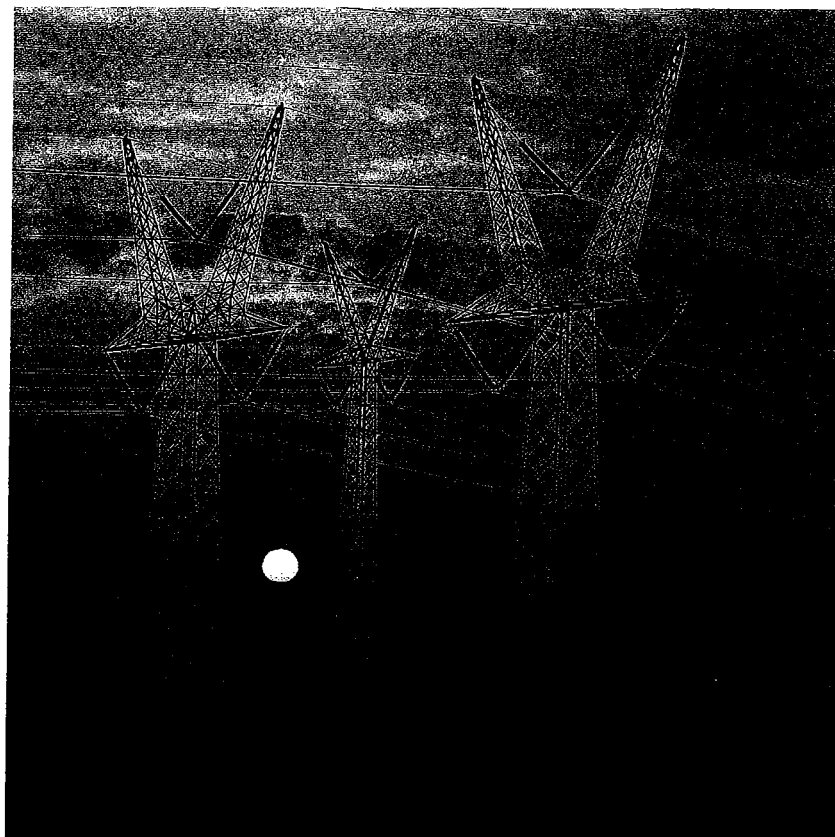


Netudvidelsesplan 1993



ELSAM

Jysk-fynsk energi og miljø

JKJ/BT

2. december 1993

(NU 14.09.1993)

(NU 25.10.1993)

(DU 18.10.1993)

(BM 09.12.1993)

NETUDVIDESESPLAN 1993

(NUP93)

Netudvidelsesplan 1993 behandler en række strategiske emner vedrørende transmissionsnettet.

NUP93 indeholder desuden en statusrapportering over tidligere besluttede anlæg samt indstillinger om nye netanlæg.

Indhold:	Side
Resumé og indstilling	1
1. Indledning og planlægningsgrundlag	4
2. Langsigtet netudbygning	5
2.1 Strategi for netudbygningen	5
2.2 Strategiske planlægningsmetoder	6
2.3 Basisplan for 400 kV-nettet	9
3. Landskabelige hensyn	11
3.1 Samarbejde med centrale, regionale og kommunale myndigheder	11
3.2 Naturbeskyttelsesloven	12
3.3 Landskabstilpasning	12
4. Status for 50 Hz-magnetfelter og sundhedsrisiko	15
4.1 Undersøgelser	15
4.2 Status i Danmark	16
5. Kabellægning	18
6. Forskning og udvikling	19
7. Renovering af nettet	21
8. Reaktiv effekt	22
9. Netudbygning til og med 1999	24
9.1 Tidligere indstillede anlæg	24
9.2 Anlæg der indstilles til bygning i denne NUP	28
10. Netudviklingstendenser og perspektiver	30
11. Økonomi og betalingsforhold	34
11.1 Anlæg der indstilles til bygning	34
11.2 Afsluttede anlæg	34
11.3 Tidligere besluttede anlæg	34
11.4 Betalingsforhold	35
 Bilag:	
1. Basisplan for 400 kV-nettet	
2. Nettet stadium 1993	
3. Netudvikling til 1999	
4. Langsigtet netudvikling	
 Appendix:	
1. Betalingsfordelinger	
2. Investeringsplaner	
3. F&U-opgaver 1993	

Resumé og indstilling

NUP93 er temaopdelt og behandler en række emner, der har betydning for den fremtidige netudbygning. Disse emner vil blive fulgt op og konkretiseret yderligere i kommende NUP'er.

De seneste NUP'er er udarbejdet på et tidspunkt, hvor udbygning af nettet har haft meget stor bevågenhed både fra offentlighed, presse og politisk side. Interessen har først og fremmest taget udgangspunkt i miljøspørgsmål omkring anlæggene.

Målet for den langsigtede udbygning af 400 kV- og 150 kV-transmissionsnettet er fortsat at kunne fremlægge den optimale plan for et robust og fleksibelt transmissionsapparat under hensyntagen til langsigtede mål samt sikre udviklingsmuligheder, der udnytter strategiske og geografiske forudsætninger med hensyn til transmission bedst muligt. Det betyder blandt andet, at 400 kV-netudbygningen fortsættes, så der sikres en høj driftssikkerhed og en økonomisk optimal udbygning.

For at nå disse mål arbejdes der i den kommende tid med de i afsnit 2.2 opstillede scenarier til afprøvning af strategier. Disse scenarier gennemregnes blandt andet på sandsynlighedsbaserede planlægningsmetoder, hvor man erstatter netkriterierne med sandsynlige mangler af produktion og ledningsanlæg.

Ressourcerne sættes ind der, hvor nyttevirkningen er størst. Det betyder, at både 400 kV- og 150 kV-transmissionsnettet bygges som **luftledninger**. Disse ledninger berører kun få menneskers nærmiljø, da der er tale om få km i forhold til ledninger med lavere spænding. 400 kV-ledningerne søges ført i god afstand fra beboelse og bysamfund.

Som det fremgår af afsnit 5, er vekselstrømskabler for 400 kV i dag 12-20 gange dyrere end luftledninger. Tilsvarende er 150 kV-kabler 3-8 gange dyrere. Med risikoen for fejl og dermed længere reparationstider for kabler end for luftledninger vil kabler nedsætte forsyningssikkerheden. Disse er derfor dårligt egnede i et transmissionsnet.

Interessen for de landskabelige hensyn er øget

kraftigt i de seneste år. På den måde bliver der sat fokus på elselskabernes ansigt udadtil - den visuelle fremtoning af ledningerne i landskabet.

I Danmark er det amterne i samarbejde med Miljøministeriet og Skov- og Naturstyrelsen, der afgør, hvad der landskabsmæssigt er hensigtsmæssigt og acceptabelt. I afsnit 3.2 er Vejledning om Naturbeskyttelsesloven i relation til luftledninger beskrevet.

Igennem årene er der gjort mange forsøg på at opstille egentlige kriterier for indpasning af lednings- og stationsanlæg i landskabet. De mest konkrete fremgår af CIGRÉ-arbejde fra 1986 og Nordel-arbejde fra 1993. Selv om **landskabelige oplevelser** er subjektive, er der i afsnit 3.2 beskrevet tommelfingerregler omkring landskabelige forhold.

Den offentlige debat om magnetiske felter og en eventuel sundhedsrisiko giver på nuværende tidspunkt ikke grundlag for at ændre den hidtidige netudbygningspolitik. Dog lægger presmeddelelse (jf. side 17) fra Sundhedsministeriet vægt på, at man bør tilstræbe at holde afstand ved nye vekselstrømsledninger.

Der er ikke videnskabeligt grundlag for at indføre **grænseværdier** i Danmark og heller ikke grund til at gøre noget ved de eksisterende ledninger.

Netudvidelsesplan 1993 indeholder både status for tidligere indstillede anlæg og nye anlæg, der indstilles til bygning.

400 kV-ledningen Vendsysselværket-Trige er to år forsinket og kan tidligst være i drift juni 1997. Den konstaterede forsinkelse vil give anledning til ændringer i renoveringsplanen og en større ophobning af renoveringer efter 1997.

Punkterne 1-3 i *tabel 1, side 3* indeholder de nye anlæg, der indstilles til bygning i denne NUP - ombygning af 150 kV Hatting-Hørning, ophængning af to 150 kV-systemer på Malling-Trige samt installation af en 400 kV-reaktor i station Trige.

Netanlæg i NUP'en godkendes i bestyrelsen

med et planlægningsbudget. Når projektet kendes i detaljer, erstattes dette budget af det egentlige anlægsbudget, som regnskabet skal holdes op imod. Planlægningsbudgetterne er baseret på 1993-priser, der er fremskrevet til idriftsættelsestidspunktet med en forventet inflation. Inflationsfaktorerne har været revurderet og nedsat som følge af den udvikling, der har været i de seneste år.

ELSAMs andele af betalingerne fremgår af *tabel 1*. Budgettallene er de inflationsregulerede budgetter, dvs. den forventede pris på færdiggørelsestidspunktet. Tabellen viser for hvert anlæg, hvilke planlægningsbudgetter der er erstattet af anlægsbudgetter. Udgifter til tilslutning af de nye blokke til nettet indgår ikke i Netudvidelsesplanen, men i budgetterne for de enkelte blokprojekter.

Anlægsterminerne for transmissionsanlæg til og med 1997 er faste. Terminerne for anlæggene efter 1997 kan ændre sig ved ændrede forudsætninger. Dette vurderes løbende ved den årlige opdatering af Netudvidelsesplan og datagrundlag.

I perioden 1999-2003 bliver der behov for forstærkning af nettet til Esbjerg-området, idet Vestkraft, blok 2, må forventes at have reduceret rådighed fra 1999.

400 kV-forbindelsen fra Vejen til Esbjerg med 400/150 kV-station i Esbjerg-området er den eneste acceptable langsigtede løsning (jf. side 31). Det endelige idriftsættelsestidspunkt er ikke fastlagt.

Placeringen af 400/150 kV-stationen i Esbjerg-området er ikke endelig fastlagt, men forventes afklaret i løbet af 1994.

De arealreservationer, der i dag ligger i regionplanen, er blandt andet udarbejdet uden hensyntagen til motorvejsplanerne fra Kolding til

Esbjerg. Derfor ønsker Ribe Amt i løbet af 1994 at udarbejde et selvstændigt regionplantillæg, hvor man ud fra en samlet vurdering reserverer arealer til elforsyningsanlæg.

Bilag 3 viser med angivelse af idriftsættelsestidspunkt de anlæg, der er indstillet til bygning i denne og tidligere NUP'er.

Anlæg der indstilles til bygning

Af hensyn til den reaktive effektbalance under lavlast er det nødvendigt snarest at installere en reaktor i station Trige. Det indstilles, at der installeres en 140 Mvar, 400 kV-reaktor til idriftsættelse den 1. maj 1995. Reaktoren koster ca. 16,8 mio.kr. inkl. 400 kV-koblingsfelter.

Netstrukturen mellem Hatting og Trige har været revurderet. Der er opstillet en samlet udviklingsplan for området, der kan gennemføres, når 400 kV Vendsysselsværket-Trige er idriftsat.

* Det indstilles, at der i 1997 hænges to 150 kV-systemer op på den eksisterende 400 kV-strækning Trige-Ormslev. Ophængningen koster 15,5 mio.kr inkl. 150 kV-felter.

* Det indstilles, at 150 kV-ledningen Hatting-Hørning i 1997, i stedet for at blive renoveret, ombygges til en stærk tosystems-ledning med et system ophængt. Den forventes bygget i det eksisterende tracé. ELSAMs andel udgør 38,3 mio.kr.

Udføres disse arbejder, er det muligt at undvære 150 kV-ledningen Hasle-Trige, der går gennem et tætbebygget område i Århus. Hasle-Trige kan således skrottes i 1998.

Med nævnte arbejder kan man også undvære den hidtidigt planlagte 150 kV-forbindelse mellem Hørning og Malling.

Indstillede/beslutede anlæg	Pkt. 1)	God- kendt NUP	Infl. reguleret budget medio '93		Forventes idriftsat	I alt 1.000 kr.
			Planlægn.- budget	Anlægs- budget		
ANLÆG DER INDSTILLES						
400 kV-reaktor i Trige	1		16.758		95.05.01	
150 kV Hatting-Hørning ombygning ⁸⁾	2		38.278		97.10.01	
150 kV ophængning af Trige-Ormslev ²⁾	2		15.522		97.10.01	70.558
TIDLIGERE BESLUTTEDE ANLÆG						
400 kV-reaktor i Tjele ⁵⁾		1991	-		93.08.10	
150 kV Hatting-Landerupgård ⁴⁾	3	1987	23.600	23.600	94.06.01	
400/150 kV-system Landerupgård-Børup ³⁾	4	Separat	19.824	19.824	94.11.01	
400 kV-felt i Landerupgård	4	Separat	7.476	7.476	94.11.01	
400 kV-felt i Fraugde	4	Separat	6.508	6.508	94.11.01	
400/150 kV Trige-Vendsysselværket ⁶⁾	5	Separat	305.980		97.06.01	
400/150 kV-krydsning Mariager fjord	5	Separat	22.962		97.06.01	
400 kV-felt i Trige	5	Separat	8.974		97.06.01	
400 kV-felt på Vendsysselværket	5	Separat	13.328		97.06.01	
150 kV Ferslev-Vårst afgrening ⁷⁾	5	-	12.704		97.06.01	
150 kV Ådalen-(Hornbæk)-Trige demont.	5	-	6.859		97.10.01	
400 kV Kassø-Vejen, ombygning	6	1992	195.703		98.10.01	
400/150 kV-station Ferslev	7	1987	44.044		98.12.01	667.962
AFSLUTTEDE ANLÆG						
400 Kassø-Grænsen		Separat	12.540		92.07.01	
400 kV-felt i Landerupgård		1987	7.451		92.09.25	
400 kV-felter i Kassø		1987			92.09.30	
400 kV-transformer 2 i Kassø		Separat	39.275		92.09.30	
400 kV-transformer 2 i Fraugde		1988	19.643		92.09.30	
400 kV Landerupgård-Bramdrup V.		1987	26.782		92.10.01	105.691

1) Henvisning til kommentar i NUP93 afsnit 11.

2) Betalingsfordeling ikke endeligt aftalt.

3) SV betaler heraf ca. 6,7 mio.kr.

4) SV betaler heraf ca. 8,8 mio.kr. iht. Netbetalingsreglerne.

5) Indgår på Skagerrak 3-projektet.

6) MK betaler heraf ca. 22,1 mio.kr., NK betaler heraf ca. 15,3 mio.kr.

7) Anlægstilskud til NK efter Netbetalingsreglerne.

8) Anlægstilskud til SV efter Netbetalingsreglerne.

Tabel 1: ELSAMs andele af anlægspriser samt tidsplaner for netanlæg, der betales helt eller delvist af ELSAM. Udgifter til tilslutning af de nye blokke indgår i budgetterne for de enkelte blokprojekter og ikke i NUP'en. Beløbene angives i 1.000 kr.

1. Indledning og planlægningsgrundlag

Forrige Netudvidelsesplan 1992, der omhandlede perioden frem til 1999, blev godkendt af bestyrelsen den 10. december 1992. De seneste NUP'er er udarbejdet på et tidspunkt, hvor udbygning af nettet har haft meget stor bevågenhed fra offentlighed, presse og politisk side. Interessen har først og fremmest taget udgangspunkt i miljøspørgsmål omkring netanlæggene.

I **planlægningsgrundlaget** indgår dels netdimensioneringskriterierne og dels basisplanen for netudbygningen på langt sigt (**bilag 1**). NUP93 omhandler perioden frem til år 1999 og bygger på effektforudsætningerne i Udvidelsesplan 1993 samt aftaler indgået på udlandsforbindelserne om udveksling af energi og effekt med naboerne.

* I perioden indtil 1999 forudsættes der idriftsat en 385 MW-enhed på SVS og en 396 MW-enhed på NEV. Desuden regnes med fortsat udbygning af decentral kraftvarme og vindkraft. Jævnstrømsforbindelsen under Storebælt forventes idriftsat i 1997.

* I perioden 2000-2005 er der ingen konkrete planer om udbygning af produktionsapparatet. Der gives en skitse for netudbygningen i denne periode med angivelse af det tidligste idriftsættelsestidspunkt for de enkelte netanlæg. Disse kan ændres med ændrede forudsætninger.

Af kommercielle hensyn bliver det samlede datagrundlag til NUP93 ikke længere offentliggjort. Belastningsprognosen til NUP93 ligger ca. 3% lavere end i NUP92. I elprognosen er der regnet med en besparelsesindsats svarende til 200 MW i 1998. Der er ikke undersøgt øgede behov for netudbygning i tilfælde af, at besparelsen udebliver.

Primo 1993 var der ca. 240 MW decentrale kraftvarmeværker. Driftsmønsteret for disse

værker følger ikke belastningen. Det gælder især i sommerhalvåret, hvor rådigheden for decentrale værker er af størrelsesordenen 30-50%. Ved fastlæggelse af netudbygningsbehovet er det nødvendigt at regne med nedsat effekt fra disse værker og med, at ét decentralt kraftvarmeværk er ude samtidigt med de øvrige kriteriemæssige mangler.

Primo januar 1993 var der 347 MW installeret vindkraft fordelt over ELSAM-området. Energiforbruget for 1992 var på 692 GWh. Det svarer til ca. 3,7% af det totale energiforbrug. På grund af driftsmønsterets uforudsigelighed udgør vindmøllerne en usikkerhed på belastningen. Ud over dette tillægges vindkraften ingen effektmæssig betydning i netplanlægningen. Den største vindmøllepark er på ca. 18 MW.

Elektrificeringen af DSBs togdrift i Jylland og på Fyn forventes startet i 1995, allerede før den faste forbindelse over Storebælt tages i drift. De 150 kV-stationer, der først bliver fødestationer for DSB, er Fraugde på Fyn og Ryttergård ved Fredericia. Den samlede belastning fra DSBs elektriske togdrift forventes at blive:

1995:	53 MW
1996:	58 MW
1997:	60 MW
1998:	65 MW
1999:	66 MW

Den gennemsnitlige belastning for DSBs togdrift pr. station er ca. 5 MW. DSB forventer også elektrificeringen mod syd til Padborg gennemført til idriftsættelse 1996. Elektrificeringen mod nord fra Fredericia til Århus forventes gennemført i 1998. I perioden til 1999 får elektrificeringen næppe større betydning for udbygningen af nettet. Man må dog forvente, at ekstrabelastningen får betydning på længere sigt.

2. Langsigtet netudbygning

400 og 150 kV-nettet planlægges og udbygges på en for helheden optimal måde, idet der skal sikres et robust, pålideligt og effektivt serviceapparat, der skal dække forskellige transportbehov på en sikker og økonomisk fornuftig måde.

Nettets **grundlæggende opgave** er at sikre forsyningen af forbrugerne. Under hensyntagen til udviklingen i EU, herunder liberalisering af energisektorerne og transitedirektivet, skal nettet også dimensioneres, så omverdenens behov kan dækkes, hvis der er en forretningsmæssig interesse i det.

