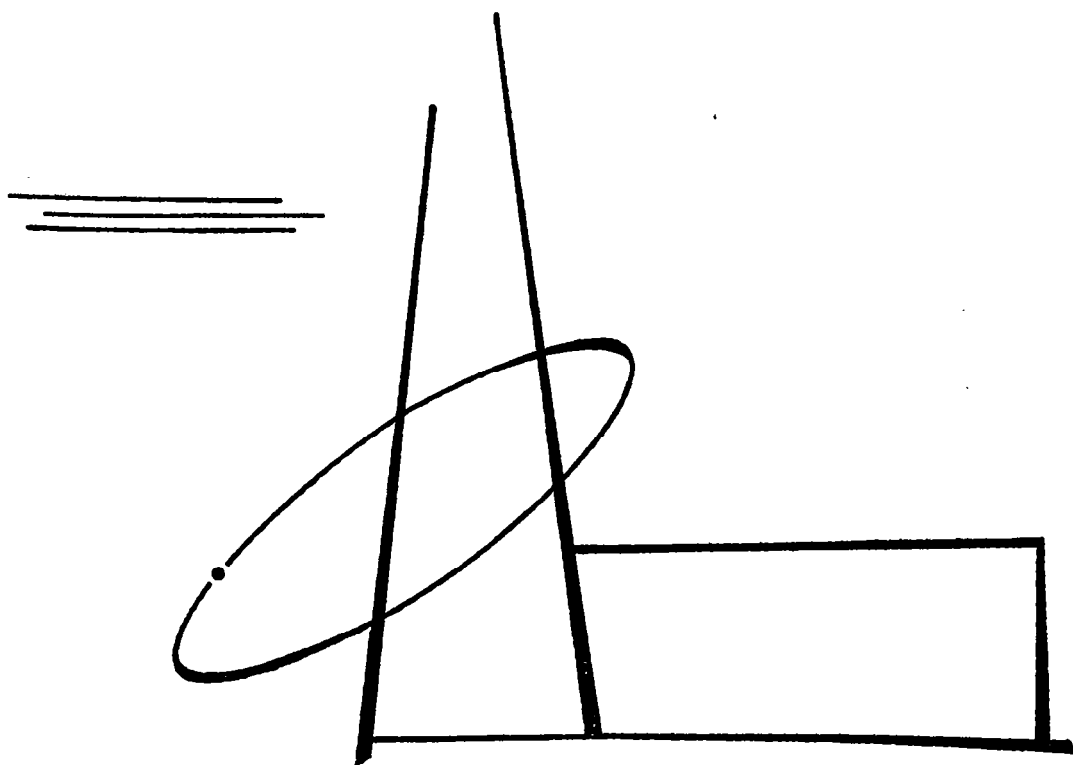


# **ELSAM-KRAFTIMPORT UNDERSØGELSEN**

**JUNI 1965**



*J. Rids. Hansen*

# **ELSAM-KRAFTIMPORT UNDERSØGELSEN**

**- EN ANALYSE AF**

## **KRAFTVÆRKSUDBYGNINGEN i 1970erne**

Undersøgelsen omfatter følgende rapporter:

**KRAFTVÆRKSUDBYGNINGEN i 1970erne**

**KOORDINATIONSUDVALGET**

**PROGNOSEGRUPPEN**

**FJERNVARMEGRUPPEN**

**EFFEKTGRUPPEN**

**KRAFTVÆRKSGRUPPEN**

**BRÆNDSLSGRUPPEN**

---

ELSAM-Kraftimportundersøgelsen  
RAPPORT FRA PROGNOSEARBEJDSGRUPPEN  
Del I (tekst)  
September 1964

Arbejdsgruppens medlemmer:

Underdirektør E. Galatius, SEAS  
Civilingeniør J. U. S. Henriksen, ELSAM  
Overingeniør J. Keller Jacobsen, DEFU (for-  
mand)  
Afdelingsingeniør O. L. Jested, NESA  
Civilingeniør J. G. Kurø, Københavns Be-  
lysningsvæsen  
Civilingeniør B. Nielsen, DEFU (sekretær)  
Direktør J. Oksen, EASV  
Afdelingsingeniør E. Brockdorff Pedersen,  
Odense Kommunale El-forsyning

## RESUMÉ.

### Prognose for Danmarks el-energi - og effektbehov i perioden 1964 - 1984.

Den foreliggende prognose for det danske elektricitetsbehov i den nærmeste 20-års periode er udført som en energiprognose, der senere tjener som grundlag for opstilling af en effektprognose.

Indledningsvis foretages en vurdering af forskellige prognosemetoder og deres anvendelighed med henblik på den foreliggende opgave. De metoder, der tages i brug, bygger dels på extrapolation af det samlede elforbrug, dels på analytiske undersøgelser af de enkelte forbrugergrupperes forventede behov for el-energi. Sideløbende hermed udføres en overslagsmæssig vurdering af det almindelige energibehov og endelig sammenholdes resultaterne med den mulige udvikling i landets økonomi.

For den første del af undersøgelsesperioden (op til ca. 1970) formodes elforbruget at ville stige i den takt, der er konstateret gennem det seneste decennium. Videre frem i perioden tyder undersøgelserne imidlertid på, at der vil indtræde en vis nedgang i den nuværende høje stigningstakt.

El-energiprognosen angives i form af et interval, indenfor hvilket udviklingen med overvejende sandsynlighed vil forløbe. Udtrykt i procent er stigningen på henholdsvis nedre og øvre grænse for intervallet:

|                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| Vest for Storebælt: Op til 1970 | 10,4 - 12,1% p.a. |
| 1970 - 1984                     | 7,0 - 8,6% p.a.   |
| Øst for Storebælt: Op til 1970  | 8,4 - 9,9% p.a.   |
| 1970 - 1984                     | 6,2 - 7,7% p.a.   |

Den noget højere stigningstakt Vest for Storebælt end Øst for Storebælt svarer til, at den nuværende forskel i det specifikke forbrug vil være udlignet henimod slutningen af den betragtede 20-års periode.

I 1984 er det prognoserede elforbrug incl. nettab for øvre grænse 45 TWh (noget over 6 gange forbruget i 1963) og for nedre grænse 30 TWh (noget over 4 gange forbruget i 1963). Jfr. fig. 27. De tilsvarende specifikke forbrug regnes at blive henholdsvis 8100 kWh/indeb. og 5400 kWh/indeb.

Effektprognosen (prognose for årsmaksimum) er beregnet af energiprognosen ud fra en benyttelsestid for belastningen på 4300 timer. Det er meget nær den benyttelsestid, man har i dag i de to områder, og der har ikke været grundlag for at motivere væsentlige ændringer heri.

Effektprognosen for de enkelte år fremgår af tabel 32, 33 og fig. 28, 29.

## INDHOLDSFORTEGNELSE

|                                                                                      | Side   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Indledning                                                                        | 1      |
| 2. Prognosemetoder                                                                   | 3      |
| 3. Analyse af energiforbrug 1960                                                     | 15     |
| 4. Forventet nettoenergibehov for de enkelte<br>forbrugergrupper                     | 20     |
| 5. Bruttoenergibehov                                                                 | 38     |
| 6. Ikke - eksponentiel ekstrapolation                                                | 49     |
| 7. Sammenfatning vedrørende elenergibehov                                            | 54     |
| 8. Betragtninger vedrørende fordelingen<br>af elforbruget Vest og Øst for Store Bælt | 58     |
| 9. Betragtninger vedrørende benyttelsestiden                                         | 61     |
| 10. Effektprognose                                                                   | 63     |
| <br>Noter                                                                            | <br>64 |
| Litteratur                                                                           | 69     |

## 1. INDLEDNING.

Undersøgelsens formål er at opstille en prognose for Danmarks el-energi og -effektbehov for perioden 1964-1984.

Det har vist sig mest hensigtsmæssigt at begynde med at udarbejde en el-energiprognose, og i afsnit 2 gives der en omtale af forskellige prognosemetoder og en vurdering af deres anvendelighed med henblik på den foreliggende opgave. Resultatet af disse overvejelser er, at man primært vælger at arbejde ud fra den forudsætning, at den nuværende stigningstendens for elforbruget vil holde sig, men at man samtidig vil vurdere, hvor stor sandsynlighed der er for afvigelser herfra. Hertil anvendes bl.a. en analyse for de enkelte forbrugergrupper hvorunder ikke alene elforbruget, men også det samlede energibehov inddrages i vurderingerne.

For at kunne anvende de analytiske metoder må man kende dagens udgangsposition, og afsnit 3 omhandler en analyse af energiforbrugets sammensætning for året 1960.

I afsnit 4 fortsættes der med en prognose gruppe for gruppe for elforbrug og øvrigt energibehov. Interessen koncentrerer sig naturligt om at få et overblik over situationen ved periodens slutning i 1984. På den anden side kan det have interesse at have et resultat også for et af de mellemliggende år for bedre at kunne bedømme en eventuel overgang fra den nuværende tendens, det er derfor valgt også at medtage året 1974.

I afsnit 5 gøres landets samlede netto- og bruttoenergibehov op på grundlag af de i afsnit 4 fundne forbrug for de enkelte grupper, og resultatet kommenteres. Det må understreges, at det ikke har været et mål at udarbejde en velunderbygget, generel energiprognose. Hensigten har kun været at få et groft overblik over forbrugets størrelse, og derved efterprøve at de forudsætninger, der gøres om elforbrugets vækst, ikke er åbenlyst urimelige set i relation til det samlede energibehovs udvikling. Samme formål tjener de - meget skematiske - økonomiske betragtninger som afslutter afsnit 5.

Afsnit 6 omhandler den praktiske anvendelse af nogle specielle

ekstrapolationsmetoder.

I afsnit 7 samles prognoseresultaterne fra de ovenfor omtalte undersøgelser. De suppleres med ekstrapolationsresultater, der bringes i tabelform, idet man ikke har ment det nødvendigt at give en større beskrivelse af denne metode. På grundlag af det samlede materiale drages konklusionen vedrørende el-energibehovet.

På grundlag af betragtninger vedrørende den geografiske fordeling (afsnit 8) og benyttelsestiden (afsnit 9) udledes sluttelig en effektprogno­se for området Vest for Store Bælt og for området Øst for Store Bælt.

Under brugen af det statistiske materiale melder der sig ofte problemer vedrørende terminologi, definitioner m.v. Rapporten afsluttes med en samling noter, hvor sådanne forhold er behandlet.



## 2. PROGNOSEMETODER.

Ved udarbejdelse af en langtids el-prognose gældende for f.eks. 15-25 år kan en række forskellige metoder komme til anvendelse (litt. 1, 2, 3, 4, ). De oftest benyttede er følgende:

- ekstrapolation af det totale elforbrug (grafisk eller ved beregning)
- særlige matematiske hypoteser om elforbrugets udvikling under hensyntagen til forventet mætning (Eks.: Logistisk kurve)
- korrelation af elforbruget med andre faktorer f.eks. nationalprodukt, industrielt produktionsindeks etc.
- bedømmelse af elforbrugsstigningen indenfor de enkelte forbrugergrupper
- bedømmelse af elbehovet (i hver gruppe og for hele landet) i relation til netto- og bruttoenergibehovet og forventet økonomisk udvikling.

Sammenligning med forholdene i andre lande kan være af interesse i forbindelse med alle metoderne.

Metoderne kræver i den orden, de er nævnt, et stadig større opbud af statistisk materiale og detaljerede forudsætninger om den teknisk økonomiske udvikling. I praksis vil det foreliggende materiale dog ofte være mangelfuldt, og i reglen er usikkerheden med hensyn til udviklingen på andre felter mindst lige så stor som usikkerheden med hensyn til elforbrugets vækst; forholdene her i landet danner ingen undtagelse i så henseende. Det er derfor ikke givet, at man når frem til en mere troværdig prognose jo flere af de komplicerede, analytisk prægede metoder man tager i brug. Ofte vil den sikkerhed, man opnår ved de detaljerede undersøgelser, kun være tilsyneladende, idet man, i stedet for at gå ud fra en eller nogle få grundlæggende forudsætninger, erstatter disse med en hel række forudsætninger, som imidlertid også hver for sig har karakter af hypoteser eller postulater. Alligevel kan det være instruktivt at tage de analytiske metoder i brug som et supplement til den enkle ekstrapolation. Arbejdsgruppens indledende undersøgelser tog sigte på at vur-

dere metodikken, og alle de nævnte metoder er forsøgt anvendt i den udstrækning, det foreliggende materiale har muliggjort. De fører til noget divergerende resultater, og de har ikke alle kunnet tildeles samme vægt ved fastlæggelsen af den endelige prognose (jfr. afsnit 7).

### 2.1. Ekstrapolation.

Ved ekstrapolation er det stigningstendensen gennem en forudgående årrække, som fastlægger prognosen. Normalt forudsætter man en eksponentiel stigning (konstant årlig stigningsprocent), således at ekstrapolationslinien i halvlogaritmisk afbildning bliver en ret linie. Det er denne form for ekstrapolation, der refereres til i det følgende, med mindre andet udtrykkeligt anføres.

Eksponentiel udvikling forekommer inden for mange områder (energiforbrug, industriproduktion, befolkningstilvækst, kapital med fast forrentning m.m.). I de fleste tilfælde er vækstmekanismen så kompliceret, og de faktorer, der spiller ind så talrige, at det ikke er muligt nøjere at forklare, hvorfor udviklingen bliver eksponentiel. Praksis viser imidlertid, at den eksponentielle udviklingskurve er mere anvendelig end de fleste andre udviklingskurver, omend tilnærmelsen kan blive mindre god i de tilfælde, hvor det drejer sig om en begyndelses- eller slutfase af en udvikling (jfr. afsnit 6).

For elforbruget stemmer hypotesen om eksponentiel udvikling godt med den hidtidige udvikling (jfr. fig. 1, 2). Ganske vist kan der i krisesituationer optræde afvigelser, men de er ofte kun af midlertidig karakter. F.eks. synes den tilbagegang, der skete her i landet under anden verdenskrig, at være indhentet gennem en forceret stigning i årene lige efter krigen, således at man tilnærmelsesvis er kommet tilbage til den oprindelige udviklingslinje (fig. 1). Stigningsprocenterne varierer påfaldende lidt fra land til land (fig. 2). Som en typisk værdi regnes ofte med fordobling

hvert 10. år svarende til en stigning på 7,2% p.a. Nogle lande - specielt de, der har et højt forbrug pr. indbygger - registrerer noget lavere stigningsprocenter (ned til ca. 6% p.a.), medens andre - f.eks. blandt udviklingslandene - for øjeblikket har stigningsprocenter på 10-15% p.a. eller mere.

Fig. 3 viser, at langtidstendensen for Danmark er en stigning på ca. 8,5% p.a. for leveringen fra offentlige værker. Dette resultat fremkommer ved (under forudsætning af eksponentiel stigning) at indlægge en ekstrapolationslinie gennem de sidste 41 års forbrug efter mindste kvadraters metode (se noter). For øjeblikket er stigningen som bekendt højere. Ekstrapolationsresultatet vil naturligvis være afhængigt af, hvilken periode man lægger til grund for beregningen, dette er illustreret fig. 3, idet man her har brugt en 9-årig periode, som man har forskudt 1 år ad gangen, så langt tilbage i tiden, som statistikken tillader. Værdien i 1963 (10,2% p.a.) er således beregnet ud fra leveringen i årene 1955/56-1963/64, værdien i 1962 er baseret på statistikken for 1954/55-1962/63 o.s.v.

Det vil altid være vanskeligt at begrunde valget af den periode, der lægges til grund for ekstrapolationen. Såfremt man kun har i sinde at udstrække ekstrapolationen over f.eks. 10 år, vil det være nærliggende at vælge de sidste forudgående 10 år som grundlag ud fra den betragtning, at det er udviklingen gennem disse år, som har lagt op til det, der skal ske i den nærmeste fremtid. Det kan næppe være rimeligt at gå så langt tilbage, at man får de første efterkrigsår med, hvor udviklingen var præget af, at krigstidens forsinkelser skulle indhentes. Ifølge sagens natur kan man ikke i første øjeblik, der konstateres en afvigelse fra den hidtidige langtidstendens, afgøre, om det er noget midlertidigt, eller om det betegner indledningen til en længere periode med en ny stigningsprocent. F.eks. har udviklingen her i landet de sidste 2-3 år været karakteriseret af særlig høje stigningsprocenter, men om det er udslag af en forbigående højkonjunktur, eller om det er noget, som vil holde sig

på længere sigt, kan ikke afgøres.

Da ekstrapolationsmetoden med eksponentiel stigning er enkel at anvende, og da de hidtidige erfaringer gennemgående viser god overensstemmelse med virkeligheden, skal der tungtvejende argumenter til at forkaste den for prognoser af rimelig varighed f.eks. indenfor en fordoblingsperiode.

Dens begrænsning, når det gælder meget langsigtede prognoser, er imidlertid lige så åbenlys. Fortsat ekstrapolation vil føre til værdier, der er urimelige både absolut og relativt til andre energiformer. Forudsætter man f.eks. for Danmark 9% p.a. stigning i elforbruget og 4% p.a. stigning i bruttoenergiforbruget samt en konverteringsvirkningsgrad på 1/3, vil man ca. år 2000 komme i den situation, at hele energiforbruget skulle være elektricitet.

