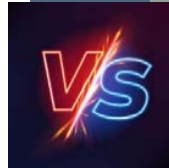


2024



1,5 mm² - 2,5 mm²

Analyse af rentabiliteten ved,
at droppe 1,5 mm²i nybyggede parcelhuse

AFSLUTTENDE PROJEKT
HENRIK H. JENSEN

FORSVARET

Slut projekt Installatøruddannelse

Forord

Denne rapport er udarbejdet, for at vise at der er opnået forståelse, med opgaverne en installatør kan komme ud for, men på samme tid se, de muligheder der er for at sænke strømforbruget på områder i nuværende og kommende installationer på nye måder, end blot ved at sænke forbruget på forbrugsapparater.

I forbindelse med rapporten vil jeg gerne takke følgende:

Forsvaret, herunder 1. eskadre, for at have givet mig muligheden for at gennemføre uddannelsen til EI-installatør.

NKT A/S for at deres hjælp til at finde deres LCA, for de to i rapporten valgte kabeltyper, samt relevante spørgsmål der har været undervejs.

Olesen & Jensen A/S for at have stillet gældende listepreiser for kablerne til rådighed, samt for at have lånt en PEL 103 power logger til målingerne foretaget på den valgte bolig.

Til Ketty Valborg Keller skal der lyde mange tak, for endnu en gang at have læst korrektur og rette sproglige fejl i rapporten, samt en stor tak for hjælpen med foregående rapporters gennemlæsning.

Den største tak skal lyde til min kone og børn for at have affundet sig med alle de skøre og finurlige påfund, der er dukket op siden jeg startede på uddannelsen, og for den støtte der har hjulpet mig igennem uddannelsen helt hen til, der hvor jeg er nu.

Slut projekt Installatøruddannelse

Indholdsfortegnelse

Forord	1
Indledning	4
Problemformulering	4
Problemstilling	4
Projektafgrænsning	4
Elektricitetens udvikling	5
DC og AC	5
El-forbrugets udvikling	5
Den grønne udvikling	6
Strømforbrug	6
Strømforbrug i private boliger	7
Livscyklusanalyse - LCA	9
LCA-opbygning	10
Afsnit A1→A5	10
Afsnit B1→B7	10
C1→C4	10
Afsnit D	10
LCA 3x1,5 NOIKLX	11
Miljøpåvirkning	11
LCA 3x2,5 NOIKLX	12
Miljøpåvirkning	12
Beregninger for miljø og rentabilitet	13
Boligen	13
Rentabilitet ved skift	14
Miljø	14
Økonomi	17
Rentabilitetsberegning	18
Målinger på valgt bolig	18
Miljø	19
Delkonklusion	19
Økonomi	19
Delkonklusion	20
Konklusion	21

Slut projekt Installatøruddannelse

Miljø.....	21
Økonomi	21
Refleksion	21

Slut projekt Installatøruddannelse

Indledning

Problemformulering

I forbindelse med den øgede fokus på jordens ressourcer, udledning af CO₂, forurening, genbrug og energioptimering, kan det blive aktuelt at se på mulighederne for, at droppe 1,5 mm² kabler til boliginstallationer i parcelhus nybyg. Der er naturligvis lidt at hente ved at skifte til større kvadrat kabel, men i forhold til det øgede aftryk fra produktionen af kabler, og de øgede omkostninger, dette vil have for forbrugeren, der skal bygge hus, vil det være interessant om det kan være rentabelt for miljø og økonomi, kun at benytte 2,5 mm² kabler til boliginstallationer.

Problemstilling

I henhold til ovennævnte parametre, vil det blive belyst om det kan svare sig for klima og boligbyggeren at skifte til større kvadrat kabler for at spare penge på strømtab i kabler.

Det forventes ikke, at der er store forskelle på den korte bane, men da kabler i huse har lang levetid, vil det blive undersøgt om de øgede omkostninger kan hentes hjem.

Ud fra BR18¹ er det oplyst, at beregning af bygningers klimapåvirkning skal ske ud fra en beregningsperiode på 50 år. Dette gør at selvom NKT's LCA har en forventet levetid for kabler på 30 år, benyttes de 50 år som beregningsreference for projektet.

Der vil i rapporten forsøges på at belyse følgende:

- Klimaforskelle i produktion, transport, bortskaffelse og genanvendelse af 3x1,5 mm² og 3x2,5 mm² kabler.
- Måling af strømforbrug for 140m² parcelhus med 1,5 mm² kabler og beregning på strømtab, samt teoretisk beregning på strømtab, hvis dette var 2,5 mm² kabler.
- CO₂ besparelse ved det lavere strømtab på 2,5 mm² kabler over 50 år, ud fra målinger og beregninger.
- Økonomien for boligejer, samt om det kan betale sig ikke at bruge 1,5 mm² kabler i nybyg

Projektafgrænsning

Grundet tid og det potentielle omfang af en sådan undersøgelse, vil de praktiske målinger blive foretaget på projektudførerens egen bolig. Boligens strømforbrug er baseret på data fra elmåleren, og målingerne er foretaget hen over 1 måned, samt der foretages et skøn på kabellængder, da relevant måleudstyr til dette ikke er tilgængeligt.

Der kigges udelukkende på CO₂ påvirkningen på 3 leder kabler, da det vurderes at det ikke er de store forskelle på de 2 størrelse i 5 leder udover en eventuel pris.

Ved at benytte egen bolig og oplysninger er, at der ikke skal tages højde for GDPR, der stiller krav til håndtering og opbevaring af persondata.

¹ https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/BRV/Version-2-Bygningers-klimapåvirkning/Kap-1_2

Slut projekt Installatøruddannelse

Elektricitetens udvikling

DC og AC

Elektricitetens udvikling, som det der i dag er i stikkontakten, startede ved udviklingen af DC-spænding og den første pære, der blev udviklet af Thomas Edison, efterfulgt af den første AC-motor udviklet af Nikola Tesla.

DC står for Direct Current, på dansk jævnspænding, hvor spænding og nul ligger fast, betyder at spændingen altid er på plus-lederen mens nul-lederen ikke er spændingsførende.

AC står for Alternating Current, på dansk vekselspænding, hvor spændingen følger en sinuskurve, og skifter mellem at være positiv eller negativ ladet. Frekvensen er enten 50 eller 60 Hz alt efter, hvor i verden man bor. I det meste af Europa er frekvensen på AC 50 Hz.