Opgaverne for transmissionsnettet, der omfatter 400 kV- og dele af 150 kV-nettet, bliver også fremover at kunne sikre

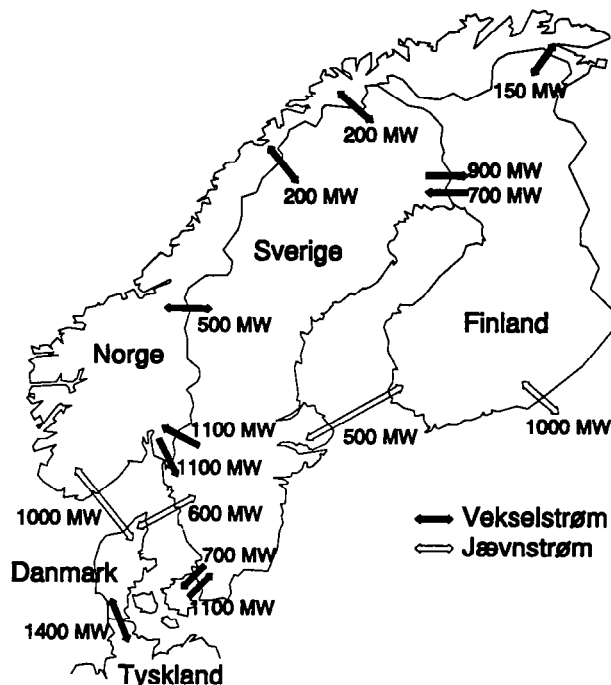
- tilgængelighed af kraftværker
- stærke tilslutningspunkter for udlandsforbindelser
- en sikker forsyning af underliggende net
- transportkanaler for effekt og energi mellem kraftværksområderne

- udvekslingsmulighed for effekt og energi med nabolande
- transitkapacitet.

2.1 Strategi for netudbygningen

Transmissionssystemet i ELSAM-området består af ringforbindelser, der sikrer en reserve og en overføringskapacitet, der er tilstrækkelig på længere sigt. Såvel 400 kV-som 150 kV-ledninger placeres, så det er muligt at anvende luftledninger. Optimal udnyttelse af eksisterende traceer sikres ved udskiftning og renovering af gamle ledninger.

Udlandsforbindelser bygges både af hensyn til driftssikkerhed og kommercielle interesser, og det tilstødende net dimensioneres, så der er balance mellem kapaciteten på udlandsforbindelser og overføringskapaciteten i det interne net. Af *figur 1* fremgår overføringskapaciteten ultimo 1993. Som overføringsselementer anvendes både jævnstrøms- og vekselstrømsforbindelser.



Figur 1: Overføringskapaciteter mellem Nordlandene og mod Tyskland ved udgangen af 1993.

Den strategisk vigtigste transitvej i ELSAM-området er 400 kV-ledningen Kassø-Tjele fra 1965. Den sydligste strækning var indstillet til ombygning i NUP92. Af hensyn til optimal udnyttelse af traceet bygges en tosystemsledning. Ledningen kan på langt sigt udgøre en stor overføringskapacitet

- enten ved, at de to systemer drives sammenkoblet eller som separate systemer med deraf følgende stor overføringskapacitet mellem ELSAM-området og Tyskland.
- eller ved, at de to systemer udnyttes helt eller delvis som selvstændige ledningssystemer til sammenkoblinger i det formaskede net.

Det vil med den nuværende netudbygning fortsat være svært at adskille transmission og distributionsopgaver. 150 kV-nettet vil derfor også i adskillige år udgøre en væsentlig del af transmissionssystemet.

Netudbygningsstrategien er nærmere beskrevet i Netudvidelsesplan 1992.

Hidtil har det været vores udbygningspolitik, at 400 kV- og 150 kV-ledninger bygges som luftledninger. Dette baseres først og fremmest på teknisk-økonomiske betragtninger.

Den stigende miljøbevidsthed og magnetfeltdebatten har betydet, at folk er begyndt at lægge mærke til luftledningerne både i boligområder og andre steder. Derfor er opmærksomheden på kabellægningsmuligheden skærpet. Luftledningens tilstedeværelse betragtes åbenbart som et alvorligt problem, idet visse kommuner har nedsat ejendomsværdien, hvis et hus ligger tæt på en ledning. Ligeledes har kreditforeningerne begrænset lånemulighederne for visse ejendomme.

Udviklingen over sommeren og diskussionen om kabellægning og om at fjerne ledninger i byområder gør det aktuelt at revurdere, hvor stor en vægt teknisk-økonomiske forhold skal have fremover og hvor stor en andel kabler, der eventuelt kan accepteres.

Dette har ført til, at ELSAMs bestyrelse har besluttet at undersøge muligheden for en øget

andel af kabler på spændingsniveauerne 150 kV og derunder. 400 kV-forbindelser vil fortsat blive bygget som **luftledninger**.

Der er indledt et samarbejde med Miljøministeriet - primært på grund af de store problemer, der har været med myndighedernes manglende stillingtagen i forbindelse med region- og lokalplaner. Det forventes, at arbejdet resulterer i et notat, der beskriver retningslinier for planlægningen herunder grundlaget for valg mellem kabler og luftledninger under hensyntagen til landskabelige interesser. Et sådant notat vil være vigtigt ved amternes fremtidige arealreservationer til ledningsanlæg.

2.2 Strategiske planlægningsmetoder

Ved optimal planlægning og udbygning af transmissionssystemet må der tages højde for de sandsynlige forandringer i vor omverden, som betragtes som realistiske. Et vigtigt redskab til undersøgelse af udviklingsforløb er sandsynlighedsbaserede planlægningsmetoder, som også er omtalt i Netudvidelsesplan 1992.

De planlægningsmetoder, som nettet hidtil er udbygget efter, er enkle og giver en god forståelse af betydningen af bestemte hændelser i systemet. Den sandsynlighedsbaserede metode kan derimod give et godt estimat af de årlige omkostninger og en økonomisk sammenligning af forskellige planlægningsstrategier.

Det er dog vanskeligere at undersøge rent tekniske problemer som f.eks. spænding og stabilitet, men metoden kan udpege de svage steder i systemet. De sandsynlighedsbaserede metoder skal ikke erstatte de hidtil anvendte netudbygningskriterier, men vil være et supplement og et vigtigt hjælpeværktøj ved afprøvning af netstrategier.

Scenariestudier

Ved afprøvning af netudbygningsstrategier opstilles en række mulige fremtidsbilleder - scenarier. Opstilling af scenarier er nødvendig, fordi netplanlægningen i disse tider foregår under forholdsvis stor usikkerhed på grund af den øgede internationale konkurrence set i

sammenhæng med realiseringen af dansk miljø- og energipolitik.

Til brug ved planlægning af produktionsapparatet, som har stor betydning for netplanlægningen, er der udarbejdet 3 Europa-scenarier, som beskriver forskellige, men hver for sig sandsynlige udviklingsforløb i perioden frem til år 2010. Det drejer sig om **Det integrerede Europa**, **Frygtens Europa** og **Fædrelandenes Europa**.

Scenarierne, hvoraf det første og det sidste kan få størst betydning for netudviklingen, viser, at Europas og dermed Danmarks udvikling i perioden frem mod år 2010 kan bevæge sig i meget forskellige retninger i forhold til det nuværende EU-spor.

Anvendelse af scenarieteknik i netplanlægningssammenhæng er noget nyt, som først og fremmest skal anvendes til at fremme konstruktive diskussioner. Teknikken vil også med fordel kunne udnyttes til at fremme den gensidige forståelse i samarbejdet mellem offentlighed, politikere, myndigheder og elværker, når fremtidens miljø- og energipolitik for transmissionsområdet formuleres.

I anvendelse af scenarieteknikken skal man forestille sig, at man via en fremtidsmaskine bliver placeret i år 2010 og tænker tilbage på den historiske udvikling (scenariet), der har været i perioden frem til 2010. Scenarier skal altså opfattes som mulige og sandsynlige fremtidsbilleder uden sikkerhed for, at udviklingen faktisk vil gå sådan.

Scenarierne for det Integrerede Europa og Fædrelandenes Europa er **fortolket** med "netbriller". Det viser, at netplanlægningen, herunder netstrategi og netdimensioneringskriterier, skal sikre netudbygninger, der er robuste over for vidt forskellige udviklingstendenser internationalt og nationalt. En mulig fortolkning af Europas og Danmarks udvikling frem til år 2010 er beskrevet nedenfor.

Det integrerede Europa set fra netområdet i år 2010:

Efter en pause i 1992-1993 rullede integrati-

onsbølgen igen. EU blev i midten af 1990'erne udvidet med Sverige, Norge, Finland samt Østrig. Økonomien var igen god og væksten høj.

Efter en periode i 1990'erne, hvor miljø var i højsædet, var det nu de frie markeds kræfter, som var det dominerende troselement. Europas industrivirksomheder skulle konkurrere indbyrdes, derved blev de så store og stærke, at de kunne konkurrere på verdensmarkedet. "Særlige nationale hensyn" blev et skældsord. Det gavner helheden at se bort fra dem.

Det vstdanske transmissionsområde, som sidst i 1990'erne havde fået selvstændigt regnskab, skulle medvirke til at servicere de europæiske producenter og forbrugere bedst og billigst muligt efter markedsprincippet. Samarbejdet med det østdanske transmissionsområde, som var udbygget yderligere i forbindelse med etableringen af Storebæltskablet pol 2, var i den forbindelse væsentlig. Det var endog på tale ud fra økonomiske overvejelser at sammenlægge det øst- og vstdanske transmissionsområde.

Krumtappen i det europæiske transmissionssystem var PreussenElektra (PE), som allerede i 1990'erne havde skabt store markedsandele med hensyn til servicering af store forbrugere i Midt-, Central- og Østeuropa. Det vstdanske transmissionsområde havde betydelige transitmuligheder til PE, så med den strategisk gode beliggenhed mellem den billige (CO₂-frie) vandkraft i Nordskandinavien og PE gav det mulighed for fortjenester ved transit af elektricitet. Omend konkurrencen med Nordsø-kablet (PE-Norge) og Østersø-kablet (PE-Sverige) var hård.

Som grundlag for de frie markeds kræfter på transmissionsområdet var der indført overordnet ensartet europæisk praksis for planlægning og behandling af transmissionslinier, som byggede på økonomisk optimale løsninger. Inden for disse rammer kunne de enkelte transmissionsselskaber selv fastlægge deres dimensioneringskriterier og strategier. I erkendelse af at et nært samarbejde mellem transmissionsselskaberne var nødvendigt, idet konkurrencen på produktionssiden var betydelig, var dimensioneringspraksis transmissionsselskaberne imellem ikke væsentligt forskellig.

Økonomien og teknikken ved at etablere kabler var blevet meget bedre, men der var stadig ikke økonomi i at etablere kabler på 400 kV-niveau.

Man var stadig opmærksom på miljøet, der var et reelt problem, men det blev gjort med fornuft og i enighed. Man var blandt andet blevet enig om at indføre afstandskriterier, således at der i mange tilfælde var økonomi i at etablere kabler ind til byerne. En regel om at "gå uden om" følsomme naturområder med luftledninger var også almen praksis. Var det økonomisk attraktivt at kabellægge gennem naturområder i stedet for at "gå uden om", gjorde man det.

Afstandskriterier var ikke blevet indført på baggrund af magnetfeltdebatten i 1990'erne. Men da man hverken kunne påvise en sammenhæng mellem magnetfelter og cancer eller afvise den, blev man enig om, at det under alle omstændigheder ville være fornuftigt at undgå linieføring af luftledninger tæt på bebyggelser.

TPA-direktivet var blevet gennemført i sin mest vidtgående form, kunderne kunne købe, hvor prisen var lavest. Konsekvensen var benhård konkurrence mellem produktionsselskaber, hvilket ofte i perioder førte til meget geografisk skæve produktionsfordelinger. Sammen med den store udveksling af transit mellem naboområder og de gældende afstandskriterier betød det, at de store transmissionsledninger blev bygget eller ombygget til flere systemer med stor overføringsevne. For 150 kV- og 60 kV-systemet var det almindeligt at kabellægge til forsyning, men i flere tilfælde var der økonomi i kombineret fremføring (400, 150 og 60 kV) af luftledninger. 150 kV-systemet overgik mere og mere til at have forsyningsrollen, men blev stadig flere steder drevet parallelt med 400 kV-systemet.

Den lave elpris skabte arbejdspladser og velstand i de virksomheder, hvis konkurrenceevne øgedes af de lave energiomkostninger. Det betød, at belastningsstigningen var højere end i 20-årsperioden forud. På grund af differentierede elpriser og "Least Cost Planning" steg også benyttelsestiden, hvilket blandt andet medførte problemer ved ombygning og revision af ledninger på grund af udetiden.

Stordrift, som igen var en trosretning i industrien og hos elproduktionsselskaberne, medførte

en fortsat øgning af transmissionsvejen til forbrugerne. Det var allerede flere steder i Europa profitabelt og almindeligt med spændingsniveauer på mere end 400-500 kV. Også DC-transmissionsledninger parallelt med AC-transmissionssystemet blev mere og mere anvendt til store effekttransporter og til aflastning af AC-systemet.

Energiforbruget i Europa øgedes fortsat. Investeringen i ny ledningskapacitet var præget af markedsovervejelser (fortjenester ved transport-/transit), heri spillede en høj forsyningssikkerhed/kvalitet til de store forbrugere også en væsentlig rolle.

Der var en tendens til, at produktionsselskaberne forsøgte at dumpe sig til markedsandele. Det lykkedes lejlighedsvis, men med EU-kommisionens årlige vedtagelser på energi-/miljøområdet kunne der på produktions- og transmissionsområdet planlægges rimeligt forudsigeligt.

Netdimensioneringskriterierne og netplanlægningspraksis for det vestdanske transmissionsområde havde løbende tilpasset sig de nye tider.

Fædrelandenes Europa set fra netområdet i år 2010:

Idéen om et stadigt mere snævert samarbejde i Europa forekom at være en smuk idé. Problemet var imidlertid, at den kun var statsmændenes drøm.

Gennemførelsen af nærhedsprincippet i 1993 og udbygningen af det i 1996 medførte afskaffelsen af EURO-hysteriet og skabte blandt andet stor politisk opmærksomhed omkring elsektoren såvel transmission som produktion. De store problemer var høj arbejdsløshed, dårlig økonomi, lav vækst, men alligevel overbudspolitik.

Der var nu frit slag for "fremsynede forslag om", at Danmark burde være et foregangsland. Det kunne være landskabspleje, bymiljø eller "miljørigtig" energipolitik.

TPA-direktivet blev ikke vedtaget, og der kom heller ikke harmoniserede vedtagelser for produktion (CO₂-afgiften) og transmission. Men

Danmark valgte at gå foran og vise de andre, hvilken ansvarlighed danske politikere havde over for det lokale og det globale miljø.

Det vestdanske transmissionsområde, som sidst i 1990'erne havde fået selvstændigt regnskab på grund af de tidligere planer om et TPA-direktiv, havde ikke fået tilladelse til at inddrage et nyt luftledningstracé siden sidste halvdel af 1990'erne. Lokale hensyn (nærhedsprincipet) var i højsæde.

Økonomien og teknikken ved at etablere kabler var blevet meget bedre, men der var stadig ikke økonomi i at etablere kabler på 400 kV-niveau. Folk ville ikke have luftledninger - kabler var stort set et "must". Det medførte, at kabler oftere var princippet end undtagelsen.

Transmissionsområdet kunne ellers med de indførte afstandskriterier tilbyde betydelige erstatninger ved etablering af luftledninger til berørte husejere. Det medførte i et vist omfang tilladelse til at ombygge gamle luftledninger til flere systemer og større overføringskapacitet, men utilfredsheden fra folk, der boede så langt væk, at de ikke kunne få erstatning, var nu ligeså tungtvejende. Det betød, at de fleste gamle luftledninger ved renoveringer blev holdt kørende længst muligt, mens andre nødvendigvis blev kabellagt.

Transmissionsområdet blev gennempolitiseret. Driftsøkonomiske overvejelser spillede så at sige ingen rolle. Økonomi og planlægning var kun et lille skræp i det politiske kor, hvor chancen for succes gik via lobby-virksomhed, mediebevisthed og forstillelse. Politikerleden bredte sig i alle brancher, og mange virksomheder overvejede nøje, om de skulle holde sig uden for slagsmålet, eller om det var klogere at kaste sig ud i det.

Den langsigtede planlægning, større end 5-10 år, var under sådanne vilkår umulig, og saglige overvejelser havde ikke den store vægt. Der var en hær af eksperter og konsulenter, der på "videnskabelig basis" kunne nå til et hvilket som helst resultat og derved påvirke den offentlige mening.

Til stadighed fremkom der nye rapporter, som kunne opretholde hypotesen om en sammen-

hæng mellem magnetfelter og cancer. Disse blev taget til troende og brugt som tungtvejende argumenter mod luftledninger til trods for, at rapporterne hverken kunne påvise eller afvise en sammenhæng.

Elsektoren blev detailstyret af det offentlige. Der var tale om at sammenlægge gas, fjernvarme og produktions- og transmissionssektoren til kommercielle energiselskaber. Der var endvidere forslag om, at alle transmissionlinier skulle kabellægges.

Der var mange forgæves strukturovervejelser i elsektoren. ELSAM koncentrerede sig om forbrugerne i Jylland-Fyn. Storebæltskablet, der blev taget i brug i 1997, blev ikke udnyttet, men var alligevel en politisk succes. Ligeså blev de mange nye "interconnections" der var etableret rundt om i Europa i årene forud, kun ringe udnyttet. Importen fra nabolandene dalede uanset væksten i elforbruget, som svarede til forbrugsprognoserne i 20-årsperioden forud.

Netdimensioneringskriterierne og netplanlægningspraksis for det vestdanske transmissionsområde havde nødvendigvis løbende tilpasset sig i forhold til de nye tider.

2.3 Basisplan for 400 kV-nettet

Basisplanen for det overordnede 400 kV-net fremgår af bilag 1, herunder også det resterende planlagte 400 kV-net, som er under kraftig udbygning. Sidst i 90'erne har 400 kV-nettet overtaget den rolle, som 150 kV-nettet havde i 60'erne og 70'erne til større energitransporter mellem kraftværksområderne og til udvekslingen med nabosystemerne.

400 kV-nettet opbygges som ringforbindelser, hvor de enkelte ledningsstrækninger udgør en reserve for hinanden. Nettet er opbygget, så der kan etableres transformeringsskudpunkter nær ved de større byer. 400 kV-nettet skal sikre samme forsyningssikkerhed til et område, uanset om det ligger tæt på et kraftværk eller langt fra.

Valget af 400 kV-spændingsniveauet er foretaget som en fremtidssikring af nettet, både af hensyn til elsystemet og til den landskabelige påvirkning. En 400 kV-tosystemsledning har

samme overføringskapacitet (3000-4000 MW) som fem til seks 150 kV-tosystemsledninger (400-700 MW). Der er ikke planer om at indføre højere spændingsniveauer end 400 kV.

Den første 400 kV-ledning blev idriftsat i 1965. Man forventede dengang et fuldt udbygget net inden for en 20-års periode. Belastningen er steget mindre end forudset, og nettet derfor udbygget i en lavere takt. Man kan ikke undvære 400 kV-luftledningsnettet som rygraden i elsystemet. 400 kV-nettet forventes først at være fuldt udbygget i år 2000-2020.

400 kV-vekselstrømsforbindelser vælges af forskellige hensyn blandt andet spændingsforhold og overføringskapacitet. En 400 kV-vekselstrømsluftledning kan overføre op til ca. 2000 MW pr. system, dvs. omkring 4000 MW på den normalt anvendte tosystemsledning. Hvor stor en del af denne kapacitet, der kan udnyttes i praksis, bestemmes af det øvrige system. Normalt vil det være en mindre del - typisk 500-1500 MW.

