

Bliv helt elektrisk

- beregnet for folkeskolens 8. - 10. klassetrin





Indhold / Side

Forord	1
Din elektriske hverdag	2
Ledningsnettet	4
Transformere og højspænding	6
Elektricitetens vej til forbrugeren	8
Kilometervis af kabler	10
Strøm til vands og til lands	12
Strøm gennem 100 år	14
Dengang...	16
Elværker og husmødre	18
Superlederen	20
Elektriske begreber	22
Opgaver	23
Nyttige oplysninger	25

Forord til læreren

I 1998 tog NKT initiativ til at lave undervisningsmateriale, der henvender sig til børn og unge i folkeskolen. Et af formålene med undervisningshæfterne er at gøre børn og unge interesserede i fysik og teknik. For at opnå dette tilbyder NKT undervisningsmateriale til brug i folkeskolen.

Dette hæfte henvender sig til folkeskolens ældste klasser. Hæftet handler om strømforsyning og den elektriske hverdag, som er vigtige emner, fordi de omhandler grundlaget for den moderne dagligdag. Det er tillige emner, som indgår i folkeskolens og gymnasiets fysikundervisning, så hæftet vil kunne tilføje undervisningen i elektricitetslære en ekstra dimension.

Hæftet behandler emnerne strøm, spænding, modstand, effekt, elektromagnetisme, transformation, varmeledning og elektrolyse, og det er hensigten, at lærer og elever skal arbejde med det i den daglige undervisning.

Hæftet fortæller kort om elproduktion og betydningen af højspændingsnettet og transformerstationer. Dernæst gennemgås de problemer, der opstår i forbindelse med jord- og søkabler. Problemerne behandles i realistisk form i to cases. Den ene er Hovedstadsprojektet, og den anden er Kontekforbindelsen.

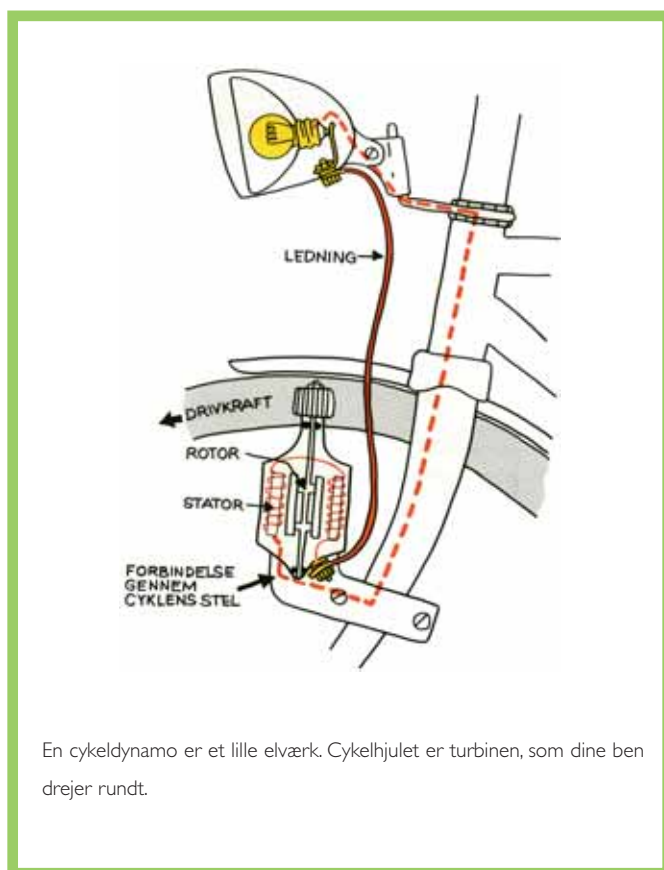
I hæftet fortælles også, hvorledes vores elektriske hverdag har udviklet sig. Det er en historie, som kan medvirke til at give eleverne en forståelse af deres omverden, og hvorfor der sker forandringer. Denne del af hæftet kan inspirere til tværfagligt samarbejde mellem fagene fysik, historie, samfundskundskab og dansk.

Bagest i hæftet findes nogle opgaver og forsøg, som lærer og elever kan bruge i fysikundervisningen. Både opgaver og forsøg knytter sig til teksten i hæftet og ved at løse dem, vil lærer og elever komme omkring vigtige dele af elektricitetslæren i folkeskolen.

Ved udarbejdelsen af hæftet har medvirket Steen B. Johansen, Flemming Sommerlund, Johannes Hansen, Christian Nielsen, Jette Bek Jensen, Leo Glensvig samt Manfred Däumling fra NKT. Ulla Munk fra NKT Holdings Kommunikationsafdeling har layoutet hæftet.

Erik Jørgensen
Elmuseet, oktober 2002

erdag

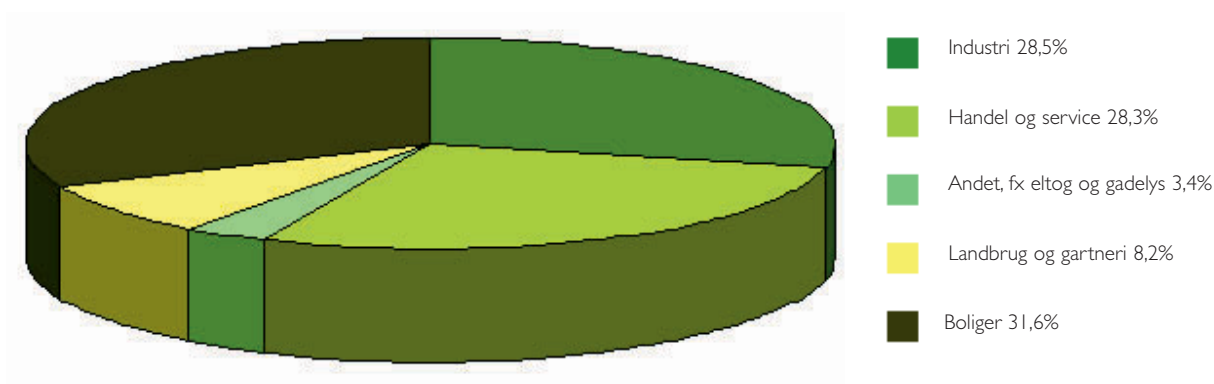


Generatoren består af en rotor og en stator. Rotoren er en magnet, og statoren er en spole. For at generatoren kan lave elektricitet, skal rotoren dreje rundt inde i statoren. Det foregår således:

1. Vandet i en stor kedel bringes i kog, så der dannes damp under meget højt tryk.
2. Dampen sendes ind i en turbine, som har skovlhjul, der ligner propeller med mange blade. Dampen presser på skovlhjulene, så turbinen drejer rundt.
3. Turbinen trækker generatorens rotor rundt, så der laves elektricitet i statorens vindinger.

De danske elværker bruger kul eller naturgas til at opvarme vandet i kedlerne og skabe det nødvendige damptryk. Andre elværker bruger uran til opvarmning og kaldes for atomkraftværker. Turbiner kan også drejes rundt ved hjælp af vand, som det sker i vandkraftværker. Men uanset hvad der drejer turbinen rundt, er det en generator, der laver elektriciteten. Det gælder også for vindmøller: De er små elværker, hvor vingerne er turbinen, der får generatoren til at lave elektricitet, når det blæser. På engelsk hedder vindmøller derfor wind-turbines.

Danskernes forbrug af el fordelt på områder:



Ledningsnettet



Hele vores dagligdag og vores samfund er afhængig af, at ledningsnettet transporterer og fordeler elektriciteten. Langt det meste af tiden fungerer det perfekt, og vi tænker ikke nærmere over det. Først når en voldsom storm bringer uorden i ledningsnettet og forstyrrer vores elektriske hverdag, opdager vi, hvor afhængige vi er af de mange tusinde kilometer ledninger og kabler.

For mange mennesker er ledningsnettet kun nogle ledninger, som skal bringe elektriciteten hen til dem og helst uden problemer. Hvordan det egentlig foregår, og hvad der sker undervejs i nettet, er der ikke mange, der ved. Det svarer til, at man godt ved, der kører biler på vejene, men ikke kender de færdselsregler, der får trafikken til at foregå sikkert og effektivt.

Vi lærer alle sammen færdselsreglerne, fordi vi er afhængige af trafiksystemet. Vi er ligeså afhængige af ledningsnettet. Derfor bør vi også lære reglerne for, hvorledes elektriciteten bevæger sig. Ved hjælp af dem kan man forstå, hvorledes ledningsnettet bringer energi ud til alle dele af samfundet, og hvad der sker undervejs i nettet.

For at elværkerne kan sende elektriciteten ud til alle forbrugere, er der opbygget et ledningsnet, der består af 160.000 km ledninger og kabler. Samlet kan de nå fire gange rundt om jorden ved ækvator. De udgør et netværk, der forbinder de danske elværker og forbrugere med hinanden.

I de andre europæiske lande findes der også ledningsnet, og næsten alle nettene er forbundet med hinanden. Det betyder, at elektriciteten kan bevæge sig hen over landegrænserne. Når du tænder for stikkontakten, kobler du dig derfor på et meget stort netværk. Danmark kan få elektricitet fra tyske atomkraftværker, og Frankrig kan få elektricitet fra danske vindmøller.

Ved at forbinde alle elværker og forbrugere med hinanden sørger ledningsnettet for, at der altid er elektricitet nok til alle. Elværkerne arbejder sammen, og deres samlede elproduktion kan til et hvert tidspunkt aflæses på skærme i to centrale kontrolrum. Det ene ligger i Ballerup og det andet i Fredericia. Her kan ingeniørerne hele tiden aflæse forbruget af elektrisk energi. Det er vigtigt, at de er gode til at gætte, hvor meget elektricitet folk bruger på forskellige tidspunkter i døgnet. Elværkerne vil nemlig gerne vide, hvornår de skal være parate til at lave mere eller mindre elektricitet.