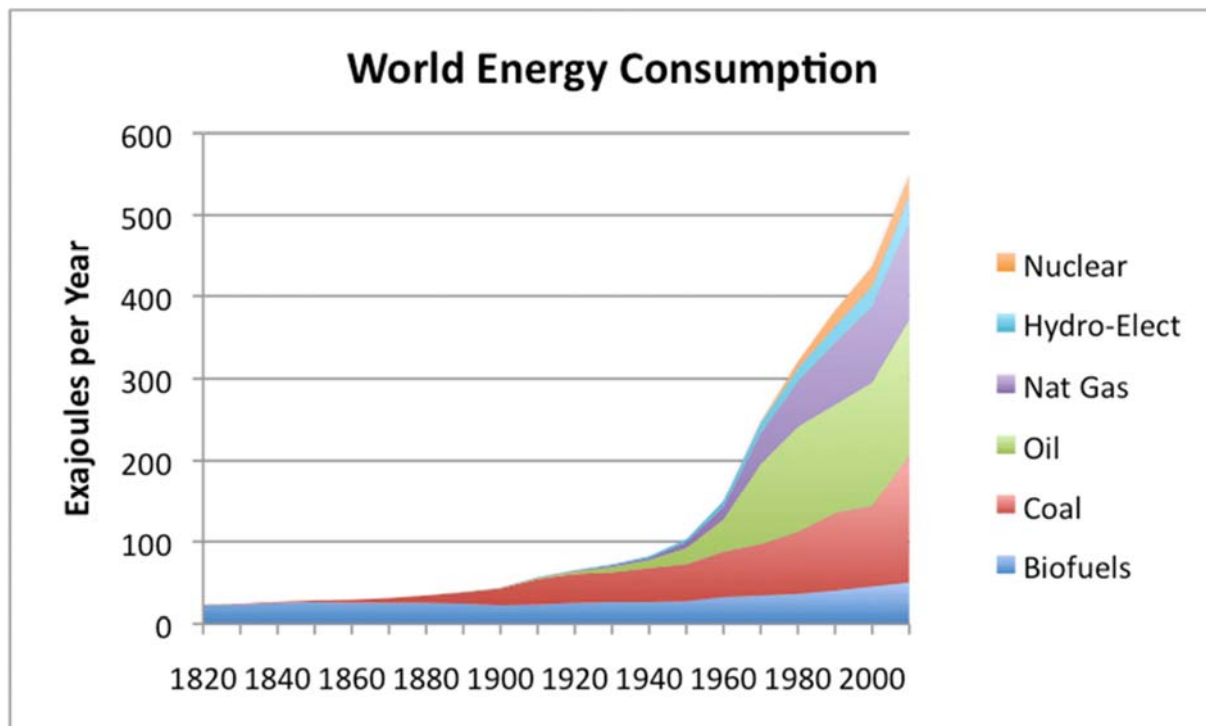
Siden man lavede det første vandkraftværk ved Niagaravandfaldene, der skulle forsyne New Yorks gadebelysning, er behovet blevet større.

I dag benyttes både AC og DC i højspændingsnettet til at transportere strøm, og i Danmark er elnettet fuldt udbygget og har en driftssikkerhed på næsten 100%, og udfald er sjældne takket være grundig overvågning og automatisering. På lavspændingsnettet benyttes der udelukkende AC som forsyning til forbrugere.

El-forbrugets udvikling

Siden udrulningen af elektrisk belysning af gader og industri, har elforbruget været i kraftig vækst.

Som vist nedenfor er strømforbruget gået op i takt med elektrificeringen, automatiseringen og befolkningstallet i verden er stigende. Særligt efterkrigstiden 1945 og frem, har gjort behovet kraftigt stigende.²



² <https://ourfiniteworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts/>

Slut projekt Installatøruddannelse

Fra den første elektrificering af gadebelysning, hvor forbruget var minimalt og op til 1900 tallet, hvor man begyndte at få el ind i boliger. Dette var startskuddet for en rivende udvikling indenfor forbrugselektronik, herunder radio, elkomfurer, støvsugere m.m. Denne udvikling gjorde behovet steg, men efter 2. verdenskrig, begyndte industrien ligeledes at blive automatiseret, og denne udvikling gjorde samtidig, at fjernsyn, køleskab, komfurer og andre produkter, blev tilgængelige for flere og flere i og med priserne for disse var faldende i takt med at produktionen var hurtigere og billigere.

En anden ting, der blev skabt opmærksomhed på, er klimaforandringer. I takt med at, der blev skabt fokus på de forandringer, der skete i verden, samt at man udledte drivhusgasser og CO₂ i større mængder end tidligere, kom der fokus på vedvarende energi, samt man begyndte at udvikle produkter, der var strømeffektive, og i 1998 udkom de danske energimærker, hvor forbrugerne blev i stand til at se om det produkt de ville købe, var lavenergi. Mærkerne er løbende blevet revideret i takt med udviklingen.

I dag, har man i private boliger skiftet til LED belysning, der har et lavere elforbrug end de oprindelige glødepærer.

Den grønne udvikling

Siden årtusindskiftet er der kommet stort fokus på grøn energi. Der udrulles projekter i vedvarende og grøn energi som aldrig før. Førhen var det vandkraft og vindenergi, mens der sidenhen er forsket i havenergi, for eksempel at trække energi ud af bølger og omdanne det til strøm, og videre til solceller, hvor der investeres i solcelleparker, der kan forsyne mange husstande med strøm, og videre til "power to X", der benytter overskudsstrøm fra netop grøn energi, til produkter som hydrogen, metanol o.l.

I takt med de vedvarende energi-tiltag, er der ligeledes fokus på tiltag, der kan mindske energiforbruget.

Et sted, hvor der kan spares, er ved at slukke udstyr, således at standbyfunktionen ikke bruger strøm eller købe udstyr med bedre energimærke. Udover at spare på strømmen, er netselskaber og producenter, begyndt at kigge på at ændre folks adfærd i forhold til, hvornår der bruges strøm. Årsagen til dette ligger i, at nettet belastes mere i bestemte tidsrum, og ved at flytte forbrug til tidligere eller senere, kan man begrænse strømtabet i kabler, samtidig med at forbrugerne kan spare lidt penge.

Alle tiltag der laves, er med henblik på at begrænse udledningen af CO₂, eller sænke belastningen af nettet, så der ikke skal laves dyre og/eller omfattende forbedringer af eksisterende elnettet.

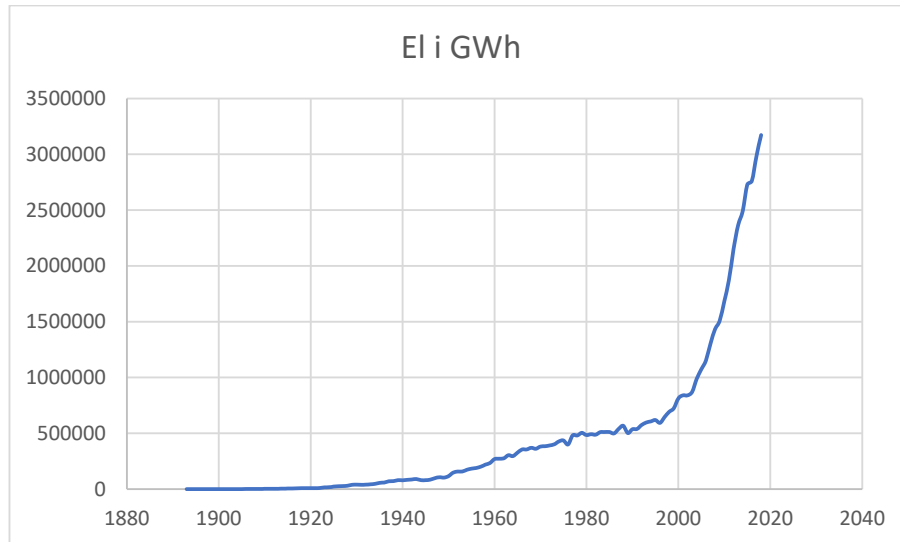
Strømforbrug

Forbruget har, siden man begyndte på elektrificering, været stigende. Desværre ligger der ikke meget viden om præcis, hvor meget det er steget med siden da, men det må forventes at der i efterkrigstiden og op til oliekrisen i 1980'erne, har været et stigende forbrug, i takt med et øget udbud af elektriske apparater, herunder tv, computere m.m.