400 kV-ledningerne bygges grundlæggende af hensyn til forsyningssikkerheden i Jylland-Fyn. Når der er behov for forstærkning af nettet, bygges de enkelte strækninger af basisnettet. Derved opnås på længere sigt en optimal udbygning med så få masterækker som muligt. Opbygning af ringforbindelser, hvor 400 kV-ledninger er gensidig reserve for hinanden, er afgørende for en sikker drift af ELSAM-systemet. Når 400 kV-ledningen mellem Århus og Aalborg (Vendsysselværket-Trige) står færdig, er den østjyske ring sluttet.

Med den dimensioneringspraksis, der har været anvendt i vekselstrømsnettet mange år, sikres, at forsyningen af forbrugerne og import af miljøvenlig vandkraft går forud for transitter. Ledninger bygges aldrig af hensyn til **transit**. Der kan dog blive tale om at fremrykke en ledning i en kort årrække i forhold til det tidspunkt, hvor den er nødvendig af hensyn til forsyningssikkerheden. Der er store fordele ved at kunne anvende eksisterende net, der er lagt ud med tilstrækkelig stor kapacitet til både forsyning og transit.

3. Landskabelige hensyn

Interessen for de landskabelige hensyn er øget kraftigt i de seneste år. På den måde bliver der sat fokus på elsekskabernes ansigt udadtil - den visuelle fremtoning af ledningerne i landskabet.

3.1 Samarbejde med centrale, regionale og kommunale myndigheder

Når behovet for forstærkning er fastlagt, gives den overordnede godkendelse af nye ledninger i henhold til elforsyningsloven af **Energistyrelsen**.

Fastlæggelse af linieføringen sker i **amterne** under hensyntagen til regionale og lokale interesser. Miljøministeriet skal ikke længere godkende region- og lokalplaner. Den overordnede godkendelse sker kun i Miljøministeriet i de tilfælde, hvor der er konflikter.

Da udbygningen af elforsyningen startede, så man først og fremmest på de fordele, dette førte med sig. Med korte overføringsafstande var der en tæt sammenhæng mellem dem, som drog nytte af, og dem som måtte tåle ulemperne i de lokale distributionssystemer. Konflikterne var små.

Efterhånden som udbygningen af transmissions-systemerne har taget til, er den direkte sammen

hæng mellem nytte og ulempe hos forbrugerne blevet fjernere. Arealbehovet ved de større ledninger tiltager, og ulemperne ved udbygningen er blevet mere synlige.

Planerne for det fremtidige primære højspændingsnet, dvs. 400 kV-nettet, er optaget tidligt i regionplanerne. Dette skal sikre, at ledningerne i samarbejde med blandt andet amterne og Skov- og Naturstyrelsen placeres i de områder, hvor de er mindst belastende for landskabet. I praksis har det hidtil betydet, at 400 kV-ledningerne stort set er ført som luftledninger gennem åbent land.

Offentligheden er som følge af **Planlovene** orienteret og har mulighed for at gøre indsigelser inden for lovens rammer. Interessen i offentligheden for 400 kV-ledninger er stor. Det har f.eks. betydet en meget omfattende sagsbehandling af forslaget til ændring af regionplanreservationen for 400 kV Vendsysselværket-Trige. Den endelige linieføring er endnu ikke fastlagt.

Den mastetype, der anvendes i ELSAM-området (*figur 2*) kan også med fordel anvendes til kombineret fremføring af 400 kV- og 150 kV-systemer. På den måde minimeres antallet af masterækker.



Figur 2: På en 400 kV tosystems mast kan der enten hænges to 400 kV-systemer op eller, som vist, 400 kV på den ene side og ét eller to 150 kV-systemer på den anden side.

3.2 Naturbeskyttelsesloven

Miljø omkring højspændingsledninger har fået større og større opmærksomhed både ud fra et landskabsmæssigt synspunkt og i henhold til den igangværende debat om eventuelle sundhedsrisici ved elektriske og magnetiske felter.

Interessen for kabler er skærpet de seneste år. Kabler på 400 kV såvel som 150 kV er dårligt egnede som elementer i et overordnet transmissionssystem. Det er vigtigt, at alle ledninger, der indgår i transmissionssystemet på 400 kV og 150 kV-niveau, bygges som luftledninger - også på langt sigt.

I forbindelse med udbygning af 400 kV-nettet vil der i høj grad blive tale om kombineret fremføring, hvor der hænges et eller flere 150 kV-systemer op på masten sammen med 400 kV. Dermed mindskes antallet af masterækker i landskabet (figur 2).

Det samlede elsystem må under hensyntagen til økonomien bestå af et afbalanceret valg mellem luftledning og kabler, jf. *Vejledning om naturbeskyttelsesloven*:

"Bekendtgørelsen præciserer endelig, at elanlæg og rør anlæg, under en afvejning af de hermed forbundne ekstraudgifter over for hensynene til landskab og naturen, kan kræves helt eller delvis lagt i kabel eller nedgravet.

Det forventes, at der i stigende grad vil blive stillet krav om kabellægning af elledninger på grund af den teknologiske udvikling og dermed formindskede difference mellem udgifterne til luftledning og til kabellægning. Dette vil særligt være relevant for 50/60 kV-ledninger, men vil også i stigende grad komme på tale for delstrækninger af større anlæg.

Beslutning om opførelse af eltransmissionsanlæg beregnet for spændinger over 100 kV skal godkendes efter elforsyningsloven.

Såfremt dele af et eltransmissionsanlæg, der oprindeligt er planlagt fremført som luftledninger, kræves nedlagt som kabel, vil der ofte være tale om så væsentlig merudgift, at det vil kræve fornyet behandling efter elforsyningsloven.

Den godkendende myndighed efter bekendtgørelsen bør derfor forudgående indhente Energistyrelsens kommentarer til kravet om kabellægning."

Højspændingsledninger bør som hovedregel føres i områder, hvor de generer mindst muligt både visuelt og af hensyn til lokale interesser. Dermed bør højt prioriterede landskaber så vidt muligt også friholdes. De lodsejere, der alligevel berøres af luftledninger eller kabler, får udbetalt erstatning i henhold til regler aftalt mellem Danske Elværkers Forening og Landbrugsorganisationerne eller ved voldgift, hvis særlige forhold gør sig gældende.

Ledninger bør så vidt muligt ikke placeres umiddelbart langs veje, men et stykke fra disse. Af *Vejledning om naturbeskyttelsesloven* fremgår det:

"Elanlægs og vejanlægs geometri er indbyrdes modstridende. Vejanlæg søges med bløde linier indpasset i landskabet. Elanlæg bør derimod for at virke mindst muligt dominerende have lange, lige forløb med så få knæk som muligt. Endvidere bør man ved placering af flere elledninger i samme tracé, hvilket ofte kan være en fordel, tilstræbe anvendelse af så vidt muligt ensartede master med samme opstillingstakt."

Det betyder, at det naturmæssigt betragtes som uacceptabelt at fremføre luftledninger over længere afstande i transportkorridorer langs veje, som flere amter hidtil har praktiseret.

3.3 Landskabstilpasning

Den stigende miljøbevidsthed har naturligt også øget interessen for landskabsbilledet. I Danmark er det amterne i samarbejde med Miljøministeriet og Skov- og Naturstyrelsen, der afgør, hvad der landskabsmæssigt er hensigtsmæssigt og acceptabelt.

Luftledninger kan med deres høje master og rette linier have stor indflydelse på landskabet. Ofte påvirkes landskabet inden for større områder, men med hensynsfuld planlægning kan indtrykket dæmpes. Ledningen bør underordnes landskabet og lokale interesser så meget som muligt.

Igennem årene er der gjort mange forsøg på at opstille egentlige **kriterier** for indpasning af lednings- og stationsanlæg i landskabet. De mest konkrete fremgår af CIGRÉ-arbejde fra 1986 og Nordel-arbejde fra 1993.

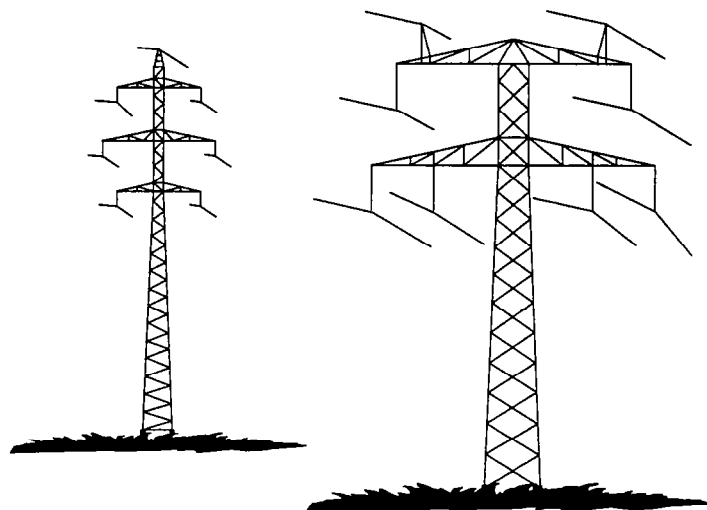
Landskabsoplevelser er altid subjektive. Det forhindrer dog ikke, at de kan være genstand for et kvalificeret skøn. Masterne er de enkelt-elementer, som er mest iøjnefaldende, og det som lettest kan designes med tanke på den visuelle virkning. Ved valg af mastedesign må man imidlertid også tilstræbe den bedst mulige teknisk-økonomiske løsning. Den 400 kV-mastetype, der anvendes i ELSAM-området (*figur 2*) er valgt i samarbejde med en landskabsarkitekt og blev første gang anvendt på 400 kV ved bygning af Trige-Malling i 1980.

Synet på en højspændingsledning farves ofte af, hvad man opfatter som nyttigt og rationelt for sig selv eller for området. Dette ændrer sig også med skiftende tider. Ord som landskab, natur og industrialisering vakte andre associationer for 50 år siden, end de gør i dag. Tolerance-tærsklen over for tekniske indgreb er blevet lavere.

Landskabet i Danmark er åbent og bølgende. Luftledninger er derfor ofte synlige over store afstande. Hensynet til naturinteresser gør, at de stort set går gennem landbrugsområder. Traceer gennem skovområder søges undgået. Danmark har stor befolkningstæthed og dermed ikke muligheder for at placere ledningstraceer langt fra folk.

Det er sandsynligvis ikke muligt at lave objektive kriterier for landskabstilpasningen af elforsyningsanlæg, der kan dog gives nogle enkle hovedregler.

Der lægges stor vægt på at opnå de mest skånsomme traceer af hensyn til befolkning og landskab. Masternes udseende betyder meget, og en **enkel udformning**, uden større skrå linier passer bedst ind i det danske landskab, *figur 3*. Der lægges vægt på at undgå knækmaster, og luftledningerne føres som lange lige **stræk** gennem landskaberne. Parallellitet med større vejanlæg søges undgået. I det åbne landskab kan flere luftledninger godt føres igennem parallelt, hvis masternes takt og udseende tilpasses.



Figur 3: Masternes udformning har stor betydning for landskabstilpasningen.

De lodrette dimensioner spiller en vigtig rolle. Når mastehøjden overskrider højdeforskellene i landskabet og danner en silhouet, der rager op over horisonten, opstår det væsentligste problem for landskabstilpasningen, da ledningen på disse steder er svær at underordne landskabet.

Master har stor evne til at smelte sammen med baggrunden, som det er tilfældet f.eks. med en mørk gittermast, der opleves som gennemsigtig mod en baggrund af skov eller land. Det betyder også, at ledningstraceer med fordel kan placeres i lavtliggende områder.

Tolerancetærsklen har noget at gøre med oplevelsen af orden og logik, med rytme, dimensioner og tempo. En højspændingsledning opleves som mere forstyrrende i et landskab, som er præget af natur og landbrug end i et, som allerede er præget af indgreb som f.eks. veje og bygninger. Hvis man ønsker at bevare så mange uberørte områder som muligt, ville det derfor ofte være fornuftigt at samle indgreb som f.eks. højspændingsledninger og veje. Til gengæld kan man så komme i konflikt med anbefalingerne i Naturbeskyttelsesloven.

4. Status for 50 Hz-magnetfelter og sundhedsrisiko

Elselskaberne ønsker ikke at udsætte befolkningen for unødige sundhedsrisici. Elselskaberne ønsker på alle måder at bidrage til en afklaring af spørgsmålet om en eventuel sundhedsrisiko i forbindelse med magnetfelter. Det betyder blandt andet, at elselskaberne følger den internationale forskning, informerer offentligheden om relevante emner og igangsætter danske undersøgelser på det bedst mulige faglige grundlag.

Der er dog ikke dokumenteret en sammenhæng mellem magnetfelter og børnecancer. Flere epidemiologiske studier peger på en mulig sammenhæng, mens den eksperimentelle forskning ikke er i stand til at pege på en sandsynlig biologisk mekanisme. Alligevel forskes der fortsat internationalt med henblik på at afklare, om den statistiske sammenhæng også er en reel sammenhæng.

Magnetfeltforskningen har stået på de sidste 15 år uden dermed at kunne be- eller afkræfte en sammenhæng.

4.1 Undersøgelser

I 1979 fremkom amerikanske forskere med en undersøgelse af børn i Denver, USA. Den antydede en statistisk sammenhæng mellem magnetiske felter og en forøget risiko for at udvikle leukæmi. Mange europæiske forskere har siden gennemført tilsvarende undersøgelser.

I 1991 rapporteres John Peters epidemiologiske studie fra Californien. Peters finder ikke et klart mønster mellem målinger af magnetfelters størrelse og en overrisiko. Den sammenhæng, at større felter øger risikoen, er imidlertid en nødvendig del af beviset for at kunne sige, at der er en sammenhæng mellem magnetfelter og cancer. Peters finder en sammenhæng mellem tilstedeværelse af ledninger og en overrisiko for leukæmi, præcis som de to tidligere studier i Denver har vist.

Det danske epidemiologiske studie er gennemført i samarbejde mellem Cancerregisteret og DEFs magnetfeltudvalg. Studiet er af rapporteret i 1992 (jf. NUP92). Undersøgelsen omfatter alle

de 1.707 danske børn, som i tidsrummet 1968-1986 har udviklet leukæmi, hjerne cancer eller lymfekræft.

Der blev ikke fundet en forøget risiko for leukæmi og hjernetumorer, men en relativ risiko for lymfekræft på 5,6. Den forøgede risiko for lymfekræft er baseret på 3 kræft ramte børn, der i kortere eller længere tid har haft bopæl ved et højspændingsanlæg. Dette resultat kan derfor meget vel skyldes tilfældigheder. Hovedresultatet af undersøgelsen er, at man for alle tre kræftformer tilsammen finder en forhøjet risiko ved eksponering over 0,4 μ T. Resultatet bygger på seks kræft ramte børn og tre kontrolbørn.

Den svenske undersøgelse om børnecancer 1992 analyserer de to mest almindelige former - leukæmi og hjernekræft. I den svenske undersøgelse vises en relativ risiko på 2,7 for leukæmi. Resultaterne baserer sig alene på syv leukæmitilfælde. Resultaterne i den danske og svenske undersøgelse viser ikke samme mønster.

Det finske studie over børnecancer, der er offentliggjort i 1993 konkluderer, at der ikke er en forøget risiko for børnekræft nær elforsyningsanlæg.

Med de nævnte studier kan man fortsat hverken afkræfte eller bekræfte en sammenhæng mellem magnetfelter og børnecancer.

I de hidtil gennemførte statistiske studier har man ikke kunnet påvise en forøget kræft risiko for voksne ved at bo ved elforsyningsanlæg. Alligevel gennemføres der en del undersøgelser over grupper af personer, der er udsat for felter på arbejdspladsen.

Et amerikansk studie over dødelighed blandt ansatte i et elselskab (Sahl), der blev offentliggjort i 1992. Man fandt ingen forøget risiko blandt de ca. 26.000 ansatte.

Et norsk studie over ansatte i elselskaber (Tynes), der blev offentliggjort i 1992, fandt heller ingen forøget risiko.

Det svenske studie (Floderus) fra 1992 fandt en relativ risiko for leukæmi som helhed på 1,65.

Dette skyldes dog de tilfælde, som havde kronisk lymfatisk leukæmi. Der var ingen sammenhæng til andre typer leukæmi. For den kronisk lymfatiske leukæmi var den relative risiko 3,08 og 4,18 for de mest udsatte kategorier.

4.2 Status i Danmark

Status i Danmark vurderes på dette område at være den samme som status for de lande, vi normalt sammenligner os med.

Den engelske ekspertgruppe (NRPB)

Den engelske ekspertgruppe under NRPB (National Radiological Protection Board), der ledes af epidemiologen Sir Richard Doll, har både i 1992 og 1993 vurderet det videnskabelige grundlag. Gruppen udsendte i marts 1993 en pressemeddelelse, med en vurdering af de nordiske undersøgelser, der udkom i efteråret 1992. I pressemeddelelsen hedder det om studier af ledninger i boligområder:

Gruppen konkluderede, at disse undersøgelser var velunderbyggede og væsentlig bedre end dem, som tidligere rapporterede, at der var en forbindelse mellem magnetfelter og kræft hos børn. Imidlertid melder de nye undersøgelser om få tilfælde. De påviser ikke, at magnetfelter er årsag til cancer, skønt de med svage beviser antyder, at muligheden er der. Risikoen - hvis der er en - ville under alle omstændigheder være meget lille.

Med det foreliggende kan man ikke konkludere, at det præcis er magnetfelterne, der er årsag til de statistiske overrisici, nogle undersøgelser finder. Problemet er også, at man fortsat står på helt bar bund med hensyn til at forstå, hvad det er for en biologisk mekanisme, der skulle kunne medvirke til at fremkalde kræft, når man udsættes for felter.

Det danske ekspertudvalg

I Danmark blev der sidste år nedsat et ekspertudvalg, som skulle gennemgå hele det ikke-ioniserende område. Den store opmærksomhed,

der var omkring børn og deres eventuelle risiko for at få kræft ved højspændingsledninger, har betydet, at ekspertgruppen har udsendt en delrapport (Wandel-rapporten) hvis konklusion er:

Gruppen er af den opfattelse, at den danske og den svenske undersøgelse taget som helhed støtter antagelsen fra tidligere undersøgelser om, at børn, der bor tæt på højspændingsanlæg, har en øget hyppighed af kræft, men tal-materialet udelukker dog ikke, at dette kan skyldes "tilfældigheder". Hvis det derimod skyldes 50 Hz-magnetfelter, må det bemærkes, at usikkerheden vedrørende vurderingen af magnetfeltudsættelsen sandsynligvis vil tendere mod at give for svage sammenhænge og dermed en mulig underestimering af en eventuel risiko.

Ekspertgruppen finder, at hverken de tidligere eller de seneste videnskabelige undersøgelser giver tilstrækkelig dokumentation til at måtte betegne 50 Hz-magnetfelter i boliger tæt ved elektricitetsforsynings højspændingsanlæg som kræftfremkaldende hos børn. De nævnte undersøgelser giver dog heller ikke grundlag for en afvisning af en sådan antagelse.

Gruppen finder derfor ikke videnskabeligt grundlag for fastsættelse af normer for magnetfekteksponering fra højspændingsanlæg. Nye forskningsresultater må fremover følges nøje.