Højspændingsmast.

Ledningsnettet strækker sig ud over hele landet, men det er ikke alle steder, det er synligt. Nogle steder er det båret af masten, og andre steder ligger det i jorden som kabler.



Udlægning af søkabel.

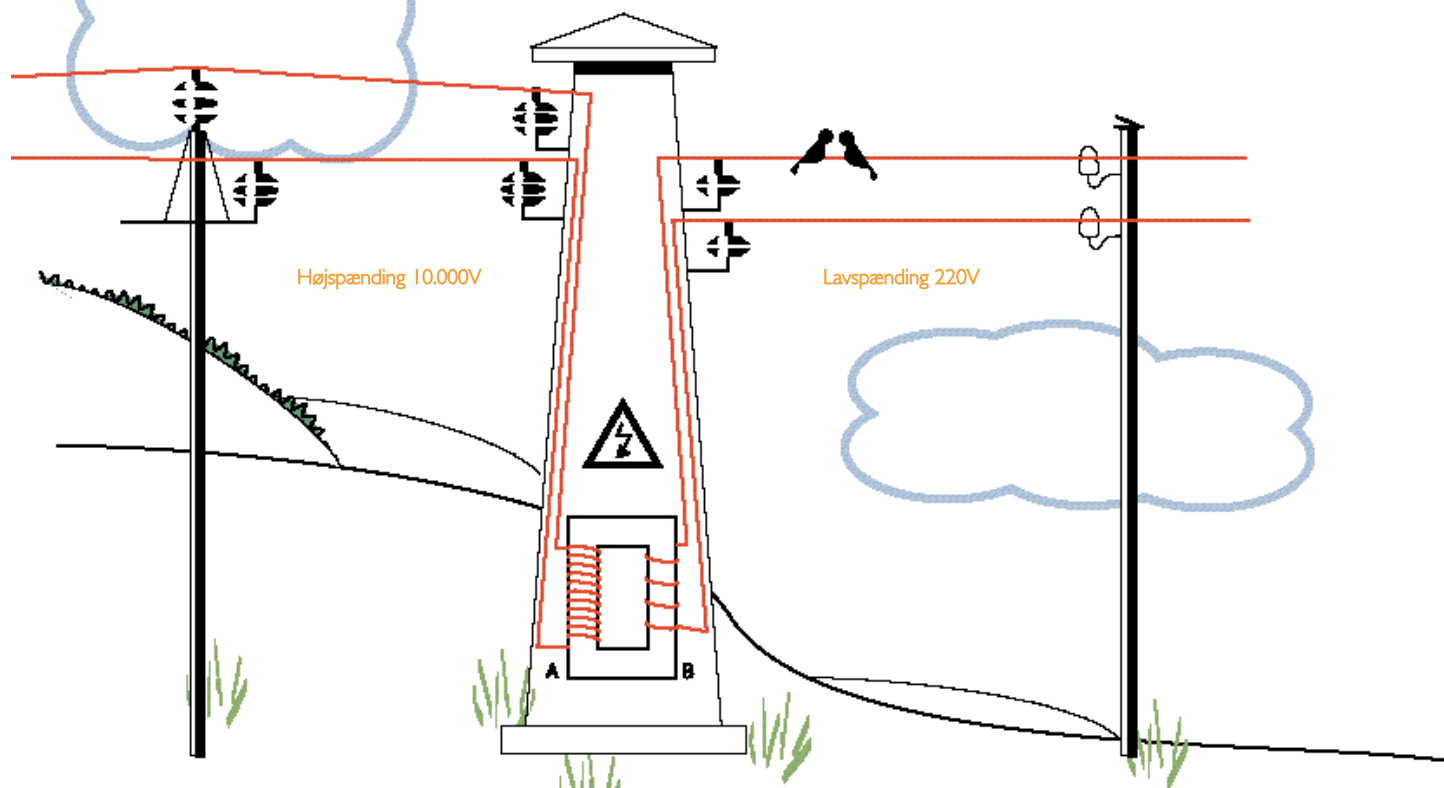
Ledningsnettet findes også i havbunden, som fx i Østersøen mellem Danmark og Tyskland.



Avedøreværket er et kraftvarmeværk, der leverer både kraft (el) og varme (fjernvarme).

Hvis der en aften er en vigtig fodboldkamp i fjernsynet, ved de ansatte på elværkerne, at der skal bruges ekstra meget elektricitet, når kampen er slut. Da tænder folk nemlig mere lys og sætter vand over til kaffe, eller de begynder at lave mad. En afsluttet fodboldkamp kan således betyde, at der i løbet af ganske få minutter skal leveres lige så meget ekstra elektricitet, som et helt elværk er i stand til at producere. Elværkerne aftaler før kampen, hvem der skal lave den ekstra elektricitet, og ved hjælp af ledningsnettet kan de levere den til alle. De ansatte i kontrolrummene følger med i fodboldkampen for at holde øje med, om der bliver forlænget spilletid.

Transformere og høj



En transformer ændrer (transformerer) spændingen i ledningsnettet.

Strømmen afleverer energi til alt, hvad den løber igennem. Energien bliver til varme i elektriske pærer, og i elektromotorer bliver den også til mekanisk energi, når motoren bevæger sig. Strømmen afleverer også energi til de kabler og ledninger, den løber i. Det viser sig ved, at temperaturen i dem stiger. Jo større modstand de har, og jo højere strømstyrke der løber igennem dem, jo mere varme udvikler de. Det er spildt energi, der ikke når ud til forbrugerne, men forsvinder til omgivelserne.

Varmeudviklingen er et stort problem ved kabler i jord og i havet. Det er nødvendigt at isolere kablerne, så strømmen ikke forsvinder ud i jorden eller vandet, men isoleringen gør det samtidig vanskeligt for den strømførende ledning at blive afkølet. Det får ledningens temperatur til at stige, så modstanden i den vokser. Større modstand udvikler mere varme, så endnu mere energi spildes som varme.

Ved højspændingsledninger ophængt på isolatorer af porcelæn er isolering af tråden ikke nødvendig, fordi luft er en dårlig elektrisk leder. Samtidig virker luften afkølede på den strømførende ledning, så varmeudviklingen ikke bliver så stort et problem som i jordkabler.

Elværkerne er naturligvis interesseret i, at så meget som muligt af den energi, de producerer, kommer ud til forbrugerne og ikke forsvinder som varme i ledningsnettet. Elværkerne har forskellige muligheder for at løse varmeproblemet:

1. De kan finde et materiale, der isolerer strømmen, men leder varmen væk fra kablet.
2. De kan anvende et kabel med et stort ledertværsnit, så de får et tykt kabel med en lille modstand.
3. De kan sende en mindre strømstyrke af sted, så varmeudviklingen bliver mindre.

Elværkerne benytter sig af alle muligheder. I første omgang sender de så lille en strømstyrke som muligt af sted. Det kan lade sig gøre ved hjælp af en transformer. På forskellige steder i ledningsnettet findes der transformerstationer. De hedder også fordelers/koblingsstationer. De modtager strøm og ændrer på dens spænding og styrke, inden de sender den videre. Spændingen måles i kilovolt - kV, hvor k betyder 1000. Stationerne benævnes efter, hvor høj en spænding, der findes på dem.