I forbindelse med perioder, hvor olie og kul har været begrænset, er der lavet tiltag til at begrænse behovet for strøm til boliger og gadebelysning, herunder sommer/vintertid, der gør at man ved at udnytte den ene time, hvor klokken skiftes, til at spare på udgifter til fx gadebelysning. Under de seneste års diskussion i EU omkring afskaffelse af sommer/vintertid, er det især Sydeuropa, der er modstandere af afskaffelsen, da vintertid kan spare dem for udgifter til strøm til netop gadebelysning.

Som vist i følgende graf som er udarbejdet, gennem data fundet i en større afhandling om verdens energiforbrug, kan man se Vesteuropas samlede energiforbrug siden 1890'erne og frem til nu.

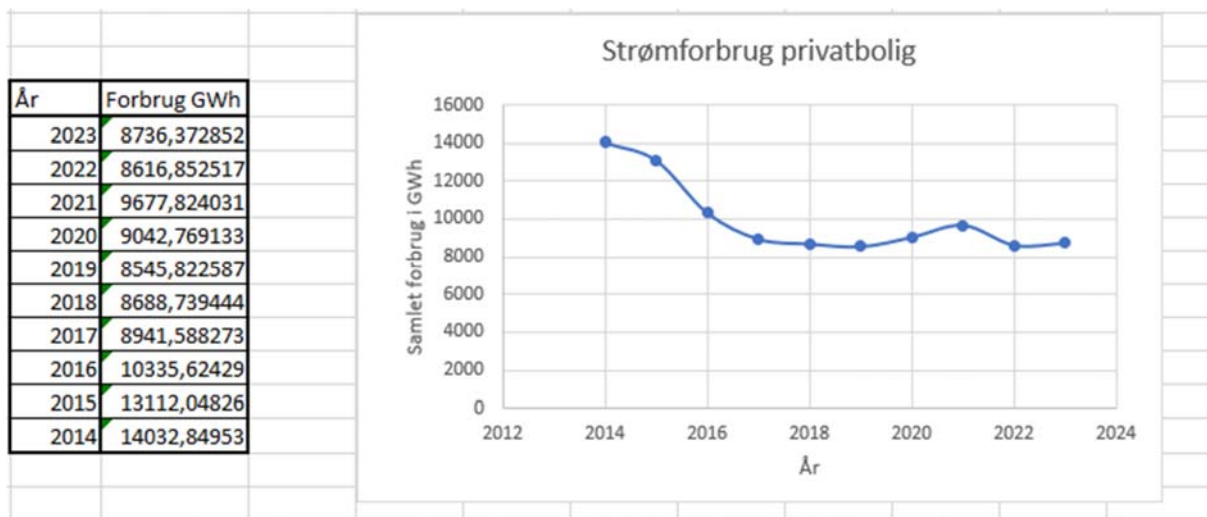
Slut projekt Installatøruddannelse



Grafen ovenover viser strømforbrugets udvikling³.

Strømforbrug i private boliger

Ved <https://www.energidataservice.dk/tso-electricity/ConsumptionDK10> kan der søges på forskellige sektorer og deres strømforbrug gennem årene. Selvom enkelte data refererer tilbage til 1950, er der ikke oplysninger om private boliger og deres forbrug siden 2014. Det er muligt at afgrænse søgninger ned til enkelte kommuner, hvis dette ønskes men ikke på boligtyper.



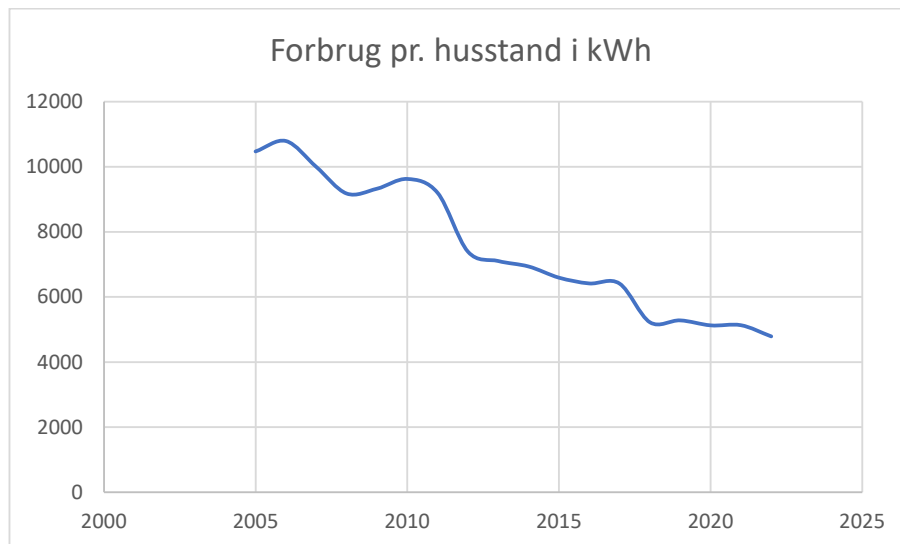
Der er, ud fra ovenstående, sket et fald fra 2014 til 2016, men har ellers været på et stabilt niveau siden da. Tallene er for hele blokken af private boliger, men hvis man isolerede parcelhuse, vil tallene forventeligt se anderledes ud, da der i samme periode er kommet flere varmepumper og lade standere op ved parcelhusene.

En anden statistik, fundet fra dansk statistik, viser samme mønster. Tabellen er baseret på deltagere i undersøgelser fremsendt fra dansk statistik til private borgere, der frivilligt har valgt at deltage. Ud af de fremsendte er svarprocenten på ca. 13%, hvilket medfører usikkerhed i forhold til tallene, men de kan

³ <https://histecon.fas.harvard.edu/energyhistory/DATABASE%20World%20Energy%20Consumption.pdf> - side 54-56

Slut projekt Installatøruddannelse

bekræfte samme mønster, som vist i forrige kurve, nemlig at forbruget har været faldende. Specielt 2022, hvor priserne på el har været kraftig stigende, og det har medført at folk er blevet mere opmærksomme på priser og forbrug.



Kurven viser at forbruget i private boliger har været faldende, dog med det forbehold at der til beregninger er brugt gennemsnitlige priser, fra dansk statistik og strøm.dk⁴.