Rapporten er en gennemgang af den aktuelle viden om elektriske og magnetiske felter. Eksperimentelle undersøgelser beskrives, og det konkluderes, at man ikke kan pege på mekanismer, der kan forklare, hvordan elektromagnetiske felter skulle kunne fremkalde kræft hos mennesker.

Det eneste, man kan bygge en vurdering af en eventuel sundhedsrisiko på, er de statistiske undersøgelser. Sundhedsministeriet vurderede efterfølgende, at størrelsen af den mulige risiko kan forventes at være 1 ekstra tilfælde af kræft blandt børn hvert 6. år i Danmark.

Regeringens udmelding, 1993

Regeringens forebyggelsesudvalg (bolig-, energi-, miljø-, social- og sundhedsministeren) har behandlet Ekspertudvalgets rapport og Sund-

hedsstyrelsens anbefalinger. Af pressemeddelelsen af 27. august 1993 fremgår det:

Elektricitetsforbruget i Danmark er siden 1945 steget 20-40 gange, uden at dette er fulgt af en samlet ændring af hyppigheden af børnekræft.

På den baggrund er der mellem ministrene enighed om, at der ikke på nuværende tidspunkt er grundlag for at gå ind i overvejelser om at fastsætte minimumsgrænser for afstanden mellem eksisterende højspændingsanlæg og boliger.

For så vidt angår fremtidige anlæg er det Sundhedsstyrelsens vurdering, at man bør tilstræbe at undgå linieføring af vekselstrøms-højspændingsledninger tæt på bebyggelser, såfremt man ønsker at opnå den under alle omstændigheder mest holdbare løsning.

Denne vurdering er ministrene enige i. Spørgsmålet om afstanden til højspændingsanlæg er allerede i dag genstand for en nøjere vurdering gennem den obligatoriske myndighedsbehandling. I særdeleshed indgår der i myndighedsbehandlingen en afvejning af såvel gener ved at bo meget tæt på højspændingsanlæggene som landskabelige og øvrige arealinteresser. Det tilstræbes således ved godkendelse af linieføring af højspændingsledninger at føre ledninger uden om beboede områder samt landskabeligt værdifulde områder.

I det foreslåede forsigtighedsprincip er "tæt på" ikke konkretiseret yderligere. Da størrelsen af magnetfelter ved elforsyningsanlæg varierer meget, vil det ikke være hensigtsmæssigt at definere "tæt på" ved et fastlagt μT -mål. Ud fra landskabelige hensyn og gener ved at bo tæt på en luftledning kunne man fastlægge en afstand på ca. 50 m ved 400 kV- og 35 m ved 150 kV-anlæg. Disse afstande svarer nogenlunde til en mastehøjde og sikrer, at ledningen ikke opleves

dominerende. I en afstand af 50 hhv. 35 m fra en luftledning er magnetfelterne små.

Endvidere hedder det i pressemeddelelsen:

For børneinstitutioner beliggende i umiddelbar nærhed af højspændingsanlæg har sundhedsstyrelsen anbefalet, at der foretages en konkret vurdering.

På denne baggrund har sundhedsministeren anmodet Sundhedsstyrelsen om nu at orientere samtlige kommunalbestyrelser og amtsråd nærmere herom. Sundhedsstyrelsen vil i samarbejde med elselskaberne foretage relevante observationer af en række børneinstitutioner, for hvilke det gælder, at styrelsen er gjort opmærksom på disses placering i umiddelbar nærhed af højspændingsanlæg. Sundhedsstyrelsen vil herefter bedømme resultaterne med henblik på rådgivning af kommuner og amter, herunder hvordan fremtidige vurderinger af institutioner kan foretages, og hvilke foranstaltninger der kan gennemføres.

Desuden vil Sundhedsstyrelsen for så vidt angår planlægning og godkendelse af nybyggeri henvende kommunalbestyrelser og amtsråds opmærksomhed på, at man bør tilstræbe at undgå placering af nyt byggeri tæt på vekselstrøms-højspændingsledninger, såfremt man ønsker at opnå den under alle omstændigheder mest holdbare løsning.

Pressemeddelelsen stemmer således godt overens med de vurderinger, der hidtil har været fremme også fra udlandet. Magnetfeltudvalget og Sundhedsstyrelsen vil i den kommende tid gennemføre nogle målinger i nogle udvalgte børneinstitutioner. Der vil endvidere blive foretaget en kortlægning, så der skabes et overblik over, hvor mange børneinstitutioner der ligger i umiddelbar nærhed af højspændingsledninger.

5. Kabellægning

Vekselstrømskabler i transmissionsnet for 150-400 kV er meget lidt udbredte, men anvendes til specielle formål som forsyning i storbyområder og ved krydsning af fjorde og bælter med begrænset bredde. På 150 kV er der p.t. i ELSAM-området 43 km kabler, hvoraf 19,4 km er søkabel og resten går i byområde. I 400 kV-nettet findes der ingen kabler.

Det har i mange år været almindeligt at lægge lavspænding og 10-20 kV-ledninger som kabler. Den tekniske udvikling har gjort, at det nu også er blevet økonomisk overkommeligt, dvs. ca. dobbelt så dyrt at lægge nye 60 kV-ledninger som kabel i stedet for som luftledninger. Det giver sig udslag i, at andelen af kabler på disse spændingsniveauer er stigende. Denne udvikling vil sandsynligvis fortsætte til højere spændinger også. Det er dog ikke sandsynligt, at 400 kV- og 150 kV-kabler bliver økonomisk acceptable inden for de første 10-15 år.

400 kV-kabler er således ca. 10-20 gange dyrere end luftledninger afhængig af, hvilken overføringskapacitet der er behov for (jf. NUP92) og afhængig af lokale forhold. For 150 kV er kabler tilsvarende 3-8 gange dyrere end luftledninger.

Kabellægning af transmissionsledninger på 400 kV er altså uforholdsmæssig dyr og kan kun komme på tale på meget korte delstrækninger. Risikoen for fejl og dermed lange reparationstider vil nedsætte forsyningssikkerheden og gør kabler dårligt egnede til transmissionsanvendelse.

Hvis man skal planlægge med længere kabelstrækninger, bliver der tale om et helt andet elsystem end med luftledninger. Den uforholdsmæssigt høje kabelpris på 400 kV kan gøre det aktuelt at udbygge på et lavere spændingsniveau end optimalt og dermed udskyde 400 kV-udbygningen med deraf følgende flere ledninger i systemet. Desuden kan den resultere i, at der indbygges for små overføringskapaciteter.

I ELSAM-området anvendes **jævnstrømskabler** for op til 350 kV til udveksling med nabosystemer ved lange søkabelstrækninger, og hvor jævnstrømsluftledninger er uigennemførlige. Når det gælder jævnstrøm, er sammenligningen mellem luftledninger og kabler enkel - både teknisk og økonomisk. Da der ikke er nogen ladestrøm på et jævnstrømskabel, er der tale om en veldefineret overføringskapacitet. Ved jævnstrømsforbindelser op til 1200 MW koster kabellægning 4-5 gange mere end en luftledning.

6. Forskning og udvikling

Hvad angår transmission og den anvendte el-teknik, har der ikke været tale om teknologiske omvæltninger i den grad, som det er tilfældet for f.eks. produktionsanlæg, men transmission har de senere år og specielt i den senere tid fået større opmærksomhed.

Såvel politiske som miljømæssige begrænsninger ved planlægning og bygning af transmissionsledninger kan føre til en meget højere udnyttelse af transmissionssystemet. For at kunne imødekomme dette skal systemet drives tættere ved de tekniske grænser, og der er derfor flere F&U-områder, som bør fremmes både af hensyn til økonomi og miljøforhold, men ikke mindst af hensyn til forsyningssikkerhed.

Inden for den tidligere formulerede overordnede målsætning for F&U-aktiviteter har Netudvalget udvalgt de områder, der af hensyn til det fremtidige net bør fremmes, på kort og mellemlangt sigt.

Kompleksiteten i elsystemet gør det nødvendigt at fremme udviklingen af detaljerede modeller, effektive metoder og **beregningsværktøjer** til tekniske beregninger. Forandringerne i omverdenen gør det nødvendigt at fremme udviklingen af beregningsværktøjer til strategisk planlægning.

Samarbejdsnettets alder og struktur gør det nødvendigt at fremme opgaver vedrørende **levetidsforlængelse**, herunder f.eks.:

- metoder til bestemmelse af restlevetid
- overfladebeskyttelse af stålkonstruktioner
- metode til enkel renovering.

Der er nedsat en arbejdsgruppe vedrørende kortlægning af mulighederne for en bedre **overfladebehandling** af stålkonstruktioner (metoder, stoffer, priser, levetid osv.).

Det beskyttende zinklag på galvaniserede el-master nedbrydes i tidens løb. Ved denne proces dannes zinksalte, der ved nedvaskning vil kunne give anledning til et forhøjet niveau for zink i jorden tæt omkring el-master. For at klarlægge, om dette kan være et potentielt miljøproblem, er der foretaget en orienterende

undersøgelse, hvor man har undersøgt jorden omkring et mindre antal gamle master.

Undersøgelsen indikerer, at nedvaskning af zink fra disse galvaniserede master er forhøjet, når man er meget tæt på mastens fundament, dvs. inden for en afstand af 10 cm. Disse zinkkoncentrationer kan eventuelt udgøre et miljøproblem.

Gennem DEF har ELSAM indsendt en rapport til Miljøstyrelsen om den orienterende undersøgelse. Styrelsens vurdering af rapporten foreligger ikke endnu. Rapporten har blandt andet til hensigt at klarlægge, om der er behov for yderligere undersøgelser.

Anvendelse af nye teknikker og komponenter i nettet bør fremmes, så de bliver rimelige, teknisk-økonomiske alternativer, herunder f.eks.:

- større anvendelse af traditionelle kabler på de højere spændingsniveauer
- nye koncepter for ledninger og stationer
- nye typer faseledere og indfedtning af disse
- metoder til reduktion af elektriske og magnetiske felter
- højere grad af automatisering i stationer.

Idet der forventes en stor udbygning med 60 kV-kabler er der igangsat et udviklingsprojekt vedrørende beregning af et system til termisk overvågning af **højspændingskabler**.

400 kV-kabler kan komme på tale til særlige formål, når der findes kunststofisolerede kabler med en rimelig driftssikkerhed. Der er igangsat F&U-projekt ved NKT til udvikling af denne type kabler.

Et tættere samarbejde med uddannelsesstederne prioriteres for at sikre, at stærkstrømsingeniøruddannelsen bedst muligt kan tilpasses elforsynings behov for specialisering og ekspertise. Det vurderes, i hvilken grad f.eks. DTH kan indgå i langsigtede F&U-forløb. Som et tilbud udgives der hvert år et eksamensprojekt-katalog med relevante opgaver fra Netområdet. Flere opgaver er blevet belyst af ingeniørstuderende til gavn for Netområdet.

F&U-opgaver om magnetfelter varetages af Magnetfeltudvalget under DEF.

Netudvalget arbejder i øjeblikket med en langsigtet strategi og en handlingsplan for

Netområdets F&U-aktiviteter, således at der kan opnås den bedst mulige kontinuitet i aktiviteterne og "målelige" resultater.

Igangværende og afsluttede F&U-projekter i 1993 fremgår af appendix 3.

7. Renovering af nettet

De ældste 150 kV-ledninger er bygget i perioden 1952-58, 220 kV-ledningen er bygget i 1961 og den første 400 kV-ledning i 1965. De gamle 150 kV-ledninger indgår stadig i samarbejdsnettet.

Begrænsningerne i nettet i daglig drift såvel som ved udbygningsplanlægningen stammer overvejende fra de gamle ledninger med de små tværsnit. Den mindre belastningsstigning og produktionsapparatets sammensætning betyder, at det er økonomisk attraktivt at bibeholde en stor del af de gamle ledninger i samarbejdsnettet. Samtidig med at det bedømmes, om nettets struktur fortsat er tidssvarende, er det også nødvendigt at udvikle metoder til bestemmelse af restlevetid og til levetidsforlængelse af nettets komponenter.

Renoveringsbehov og -metoder er beskrevet i NUP91. For 90'erne er der planlagt renoveringer i 400-150 kV-nettet på i alt 300 mio.kr. Renoveringsbehovet vil få indflydelse på anlægstidspunktet for nye anlæg i 90'erne. Den samlede renoveringsplan vil ikke kunne afvikles på mindre end 10 år.

Udetider ved masterenovering må af hensyn til driften af systemet minimeres. De principper, der lægges vægt på i prioriteringen af de enkelte ledningers renovering, er beskrevet i NUP91. Renoveringsbehovet er så stort, at udetiderne må koordineres meget nøje. Med bygning af 400 kV-ledningen Vendsysselværket-Trige er det muligt at koncentrere en stor del renoveringer efter 1997. Forsinkelse af Vendsysselværket-Trige gør det nødvendigt at fremrykke visse renoveringsarbejder.

De ledninger, der har det mest presserende

renoveringsbehov, er de gamle ledninger med små tværsnit. I detailplanlægningen af renoveringerne undersøges det, hvorvidt disse gamle anlæg ud fra et teknisk-økonomisk og landskabsmæssigt synspunkt bør renoveres, skrottes, eller om nye ledningsstrækninger bør etableres som alternativ.

I forbindelse med bygning af 400 kV Vendsysselværket-Trige er det på baggrund af amternes ønske planlagt at skrotte 150 kV-strækningen Trige-Hornbæk-Tinghøj-Ferslev under forudsætning af, at Vendsysselværket-Trige bygges som beskrevet i regionplantillæg (jf. side 26).

Renoveringsplanen med rækkefølge og udetider er lagt fast for perioden indtil 1995 og holdes løbende ajour. Renoveringer for perioden efter 1995 fastlægges, når det endelige idriftsættelsestidspunkt for Vendsysselværket kendes.

Telekommunikationssystemet i ELSAM-området består i dag af et radiokædesystem, optiske fibre suppleret med BfH på højspændingsledningerne samt lejede korer (jf. NUP92). Udviklingen har betydet, at det nu er muligt uden tekniske vanskeligheder at lægge lysledere til kommunikation i jordlederen og dermed øge kapaciteten.

Der pågår en vurdering af, om ELSAM-området bør anvende lysledere i stor udstrækning. I den forbindelse udarbejdes en overordnet struktur for et muligt fremtidigt lysledernet som supplement til radiokædesystemet eller eventuelt til afløsning af dette. Denne vurdering har stor betydning for fastlæggelse af de renoveringer, der indebærer udskiftning af jordledere.

8. Reaktiv effekt

Den reaktive effektbalance vurderes og søges opretholdt i henhold til vedtagne retningslinier for dimensionering af reaktiv effekt (Mvar-ordningen). 400 kV netudbygningen har betydet, at den reaktive effektbalance over en år-række er gået fra en underskudssituation i 80'erne med dominerende 150 kV-net til en overskudssituation med transporterne lagt over på 400 kV-nettet. Det betyder også, at kravet til maksimalt tgø og dermed kondensatorbatterier ikke længere er dominerende. Derimod er lavlastsituationen blevet dominerende i 90'erne. I 1993 er genereringen fra 400 kV-nettet på ca. 420 Mvar.

Den overskydende reaktive produktion i nettet skal optages af generatorerne og reaktorer i nettet. Ved installation af reaktorer til **regulering af Mvar-balancen** har disse ud fra et økonomisk synspunkt hidtil været placeret på 150 kV-niveau. Udbygning af 400 kV-nettet vil gøre det aktuelt fremover at installere reaktorerne direkte på 400 kV, hvor overskuddet produceres.

Der er som følge af 400 kV omlægningerne installeret 490 Mvar-reaktorer på 150 kV. I forbindelse med udbygning af Skagerrakforbindelsen er der installeret en 400 kV-reaktor på 140 Mvar i Tjele til regulering af jævnstrømsforbindelsens Mvar-forbrug.

Studstrupværket, blok 4, vil i normale driftssituationer køre undermagnetiseret med deraf følgende mindre stabile driftspunkter. Det er nødvendigt at installere en 140 Mvar-reaktor på 400 kV-niveau i station Trige (jf. side 28). De samme driftssituationer vil sandsynligvis også gælde de enheder, der fremtidigt tilsluttes 400 kV-nettet. Betydningen af dette vurderes løbende.

Forstyrrelser af følsomt udstyr som følge af generering af overtoner og transienter fra kobling med reaktiv effekt som følge af de stigende mængder vindkraft, energisparepærer m.v. gør det aktuelt at revurdere anvendelsen af traditionelle kondensatorbatterier på alle spændingsniveauer. Derfor undersøges muligheden for på særlige steder at anvende endnu ikke færdigudviklede dynamiske kompensatorer, der alene

baseres på effektelektronik.

Fordelene ved disse kompensatorer forventes i form af minimering af nettab, forbedret spændingskvalitet og ved kompensering af faseubalance ved elektriske tog. Disse dynamiske shunt-kompensatorer kan inden for deres reguleringsområde kontinuert regulere den reaktive effekt og dermed fastholde en spænding.

Kontrollen med belastningens tgø har hidtil været gennemført ved ordinære vinter- og sommerrålinger. Målingerne i 1990, 91 og 92 har i gennemsnit for hele området givet følgende værdier for tgø:

	Sommer-nat	Vinter-dag
1990	0,10 (-0,12)	0,20 (0,23)
1991	0,15 (0,00)	0,22 (0,25)
1992	0,18 (0,04)	0,20 (0,24)

Værdierne i parentes er "dårligste" deltager-værdi.

Mvar-ordningen er opdateret i 1993 ud fra de ændrede forudsætninger. Kravet til maksimalt tgø har siden 1985 været 0,25. De seneste år har kravet været opfyldt med store marginaler.

En vurdering af krav til tgø efter den opdaterede Mvar-ordning viser, at det tekniske krav til maksimalt tgø kan hæves til 0,40. En tabsøkonomisk vurdering viser imidlertid, at den økonomisk optimale værdi ligger på 0,30.

Krav til **minimalt** og **maksimalt** tgø for belastningen i skillefladen (ab 150 kV) for perioden 1994-96 fastsættes til følgende:

- * Minimalt tgø = 0,00
- * Maksimalt tgø = 0,30

Det anbefales, hvor det er teknisk hensigtsmæssigt, at eksisterende shuntbatterier (60 og 10 kV) bevares og vedligeholdes i perioden, således at eventuel forøgelse af nuværende tgø skyldes stigende belastning og ikke skrotninger.

Der vil fremover årligt blive foretaget en tilsvarende vurdering som grundlag for indstillingen i Netudvidelsesplanen af krav til tgø for den kommende 3-års periode.

Til kontrol af kravene til tgø i skillefladen installeres ifølge den opdaterede Mvar-ordning en Mvarh-måler på 150 kV-siden af alle 150/60 kV-transformere. Kvartersregistreringer af sam-

menhørende MWh- og Mvarh-værdier giver mulighed for at bestemme tgø på et vilkårligt tidspunkt.

9. Netudbygning til og med 1999

Bilag 2 viser 400 kV- og 150 kV-nettet med udgangen af 1993.

Bilag 3 viser, med angivelse af idriftsættelsestidspunktet, de anlæg, der er indstillet til bygning i denne og tidligere NUP'er. Indstillingerne bygger på netundersøgelser i henhold til netkriterierne samt vurdering af tabenes betydning.

