⁷⁶ Figuren viser både udviklingen for bygge- og anlægsbranchen generelt samt for elinstallationsbranchen specifikt.

Figur 29: Danske virksomheders vurdering af produktionsbegrænsninger i perioden 2015-2018



Kilde: Statistikbankens tabel KBYG33. Tal for 2018 er for årets første ni måneder.

I 2018 vurderer 47 % af virksomhederne i den samlede bygge- og anlægsbranche, at de oplever produktionsbegrænsninger af den ene eller anden årsag. I elinstallationsbranchen gælder det for 45 % af virksomhederne. Som det fremgår af figuren ovenfor, har den primære årsag til de oplevede produktionsbegrænsninger siden 2016 været "mangel på arbejdskraft". Inden da var det den manglende efterspørgsel. Dette følger den generelle trend og højkonjunktur, der dominerer dansk økonomi i disse år.

I 2018 er lidt mere end hver 4. virksomhed (27 %) i bygge- og anlægsbranchen således begrænset af manglende arbejdskraft. For elinstallationsbranchen er andelen dog højere, hvor næsten hver 3. elinstallatør (31 %) ikke har adgang til det nødvendige antal medarbejdere for at kunne efterleve efterspørgslen efter elinstallationsarbejde.

Foreningen af Rådgivende Ingeniører argumenterer for, at en afskaffelse af 75 %-reglen til fordel for standarderne kan gøre det lettere at tiltrække udenlandsk arbejdskraft.⁷⁷ En harmonisering af reglerne vil eksempelvis gøre det nemmere for en udenlandsk installatør at arbejde for en dansk installatørvirksomhed i Danmark, hvis projekterings- og installationsarbejdet foregår efter samme regelsæt. Dermed kan standardiseringen af de danske regler for elinstallationer medvirke til at tiltrække udenlandsk arbejdskraft og dermed mindske produktionsbegrænsningerne for danske elinstallatører. Samtidig vil dette styrke arbejdskraftens fri bevægelighed i EU, ligesom det har været tilfældet i Sverige ifm. standardiseringen af reglerne, jf. casebeskrivelsen i kapitel 6.

Rambøll vurderer derfor, at en afskaffelse af 75 %-reglen vil mindske danske elinstallatørers produktionsbegrænsninger, idet en standardisering af reglerne kan gøre det nemmere at tiltrække udenlandske installatører. Det kan være med til at mindske manglen på arbejdskraft, som er den største produktionsbegrænsning for danske elinstallatører.

⁷⁶ For flere detaljer, se Statistikdokumentation for Konjunkturbarometeret: <https://www.dst.dk/da/Statistik/dokumentation/statistikdokumentation/konjunkturbarometer-for-bygge-og-anlaeg/indhold>

⁷⁷ Rambøll-interview med Foreningen af Rådgivende Ingeniører (FRI) den 13. september 2018.

7.4.3 Sammenfatning af adfærdspåvirkninger for berørte virksomheder

Vi vurderer, at en afskaffelse af 75 %-reglen vil have følgende adfærdspåvirkninger af berørte virksomheder i elinstallationsbranchen:

1. En afskaffelse af 75 %-reglen vil på kort sigt medføre øgede omkostninger til materialer og arbejdstid ifm. projektering og udførelse af elinstallationer. Installatørerne forventes at overføre størstedelen af disse omkostninger til køberne af elinstallationer, hvilket vil resultere i prisstigninger på markedet for elinstallationer. Dermed stiger omsætningsgrundlaget for elinstallatørerne. Omkostningerne til og priserne på elinstallationsarbejde vil forventeligt falde på længere sigt, i takt med at produktivitetsevnerne ved øget anvendelse af digitale værktøjer slår igennem, samt i takt med at flere og flere eksisterende installationer er gennemført efter standarderne.
2. Markedsandelene for de største installationsvirksomheder vil stige på kort sigt som følge af øget efterspørgsel efter de kompetencer, de besidder. På længere sigt forventes det, at mindre installationsvirksomheder genvinder markedsandele, i takt med at kompetencegabet mellem de små og store installatører mindskes gennem opkvalificering og større erfaring.
3. En afklaring af, hvorvidt 75 %-reglen skal afskaffes eller ej, vil være med til at fjerne den store usikkerhed, som i den nuværende situation har en negativ påvirkning af konkurrencen. Afklaringen vil have en positiv effekt på konkurrencesituationen og bidrage til forbedrede vækstvilkår for hele branchen.
4. Omfanget af danske installatørers egentlige konkurrencefordel ved at kunne projektere efter den danske særregel (sammenlignet med udenlandske konkurrenter) er tvivlsom, da det relativt set er lettere for udenlandske installatører at tilpasse sig danske bestemmelser end omvendt. Dette kommer til udtryk ved, at udenlandske virksomheders markedsandel i Danmark er steget de seneste år, mens det modsatte er tilfældet for danske virksomheder i udlandet. En fastholdelse af 75 %-reglen vil derfor være en ulempe for danske elinstallatørers mulighed for at udføre elinstallationsarbejde i udlandet snarere end omvendt.
5. En afskaffelse af 75 %-reglen vil mindske danske elinstallatørers produktionsbegrænsninger, idet en standardisering af reglerne kan forbedre danske virksomheders muligheder for at tiltrække udenlandsk arbejdskraft. Det kan være med til at mindske manglen på arbejdskraft, som er den største produktionsbegrænsning for danske elinstallatører. Samtidig vil det styrke arbejdskraftens fri bevægelighed i EU.