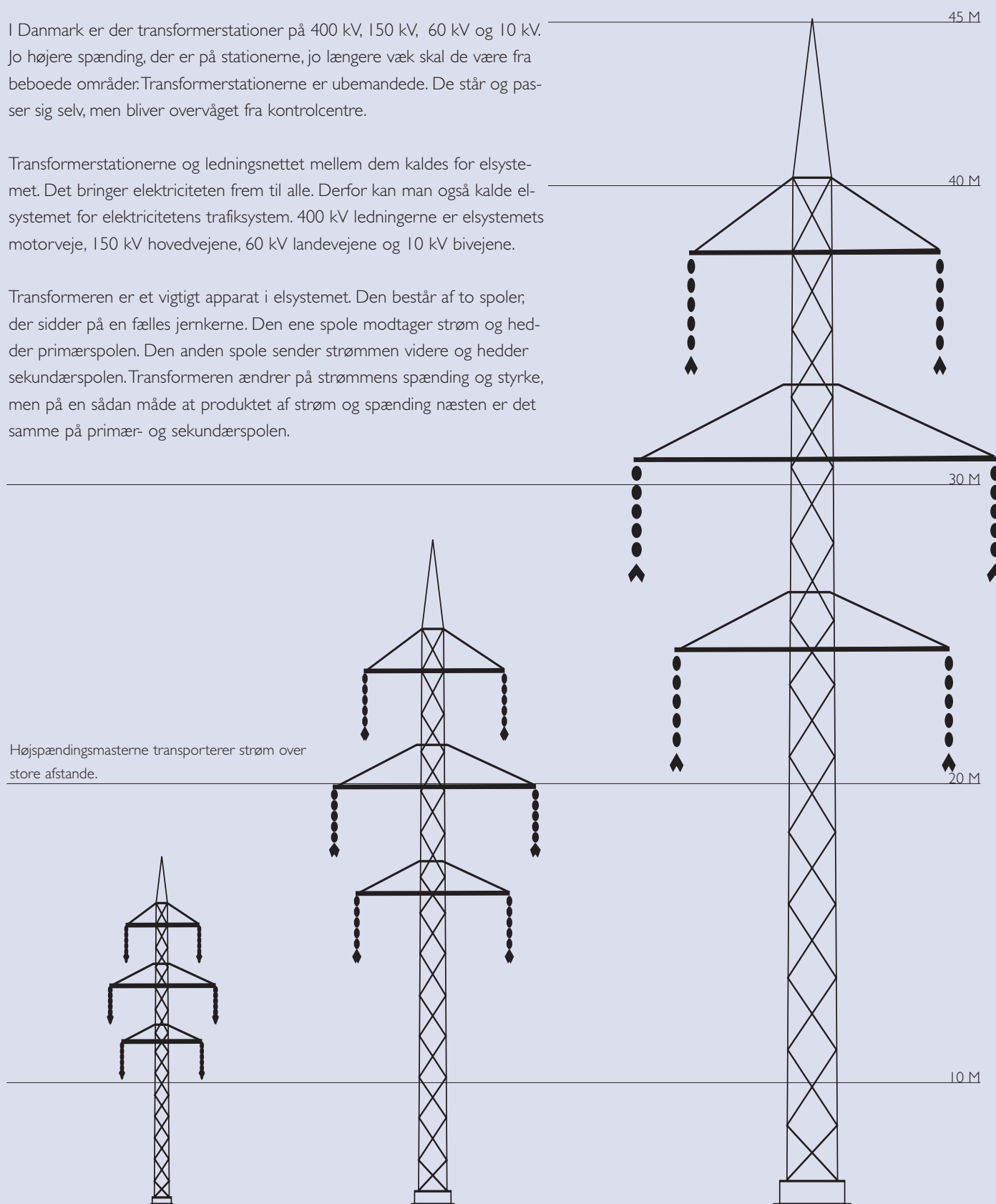
spænding

I Danmark er der transformerstationer på 400 kV, 150 kV, 60 kV og 10 kV. Jo højere spænding, der er på stationerne, jo længere væk skal de være fra beboede områder. Transformerstationerne er ubemandede. De står og passer sig selv, men bliver overvåget fra kontrolcentre.

Transformerstationerne og ledningsnettet mellem dem kaldes for elsystemet. Det bringer elektriciteten frem til alle. Derfor kan man også kalde elsystemet for elektricitetens trafiksystem. 400 kV ledningerne er elsystemets motorveje, 150 kV hovedvejene, 60 kV landevejene og 10 kV bivejene.

Transformeren er et vigtigt apparat i elsystemet. Den består af to spoler, der sidder på en fælles jernkerne. Den ene spole modtager strøm og hedder primærspolen. Den anden spole sender strømmen videre og hedder sekundærspolen. Transformeren ændrer på strømmens spænding og styrke, men på en sådan måde at produktet af strøm og spænding næsten er det samme på primær- og sekundærspolen.

Højspændingsmasterne transporterer strøm over store afstande.

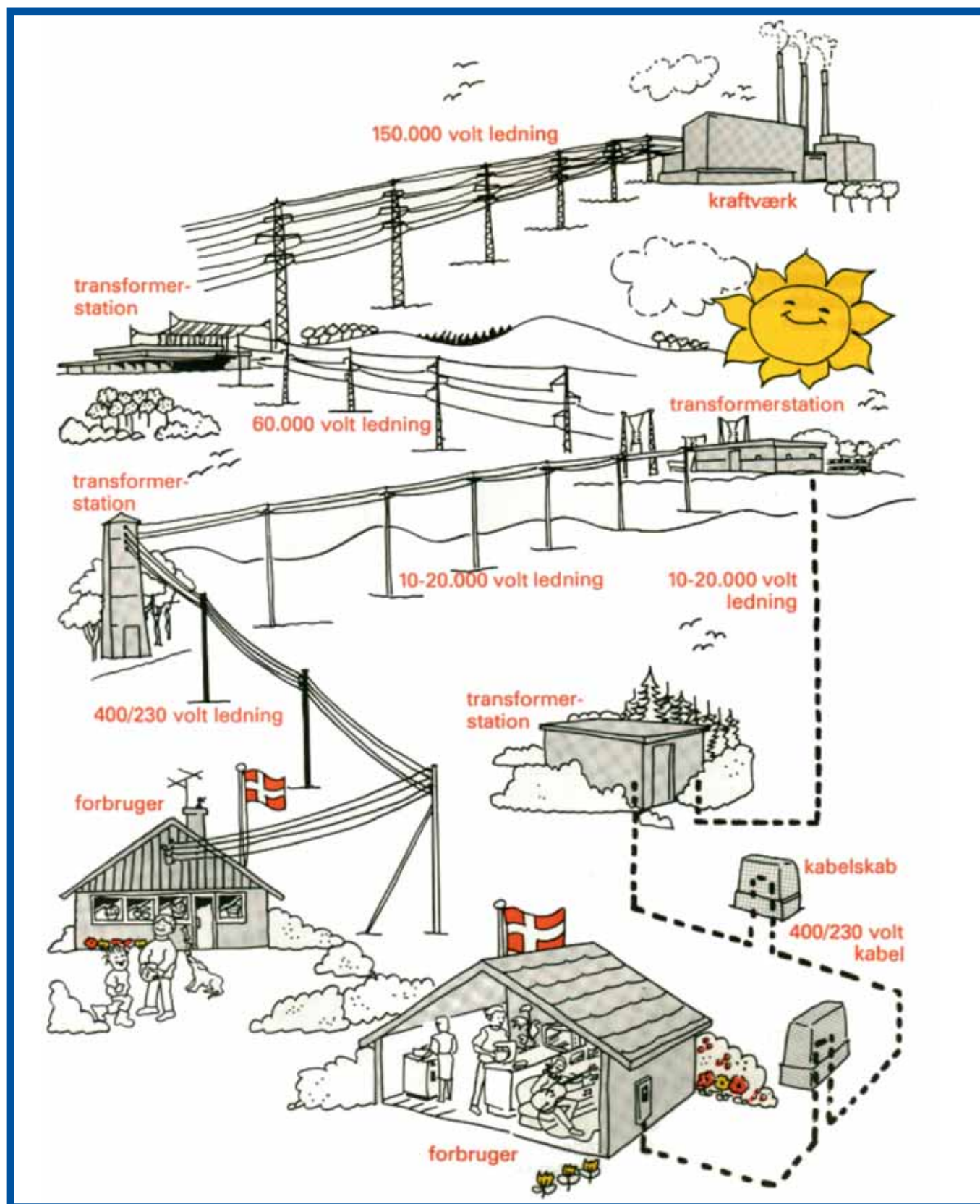


50 kV overfører
100.000 kW

132 kV overfører
600.000 kW

400 kV overfører
4.000.000 kW

Elektricitetens vej til



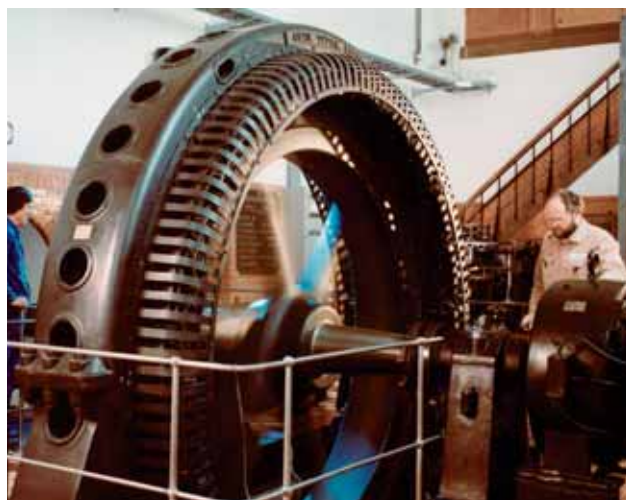
forbrugeren

Det er meget store energimængder; ledningsnettet fører fra elværkerne ud i samfundet. På et stort elværk laver generatorerne en strømstyrke på op til 20.000 ampere med en spænding på 20.000 volt. Spændingen transformeres straks op til den langt højere værdi på 400 kV, for at få en mindre strømstyrke at sende af sted med så lille et tab som muligt.

Inden man kan bruge elektriciteten, er det nødvendigt at gøre spændingen mindre. Det sker på en række fordelerstationer, hvor transformere først ændrer spændingen til 150 kV, senere til 60 kV, så til 10 kV og til slut til 230 V og 400 V, som er de spændinger, der må være i et hus.

I Danmark kan der i en 400 kV ledning løbe op til 2.000 ampere. Nogle steder i verden - fx i Canada - findes der højspændingsledninger med den samme strømstyrke, men med en spænding på 1.000 kV. Med denne meget høje spænding kan der sendes mere energi af sted, uden at varmetabet bliver større end i en 400 kV ledning. Det er nemlig ikke spændingen, men strømmen der får ledningen til at blive varm. Derfor sender elværkerne en lille strømstyrke af sted med en høj spænding. På fordelerstationerne i ledningssystemet kan transformere så senere lave den spænding, der er nødvendig.

Ville det ikke være nemmere, hvis alle højspændingsledninger var luftledninger monteret på master? Så ville der jo være mindre problemer med isole-ring og varmeudvikling. Men luftledninger er heller ikke uden problemer. De bliver kritiseret for at ødelægge landskabet, og der kommer mange protester, når der skal rejses nye højspændingsmaster. Nogle mener, at det elektromagnetiske felt omkring ledningerne er farligt for mennesker. Luftledninger kan også blive beskadiget i stormvejr. Elværkerne har derfor besluttet, at store dele af ledningsnettet skal være jordkabler. Mange luftledninger med en spænding på under 150 kV vil efterhånden blive lagt i jorden.