Delkonklusion

Selvom tallene har en hvis margen af usikkerhed, viser de stadig at private boliger er opmærksomme på elforbruget. Tallene i forbruget i private boliger er større, når man kigger i tallene, da en del husstande i undersøgelsen har variabel strøm, tallene er omregnet fra forbrug i DKK og derfra omregnet til kWh ud fra årets gennemsnitspris. Tallene i de 2 fremfundne statistikker synes at understøtte hinanden og deres data anses som valide.

⁴ <https://strøm.dk/el-prishistorik.php>

Slut projekt Installatøruddannelse

Livscyklusanalyse- LCA

Som et af de nyere tiltag skal virksomheder til at dokumentere, hvor meget deres produkt påvirker miljøet i dets forventede levetid, samt produktets genanvendelighed, når det ikke længere skal benyttes.

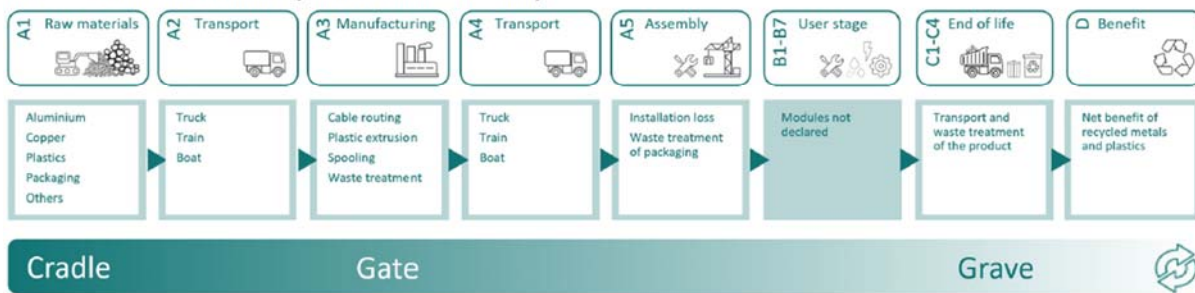
Dette kaldes LCA⁵ eller på engelsk EPD⁶. I projektet tages der udgangspunkt i NOIKLX kabler fra NKT og kun i størrelserne 3x1,5 og 3x2,5.

System boundaries (X=included, MND=module not declared, MNR=module not relevant)

Product stage			Construction installation stage		Use stage								End of life stage				Beyond the system boundaries
Raw materials	Transport	Manufacturing	Transport	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling potential	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	X	X	X	X	X	

System boundary:

The flowchart below illustrates the system boundaries of the analysis:



Her er de oplysninger, der i LCA for kabler er benyttet i beregningerne for CO₂ og andre miljøpåvirkninger for installationskabler.

Som det kan ses på LCA forløbet, er hele stadiet, hvor kablet er installeret i væggen⁷, ikke medregnet. Årsagen til dette er, at kabler ikke har noget forventet slitage, der gør det nødvendigt at servicere eller reparere.

Ligeledes har producenten valgt at kablets forventede levetid er 30 år, men installationskabler er ikke begrænsede til 30 år, da flere ældre huse, bygget i 1960 og senere, stadig kan indeholde de originale kabler fra da de blev bygget, og kablerne fejler ikke noget der kan retfærdiggøre en udskiftning, og derfor er levetiden i rapporten fastsat til 50 år.

En anden væsentlig faktor for LCA er miljøpåvirkningen, denne indeholder flere faktorer end CO₂ udledning. Årsagen er, at produktionen af udstyr vil have flere udledninger og disse kan have andre skadelige virkninger end blot drivhusgasser. Dette gør, at de skal medtages i en LCA, så man kan se om der kan laves løbende forbedringer i produktion/drift/bortskaffelse af et produkt.

⁵ Livscyklusanalyse

⁶ Environmental Product Declaration

⁷ USE STAGE - B1→B7

Slut projekt Installatøruddannelse

Der vil ikke blive vurderet på andre faktorer for kabler end CO₂ påvirkningen.

LCA-opbygning

Her beskrives kort hvordan en LCA er opbygget.

Afsnit A1→A5

De første punkter af en LCA, viser de påvirkninger udvinding af materialer og produktionsdelen af et produkt har.

A1 og A2 er baseret på udvinding og transport til fabrikken, hvor forarbejdningen foregår.

A3 er producentens lokation og er de tal, der kan vurderes til at være mest præcise, da producenten kender tallene.

A4 er et skøn ud fra afstand fra fabrik til markedet, hvor kablet skal installeres.

A5 er et estimat. Her forventer NKT, som LCA er hentet fra, at der under installationen er et spild på 2%.

Afsnit B1→B7

B1-B7 kan ikke beregnes, da det ikke forventes at have en påvirkning for miljøet, da de ikke skal serviceres eller repareres i perioden, og kan ses bort fra.

C1→C4

Her ses på påvirkninger i forbindelse med, at kablet skal udtages af installationen, da det har nået den levetid, det var planlagt til.

C1 forventes ikke at have nogen påvirkning, da miljøpåvirkning vil være større for resten af nedrivningsprocessen og kablerne kan fjernes løbende uden brug af maskiner, der belaster miljøet mærkbart.

C2 er som ved A4, baseret på et estimat på afstand mellem marked og genanvendelseslokationen.

C3 er udledning i forbindelse med genanvendelse, smeltning, afbrænding og adskillelse af relevante materialer.

C4 er bortskaffelse herunder deponi og aske efter eventuel afbrænding af restmateriale.

Afsnit D

D er genanvendeligheden af materialet, herunder forarbejdning og afbrænding. Fordele ved genanvendelse af nettoskrot kan beregnes ud fra EN 15804:2012+A2:2019.

Slut projekt Installatøruddannelse

LCA 3x1,5 NOIKLX

Miljøpåvirkning

De oplyste CO₂ værdier for kablet er oplyst til at være:

LCA: Results

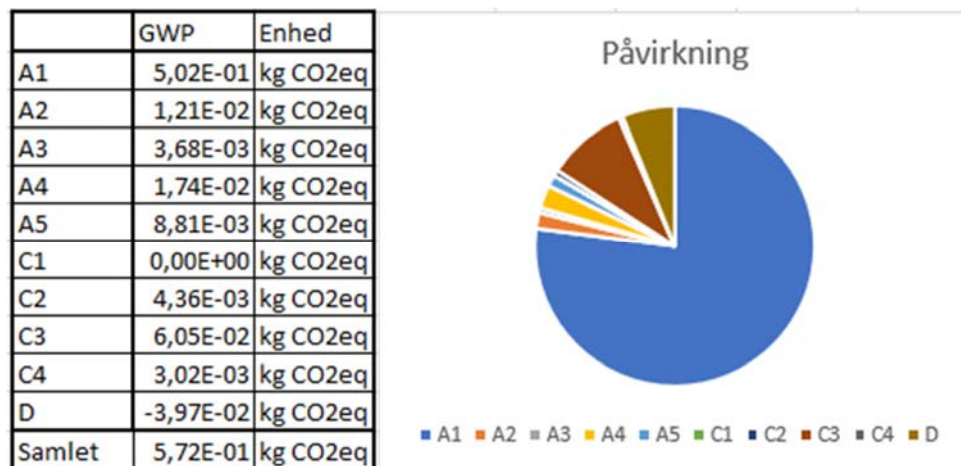
The LCA results are presented below for the declared unit defined on page 2 of the EPD document.