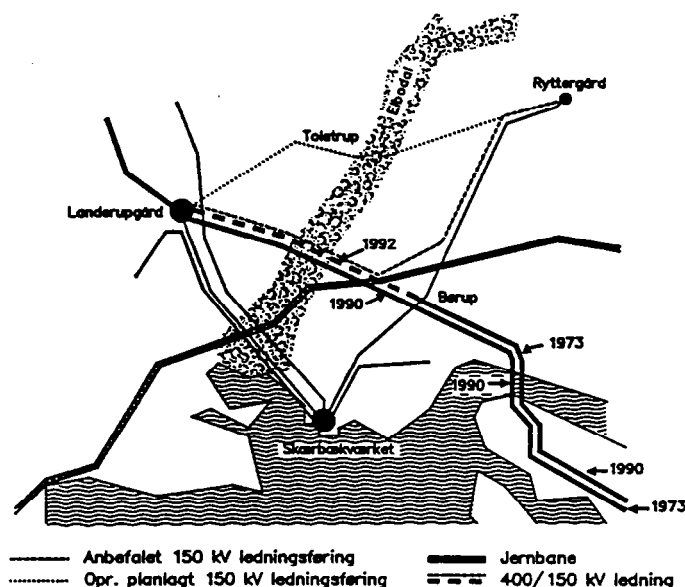
9.1 Tidligere indstillede anlæg

400 kV Børup-Landerupgård (BØP-LAG), 1994

SV har planlagt en 150 kV-forbindelse fra Landerupgård til Ryttergård (RYT) i 1992 til forbedring af forsyningssikkerheden for Fredericia.

På baggrund af en vurdering af den landskabelige påvirkning af området ved Elbodalen blev der i regionplantillæg fra 1985 fastlagt en parallel ledningsføring af de to 400 kV-ledninger på ens masterækker (NUP85). Forudsætningen for denne planlægning var, at 150 kV-ledningen LAG-RYT skulle føres separat. Ledningen var planlagt til at krydse Elbodalen ved Tolstrup (figur 4).

Under regionplanbehandlingen af 150 kV-ledningen har Vejle Amt meddelt, at man under hensyn til de fremtidige byudviklingsmuligheder i området vest for Elbodalen ikke vil godkende en separat ledningsføring. I stedet anbefales 150 kV-strækningen ført på ELSAMs kommende 400 kV-master som kombineret 400/150 kV-fremføring fra LAG til jernbanen vest for BØP.



Figur 4: Den foreslåede ledningsføring mellem Landerupgård og Børup.

På bestyrelsesmødet den 7. november 1991 blev 400 kV-strækningen BØP-LAG besluttet fremrykket til 1992 og bygget som en dobbelt 400 kV-ledning med 150 kV på den ene side (jf. NUP92). Af hensyn til det visuelle indtryk hænges isolatorerne på 150 kV-siden af masten så langt ned, at 150 kV-faselederne hænger i højde med 400 kV-lederne.

Ledningen LAG-BØP-RYT er forsinket og kan ikke stå færdig til idriftsættelse før efteråret 1994.

I henhold til netkriterium C er 400 kV-ledning nr. 2 LAG-Fraugde (FGD) nødvendig i 1998, når Fynsværkets T4 udgår af effektdisponeringen. Bygges ledningsstrækningen af hensyn til

amtets ønsker, kan tabsbesparelserne alene betale en fremrykning af 400 kV-felterne.

Det er derfor tidligere indstillet, at 400 kV-ledningen drives ved 400 kV-spænding fra starten, idet der bygges et 400 kV-tobryderfelt i FGD og et i LAG. Dermed afvikles den eksisterende T-afgrening i BØP også i 1994.

Ophængning af 150 kV Hatting-Landerupgård (HAT-LAG), 1994

Aflastningen af Skærbækværket-Knabberup (SVS-KNA) er nødvendig, når SVS31 idriftsættes. 150 kV-systemet HAT-LAG hænges op på kombimasten senest i 1997. Der vælges ledere med tværsnittet duplex 454 mm² SA.

Med forsinkelse af Vendsysselværket-Trige (NEV-TRI) og den deraf følgende koncentration af arbejder er det af driftsikkerheds- og ressourcehensyn inden for anlægssiden nødvendigt at fremrykke ophængningen af HAT-LAG.

150 kV SVS-KNA er en af de gamle ledninger bygget sidst i 50'erne. KNA-SVS er bygget med meget lille tværsnit og har derfor store tab. Idriftsættelsen af 150 kV-systemet HAT-LAG i 1997 vil aflaste denne ledning. Fremrykning af HAT-LAG 3 år til idriftsættelse i 1994 koster ca. 3,5 mio.kr. Tabsbesparelsen ved fremrykning af HAT-LAG kan værdisættes til ca. 3 mio.kr.

Tabsbesparelserne er dermed af samme størrelse som fremrykningsprisen. I NUP92 blev det indstillet, at ledningen hænges op i 1994 i stedet for i 1997 af hensyn til andre arbejder i nettet.

Ombygning af 400 kV Kassø-Vejen (KAS-VJN), 1996-98

400 kV Kassø-Tjele er bygget i 1965 med deraf følgende behov for omfattende masterrenovering i 1998-2005.

Den sydlige tredjedel, nemlig 400 kV-strækningen fra KAS-VJN er af hensyn til den bedst mulige langsigtede udnyttelse af traceet indstillet ombygget til 400 kV-tosystemsledning på Donaumaster. Ombygningen forventes at kunne ske i årene 1996-98. Det endelige tidspunkt afhænger dels af idriftsættelse af 400 kV Vendsysselværket-Trige dels af indpasning af de øvrige arbejder.

Når ombygningen er foretaget, frigøres der gamle master, som efter omgalvanisering eventuelt kan anvendes ved renovering af strækningerne Vejen-Tjele (VJN-TJE) og TJE-Smorup. Stillingtagen til, hvorvidt VJN-TJE skal renoveres eller ombygges, afventer blandt andet langsigtede undersøgelser af netstrukturen på østkysten af Jylland og i Vestjylland.

400 kV Vendsysselværket-Trige (NEV-TRI), 1997

I NUP87 blev det indstillet, at nettet af hensyn til udnyttelsen af NEV B3 og Konti-Skan 2 udbygges med sikkerhed mod mangel af en enkelt komponent. I NUP87 blev det derfor også indstillet, at 400 kV-ledningen NEV-TRI bygges samtidig med NEV B3, og at den drives ved 400 kV-driftspænding fra starten.

På bestyrelsesmødet den 26. september 1991 blev det godkendt, at 400 kV NEV-TRI fremrykkes og bygges til idriftsættelse i 1995 af hensyn til forventede udetider ved renovering, tabsbesparelser og den svenske transitret.

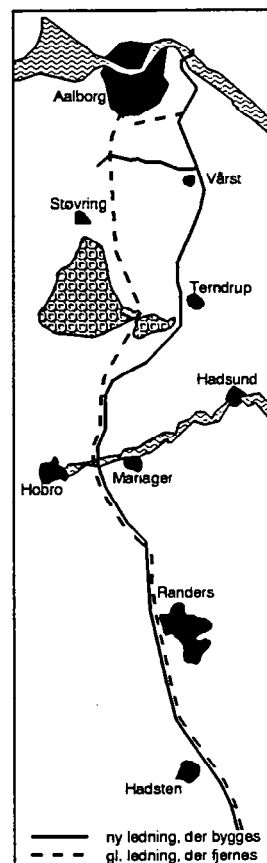
Ledningen er optaget i regionplanen for 1980, og den er her planlagt til at krydse Mariager Fjord ved Dania mellem Mariager og Hadsund. En arbejdsgruppe mellem amterne og elselskaberne har anbefalet i stedet at bygge en kombineret fjordkrydsning ved Katbjerg i nærheden af den gamle 150 kV-krydsning. Vælger man dette, vil krydsningen blive lavere og 400 kV-ledningen blive billigere end i det planlagte tracé. Den eksisterende 150 kV-krydsning kan i så fald fjernes. Samtidig blev muligheden for at føre ledningen vest om Hobro langs den nye motorvej vurderet for dermed helt at undgå fjordområderne. Nordjyllands Amt vurderede ikke denne løsning som attraktiv.

Regionplantillæg har været til offentlig høring med deraf følgende indsigelser. Forslag til regionplantillæg indeholder den kombinerede krydsning af Mariager Fjord ved Katbjerg. Desuden har amterne ønsket de eksisterende 150 kV-strækninger Hornbæk-Mariager Fjord og Mariager Fjord-Ferslev fjernet. Det betyder, at 150 kV-ledningen ved Rold Skov og Madum Sø i så fald fjernes.

I forsommeren 1993 udsendte Nordjyllands Amt forslag til den ordinære regionplan 1993. Ledningen er optaget heri, men det fremgår ikke tydeligt, at der er tale om en luftledning. Blandt indsigelserne til regionplanforslaget har været miljøministerens veto mod at forlange ledninger kablet. Den endelige politiske vedtagelse af linieføringen forventes tidligst ultimo 1993.

ELSAM har desuden givet tilsagn om, at 150 kV-tosystemsledningen Trige-Hornbæk kan fjernes, hvis den nye 400 kV-ledning kan bygges som en 400/150 kV kombineret ledning i dette tracé.

Med den linieføring, der foreslås i det nævnte regionplantillæg, fjernes der altså lige så mange kilometer gammel luftledning, som der sættes op (figur 5).



Figur 5: Med den linieføring, der ligger i forslag til regionplan, fjernes der lige så mange km gammel 150 kV-ledning, som der sættes op.

Ledningen Vendsysselværket-Trige forventes derfor bygget som en kombineret 400/150 kV-ledning på hele strækningen. Ved valg af den kombinerede Katbjerg-løsning er der tale om en merudgift for elselskaberne på ca. 23 mio.kr. Tabsbesparelserne ved den kombinerede fremføring kan kapitaliseres til 10-13 mio.kr.

Elektrisk forbindelse under Storebælt, 1997

Ved folketingsbeslutning marts 1992 blev det pålagt ELSAM og ELKRAFT at træffe beslutning om etablering af en elektrisk forbindelse under Storebælt. Der er således indgået en aftale om at bygge en **jævnstrømsforbindelse** på 500-600 MW i sin første udbygning. Forbindelsen planlægges rent teknisk, så den eventuelt senere kan udbygges til det dobbelte.

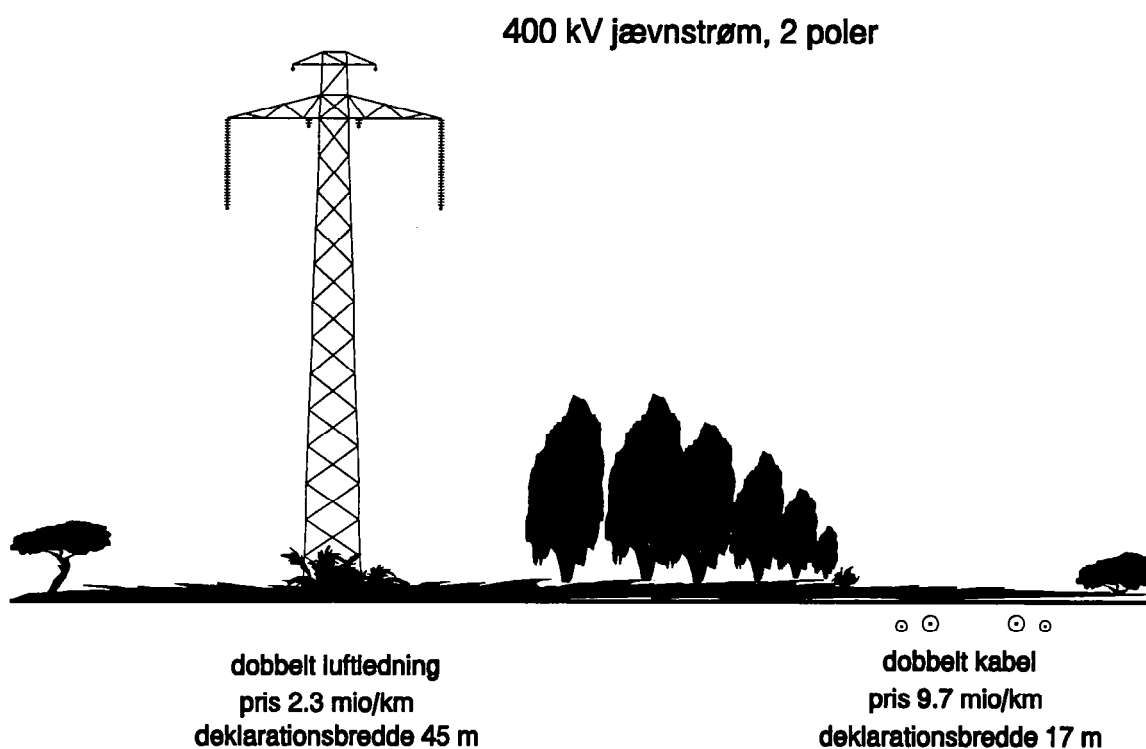
Forbindelsen udføres for jævnstrøm, da de to systemer ELSAM og ELKRAFT ligger i hver sit synkrone system. En vekselstrømsforbindelse over Storebælt vil ikke kunne koble de to store synkrone systemer sammen.

Idriftsættelsestidspunktet for Storebæltsforbindelsen er fastsat til 1997. Storebæltsforbindelsen udføres som en separat jævnstrømspol uden direkte sammenkobling til øvrige jævnstrømsforbindelser.

Søkabelforbindelsen under Storebælt er ca. 30 km lang. Det forventes, at forbindelsen, i modsætning til de tidligere jævnstrømsforbindelser, vil blive udført med metallisk returleder i stedet for retur i jorden. Den metalliske retur anvendes først og fremmest af hensyn til nærføring med gasrøret i Storebælt.

De tekniske specifikationer er endnu ikke lagt fast. Tilslutning til det jysk-fynske vekselstrømsnet vil ske direkte på 400 kV-niveau i Fraugde. Kabellægning af jævnstrømsforbindelsen på land koster 2 gange så meget som luftledning i sin første udbygning og 4 gange så meget (*figur 6*) i sin maksimale udbygning. ELSAMs bestyrelse har den 14. september 1993 besluttet, at de 15-20 km tilslutning på land udføres med kabel. Merprisen ved kabellægningen er ca. 40 mio.kr.

De driftsmæssige forhold for jævnstrømsforbindelsen i forhold til de to elektriske systemer Nordel og UCPTE er ikke analyseret i detaljer (jf. side 33).



Figur 6: Jævnstrømsmast for 400 kV som kunne anvendes på land ved Storebæltsforbindelsen. Det er besluttet, at landstrækningen kabellægges på trods af meromkostningen.

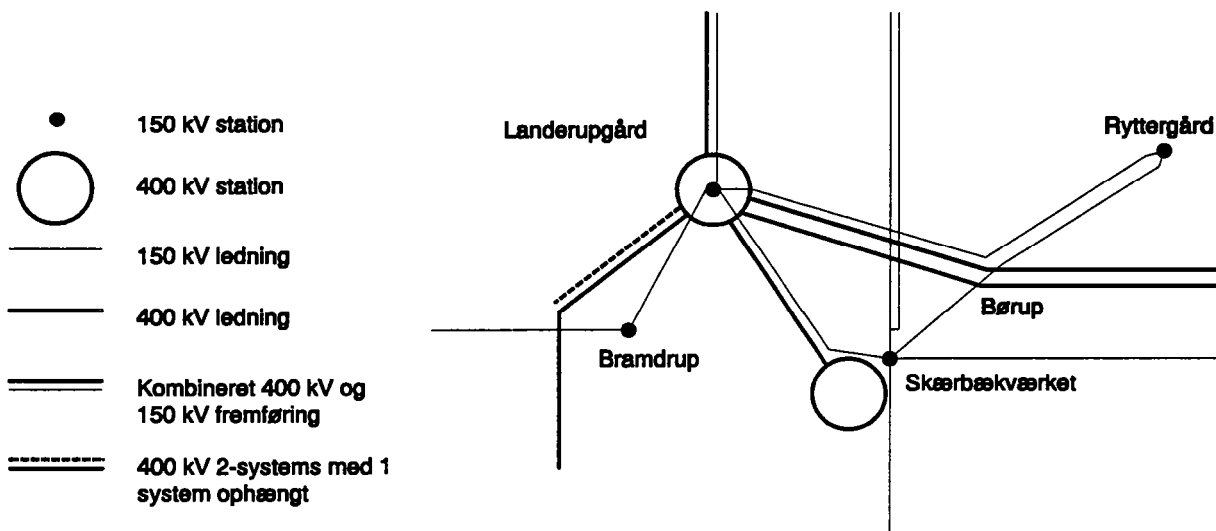
Tilslutning af Skærbækværkets blok 3 (SVS31, B3 396+40 MW), 1997/98

SVS31 forventes idriftsat ved årsskiftet

1997/98. Produktionen føres direkte til station Landerupgård på 400 kV, idet de to 150 kV-systemer på kombiledningen Skærbækværket-Landerupgård (SVS-LAG) sammenlægges til et

400 kV-system og anvendes til generator-fødeledning. Samtidig hænges 150 kV-systemet op mellem SVS og LAG. Udgifterne indgår alle på blokprojektet.

Figur 7 viser netkoblingen omkring Landerupgård i 1998, efter omlægningerne er gennemført, og SVS31 er bygget.



Figur 7: Nettet omkring Landerupgård og Skærbækværket fra 1998

Tilslutning af Vendsysselværkets blok 3 (NEV3, B3 385+40 MW), 1998/99

NEV3 forventes idriftsat ved årsskiftet 1998/99. Blokken tilsluttes 400 kV-nettet direkte på 400 kV-station NEV via en 300 meter lang luftledning.

400/150 kV-station Ferslev (FER), 1998/99

På det tidspunkt NEV3 idriftsættes, er der i henhold til netkriterierne behov for øget transformeringskapacitet i Nordjylland.

I NUP87 blev det indstillet, at 400 kV-station FER på dette tidspunkt oprettes med 400/150 kV transformering. En fornyet vurdering af transformerkapaciteten i Nordjylland har ført til, at tidspunktet for oprettelse af station Ferslev fastholdes.

9.2 Anlæg der indstilles til bygning i denne NUP

Reaktor i Trige, 1995

Den stigende udbygning af 400 kV-nettet giver et overskud af reaktiv effekt, der skal optages af generatorerne på kraftværkerne og af reaktorer i nettet. Driftssituationer har vist, at Studstrupværkets blok 4 i normale driftssituationer kører undermagnetiseret med deraf følgende mindre stabile driftspunkter.

Af hensyn til den reaktive effektbalance under lavlast og for at undgå den undermagnetiserede drift af blokken er det nødvendigt snarest at installere en reaktor i station Trige.

Det indstilles, at der installeres en 140 Mvar 400 kV-reaktor i station Trige. Reaktoren idriftsættes den 1. maj 1995.