På billederne ses (fra oven): Højspændingsmaster, der transporterer strømmen til forbrugeren, et elkraftværk, vindmøller på Middelgrunden samt generatorsalen på Danmarks største vandkraftværk - Gudenåcentralen.

Kilometervis af kabler

I de fleste højspændingskabler løber der vekselstrøm. Lederen ligger inde i en isoleringskappe af et materiale, der kaldes for PEX. Det er lavet af et kunststof, der hedder polyethylen og skal være fuldstændig fri for urenheder. Ellers kan højspændingen gå igennem isoleringen og ud i jorden.

PEX kan ikke bruges som isolering ved jævnstrøm med høje spændinger. I jævnstrømskabler bruger man i stedet for PEX en isoleringskappe af papir, der er imprægneret i olie.

Uden om isoleringen - hvad enten det er PEX eller papir og olie - ligger der forskellige lag af beviklinger, som skal gøre kablet tæt

Forbindelserne har særlig betydning for en storby som København, der gennem ledningsnettet kan være sikker på at få den strøm, byen til enhver tid har brug for. En vigtig transformerstation i hovedstadsområdet er Glentegård stationen i Buddinge. Den forbinder den nordlige del af Københavnsområdet med det øvrige Sjælland. På Glentegård mødes seks 132 kV luftledninger - to kommer fra nord, mens fire kommer fra vest.

Elselskabet NESA har ansvaret for elforsyningen i den nordlige del af Københavnsområdet samt Nordsjælland, og NESA er nu ved at erstatte de seks højspændingsledninger med to PEX isolerede jordkabler på 420 kV vekselstrøm. Efter år 2003 vil der således væ-



Papirvikler.



Kabelstykker samles med muffer, som altid foregår på stedet.



Udlægning af kabel i boligkvarter.



420 kV PEX-kabel.

og holdbart. De mange lag gør, at et kabel er tungt. Det kan veje helt op til 63 kg pr. meter.

Et jordkabel er opbygget i flere lag. Inderst inde i kablet ligger lederen, og jo tykkere den er, jo mere strøm kan den sende af sted. Lederen må ikke komme i kontakt med jorden, men skal isoleres fra den. Isoleringsmaterialet afhænger af, om der skal løbe vekselstrøm eller jævnstrøm i et højspændingskabel.

Hovedstadsprojektet

Også på Sjælland og Lolland-Falster og Møn forbinder ledningsnettet alle elværker og forbrugere med hinanden.

Gennem 400 kV forbindelser og 132 kV forbindelser sender elværkerne elektriciteten hen til store transformerstationer, hvorfra den bliver fordelt videre til bestemte områder.

re to uafhængige forbindelser ind til København. Den ene forbindelse går fra en stor transformerstation i Ishøj og ind til H.C. Ørstedværket og har en længde på 66 km. Det andet jordkabel har en længde på 36 km og skal forbinde Hovegård transformerstation i Hove med Glentegård transformerstation i Buddinge.

Beboerne i området og kommunerne har længe ønsket luftledningerne væk, fordi de løber i tæt bebyggede områder. Hele den modernisering af ledningsnettet, som NESA foretager, hedder hovedstadsprojektet. Det startede i 1993 og er beregnet til at koste godt 1,5 milliarder kroner. Andre storbyområder i verden har lignende planer om at erstatte luftledninger med jordkabler og er derfor interesserede i at lære af hovedstadsprojektet.

Når projektet er færdigt, vil både NESA og folk i København have opnået nogle fordele. Elselskabet vil kunne spare arbejdskraft. Luftledninger kræver hele tiden eftersyn for at kontrollere, om isolatorerne er i orden. Man skal også holde øje med, hvornår træer, der

vokser under ledningerne, skal beskæres. Der vil heller ikke være så meget reparationsarbejde. Jordkabler går som regel kun i stykker sjældne gange i forbindelse med gravearbejde. Endelig vil den høje spænding på 420 kV i de to jordkabler give et mindre energitab i ledningsnettet ind til København, sammenlignet med de seks 132 kV luftledninger:

Den største fordel er dog, at befolkningen i København kan føle sig mere sikre på at få strøm. I dag går al strøm til og fra hovedstaden gennem Glentegård transformerstation. Efter år 2003 vil der være to uafhængige forbindelser ind til København.

Hvert af de to 420 kV kabler har inderst inde en leder, der består af kobber og aluminium med en diameter på 5,1 cm. Kablet kan klare en strømstyrke på op til 2.100 ampere. Ved denne strømstyrke udvikles der så meget varme i kablet, at temperaturen i det stiger til 90°C. Normalt er kablet ikke belastet med så høj en strømstyrke. Den ligger på omkring 1.000 ampere, som giver en temperatur i kablet på godt 30°C. Det er vigtigt, at jorden omkring kablet bevarer sin fugtighed. Fugtig jord afkøler bedre end tør jord. En lang og tør sommer kan derfor give problemer for elforsyningen.





Strøm til vand

Strøm gennem havet

I et elektrisk kredsløb skal strømmen ud fra generatoren og hen til forbrugeren og hjem til generatoren igen. Det er nødvendigt, for at generatoren hele tiden kan sende strømmen af sted med spænding. Derfor skal der altid bruges to ledere. Det giver et problem, når de to ledere ligger tæt ved siden af hinanden i et jordkabel og skal føre vekselstrøm. Problemet består i, at noget af strømmen i kablet bliver brugt til at lade det op. Jo længere kablet, er jo mere skal det lades op. Resultatet bliver, at når kablet får en vis længde, bliver ladestrømmen lige så stor som den strøm, der kan løbe i kablet. Der vil så ikke komme strøm ud i den anden ende af kablet. Højspændingskabler med vekselstrøm må derfor ikke blive for lange. Heldigvis opstår problemet ikke ved jævnstrøm.

Hvis et jordkabel med højspænding skal være langt, er det derfor nødvendigt, at kablet fører jævnstrøm. Kontek-forbindelsen er et eksempel på sådan et kabel. Det går fra Bjæverskov på Sjælland til Rostock i Tyskland og forbinder det sjællandske ledningsnet med det tyske. Kontek-forbindelsen har en længde på 175 km. Kablet har en spænding på 400 kV og kan sende en strømstyrke på 1.500 ampere. På hele den lange strækning er det gravet ned i jorden eller i havbunden.

I et kredsløb skal strømmen som nævnt føres både frem og tilbage. Gennem Kontek-kablet føres strømmen frem til Tyskland, og når strømmen skal tilbage, anvendes Østersøen som den anden leder. Det kan lade sig gøre på følgende måde:

I Bjæverskov bliver vekselstrømmen fra det sjællandske ledningsnet lavet om til jævnstrøm. Det sker i en *converter station* (forvandlerstation), hvor vekselstrømmen ved hjælp af tyristorer bliver ensrettet. Den negative elektrode på converter stationen bliver tilsluttet kablet til Rostock, mens den positive elektrode går ud i Køge bugt ved Stevns. I Østersøen ud for Rostock ligger den negative elektrode, så havet mellem Rostock og Stevns bliver den anden leder. Når strømmen kommer til Rostock, afleverer den i en converter station energi til det tyske ledningsnet. Derefter vender den hjem til Bjæverskov gennem vandet. I den tyske converter station laver tyristorer jævnstrømmen om til vekselstrøm igen, som kommer på det tyske ledningsnet.



Billederne: Side 12: Transport af kabeltromler; udlægning af jordkabel, kabeltrommel på skib.

Side 13: Kontek-forbindelse mellem Sjælland og Tyskland, udlægning af søkabel.

Strøm gennem 100 år

Det elektriske lys vækker begejstring

Det første elektricitetsværk i Danmark begyndte at levere strøm den 13. oktober 1891. Da startede en urmager i Køge et elværk nede i sin kælder. Fra kælderen blev strømmen ført ud i Danmarks første ledningsnet til nogle af byens borgere, som brugte den til belysning. Beboere i Køge blev således de første danskere, der ved at trykke på en kontakt begyndte at få en elektrisk hverdag.

Urmageren hed Jens Hansen, og hans elværk var en lille udgave af verdens første elværk, der åbnede i Pearl Street i New York den 4. december 1882. Det var bygget af opfinderen Thomas Alva Edison, og hans elværk leverede jævnstrøm. Edison, der blev kaldt for Al, lavede mange opfindelser, der udnyttede elektriciteten - bl. a. glødepæren.

Det elektriske lys vakte opsigt. Det var meget klart, det lugtede ikke, det fedtede ikke, og det var brandsikkert. Det samme kunne man ikke sige om petroleumsllys og gaslys, som det var almindeligt at bruge. Sodede lamper var brandfarlige, og både petroleum og gas kunne lugtes i hele huset. Med elektrisk lys fik man ren luft i stuen.