7.5 Afledte effekter for samfundsøkonomien

Endelig omfatter afdækningen af økonomiske aspekter en vurdering af afledte effekter for samfundsøkonomien. Formålet med den samfundsøkonomiske vurdering er at afdække, hvorvidt en afskaffelse af 75 %-reglen vil have væsentlige, varige *afledte implikationer* for den økonomiske vækst i Danmark. Den samfundsøkonomiske vurdering omfatter eksempelvis regelændringens betydning for lønninger eller priser på de markeder, som køber elinstallationer. Målgruppen for dette er således virksomheder og brancher, som ikke er omfattet af de direkte erhvervsøkonomiske konsekvenser. Eksempelvis vil de identificerede adfærdsvirkninger blandt de direkte berørte virksomheder (elinstallatører) sandsynligvis have en afledt effekt for ikke-omfattede virksomheder og brancher. Hvis konkurrenceintensiteten i elinstallationsbranchen fx vurderes at stige med dertilhørende lavere priser, så vil dette medføre et fald i omkostningerne for tilstødende brancher (fx byggebranchen). Dette kan føre til øget produktivitet i samfundet, herunder en stigning i det strukturelle BNP.

De afledte effekter for samfundsøkonomien afdækkes gennem kvalitative beskrivelser og vurderinger i det følgende, primært baseret på interviews med relevante brancheinteressenter, den teknisk faglige analyse, de erhvervsøkonomiske konsekvensberegninger samt på baggrund af de vurderede adfærdspåvirkninger for de berørte virksomheder.

7.5.1 Prisændringer for købere af elinstallationer pga. ændret konkurrenceintensitet i elinstallationsbranchen

En afskaffelse af 75 %-reglen vil på kort sigt medføre øgede omkostninger til materialer og arbejdstid ifm. projektering og udførelse af elinstallationer. Samtidig vil regelændringen reducere konkurrenceintensitet på kort sigt som følge af en markedskonsolidering med færre og større installatørvirksomheder, jf. afsnit 7.4.1.2. Dette vil forventeligt medføre prisstigninger på markedet for elinstallationer på kort sigt, idet installatørerne overfører (dele af) omkostningsforøgelsen til køberne.

Køberne af elinstallationer er dels bygherre, som betaler for opførelsen af erhvervsbyggerier, lette industribyggerier samt offentlige byggerier, dels entreprenør- og arkitektfirmaer, som står for at udføre selve byggeriet. Hvor stor en andel af omkostningsforøgelsen, der omsættes til prisstigninger for entreprenøren og dernæst bygherren, afhænger af forhandlingskraften parterne imellem. De forventede prisstigninger på kort sigt kan medføre lavere efterspørgsel efter elinstallationer, hvilket kan påvirke samfundsøkonomien negativt.

På længere sigt forventes omkostningerne til og priserne på elinstallationsarbejde dog at falde, i takt med at produktivitetensgevinster slår igennem som følge af dels 1) øget anvendelse af digitale værktøjer, dels 2) øget konkurrenceintensitet gennem opkvalificering af medarbejdere og større erfaring i anvendelse af standarder for små og mellemstore virksomheder. De lavere priser på elinstallationer vil øge efterspørgslen herpå, hvilket vil have positive, afledte effekter for samfundsøkonomien igennem øget produktion.

7.5.2 Afledte effekter for samfundet gennem forbedret konkurrenceevne for danske elinstallatører

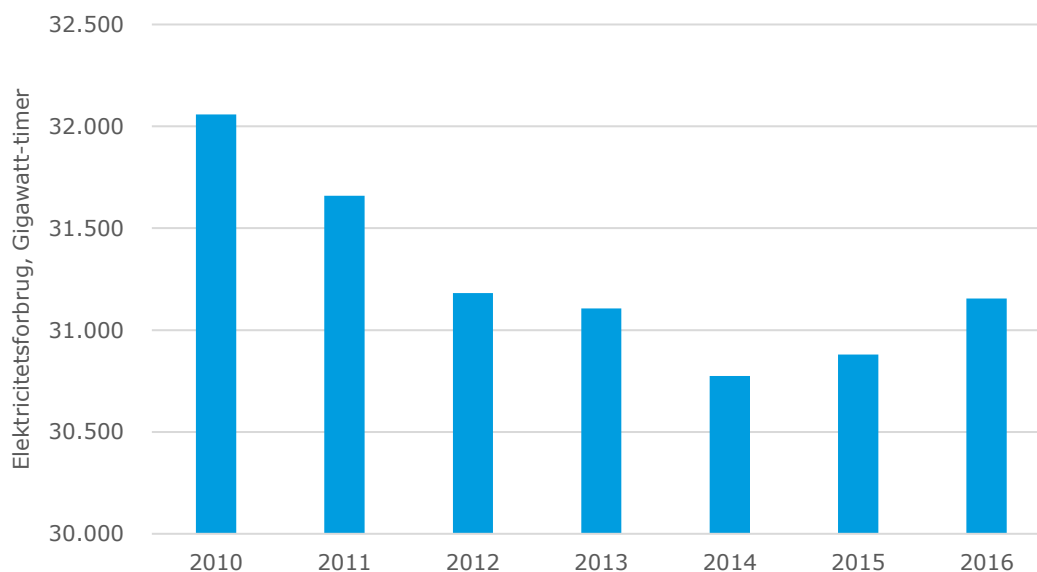
Hvis 75 %-reglen afskaffes, så kan det forbedre danske elinstallatørers produktivitet samt markedsadgangen til udenlandske markeder. Regelændringen forventes med andre ord at forbedre danske elinstallatørers konkurrenceevne. Det vil medføre øget eksport og dermed øgede markedsandele i udlandet for danske virksomheder. Den forbedrede konkurrenceevne og øgede produktion i elinstallationsbranchen har positive, afledte effekter for væksten i den samlede økonomi. En afskaffelse af 75 %-reglen til fordel for en standardisering af regelsættet for elinstallationer forventes derfor at bidrage til øget BNP-vækst i Danmark.