Environmental impact											
Indicator	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D
GWP-total	kg CO ₂ -eq	5,02E-01	1,21E-02	3,68E-03	1,74E-02	8,81E-03	0	4,36E-03	6,05E-02	3,02E-03	-3,97E-02
GWP-fossil	kg CO ₂ -eq	4,94E-01	1,21E-02	3,36E-03	1,74E-02	8,71E-03	0	4,36E-03	6,05E-02	3,02E-03	-3,94E-02
GWP-biogenic	kg CO ₂ -eq	7,76E-03	4,99E-06	3,01E-04	7,11E-06	9,42E-05	0	1,81E-06	1,15E-06	2,54E-07	-1,74E-04
GWP-luluc	kg CO ₂ -eq	3,58E-04	4,34E-06	2,23E-05	6,31E-06	5,99E-06	0	1,55E-06	2,10E-07	1,42E-07	-1,56E-04

Den øverste linje er den, der vil blive brugt i projektet, da den viser den samlede udledning produktet har i alle faser. GWP⁸ for hver af de forventede brændelselementer er opgjort individuelt og regnet sammen. Opdelingen anskueliggør, hvor der potentielt kan laves ændringer på sigt, der kan mindske belastningen.

Det kan ses, at fossilt brændsel udgør den største del af klimabelastningen, og kan der findes alternativer for dette, kan klimapåvirkningen begrænses.

Den samlede miljøpåvirkning per meter kabel kan beregnes til:



Som vist på cirkeldiagrammet, er det udvindingen af materialer, der belaster miljøet mest.

⁸ Global Opvarmnings Potentiale

Slut projekt Installatøruddannelse





LCA 3x2,5 NOIKLX

Miljøpåvirkning

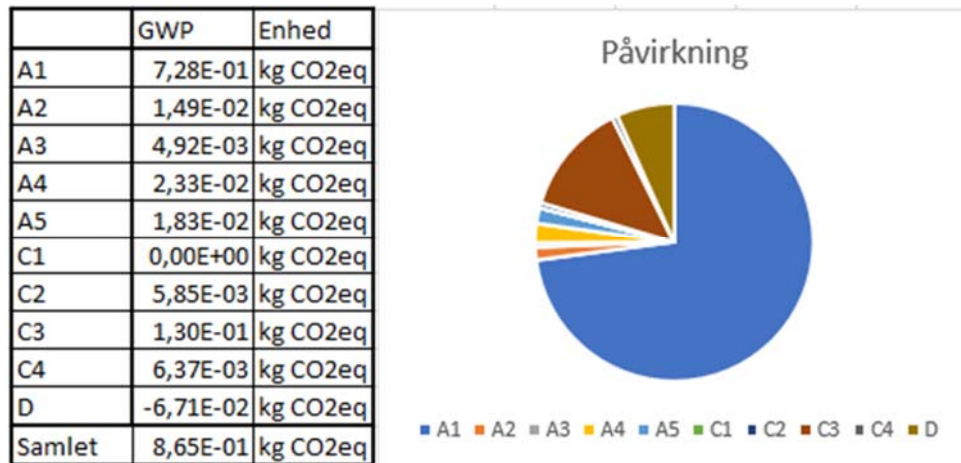
De oplyste CO₂ værdier for kablet er oplyst til at være:

LCA: Results

The LCA results are presented below for the declared unit defined on page 2 of the EPD document.

Environmental impact												
Indicator	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D	
	GWP-total	kg CO ₂ -eq	7,28E-01	1,49E-02	4,92E-03	2,33E-02	1,83E-02	0	5,85E-03	1,30E-01	6,37E-03	-6,71E-02
	GWP-fossil	kg CO ₂ -eq	7,15E-01	1,49E-02	4,48E-03	2,33E-02	1,80E-02	0	5,85E-03	1,30E-01	6,37E-03	-6,65E-02
	GWP-biogenic	kg CO ₂ -eq	1,23E-02	6,13E-06	4,08E-04	9,53E-06	2,52E-04	0	2,42E-06	2,45E-06	5,45E-07	-2,90E-04
	GWP-luluc	kg CO ₂ -eq	5,36E-04	5,32E-06	2,98E-05	8,45E-06	1,15E-05	0	2,08E-06	4,49E-07	2,62E-07	-3,17E-04

Ud fra de ovenstående værdier kan den samlede udledning for 1 meter 3x2,5 mm² kabel beregnes til:



Slut projekt Installatøruddannelse

Beregninger for miljø og rentabilitet

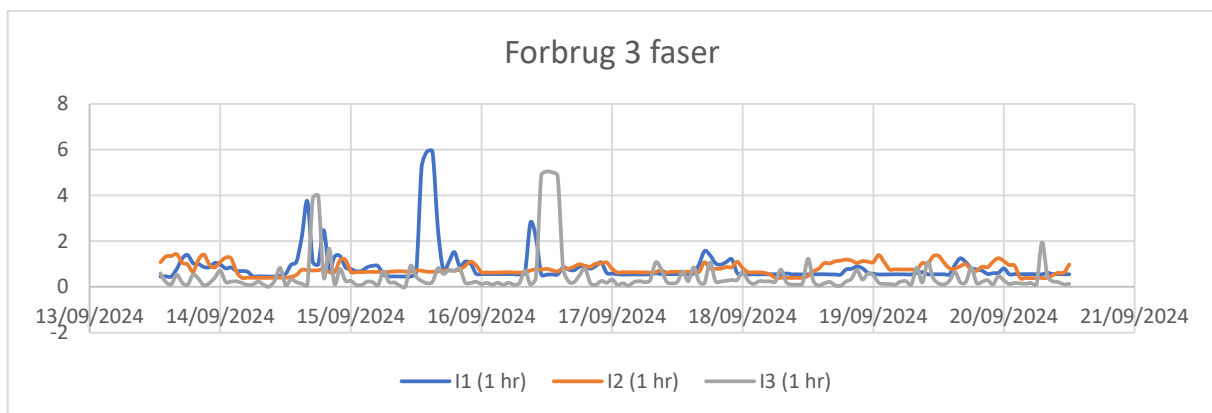
Boligen

Boligen er benyttet som baggrund for beregningerne af et parcelhus på 147 m² bygget på en grund på 850².