For at vurdere om det er sandsynligt, at mætning - i betydning en stedse aftagende årlig stigningsprocent - begynder at gøre sig gældende inden for undersøgelsesperioden, må de andre metoder tages i brug.

## 2.2. Ikke-eksponentiel ekstrapolation.

Under hensyntagen til en forventet mætning har man undertiden forsøgt at tilpasse elforbrugets udvikling til en anden kurveform end den eksponentielle. Dette kan ske på rent matematisk grundlag (litt. 1,5) ud fra de registrerede forbrug for et enkelt land eller en enkelt forbrugergruppe - hvilket dog altid indebærer en risiko for fejlagtige slutninger på grund af en midlertidig ændring i tendensen - eller man kan postulere en øvre grænse og et indsvingningsforløb mod denne. Et eksempel er den logistiske kurve ("S-kurve"):

$$\frac{1}{y} = a + bc^x; \quad 0 < c < 1$$

(y - energiforbrug, x - år).

Kurven kan f.eks. fastlægges ved øvre asymptote samt 2 punkter på den første, kendte del af kurven. I afsnit 6.1 er

metoden forsøgt anvendt på danske forhold.

En anden metode bygger på en formodet sammenhæng mellem stigningsprocent og forbrug pr. indbygger. (Stigningsprocenten regnes f.eks. at aftage med det specifikke forbrug efter en kurve som vist fig. 21). Denne sammenhæng kan man prøve at etablere på grundlag af foreliggende data fra forskellige lande; en særlig omfattende undersøgelse er udført af Fremont Felix (litt. 6), som har analyseret data for 153 lande for perioden 1956-1961 for elforbrug og for bruttoenergiforbrug. På grundlag heraf opstilles et sæt "universal-prognosekurver" (se afsnit 6.2), der kan anvendes for elforbrug op til 10.000 kWh/indb. Videre frem forudsættes udviklingen at forløbe efter en Gompertzkurve, der minder om den logistiske kurve. Den har ligningen

$$y = k a^{b^x}; \quad 0 < a < 1 \quad 0 < b < 1$$

(y - energiforbrug, x - år).

Metoder af denne type må anses for overordentligt usikre, idet hypotesen om, at stigning i det specifikke forbrug følger en bestemt matematisk kurveform, ikke klart lader sig påvise ud fra den konstaterede udvikling. Vanskeligheden er, at der findes meget få lande på den midterste og øvre del af den postulerede S-formede kurve. Der opereres for øjeblikket med øvre grænseværdier op til størrelsesorden 100.000 kWh/indb. i elforbrug (litt. 6,7); dog er det muligt for de enkelte lande eller områder at argumentere for værdier, der afviger betydeligt herfra, således at der kan ventes værdier indenfor f.eks. dekaden 20.000 til 200.000 kWh/indb. Til sammenligning tjener, at forbruget i de lande, som i dag er nået højest, er 8.000 - 10.000 kWh/indb. Rent bortset fra usikkerheden m.h.t. mætningsværdien er det også usikkert, om udviklingen vil forløbe efter så enkle matematiske funktioner som anført ovenfor. Litt. 8 (s.277-282) viser en række eksempler på udviklingsforløb, som i en

vis tid har fulgt en logistisk kurve for derefter at bryde af, og det antydes, at den logistiske kurve er værdiløs for prognoseformål.

### 2.3. Korrelation af elforbruget med andre faktorer (nationalprodukt, industrielt produktionsindeks m.v.).

Det vil være nærliggende at undersøge, om der findes en korrelation mellem stigning i elforbrug (eller i totalt energiforbrug) og stigning i nationalprodukt, industrielt produktionsindeks eller andre størrelser, som giver et udtryk for den materielle aktivitet i samfundet. Kan en sådan sammenhæng påvises, kan prognoser på forskellige felter samarbejdes og understøtte hinanden.

I nogle lande (f.eks. Belgien og Frankrig, litt. 1,4) har man brugt forudsigelser om industrielt produktionsindeks ved udarbejdelsen af elprognoser, idet man har etableret en empirisk sammenhæng. Det er en forudsætning, at industriens elforbrug samt industriens indflydelse i det hele taget er ret dominerende, og at der er afstukket visse rammer for industriens udvikling.

I et svagt industrialiseret land som Danmark synes elforbrugsstigningen på det nærmeste at være uafhængig af den industrielle aktivitet (jfr. fig. 4). Elforbruget ligger fortrinsvis på andre felter (bolig m.v.), og det stiger uanset svingninger i industriproduktionen.

Sammenfattende kan man sige, at det ikke synes muligt her i landet - hverken for kortere eller længere prognoser - at udnytte korrelation med nationalprodukt, industriel produktionsindeks e.l.; på kortere sigt fordi udviklingen i disse størrelser i langt højere grad, end det er tilfældet for elforbruget, er præget af tilfældige variationer og på længere sigt fordi der - når der ses bort fra befolkningsprognoser - tilsyneladende ikke findes (officielle) langtidsprognoser

på noget område, som kan tænkes at kunne korreleres med elenergiforbruget.

#### 2.4. Bedømmelse af elforbrugsstigningen inden for de enkelte forbrugergrupper.

Selvom reglen om det totale elforbrugs eksponentielle stigning efterhånden af mange næsten er accepteret som en naturlov, indbyder metoden let til kritik. Dens utilstrækkelighed på meget langt sigt er allerede omtalt, og for den foreliggende opgave - en 20 års prognose - er ekstrapolationsmetoden utilfredsstillende, fordi den ikke giver nogen motivering for stigningen eller noget mål for, hvor stor afvigelse fra en prognoseret værdi, der kan ventes at optræde under forskellige omstændigheder. Endelig kan en del af mistilliden til metoden antagelig tilskrives det psykologiske forhold, "at man ikke tror, at noget, der opnås så let kan være rigtigt".

Alternativet er at foretage en opdeling i passende forbrugergrupper og for hver enkelt gruppe at opstille en prognose på grundlag af en analyse af gruppens hidtidige forbrug samt af den viden og de formodninger, man iøvrigt måtte have om gruppens udviklingsmuligheder, - en viden, der må være forholdsvis detaljeret, for at metoden kan komme til sin ret. For boligsektoren må man f.eks. gøre antagelser om antal nye lejligheder og el-udstyret i disse samt om ændringer i apparatbestanden i de nuværende. For industri og andre erhvervmæssige anvendelser må man forsøge at danne sig et indtryk af aktiviteten (produktionens størrelse e.l.) og den teknik, der vil blive anvendt (elforbrug pr. produceret enhed e.l.); eventuelt kan man her gå en indirekte vej ved at vurdere antal beskæftigede og forbruget pr. person. - En kritikløs ekstrapolation for hver gruppe er næppe at foretrække frem for ekstrapolation af totalforbruget, fordi de tilfældige

variationer er større for de enkelte grupper.

I praksis er metoden imidlertid vanskelig at anvende. Her i landet har man ikke grundlaget for at foretage en nøjagtig opdeling af forbruget efter anvendelse, bortset fra industriens forbrug. Forsyningsselskabernes statistik er i almindelighed ikke lagt an herpå. Der kan sædvanligvis kun skaffes oplysninger om salg på de forskellige tariffer, og inden for samme tarif kan man have forbrugere af vidt forskellig karakter. En opdeling mellem boligforbrug og erhvervsforbrug (småindustri, butikker, kontorer m.v.) er f.eks. meget vanskelig at foretage. Det kan i denne forbindelse nævnes, at foreningen Elra i samarbejde med A/S Gallup Markedsanalyse har startet en undersøgelse, som skulle give mulighed for at få bedre indsigt i boligforbrugets sammensætning. Dette arbejde er imidlertid af så ny dato, at kun få praktisk brugbare resultater foreligger.

I afsnit 3 er vist en skønsmæssig fordeling for året 1960; det må fremhæves, at den er behæftet med stor usikkerhed. Det er derfor også illusorisk at prøve at se en udviklingstendens for de enkelte grupper ved at lave tilsvarende opdelinger for tidligere år. Kun for industrien har man sikre tal for en årrække (litt.9).

Med hensyn til den fremtidige udvikling indenfor de enkelte grupper findes der praktisk taget ingen andre prognoser, som kan være til støtte. Metoden med forespørgsel til storforbrugerne har ikke været forsøgt, da man kan forudse, at kun få af disse virksomheder er af en sådan karakter og størrelse, at de kan skønne over energibehovet 10-20 år frem i tiden.

Den analytiske metode har ikke tidligere været brugt her i landet i større skala, og der foreligger således ingen erfaringer. Den alvorligste indvending, som kan rettes mod den analytiske metode er, at den, når det gælder prognoser af længere varighed end ganske få år, har en tendens til at føre til for lave værdier (se f.eks. litt.4 s.120 og litt. 10). Den primære årsag hertil er, at fantasien ikke



rækker til at forudse alle nye anvendelsesområder for elektriciteten.

For at anskueliggøre, hvorfor en prognose baseret på kendte og almindeligt udbredte anvendelser for elektriciteten let kan føre til for lave værdier, kan man som et eksempel betragte udviklingen af boligforbruget i U.S.A. (litt. 11). Af det specifikke boligforbrug i U.S.A. i 1957 hidrørte ca. halvdelen fra anvendelser, som 20 år tidligere praktisk taget ingen udbredelse havde - selv om de nok har været kendt som potentielle behov (jfr. tabel 18 og 19).

For Danmark findes der ikke tilstrækkelig god statistik til at vise, hvorledes forbruget inden for en hel sektor har udviklet sig. For enkelte specielle anvendelser er det dog muligt at give et skøn over den hidtidige udvikling.

Fig. 5 og fig. 6 viser ved to eksempler (køleskabe og fjernsynsmodtagere), hvor hurtigt udviklingen forløber, når der er tale om anvendelser, hvor der ikke er konkurrence fra andre energiformer. Udviklingen sker i det væsentlige indenfor 10-15 år, hvorefter der (energimæssigt) indtræder mætning, og den fortsatte stigning i det specifikke elforbrug indenfor gruppen må falde på nye anvendelser.

Fig. 7 (el-køkkener) viser, at udviklingen forløber væsentlig langsommere, når der er udpræget konkurrence fra andre energiformer. Lignende forhold må regnes at gøre sig gældende for den elektriske rumopvarmning (jfr. fig. 12).

Endelig kan anføres to eksempler som kvantitativt illustrerer, hvorledes anvendelser, som efter vore dages forhold bidrager væsentligt til forbruget indenfor en vis sektor, vil udgøre en relativ beskeden andel af det fremtidige forbrug. Ifg. afsnit 4.8 er boligforbruget - med begrundelse både i ekstrapolation og analyse - anslået at stige ca. 13 TWh (fra 1,3 TWh i 1960 til 14,4 TWh i 1984). En af de anvendelser, der efter dagens forhold bidrager væsentligt

til boligforbruget, er den elektriske kogning, idet et el-køkken bruger ca. 1000 kWh pr. år. Regner man med 20% dækning i 1960 og 100% dækning i 1984 samt henholdsvis 1,46 og 2,30 mill. boliger, ser man, at forøgelsen i el-køkkener maksimalt kan give ca. 2 TWh ud af den postulerede stigning på 13 TWh. For at opnå denne stigning må der regnes med en række nye anvendelser (f.eks. rumopvarmning, jfr. afsnit 4.8), som det er overordentlig vanskeligt at bedømme udviklingshastigheden for, men som ikke desto mindre må ventes at tegne sig for en betydelig del af energiforbruget. På denne baggrund er det mindre væsentligt, hvilke antagelser man gør om de apparater, der tæller mest idag (f.eks. er det ret underordnet, om man regner med 60, 80 eller 100% dækning med el-køkkener i 1984).

Industriens elforbrug incl. egenproduktion (se afsnit 4.1) er på grundlag af ekstrapolation skønnet at ville stige fra ca. 1,5 TWh i 1960 til 7,4 TWh i 1984. I 1960 er forbruget fordelt på ca. 6000 virksomheder (gennemsnitsforbrug 0,25 GWh), og selvom disse grupperes og vurderes branchevis, vil en analyse ikke være egnet til at indkredse det skønnede forbrug, 7,4 TWh i 1984, med større sikkerhed. Under disse forhold må en fortsættelse af den nuværende tendens anses for mest sandsynlig, og det må indebære en stigning over en bred front, idet enkelte store virksomheder ikke kan motivere forbrugets vækst. Som et eksempel på en sådan virksomhed, der efter stedets og dagens forhold har et betydeligt forbrug, kan nævnes et olieraffinaderi (af størrelse som raffinaderierne ved Kalundborg og Stignæs), der har et årsforbrug omkring 50 GWh. Selvom dette forbrug er 200 gange gennemsnitsforbruget idag, repræsenterer det dog kun 0,7% af den forudsatte stigning frem til 1984. For at opnå en elforbrugsstigning på 1 TWh kræves der altså 20 raffinaderier, hvoraf 3-4 kan dække landets nuværende olieforbrug (jfr. litt. 17).. Man kan derfor ikke regne med at indkredse et sandsynligt forbrug ved at

betragte de store industrivirksomheder alene, man må have de mange og forskelligartede mindre virksomheder med, og for disse er analysemetoden vanskelig at anvende i praksis.

En omhyggelig analyse af udviklingen af elforbruget indenfor en bestemt sektor vil naturligvis give et vist udgangspunkt for en prognose; man må imidlertid gøre sig klart, at de nye anvendelsesområder er af en så betydelig størrelse, at de helt dominerer over usikkerheden på udviklingen indenfor kendte felter.

I praksis vender man ofte tilbage til ekstrapolationsmetoden for de enkelte forbrugergrupper, idet man ræsonnerer, at de nye, "uforudsete" anvendelser formentlig netop vil blive så store, at udviklingen som hidtil bliver eksponentiel. I et sådant tilfælde har man, ved at anvende den analytiske metode, blot opnået at få et indtryk af usikkerheden på prognosen samt en "specifikation" af det forventede forbrug.

#### 2.5. Bedømmelse af elbehovet i relation til netto- og bruttoenergibehov samt forventet økonomisk udvikling.

En analyse af og prognose for det samlede energibehov kan udføres på samme måde som skitseret ovenfor for elforbruget. Elprognosen kan derved koordineres med en bruttoenergiprognose, hvilket er nødvendigt, da de nuværende stigningsprocenter for elforbrug og bruttoenergiforbrug ikke er forenelige på længere sigt.

Ved den praktiske anvendelse af metoden - som beskrevet i afsnit 4 og 5 - støder man på vanskeligheder af samme art som ved el-energianalysen.

Undersøgelserne kan føres endnu videre ved at inddrage den økonomiske vækstrate (stigning i nationalprodukt) i prognosen.

Sammenfattende kan man om de analytiske metoder sige, at de er sunde i teorien, men vanskelige at anvende i praksis bl.a. på grund af manglende statistiske data og manglende prognoser på beslægtede felter. Det tvinger en til at indføre et stigende antal subjektive bedømmelser, og disse vil næppe være uafhængige af hinanden, således at man må regne med en vis risiko for, at der skønnes konsekvent galt til én side - for højt eller for lavt - og i samme retning som ved en bedømmelse af totalforbrugets udvikling.

### 3. ANALYSE AF ENERGIFORBRUG 1960.

Tabel 1 angiver den opdeling af landets samlede energiforbrug for året 1960, der senere vil blive brugt som udgangspunkt for vurdering af den fremtidige udvikling. Da en del af det statistiske materiale ajourføres forholdsvis langsomt, har det ikke været muligt at vælge et senere udgangår. Tallene for brutto- og nettoenergiforbrug stammer fra den af "Rådet for Kraft- og Varmeforsyning" udarbejdede analyse (litt. 12). Som grundlag er endvidere anvendt en lignende analyse, der tidligere er udsendt af Det statistiske Departement (litt. 13). Ved nærværende undersøgelse er gruppeinddelingen dog ændret noget, og det har nødvendiggjort en del supplerende beregninger og skøn, især vedrørende elforbruget; herfor redegøres nedenfor i kommentarerne til de enkelte grupper. Tabel 2 viser, hvorledes man er kommet frem til det i tabel 1 anførte elforbrug. Det er delt op på områderne Vest og Øst for Store Bælt, idet man har ment at kunne få en mere sikker gruppeopdeling ved at vurdere forholdene for de enkelte forsyningsselskaber for sig, det har dog i praksis kun været muligt at gennemføre fremgangsmåden Øst for Store Bælt. Usikkerheden på værdierne er i de fleste tilfælde så stor, at det ikke er berettiget at angive dem nærmere end inden for 0,1 TWh, som det er gjort i tabel 1; for elforbruget bruges dog senere de ikke-afrundede værdier ved beregning af stigningsprocenter (afsnit 4).

Vedrørende definition af brutto- og nettoenergiforbrug samt valg af omregningsfaktorer mellem forskellige enheder henvises til noterne.

#### 3.1. Industri.

Industriens energiforbrug fremgår af "Industriel Produktionsstatistik" (litt. 9), der omfatter virksomheder med mindst 10 arbejdere; forbruget er delt op efter industrigrene og efter energiart; efter omregning fås de i tabel 3 anførte

forbrug i GWh. Derimod er forbruget ikke opdelt efter virksomhedernes geografiske placering, og i forbindelse med el-energianalysen har man måttet skønne en fordeling mellem områderne på grundlag dels af arbejdskraftens fordeling (litt. 14) dels af de enkelte selskabers oplysninger om salg på "industritarif" (som dog tillige omfatter andre storforbrugere og ikke alle industriforbrugere). Den viste opdeling resulterer i et noget højere forbrug indkøbt pr. arbejder (ca. 4100 kWh) øst for Store Bælt end Vest for Store Bælt (ca. 3300 kWh).