Vi vurderer ikke, at det er muligt at estimere det egentlige vækstpotentiale. Tidligere analyser viser dog, at virksomheder, der anvender standarder, er 9-15 % mere produktive. Samtidig viser en analyse fra CEBR (2011), at eksportomsætningen for virksomheder, der anvender standarder, (alt andet lige) er 40-50 % højere sammenlignet med virksomheder, der ikke gør. Hvorvidt en standardisering af elinstallationsreglerne vil have samme effekt, kræver imidlertid en mere dybdegående analyse med fokus på eksport og produktivitet i elinstallationsbranchen.

7.5.3 Mindsket energitab pga. lavere temperaturbelastninger i elinstallationer

Figuren nedenfor viser det samlede forbrug af elektrisk energi i Danmark i perioden 2010-2016 målt i gigawatt-timer. Elforbruget er samlet set faldet med knap 3 % siden 2010, men forbruget er stigende i de seneste år i takt med den øgede vækst i dansk økonomi.

Figur 30: Forbrug af elektrisk energi i Danmark, 2010-2016



Kilde: Rambøll-beregninger baseret på Eurostats tabel ten00095 - Final energy consumption by product. Eurostat opgør energiforbruget i tusinde olie ækvivalenter (ktoe). Det er omregnet til megawatt-timer (MWh) ved en omregningsfaktor på 11.630 MWh pr. ktoe og endelig omregnet til gigawatt-timer (GWh), hvor 1 GWh = 1.000 MWh.

Bygninger står i dag for ca. 40 % af det samlede energiforbrug og 36 % af den samlede udledning af CO₂.⁷⁸ En stor del af dette energiforbrug udgøres af elektricitet, som forsynes gennem de faste elinstallationer i bygningerne. Det betyder, at reglerne for projektering og udførelse af elinstallationer potentielt kan have stor betydning for samfundets samlede energiforbrug.

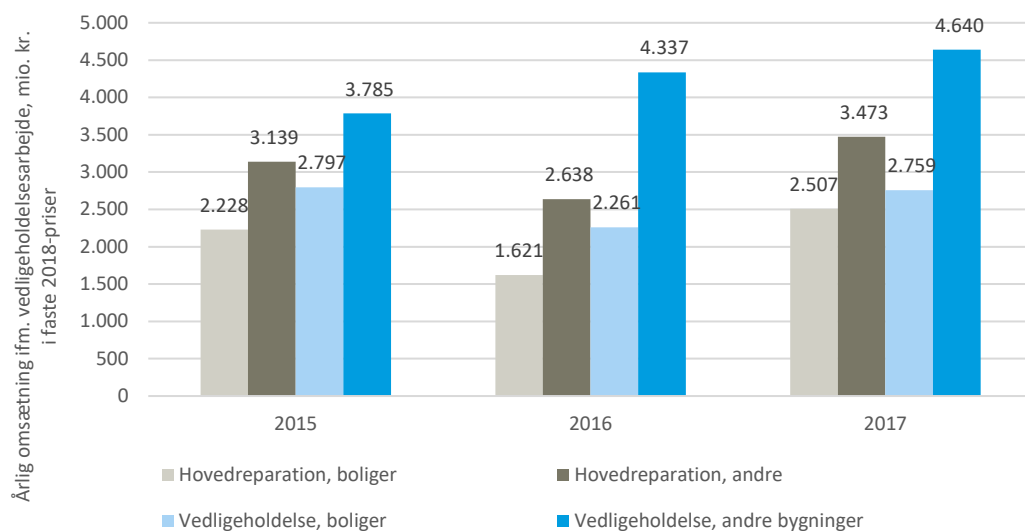
Når 75 %-reglen anvendes, så overskrides kablets nominelle temperaturgrænse på 70 °C ved en belastningsstrøm på 13,9A ved alle de anvendte oplægningsmetoder, jf. resultaterne fra kablevetidsforsøgene i kapitel 5. Den nominelle temperaturgrænse overskrides desuden også i to af oplægningsmetoderne ved en belastningsstrøm på 10A. Når kobberet i kabler har været opvarmet til +50 °C, så reduceres kablernes ledeevne. Da temperaturbelastningen af kabler mindskes ved anvendelse af HD-standarden, mindsker det den negative påvirkning af kablernes ledeevne. Det vil alt andet lige reducere energitabet i installationen, hvilket vil afspejle sig som en samfundsøkonomisk gevinst i form af lavere energiforbrug. For at estimere størrelsen på den egentlige gevinst ved lavere energitab kræves mere dybdegående analyse.

7.5.4 Lavere omkostninger til vedligeholdelse og udskiftning af elinstallationer pga. forlænget levetid for kabler

En stor del af omsætningen i den danske elinstallationsbranche udgøres af opgaver ifm. vedligeholdelse, reparation og udskiftning af eksisterende elinstallationer, jf. figuren nedenfor. Omkostningerne til vedligeholdelse og reparation bæres af ejerne af bygningerne.

⁷⁸ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

Figur 31: Omsætning i den danske elinstallationsbranche ifm. vedligeholdelsesopgaver



Kilde: Statistikbankens tabel BYGOMS2 for "432100 Elinstallation". Omregnet til 2018-priser med forbrugerprisindeks (PRIS113).

I 2017 opnåede elinstallationsbranchen en omsætning på knap 13,4 mia. kr. i 2018-priser ved opgaver forbundet med hovedreparation og vedligeholdelse af eksisterende elinstallationer, hvoraf 61 % kan relateres til vedligeholdelse og reparation i erhvervsbygninger, industribygninger og offentlige bygninger (svarende til andre bygninger i figuren ovenfor). Denne omsætning skal omvendt ses som en omkostning for ejerne af bygningerne og dermed som en samfundsøkonomisk omkostning ud fra hele samfundets perspektiv.