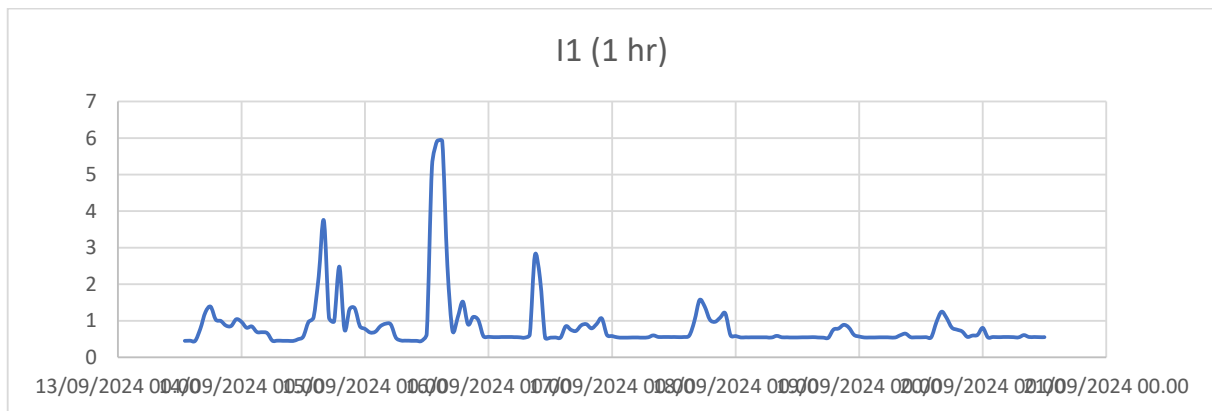
Huset opvarmes med fjernvarme og ligger i et villakvarter i Esbjerg N. Boligen er oprindelig bygget i 1969, med en tilbygning lavet i 2001. Installationen i boligen overholder de regler, der var gældende for perioden, hvilket betyder at de påkrævede antal stikkontakter og fordeling af køkkenet på 2 forskellige grupper ikke kan overholdes. Ved nybyg af et hus i samme udformning og størrelse, vil der derfor kunne forekomme yderligere kabelføringer, som vil påvirke de kommende beregninger. Dette tages der ikke højde for i projektet.

Der er i Bilag 05 indsat et billede af placeringen af stikkontakter og kabelføring i huset. Længder på kabler er ud fra et skøn og kendte føringsveje, samt de kabler der visuelt kan følges på loft.

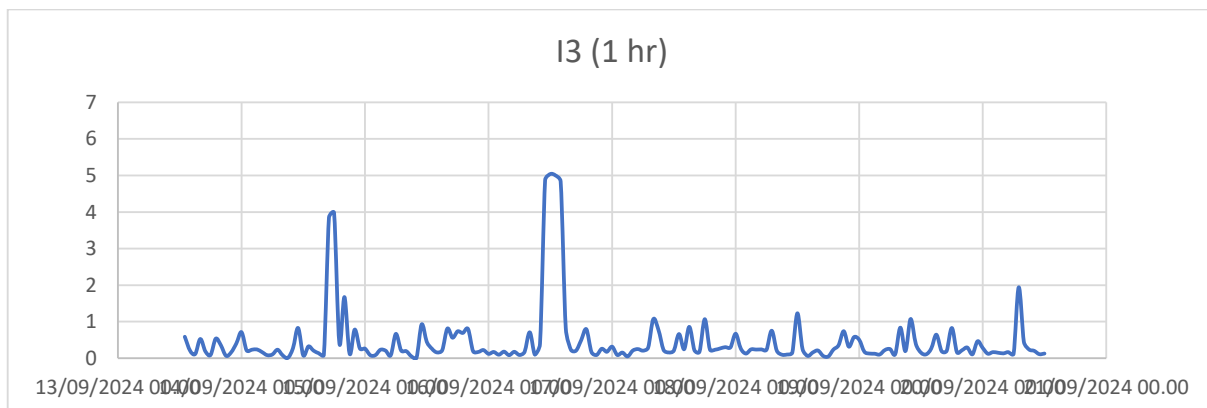
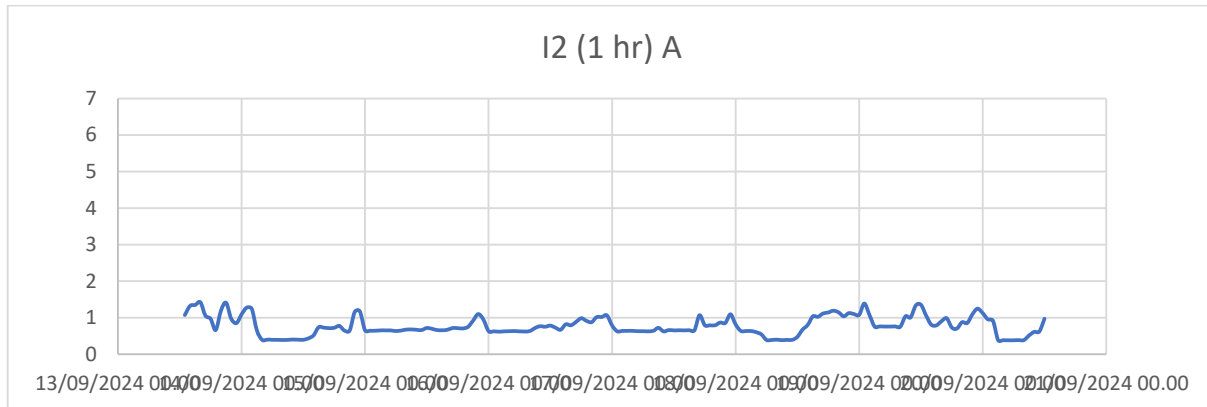
Strømmålinger for de 3 faser:



Målingerne viser strømforbruget over de 3 grupper i perioden, der måles over. Nedenfor kan de 3 ses enkeltvis.



Slut projekt Installatøruddannelse



Rentabilitet ved skift

For at se på de miljø- og økonomiske sider af at udfase 1,5 mm² kabler i boliger, kan det svare sig at se på forskellen mellem de to kabler overfor hinanden. Først ses på miljø i forhold til, om det kan svare sig at installere 2,5 mm² kabel i stedet for og om den øgede udledning produktionen, og genanvendelsen, kan tjene sig hjem i lavere udledning over 50 år. I de to tidligere nævnte LCA fra NKT, forventes det at kablerne benytter ca. 1 A kontinuerligt i timen i 30 år, men for projektet vil der fremadrettet blive regnet med 50 år.

Miljø

CO₂ udledningen for de 2 kabler pr meter beregnes således:

$$CO_{2,1.5_NOIKLX} := 0.61187 \frac{kg}{m}$$

$$CO_{2,2.5_NOIKLX} := 0.93164 \frac{kg}{m}$$

$$CO_{2,diff_NOIKLX} := CO_{2,2.5_NOIKLX} - CO_{2,1.5_NOIKLX} = 0.32 \frac{kg}{m}$$

Det betyder, at for hver meter installeret 2,5 kabel mm² vil der ske en øget udledning af CO₂ eq på 347 g. Der skal derfor ses på, om det kan tjenes hjem på 50 år ud fra CO₂ udledningen fra 2023 strømproduktionsværdier.