### 3.2. Mindre industri, håndværk og erhverv.

Gruppens forbrug er - både i tabel 1 og 2 - fremkommet som differencen mellem det samlede forbrug og de øvrige gruppers forbrug. Gruppen omfatter således alle forbrug, som det ikke har været muligt at opgøre direkte ud fra skøn eller beregning.

Det drejer sig om forbrug i mindre industrivirksomheder (under 10 arbejdere), mejerier og slagterier, anlægs- og byggevirksomheder, butikker, kontorer, institutioner m.v.

### 3.3. Landbrug og gartneri.

Det anførte forbrug af olie (benzin, petroleum og brændselsolie) omfatter alene det erhvervsmæssige forbrug. Elforbruget omfatter både det erhvervsmæssige forbrug og boligforbruget, idet det ikke er praktisk muligt at adskille disse. Det samlede elforbrug er anslået til 630 GWh heraf 90 GWh til gartneri (12.000 gartnerier à 7500 kWh). Ved vurderingen af landbrugsforbruget (540 GWh) er der benyttet dels opgivelser fra forsyningsselskaber dels oplysninger fra Landøkonomisk Driftsbureau's regnskabsstatistik (på grundlag af en oplyst udgift til elektricitet pr. ha og en

skønnet elpris beregnes et forbrug pr. ha). For hvert område - NESA, NVE, SEAS, området Vest for Store Bælt - har man delt ejendommene op i grupper efter størrelse og skønnet forbruget regnet enten pr. ha eller pr. ejendom. Antal ejendomme er 196.000, men ser man bort fra de mindste landbrug (under 5 ha), som i stedet henføres til boligsektoren, bliver der ca. 160.000 egentlige landbrug med et areal på 3 mill. ha. For hele landet bliver elforbruget i gennemsnit 3400 kWh/ejendom eller 180 kWh/ha.

#### 3.4. Baner, sporveje og vejbelysning.

Elforbruget til vejbelysning (110 GWh) er tildels skønnet. Elforbruget til traktion andrager 93 GWh.

#### 3.5. Vejtransport.

Hele forbruget er benzin og dieselolie.

#### 3.6. Lufttransport.

Gruppen omfatter i princippet al forbrug til såvel civil som militær lufttransport. Der er ikke skelnet mellem forbrug på inden- og udenlandske ruter. Fra SAS haves opgivelser, som giver et forbrug for SAS i Danmark på ca. 1,4 TWh i 1960.

#### 3.7. Indenrigs skibsfart og fiskeri.

Omfatter ikke forbrug på DFDS's indenrigsruter.

### 3.8. Boligforbrug.

Dette er den største gruppe, som omfatter ca. 35% af samlet nettoenergiforbrug, ligesom boligernes elforbrug, der udgør ca. 28% af samlet elforbrug, er den største gruppe inden for elsektoren.

Energiforbruget går overvejende til rumopvarmning og kan derfor variere betydeligt fra år til år afhængigt af temperaturforholdene (se litt. 12 s.21). Det valgte analyseår 1960 ligger dog nær det normale, idet graddagetallet (beregnet som antal dage multipliceret med tilhørende temperatúrafvigelse fra en vedtagen normal, 17°C indendørstemperatur), var 2719, medens normalen er 2800. Man regner med en stigning i varmeforbruget på 1 TWh for hver 100 graddage, tallet ligger over normalen.

Forbruget af fast brændsel og olie (ialt 26 TWh) regnes at gå udelukkende til rumopvarmning (der er set bort fra den lille del, som går til andre formål i husholdningen, tilsvarende er der set bort fra, at en lille del af gas og elektricitet bruges til opvarmning), og det er beregnet på følgende måde:

Antal lejligheder er ialt 1,46 mill. Årsforbruget pr. lejlighed antages ved central- eller fjernvarme at være 19 Gcal i 1-familiehuse og landejendomme og 17,8 Gcal i 2-familiehuse og lejligheder i etageejendomme. Ved anden opvarmning regnes der med et forbrug på 12,6 Gcal. Samlet forbrug bliver:

Central- og fjernvarme:

0,28 mill. 1-fam.huse og landejendomme à 19 Gcal = 5320 Tcal

0,41 " 2-fam. " " lejligheder à 17,8 " = 7300 "

Anden opvarmning:

0,77 mill. lejligheder à 12,6 Gcal = 9700 "

Ialt 22320 Tcal



Omregnet svarer hertil 26 TWh. I dette forbrug er tillige inkluderet varmtvandsforbrug, for så vidt der ikke bruges elvandvarmer; i 1955 havde 475.000 (34%) af lejligheder varmt vand, og denne procentdel er antagelig steget væsentligt i 1960.

Elforbruget i boligerne (excl. landejendomme) er beregnet på grundlag af et skønnet forbrug pr. husstand (se tabel 2). Ved fastlæggelsen af dette forbrug er brugt oplysninger fra elselskaberne, men der knytter sig en vis usikkerhed til resultatet (formentlig størrelsesorden 10-20%). En fejl i ansættelsen af boligforbruget vil desuden automatisk medføre en fejl i elforbruget i gruppe 2 (erhverv m.v.).

#### 4. FORVENTET NETTOENERGIBEHOV FOR DE ENKELTE FORBRUGERGRUPPER.

I det følgende vil der for hver forbrugergruppe blive opstillet et skøn over energiforbrugets udvikling med særlig vægt på elforbruget. Som tidligere omtalt er det i almindelighed ikke muligt i detaljer at analysere den hidtidige udvikling inden for grupperne, og da der heller ikke fra anden side er opstillet langtidsplaner eller -prognoser, kan argumentationen ikke altid underbygges så stærkt som ønskeligt. Der bliver ikke tale om at opstille egentlige prognoser for de enkelte grupper, men snarere om at sandsynliggøre et postuleret forbrug af en vis størrelse.

I første række er man interesseret i forholdene ved periodens slutning (år 1984), da man kan forudse, at afvigelserne mellem de forskellige prognosemetoder bliver størst her. I praksis er det dog lettere at gå skridtvis frem og ikke begynde med analysen for 1984. Desuden må man i de tilfælde, hvor den nuværende stigningstakt fraviges, sørge for en passende overgang. Af disse grunde har man valgt også at udføre analysen for det mellemliggende år 1974.

##### 4.1. Industri.

Energiforbruget var i årene 1939 (første år for hvilket fuldstændige oplysninger foreligger), 1950 og 1960 ifg. litt. 9:

Tabel 4.

| År   | Fast<br>brændsel<br>TWh | Flyd.<br>brændsel<br>TWh | Gas<br>TWh | El<br>(indkøbt)<br>TWh | Ialt<br>TWh |
|------|-------------------------|--------------------------|------------|------------------------|-------------|
| 1939 | 10,5                    | 0,7                      | 0,08       | 0,202                  | 11,6        |
| 1950 | 9,8                     | 4,7                      | 0,27       | 0,509                  | 15,2        |
| 1960 | 6,3                     | 10,4                     | 0,24       | 1,115                  | 18,0        |

Fig. 8 viser forløbet af det samlede energiforbrug. Hvis el-energien ved opgørelsen af det samlede energiforbrug indregnes med en værdi svarende til den brændselsmængde, som er medgået til at producere den, vil stigningen blive større. Den stadig større andel af el-energi og formindskelsen af egenproduktionen af elektricitet betyder, at en del tab flyttes på energiregnskabet fra industriforbrug til konverteringstab, og det faktiske nettoforbrug er derfor i virkeligheden steget mere, end det fremgår af statistikken. Dette er også en del af forklaringen på, at energiforbruget ifg. statistikken stiger langsommere end produktionen (jfr. litt. 12 s. 21). På længere sigt må det være motiveret at regne med en eksponentiel stigning på 2% p.a., hvilket giver et energiforbrug på 23,8 TWh i 1974 og 29,0 TWh i 1984. (Fastlægger man ekstrapolationslinien efter mindste kvadraters metode fås til sammenligning i 1984 et energiforbrug på 27,9 TWh, hvis der bruges data fra perioden 1952-1960, og 30,8 TWh, hvis beregningsgrundlaget er årene 1953-1961).

En væsentlig del af energiforbruget må regnes at gå til opvarmningsformål i produktionen, og udviklingen efter krigen har været karakteriseret af omlægningen fra fast brændsel til olie. Rumopvarmningen andrager skønsmæssigt 1-2 TWh.

Elforbruget i industrien var i 1960 1457 GWh hvoraf 1115 GWh eller 77% indkøbt, resten, 343 GWh, egenproduktion, som imidlertid er steget meget svagt i perioden 1950-1960, således at egenproduktionen procentisk er stærkt aftagende.

I opstillingen nedenfor (tabel 7 s. 23) er der postuleret en stigning på 7,3% fra 1960-1974 og 6,7% p.a. fra 1974-1984 for samlet elforbrug, hvilket fører til et forbrug på 7,4 TWh i 1984 (fig. 9). Forudsættes egenproduktionen at blive 0,4 TWh, indgår 7,0 TWh som levering fra offentlige værker. Denne prognose repræsenterer en fortsættelse af tendensen for perioden 1950-1960, hvor stigningen i gennemsnit har været ca. 7% p.a. For årene 1950-1962 er gennemsnitlig stigning ca. 7,3% p.a. Der kan dog være grund til nærmere at vurdere elforbruget ved at sætte det i relation

til beskæftigelsen og ved sammenligning med udlandet. Fig. 10 og fig. 11 viser udviklingen i elforbrug pr. arbejdstime og pr. arbejder inden for de enkelte industrigrene. Kemisk industri samt sten, ler- og glasindustrien ligger højest med 12.000-13.000 kWh/arbejder, medens de øvrige industrigrene grupperer sig nærmere gennemsnittet, som er 4950 kWh/arbejder med ialt 295.000 arbejdere i 1960. Medregnes tillige funktionærer, kommer man op på ialt 372.000 ansatte, og elforbruget bliver 3900 kWh/ansat.

Industrien må i fremtiden regnes at ville trække arbejdskraft til på de andre erhvervs bekostning, dog vil der antagelig samtidig ske en forskydning fra arbejdergruppen til funktionærgruppen, og det vil næppe være realistisk at forudsætte en stor stigning i antal arbejdere. Regnes der med 330.000 arbejdere i 1974 og 350.000 i 1984, svarer dette til en stigningsprocent af samme størrelse som befolkningstallets stigningsprocent, og det skulle ifølge nedenstående prognose føre til et elforbrug på 13.000 kWh/arbejder i 1974 og 21.200 kWh/arbejder i 1984. Skal man nå op på disse værdier, må der ske en accelereret stigning i forbrug pr. arbejder, idet dette ifg. fig. 11 for øjeblikket kun stiger lineært med ca. 200 kWh/arbejder og år, hvilket skulle føre til et tal så lavt som ca. 10.000 kWh/arbejder i 1984. Af tabel 5 fremgår det, at den danske industri idag har et elforbrug pr. arbejder af samme størrelsesorden som andre europæiske lande, når karakteren af den danske industri tages i betragtning. At forbruget pr. arbejder for den samlede industri ligger lavt, skyldes naturligvis mangel på stærkt energiforbrugende industrier. Beregnet pr. indbygger ligger industri-elforbruget for øjeblikket meget lavt i forhold til andre europæiske lande (355 kWh/indeb. i 1962, se tabel 6). Ifølge prognosen skulle det stige til ca. 760 kWh/indeb. i 1974 og til ca. 1330 kWh/indeb. i 1984; sidstnævnte tal er af samme størrelse som industriforbruget pr. indbygger i 1962 i lande som Belgien, England og Schweiz. Sammenligninger af denne art

er dog ikke af så stor værdi, idet de simpelthen viser, at industrialiseringen ikke idag er så fremskreden i Danmark, men det må være tendensen i energiforbrug, antal beskæftigede etc. som skal vise, i hvor høj grad dette forhold er i færd med at ændre sig.

#### Industriens energiforbrug

|                    | Forbrug<br>1960<br>TWh | Forbrug<br>1974<br>TWh | Stigning<br>1960-74 | Forbrug<br>1984<br>TWh | Stigning<br>1974-84 |
|--------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| Nettoenergiforbrug | 18,0                   | 23,8                   | 2,0% p.a.           | 29,0                   | 2,0% p.a.           |
| Heraf el indkøbt   | 1,115                  | 3,5                    | 8,5% p.a.           | 7,0                    | 7,2% p.a.           |
| El total           | 1,46                   | 3,9                    | 7,3% p.a.           | 7,4                    | 6,7% p.a.           |
| El i %             | 8,1%                   | 16,4%                  |                     | 25,5%                  |                     |

Tabel 7

#### 4.2. Mindre industri, håndværk og erhverv.

Som omtalt under analysen af forbruget i 1960 ved man meget lidt om sammensætningen af denne gruppe, og der findes ingen statistik for den hidtidige udvikling. Det er derfor også vanskeligt at motivere antagelser om den fremtidige udvikling.

Energiforbruget i 1960 er beregnet til 17,9 TWh, d.v.s. omtrent det samme som forbruget for den større industri. Gruppen er af meget inhomogen sammensætning, og antal virksomheder og antal beskæftigede kendes ikke. For at få et begreb om størrelsesordenen kan man imidlertid til gruppen medregne følgende:

Antal virksomheder (jfr. litt.15 tabel 99):

|                                          |              |
|------------------------------------------|--------------|
| Fremstillingsvirksomhed (excl. industri) | 60.000       |
| Handel                                   | 74.000       |
| Hoteller, restauranter                   | 6.000        |
| Forsk. servicevirksomheder               | 13.000       |
| Liberale erhverv                         | <u>9.000</u> |
| Ialt                                     | 162.000      |

Antal beskæftigede (jfr. litt.15 tabel 19):

|                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| Håndværk, anlægsvirksomhed m.m. | 391.000        |
| Handel                          | 314.000        |
| Administration, lib. erhverv    | 267.000        |
| Anden servicevirksomhed         | <u>110.000</u> |
| Ialt                            | 1082.000       |

Rumopvarmning må antages at optage en væsentlig del af gruppens forbrug; pr. virksomhed må forbruget ligge over gennemsnitsforbruget for en lejlighed, selvom der formentlig er en del mindre butikker o.l., som ligger under. Ifg. litt. 12 s. 20 var samlet forbrug til rumopvarmning, husholdning m.v. i 1960 38,9 TWh incl. 0,5 TWh tab i fjernvarmenet. Fratrækkes herfra elektricitet og gas (4,2 TWh, som overvejende går til andre formål end rumopvarmning) samt boligopvarmning (26 TWh, se afsnit 3.8) fås 8,7 TWh til erhvervsrumopvarmning. Det svarer til et gennemsnit pr. virksomhed på 54 Gcal og et gennemsnit pr. ansat på 8 Gcal. Det forekommer at være tal af rigtig størrelsesorden, og i det følgende vil der blive regnet med 8,7 TWh til erhvervsrumopvarmning d.v.s. ca. halvdelen af det samlede forbrug i 1960.

For tiden finder en betydelig byggevirksomhed sted, idet årlig nybygget areal til erhvervsejendomme o.l. er steget fra ca. 1 mill. m<sup>2</sup> i 1950 til ca. 3 mill. m<sup>2</sup> (bruttoetageareal) i 1962 (litt. 15 tabel 53). Set i forhold til boligbyggeriet har fordelingen været sådan, at erhvervsbyggeriet i årene 1950-57 udgjorde ca. 42% af det samlede byggeri.

Denne andel har været noget voksende i de senere år og udgjorde f.eks. i 1962 47,9%. Disse tal muliggør dog ikke umiddelbart en vurdering af sandsynlig procentisk stigning i rumopvarmningsforbruget, idet man ikke kender antal og etageareal for de eksisterende ejendomme. Under hensyntagen til, at der senere for boligsektoren (afsnit 4.8) regnes med ca. 60% forøgelse i antal lejligheder fra 1960-1984 og under hensyntagen til, at der skal holdes et rimeligt forhold mellem antal beskæftigede og erhvervslokalernes størrelse, vil et maksimum formentlig være fordobling af etagearealet og fordobling af rumopvarmningsforbruget i perioden 1960-1984. Varmebehovet forudsættes ikke at stige mere end proportionalt med etagearealet. Endvidere ventes det øvrige energiforbrug at blive så stort, at det kan tænkes at give en vis reduktion i behovet for direkte rumopvarmning (i nogle tilfælde bliver det snarere et spørgsmål om at køle og ventilere lokalerne end om at opvarme dem). Som et sandsynligt rumopvarmningsforbrug regnes derfor med 14 TWh i 1984.

Forbrug af anden energi end elektricitet til andre formål end rumopvarmning udgjorde i 1960 8 TWh, og det regnes kun at stige lidt f.eks. til 9,5 TWh i 1984. Omlægning fra fast brændsel til olie og gas vil antagelig fortsætte. Med et elforbrug på 8 TWh (se nedenfor) fås et samlet energiforbrug i 1984 på 31,5 TWh svarende til en gennemsnitlig stigning på ca. 2,4% p.a. (tabel 8).