Som det fremgår af de udførte forsøg og teoretiske modelleringer i kapitel 5, vurderes kablevetiden at variere mellem 0 til 20 år afhængig af oplægningsmetoden ved anvendelse af 75 %-reglen. Hvis HD-standarden i stedet bruges, så vurderes kablevetiderne at variere mellem ca. 15 til +30 år afhængig af oplægningsmetoden. Vurderingen af levetid for kabler antages ved anvendelse af standarden generelt for at være +30 år, idet kablers nominelle driftstemperatur overholdes med de i forsøget anvendte oplægningsmetoder. Som fremgår af resultaterne af kablevetidsbetragtningerne, overholdes kablers nominelle driftstemperatur på 70 °C ved en belastningsstrøm på 7,4A ikke ved omlægningsmetoden i 30 % perforeret kabelbakke. Her antages den teoretiske kablevetid i stedet at være ca. 15 år.

På baggrund af ovenstående vurderes, at kablevetiderne er forlænget væsentligt ved brug af HD-standarden sammenlignet med at anvende 75 %-reglen, idet der er anvendt en 40 % belastning af kablerne (som anført i HD 60364, Annex C). Vi vurderer derfor, at der kan være en potentiel samfundsøkonomisk gevinst ved at afskaffe 75 %-reglen, da det vil medføre længere kablevetider med færre kabeludskift og -reparationer til følge. Størrelsen på den egentlige samfundsøkonomiske gevinst er ikke vurderet.

8. ANBEFALINGER TIL FREMTIDIG MODEL

Der peges på en anbefaling, der behandler nye installationer og udvidelser af eksisterende installationer ens, da det vurderes, at følgende scenarier fremadrettet kan bidrage til tilstrækkeligt installationer, der samtidig kan bidrage til stærkere konkurrence.

Nye installationer: *HD 60364-standard med dokumentation.*

Udvidelser af eksisterende installation: *HD 60364-standard med dokumentation.*

8.1 Nye installationer

Nye installationer skal udføres og dimensioneres efter HD 60364-standarden med dokumentation uden brug af 75 %-reglen. Denne anbefaling er baseret på:

- Robuste elinstallationer, der er klar til fremtidens trends i markedet, hvor den teknologiske udvikling og større vedvarende belastninger af kabler medfører behov for revision af den nuværende SB6-særregel.
- Minimering af fremtidige fejl i kabelinstallationer baseret på kabellevetidsbetragtninger, hvor det kan påvises, at installationer foretaget efter SB6 medfører betydelig risiko for overophedning.
- Som konsekvens af SB6's risiko for overophedning og reducerede kabellevetider kan der opnås samfundsøkonomiske fordele ved en overgang til HD-standarden i kraft af forlængede levetider for installationer og mindre energitab i elnettet.
- Ensartede dimensioneringsformer blandt virksomheder i Danmark og EU, som sikrer arbejdskraftens fri bevægelighed og åbne markeder.
- Nationale særreglers potentielt konkurrenceforvridende effekter. Anvendelsen af SB6 kan bevirke, at danske installatører har mindre adgang til europæiske markeder, samtidig med at udenlandske installatører har let adgang til det danske marked.

Der ses trends i markedet, hvor der er konstant fremgang i den teknologiske udvikling og brug af flere og større effektforbrugende teknologi, der vil stille krav til elinstallationernes robusthed. Det kræver, at elinstallationerne kan følge de trends markedet sætter både nationalt og internationalt. Det anses derfor som en nødvendighed, at de standarder, der udføres og dimensioneres elinstallationer efter, følger dette marked og reguleres løbende. Disse tendenser, herunder et ønske om robusthed og sikre installationer, anses som opfyldt ved anvendelse af HD 60364-standarden uden brug af den danske 75 %-regel ved dimensionering af elinstallationer.

Som anført i kapitel 5 om teknisk faglige aspekter i kraft af kabellevetidsbetragtninger er overholdelse af kablers nominelle temperaturgrænser udfordret ved anvendelse af 75 %-reglen. Herunder kan installationer udført efter SB6 medføre væsentligt reducerede kabellevetider og risici for nedsmeltning af kabelisolation ved kabler i bundter. Det fremgår således klart af måleresultaterne i afdækningen af kabellevetider, hvor 6 ud af 12 målinger for de forskellige oplægningsmetoder og belastningsstrømme opnår en højere temperatur end 70 °C, at 75 %-reglen kan medføre overophedede kabler. De målinger, som er over kablets nominelle temperatur, er markeret med gult i nedenstående tabel.

Tabel 29: Opsummeret temperatur, belastningsstrøm for hver oplægningsmetode

| Temperatur [°C] | Belastningsstrøm [A] | Oplægningsmetode |
|-----------------|----------------------|----------------------------|
| 37 | 5 | Fri luft |
| 47 | 7,4 | Fri luft |
| 55 | 10 | Fri luft |
| 78 | 13,9 | Fri luft |
| 44 | 5 | Gitterbakke |
| 68 | 7,4 | Gitterbakke |
| 100 | 10 | Gitterbakke |
| 177 | 13,9 | Gitterbakke |
| 49 | 5 | 30 % perforeret kabelbakke |
| 79 | 7,4 | 30 % perforeret kabelbakke |
| 121 | 10 | 30 % perforeret kabelbakke |
| 226 | 13,9 | 30 % perforeret kabelbakke |

Ved anvendelsen af HD 60364 ses væsentligt forøgede levetider og minimering af risici for overophedning af kabler med fejl til følge.

Ved anvendelsen af HD 60364-standarden er det valgfrit, om der skal udføres dokumentation af kabelinstallationer og føringsveje, idet HD 60364, kap. 514.5.1, udelukkende definerer, at det er hensigtsmæssigt, at der forefindes skemaer, diagrammer eller tabeller, der angiver følgende:

- type og opbygning af strømkredse (tilslutningssteder, leders antal og tværsnit, type af ledningssystem)
- nødvendige egenskaber til identifikation af det udstyr, der udfører funktionerne beskyttelse, adskillelse og kobling samt deres placering.