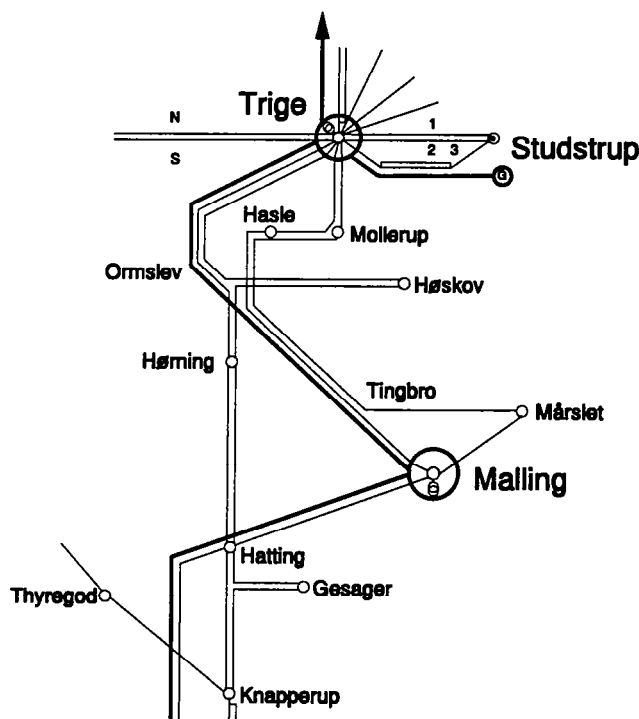
Østkysten mellem Hatting og Trige, 1997-98

Netstrukturen mellem Hatting og Trige har været revurderet. På grund af de mange byområder på Østkysten er det eksisterende net kom-

pliceret med en blanding af 400 kV-, kombi- og 150 kV-net.

Mellem Trige og Malling blev der i 1980 bygget med 400 kV-tosystems-master for på langt sigt at sikre fremføring af to 400 kV-systemer

omkring Århus. Med den nuværende udvikling ser det ud til, at system 2 på 400 kV-masteren kan ydnyttes mere optimalt ved ophængning af 150 kV i stedet for 400 kV. Der er opstillet en samlet langsigtet netudviklingsplan for området mellem Hatting og Trige, der fremgår af figur 8.



Figur 8: Den samlede langsigtede netudbygning på Østkysten mellem Hatting og Trige

Det indstilles, at der hænges to 150 kV-systemer op på strækningen Trige-Ormslev i stedet for system 2 til 400 kV. Ophængningen sker i 1997 efter færdiggørelse af 400 kV NEV-TRI. Af driftsmæssige hensyn hænges begge systemer op samtidigt.

150 kV-ledningen Hatting-Hørning (HAT-HØN) har behov for masterenovering i 1996. HAT-HØN er bygget i 1958 og er derfor med meget lille tværsnit. Det indstilles, at HAT-HØN i 1998 bygges om til en stærk tosystems ledning med 772 mm² tværsnit og med 1 system ophængt. Ombygningen forventes udført i det eksisterende tracé.

Udføres ovennævnte arbejder, vil det være muligt på langt sigt at undvære 150 kV-luftledningen Hasle-Trige, som går i tætbebygget område i Århus. Hasle-Trige kan således skrottes i 1998.

Som reserve til 150 kV-station Mårslet har SV planlagt at bygge strækningen Mårslet til Tingbro i 1996. Systemet sløjfes ind på det ene af de eksisterende systemer på 400 kV-masterækken. Med de nævnte arbejder kan man også helt undvære den tidligere planlagte 150 kV-forbindelse mellem Hørning og Malling.

10. Netudviklingstendenser og perspektiver

Udviklingstendenserne er dels beskrevet generelt dels ved en perspektivperiode, der dækker år 2000-2010.

Produktionsapparatet

Der regnes ikke med placering af kraftværksenheder på nye pladser inden for den aktuelle tidshorisont. Med de udbygninger og renoveringer, der er planlagt, bliver effekten på de eksisterende kraftværker opretholdt gennem 90'erne. I perioden frem til 2010 er det p.t. usikkert, hvilke værker, der opretholdes helt, og hvilke der vil få reduceret effekt. Konsekvenserne af biohandlingsplanen er derfor ikke undersøgt. Der er ingen konkrete planer for udbygning af produktionsapparatet i perspektivperioden.

Med den store forventede stigning i den decentrale kraftvarmeproduktion fra 240 MW i 1993 til 8-900 MW i 1998 er der behov for udvikling af modeller til at bestemme elsystemets belastningsgrundlag både til planlægning og drift.

Med den store andel af decentral produktion har det stor betydning for nettet, om produktions-tidspunktet er afpasset efter det tidspunkt, hvor elsystemets maksimale belastninger forekommer. Rådigheden af den decentrale produktion har ligeledes afgørende betydning (jf. side 4).

Transmissionsnettet

220 kV-nettet er bygget i 1961 og valgt som sammenkobling af det danske og det tyske system, fordi det var et udbredt spændingsniveau i Tyskland. På længere sigt påregnes de gamle 220 kV-forbindelser til Flensborg erstattet af en eller flere 400 kV-forbindelser (jf. NUP92). Tidspunktet for afvikling af 220 kV-nettet er ikke fastlagt, men vil afhænge både af produktionsapparat, PreussenElektas planer og af fremtidige transitforhold.

Afhængigt af udviklingen omkring transitter inden for EU, Nordelsamarbejde m.v. forventes

det, at visse gamle 150 kV-ledninger vil blive skrottet inden for perspektivperioden. Skrotningerne afhænger blandt andet af de faktiske renoveringsomkostninger. Ledningstraceerne vil enten blive brugt til nye ledninger eller nedlagt.

De nye 150 kV-forsyningsstationer, der forventes bygget inden 2010, fremgår af bilag 4. Desuden fremgår det tidligste idriftsættelsestidspunkt for de fremtidige 400 kV-samarbejdsledninger.

Selv om 400 kV-netudbygningen nu muliggør et generationsskift i tilslutning af nye blokke og større effekttransporter på 400 kV, vil det underliggende 150 kV-net i en årrække udgøre en væsentlig del af transmissionssystemet. I takt med udviklingen i elforbruget vil en stor del af det ældste 150 kV-net inden for perspektivperioden enten overgå til forsyningsformål eller blive renoveret eller evt. fjernet og erstattet af nye ledninger med større overføringskapacitet.

Når Fraugde-Landerupgård 2 er omlagt til 400 kV-driftsspænding, er der dobbelt 400 kV-forsyning af Fyn. Fra ca. 2005 kan det blive aktuelt at lade 150 kV-nettet på Fyn overgå til ødrift, så Skærbækværket-Graderup og Abildskov-Sønderborg overgår til reserveledninger, der under normale driftsforhold vil være ud-koblede. Tidspunktet for overgang til ødrift vil afhænge af nettab, driftssikkerhed og behovet for at belaste 400 kV-ledningerne ud over det, paralleldriften i dag tillader.

Transformerkapacitet

Med udgangen af 90'erne vil der således være 9 transformeringspunkter mellem 400 kV- og 150 kV-nettet. Hidtil har der været installeret én 400 MVA-transformer i hver 400/150 kV-station. I 1992 er transformer 2 installeret i Kassø af hensyn til driftssikkerheden under eksporter og i Fraugde af hensyn til forsyningssikkerheden.

Med de stigende transporter på 400 kV-niveau vil der på længere sigt blive behov for forøget transformerkapacitet i flere 400 kV-stationer. Der er foretaget en revurdering af transformer-behovet. Belastningen af transformerne frem til 1999 viser, at der kan blive behov for en ekstra transformer ud over det, der er indstillet, allerede sidst i 90'erne. Placeringen kan være i Trige, Vendsysselværket eller Tjele. Tidspunktet og placeringen er ikke fastlagt, men vil afhænge af blandt andet driftssikkerhed og udvekslingen med udlandet.

400 kV Vejen-Esbjerg

I henhold til netdimensioneringskriterium C er det nødvendigt at forbedre spændingsforholdene i Esbjerg-området samt aflaste ledningsstrækninger i perioden 1999-2003. Selv om arbejdet med den ny Mvar-ordning peger på, at et tgø på 0,30 er økonomisk optimalt på længere sigt, fastholdes tgø 0,25 i Vestjylland på kort sigt, således at de 113 Mvar PCB-holdige kondensatorer, VK skal skrotte ved udgangen af 1994, vil blive erstattet af nye.

Selv om tgø bibeholdes på 0,25, bliver der behov for at forbedre spændingsforholdene i Esbjergområdet. Der bliver desuden behov for at aflaste 400/150 kV-transformeren i Idomlund og 150 kV-ledningerne Kassø-Ribe/Bredbro og Idomlund-Struer. Den eneste effektive aflastning på længere sigt af disse netkomponenter er 400 kV-ledningen Vejen-Jegsmark med 400/150 kV-transformering i Jegsmark.

Vestkrafts blok 2 (VKE B2) levetidsforlænges ikke, og rådigheden for blokken vil være reduceret fra 1999. Derfor kan der blive behov for **forstærkning i 1999**. Hvis VKE B2 kunne betragtes som en fuldgod blok i perioden efter 1999, ville forstærkningstidspunktet kunne udskydes til 2003.

Hvis aflastningen ikke er etableret til 1999, vil der blive behov for at installere ekstra kondensatoreffekt i Esbjerg-området, ligesom det kan blive aktuelt at ændre tidspunktet for de planlagte 150 kV-renoveringer.

Med den reducerede rådighed på VKE B2 kan der fra 1999 opstå driftssituationer med meget

lave spændinger i Vestjylland. Sandsynligheden for, at VKE B2 og B3 begge er ude samtidigt med en ledning, er selvsagt ikke stor. Men opstår situationen, er konsekvenserne store, idet spændingen ville kollapse. Selv med en ekstra kompensering på 100-200 Mvar vil spændingen blive lav, og forsyningssikkerheden være uacceptabel.

400 kV-ledningen Esbjerg-Vejen forventes idriftsat i perioden 1999-2003. Det endelige tidspunkt er dog ikke fastlagt. Ledningen bygges med tosystems 400 kV-master hele vejen. På længere sigt kan det andet system udnyttes til 150 kV-fremføring. På den måde bliver 150 kV-ledningen Andst-Holsted, der er optaget i regionplanen, ikke længere aktuel, ligesom den eksisterende 150 kV-ledning Holsted-Lykkegård delvis kan fjernes.

400 kV-ledningen sluttes til det ene system på Kassø-Vejen, således at den fremtidige station i Vejen på kort sigt kun etableres som et afgrensningspunkt. Placering af stationen i Esbjergområdet er ikke afklaret, men forventes afklaret i løbet af 1994 i samarbejde med Ribe Amt.

I regionplanen for Ribe Amt er der reserveret to alternative ledningstraceer og stationsplaceringer i Esbjergområdet. Med de nye planer for motorvejen til Esbjerg er der behov for en revurdering. Ribe Amt vil foretage en **helhedsmæssig** vurdering af ledningstraceer og stationsplaceringer. Amtet finder ikke, at der er tid til at gøre dette i 1993, hvorfor det ikke kan medtages i den ordinære revision af regionplanen.

Amtet vil i stedet lave et selvstændigt tillæg til regionplanen, hvor samtlige relevante arealreservationer til elforsyningsanlæg medtages. Ribe Amt opretholder dog de nuværende arealreservationer uændrede i den ordinære revision af regionplanen. Detailplanlægningen til regionplantillægget forventes påbegyndt primo 1994.

De mest aktuelle placeringer for 400/150 kV-stationen i Esbjergområdet omfatter station Jegsmark samt en station i området imellem de to nordgående 150 kV-ledninger f.eks i nærheden af station Vr. Nebel. Det er derfor ikke nødvendigt at opretholde arealreservationen til 400 kV Lykkegård.

Revurdering af netstrukturen

På østkysten mellem Trige og Kassø er der foretaget en revurdering af den nuværende netstruktur. Behovet for udbygning på østkysten fremgår af side 28.

På vestkysten er der behov for at forbedre spændingsforholdene sidst i 90'erne. Udvalgsarbejdet er ikke tilendebragt. Den endelige langsigtede netstruktur kan derfor heller ikke fastlægges.

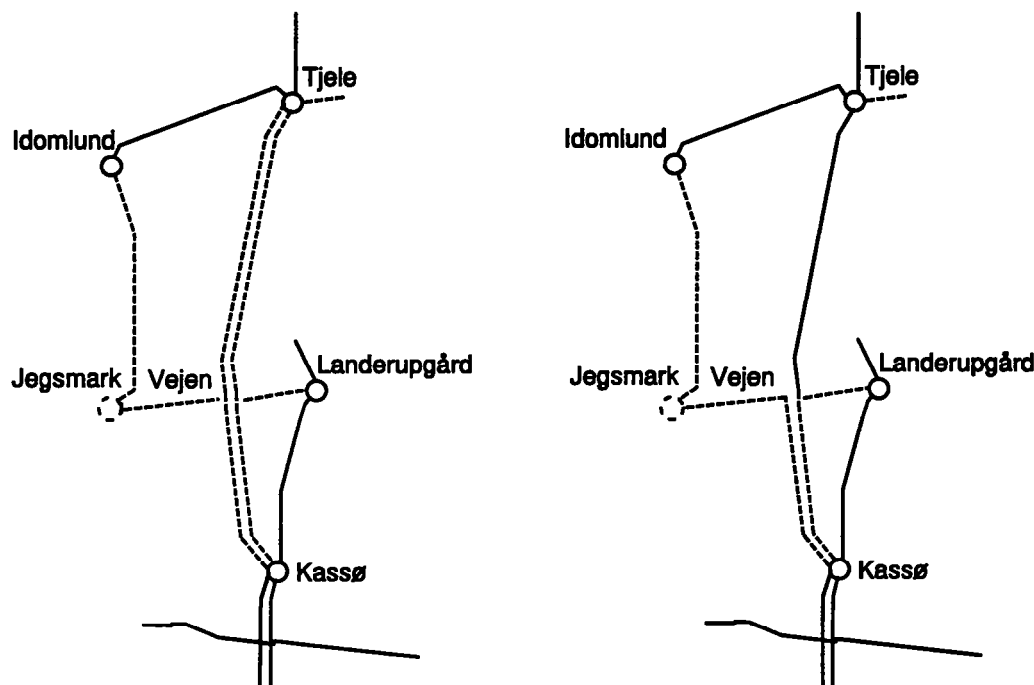
På vestkysten mellem Idomlund og Jegsmark er der ligeledes behov for en nøjere vurdering af etableringstidspunktet for 400 kV-strækningen Idomlund-Jegsmark og af placeringen af station Jegsmark.

400 kV-ledningen Kassø-Tjele spiller en stor rolle i transporten af elektricitet fra Skagerrakforbindelsen. Kassø-Tjele, der er bygget i 1965, har et stort masteroverbygningsbehov i 1998-2005. I NUP92 er det indstillet, at den sydlige tredjedel Kassø-Vejen ombygges til tosystemsledning i perioden 1996-98.

Med ombygningen af Kassø-Vejen skabes der langsigtede udviklingsmuligheder for enten at ombygge hele strækningen til Tjele eller at renovere den resterende del og føre det ene system på tosystems-masterækken videre mod vest til Jegsmark (jf. side 31).

Figur 9 viser nogle af de principielt forskellige langsigtede udviklingsmuligheder for udnyttelse af Kassø-Vejen-Tjele sammen med de eksisterende og de fremtidige 400 kV-strækninger. Om resten af strækningen Vejen-Tjele også skal ombygges afhænger blandt andet af revurderingen af netbehov på østkysten og på vestkysten.

Det forventes, at en langsigtet netstruktur med tosystems 400 kV-ledning i Midtjylland vil være optimal. Dertil vil det være hensigtsmæssigt med en østlig og en vestlig kombineret 400/150 kV-streng for mere regionale og lokale transport. Afhængig af udviklingen i de kommende år vil der desuden være behov for at opretholde en separat østlig og vestlig 150 kV-forsyningsstreng.



Figur 9: Skitse af udviklingsmuligheder for udnyttelse af 400 kV Kassø-Vejen-Tjele sammen med de eksisterende (—) og de fremtidige (---) 400 kV-strækninger

Elektrisk forbindelse under Storebælt

De driftsmæssige forhold for jævnstrømsforbindelsen i forhold til de to elektriske systemer Nordel og UCPT er ikke analyseret til bunds. I forbindelse med nord-/sydgående transitter over ELSAM-systemet alene vil tabene i vekselstrømsnettet andrage ca. 9 MW ved 250 MW transport - mindre end ved andre transportveje.

Til omsætningen fra vekselstrøm til jævnstrøm og tilbage igen ved 250 MW løber mertabene op i 2-3 MW. Dertil kommer så tab i selve jævnstrømskablet på 1,5 MW. Som alternativ til en direkte vekselstrømstransportvej vil en jævnstrømsforbindelse altid være en omvej.

Analysen har da også bekræftet, at Storebæltsforbindelsen ikke er den naturlige transportvej, da de normale transportbehov er nord-/sydgående og ikke øst-/vestgående.

De samlede tab i en Storebæltsforbindelse udgør ca. 11 MW ved 600 MW transport (ca. 2%). Ved nord-/sydgående transporter over Storebælt kan disse i normale situationer betragtes som mertab.

Når driftsmønstret for Storebæltsforbindelsen kendes, kan konsekvenserne for det jysk-fynske elsystem analyseres nærmere. Jævnstrømsforbindelser, der ligger tæt på hinanden, kan erfaringsmæssigt have indflydelse på hinanden ved fejl i de tilknyttede net. Der er igangsat udredningsarbejde med henblik på at afklare,

om netfejl også kan give anledning til, at forbindelsen over Storebælt kan falde ud samtidigt med andre jævnstrømsforbindelser.

Vindkraft og decentrale værker

Vindkraftens betydning for netudbygningen kendes ikke på nuværende tidspunkt. Pr. 1. januar 1993 findes 347 MW vindkraft installeret i ELSAM-området fordelt på vindmølleparker og enkeltmøller. Den største vindmøllepark er på 18 MW.

Med den nu godkendte vindmølleaftale vil det betyde, at der i ELSAM-området må forventes en så stor tilgang af vindmøller, at den samlede effekt i 90'erne vil nå op over 500 MW. En så stor vindkraftandel kan give driftsmæssige problemer. En kraftigt øget vindkraftudbygning kan resultere i et behov for tyristorregulerede reaktive netelementer og en egentlig netregulering med direkte regulering af kraftværkerne.

Den store andel af decentrale værker og vind øger kravet til lastregulering på de store kraftværksblokke. Der er igangsat udredningsarbejde til belysning af disse problemstillinger og konsekvenser. Den enkleste måde at løse problemet på er at begrænse udbygningen med decentrale værker og vind i 90'erne. Alternativt kan der blive behov for f.eks. forbrugsstyring, bygning af gasturbiner eller lastplaner for decentrale værker.

11. Økonomi og betalingsforhold

Netanlæg godkendes i bestyrelsen med et planlægningsbudget. Når projektet kendes i detaljer (og senest når spaden sættes i jorden), erstattes dette budget af det egentlige anlægsbudget, som regnskabet skal holdes op imod.

Planlægningsbudgetterne i NUP'en er baseret på 1993-priser, der er fremskrevet til idriftsættelsestidspunktet med en forventet inflation. Denne er beregnet ud fra faktorer i Pris- og lønindeks. Inflationsfaktorerne har været revurderet og nedsat som følge af den udvikling, der har været i de seneste år.

11.1 Anlæg der indstilles til bygning

(1) Af hensyn til den reaktive effektbalance under lavlast er det nødvendigt snarest at installere en reaktor i station Trige.

Det indstilles, at der installeres en 140 Mvar, 400 kV-reaktor i Trige til idriftsættelse den 1. maj 1995. Reaktoren koster ca. 13,3 mio.kr. inkl. 400 kV-koblingsfelt. Af hensyn til udbygningerne i Trige bygges der to halve 400 kV-felter i 1995, som ellers skulle bygges i 1997 i forbindelse med 400 kV-ledningen Vendsysselværket-Trige.