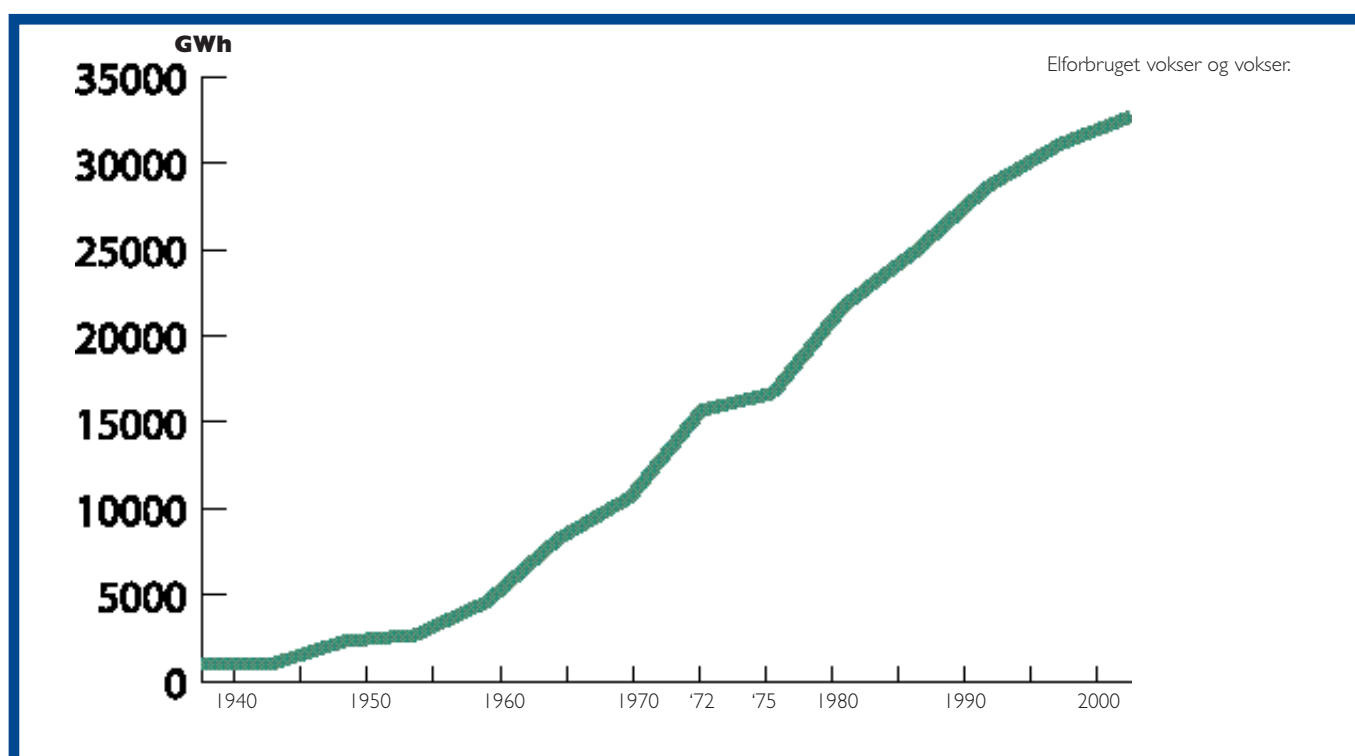
Elektriciteten har været med til at forandre hverdagen, siden den for godt 100 år siden kom til Danmark. I dag siger vi, at vores

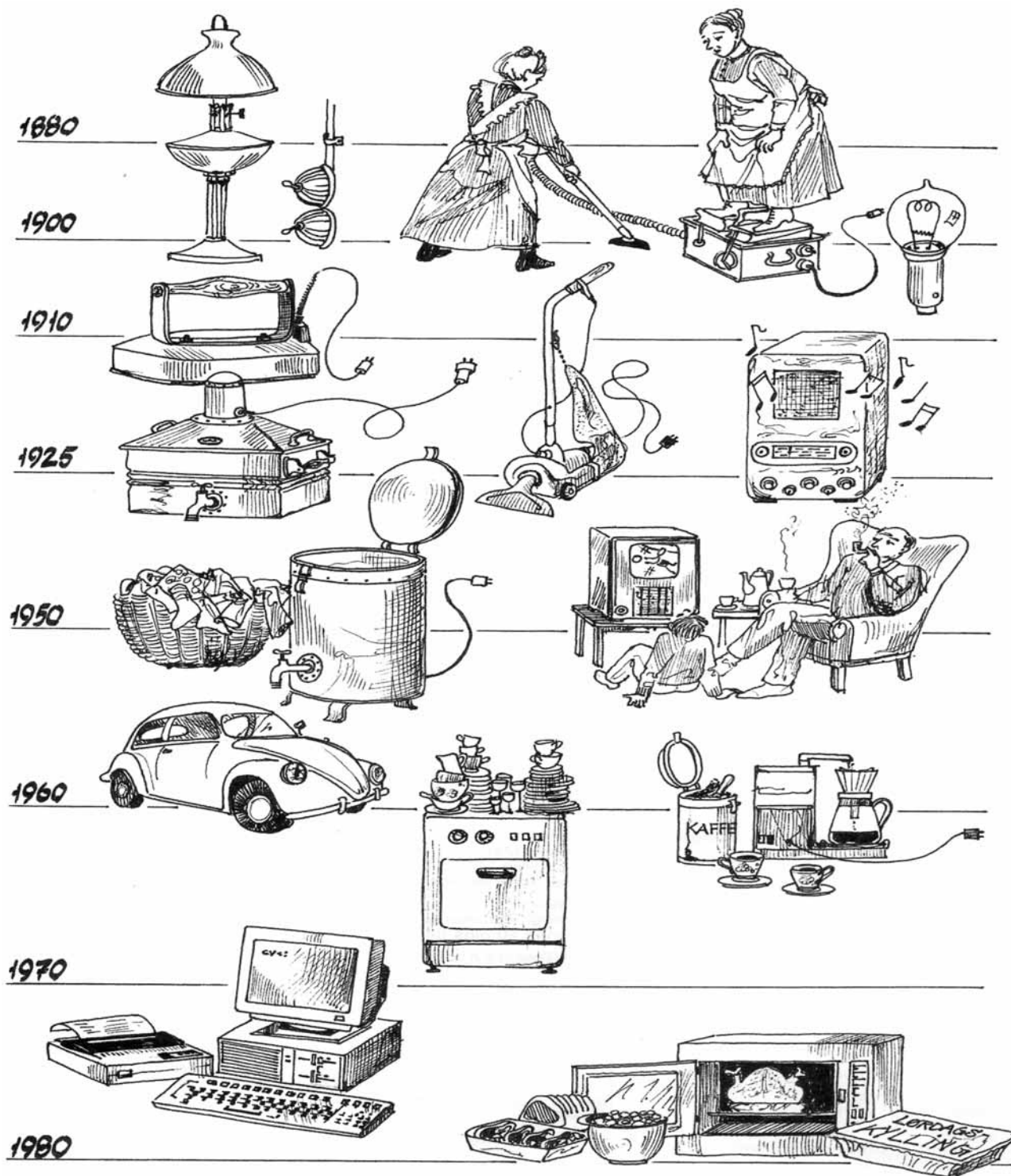
hverdag er elektrisk, men hvordan ser sådan en dag egentlig ud? En sen eftermiddag har den mange steder følgende udseende:

Der er tændt lys overalt. På elkomfuret er der gryder på kogepladerne. Vaskemaskinen og tørretumbleren er i gang, og i mikrobølgeovnen bliver der lavet popcorn. Storebror sidder og larmer ved computeren, inden han skal til fodbold, mens lillesøster spiller musik og far ser fjernsyn. Mor har gang i støvsugeren, og ind imellem ringer telefonen.

Alle i familien bruger elektricitet. Der er så meget, der skal nås indenfor hjemmets fire vægge, at det kan knibe med at nå det hele. Heldigvis har vi elektriciteten og alle de mange apparater til at hjælpe os. Uden elektricitetens hjælp ville vi ikke kunne klare alle hverdagens opgaver.

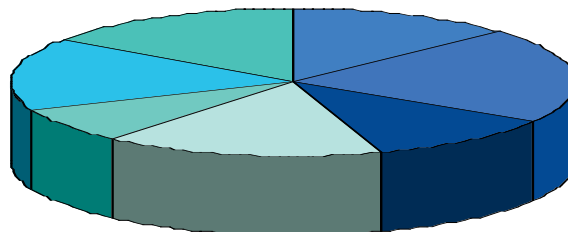
Men man kunne jo også spørge, om familien ville have så mange gøremål, hvis elektriciteten ikke fandtes? Måske er det elektricitetens skyld, at vi har så travlt? Lad os derfor se nærmere på, hvordan det er gået til, at elektriciteten er kommet ind i huset og har gjort hverdagen elektrisk og hektisk.





Strømforbrugets fordeling i hjemmet

- Køleskab og fryser, 13%
- Vaskemaskine og tørretumbler, 21%
- Strygejern og andre apparater, 11%
- Oliefyr med pumpe, 16%
- Opvaskemaskine, 8%
- Komfur og emhætte, 16%
- Lys, 15%



Dengang...

Den usynlige fjende

Elektricitet var ren energi, og omkring år 1900 var mange læger og politikere blevet overbeviste om, at renlighed kunne løse nogle alvorlige samfundsproblemer

I 1860'erne havde franskmænd Louis Pasteur opdaget, at der var en sammenhæng mellem bakterier og sygdomme. Bakterierne gemte sig i snavs og støv, og det krævede et mikroskop at få øje på dem. De bar på mange sygdomme som fx mæslinger, tuberkulose og kopper. Det var bakterierne, der overførte disse sygdomme til mennesker. Før Louis Pasteur gjorde opmærksom på bakterierne, forbandt folk ikke sygdomme med snavs - heller ikke de fleste læger.

Mange hjem var snavsede for hundrede år siden og ikke særlig hyggelige at opholde sig i set med vore øjne. Især ikke hvis man boede i lejekaserner i København eller i de andre store byer i Danmark. Lejekaserner var boligblokke, som var opført for at skaffe lejligheder til de mange mennesker, der dengang flyttede fra landet ind til byerne for at få arbejde på fabrikkerne.

Områder med lejekaserner var ofte præget af fattigdom. Lejlighederne var små, og familierne som regel store. Alkoholisme var et stort problem, fordi brændevin var så billig. Snavs og elendighed og utilstrækkelig mad fik mange sygdomme til at brede sig. Især blandt børn. Omkring år 1900 døde en tredjedel af alle børn i København, før de fyldte fem år.