Det betyder, at der ikke i HD 60364-standarden på nuværende tidspunkt er defineret et krav til dokumentationen af kabelinstallationer og føringsveje. Som det fremgår i kapitel 7 vil det uvægerligt medføre en forøgelse af tidsforbruget til projektering af nye kabelinstallationer i henhold til HD 60364 **med** dokumentation i forhold til SB6. Dette da det alt andet lige er simplere at foretage SB6-installationer sammenlignet med HD-standarden. En række forhold, der på sigt kan reducere meromkostningerne ved anvendelse af HD-standarden, vil dog, som det er beskrevet i afsnit 7.2, med resultaterne for de økonomiske beregninger, gøre sig gældende.

Helt generelt vil ekstra omkostninger ved installationer forventeligt blive pålagt kunden. Derfor vil de rådgivende ingeniører og installatørerne ikke afholde ekstraudgiften selv, men vil i stedet opleve et øget omsætningspotentiale. Endvidere gør det sig gældende, at ekstraomkostningerne ved HD 60364 **med** dokumentation i forhold til SB6 primært forårsages af materialeomkostninger. For materialeomkostninger kan der forventes en prisudvikling, hvor de dyrere materialer over tid bliver billigere, når efterspørgslen stiger. Dette peger eksempelvis den norske casebeskrivelse på, hvor der er oplevet en hensigtsmæssig prisudvikling for kabler.

I forhold til lønomkostningerne vil kompetencerne i virksomhederne tilpasse sig, så det ekstra tidsforbrug ved HD-scenarierne falder over tid. Endelig skal man holde sig for øje, at den ændrede belastningsprofil med højere, vedvarende belastning vil medføre en overgang til dyrere materialer, uagtet om man afskaffer 75 %-reglen. Så noget af ekstraudgiften kan forventes, uagtet om lovgivningen ændres.

Endvidere vil HD 60364 **med** dokumentation minimere tidsforbruget i forhold til HD 60364 **uden** dokumentation. Derfor anbefales det at arbejde med HD-standarden for dimensionering af kabelinstallationer **med** krav til dokumentation.

I første omgang vil det primært skulle varetages i egenudviklede værktøjer, da det ikke har været muligt at identificere digitale værktøjer, der både kan foretage dimensionering og dokumentation. På sigt vil det dog være forventningen, at den mere systematiske tilgang til etablering af installationer ved HD-standarden vil medføre en udvikling i softwaren på markedet, som vil reducere omkostningerne ved dokumentation. En sådan udvikling kan også stimuleres ved et fremtidigt lovkrav. Endvidere må det forventes, at den teknologiske udvikling og uddannelsernes øgede fokus på digitale elementer medfører et øget kompetenceniveau hos installatørerne, der på sigt vil reducere vanskeligheder og omkostninger hos de udførende installatører ved krav om dokumentation. På sigt kan det derfor være hensigtsmæssigt at indføre krav om dokumentation ved etableringen af nye installationer, da det er grundlaget for, at udvidelser og ændringer i eksisterende installationer er nemme at gå til. At dokumentation af nye installationer kan medføre omkostningsbesparelser ved udvidelser og ændringer blev eksempelvis fremhævet ved afdækningen af anvendelsen af standarder i Sverige.

8.2 Udvidelser af eksisterende elinstallationer

Der peges for udvidelser på anbefalinger, der følger af HD-standarden. Her differentieres der mellem, at udvidelsesscenarier overordnet kan inddeles i to typer af installationer:

- a. Udvidelse af en elinstallation, der er udført efter HD 60364 med eller uden dokumentation
- b. Udvidelse af en elinstallation, der er udført efter SB6 med 75 %-regel.

8.2.1 Anbefaling for type a

Det følger af HD-standarden, at udvidelse af en eksisterende installation udført efter HD 60364 skal foretages efter standarden, som er gældende på udførselstidspunktet. Derved anses elinstallationen at opfylde gældende sikkerhedsregler. Da det anbefales, at HD-standarden indføres for nye installationer, vil udvidelser af eksisterende installationer, der er foretaget efter HD 60364, skulle foretages efter HD-standarden.

8.2.2 Anbefaling for type b

Ved udvidelse af eksisterende installation udført efter SB6 med den danske 75 %-regel skal udvidelsen ligeledes udføres efter standarden, som er gældende på udførselstidspunktet. Elinstallationen anses derved at opfylde gældende sikkerhedsregler. Her vil installationen således igen skulle udføres efter HD-standarden.

Når en eksisterende elinstallation udført efter SB6 med dansk 75 %-særregel skal udvides med elinstallation efter HD 60364, følger det af HD-standarden, at der er følgende muligheder:

1. Anvendelse af disponibel plads
2. Etablering af nye føringsveje
3. Kortlægning af den eksisterende installations føringsveje og kabler for vurdering af, hvor nye kabler kan fremføres sammen med eksisterende kabler
4. Anvendelse af en 30 % belastningsgrad.

I de økonomiske beregninger er mulighed tre lagt til grund, da det vil være den mest omkostningstunge. Kortlægning af eksisterende installations føringsveje og kabler medfører betydelige ekstraomkostninger i form af arbejdstid. Derfor kan dette scenarier kun i begrænset grad anbefales. Ved de øvrige scenarier vil ekstraomkostningerne ved HD-standarden sammenlignet med SB6 være begrænsede.

Som alternativ til bestemmelse af kabler i henhold til HD-standarden, herunder nye installationer eller udvidelse af eksisterende installationer, kan der som anført i HD-standarden, kapitel 523.3, anvendes en beregnet metode til bestemmelse af kabler. Det følger således af kapitlet, at så

længe temperaturgrænser for kablerne er overholdt, anses standarden som indfriet. Denne metode kan være baseret på en fagteknisk analyse, herunder teoretiske simuleringer, til vurdering af kablets opnåede nominelle temperatur som funktion af den gennemløbende belastningsstrøm.