Gruppens elforbrug udviser for øjeblikket sammen med boligelforbruget meget høje stigningsprocenter. Det fremgår af forsyningsselskabernes statistik. Når der ses bort fra rumopvarmningsforbruget er det sandsynligt, at elektricitet i denne gruppe bliver den foretrukne energiart i højere grad end f.eks. inden for industrien.

Der forudsættes derfor stigning i elforbruget med 9,2% p.a. til 4,0 TWh i 1974 og videre 7,2% p.a. som giver 8,0 TWh i 1984 (tabel 8). Gruppens elforbrug er derved i 1984 af samme størrelse som rumopvarmningsforbruget i 1960.

Energiforbrug for mindre industri, håndværk, erhverv m.v.

|                         | Forbrug<br>1960<br>TWh | Forbrug<br>1974<br>TWh | Stigning<br>1960-74 | Forbrug<br>1984<br>TWh | Stigning<br>1974-84 |
|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| Nettoenergi-<br>forbrug | 17,9                   | 25,0                   | 2,4% p.a.           | 31,5                   | 2,3% p.a.           |
| Heraf el.               | 1,2                    | 4,0                    | 9,2% p.a.           | 8,0                    | 7,2% p.a.           |
| El i %                  | 6,7%                   | 16,0%                  |                     | 25,4%                  |                     |

Tabel 8

4.3. Landbrug og gartneri.

Nettoenergiforbruget regnes at stige 3% p.a.

For landbrugets boliger ventes elforbruget at stige som for andre boliger, men antal ejendomme (boliger) må regnes at blive reduceret noget fra de nuværende 160.000 til f.eks. 150.000 i 1984. Det erhvervsmæssige elforbrug regnes at ville stige langsommere end boligforbruget, idet stigningen formodes fortrinsvis at falde på olie. Ganske vist kan man også i de senere år pege på enkelte nye anvendelser, som kan give en forøgelse af elforbruget f.eks. korntørringsanlæg. For at fastlægge en øvre grænse for dette forbrug kan man tænke sig den samlede høst (ca. 50 mill. tønner) tørret ved varmtørring (6 kWh/tønne), hvilket giver et forbrug på 0,3 TWh.

Under optimistiske forudsætninger skulle elforbruget kunne nå op på 1,6 TWh i 1974 og 3,0 TWh i 1984 svarende til f.eks. 150.000 landbrug à 17.000 kWh og 13.000 gartnerier à 35.000 kWh. Det er tænkeligt, at antal landbrug bliver væsentligt lavere, men i så fald bliver det specifikke forbrug sikkert højere, således at spørgsmålet om antal ejendomme ikke er så afgørende.



### Energiforbrug for landbrug og gartneri.

|                    | Forbrug<br>1960<br>TWh | Forbrug<br>1974<br>TWh | Stigning<br>1960-74 | Forbrug<br>1984<br>TWh | Stigning<br>1974-84 |
|--------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| Nettoenergiforbrug | 3,7                    | 5,6                    | 3,0% p.a.           | 7,5                    | 3,0% p.a.           |
| Heraf el.          | 0,6                    | 1,6                    | 6,9% p.a.           | 3,0                    | 6,5% p.a.           |
| El i %             | 17,0%                  | 28,6%                  |                     | 40,0%                  |                     |

Tabel 9

#### 4.4. Baner, sporveje og vejbelysning.

Disse forbrug optræder traditionelt i energianalyser og er derfor også medtaget her som en selvstændig gruppe, selvom de her i landet ikke spiller så stor rolle i det samlede energiforbrug.

Stigningen i energiforbruget for baner og sporveje har hidtil været langsom bl.a. på grund af overgang fra kul til olie, og også i fremtiden kan der kun regnes med en svag stigning. Der er regnet med 1,0% p.a. (tabel 10).

Elforbruget til baner og sporveje, der i 1960 udgjorde 93 GWh vil næppe stige meget, med mindre der kommer en udbredt elektrificering af banerne. Ifg. litt. 16 vil en elektrificering af hovedbanerne kunne give et forbrug på 0,2 TWh beregnet ud fra dagens trafik og hastighed; med 35% øget hastighed og 50% øget trafik anslås forbruget til 0,4 TWh.

Til vejbelysning brugtes i 1960 ca. 110 GWh. Til illustration af, hvor meget dette forbrug har mulighed for at stige, kan anføres, at installation af vejbelysning på 2000 km hovedvej vil give et forbrug på ca. 100 GWh.

Elforbruget i gruppen - der altså er ret ubetydeligt i

forhold til det samlede elforbrug - kan i 1984 formentlig nå 0,4 TWh.

#### Energiforbrug for baner, sporveje og vejbelysning

|                         | Forbrug<br>1960 | Forbrug<br>1974 | Stigning<br>1960-74 | Forbrug<br>1984 | Stigning<br>1974-84 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| Nettoenergi-<br>forbrug | 2,2             | 2,5             | 1,0% p.a.           | 2,8             | 1,0% p.a.           |
| Heraf el.               | 0,2             | 0,3             | 2,9% p.a.           | 0,4             | 2,9% p.a.           |
| El i %                  | 9,1%            | 12,0%           |                     | 14,3%           |                     |

Tabel 10

#### 4.5. Vejtransport.

Gruppens energiforbrug (benzin og dieselolie) var i 1960 9,8 TWh. Antal køretøjer var 408.000 personbiler samt 170.000 rute- og lastbiler. Idet tilgangen for øjeblikket er ca. 100.000 vogne pr. år, var samlet antal vogne ved udgangen af 1963 825.000 (litt.17). I betragtning af den nuværende vækstrate og i betragtning af, at man selv i de mest motoriserede lande regner med fordobling af antal biler på 20 år, synes det ikke urealistisk at regne med mindst en 3-dobling af antal vogne i perioden 1960-1984. Brændstofforbruget vil dog næppe stige proportionalt hermed; regnes der med 4% p.a. stigning, svarer dette til en faktor 2,6 over 24 år. Måske bliver tilvæksten i antal vogne større, men til gengæld er der mulighed for, at kørselen pr. vogn bliver mindre, således at dette må regnes at være et rimeligt skøn. Forbruget bliver:

$$1974: 9,8 \cdot 1,04^{14} \text{ TWh} = 17,0 \text{ TWh}$$

$$1984: 9,8 \cdot 1,04^{24} \text{ TWh} = 25,0 \text{ TWh}$$

#### 4.6. Lufttransport.

Fra SAS foreligger en prognose for udtag af brændstof fra Københavns lufthavn; det regnes, at forbruget af jetbrændstof vil stige således:

1964-69: 13% p.a.

1970-74: 12% p.a.

1975-79: 11% p.a.

I absolutte tal bliver der tale om en stigning fra 131.000 m<sup>3</sup> i 1964 til 424.000 m<sup>3</sup> i 1974 og 714.000 m<sup>3</sup> i 1979.

Forbruget af benzin (propelfly) ventes at stige fra 22.000 m<sup>3</sup> i 1964 til 30.500 m<sup>3</sup> i 1970 for derefter at bortfalde.

For SAS's forbrug bliver der tale om en gennemsnitlig stigning på ca. 10% p.a. Hvorvidt denne stigningstakt også kan anvendes på det øvrige forbrug til luftfart er vanskeligt at afgøre.

Ifl. opdelingen tabel 1 var det samlede forbrug i 1960 2,0 TWh; fra anden kilde (litt. 17) foreligger en opgørelse for 1962, som viser et samlet forbrug af jetbrændstof og benzin i 1962 på 238.000 tons (ca. 2,88 TWh) og for 1962-63 noteredes 15% stigning for jetbrændstof og 18% for flyvebenzin.

Det kan derfor næppe være for optimistisk at regne med 10% p.a. for det samlede forbrug til 1974 og derefter 8% p.a. Forbruget bliver:

$$1974: 2,0 \cdot 1,10^{14} \text{ TWh} = 7,6 \text{ TWh}$$

$$1984: 7,6 \cdot 1,08^{10} \text{ TWh} = 16,4 \text{ TWh}$$

#### 4.7. Indenrigs skibsfart og fiskeri.

Stigningen for denne sektor må regnes at være større end for bannet bl.a. på grund af fiskeriets andel, men mindre end stigningen for vejtransport. Der er regnet med 2,5% p.a. stigning, og forbruget bliver:

$$1974: 2,9 \cdot 1,025^{14} \text{ TWh} = 4,1 \text{ TWh}$$

$$1984: 2,9 \cdot 1,025^{24} \text{ TWh} = 5,2 \text{ TWh}$$

#### 4.8. Boligforbrug.

En prognose for denne gruppe må tage sit udgangspunkt i en prognose for befolknings- og boligtilvækst.

Befolkningstallet kan prognoseres med langt større sikkerhed end f.eks. energiforbruget, og der foreligger da også flere befolkningsprognoser (litt. 18 og litt. 19), som kun udviser lille spredning for tiden op til 1984. For nærværende undersøgelse har man valgt at benytte følgende tal, der svarer til en stigning på 0,8% p.a.:

| År →<br>Mill. indbyggere ↓ | 1960 | 1970 | 1974 | 1984 |
|----------------------------|------|------|------|------|
| Vest for Store Bælt        | 2,47 | 2,66 | 2,75 | 2,98 |
| Øst for Store Bælt         | 2,13 | 2,31 | 2,37 | 2,57 |
| Hele landet                | 4,60 | 4,97 | 5,12 | 5,55 |

Tabel 11

Vedrørende tilvæksten i antal lejligheder og fordelingen på forskellige typer samt opvarmningsmetode er der større usikkerhed. Tabel 12 viser de officielle tal fra boligtællingerne i 1955 og 1960 (litt. 20). Stigningen har været ca. 20.000 lejligheder pr. år. For årene 1961, 62 og 63 har tilvæksten været henholdsvis 31.600, 33.400 og 33.400 lejligheder og almindeligvis anses tal op til 40.000 nye lejligheder pr. år realistiske; det vil være for pessimistisk alene at ekstrapolere på grundlag af udviklingen 1955-60. I tabel 13 er vist de tal, som er brugt ved nærværende undersøgelse; gennemsnitlig tilvækst er 35.000 lejligheder pr. år. Holdes landejendomme udenfor, svarer dette til en stigning i antal lejligheder i øvrige ejendomme på 2,1% p.a. Som nævnt afsnit 3.3 er definitionen af landejendomme ikke den samme som ved boligtællingen, hvorfor tal-

lene for 1960 i tabel 12 og 13 er afvigende. Det er dog uden betydning for de videre beregninger.

I tabel 15 er opstillet en prognose for rumopvarmningsforbruget samt for elforbrug til husholdning, belysning m.v.

Gennemsnitsforbruget pr. lejlighed i 1974 og 1984 til rumopvarmning og varmt vand lader sig desværre ikke bedømme nogenlunde sikkert, bl.a. fordi man ikke kender det specifikke forbrug i dag.

De værdier, som blev brugt ved analysen af forbruget i 1960, er for de centralopvarmede lejligheder i etageejendomme (17,8 Gcal) baseret på en statistisk opgørelse for 73.000 lejligheder (litt. 13 s.24). For centralopvarmede 1-familie huse havde man skønnet et noget højere forbrug (19 Gcal) og for boliger med anden opvarmning et lavere forbrug (12,6 Gcal). Disse værdier giver et totalforbrug, som uden vanskelighed lader sig indpasse i bruttoenergianalysen for 1960 (afsnit 3) under hensyntagen til, at der også skal regnes med et vist forbrug til opvarmning af erhvervslokaler o.l. Værdierne må derfor anses for realistiske, selvom forholdet mellem specifikt forbrug i 1-familiehuse og i lejligheder i etageejendomme muligvis er forkert.

Fra anden side fremføres imidlertid erfaringstal, som ligger væsentlig højere: ca. 37 Gcal for 1-familie og 20 Gcal for lejligheder i etageejendomme forudsat central- eller fjernvarme og inklusiv varmtvandsforbrug, som tegner sig for 3-4 Gcal. Disse værdier kan dog næppe være repræsentative for hele landet, da de fører til et totalforbrug, som er usandsynligt ifølge bruttoenergianalysen for 1960.

For moderne velisolerede 1-familiehuse har undersøgelser i forbindelse med elopvarmning givet forbrug på 15.000-20.000 kWh/år (13-17 Gcal), der må opfattes som minimumsværdier. F.eks. kan følgende tal citeres (litt.21) gældende for Sydsverige:

# Forbrug ved direkte elopvarmning.

## "Optimal isolering":

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| 80 m <sup>2</sup> hus | 14.000 kWh/år |
| 100 " "               | 17.000 " / "  |
| 150 " "               | 23.500 " / "  |

## Normal isolering:

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| 80 m <sup>2</sup> hus | 18.000 " / " |
| 100 " "               | 22.500 " / " |
| 150 " "               | 31.500 " / " |

Varmtvandsforbruget er sat til 4 Gcal/år og "gratisvarmen" (solstråling, el-app. m.v.) til 3 Gcal/år for et 100 m<sup>2</sup> hus.

Sammenfattende kan man sige, at situationen idag er karakteriseret af en overordentlig stor spredning i varmeforbrug pr. bolig (jfr. litt. 22 og 23), hvilket gør det meget vanskeligt at finde frem til gennemsnitsværdier for hele landet på grundlag af undersøgelser for mindre grupper. De skønnede specifikke forbrug i fremtiden må derfor også tages med al mulig forbehold; værdier, som afviger 20-30% herfra er formodentlig lige så sandsynlige. I tabel 15 er der for både 1974 og 1984 regnet med følgende årsforbrug (brutto incl. varmtvandsforbrug):

|                                                           |         |
|-----------------------------------------------------------|---------|
| 1-familiehuse m.v. med central-eller fjernvarme           | 30 Gcal |
| " m.v. " anden opvarmning                                 | 17 "    |
| Lejligheder i etageejendomme med central-eller fjernvarme | 20 "    |
| " i " med anden opvarmning                                | 13      |

Der er regnet med en stigning i gennemsnitsforbruget for samtlige landets lejligheder af følgende grunde:

- overgang til central- og fjernvarme i de nuværende (kakkel)ovnsfyrede lejligheder
- krav om større varmekomfort i forbindelse med voksende lejlighedsstørrelse i nybyg-

ninger  
- større varmtvandsforbrug.

Bedre isolering kan tænkes i et vist omfang at modvirke denne stigning i det specifikke forbrug.

I 1984 er der regnet med, at ca. 85% af samtlige lejligheder har central- eller fjernvarme (tabel 14); af de 350.000 lejligheder med "anden opvarmning" må især landejendomme og 1-familiehuse i landdistrikterne og i byernes yderområder regnes at udgøre et potentielt marked for elopvarmning. Vedrørende fordelingen mellem central- og fjernvarme er der ikke gjort bestemte forudsætninger, men fortsættes bygningen af varmecentraler med den nuværende hastighed, vil fjernvarmen blive dominerende, og inden for fjernvarmeområderne må det anses for mindre sandsynligt, at der kommer elopvarmning. I 1984 er der regnet med, at 200.000 lejligheder har direkte elopvarmning med et gennemsnitsforbrug på 20.000 kWh. I 1974 regnes 0,7 TWh af elforbruget at hidrøre fra elopvarmning plus elvandvarmere i lejligheder med anden opvarmning. Uden at gå ind på en detaljeret sammenligning mellem forskellige opvarmningsmetoder kan der peges på, at elopvarmningsens fortrin bl.a. ligger i, at den er let regulerbar, og at den er røgfri. En større udbredelse forudsætter en aktiv og salgsfremmende politik fra elselskabernes side, ligesom indførelsen af elopvarmning må starte allerede før 1974, hvis man i 1984 skal regne med at nå op på et så højt antal som 200.000 lejligheder (ca. 10% af samtlige lejligheder) jfr. fig. 12.

I 1984 må der regnes med meget stor dækning med varmtvandsinstallationer (nær 100%). De elektriske vandvarmere, hvoraf der for øjeblikket i drift findes ca. 50.000, vil gå ud af brug i lejligheder, som overgår til central- eller fjernvarme, og kun et begrænset antal nye kan ventes i andre lejligheder.

Ifig. tabel 15 skulle man derefter nå op på et samlet opvarmningsforbrug på ca. 53 TWh i 1974 og ca. 66 TWh i 1984.