Slut projekt Installatøruddannelse

Der blev i 2023 udledt 96 gram CO₂ pr kWh i den danske elproduktion⁹, tallet er hentet fra GreenPowerDenmark, og vil i projektet benyttes til beregninger om besparelser i udledningen, både for teoretiske og praktiske beregninger.

Besparelse, i kWh ud fra LCA, for hver meter kabel beregnes til:

$$P_{sparet} := P_{1.5} - P_{2.5} = 0.009 \text{ W}$$

Ud fra denne kan det beregnes til at den samlede besparelse i udledning pr meter kabel over 50 år kan opgøres til:

$$CO_{2_sparet} := CO_{2_kWh} \cdot P_{sparet_kWh} - CO_{2_diff} \cdot l_{meter} = 0.075 \text{ kg}$$

I den til projektet valgte bolig er kabellængden opgjort omkring 185 meter. Tallet er ikke retvisende, da der ikke helt nøjagtige mål eller optegnelser af kabelføringen, grundet husets alder. Tallene er baseret på skøn ud fra, hvordan kablerne synes ført, herunder hvordan de kan følges i installationen.

Den øgede udledning er opgjort til:

$$kg_{CO_{2_1.5}} := l_{hus} \cdot CO_{2_1.5} = 113.196 \text{ kg}$$

$$kg_{CO_{2_2.5}} := l_{hus} \cdot CO_{2_2.5} = 172.353 \text{ kg}$$

$$kg_{CO_{2_øget}} := kg_{CO_{2_2.5}} - kg_{CO_{2_1.5}} = 59.157 \text{ kg}$$

Det betyder at skulle samme bolig opføres i samme konstruktion i dag, og samme installation, vil lysgrupperne medføre en forøgelse af CO₂ udledningen på omkring 64 kg CO₂.

⁹ <https://greenpowerdenmark.dk/fakta-om-groen-energi>

Slut projekt Installatøruddannelse

Beregner man så besparelsen i udledningen vil den være:

$$I_{1A} := 1 \text{ A}$$

$$r_{1.5} := 12.1 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$x_{1.5} := 0.103i \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$Z_{1.5} := 2 \cdot l_{\text{hus}} \cdot (r_{1.5} + x_{1.5}) = (4.477 \angle 0.488^\circ) \Omega$$

$$P_{1.5} := |I_{1A}^2 \cdot Z_{1.5}| = 4.477 \text{ W}$$

$$r_{2.5} := 7.41 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$x_{2.5} := 0.095i \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$Z_{2.5} := 2 \cdot l_{\text{hus}} \cdot (r_{2.5} + x_{2.5}) = (2.742 \angle 0.735^\circ) \Omega$$

$$P_{2.5} := |I_{1A}^2 \cdot Z_{2.5}| = 2.742 \text{ W}$$

$$P_{\text{sparet}} := P_{1.5} - P_{2.5} = 1.735 \text{ W}$$

$$P_{\text{sparet_kWh}} := P_{\text{sparet}} \cdot t = 760.554 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

$$CO_{2_kWh} := 0.096 \frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{hr}}$$

$$CO_{2_sparet_L1} := CO_{2_kWh} \cdot P_{\text{sparet_kWh}} - CO_{2_diff} \cdot l_{L1_blå} = 15.31 \text{ kg}$$

Det giver en CO₂ besparelse på 8,8 kg over 50 år.

Slut projekt Installatøruddannelse

Delkonklusion

Som beregnet og forventet er besparelsen ikke stor miljømæssig, og det skal huskes at dette er et parcelhus. Forskellen kan være større, hvis det bliver ændret i fremtidige boliger.

I Danmark blev der bygget 4379 nye parcelhuse, hvis man så tager tallet og ganger op vil det give en besparelse på omkring 38,5 tons CO₂ over 50 år, og der vil man begynde notere en forskel, og så kan man ellers gange op i takt med nybyg, hvis ovenstående blev en fast standard i parcelhuse.

Der skal gøres opmærksom på at udledningen fra elproduktion svinger, samt der arbejdes på at nedbringe udledningen af CO₂ fra elproduktionen, ved at opføre flere vedvarende energikilder. Derfor er tallene ikke retvisende for en 50-årig periode.

Økonomi

For at sikre opbakning fra forbrugerne, kan det være nødvendigt at tage hensyn til forbrugerne i forhold til om den besparelse, kabelændringen kan give, kan tjenes hjem over samme periode. Som i tidligere afsnit vil der beregnes en besparelse over 50 år pr meter kabel og derefter se på den valgte bolig.

Strømpriserne i 2023 var i gennemsnit:

$$Pris_{gns} := \frac{Pris_{1halvår} + Pris_{2halvår}}{2} = 3.327 \frac{DKK}{kW \cdot hr}$$

Økonomien i udskiftning kan beregnes således:

Listepriser pr meter NOIKLX 90°C kabel

$$Pris_{m_{1.5}} := 20.05 \frac{DKK}{m}$$

$$Pris_{m_{2.5}} := 43.10 \frac{DKK}{m}$$

$$Pris_{m_{diff}} := Pris_{m_{2.5}} - Pris_{m_{1.5}} = 23.05 \frac{DKK}{m}$$

$$DKK_{sparet_total} := DKK_{sparet_L1} + DKK_{sparet_L2} + DKK_{sparet_L3} = -1190.461 \text{ DKK}$$

Delkonklusion

I modsætning til miljø, er der her ikke mulighed for at kunden kan hente den merudgift hjem, en større kabeltype vil medføre. Forskellen for det valgte hus og kabelføring vil medføre en merudgift for ejeren på 1734 DKK over 50 år. Dette giver et tab på 34,68 DKK om året ud fra de nævnte beregninger.

Slut projekt Installatøruddannelse

Rentabilitetsberegning

Her laves en beregning på hvor meget det gennemsnitlige forbrug skal ligge på, for det nævnte hus før udgiften er tjent hjem.

$$P_{kWh_{ex}} := \frac{DKK_{hus}}{Pris_{gms}} = (1.282 \cdot 10^3) \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

$$P_{Sparet_{ex}} := \frac{P_{kWh_{ex}}}{t} = 2.925 \text{ W}$$

$$I_{forbrug} := \sqrt{\frac{P_{Sparet_{ex}}}{Z_{1.5} - Z_{2.5}}} = 1.298 \text{ A}$$

Ved 1,3 A kan det svare sig at skifte 1,5 mm² kabel ud med et større kvadrat. Der vil blive lavet beregninger på boligens faktiske forbrug senere i projektet, hvor der er målt forbrug løbende over en periode, med henblik på at se om det vil kunne svare sig for økonomien i en bolig at hente udgiften hjem.

Målinger på valgt bolig

I forbindelse med projektet er der foretaget målinger på boligens forbrug. Målingerne er foretaget med en Power Energy Logger PEL 103¹⁰. Udstyret er valgt, da den kan måle på de 3 grupper forbrug isoleret fra resten af installationen. I de vedlagte målebilag, kan det aktuelle strømforbrug følges med en logning hvert minut i en uge. Målingerne udlæses i programmet dataviewer, hvor informationerne omkring den udlæste måling kan findes. Disse data kan herfra bruges, som vist i programmet, eller overføres til et Excel ark, hvor alle loggede data indføres til brug efter behov. Dette Excel ark er vedhæftet som bilag 07 side 39-46.