Med Pasteurs opdagelse havde videnskaben imidlertid fundet en årsag til mange sygdomme, og problemet med de farlige bakterier skulle løses. Pasteur havde lavet forsøg, der viste, hvordan det kunne lade sig gøre. Han havde kogt suppe, som derefter kunne hol-

de sig i lang tid uden at blive dårlig, når blot man forhindrede støv og snavs i at komme ned i suppen.

Resultatet af Pasteurs forsøg blev, at adskillige læger og politikere så en mulighed for at forbedre folkesundheden. De skrev i aviser og ugeblade, at alle bakterier simpelthen skulle fjernes fra menneskers omgivelser, og at det først og fremmest var kvinders arbejde og ansvar.

Fjernelse af bakterier blev opfattet som en krig mod en usynlig fjende. Krigen blev ført med vand og kemikalier som sæbe, ammoniak, soda, skurepulver og terpentinolje. Kvinder skulle være små kemikere, og det blev en hellig pligt for dem at vaske, skure og skrubbe for at gøre hjemmet hygiejnisk. Sådan et hjem ville give sunde børn og få manden til at blive hjemme i stedet for at gå på værtshus.

Det var store krav, der blev stillet til kvinders arbejde i hjemmet, og det krævede mange timers arbejde at opfylde kravene. Kvinder skulle opdrages til at blive husmødre, og der blev dannet husmoderforeninger, hvor de kunne få gode råd og vejledning i at passe mand og hus og børn. Unge piger kunne komme på husholdningsskole for grundigt at lære en husmoders arbejde, og enhver pige skulle helst have været nogle år i huset hos en familie, inden hun blev gift.

Den første Nilfisk

Særlig i gulvtæpper lå der meget snavs og støv, og det var et stort arbejde at fjerne bakterier og mider, der gemte sig i tæpperne. Først skulle møblerne flyttes og tæpperne rulles sammen for at blive båret udenfor. Så blev de hængt op og gennembanket med en tæppebanker for så igen at blive rullet sammen og båret ind i stuen. Der blev de rullet ud, og til slut blev møblerne sat på plads igen.



Velhavende mennesker havde mange tæpper i deres hjem. Da elektriciteten kom til Danmark, var et smukt hjem indrettet i en stil, der hed klunkestilen. I et sådant hjem var der gulvtæpper overalt, store tunge gardiner og stofbetrukne lænestole og sofaer med kvaster. Det var et paradys for bakterier og støvmider. At holde hjemmet rent og hygiejnisk, som læger anbefalede, krævede mange timers hårdt arbejde.

Derfor blev støvsugeren modtaget med begejstring. I januar 1910 indleverede firmaet Fisker og Nielsen i København en ansøgning om at få patent på en støvsuger, der kunne suge støv ind i en stålbeholder. Den blev døbt Nilfisk, og det første år lavede firmaet 79 stk.

Elektra

I 1893 så verden for første gang et elektrisk komfur. Det blev vist frem på en stor udstilling i Chicago. Komfuret var lavet af et tysk firma og hed "Elektra". Mange aviser skrev begejstret om "det nye elektriske køkken", hvor man bare skulle dreje på en knap. Der skulle ikke bæres brænde eller tørv ind for at lave mad. Der var ingen røg i køkkenet og heller ingen aske at fjerne. Tændstikker var der heller ikke brug for. Og gryderne stod blanke og skinnende efter brug, lige så pæne som da man startede - i hvert fald på den udvendige side. Alt var bare rent og pænt.

Der var egentlig kun to ting galt med "Elektra", som forhindrede, at det blev solgt. Det var for dyrt at købe og for dyrt at bruge. Elektriciteten kostede for hundrede år siden næsten en timeløn pr. kWh. Det svarer til, at strømmen i dag ville koste 100 kr. pr. kWh. Med så høj en pris var det vanskeligt at få folk til at bruge strøm til andet end lys.

Folk i velhavende hjem købte elektriske pærer og støvsugere, fordi de var blevet overbeviste om, at et hjem skulle være rent og

hygiejnisk ud i alle hjørner og kroge for at mindske risikoen for at blive syge. Det elektriske lys kunne forlænge arbejdsdagen, når dagslyset forsvandt, og det klare lys gjorde det muligt at se støv og snavs overalt.

Efterhånden fik også folk med en almindelig løn råd til at få elektrisk lys. Det gjorde det lettere for husmødrene at holde huset rent, men lyset gav ikke mindre rengøringsarbejde. I husmoderforeningerne begyndte man at snakke om, at husmødrene skulle have mere fritid. Der var kvinder, der mente, at hvis der kom mere elektricitet ind i huset, ville husmødrene få mere fritid, som de kunne nyde sammen med mand og børn. De ville også få tid til at deltage i politik på lige fod med mændene. Kvinder havde fået stemmeret og valgret i 1915, men de havde ikke fået tid til at benytte sig deraf.

Et elektrisk køkken ville give husmødrene mere fritid. Det krævede mindre rengøring at lave mad på et elektrisk komfur end på et gas- eller brændekomfur. Mange steder i landet inviterede elværkerne husmødrene til demonstrationer, hvor en husholdningsekspert viste dem alle de mange fordele, de kunne opnå med et elektrisk køkken. Men den dyre strøm og de dyre elkomfurer gjorde et elektrisk køkken til en uopnåelig drøm for de fleste. Det var kun muligt for det lille antal kvinder, der var gift med en velhavende mand at få drømmen om et elektrisk køkken opfyldt. Selv om et elektrisk komfur kunne købes på afbetaling, foretrak de fleste husmødre at klare sig med brændekomfur eller gaskomfur.



Elværker og husmød

Elværkerne var meget interesserede i, at husmødrene fik et elektrisk køkken. Ikke bare fordi de så kunne tjene flere penge, men også fordi elektricitet i køkkenet kunne være med til at løse et problem for elværkerne.

I 1920'erne og 30'erne spiste langt de fleste folk varm mad mellem klokken tolv og klokken tretten. Det betød, at fabrikkerne måtte stoppe produktionen midt på dagen. Maskinerne brugte ikke strøm, mens folk var hjemme for at spise.

Det var et problem for elværket, når forbruget faldt og steg så voldsomt indenfor en time. Generatorerne skulle bremses, og en time senere skulle de atter være i fulde omdrejninger. Det var vanskeligt at styre. Mange elværksbestyrere var derfor interesseret i at få udjævnet det store dyk på belastningskurven. Elværket fungerede bedst, når generatorerne kørte jævnt hele tiden.

Mor skal ud på arbejdsmarkedet

Først i 1960'erne fik de fleste husmødre et elektrisk køkken. Det skete ikke kun, fordi hjemmet skulle være rent og hygiejnisk. Der var også andre grunde.

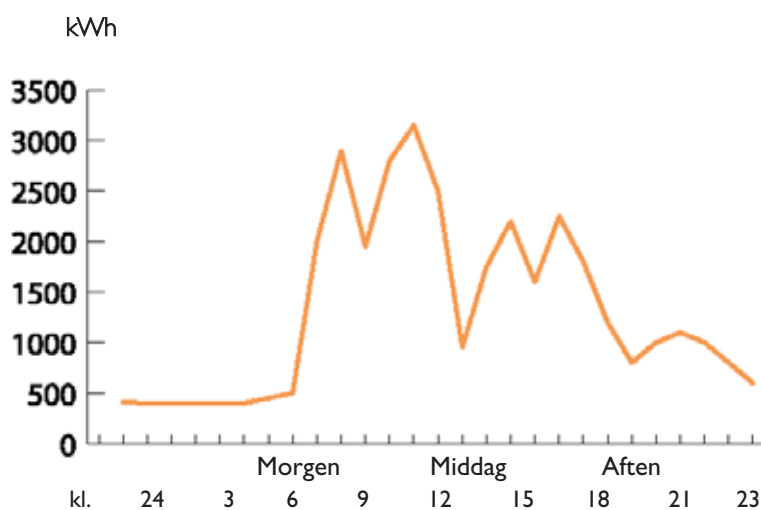
I begyndelsen af 1950'erne følte mange politikere og erhvervsfolk sig sikre på, at Danmark i de kommende år ville komme til at

mangle masser af arbejdskraft. Hvis man ikke fik denne arbejdskraft, ville der ikke være nok til at tjene penge og gøre Danmark til et velfærdssamfund. Der var kun et sted at hente arbejdskraften. De hjemmegående husmødre skulle ud på fabrikker og andre arbejdspladser. De skulle være udearbejdende husmødre.

Hvordan skulle de få tid til at passe både mand, hus, børn og udearbejde? Kun én ting kunne hjælpe dem, nemlig endnu mere elektricitet. På en stor udstilling i Forum i København i 1957 med navnet "Lev livet elektrisk", kunne man se alle de forskellige apparater, der kunne gøre husmødrenes arbejde i hjemmet lettere. Der var køleskabe, elkomfurer, vaskemaskiner, røremaskiner, vandvarmere, støvsugere, strygejern med termostat, brødrister, kaffekværne, affaldskværne og mange andre apparater. Næsten alt hvad en husmoder skulle lave, kunne klares med strøm. Penge til at betale for det elektriske køkken tjente hun ude på sit arbejde.