Det øvrige elforbrug i boligerne til husholdning, belysning m.v. (tabel 15) er for 1- og 2-familiehuse regnet at stige til 4000 kWh pr. lejlighed i 1974 og 6000 kWh pr. lejlighed i 1984. For lejligheder i etageejendomme er de tilsvarende tal henholdsvis 1500 og 2500 kWh. Det kan naturligvis diskuteres, om det er realistisk at regne med så stor forskel mellem 1-familiehuse og etageejendomme, men erfaringen viser, at der for øjeblikket er betydelig forskel, og det er mest sandsynligt, at afstanden mellem de to grupper vil øges, bl.a. fordi mætning tidligere vil indtræffe for lejligheder i store ejendomme. Her kan man pege på, at installationerne i mange ældre ejendomme ikke er dimensioneret så rigeligt, at en flerdobling af det nuværende forbrug er mulig, ligesom der rent pladsmæssigt er sat grænser for hvor mange og hvilke elapparater, der lader sig installere i disse lejligheder. - Ser vi imidlertid bort fra fordelingsspørgsmålet, bliver gennemsnittet for samtlige lejligheder ca. 3000 kWh i 1974 og 4650 kWh i 1984. Følgende opstilling, tabel 16, kan tjene til eksempel på, hvorledes disse forbrug kunne tænkes sammensat:

| Anvendelse             | Års-<br>forbrug<br>pr. app.<br>kWh | 1974              |                     | 1984              |                     |
|------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
|                        |                                    | Dæk-<br>ning<br>% | For-<br>brug<br>kWh | Dæk-<br>ning<br>% | For-<br>brug<br>kWh |
| Elkøkken               | 1000                               | 50                | 500                 | 80                | 800                 |
| Opvaskemaskine         | 1000                               | 25                | 250                 | 50                | 500                 |
| Køleskab               | 360                                | 90                | 325                 | 90                | 325                 |
| Frysebox               | 900                                | 25                | 225                 | 40                | 360                 |
| Vaskemaskine           | 1000                               | 25                | 250                 | 50                | 500                 |
| Strygemask., tørreskab | 700                                | 15                | 105                 | 20                | 140                 |
| Oliefyр                | 500                                | 25                | 125                 | 25                | 125                 |
| (Løse) varmeovne o.l.  | 500                                | 30                | 150                 | 30                | 150                 |
| Radio, TV              | 300                                | 90                | 270                 | 100               | 300                 |
| Belysning og småapp.   | 1200                               |                   | 800                 |                   | 1200                |
| Diverse uforudset      | 250                                |                   |                     |                   | 250                 |
| Ialt                   | 7710                               |                   | 3000                |                   | 4650                |

Tabel 16



Man må regne med betydelig spredning om gennemsnitsforbruget, kurven fig. 13 er illustrativ for forholdene i dag; den typiske fordeling er tilnærmelsesvis en logaritmisk normalfordeling. For i 1984 at nå op på gennemsnit for alle forbrugene på 4650 kWh og for 1-familiehuse på 6000 kWh skal der være et betydeligt antal forbrugere i området 5-10.000 kWh excl. opvarmning og vandvarmer. Regner man med 100% dækning med alle apparater nævnt i tabel 16 samt 1200 kWh til belysning + "uforudset" nås et forbrug på 7460 kWh, og spredningen opefter kan da tænkes at opstå p.gr.a. variationer i forbruget for de enkelte apparater.

Kollektivt boligforbrug (i etageejendomme) er forudsat indregnet i gruppe 2 ("erhverv m.v."); det spiller formentlig en relativ lille rolle.

For gruppen boligforbrug er det muligt at drage visse sammenligninger med forholdene i udlandet. For det første kan det konstateres, at detailforbruget (bolig + erhvervsforbrug) her i landet ligger relativt højt, i Europa ligger kun England, Island, Norge, Sverige og Schweiz højere (tabel 6). En videre opspaltning af detailforbruget i boligforbrug og diverse erhvervsforbrug synes at vise, at boligforbruget udgør en relativ lille del af detailforbruget - ifg. opdelingen tabel 2 ca. 39% - medens 50% eller mere synes at være almindeligt i andre lande jfr. tabel 17. Det skyldes tildels det høje landbrugsforbrug i Danmark, men det kan måske også tolkes som et tegn på, at elektriciteten i Danmark vinder forholdsvis hurtigere frem i erhvervssektoren end i boligsektoren.

For boliggruppen har det især interesse at sammenligne med lande med højere specifikt forbrug, f.eks. Sverige og U.S.A.

I Sverige var forbruget pr. bolig i 1960 ca. 1500 kWh (litt. 24 s. 25-26), og det ventes at stige til 2350 kWh i 1970 (litt. 24 s. 31), d.v.s. ca. 4,5% p.a. stigning. Ifg. nærværende prognose regnes her i landet med ca. 8% p.a. stigning for det specifikke forbrug, hvilket skulle indebære, at man i begyndelsen af 1970'erne nåede op på samme værdi som i Sverige.

Boligforbruget i U.S.A. (litt. 11) ligger som bekendt væsentligt højere. Det danske forbrug i 1960 på ca. 1000 kWh/husstand nåedes i U.S.A. i 1941 (fig. 14). Af tabel 18 fremgår det, at man dengang af meget energiforbrugende apparater kun havde køleskabe (62,8%) og komfurer (11,2%). Idet et køleskab anslås at bruge 360 kWh og et komfur 1200 kWh (jfr. tabel 19) var "grundforbruget" til belysning m.v. i 1941

$$986 - 360 \cdot 0,628 - 1200 \cdot 0,112 = 625 \text{ kWh.}$$

Sammenligner man med Danmark i 1960, har vi antagelig større dækning med el-køkkener samt en del apparater (hjemmefrysere og TV-modtagere), som ikke figurerer på U.S.A.-listen for 1941, m.a.o. må det danske forbrug til belysning og småapparater regnes at ligge under de 625 kWh.

Vil man sammenligne med de postulerede danske forbrug i 1974 og i 1984, må man i disse medregne elopvarmningen, og man kommer da i gennemsnit op på 3300 kWh i 1974 og 6700 kWh i 1984.

Det prognoserede danske forbrug i 1974 svarer meget nær til det amerikanske forbrug i 1957, og Danmark skulle altså til den tid ligge ca. 17 år bagud for U.S.A. mod ca. 19 år i 1960. Betragter man sammensætningen af det amerikanske forbrug ved udgangen af året 1957 (tabel 18) bemærker man visse poster (luftkonditionering:  $800 \times 0,096 = 77 \text{ kWh}$ , og vandvarmere:  $4716 \times 0,17 = 800 \text{ kWh}$ ), som ikke kan ventes at optræde med større vægt på det danske forbrug i 1974/75. Til gengæld er der vel mulighed for, at andre forbrug kan dukke op, lige så vel som man her i landet i 1960 havde anvendelser, som ikke var almindelige i U.S.A. i 1941.

I 1984 skulle Danmark ifølge prognosen ligge mindre end 10 år efter U.S.A., idet man ifg. tabel 19 i 1975 i U.S.A. anslår et forbrug på ca. 6500 kWh, hvoraf 1140 kWh fra rumkøleinstallationer og 1179 kWh fra vandvarmer. I den pågældende prognose er dækningsprocenten for rumopvarmning i U.S.A. - hvor der bl.a. er stærk konkurrence fra naturgas - forsigtigvis ansat til 5,5% i 1975, men fra anden side (litt. 25) er anslået væsentligt højere tal, nemlig en stigning fra 1 mill. elopvarmede boliger i 1960

til 19 mill. (ca. 25%) i 1980; det på fig. 12 angivne skøn for U.S.A. ligger herimellem. - I 1963 er boligforbruget i U.S.A. nået op på ca. 4500 kWh.

For forbrug i sommerhuse adderes i 1984 0,4 TWh (200.000 huse á 2000 kWh), således at det samlede elforbrug bliver 14,4 TWh.

Idet der ses bort fra gasforbruget til husholdning - der ligger indenfor usikkerheden på rumopvarmningsforbruget - fås afrundet følgende forbrug til boliger (TWh):

|                    | Forbrug<br>1960<br>TWh | Forbrug<br>1974<br>TWh | Stigning<br>1960-1974 | Forbrug<br>1984<br>TWh | Stigning<br>1974-1984 |
|--------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Nettoenergiforbrug | 29,5                   | 57,8                   | 4,9% p.a.             | 75,7                   | 2,7% p.a.             |
| Heraf el.          | 1,3                    | 6,0                    | 12,0% p.a.            | 14,4                   | 9,2% p.a.             |
| El. i %            | 4,2%                   | 10,4%                  |                       | 19,0%                  |                       |

Tabel 20

Den store forskel i stigningsprocent for nettoenergiforbruget før og efter 1974 opstår, fordi man allerede i 1974 har regnet med de høje specifikke rumopvarmningsforbrug.

Resultaterne af beregningerne af nettoenergibehovet for de enkelte forbrugergrupper er samlet i tabel 21.

## 5. BRUTTOENERGIBEHOV.

### 5.1. Beregning af bruttoenergibehov på grundlag af skønnet nettoenergibehov.

Summeres de skønnede nettoenergibehov for de enkelte grupper, fås et samlet nettoenergibehov på ca. 143 TWh i 1974 og ca. 193 TWh i 1984 (tabel 21). Elforbruget andrager heraf 15,4 resp. 32,8 TWh. Ved beregning af bruttoenergibehovet skal adderes følgende tab:

Nettabene ved el-energiens transmission og distribution er anslået til ca. 10% for begge års vedkommende, d.v.s. 1,6 resp. 3,2 TWh; for øjeblikket er de procentiske nettab ca. 12-14% (tabel 27 og 28), men der kan ventes en faldende tendens med stigende belastningstæthed (jfr. tabel 22). Det er derfor inkonsekvent, at der er regnet med samme tabsprocent i 1974 og i 1984. I betragtning af den usikkerhed energiprognosen iøvrigt er behæftet med, har man imidlertid ikke ment det motiveret at foranstalte særlige undersøgelser for at prøve at bestemme tabsprocenterne med større nøjagtighed.

Konverteringstabene på elværkerne er beregnede til 30,5 resp. 60,3 TWh under forudsætning af et gennemsnitligt brændselsforbrug på 2400 kcal/kWh i 1974 og 2300 kcal/kWh i 1984 (netto ab værk).

Andre tab er anslået til 1,5 TWh; det drejer sig om tab ved fremstilling og distribution af gas, tab på olieraffinaderier m.v. I 1960 beløb tab af denne art sig til ialt 1,4 TWh, som fordelte sig således:

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Gas, konverteringstab | 1,0 TWh      |
| Gas, nettab           | 0,1 "        |
| Olieraffinaderier     | <u>0,3 "</u> |
| Ialt                  | 1,4 TWh.     |

Ved opstilling af prognosen er der for rumopvarmningsforbruget

regnet med bruttoværdier, således at der ikke under tabsopgørelsen skal medregnes tab ved fjernvarmedistributionen.

Det resulterende bruttoenergibehov skulle således for 1974 blive 177 TWh og for 1984 ca. 258 TWh.

Da elforbruget vokser væsentligt hurtigere end forbruget af anden energi, vil net- og konverteringstab i forbindelse med el-leveringen øges gennem perioden fra ca. 14% af bruttoforbruget i 1960 til 24,5% i 1984. Den tilsyneladende forringelse af virkningsgraden i landets samlede energiomsætning, der således finder sted, kompenseres i virkeligheden delvis af en virkningsgradforbedring i sidste led (hos forbrugeren).

## 5.2. Vurdering af bruttoenergibehovet i relation til den hidtidige udvikling.

Hensigten med de forudgående beregninger vedrørende bruttoenergibehovet har været at kontrollere, om den postulerede stigning i elforbruget var forenelig med en rimelig stigning i bruttoenergiforbruget. Resultaterne viser, at der må regnes med en gennemsnitlig stigning i bruttoenergiforbruget på 4,0% p.a. fra 1960-1984.

Fig. 15 viser stigningstendensen for bruttoenergiforbruget, når den hidtidige udvikling forudsættes eksponentiel, og stigningslinien indlægges efter mindste kvadraters metode på grundlag af årsforbrug i en 9 års periode (fig. 15 svarer til fig. 3 for elforbruget). Beregnet på denne måde fås for efterkrigsårene stigningsprocenter mellem ca. 3 og ca. 5% p.a. Den ved analysen fundne værdi ligger inden for dette område. På grund af de store udsving, der karakteriserer udviklingen i bruttoenergiforbruget (også når der regnes over 9-års perioder) synes ekstrapolationen ikke i dette tilfælde at være en særlig egnet prognosemetode. - Stigningen fra år til år udviser store variationer bl.a. forårsaget af svingninger i forbruget af brændsel til rumopvarmning, som tilslører langtidstendensen.

### 5.3. Vurdering af bruttoenergibehovet i relation til den økonomiske udvikling.

#### 5.3.1. (Internationalt):

Ved opstilling af bruttoenergiprognoser går man ofte ud fra, at der er en sammenhæng mellem stigning i nationalprodukt og stigning i energiforbrug. Ifg. international statistik synes der at være en tendens til højere stigningsprocent for energien end for nationalproduktet ved lave specifikke forbrug og omvendt ved høje forbrug. Forklaringen kan bl.a. søges i, at der efterhånden, som udviklingen skrider frem, sker en mere rationel anvendelse af energien, samt at en større del af mindre energikrævende elementer indgår i nationalproduktet.

En analyse for 153 lande (litt. 6), der senere refereres i afsnit 6, viser, at ligevægtspunktet ligger ved et specifikt forbrug på ca. 3000 kec/indb; her er stigningen for begge størrelser omkring 4,5%; ved højere specifikt forbrug falder stigningsprocenten for begge, men mest for energiforbruget (fig. 23). Danmarks energiforbrug i 1960 var ca. 2800 kec/indb. (med de i litt. 6 brugte omregningsfaktorer). Det skal dog understreges, at der er tale om gennemsnitsværdier, og at forholdene kan variere meget fra land til land.

U.S.A. er et eksempel på et land, som har gennemløbet hele udviklingen, idet energiforbruget pr. enhed nationalprodukt (Gross National Product) fra 1880 til 1910 steg gennemsnitligt 2,9% p.a.; fra 1910 til 1920 holdt det sig konstant for derefter at begynde at falde, i gennemsnit 1,2% p.a. i tiden frem til 1955 (litt. 11 s. 164). I perioden 1910-20, hvor udviklingen vendte, var det specifikke forbrug af størrelsesorden 6000 kec/indb. I 1960 var det amerikanske forbrug ca. 8000 kec/indb. At stigningen i det specifikke forbrug siden 1920 har været så ringe, må tilskrives den betydelige virkningsgradsforbedring (jfr. litt. 8 s. 103 fig. 5-1 og s. 106 fig. 5-3). - Denne virkningsgradsforbedring kan dog naturligvis kun drives til en vis grænse, hvorefter bruttobehovet må stige i takt med det (virkelige) netto-behov. - For tidsrummet 1960-1980 regnes der for U.S.A. efter

forskellige prognoser (litt. 6 s. 31) med gennemsnitlige, årlige stigningsprocenter mellem 2,6 og 3,4 for samlet bruttoenergiforbrug.

Ofte citeret er OECD's prognose for perioden 1955-1975 (litt.26), der for medlemslandene som gennemsnit anslår en stigning på 3,1% p.a. i nationalprodukt, 2,75% p.a. i bruttoenergiforbrug.

Også andre kilder (f.eks. litt. 27 og litt. 28 s. 171) anfører skøn omkring 3% stigning i bruttoenergiforbrug for Vesteuropa og U.S.A. i de næste 10-20 år.

### 5.3.2. (Danmark):

Fig. 16 viser for Danmark for perioden 1948-1962 stigningen i "nationalprodukt" målt som stigning i bruttofaktorindkomst (værdien af produktionen i samtlige landets erhverv med fradrag af værdien af forbrugte rå- og hjælpestoffer, hvilket i denne forbindelse synes at være det mest hensigtsmæssige mål for udviklingen). Ligesom for bruttoenergiforbruget konstaterer man store variationer fra år til år, men beregnet som en tendens over 9-årsperioder ligger stigningen mellem ca. 3,5 og ca. 4,5% p.a. For årene 1954-1962 var stigningstendensen for bruttofaktorindkomst således 4,4% p.a. og stigningen i bruttoenergiforbrug i samme periode 3,9% p.a.

Prøver man nøjere at analysere sammenhængen mellem nationalprodukt og energiforbrug, synes det - i det mindste her i landet - at forholde sig således, at energiforbrugets stigning først og fremmest er betinget af, hvor store beløb, der investeres i energiforbrugende objekter (bygninger, der skal opvarmes, transportmidler, maskiner o.s.v.), medens de direkte energiudgifter er af sekundær betydning. Energiprisen kommer derimod til at spille en rolle for fordelingen mellem de forskellige energiformer. For de to store forbrugergrupper, industri og boliger, er udgifterne til energi (brændsel, kraft m.v.) henholdsvis ca. 2-3% af produktionsværdien og 3-4% af samlet privat konsum (fig. 17 og 18). Selvom det naturligvis kan diskuteres, om dette repræsenterer en betydelig eller en mindre betydelig udgift for de pågældende forbrugere, forekommer det usandsynligt,

at udgifterne til energi skulle virke prohibitiv for forbrugsstigningen. Ligeledes må man kunne se bort fra vanskeligheder med at skaffe energien frem til forbrugerne i ønsket form og mængde, idet ressourcerne forudsættes tilstrækkelige, og de nødvendige konverterings- og distributionsanlæg forudsættes at blive bygget.

Hvorvidt der i f.eks. boligsektoren opnås den forudsatte stigning i forbruget til rumopvarmning (fra 26 TWh i 1960 til 66 TWh - eller 25% af det samlede forbrug - i 1984) bliver et spørgsmål om der investeres tilstrækkeligt i boligbyggeri og i modernisering af ældre fyringsanlæg snarere end et spørgsmål om, hvor meget beboerne skeler til varmeregningen. Derimod er det indlysende, at forholdet mellem f.eks. olie og el-pris vil have betydning for, hvilket varmesystem der foretrækkes. Når der er regnet med en vis udbredelse af elopvarmning - især uden for fjernvarmeområderne - er det en stiltiende forudsætning, at udgifterne til opvarmning spiller en så relativt ringe rolle, at i det mindste nogle vil vælge elopvarmningen som det mest bekvemme system, selvom det måske ikke er det mest økonomiske.