En metode til dette følger af kabellevetidsbetragtningerne, som er beskrevet i kapitel 5. Her er der på baggrund af forsøg og teoretiske simuleringer opstillet korrektionsfaktorer for 1,5 mm² kabler ved nominel temperatur.

Tabel 30: Ampacity (strømkapacitet)/korrektionsfaktorer for 1,5 mm² kablerne ved nominel temperatur, 70 °C, i tre forskellige oplægningsforhold ved omgivelsestemperatur på 28 °C

| Oplægningsmetode | 30 % perforeret kabelbakke | Gitterbakke | Fri luft |
|-----------------------|----------------------------|-------------|----------|
| Strøm @ 70 °C [A] | 6,7 | 7,6 | 12,5 |
| KS @ 70 °C [ref. E/F] | 0,36 | 0,41 | 0,68 |

Eksempler i ovenstående tabel er udført efter en teoretisk simulering med en opstilling med 25 kabler, 5x5 formation, af typen 5G1,5 mm².

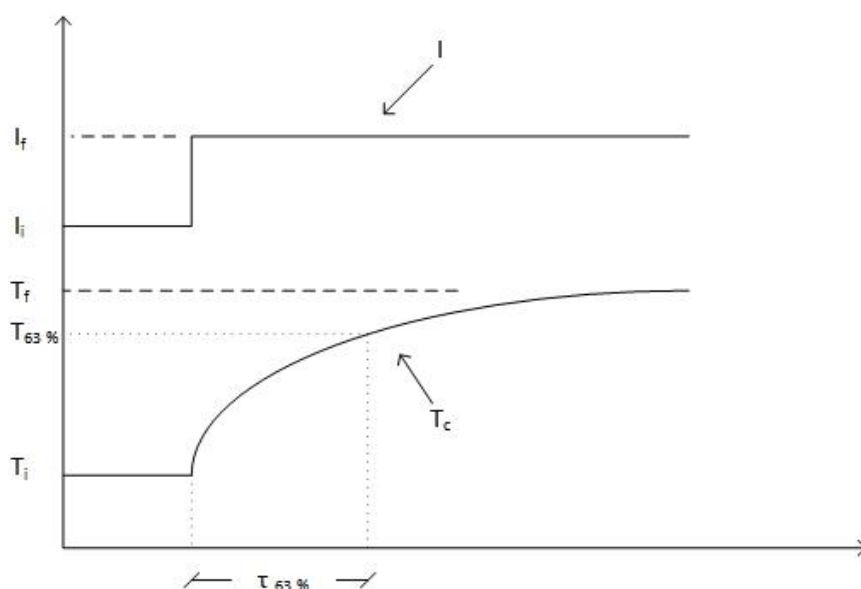
BILAG 1 – DYNAMISK TILSTAND

Energi balance ved dynamisk tilstand:

$$m \cdot c \cdot \frac{dT}{dt} + Q_R + Q_c = Q_J \quad (5)$$

Dynamisk tilstand er forløbet mellem ændring i energibalancen til temperaturen igen har stabiliseret sig. Fx vil ændring i strømstyrken fra ét niveau til et andet skabe en dynamisk temperaturændring i lederen. Lederens temperatur falder ved en reduktion af strømstyrken og stiger ved en øget strømstyrke.

Figur 32: Dynamisk temperaturforløb, forårsaget af step i strømstyrken



Hvor:

| | |
|----------|----------------------|
| I_f : | Slutstrøm [A] |
| I_i : | Startstrøm [A] |
| T_f : | Sluttemperatur [°C] |
| T_i : | Starttemperatur [°C] |
| T_c : | Ledertemperatur [°C] |
| τ : | Tidskonstant, tau |

Ændring i strømstyrken fra I_i til I_f får temperaturen i lederen til at stige fra T_i til T_f , men pga. tidsforsinkelsen mellem strøm- og temperaturændring vil den endelige temperatur, T_f , først opnås efter nogle tidskonstanter. Varigheden det dynamiske forløb afhænger af kablets specifikke varmekapacitet, for de forskellige materialer. I takt med, at temperaturen i lederen stiger, øges energitabet til omgivelserne i form af konvektion og stråling. Den stationære tilstand opnås, når lederens temperatur opnår slut temperaturen, T_f .

$$T_c(t) = T_f - (T_f - T_i) \cdot e^{-t/\tau} \quad (6)$$

I det praktiske forsøg er det dynamiske forløb logget.

8.2.2.1 Stationær tilstand

Ved den stationære tilstand er der ingen temperaturændring over tid, dvs. at T er konstant og $dT/dt=0$. Energifbalance ved den stationære tilstand ser således ud:

$$Q_R + Q_C = Q_J \quad (7)$$

I den termiske FEM-model er det den stationære tilstand, der er simuleret.

8.2.3 Joule heating

Der er to typer af kilder til varme genereret af joule heating i kabler, Strøm og spænding. Det strømafhængige tab er varmen genereret i kablets strømledende ledere, når en strøm gennemløber den elektriske modstand i lederen:

$$Q_J = R_{AC} \cdot I^2 \quad (8)$$

Effekten, der går tabt i lederne i kablet, bliver omsat til termisk varmetab. Som det fremgår af ligning (8) vil en 'lille' forøgelse af strømmen medføre et øget effekttab, som er kvadratet på strømmen. Dette resulterer i at temperaturen ligeledes stiger med kvadratet på strømmen. Det strømafhængige tab er den primære kilde til opvarmning af kabler. Den elektriske modstand i lederen, AC-resistansen R_{AC} , består af en DC-resistans R_{DC} samt et bidrag fra skin- og proximity effekt. Ved 50 Hz og ved små kabeltværsnit antages skin- og proximity effekten at være af ubetydelig størrelse, men vil blive medtaget i den termiske model.