Problemet med at få passet børnene løste samfundet for husmødrene ved at bygge børnehaver og vuggestuer. Når mor tog på arbejde om morgenen, afleverede hun børnene i disse institutioner. Der blev uddannet pædagoger til at passe og opdrage børnene, og efterhånden opfattede mange det som noget helt naturligt, at børn om dagen skulle i børnehave. Men der var også nogen, der

I spisepausen skulle elværkerne ikke levere så megen elektricitet. Det kunne ses på ethvert elværks belastningskurve. En belastningskurve viser elforbrugets størrelse gennem et helt døgn, og midt på dagen mellem kl. 12 og kl. 13 var der et voldsomt dyk på kurven.



re

stadig væk mente, at børn havde bedst af at være hjemme og blive passet og opdraget af deres mor, indtil de skulle i skole.

Danmark forandrer sig

Der skete store forandringer i Danmark i 1960'erne, da mange kvinder fik udearbejde. Hjemmets udseende og familielivet ændrede sig i takt med, at mere og mere elektrisk udstyr og teknik kom ind i stue og køkken. Fx blev der brugt megen tid om aftenen på at se fjernsyn.

Der skete også noget med kvinderne, da de begyndte at arbejde udenfor hjemmet. De ændrede deres opfattelse af sig selv. Det gav dem en følelse af selvstændighed at tjene deres egne penge og at kunne være med til at sørge for familiens økonomi. Det var også godt at komme ud og snakke med andre og lære andre at kende. Men i det huslige arbejde skete der ikke så mange ændringer. Ansvar og omsorgen for mand, hus og børn, følte mange kvinder stadig, var deres. De kunne ikke ændre deres husmoderrolle.

De klarede madlavning og rengøring i hjemmet, som de altid havde gjort. Alle de moderne elektriske hjælpemidler gjorde, at de kunne leve op til de krav, der blev stillet til dem som husmødre. Også på deres arbejdsplads levede kvinder op til kravene, der hele tiden voksede. Tidsstudieteknikere tog tid på, hvor hurtigt og effektivt de udførte deres arbejde, og alle unødvendige bevægelser skulle væk for at rationalisere arbejdet. De udearbejdende husmødre klarede meget både ude og hjemme, selv om mange af dem godt kunne være lidt trætte og udkørte sidst på aftenen.

I dag synes de fleste, at det huslige arbejde skal fordeles ligeligt mellem alle i familien, og mange steder praktiseres det også. Alligevel har kvinder en travl og hektisk hverdag. Reklamerne fortæller stadig om elektriske apparater; kvinder kan købe for at gøre deres hverdag lettere og give dem mere fritid. Men måske gør apparaterne og elektriciteten i virkeligheden det modsatte?

Hvorfor bruger du strøm?

Den nemme adgang for alle til elektricitet gennem ledningsnettet har været med til at løse problemet med snavs og sygdomme og hårdt arbejde. Men vores forbrug af elektricitet har samtidig givet samfundet et nyt problem. Elværkerne laver elektricitet ved at af-



brænde kul, og når kul brænder, dannes der kuldioxid. Det er en luftart, der i forvejen findes i atmosfæren. Den er nødvendig for jordens planteliv, og den er med til at holde atmosfærens gennemsnitstemperatur stabil. Et større indhold af kuldioxid vil få atmosfærens temperatur til at stige, og resultatet kan blive store klimaforandringer. For at undgå dette er det nødvendigt, at vi alle tænker over vores energiforbrug. Hvorfor bruger vi så megen elektricitet? Er det fordi, vi tror på, at elektriciteten gør hverdagen nemmere og giver os mere fritid? Eller er det fordi, elektriciteten er her, og man blot skal trykke på en kontakt for at få fat i den? Måske har du helt andre forklaringer?

Superlederen

Mandag den 28. maj 2001 blev tre nye kabler taget i brug på Amager Koblingsstation på Irlandsvej 95. De nye kabler er ikke helt almindelige. De er nedkølet til -196°C , og strømmen i dem møder ingen modstand. Mange steder i verden holder ingeniører opmærksomt øje med, hvad der sker på Amager. Hvis kablerne virker, har danske forskere vist, hvorledes fremtidens ledningsnet skal se ud.

Der er virkelig brug for anderledes kabler, end dem vi anvender i dag. I fremtiden vil der blive brug for mere og mere elektricitet - også selv om vi sparer på den. Elektriciteten har i løbet af 100 år forandret verden og hverdagen, og den vil fortsætte med at gøre det. Allerede nu har vi skabt os en fantastisk elektrisk verden, som milliarder af mennesker i fattige lande ser på TV-skærme, og gerne vil have del i. Uanset om fremtidens elektricitetsbehov skal dækkes af vindmøller, solceller, vandkraft, kulkraft eller atomkraft, skal der bruges millioner af kilometer kabler og ledninger til transport og fordeling af elektriciteten.

I et ledningsnet med stor modstand og strømstyrke vil en del af strømmen forsvinde, fordi den gør kablerne varme. Især for jordkabler er varmen et problem. Når kablets temperatur når 80°C , bliver jorden omkring kablet så tør, at den ikke længere virker afkølede. Så stiger temperaturen i kablet endnu mere, og derved forsvinder mere energi. Hvordan fremtidens kabler skal konstrueres for at mindske varmespildet, så samfundet sparer energi, har derfor interesseret forskere og ingeniører i mange år.

De nye kabler på Amager er *superledere*. I en superleder møder den elektriske strøm ingen modstand. Derfor er der heller ikke noget af strømmen, der bliver lavet om til varme i superlederen.

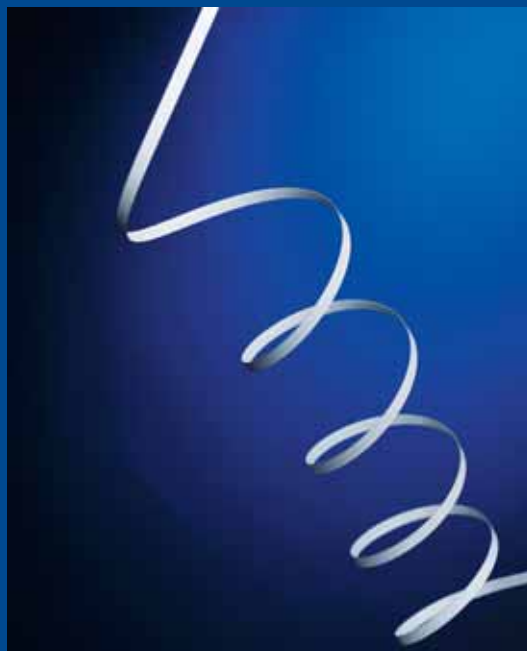
Det lyder som science fiction, men det første forsøg med superledning blev lavet allerede i 1911 af den hollandske fysiker H. Kamerlingh Onnes (1853-1926). Han nedkølede kviksølv til en meget lav temperatur, og ved -269°C opstod et mærkeligt fænomen. Pludselig forsvandt al modstand, og kviksølv blev en superleder. Siden har forskere fundet andre metaller og legeringer, som ved lave temperaturer bliver superledende. Temperaturen, hvor superledning opstår, kaldes for den kritiske temperatur. De lave temperaturer, der skal til for at opnå superledning, fås ved at køle med flydende kvælstof.

I et ledningsnet er der energitab i selve højspændingsnettet, og naturligvis et tab i alle de apparater, der bruger strøm. Det sidste kan vi ikke gøre noget ved, men hvis vi skifter højspændingsledningerne ud med superledende kabler, vil vi ingen modstand have i den del af nettet. Der behøves derfor ikke så stor spænding for at sende strømmen af sted, så vi kan spare mange transformerstationer. Man sparer også kabelmateriale, da superledende kabler er meget mindre end de kabler, der anvendes i dag. Ellers ligner et superledende kabel et helt almindeligt kabel.

H. Kamerlingh Onnes (1853 - 1926).



Det superledende bånd.



Det superledende kabel.



Når man husker på, at elektrisk strøm er elektroner, der bevæger sig fremad i en leder, er det nemt at forklare modstand i en almindelig kobberledning. På deres vej gennem ledningen støder elektronerne ind i kobberatomer. Atomerne sidder fast i gitter, der bevæger sig en smule frem og tilbage, så elektronerne ikke kan undgå at støde ind i dem. Ved de mange sammenstød mister elektronerne energi til atomgitterne, og ledningen bliver varm. I en superleder må elektronerne på en eller anden måde undgå at ramme ind i atomgitterne, når de bevæger sig fremad. Hvordan kan det lade sig gøre?

I 1957 kom tre amerikanske fysikere John Bardeen, Leon Cooper og John Scheffer med en teori om elektroner opførsel i en superleder. Hvor mærkeligt det end lyder, kan to elektroner i en superleder gå sammen og danne et par, der kaldes et *Cooper par*. I superlederen bevæger atomgitterne sig ikke - der er jo meget koldt - og elektronerne kan to og to smutte igennem lederen uden at ramme dem. Atomgitterne bøjer sig faktisk lidt, så elektronerne bedre kan smutte igennem. Et Cooper par møder ingen modstand.

Ved de meget lave temperaturer, hvor superledning opstår, kan man få en permanent magnet til at svæve. Når magneten nærmer sig en superleder, vil superlederen danne et magnetfelt, der er nøj-

agtig modsat magnetens eget felt. Resultatet er, at magneten bliver løftet og svæver. Det er et fænomen, der giver utrolige muligheder for fremtidens togtrafik. Hvis skinnerne bliver superledere med store strømstyrker, kan man få et tog til at svæve hen over skinnerne og derved ophæve gnidningsmodstanden. Toget skal så ikke bruge ret meget energi for at køre fremad, og hastigheden vil kunne blive meget høj. Måske vil vi så vælge tog frem for biler og fly?