For vejtransport, der er en anden stor gruppe, må forbrugsstigningen ligeledes primært regnes at være en funktion af investeringerne (tilgangen af køretøjer).

For industrien er forholdene mere komplicerede. Kurven fig. 17 viser et gennemsnit for alle industrigrene, men den er iøvrigt repræsentativ for de fleste virksomheder; kun stener og glasindustrien ligger væsentligt højere (8-10%). I visse meget energikrævende industrier kan energiudgifterne gå op til 30% af produktionsværdien (litt. 4 s. 136, litt. 12 s. 17 i årgang 1958). Det er dog ikke sandsynligt, at man her i landet får en større andel af sådanne virksomheder, idet det forudsætter en væsentligt lavere energipris, end den man har idag.

Disse betragtninger viser imidlertid, at en prognose for energiforbruget egentlig burde starte med en prognose for væksten i nationalprodukt og anvendelsen af dette. Grundlaget for at lave en sådan undersøgelse er dog formentlig endnu dårligere end grundlaget for den analytiske energiprognoсе, og der skal



ikke her gøres forsøg på noget sådant. Imidlertid kan det være af interesse at se lidt nærmere på forholdet mellem investeringer og energiforbrugsstigninger inden for de forskellige forbrugergrupper. Denne undersøgelse kan kun udføres over-  
slagsmæssigt, da størrelsen af de investeringer, som medfører energiforbrugsstigningen, er vanskelig at beregne.

Fra nationalregnskabsstatistikken (litt. 15 s. 411) haves opgørelser over bruttonationalindkomst. Efter korrektion for import og eksport fås "varer og tjenester til rådighed", som anvendes dels til konsum dels til bruttoinvesteringer. En del af disse investeringer går til reparationer og vedligeholdelse eller bindes i lagre; størstedelen vil dog sædvanligvis udgøres af investeringer i nyanlæg (bygninger, inventar, maskiner). Konsumet opdeles i privat og kollektivt konsum, og det private konsum underopdeles i udgifter til fødevarer, beklædning, husleje, brændsel etc. I denne forbindelse har det især interesse at se på posterne "anskaffelse af varige forbrugsgoder til hjemmet og til personligt brug" samt "anskaffelse og vedligeholdelse af egne transportmidler", idet der her til dels er tale om "investeringer", som øger energiforbruget, og som må lægges til de ovenfor nævnte investeringer for at få de søgte nettoinvesteringer i energiforbrugende objekter. I 1960 var fordelingen i Danmark i store træk følgende (beløbene er angivet som gennemsnit for årene 1953-1962 omregnet tilnærmet til 1960 priser, hvilket begrundes nedenfor):

|                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| Bruttoinvestering               | 10,2 milliarder kr. |
| Konsum                          | 29,8 " "            |
| Varer og tjenester til rådighed | 40,0 milliarder kr. |

Investeringer:

|                                                               |                     |
|---------------------------------------------------------------|---------------------|
| Investeringer i nyanlæg<br>(heraf boliger 1,2 milliarder kr.) | 6,7 milliarder kr.  |
| Reparation og vedligeholdelse                                 | 3,0 " "             |
| Ialt faste investeringer                                      | 9,7 milliarder kr.  |
| Lagerforøgelse                                                | 0,5 " "             |
| Bruttoinvesteringer                                           | 10,2 milliarder kr. |

Konsum:

|                                                                    |                            |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Privat konsum                                                      | 26,8 milliarder kr.        |
| Heraf                                                              |                            |
| - Varige forbrugsgoder til<br>hjemmet og til personligt<br>brug    | 2,7 milliarder kr.         |
| - Anskaffelse og vedlige-<br>holdelse af egne trans-<br>portmidler | 1,4       "       "        |
| Kollektivt konsum                                                  | <u>3,0       "       "</u> |
| Ialt konsum                                                        | 29,8 milliarder kr.        |

For at finde de investeringer, der som postuleret ovenfor be-  
tinger energiforbrugsstigningen, kan man skønsmæssigt medregne  
alle investeringer i nyanlæg: 6,7 milliarder kroner, - hvilket  
ikke er helt korrekt, da en del investeres i anlæg, som ikke er  
energiforbrugende, og da en del investeringer blot erstatter  
ældre anlæg ("reinvesteringer") og altså ikke øger kapitalappa-  
ratet; til gengæld er en del investeringer under reparation og  
vedligeholdelse, som kan tænkes at øge energiforbruget, udeladt.  
Endvidere kan man fra privat konsum f.eks. medregne 3,0 milli-  
arder kr. ud af de ialt 4,1 milliarder, idet kun en del af de  
varige forbrugsgoder er energiforbrugende, og desuden er rein-  
vesteringerne store. Herved fås ialt  $6,7 + 3,0 = 9,7$  milli-  
arder kr., som betegner tilvæksten i det kapitalapparat, der ud-  
gøres af alle energiforbrugende objekter. Hvad der menes med  
"energiforbrugende objekt" illustreres senere ved forskellige  
eksempler, men nogen nærmere afgrænsning af begrebet end den,  
der ovenfor er skønnet i forbindelse med investeringerne, vil  
ikke blive foretaget; det tjener næppe noget formål, da stati-  
stikken for investeringer og konsum ikke er tilsvarende detal-  
jeret.

Energiforbrugsstigningen i samme periode (1952-1962) har været  
gennemsnitlig 4,4 TWh pr. år.

Der er både for investeringer og energiforbrug valgt at regne

med gennemsnit over en 10 års periode, fordi de enkelte årstigninger udviser alt for store svingninger til at kunne bruges i en sådan analyse. Desuden må man regne med en vis faseforskydning mellem investeringer og energiforbrug og for at dæmpe virkningen heraf, er det også en fordel at bruge en længere periode. Imidlertid har der på flere områder fundet en kraftig udvikling sted i det betragtede 10-år (f.eks. er de årlige faste investeringer næsten fordoblet i prisfaste kroner, og under konsum er gruppen for egne transportmidler steget 2,7 gange). Dette fremgår jo ikke af de viste gennemsnitstal.

Sammenholder man de årlige investeringer på 9,7 milliarder kr. med energiforbrugsstigningen på 4,4 TWh bliver resultatet, at der til en årlig stigning i bruttoenergiforbrug på 1 kWh svarer en investering på 2,2 kr. Dette gennemsnitstal synes i størrelsesordenen at passe med karakteristiske tal for de enkelte forbrugergrupper (som enhed for bruttoenergiforbrug bruges kWh uanset hvilken energiart, der er tale om; priser er henført til 1960 niveau):

For boliggruppen har man således i byggeri investeret ca. 1,2 milliarder kr. (litt. 15 tabel 338) årligt ved opførelse af ca. 25.000 nye lejligheder, som til opvarmning kræver størrelsesordenen  $25.000 \times 25.000 \text{ kWh} = 6,25 \cdot 10^8 \text{ kWh}$ . For boligbyggeri bliver forholdet mellem investering og årlig energiforbrugsstigning derfor 1,9 kr/kWh.

Ser man derefter på de "investeringer", der foretages over kontoen "Privat konsum", kan man som et eksempel tage en personbil til en pris af 18.000 kr. og med et årligt energiforbrug på 1600 l benzin (14.000 kWh). Forholdet bliver 1,3 kr/kWh. Indenfor gruppen "Varige forbrugsgoder til hjemmet og til personligt brug" vil der være store variationer. Et fjernsynsapparat til pris 2.000 kr. med årligt forbrug 250 kWh (svarer i brændselsforbrug på kraftværk til ca. 900 kWh brutto) får forholdet 2,2 kr/kWh. Et elkomfur til pris 1.000 kr. incl. installation og med forbrug 1000 kWh (3700 kWh brutto) giver 0,27 kr/kWh. En hel del almindelige elapparater vil ligge imellem de to nævnte eksempler.

For industrien har de samlede investeringer i gennemsnit været 1 milliard kr. (litt. 15 tabel 107), og energiforbrugsstigningen 0,6 TWh; det giver 1,7 kr/kWh. Som et eksempel på en industrivirksomhed, hvor energiforbruget (i dette tilfælde elektricitet) er meget højt i forhold til de investeringer der foretages, kan nævnes et aluminiumsværk, for hvilket forholdet bliver omkring 0,1 kr/kWh brutto, hvis man tænker sig energien leveret fra et termisk kraftværk. (Det er imidlertid samtidig et eksempel på en virksomhed, hvor selve energiudgiften for øjeblikket er prohibitiv her i landet).

For landbruget må forholdet mellem investeringer og energiforbrug skønnes at ligge højt, formentlig omkring 5 kr/kWh, svarende til en energiforbrugsstigning på 0,1 TWh for årlige investeringer på 0,5 milliarder kr.

For erhvervsgruppen er forholdet antageligt også over gennemsnittet på grund af store investeringer i inventar o.l., som ikke er energiforbrugende.

Ovenstående synes at vise, at det typiske variationsområde for forholdet investeringer/energiforbrugsstigning er 1-5 kr/kWh. Dette er den direkte afhængighed (øjeblikkelig virkning), men det er klart, at der også er en vigtig indirekte sammenhæng, som kommer til udtryk i den forskellige langtidsvirkning på nationalproduktet. Investeringer i industri vil være mere produktive end investeringer i boliger eller "investeringer" over privat konsum.

Ved den analytiske undersøgelse af bruttoenergibehovet fandt man en stigning på 4% p.a. svarende til en forøgelse af årsforbruget med ca. 156 TWh gennem 24-års perioden 1960-1984. En forudsætning for, at denne stigning opnås, er at der foretages visse investeringer; - hvor store vil helt afhænge af, hvor man vælger at investere, og her er der, som påpeget i det foregående, et ikke ringe spillerum.

Investeres der i objekter som har et forhold på 1,5 kr/kWh (d.v.s. som har et årligt energiforbrug på 1 kWh for hver 1,5 kr., der investeres) vil den forudsatte energiforbrugsstigning kunne opnås uden at de årlige investeringer (9,7 milliarder kr)

overhovedet forøges.

Vælger man i stedet at investere i relativ mindre energikrævende objekter med f.eks. forholdet 1,9 kr/kWh, må der forudsættes en stigning i investeringerne på 2% p.a., der kan tænkes at fremkomme enten ved en tilsvarende stigning i nationalprodukt eller (delvis) ved en procentisk forskydning mellem konsum og investeringer.

Tilsvarende vil investeringen i anlæg m.v. med 2,5 kr/kWh forudsætte en stigning på 4% p.a. i investeringerne.

Der er tidligere sagt, at de løbende energiudgifter ikke kan ventes at virke bremsende på stigningen i energiforbrug inden for boligsektoren. Med den større andel af el-energi kan det dog næppe undgås, at disse udgifter stiger procentisk på budgettet; maksimalt formentlig til det dobbelte af det nuværende (3-4%), hvilket imidlertid stadig synes at være et overkommeligt beløb.

For el-energien kræves der som bekendt sammenlignet med andre energiformer, relativt store investeringer i produktions- og distributionsanlæg. Regnet i forhold til den forbrugte primære energi bliver der dog kun tale om størrelsesorden 0,2 kr/kWh, hvilket ses at være betydeligt mindre end de gennemsnitlige investeringer i apparater, der kræves på forbrugssiden. Det støtter antagelsen om, at det er tilstrækkeligt at vurdere forbrugernes investeringsevne og -lyst.

Ovenstående betragtninger synes at vise, at frygt for, at der ikke kan "blive råd" til en energiforbrugsstigning som forudsat i prognosen, er ubegrundet. På den anden side synes der heller ikke at være tilstrækkeligt grundlag for ud fra en antagelse om fortsat økonomisk udvikling efter den nuværende tendens (ca. 4% p.a. stigning i nationalprodukt) at argumentere for en væsentlig højere energiforbrugsstigning end den forudsatte 4% p.a. stigning i bruttoenergiforbrug.

Havde der eksisteret detaljerede prognoser for den økonomiske udvikling for de enkelte forbrugergrupper, kunne disse utvivlsomt være udnyttet ved opstillingen af energiprognosen. Da sådanne prognoser imidlertid ikke findes - lige så lidt som en prognose for samlet nationalprodukt - kan man kun konkludere, at der ikke umiddelbart er noget, som tyder på, at den postulerede energiudvikling ud fra en økonomisk synsvinkel kan stemples som usandsynlig.

## 6. IKKE-EKSPONENTIEL EKSTRAPOLATION.

I det følgende vil der blive vist to eksempler på ekstrapolation efter specielle S-formede udviklingskurver, som tager hensyn til den måtning i elforbruget, der nødvendigvis må indtræffe før eller siden. I det første tilfælde skønner man en måtningsværdi og forudsætter, at udviklingen herimod vil forløbe efter en bestemt kurveform (logistisk). I det andet tilfælde går man ud fra den hypotese, at elforbruget her i landet vil udvikle sig efter en kurve, hvis form er fastlagt ud fra data fra andre lande på højere udviklingstrin. Selvom værdien af resultaterne betragtet som selvstændig prognose er problematisk, kan de dog give et indtryk af, under hvilke betingelser og med hvilken sandsynlighed en afvigelse fra den eksponentielle udviklingskurve vil optræde indenfor den 20-årige undersøgelsesperiode.

### 6.1. Logistisk kurve.

Arbejdshypotesen er, at elforbruget pr. indbygger vil vokse efter en logistisk kurve. Det matematiske udtryk for denne kurve er

$$\frac{1}{y} = a + bc^x \quad (0 < c < 1)$$

hvor  $y$  - energiforbruget

$x$  - antal år

For  $x \rightarrow \infty$  fås  $y \rightarrow \frac{1}{a}$  (øvre asymptote)

Det er valgt at fastlægge kurven ud fra en skønnet øvre asymptote (måtningsværdi) samt to punkter, der repræsenterer allerede opnåede værdier. For at bestemme to sådanne punkter har man efter mindste kvadraters metode indlagt en eksponentiel udviklingslinie gennem de konstaterede specifikke forbrug i årene 1954-1963 (tabel 23). Stigningsprocenten bliver 9,05 og beregnede værdier i 1960 og 1961 henholdsvis 1141 og 1245 kWh/indb.

Indlægges den logistiske kurve gennem disse punkter og varieres mætningsværdien som parameter (fra 20.000 til 40.000 kWh/indeb.) fås de på fig. 19 viste kurver.

|            |        |        |        |        |        |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| År         | 1930   | 1935   | 1940   | 1950   | 1953   |
| kWh/indeb. | ~123   | ~ 184  | ~ 186  | ~ 256  | 640,3  |
| År         | 1954   | 1955   | 1956   | 1957   | 1958   |
| kWh/indeb. | 697,7  | 755,1  | 801,5  | 857,0  | 911,6  |
| År         | 1959   | 1960   | 1961   | 1962   | 1963   |
| kWh/indeb. | 1006,9 | 1091,9 | 1250,2 | 1415,1 | 1546,7 |

Tabel 23

På den nedre del af den logistiske kurve, hvor man for øjeblikket befinder sig, afviger formen kun uvæsentlig fra en eksponentiel udviklingskurve. Dette ses tydeligere, hvis kurven tegnes op i enkeltlogaritmisk afbildning (fig. 20). Ved sammenligning med tabel 23 ses det, at den logistiske kurve udgør en forholdsvis god tilnærmelse til de virkelige forbrug; også når man går længere tilbage i tiden end 1953.

Når det gælder den øvre asymptote, synes værdier under 15-20.000 kWh/indeb. lidet sandsynlige i betragtning af, at man allerede idag i visse lande er oppe på forbrug på 5-10.000 kWh/indeb. uden tegn på mætning. Naturligvis vil mætningsværdien for de enkelte lande afhænge af forbrugets sammensætning, nedenfor er i tabel 24 vist et skøn for Tyskland (litt.7, udgivet 1959), og der er tilføjet et tilsvarende skøn for Danmark.



Skøn over maksimalt elforbrug (kWh/indb.)  
jfr. litt. 7

|                                         | Tyskland | Danmark |
|-----------------------------------------|----------|---------|
| Minedrift                               | 500      |         |
| Smeltning og for-<br>ædling af metaller | 8000     | 2500    |
| Byggeindustri                           | 2000     | 2000    |
| Handel og erhverv                       | 2500     | 2500    |
| Øvrige erhverv                          | 10000    | 10000   |
| Transport og trafik                     | 10000    | 1000    |
| Husholdning                             | 2000     | 2000    |
| Elvarme og -kulde                       | 10000    | 10000   |
|                                         | 45000    | 30000   |

Tabel 24

Ifølge den nedenfor omtalte amerikanske undersøgelse (afsnit 6.2, fig. 26 og litt. 6) skulle måtningspunktet for elforbruget og for samlet energiforbrug ligge på henholdsvis ca. 80.000 kWh/indb. og ca. 250.000 kWh/indb. Litt.29 antyder et maksimalt samlet energiforbrug på 100.000 kWh/indb.

Et elforbrug på 20.000 kWh/indb. i midten af næste århundrede synes imidlertid at være et behersket skøn, og under forudsætning af, at udviklingen følger den logistiske kurve (med denne måtningsværdi), vil det ifg. fig. 20 betyde, at man i 1984 skulle have et elforbrug ca. 20% lavere end angivet ved retlinet (eksponentiel) ekstrapolation (den punkterede linie). Forbruget i 1984 skulle da være ca. 7000 kWh/indb., hvilket med 5,55 mill. indbyggere fører til et samlet elforbrug på 39 TWh.