$$R_{AC} \approx R_{DC} \quad (9)$$

Derudover er den elektriske modstand i kobber temperaturafhængig. Den elektriske modstand i materialet stiger proportionelt med temperaturen, denne lineære resistans kan tilskrives som funktion af temperaturen.

$$R_{DC}(T) = R_{20^{\circ}\text{C},DC} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20^{\circ}\text{C}))^{79} \quad (10)$$

hvor:

| | |
|-----------------------------|---|
| $R_{DC}(T)$ | elektrisk modstand som funktion af temperaturen |
| $R_{20^{\circ}\text{C},DC}$ | elektrisk modstand ved 20 °C |
| T: | temperatur [°C] |
| α : | temperatur koefficient, materialekonstant for Cu 0.00403 1/°C ⁸⁰ |

Det spændingsafhængige tab er energi genereret i isolationsmaterialet (dielektrisk tab) som resultatet af dielektrisk materiale udsættes for AC-spænding.

$$W_d = \omega \cdot C \cdot V^2 \cdot \tan \delta_x^{81} \quad (11)$$

hvor:

| | |
|-----------------|--|
| ω | 2 π f |
| V | spændingen [V] |
| C | Kapaciteten [F] |
| $\tan \delta_x$ | tabsfaktor for isolation, XLPE 0.004 og PE(HD og LD) 0.001 ⁸² |

De dielektriske tab i lavspændingskabler ved 50 Hz er små sammenlignet med det strømafhængige tab i kablets elektriske modstand. Tabet i det dielektriske materiale antages at være ubetydelig men vil blive medtaget i den termiske model.

⁷⁹ IEC60287-1-1 afsnit 2.1.1, Electric Cables – Calculation of The Current Rating

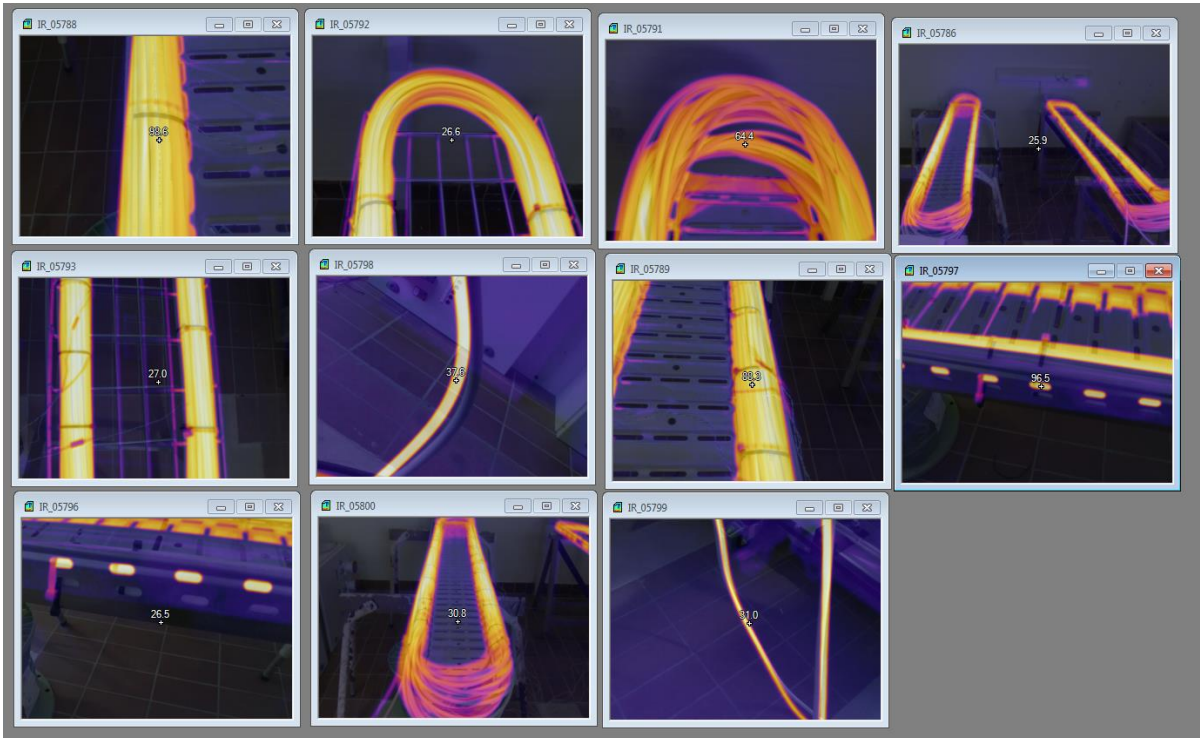
⁸⁰ IEC60287-1-1 tabel 1, Electric Cables – Calculation of The Current Rating