Et samfund med superledende kabler vil kunne spare meget energi. Det vil være til gavn for både samfundet og miljøet. Jordens befolkning vokser hastigt, og alle vil gerne leve et liv fri for sygdom, nød og elendighed, og med mange muligheder for at skabe sig netop den tilværelse der passer den enkelte bedst. Men uden elektrisk energi vil det ikke lykkes. Derfor er mange interesserede i de tre superledende kabler på Amager. De kan måske vise vejen frem mod en bedre verden for alle.

Superleder har dannet et magnetfelt, der bærer disken med sumo-bryderen.



Det japanske tog, Maglev, svæver på superledende skinner med en hastighed på 550 km/t.



Elektriske begreber

Ω kWh W U A

Elektriske begreber

I det følgende vil der være forskellige opgaver og forsøg, som du kan lave i fysiklokalet. For at kunne løse opgaverne, er det nødvendigt, at klassen har arbejdet med begreberne spænding, strømstyrke, modstand, effekt og elektrisk energi.



Modstand R

Måles i ohm med et ohm-meter og forkortes R. Der er ikke den samme modstand i forskellige materialer. Derfor findes der gode og dårlige ledere for strømmen.

kWh

Begreber og formler

Begreberne kan sættes sammen i formler, så man kan lave beregninger. Hvor meget strøm løber der fx i en ledning, og hvor stor en effekt giver et elværk? Der findes især to vigtige formler, som er værd at kunne:

Ohms lov

I den findes spænding, strømstyrke og modstand som $U = R \times I$. Den kan bruges til at beregne spænding, strømstyrke og modstand i alle mulige elektriske apparater og genstande.

Effekt

Mange gange er det vigtigt at kunne beregne, hvor stor effekten er. Fx bliver størrelsen af et elværk angivet ved, hvor stor en effekt det har, altså hvor meget energi værket kan levere til ledningsnettet i sekundet. Effekten beregnes som $P = U \times I$, hvor U er den spænding, generatoren giver, når dens rotor drejer rundt, og I er strømstyrken, den sender ud i ledningsnettet.

Du skal bruge den samme formel, hvis du vil beregne et elektrisk apparats effekt. Du skal vide, hvilken spænding det bliver tilsluttet, og hvor stor en strømstyrke det får.

Effekt P

Måles i watt med et watt-meter og forkortes W. Effekt er et udtryk for, hvor meget energi, der bliver brugt pr. sekund.

W

Energi E

Måles i watt-timer, og forkortes Wh. Et apparats energiforbrug beregner du ved at gange dets effekt med det antal timer (hour), det bliver brugt. Hvis energiforbruget er på flere tusinde Wh divideres det med 1.000, så man får kWh (k betyder kilo, som er 1.000).

Spænding U

Måles i volt med et volt-meter og forkortes V. Det er spændingen, der presser strømmen igennem ledningerne.

U

A

Strømstyrke I

Måles i ampere med et ampere-meter og forkortes A. Det er strømmen, der bringer energien fra elværket og afleverer den til pærer, elektromotorer og andre elektriske apparater og genstande.

Opgaver

Hvordan laver man elektricitet?

1. Hvorledes kan du selv ved hjælp af spoler og magneter lave et elektricitetsværk i fysiklokalet?
2. Hvordan vil du få spoler og magneter til at lave så meget elektricitet som muligt?
3. Besøg Danmarks største vandkraftværk på www.gudenaacentralen.dk
4. Læs om vindmøller på www.windpower.dk
5. Lav et klassebesøg til et elektricitetsværk, et kraftvarmeværk eller en vindmøllepark.

Transformere og højspænding

1. Lav transformer-forsøg i fysiklokalet, der viser transformerens funktion.
2. Få din lærer til at lave højspænding på over 2.000 V.
3. Lav et klassebesøg til en stor transformerstation.

Den elektriske teenager

Lav en planche-udstilling der viser, hvorledes den elektriske teenager levede i 1960'erne, og hvordan han/hun lever i dag.

Formler og beregninger

1. Mål strømstyrken gennem en 6 V pære, når den bliver tilsluttet en jævnspænding på 6 V.
2. Beregn glødetrådets modstand og pærens effekt.

Hovedstadsprojektet

1. Hvor stor en effekt kan hver af de to jordkabler føre ind til København ved en strømstyrke på 2.100 ampere?
2. Forestil dig, at al effekten skal bruges til at få 100 W pærer til at lyse med fuld styrke inde i København. Hvor mange pærer kan tændes?

Elektrolyse i havet

1. Kan du få en pære til at lyse, når strømmen den ene vej går gennem en saltvandsopløsning?
2. Lav en elektrolyse af saltvand. Undersøg hvilken luftart der bobler op ved den positive og negative elektrode.
3. Kan du ud fra dit elektrolyse-forsøg forudsige nogle problemer for beboerne ved Stevns og Rostock?
4. Hvorfor får man ikke stød, når man bader i Østersøen?

Elektriciteten vækker begejstring

1. Lav en lille rapport om Thomas Edison og hans mange opfindelser.

Opgaver

Fra elværk til forbrug

Generatorene på et elværk laver 20.000 ampere med en spænding på 20.000 volt.

1. Hvor stor en effekt producerer elværket?

På en transformerstation udenfor værket transformeres spændingen op til 400 kV.

2. Hvilken strømstyrke transformeres de 20.000 ampere ned til?
3. Hvor stor en effekt transporteres der fra elværket hen til transformerstationen, og hvor stor en effekt transporteres der videre gennem højspændingsledningen fra transformerstationen?
4. Hvor stor en effekt transporterer den canadiske højspændingsledning på 1.000 kV med samme strømstyrke som den danske i opgave 1?
5. Hvilken fordel opnår de canadiske elværker med den meget høje spænding i deres ledningsnet?
6. Hvad kan være grunden til, at man i Canada har så høje spændinger i ledningsnettet?
7. Bestil hos elselskabet NESA materiale om højspænding og magnetfelter og lav en rapport om magnetfelter:

Forestil dig, at du skal bruge et varmeapparat med en effekt på 2.000 W. Du får strøm fra en 40 meter lang forlængerledning, der er rullet op på en tromle. Det er ikke nødvendigt for dig at rulle ledningen ud, mens du arbejder, så det gør du ikke.

8. Hvad tror du, der vil ske med forlængerledningen? Tør du gøre forsøget?

Hvorfor bruger du strøm?

På de fleste elektriske apparater står nævnt, hvor mange watt de bruger. Det kaldes for deres effekt-forbrug.

1. Prøv at lave en liste over de forskellige apparaters effektforbrug i det elektriske køkken hjemme hos dig selv.
2. Hvor mange timer bruges apparaterne i gennemsnit om måneden?
3. Beregn hvor mange kWh der bruges om måneden i jeres elektriske køkken.

Hver gang du har brugt 1 kWh, har elværket brændt 220 gram kul af for at kunne producere denne energimængde til dig.

4. Hvor mange kg kul skal elværket brænde af for at kunne levere det antal kWh, der skal bruges i jeres køkken om måneden?

Når elværket afbrænder kul for at producere 1 kWh laver det samtidigt 0,8 kg kuldioxid.

5. Hvor mange kg kuldioxid sender elværket op i atmosfæren hver måned som følge af elforbruget i jeres elektriske køkken?

Projekt opgave

Undersøg hvorledes den elektriske hverdag ser ud for en familie i en landsby i Indien, en nomadefamilie hos Tuaregerne i Sahara og en familie i New York med vægt på fordele og ulemper ved sådan en hverdag.

Hvor I vil finde oplysninger, og i hvilken form I vil aflevere jeres resultat, må I diskutere med jeres lærer.

Nyttige oplysninger

NKT Koncernen

NKT Holding A/S, der er koncernens moderselskab, ejer forskellige virksomheder, som alle udvikler, fremstiller og sælger tekniske produkter.

Produktprogrammet omfatter

- kabler
- rengøringsmaskiner
- undersøiske rør
- optiske chips
- optiske fibre
- superledere
- temperaturmålesystemer
- biochips

NKT koncernen beskæftiger ca. 5.500 medarbejdere. 2/3 heraf arbejder udenfor Danmark. I 2001 var koncernomsætningen 6,4 mia. DKK, hvoraf 85% stammer fra de udenlandske aktiviteter.

De selskaber, der indgår i NKT koncernen er alle karakteristiske ved, at de i deres produktprogrammer har et antal produkter, som er blandt de mest avancerede i verden. Alle NKT's selskaber opererer på det globale marked.

NKT Holding ejer tillige et forskningsselskab, der beskæftiger sig med teknologiudvikling og udvikling af nye produkter; så NKT hele tiden har mulighed for at forny sit forretningsgrundlag.

Skoleservice

Undervisningsmaterialet kan bestilles via www.nkt.dk/dk/nkt/skolebestil.php4 eller ved henvendelse til:

NKT Holding A/S
NKT Allé 1
2605 Brøndby
Telefon 43 48 34 05
e-mail: ulla.munk@nkt.dk



Technologies creating value



Udgivet af

NKT Holding A/S
NKT Allé 1
2605 Brøndby
Telefon 43 48 20 00
email nkt.holding@nkt.dk
www.nkt.dk

Tekst og redaktion

Erik Jørgensen, Elmuseet

Layout/DTP

Ulla Munk, NKT Holding A/S

**Fotos og illustrationer venligst
udlånt af:**

Den Japanske Ambassade
Elmuseet
Gudenaacentralen
Københavns Energi A/S
LK as
NESA A/S
Nihon-Sumo Kyokai and ISTEK
Nilfisk-Advance A/S
NKT Cables A/S
NST A/S

Tryk

Kailow Tryk A/S

Oplag

2000 stk.

Kopiering tilladt med kildeangivelse