¹⁰ <https://chauvin-arnoux.africa/product/chauvin-arnoux-pel103-data-logger-for-current-energy-frequency-harmonics-power-voltage-measurement/>

Slut projekt Installatøruddannelse

Miljø

Ud fra målingen, kan der beregnes en gennemsnitsværdi, hvor meget CO₂ der kan spares, hvis det målte forbrug er gældende for en 50-årig periode. Beregningerne kan ses i bilag 04, og det er kun de endelige resultater for hver fase der er vist i rapporten.

De tre faser er noteret med farve ud fra kabeltegningen i bilag 05 og omtalt som blå, grøn og rød.

Grupperne dækker over følgende rum:

Blå: Børneværelser, gæstetoilet, entre og spisestue

Grøn: Stue og kontor

Rød: Køkken, soveværelse, bad og bryggers

$$CO_{2_sparet_L1} := CO_{2_kWh} \cdot P_{sparet_kWh} - CO_{2_diff} \cdot l_{L1_blå} = 15.31 \text{ kg}$$

$$CO_{2_sparet_L2} := CO_{2_kWh} \cdot P_{sparet_kWh} - CO_{2_diff} \cdot l_{L2_grøn} = -4.276 \text{ kg}$$

$$CO_{2_sparet_L3} := CO_{2_kWh} \cdot P_{sparet_kWh} - CO_{2_diff} \cdot l_{L3_rød} = 18.512 \text{ kg}$$

Beregningerne på de 3 målte lysgrupper viser, at det kan svare sig at skifte til 2,5 mm² kabel på 2 grupper, af miljøhensyn, mens gruppen der dækker stue og kontor ikke kan svare sig at skifte kablerne ud i forhold til miljøhensyn, da den ikke har et stort nok forbrug.

$$CO_{2_sparet_total} := CO_{2_sparet_L1} + CO_{2_sparet_L2} + CO_{2_sparet_L3} = 29.547 \text{ kg}$$

Samlet for boligen kan det svare sig at skifte kablerne og opnå en besparelse i udledning på 24,5 kg CO₂ for boligen som helhed.

Delkonklusion

Det var forventet at køkkengruppen havde det største forbrug, da den er sat på samme gruppe, mens stuen overraskede ved at have lavere forbrug end forventet. Ved nybyg, hvor køkkenet er opdelt i 2 grupper, som kravet er, vil forbruget fordele sig over 2 grupper, og derved vil 2 af grupperne kunne dele denne belastning.

Udover dette, skal der tages højde for, at beregningerne ikke er til de kontakter, hvor der er reelt forbrug, men på hele kabellængden for de valgte grupper.

Økonomi

Det økonomiske aspekt for installationen, hvis udført med større kabel for det valgte hus, vil se ud som følger.

$$DKK_{sparet_L1} := Pris_{gns} \cdot P_{sparet_kWh} - Pris_{m_diff} \cdot l_{L1_blå} = -91.865 \text{ DKK}$$

$$DKK_{sparet_L2} := Pris_{gns} \cdot P_{sparet_kWh} - Pris_{m_diff} \cdot l_{L2_grøn} = -1177.517 \text{ DKK}$$

$$DKK_{sparet_L3} := Pris_{gns} \cdot P_{sparet_kWh} - Pris_{m_diff} \cdot l_{L3_rød} = 78.922 \text{ DKK}$$

Slut projekt Installatøruddannelse

Beregningerne viser, at det økonomisk ikke er muligt at indhente en gevinst ved at skifte til et større kabel. Den samlede udgift for boligejeren for dette ender med at være.

$$DKK_{sparet_total} := DKK_{sparet_L1} + DKK_{sparet_L2} + DKK_{sparet_L3} = -1190.461 \text{ DKK}$$

Delkonklusion

I modsætning til forrige beregninger, var det forventet at det ville koste penge at skifte til større kvadrat, og at det ikke ville kunne hentes hjem ud fra de målte værdier, samt rentabilitetsberegningen foretaget i de teoretiske beregninger der viste at gennemsnitsforbruget på det fjerneste sted skal være 1,3 A før det økonomisk kan gå i nul.

Slut projekt Installatøruddannelse

Konklusion

Miljø

Gennem udarbejdelsen af rapporten er der lagt vægt på, at økonomi og miljøaftrykket skal kunne hentes ind ved et skifte til et kabel med større tværsnit. Forventningerne var, at det ikke kan svare sig i forhold til de to parametre med den givne opsætning, men det har vist sig, at der kan være en lille miljømæssig gevinst ved at skifte til et større kvadrat, når man kigger på den lavere CO₂ udledning over de 50 år et nybyg skal vurderes ud fra¹¹. Som nævnt i delkonklusionen er gevinsten ikke stor, men set ud fra antallet af nybyggede huse, vil den samlede besparelse stige i takt med antallet af huse.

Udfordringerne med vurderingen i rapporten er, at flere faktorer ikke er medregnet, f.eks. at huset der kigges på er fra 1969, og ikke overholder alle de nuværende krav til et hus, samtidig er forbruget vurderet til at køre over hele kabelstrækket i en gruppe, hvilket ikke er foreneligt med, at kontakterne sidder forskelligt.

Herudover er målingen grundet tid og adgang til måleudstyr, kun baseret på en uge, hvor et mere retvisende projekt vil kræve mere præcise målinger, og at en families forbrug hele tiden ændrer sig, i takt med antal beboer som bliver ældre og antallet ikke er konstant i 50 år, eller at boligen sælges videre.

Til trods for disse forbehold, mener jeg at rapportens resultater kan benyttes til at give et billede af, at der er en gevinst for miljøet at hente på denne metode, selvom den virker lille, kan det give mening at skifte 1,5 mm² kabler ud.

Økonomi

På det økonomiske er rapporten, i tråd med det forventede, nemlig at det er usandsynligt at pengene kan hentes hjem over 50 år. Der vil være et tab, men tabet er begrænset, når man ser på den øgede udgift på omkring 4000 kr. et identisk hus ville i dag, med den installation der er. Tabet er beregnet til at være ~24 kr pr år i 50 år, og det kan godt forsvares, at der er så lavt et tab over den samme periode.

Refleksion

Når der nu er set på rapportens resultater, beregnet og gjort op med de tal der er fundet, skal det huskes, at rapporten ikke har taget højde for 5-leder kabler, hvor udledningen er anderledes, da der er behov for 40% mere kobber. Dette vil naturligvis påvirke udledningen i negativ retning for beregnede værdier, men i samme omgang vil det have fordele i form af, at det vil være nemmere at overholde krav til spændingsfald i lysinstallationer i huset, da modstanden er lavere i 2,5 mm² kabler.

¹¹ Bygningsreglementet §297 stk. 2