⁸¹ IEC60287-1-1 afsnit 2.2, Electric Cables – Calculation of The Current Rating

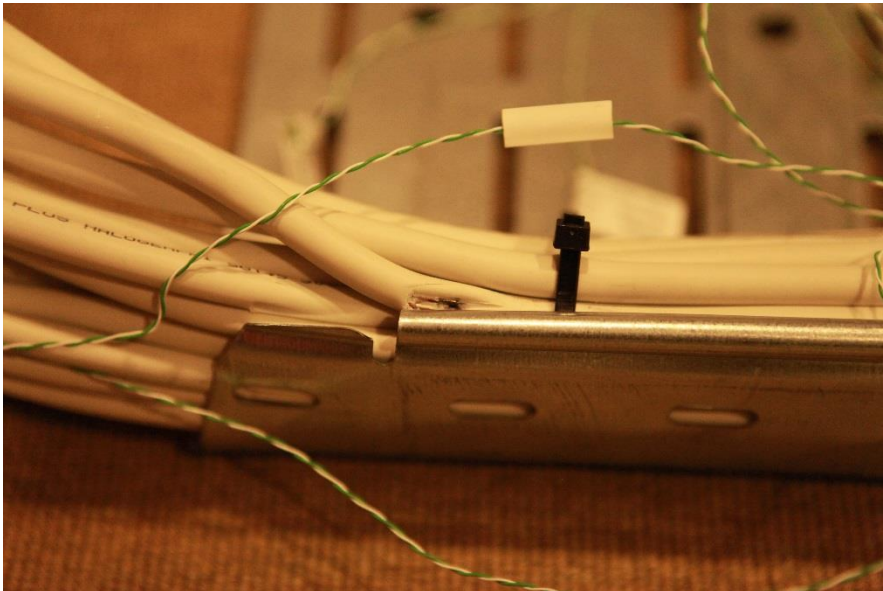
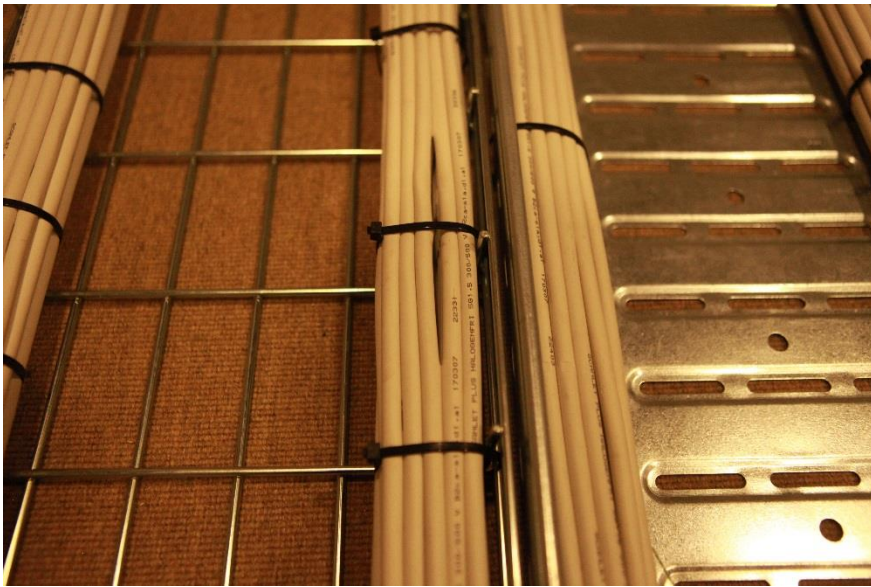
⁸² IEC60287-1-1 tabel 3, Electric Cables – Calculation of The Current Rating

Afdækning af teknisk faglige, økonomiske og praktiske aspekter ved afskaffelse af 75 %-reglen for dimensionering af kabler

BILAG 2 – TERMOGRAFERINGSBILLEDER



Afdækning af teknisk faglige, økonomiske og praktiske aspekter ved afskaffelse af 75 %-reglen for dimensionering af kabler



Afdækning af teknisk faglige, økonomiske og praktiske aspekter ved afskaffelse af 75 %-reglen for dimensionering af kabler



BILAG 3 – ANVENDTE MÅLEINSTRUMENTER

Der er i forsøget anvendt en Power Analyzer samt en temperaturlogger. I Tabel 31 fremgår det hvilke instrumenter, der er anvendt til at udføre målinger af det praktiske forsøg samt forelægger der kalibreringscertifikater af de anvendte måleinstrumenterne. Kalibreringsdatoen er vist i tabellen.

Tabel 31: Fabrikant/model på instrumenter der er anvendt til det praktiske forsøg samt dato for kalibreringscertifikat

| Instrument | Fabrikant | Model | Kalibreringsnr. | Kalibreringsdato |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------------|------------------|
| Power Analyzer | KEYSIGHT | integraVision Power Analyzer PA2203A | 22-513054 ⁸³ | 04-09-2018 |
| Temperaturlogger (Type k-føler) | HIOKI | LR8400-20 (Datalogger) | 29321 ⁸⁴ | 06-07-2018 |

⁸³ Kalibreringscertifikat: Power analyzer.pdf

⁸⁴ Kalibreringscertifikat: Hioki LR 8400-20 kalibreringscertifikat.pdf

BILAG 4 – KATEGORISERING AF BYGGERISTATISTIK I BYGGERITYPER

| Kategorisering af byggeritype | Anvendelsesform i statistikken for byggerivirksomheden |
|---------------------------------|---|
| Boliger | Stuehuse til landbrugsejendomme |
| Boliger | Parcelhuse |
| Boliger | Række-, kæde- og dobbelthuse |
| Boliger | Etageboliger |
| Boliger | Kollegier |
| Boliger | Anden helårsbeboelse |
| Boliger | Sommerhuse |
| Boliger | Uspecificeret ferieformål |
| Boliger | Kolonihavehuse |
| Boliger | Garager |
| Boliger | Carporte |
| Boliger | Udhuse |
| Boliger | Uspecificeret fritidsformål |
| Boliger | IKKE-FORDELT, UOPLYST |
| Erhvervsbygninger | Bygninger til kontor, handel, lager, offentlig administration mv. |
| Erhvervsbygninger | Bygninger anvendt til hotel, restauration, frisør og lign. |
| Erhvervsbygninger | Uspec. transport og handel |
| Let industri | Avls- og driftsbygning |
| Let industri | Fabrikker, værksteder og lign. |
| Let industri | Anden bygning til produktion |
| Let industri | Transport- eller garageanlæg |
| Offentlige institutioner | Døgninstitutioner |
| Offentlige institutioner | Bygninger anvendt til bibliotek, kirke, museum og lign. |
| Offentlige institutioner | Bygninger anvendt til undervisning, forskning og lign. |
| Offentlige institutioner | Bygninger anvendt til daginstitutioner |
| Offentlige institutioner | Uspecificeret institution |
| Offentlige institutioner | Idrætshaller, klubhuse |
| Tung industri | El-, gas-, vand- og varmeværker |
| Tung industri | Bygninger anvendt til hospital, sygehus og lign. |