## 6.2. Udviklingskurve på grundlag af international statistik.

Den af Fremont Felix (litt. 6) offentliggjorte analyse af udviklingen af elforbrug, samlet energiforbrug og nationalindkomst baserer sig på den officielle FN statistik for 153 lande i perioden 1956-61. Analysen viser, at der er en sammenhæng mellem specifikt forbrug og stigningsprocent, som vist på fig. 21 (for elforbrug), fig. 22 (for samlet energiforbrug) og fig. 23 (energiforbrug og nationalindkomst). På grund af den store spredning i specifikke forbrug har man værdier til fastlæggelse af disse kurver for specifikke forbrug op til 10.000 kWh/indb. for elforbrug og (nær ved) 10.000 kec/indb. for samlet energiforbrug.

På grundlag af kurven fig. 21 er det let at beregne, hvor mange år, der kræves for at opnå en vis elforbrugsstigning; det er på fig. 21 markeret ved en tidsskala med 5-års inddeling. På fig. 24 er kurven tegnet om, således at tidsskalaen bliver lineær og inddelt dels i "antal år efter opnåelse af forbrug 4 kWh/indb." og dels i "antal år, der kræves for at nå 10.000 kWh/indb." Denne kurve kan direkte anvendes for prognoseformål, og den kan siges at repræsentere summen af erfaringerne for samtlige lande.

Regnes der som ovenfor med et forbrug i Danmark på 1141 kWh/indb. i 1960, skulle man ifg. fig. 24 i 1984 nå et forbrug på ca. 4500 kWh/indb. eller (med 5,55 mill. indbyggere) et samlet forbrug på 25 TWh. Går man ud fra det faktiske forbrug i 1963 1547 kWh/indb. fås efter 21 år ca. 5000 kWh/indb. eller ialt 28 TWh i 1984. - Kurven passer ikke særlig godt på udviklingen de sidste 3 år, idet den her stedfundne stigning fra 1092 til 1547 kWh/indb. ifg. kurven skulle tage 5-6 år ved en gennemsnitlig stigningsprocent for det specifikke forbrug omkring 7% p.a.; men man har lov at formode, at den passer bedre på længere sigt.

Iøvrigt kan det diskuteres, om det er tilladeligt på grundlag af kurven fig. 21 at udlede en tidsmæssig afhængighed som

vist på fig. 24. Det statistiske materiale omfatter jo kun 5 år, og selvom der ikke kan rejses tvivl om, at landene med de højeste specifikke forbrug har de laveste stigningsprocenter, er det ikke givet, at det enkelte land har gennemløbet eller kommer til at gennemløbe kurven fig. 21. Nogle lande synes tværtimod at ligge fast på en bestemt stigningsprocent gennem alle år (jfr. fig. 2), og hvor højt et land ligger i specifikt forbrug er snarere et spørgsmål om, hvornår udviklingen er startet i vedkommende land. En stigning omkring 9% p.a. synes således karakteristisk for Danmark, medens f.eks. Sveriges stigning har ligget på 6-7% p.a., også når man går tilbage i tiden, hvor det specifikke forbrug var af samme størrelse eller mindre end det danske i dag. Forfatteren har selv været opmærksom på dette forhold (litt. 6 s. 5), men hævder, at der alligevel er grundlag for at antage en historisk udvikling efter kurven fig. 24, som bl.a. synes at passe for U.S.A. og visse andre lande, der er indtegnet på figuren.

På tilsvarende måde udledes en prognosekurve for bruttoenergiforbrug (fig. 25). Idet Danmarks forbrug i 1960 regnes til 2800 kec/indeb., skulle man i 1984 nå 4700 kec eller ialt  $26 \cdot 10^9$  kec, hvilket - når hensyn tages til noget forskellige omregningsprincipper - skulle svare til rundt regnet 200 TWh, altså lavere end de ved analysen fundne tal (afsnit 5).

Ovenfor er udelukkende brugt værdierne for forbrug pr. indbygger, selvom kurvebladene 21 til 25 også indeholder en kurve for landets samlede forbrug. Den forudsatte befolkningstilvækst, der ligesom stigningen for energiforbruget er fremkommet som et middel for alle lande, passer dårligt for danske forhold. Kurverne fig. 24 og fig. 25 kan anvendes ved forbrug op til henholdsvis ca. 15.000 kWh/indeb. og ca. 10.000 kec/indeb. Ved ekstrapolation videre frem har Fremont Felix som matematisk funktion valgt Gompertz kurven

$$y = ka^{b^x} \quad (0 < a < 1, 0 < b < 1)$$

y - specifikt forbrug  
x - år

På fig. 26 er vist disse kurver. Årstalsskalaen er indlagt således, at den passer for en prognose for U.S.A., men iøvrigt er formen af kurverne og måtningsværdierne bestemt ved tilpasning af Gompertz kurven til data for samtlige lande (fig. 24 og fig. 25).

## 7. SAMMENFATNING VEDRØRENDE ELENERGIBEHOV.

Af betragtningerne i det foregående (afsnit 4-6) fremgår det, at usikkerhedsmomenterne ved opstilling af en elprognose er meget store. En matematisk set fyldestgørende metode at give udtryk for denne usikkerhed på, ville være for hvert år at angive en fordelingskurve, som viste hvor stor sandsynlighed, der var for forskellige prognoseværdier. Af let forståelige grunde har man dog afstået herfra og i stedet valgt at angive et interval, indenfor hvilket udviklingen menes at ville forløbe. Ved fastlæggelsen af bredden af det sandsynlige interval betragtes først året 1984, hvor usikkerheden på prognosen er størst.

Den nedre grænse for elforbruget i 1984 skønnes til 30 TWh under hensyntagen til følgende forhold:

- en fordobling af forbruget hvert 10. år, som er en typisk stigningstakt i de industrielt højt udviklede lande (jfr. afsnit 2.1 fig. 2), vil give et forbrug i 1984 på ca. 30 TWh med 1963 som udgangspunkt.
- en ekstrapolation på grundlag af langtidstendensen i det danske elforbrug i tidsrummet 1923-1964 vil føre til et forbrug i 1984 på ca. 34 TWh (afsnit 2.1 fig. 3: 8,5% p.a. stigning, værdi på ekstrapolationslinien i 1960 = 4,783 TWh).

- ved den analytiske undersøgelse af elforbruget (tabel 21) fandt man i 1984 et forbrug på 36 TWh. Man kunne imidlertid med nogenlunde samme ret have skønnet en anden udvikling indenfor visse forbrugergrupper. Et usikkert punkt er f.eks. den elektriske boligopvarmning; bliver udbredelsen af denne kun halvt så stor som anslået eller udebliver den helt, reduceres elforbruget med 2 resp. 4 TWh. En stigning i industriens elforbrug (incl. egenproduktion) på 6% p.a. i stedet for 7% p.a. giver en reduktion på 1,5 TWh. Sættes stigningen indenfor erhvervssektoren til 7% p.a. i stedet for godt 8% p.a., bortfalder ca. 2 TWh. En reduktion af boligforbruget i 1-families huse fra gennemsnitligt 6000 kWh til 5000 kWh medfører bortfald af 1,1 TWh. Til alle de nævnte tal skal lægges nettabene (ca. 10%). Det vil dog være urealistisk at regne med, at der ved den analytiske undersøgelse konsekvent er skønnet for højt for alle de nævnte grupper vedkommende.
- undersøgelserne baseret på international statistik (afsnit 6.2) peger på et forbrug i 1984 på 25-28 TWh. Metoden er dog af tvivlsom værdi
- en afsvækning i stigningsprocenterne for elforbruget må formodes at blive mødt med en forstærket salgspropaganda fra forsyningsselskabernes side i forsøg på at opretholde den stigningstakt, man er vant til at betragte som normal. Af denne grund forekommer det usandsynligt, at forbruget i 1984 skulle blive lavere end 30 TWh, som svarer til en stigning på 6-7% p.a. i slutningen af 1970'erne.

Den øvre grænse for 1984 skønnes til 45 TWh med følgende motivering:

- ved ekstrapolation på basis af udviklingen i elforbruget i de senere år kommer man, afhængigt af hvilken årrække der lægges til grund, til resultater mellem 42 og 52 TWh. Ekstrapoleres der på grundlag af salg til forbruger i 11-års perioden 1953-1963, fås i 1984 26,6 TWh Vest

for Store Bælt og 20,3 TWh Øst for Store Bælt (se tabel 27 og 28). Med tillæg af 10% for tab fås for hele landet 52 TWh. Vælges i stedet 9-års perioden 1953-61, fås, afhængigt af om der ekstrapoleres for et enkelt område ad gangen eller for hele landet under eet, resultater mellem 37,6 og 39,4 TWh (se tabel 25 og 26). Incl. tab fås henholdsvis 41,8 og 43,7 TWh.

- den analytiske undersøgelse førte til et elforbrug på 36 TWh i 1984, men det kan ikke anses for udelukket, at visse forbrugergrupper kan stige endnu mere end skønnet. Som eksempel kan nævnes følgende: under særlige forhold kan industriens forbrug (incl. egenproduktion) stige med f.eks. 10% i stedet for de forudsatte 7%, resultatet kan blive en forøgelse på 6-7 TWh i indkøbt el-energi; landbrug og gartneri kan formodentlig yderligere øge sit forbrug med ca. 1 TWh; baner ca. 0,5 TWh og sommer- og weekendhuse ca. 1 TWh. For boligforbrugets vedkommende er et noget højere forbrug i lejligheder i etageejendomme ikke udelukket, øvre grænse fås ved at sætte forbruget lig det skønnede forbrug for 1-familie huse (urealistisk), hvilket giver en forøgelse på 3 TWh. En noget mere optimistisk boligprognose og/eller befolkningsprognose skulle kunne give en vis forøgelse, dog maksimalt et par TWh (ifg. boligprognosen er man i 1984 nede på 2,4 personer pr. lejlighed, et væsentligt større antal lejligheder er for det første usandsynligt og må for det andet regnes at blive ledsaget af en reduktion i gennemsnitsforbruget). Sammenfattende kan man konstatere, at det ved den analytiske metode - selv ved meget optimistiske skøn - er vanskeligt at motivere et forbrug på over 45 TWh.

Svarende til det ved analysen fundne elforbrug på 36 TWh i 1984 blev der i afsnit 5 bestemt et bruttoenergibehov på 258 TWh. Stigningen i bruttoenergiforbrug beregnedes til i gennemsnit 4% p.a. fra 1960-1984. Det konkluderedes, at denne stigning forekom rimelig i forhold til den hidtidige udvikling for bruttoenergiforbruget (afsnit 5.2) og i forhold til en sandsynlig økonomisk udvikling (afsnit 5.3). Resultaterne

af disse undersøgelser giver derfor ikke anledning til at ændre på de ovenfor fastlagte sandsynlige grænser for elforbruget. Det samme gælder anvendelsen af den logistiske kurve (afsnit 6.1) som gav et forbrug på 39 TWh i 1984.

Afstanden mellem øvre grænse (45 TWh) og nedre grænse (30 TWh) for landetssamlede elforbrug i 1984 er 15 TWh eller ca. 2 gange det samlede elforbrug i 1963. I forhold til den ved analysen motiverede værdi på 36 TWh er intervallets bredde dog kun ca. +25% og -17%, hvilket ikke kan betegnes som særligt stort i betragtning af, at det undersøgte tidspunkt ligger 20 år frem i tiden. Som tidligere nævnt har man afstået fra at graduere det angivne interval i sandsynlighedsprocenter; det kan dog siges, at en værdi i 1984 over 36 TWh anses for mere sandsynlig end en værdi under 36 TWh.

Ved afgrænsningen af det sandsynlige udviklingsområde over hele den betragtede periode (1964-1984) er følgende fremgangsmåde valgt:

I perioden frem til 1970 fastlægges en prognose gennem ekstrapolation (efter mindste kvadraters metode) af salget i den sidste 11-års periode (1953-1963) med tillæg af nettab (tabel 27 og 28). Der forudsættes herved en eksponentiel stigning i elforbruget. Ekstrapolationen udføres for området øst resp. Vest for Storebælt under eet, idet en tidligere beregning (tabel 25 og 26) har vist, at det fører til meget nær samme resultat som en summering af ekstrapolationsresultaterne for de enkelte forsyningsområder. Nettabene er for denne periode sat lig med gennemsnittet af nettabene for årene 1957-61. Intervalgrænserne for det sandsynlige udviklingsområde fastlægges som  $\pm 5\%$  i udgangsåret stigende til  $\pm 10\%$  i 1970 med udgangspunkt fra det ekstrapolerede forbrug.

I perioden 1970-1984 forudsættes ligeledes en eksponentiel stigning (med en noget mindre stigningsprocent) op til de allerede fastlagte intervalgrænser for et sandsynligt forbrug i 1984.

Resultatet er vist grafisk fig. 27. Som rimeligt er, falder den ved analysen sandsynliggjorte værdi på 17 TWh i 1974 indenfor det afgrænsede område. Ændringen i stigningstakten i 1970 er ret iøjenfaldende; i praksis er det naturligvis usandsynligt at ændringen ilangtidstendensen sker så pludse-

ligt. Man regner med at udviklingen kommer til at svinge mellem de angivne grænser, men det synes ikke muligt at opstille mere præcise formodninger om forløbet af udviklingskurven, bl.a. fordi langtidstendensen altid vil være overlejret med mere "tilfældige" og kortvarige forbrugssvingninger.

#### 8. BETRAGTNINGER VEDRØRENDE FORDELINGEN AF FORBRUGET VEST OG ØST FOR STORE BÆLT.

Elforbruget er for øjeblikket større Øst for Store Bælt end Vest for Store Bælt både absolut og pr. indbygger. I 1963 var de specifikke forbrug henholdsvis ca. 1740 kWh/indb. og ca. 1380 kWh/indb. (netto ab værk). Årsagen er den større koncentration af erhvervs- og industri-virksomheder samt den gennemgående mere fremskredne elektrificering i det østlige område. Imidlertid er stigningstendensen størst i det vestlige område (se tabel 27 og 28), således at forskellen i specifikt forbrug efterhånden skulle udlignes. Forudsættes uændret befolkningsfordeling, skulle dette at dømme efter de nuværende tendenser (tabel 27 og 28) ske mod slutningen af den betragtede 20-års periode. Man har derfor valgt i 1984 at fordele det prognoserede energiforbrug for hele landet i forhold til befolkningens fordeling, som regnes at være den samme som i 1960. Det ved analysen sandsynliggjorte forbrug på 36 TWh fordeles således med 19,3 TWh Vest for Store Bælt og 16,7 TWh Øst for Store Bælt svarende til 6500 kWh/indbygger i begge områder (se nedenfor, tabel 29 og 30). For at få et indtryk af usikkerheden på denne opdeling er følgende overslagsregninger opstillet:

I 1960 var 53,6% af befolkningen bosiddende Vest for Store Bælt. I 1940 var tallet 55%, og den forskydning, der er sket, skyldes hovedsagelig den hurtige vækst af hovedstadens for-



stadsområder. Regner man med at denne tendens fortsætter, og at man i 1984 f.eks. kun har 52% af befolkningen i det vestlige område fås - stadig under forudsætning af samme forbrug pr. indbygger - 18,7 TWh (Vest) og 17,3 TWh (Øst). Forskydningen i forhold til den oprindelige opdeling er 0,6 TWh til fordel for det østlige område.

Det kan ikke udelukkes, at forbruget pr. indbygger fortsat vil holde sig højest i det østlige område, - f.eks. kunne man tænke sig kraftigere industriudvikling, større byggeri af 1-familiehuse samt eventuelt mere elvarme og mindre fjernvarme end Vest for Store Bælt. Der vil da kunne blive tale om en endnu større forskydning end nævnt ovenfor.

En vis forskydning i modsat retning kunne motiveres med, at der for øjeblikket Øst for Store Bælt er forholdsvis mange lejligheder i etageejendomme, således at man skulle vente, at de eksisterende boliger ikke kunne øge husholdningsforbruget så meget i dette område. Skønner man f.eks., at stigningen for en lejlighed i perioden bliver omkring 1800 kWh (fra 700 til 2500 kWh) og for et 1- eller 2-familiehus 4500 kWh (fra 1500 til 6000 kWh), fås (idet mindre landejendomme, sommerhuse m.v. holdes uden for sammenstillingen) følgende tilvækst for forbruget i de eksisterende boliger i de to områder:

|                                 |   |                  |         |   |          |   |                |
|---------------------------------|---|------------------|---------|---|----------|---|----------------|
| VEST                            | { | 1- og 2-fam.huse | 373.000 | å | 4500 kWh | = | 1675 GWh       |
|                                 |   | Lejligheder      | 227.000 | å | 1800 kWh | = | <u>410 GWh</u> |
|                                 |   | Ialt             |         |   |          |   | 2085 GWh       |
| ØST<br>(excl.<br>Born-<br>holm) | { | 1- og 2-fam.huse | 250.000 | å | 4500 kWh | = | 1125 GWh       |
|                                 |   | Lejligheder      | 417.000 | å | 1800 kWh | = | <u>750 GWh</u> |
|                                 |   | Ialt             |         |   |          |   | 1875 GWh       |

I absolut mål kan der altså herigennem blive tale om en forskydning på ca 0,2 TWh til gunst for det vestlige område, men regnet pr. indbygger er der ikke så stor forskel på stigningen i de to områder, fordi antal personer pr. bolig er større Vest for Store Bælt end Øst for Store Bælt. For at udligne den

nuværende (1963) afvigelse i specifikt forbrug (ca. 360 kWh) kræves en ekstra tilvækst Vest for Store Bælt på 0,9 TWh.