(2) Netstrukturen mellem Hatting og Trige har været revurderet. Der er opstillet en samlet udviklingsplan for området, der gennemføres, når 400 kV Vendsysselværket-Trige er idriftsat.

Det indstilles, at der i 1997 hænges to 150 kV-systemer op på den eksisterende 400 kV-strækning Trige-Ormslev. Ophængningen koster 15,5 mio.kr.

Det indstilles, at 150 kV-ledningen Hatting-Hørning, i stedet for at blive renoveret, ombygges i 1997 til en stærk tosystemsledning med et system ophængt. Ombygningen koster 54,5 mio.kr. og forventes udført i det eksisterende tracé. Heraf udgør 38,3 mio.kr. ELSAMs andel.

Udføres disse arbejder, er det muligt at undvære 150 kV-ledningen Hasle-Trige, der går gennem tætbebygget område i Århus. Hasle-Trige kan således skrottes i 1998.

Med nævnte arbejder kan man også undvære den hidtil planlagte 150 kV-forbindelse mellem Hørning og Malling.

11.2 Afsluttede anlæg

* I 1992 er system to på 400 kV Kassø-Grænsen hængt op. Anlæggsbudgettet er på 12,9 mio.kr. Anlægget er idriftsat, og regnskabet er på 12,5 mio.kr. Beløbet er betalt af ELSAM.

* I 1992 er Landerupgård-Kassø omlagt til 400 kV ved bygning af den manglende del af 400 kV-ledningen Landerupgård-Bramdrup vest. Anlæggsbudgettet er på 24,6 mio.kr. for ledningen. Regnskabet er på 26,8 mio.kr. Beløbet er betalt af ELSAM.

Anlæggsbudgettet for 400 kV-felter i Landerupgård er 9,8 mio.kr. Regnskabet er på 7,5 mio.kr. Beløbet er betalt af ELSAM.

* I 1992 blev 400/150 kV-transformer 2 i Kassø installeret inkl. et 400 kV-felt. Det samlede budget for anlæg i Kassø er på i alt 42,5 mio.kr. Regnskabet er på 39,3 mio.kr. Beløbet betales af ELSAM. Derudover installerede SH et 150 kV-transformerfelt.

* 400/150 kV-transformer 2 i Fraugde er fremrykket og idriftsat i 1992. Budgettet er på 22,6 mio.kr. Regnskabet er på 19,6 mio.kr. Beløbet er betalt af ELSAM. Derudover har FV bygget og betalt 150 kV-transformerfeltet.

11.3 Tidligere besluttede anlæg

Nedennævnte anlæg er indstillet til bygning i tidligere NUP'er.

(3) 150 kV-systemet Landerupgård-Hatting hænges op på kombistrækningen for at aflaste 150 kV Skærbækværket-Knabberup.

Tabbesparelser kan stort set betale en fremrykning. I NUP 92 var det indstillet, at ledningen hænges op i 1994 i stedet for i 1997 af

hensyn til andre arbejder i nettet. Budgettet er på 23,6 mio.kr. SV betaler for ophængning af en enkeltledning 772 mm² SA mellem Høgsholt og Hatting ca. 8,8 mio.kr. og ELSAM resten, 14,8 mio.kr.

(4) 400 kV-strækningen **Børup-Landerupgård** var i NUP91 indstillet fremrykket. Ledningen er forsinket og ventes færdig i 1994. Den bygges som en 400 kV-dobbeltledning med et 150 kV-system på den ene side. Anlægsbudgettet er på 33,8 mio.kr. inklusive 400 kV-felter i Fraugde og Landerupgård. Heraf betaler SV ca. 6,7 mio.kr. og ELSAM resten.

(5) 400 kV-ledningen **Vendsysselværket-Trige** var i NUP91 indstillet til idriftsættelse i 1995 og drives ved 400 kV-driftspænding fra starten. Ledningen forventes mindst to år forsinket, idet tillæg til regionplanen med den kombinerede krydsning ved Katbjerg endnu ikke er endelig godkendt af Nordjyllands- og Århus amter. Budgettet for ledningen er på 335,9 mio.kr., inklusive ophængning af 150 kV-system. Betalingsfordelingen for 150 kV-systemerne i henhold til Netbetalingsreglerne fremgår af appendix 1.

NK betaler ca. 15,3 mio.kr. og MK tilsvarende ca. 22,1 mio.kr. ELSAM betaler resten

400 kV-stationsanlæg i Trige og på Vendsysselværket er budgetteret til i alt 22,3 mio.kr. Beløbet betales af ELSAM.

(6) I NUP92 var det indstillet, at 400 kV-delstrækningen **Kassø-Vej** i stedet for at blive renoveret ombygges til tosystemsledning i perioden 1996-98. Budgettet er på 195,7 mio.kr. Beløbet betales af ELSAM.

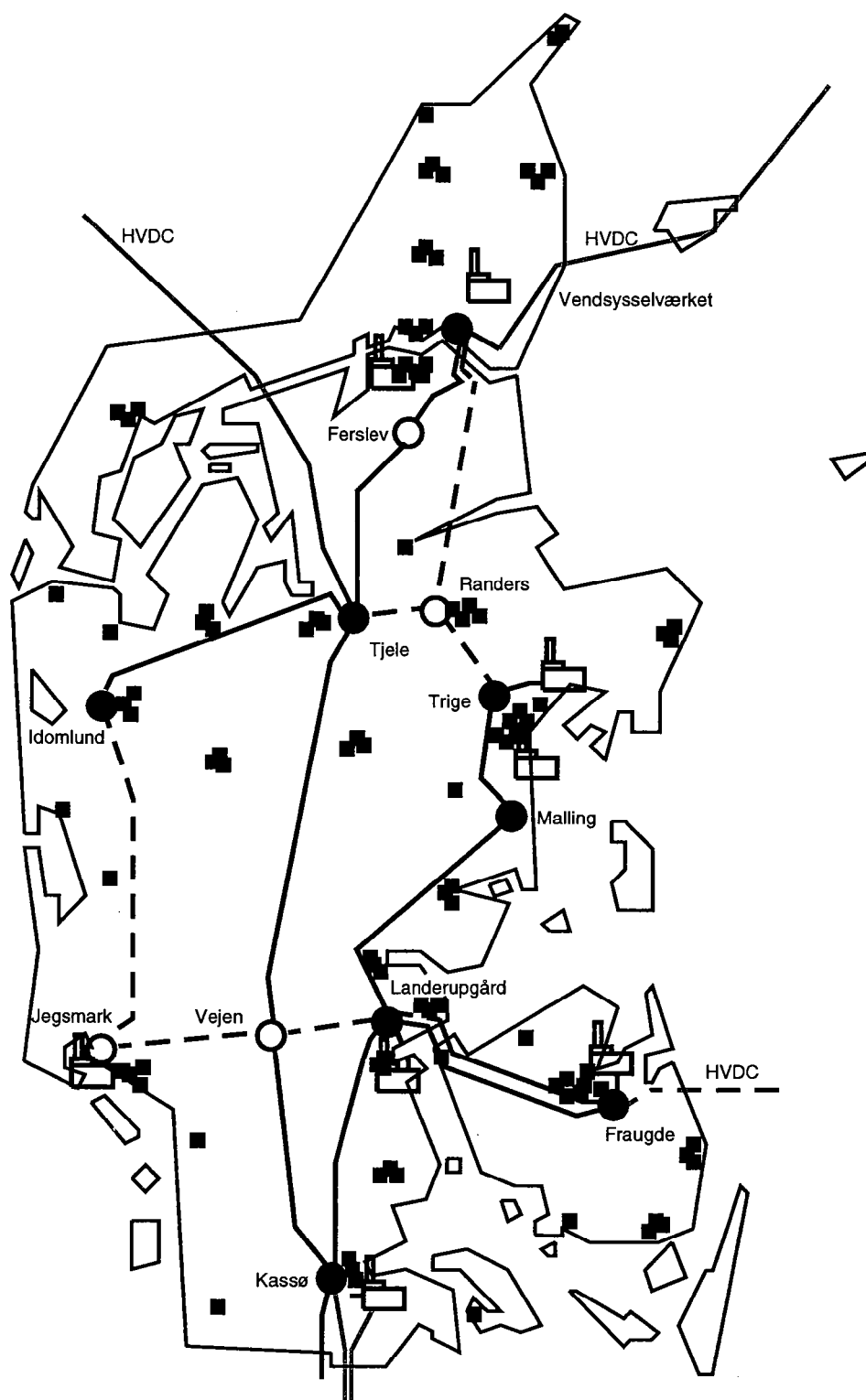
(7) 400 kV-station **Ferslev** oprettes i 1998/99 med 400/150 kV-transformering. Budgettet er på ca. 44 mio.kr., som betales af ELSAM. Transformerfeltet på ca. 4,7 mio.kr. betales af NK.

Tabel 1, side 3 viser budgetter og ELSAMs andele af besluttede og foreslåede anlæg samt regnskaber for afsluttede anlæg, som ELSAM er involveret i.

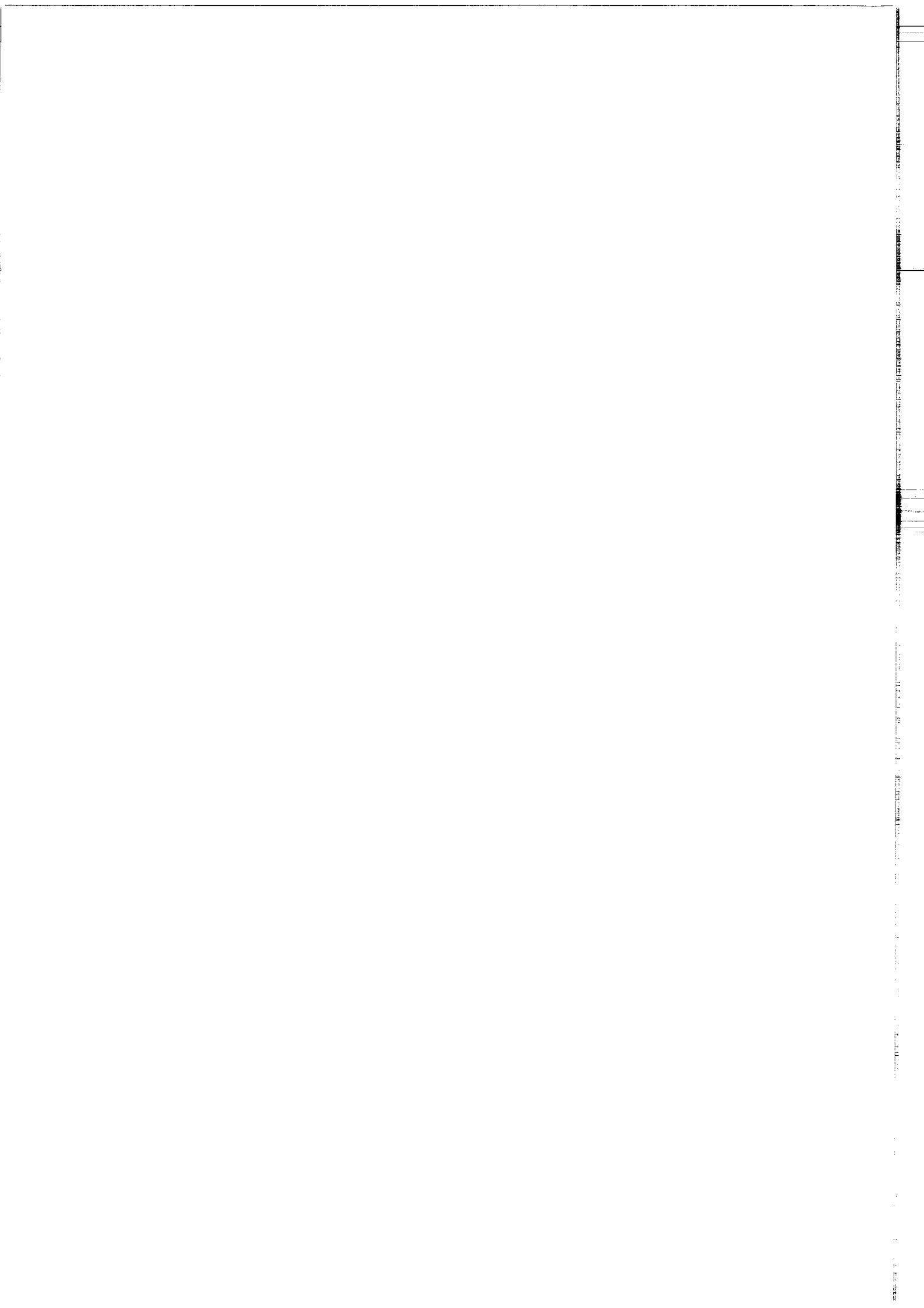
11.4 Betalingsforhold

Appendix 1 beskriver betalingsfordelinger for eksisterende og kommende anlæg.

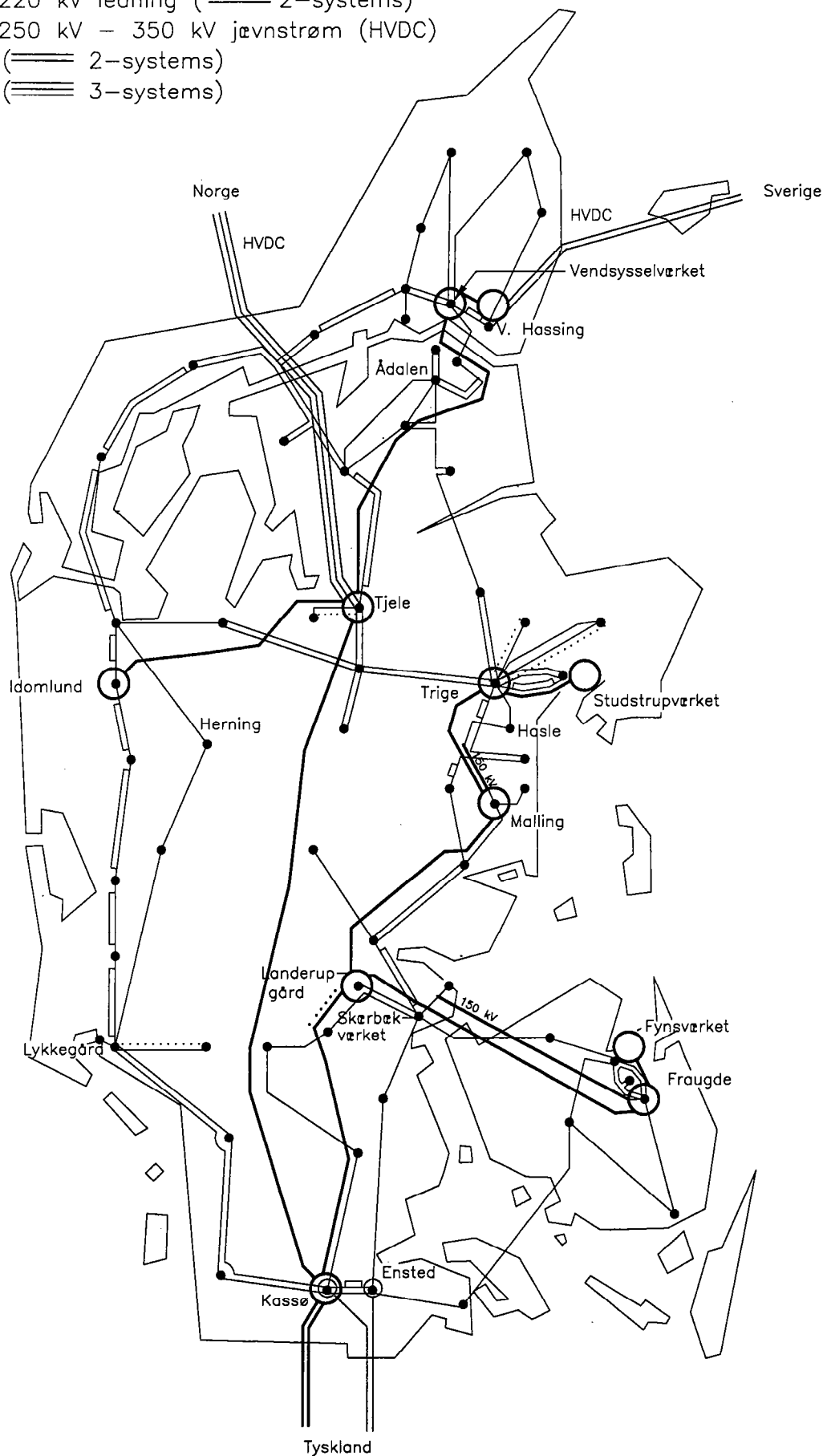
Appendix 2 viser investeringsplaner for anlæg for 60 kV og højere spændinger i 1993-priser. For 60 kV-anlæggenes vedkommende kun de anlæg, som deltagerne betaler og ejer.