Det kan konkluderes, at det bliver fordelingen af de nye forbrug, som f.eks. rumopvarmningen (regnet til 4 TWh i 1984), der bliver afgørende for, om den forudsatte fordeling kommer til at holde stik. Hvis prognosen for landets samlede forbrug iøvrigt viser sig at være rigtig, er det imidlertid sandsynligt, at afvigelserne fra den skønnede fordeling i 1984 vil ligge inden for 1-2 TWh eller 5-10% på forbruget i hvert område.

I 1970 er fordelingen mellem de to områder givet ved extrapolationsresultaterne (tabel 27 og 28) og idet øvre og nedre grænse fastlægges som forklaret i afsnit 7 fås de i tabel 29 og tabel 30 viste forbrug.

## 9. BETRAGTNINGER VEDRØRENDE BENYTTELSESTIDEN.

Efter opstillingen af energiprognosen vil effektprognosen blive beregnet under forudsætning af, at benyttelsestiden for belastningen holder sig uændret på 4300 timer gennem perioden.

Dette standpunkt kan begrundes med, at benyttelsestiden gennem de senere år kun har ændret sig lidt. Den synes at svinge ind mod en værdi omkring 4300 timer både for området Vest for Store Bælt og for området Øst for Store Bælt (tabel 31).

Før anden verdenskrig var benyttelsestiden omkring 3000 h; der foreligger dog ikke sikre tal, da det først er efter etableringen af de større samkøringsområder, at det har været muligt at bestemme fælles maksimum. Der knytter sig stadig usikkerhed til opgivelserne og nedenstående værdier - tabel 31 - må opfattes som tilnærmede. Mellem de enkelte mindre områder og byer kan man konstatere ret betydelige variationer i benyttelsestid (ca. 3000 - 5000 timer).

Benyttelsestid (timer) for belastningen (netto ab værk)

| År                 | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Vest for Storebælt | 4060 | 4040 | 3960 | 4030 | 4250 | 4350 |
| Øst for Storebælt  | 4400 | 4280 | 4170 | 4000 | 3960 | 4160 |
| År                 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 |
| Vest for Storebælt | 4450 | 4300 | 4370 | 4310 | 4320 | 4470 |
| Øst for Storebælt  | 4200 | 4235 | 4140 | 4130 | 4230 | 4140 |

Tabel 31

I almindelighed vil en stor andel af bolig- og andre detailforbrugere give en lav benyttelsestid, medens visse industri-virksomheder kan hæve benyttelsestiden. I lande som U.S.A.

og Sverige har man i længere tid haft en benyttelsestid på omkring 5500 timer (som iøvrigt også formodes at ville holde sig konstant jfr. litt. 25 og litt. 30, del I s. 17), og denne relativt høje benyttelsestid må tilskrives den store andel af industribelastning. Det engelske system har en forholdsvis lav benyttelsestid (ca. 4500 timer) formentlig p.gr.a. stort detailforbrug. De fleste andre europæiske lande ligger mellem disse to værdier. Foruden forbrugets sammensætning spiller også andre forhold ind bl.a. levevaner, klimatiske forhold og geografisk breddegrad.

Ifølge den opstillede energiprognose skulle industriforbruget her i landet i fremtiden komme til at udgøre en procentisk mindre del af det samlede forbrug, og på denne baggrund må en stigning i benyttelsestiden anses for usandsynlig. Industriens indflydelse vil dog naturligvis afhænge af, hvilken type industri der kommer. Tænker man sig - for at gøre en ekstrem antagelse - at hele forøgelsen i industriens forbrug frem til 1984 (ca. 6,5 TWh incl. tab) falder på anvendelser med en teoretisk maksimal benyttelsestid (8760 timer), samt at det øvrige forbrug holder benyttelsestiden 4300 timer, vil man med et samlet forbrug på 36 TWh i 1984 kun opnå at hæve den resulterende benyttelsestid til 4740 timer eller ca. 10%. Inden for boligsektoren kommer elopvarmningen ifølge prognosen til at optage en ret betydelig del af forbruget. Da direkte opvarmning (dagopvarmning) anses for mest sandsynlig, vil dette forbrug ikke forbedre benyttelsestiden, idet man for sådanne anlæg regner med en benyttelsestid på 2000-3000 timer (på forbrugerniveau). Selvom en vis del af de elopvarmede lejligheder skulle få akkumulerende anlæg, viser en overslagsregning, at der ad den vej kun kan blive tale om nogle procents forbedring af benyttelsestiden. En væsentlig forringelse af benyttelsestiden må på den anden side også anses for usandsynlig. Erfaringen - både her i landet og andetsteds - viser, at stigning i forbruget pr. indbygger medfører, at benyttelsestiden stiger eller eventuelt

stabiliserer sig.

Mulighederne for gennem propaganda og tarifpolitik at påvirke benyttelsestiden i gunstig retning må regnes at være ret begrænsede. Det viser erfaringerne både her i landet og i udlandet (litt. 4 s. 66). Man kan ikke forvente, at forbrugerne (og det gælder både bolig, erhverv og industri) vil lægge deres forbrugsvaner radikalt om, eller acceptere større gener eller betydelige egne investeringer, for at opnå en mindre besparelse i energiudgifterne. Dertil udgør energiudgifterne sædvanligvis for lille en post på budgettet.

#### 10. EFFEKTPROGNOSE.

Effektprognosen er vist tabel 32, fig. 28 (Vest for Store Bælt) og tabel 33, fig. 29 (Øst for Store Bælt). Beregningen er sket ud fra de i tabel 29 fastlagte elforbrug under forudsætning af en benyttelsestid på 4300 timer.

## N O T E R.

### Benyttelsestid

angiver forholdet mellem en energimængde, der er produceret/leveret/solgt etc. gennem et år, og det tilhørende års-effekt-maksimum. Enheden er timer, og den teoretisk maksimale benyttelsestid er 8760 timer. I nærværende rapport regnes med en benyttelsestid for el-leveringen af kraftværk på 4300h. Det bemærkes, at denne benyttelsestid anføres under forudsætning af, at energien måles for perioden 1/4 til 31/3. Anvendes en anden årsinddeling fås en anden benyttelsestid. Afvigelsen, der andrager nogle procent, vil afhænge af den årlige stigning for energien samt fordelingen af denne stigning gennem året.

### Energiforbrug.

Alle energiforbrug er årsforbrug.

I de af rapportens afsnit, hvor der samtidig tales om forbrug af elektricitet og om forbrug af anden energi, vil betegnelsen energiforbrug referere til det samlede forbrug (alle energiformer incl. elektricitet) i modsætning til elforbruget.

Bruttoenergiforbrug defineres iflg. litt. 12 tillæg II:

"Mængden af udenlandsk og indenlandsk brændsel og energi omfattende det direkte forbrug og forbruget til forædling, men ikke den indenlandsk forædlede energi (gas, el, gasværkskoks m.v.)".

Nettoenergiforbrug defineres iflg. litt. 12 tillæg II:

"Mængden af udenlandsk og indenlandsk brændsel og energi omfattende det direkte forbrug også af her i landet forædlet energi, men ikke den til forædlingen forbrugte energimængde".

Ved nærværende undersøgelse udgøres afvigelsen mellem brutto- og nettoenergiforbruget af konverteringstab på elværker, gasværker og olieraffinaderier samt distributionstab for el og gas. Grænsen mellem brutto- og nettoforbrug er lagt der, hvor statistikken gør det muligt at trække en grænse, men i virkeligheden er flertallet af de anførte "nettoforbrug" for de enkelte forbrugergrupper bruttotal (f.eks. omfatter rumopvarmingsforbruget tab i fyringsanlæggene).

## Enheder.

### Energienheder

1 TWh =  $10^3$  GWh =  $10^6$  MWh =  $10^9$  kWh (kilowatttimer)

1 Tcal =  $10^3$  Gcal =  $10^6$  Mcal =  $10^9$  kcal (kilokalorier)

1 kcal = 1/860 kWh

kec - kg ækvivalent stenkul.

Enheden er benyttet i forbindelse med de internationale oversigter tabel 6 samt hele afsnit 6.2, og omregningsfaktoren for disse opgivelser er

1 kec = 7000 kcal = 8,14 kWh.

Vedrørende de omregningsfaktorer (brændværdier) for de enkelte energiformer, der af Rådet for Kraft- og Varmeforsyning er brugt ved opgørelsen af Danmarks samlede energiforbrug (afsnit 3) henvises til litt. 12 tillæg II.

For tallene for samlet energiforbrug i tabel 6 (afsnit 4) er omregningsfaktorer angivet i "United Nations Statistical Yearbook 1962, appendix I".

For de internationale oversigter afsnit 6.2 er omregningsfaktorerne angivet litt. 6, appendix VI.

### Effektenheder

1 MW =  $10^3$  kW (kilowatt).

## Geografisk inddeling.

Alle opgivelser for "Hele landet" er excl. Færøerne og Grønland. Elprognosen omfatter i princippet ikke Bornholm, og i almindelighed er dette område ikke medregnet "Øst for Store Bælt" (eller i summen for "Hele landet"). I nogle tilfælde, hvor området ik-

ke let har kunnet skilles ud, eller hvor man har skønnet, at usikkerheden på tallene var så stor, at det var unødvendigt at gøre det, er Bornholm dog inkluderet i opgivelserne for hele landet.

Det gælder således for de elforbrugstal, der ligger til grund for fig. 1,2 (Danmark), 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, og 27 (før 1947). Endvidere er Bornholm medregnet i alle opgivelser vedrørende samlet energiforbrug, nationalregnskab og boligstatistik.

#### Husstande (antal).

Som private husstande regnes iflg. Det statistiske Departement foruden lejlighedsindehavere (med den til dem knyttede familie, medhjælp og logerende med kost) også enlige logerende uden kost samt indlogerede familier bestående af flere personer (uanset om de er i familie med lejlighedsindehaveren eller er medhjælp hos denne). Antal husstande vil derfor normalt være større end antal lejligheder.

#### Lejligheder (antal) = antal boliger.

Fra 1960 og fremefter er tallene excl. direkte udlejede værelser i større beboelses- og erhvervsejendomme samt enkelte værelser i klublejligheder.

#### "Mindste kvadraters metode"

er en standardprocedure for kurvetilpasning. I nærværende rapport er metoden brugt til fastlæggelse af ekstrapolationslinier. Det forudsættes, at udviklingen forløber eksponentielt efter ligningen:

$$\log y = a + bx$$

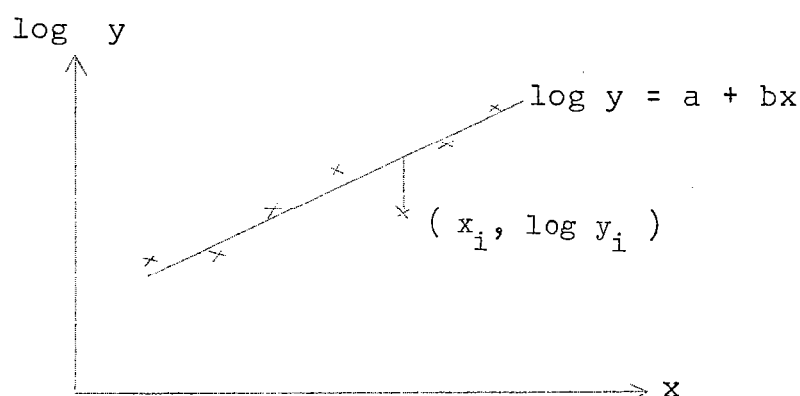
hvor  $y$  - årligt energiforbrug

$x$  - antal år

Konstanterne  $a$  og  $b$  bestemmes således, at summen af kvadraterne på ordinatafgivelserne mellem denne linie og en række registrerede værdier ( $\log y_i, x_i$ ), hvor  $i = 1 \dots n$ , bliver minimum:

$$\text{Min. } \sum_{i=1}^n (a + bx_i - \log y_i)^2$$





### Nationalregnskab.

For definition af

- bruttofaktorindkomst
- bruttonationalindkomst
- varer og tjenester til rådighed
- konsum
- investeringer m.v.

henvises til "Statistisk Årbog 1963 s.407".

For definition af "national income" (afsnit 6.2) henvises til "United Nations Yearbook of National Accounts Statistics 1962", eller "United Nations Statistical Yearbook 1962" s.488.

### Årsinddeling m.v.

#### Danmark:

Alle opgivelser vedr. el-energi (med undtagelse af industriens elforbrug) refererer til perioden 1/4 - 31/3 i overensstemmelse med Dansk Elværks-statistik. Elforbruget i 1960 er således forbruget i tiden 1/4 1960 til 31/3 1961. I rapporten skrives normalt kun første årstal (1960) og ikke begge årstal (1960/61).

Opgivelser vedr. forbrug af anden energi end elektricitet refererer derimod til kalenderåret. Det samme gælder industriens elforbrug. Ved opgørelsen af netto- og bruttoenergiforbruget har man ikke gjort forsøg på at korrigere herfor ved forskydning til fælles periode.

Bruttofaktorindkomst m.v. opgives ligeledes for kalenderåret.

Andre lande:

Opgivelser gælder formodentlig i de fleste tilfælde for kalenderår.

Dato for opgørelse af befolkningstal, antal boliger, antal arbejdere etc. varierer en del og her må henvises til de enkelte statistiske kilder.

LITTERATUR

1. J. FELICE: "Methods of Medium and Long Term Forecasting of Electrical Energy Consumption".  
UNIPED VII 4 1964.
2. "Methods employed for the Determination of Electric Power Consumption Forecasts".  
United Nations, Geneva March 1956.
3. "Methods and Principles for Projecting Future Energy Requirements".  
United Nations, New York 1964.
4. P. AILLERET: "Énergétique - Les Besoins d'Énergie".  
Eyrolles, Paris 1963 (bog).
5. T. FRANCK: "Elværksprognoser" Nordisk Tidsskrift for  
Industriel Statistik 1959 hæfte 1.
6. FREMONT FELIX: "Electrical Energy, Total Energy and  
National Income. - Long Range  
Extension of World Curves of Consumption Growth".  
American Power Conference 1964.
7. H. STEINER: "Energie Prognose in Theorie und Praxis".  
Elektrizitätswirtschaft. 1959 nr. 17.
8. P. PUTNAM: "Energy in the Future".  
Van Nostrand. New York 1953 (bog).
9. "Industriel Produktionsstatistik".  
Udsendes årligt af Det statistiske Departement  
i serien Statistiske Meddelelser.
10. Anmeldelse i Elektrizitätswirtschaft 1964 nr. 16 s.603  
af bogen  
U. JÖNCK: " Die Entwicklung des Stromverbrauchs in der  
Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 1970".

11. S.H. SCHURR m.fl.: "Energy in the American Economy 1850 - 1975".  
The Johns Hopkins Press, Baltimore 1960 (bog).
12. "Rådet for Kraft- og Varmeforsyning. Årsberetning 1960".  
København 1961.  
Tidligere er udsendt årsberetninger for 1958 og 1959.
13. "Danmarks Energiforsyning 1900 - 1958".  
Statistiske Undersøgelser nr. 2. København 1959.
14. Statistiske Efterretninger 1963 nr. 44.
15. Statistisk Årbog 1963.
16. P.H. BENDTSEN: "Jernbaneelektrificering".  
Beretning fra Danske Elværkers Forenings Årsmøde 1962.
17. Dansk Esso A/S Årsberetning 1963.
18. Zoneplan 1962 for Danmark. Landsplanudvalget 1962.
19. Statistiske Efterretninger 1964 nr. 6.
20. Statistiske Efterretninger 1963 nr. 45.
21. J. NORRBY: "Elektrisk bostaduppvärmning".  
Teknisk Tidskrift 1964 nr. 22.
22. Fr. OLSEN: "Thermal Insulation for Buildings".  
OECD rapport. Paris 1962.
23. E. ARNSTED: "Varmeudgifter i beboelsesejendomme",  
En undersøgelse udført for Fællesorganisationen  
af almennyttige danske boligselskaber. København  
1962.
24. "Elkonsumtionen 1960 - 1970, - en prognos".  
Centrala Driftledningen. Stockholm 1961.

25. Federal Power Commission: "Forecast of Electric Utility Power Requirements to the Year 1980".  
Power Requirements Special Technical Committee June 1963.
26. "Towards a New Energy Pattern in Europe".  
OECD's energikommission. 1960.
27. General Report (Energy Resources. National Surveys).  
World Power Conference. Melbourne 1962.
28. THORKIL KRISTENSEN m.fl. "The Economic World Balance".  
Munksgård. København 1960 (bog).
29. O. KOFOED-HANSEN og C.F. WANDEL: "Er verden på vej til at blive kvalt i fremskridt"? (Causeri).  
Atomenergikommissionens forsøgsanlæg Risø. Oktober 1963.
30. "Elkraftutbyggnader under 1970-tallet - en kraftbalansstudie".  
Centrala Driftledningen. Stockholm 1962.