- — Eksisterende 400 kV-station, ledning ultimo 1993
- - - - Fremtidig 400 kV-station, ledning
- 220 kV-forbindelser
- Jævnstrømsforbindelser
- - - Fremtidig jævnstrømsforbindelse



- 150 kV station
- 400 kV station
- ⊙ Transformering 400/150 kV
- ⊙ 220/150 kV
- 150 kV ledning (== 2-systems) (..... 1 system ophængt)
- 400 kV ledning (== 2-systems) (..... 1 system ophængt)
- == 400+150 kV kombiledning
- 220 kV ledning (== 2-systems)
- 250 kV – 350 kV jævnstrøm (HVDC)
- (== 2-systems)
- (== 3-systems)

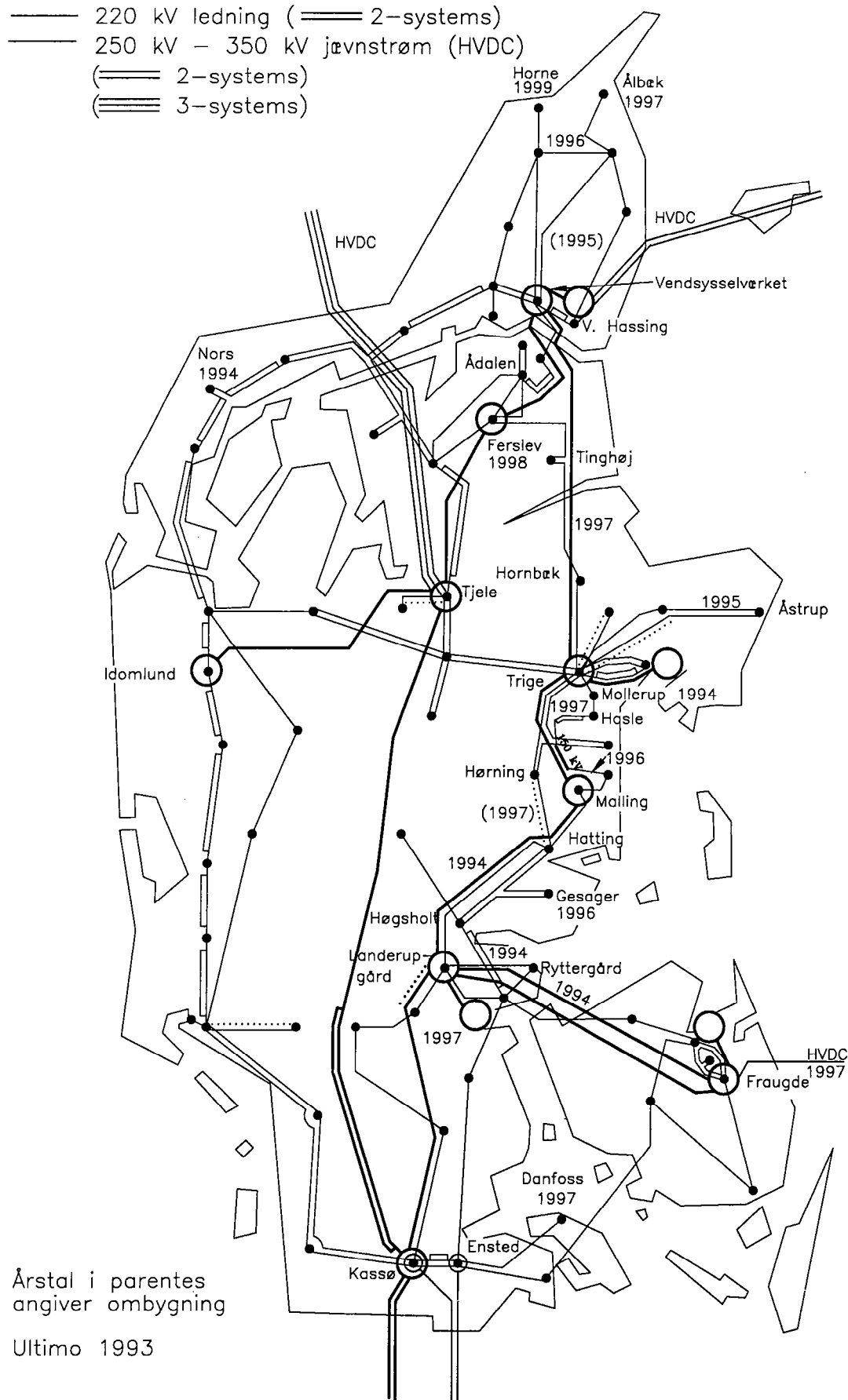


Planlagt netudvikling til 1999

Bilag 3
NUP 93

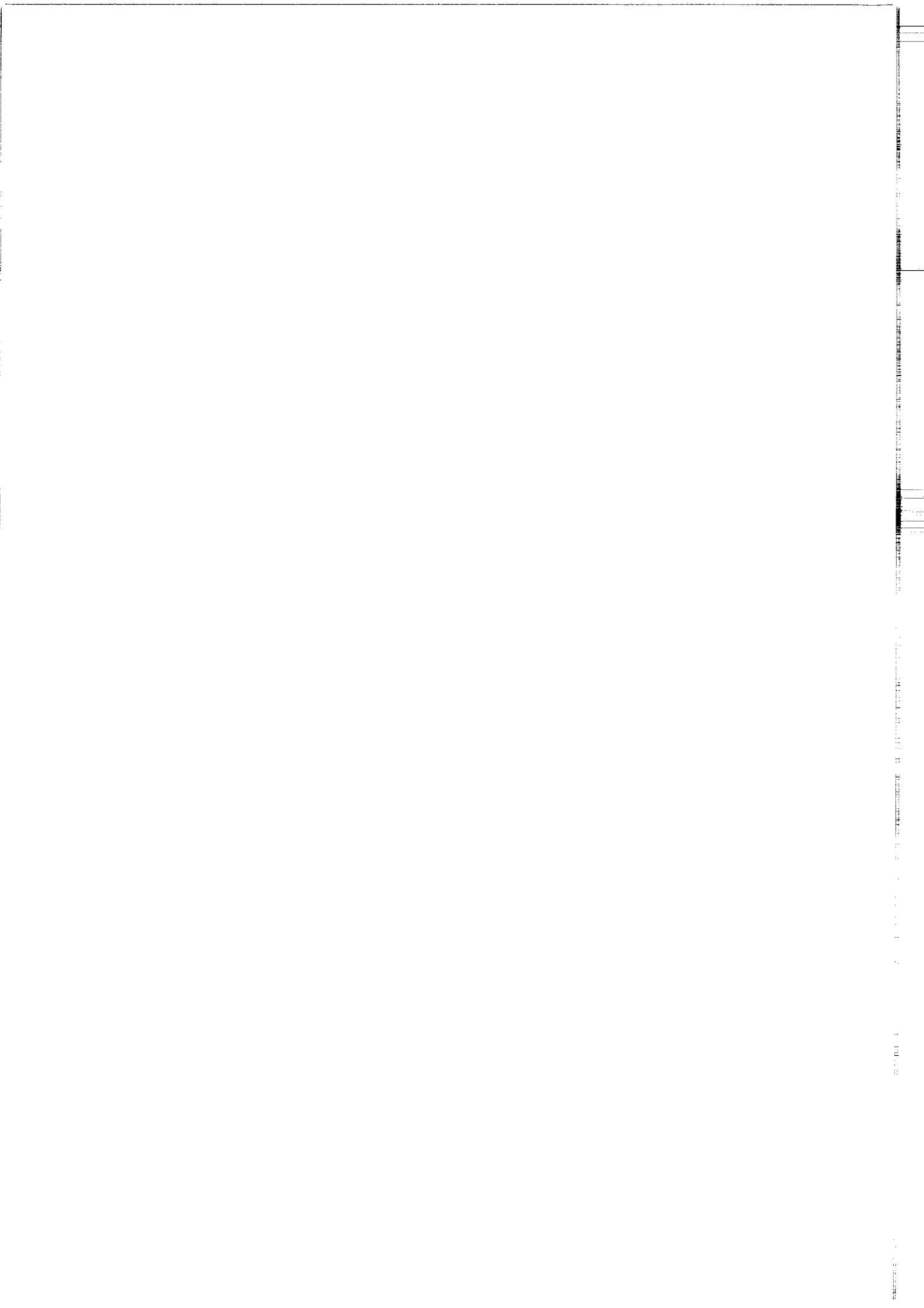
Indstillede anlæg og planlagte forsyningsanlæg

- 150 kV station ⊙ Transformering 400/150 kV ⊙ 220/150 kV
- 400 kV station
- 150 kV ledning (=== 2-systems) (..... 1 system ophængt)
- 400 kV ledning (=== 2-systems) (..... 1 system ophængt)
- === 400+150 kV kombiledning
- === 400 kV ledning, 2-systems m. 1 400 kV system og 2 150 kV systemer (..... 1 150 kV system ophængt)
- 220 kV ledning (=== 2-systems)
- 250 kV – 350 kV jævnstrøm (HVDC)
- (=== 2-systems)
- (=== 3-systems)



Årstal i parentes
angiver ombygning

Ultimo 1993

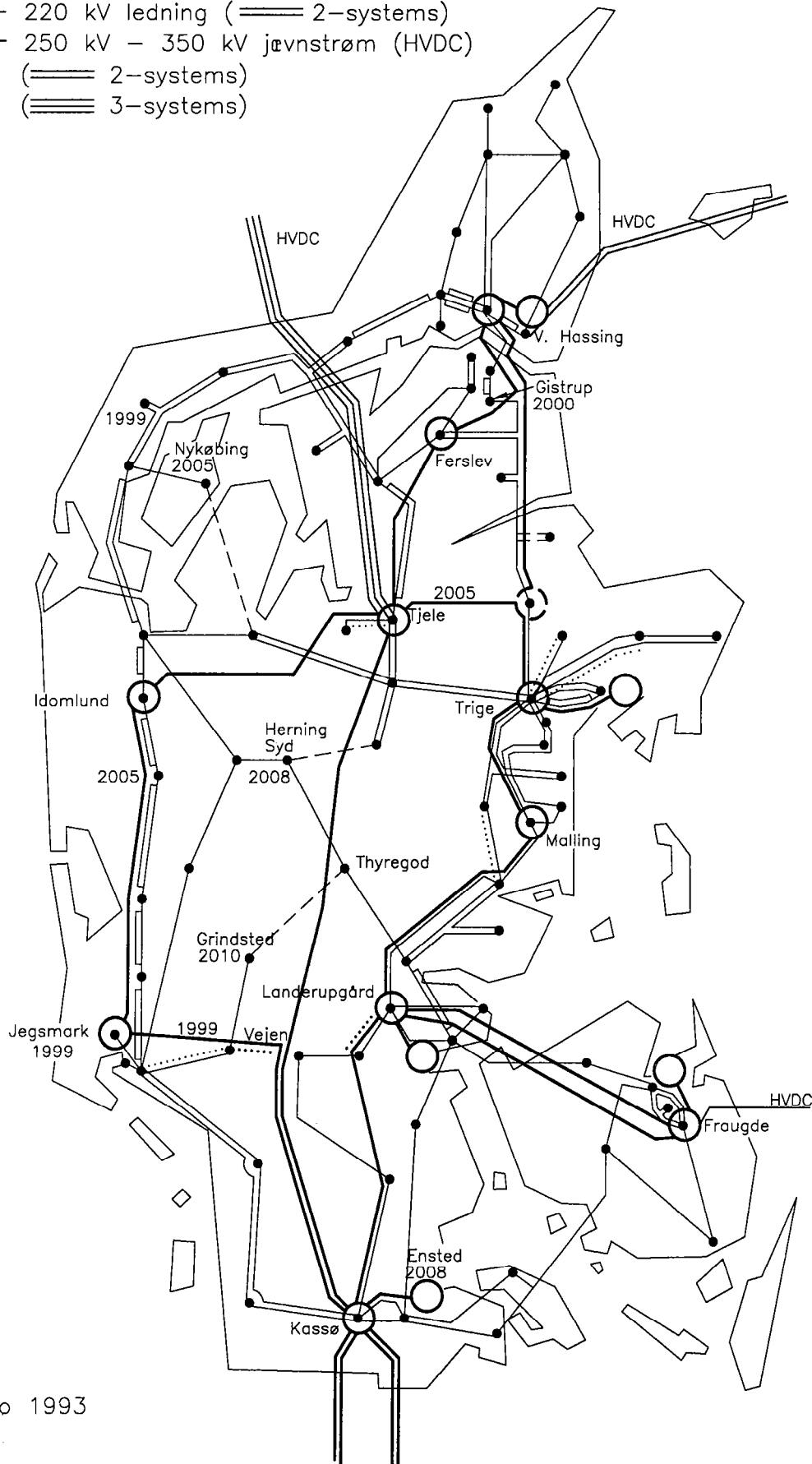


Forventet langsigtet netudvikling

Bilag 4
NUP 93

Tidligste idriftsættelsestidspunkt

- 150 kV station ◦ planlagt ○ 400 kV station
- ⊙ Transformering 400/150 kV ⊙ 220/150 kV
- 150 kV ledning (== 2-systems) (..... 1 system ophængt) (--- planlagt)
- 400 kV ledning (== 2-systems) (..... 1 system ophængt)
- == 400+150 kV kombiledning
- == 400 kV ledning, 2-systems m. 1 400 kV system og 2 150 kV systemer (..... 1 150 kV system ophængt)
- 220 kV ledning (== 2-systems)
- 250 kV – 350 kV jævnstrøm (HVDC)
- (== 2-systems)
- (== 3-systems)



Betalingsfordelinger for netanlæg

ELSAM har betalingspligt og ejendomsret på alle 400 kV-anlæggene, udlandsforbindelser ≥ 150 kV samt 150 kV-anlæg til regulering af den reaktive effektbalance.

Deltagerne har betalingspligt og ejendomsret på alle 150 kV-anlæggene (ekskl. reaktiv effekt og de til udlandsforbindelserne benyttede) samt 150 kV-andelen på eksisterende kombistrækninger.

Betalingsfordeling for anlæg fra og med 1. januar 1994

- a. I 1994 bygges kombineret 400/150 kV-ledning fra **Landerupgård** over Elbodalen til **Børup**. SV betaler en andel svarende til en enkeltledning med 772 mm² SA fra Landerupgård til jernbanen vest for Børup. ELSAM betaler resten.
- b. 150 kV-systemet på kombiledningen **Landerupgård-Hatting** hænges op i 1994. SV har tidligere betalt for strækningen Landerupgård-Høgsholt. SV betaler for ophængningen svarende til en enkeltledning 772 mm² SA på Høgsholt-Hatting. ELSAM betaler resten.
- c. I 1995 installeres 400 kV-reaktor i station **Trige**. ELSAM betaler hele beløbet.
- d. I 1997 bygges kombineret 400/150 kV-ledning **Vendsysselværket-Trige**. Den endelige ledningsføring afventer amternes godkendelse af regionplantillæg. MK og NK betaler svarende til en enkeltledning med 772 mm² inden for eget område.

ELSAM yder MK og NK et tilskud til 150 kV-masteandelen for begge strækninger på 70% af anlægsudgiften, svarende til 10 års fremrykning.

For 150 kV-ledersystemet på strækningen Trige-Hornbæk yder ELSAM et tilskud til MK på 10%. For 150 kV-ledersystemet til Hornbæk-Tinghøj-Ådalen yder ELSAM et tilskud til NK og MK på 85%.

Midtkraft betaler for indsløjfning i station Hornbæk. NK betaler for indsløjfning i station Tinghøj. ELSAM yder 70% tilskud til NK til indsløjfning i Ferslev, NK betaler resten.

ELSAM betaler alle omkostninger til fjernelse af de gamle 150 kV-ledninger.

- e. I 1997 hænges to 150 kV-systemer op på den eksisterende 400 kV-strækning **Malling-Ormlev**.

Betalingsfordelingen er ikke endelig fastlagt.

- f. I 1997 ombygges 150 kV-ledningen **Hatting-Hørning** til tosystemsledning. ELSAM yder et tilskud til SV på 70% af anlægsudgiften. SV betaler resten.
- g. I 1998 oprettes 400 kV-station **Ferslev** med transformering. NK betaler 150 kV-transformerfeltet, ELSAM resten.

ELSAMs betalingspligt for ledninger og felter for eksisterende anlæg fremgår af notat, som Netudvalget løbende opdaterer. Det bemærkes, hvis ejendomsforhold, driftsledelse eller erstatningsansvar (forsikringspligt) ikke følger betalingspligten. Erstatningsansvaret følger ejendomsforholdene.

Investeringsplan for fordelingsanlæg

Alle beløb er angivet i 1993 priser excl. byggerenter (kk.), excl. inflation

Udskrevet den 11 NOV 93.

Regnskabsår										
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000		
60 kv anlæg										
60 kv FV ialt	5600	2700	4600	3000	1000	0	0	23650		
60 kv MK ialt	9700	12700	7500	5000	8000	8000	8000	8000		
60 kv NE ialt	0	0	0	0	0	0	0	0		
60 kv NK ialt	0	0	0	0	0	0	0	0		
60 kv SH ialt	4000	4000	10800	7200	7400	4000	4000	4000		
60 kv SV ialt	8936	5675	15100	7000	13495	3690	5600	5600		
60 kv VK ialt	38000	39000	40000	39000	41000	35000	23000	20000		
i alt	66236	64075	78100	61200	70895	50690	40600	61250		

Regnskabsår										
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000		
150 kv anlæg										
150 kv FV	0	0	0	7000	0	7000	0	0		
150 kv MK	23200	43600	45400	12400	2291	0	0	0		
150 kv NE	15418	28643	73563	36693	17906	5400	8116	0		
150 kv NK	16100	3500	30500	19300	35858	4000	0	25000		
150 kv SH	0	0	0	9800	22400	0	0	0		
150 kv SV	25930	24892	5280	55200	14900	0	0	0		
150 kv VK	0	0	5000	5000	0	10600	10600	0		
Deltagerne i alt 150 kv	80648	100635	159743	145393	93355	27000	18716	25000		
60 kv	66236	64075	78100	61200	70895	50690	40600	61250		
Deltagerne i alt	146884	164710	237843	206593	164250	77690	59316	86250		
ELSAM	30215	59050	111600	225800	124501	68474	0	0		
i alt	177099	223760	349443	432393	288751	146164	59316	86250		

Regnskabsår										
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000		
FORDELING										
400 kv ledningsanlæg	7115	52726	113600	202300	82703	42624	0	0		
400/150 kv stationsanlæg og trf.	13900	84	900	18100	13278	30050	4200	0		
150 kv ledningsanlæg	14328	71175	118367	88349	106675	11800	14516	0		
150/60 kv stationsanlæg og trf.	75520	35700	38476	62444	15200	11000	0	25000		
60 kv anlæg	66236	64075	78100	61200	70895	50690	40600	61250		
i alt	177099	223760	349443	432393	288751	146164	59316	86250		

Investeringsplan for nye netanlæg
Alle beløb er angivet i 1993 priser excl. byggerenter (kr.), excl. inflation

Anlæg, der ikke tidligere har indgået i NUP'en, er angivet ved n.

Ny.Anlæg	Forventet i drift	Pris i alt af 1992	Betalt.Hidtil. 1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
60 kV FV ialt		40550	5600	2700	4600	3000	1000	0	0	23650
60 kV MK ialt		67000	9700	12700	7600	5000	8000	8000	8000	8000
60 kV NK ialt		0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 kV SV ialt		65096	8936	5675	15100	7000	13495	3690	5600	5600
60 kV NE ialt		0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 kV SH ialt		45400	4000	4000	10800	7200	7400	4000	4000	4000
60 kV VK ialt		275000	38000	39000	40000	39000	41000	35000	23000	20000
150/60 kV LOL trf. 2 (TAN)	93.10.01	3100 MK	100							
150/60 kV TAN ny trf.	93.10.01	11700 MK	1200							
150/60 kV st. DYB trf. 2	93.10.01	8240 NE	595							
150/60 kV st. FRD trf. 2	93.10.01	8240 NE	595							
150/60 kV st. AND trf.	93.12.01	23000 SV	1350							
150 kV LAG-Høgsholt oph.	94.06.01	14840 ELSAM		5640						
150 kV HAT-Høgsholt oph.	94.06.01	8760 SV		8760						
150/60 kV st. MLP trf.	94.10.01	25100 MK	300	16000						
150/60 kV st. NOR trf.	94.10.01	17600 NK	1200	1000						
400 kV BØP-LAG	94.11.01	13043 ELSAM	4602	1426						
400 kV FGD felt LAG 2	94.11.01	6508 ELSAM	6450	58						
400 kV LAG felt FGD 2	94.11.01	7476 ELSAM	7450	26						
150 kV BØP-LAG	94.11.01	6557 SV		6557						
150 kV BØP-RYT	94.11.01	13243 SV	650	8593						
n 400 kV TRI reaktor	95.05.01	16100 ELSAM		10200	5900					
150 kV MES-ASP	95.10.01	42300 MK	300	11500	30200					
150/60 kV st. ASP	95.10.01	26400 MK	300	16100	7100	2300				
150 kV NEV-BDK	95.10.01	72100 NE	1269	28643	42060					
150 kV Fjernkontrolanlæg	95.10.01	15000 NE		15000	15000					
150 kV Fjernkontrolanlæg	95.10.01	10000 NK		10000	10000					
150 kV ADL-ABØ renovering	95.10.01	7500 NK		7500	7500					
150/60 kV st. VIL trf. 2	95.10.01	12000 NK		2000	10000					
150/60 kV st. ABS trf. A	96.10.01	7000 FV			13207	7000				
150 kV BDK-SBA	96.10.01	33019 NE			3296	19812				
150/60 kV st. HVO trf. 2	96.10.01	8240 NE			4944	4944				
150 kV ADL-MOS renovering	96.10.01	9000 NK			9000	9000				
150/60 kV st. GES trf.	96.10.01	11000 SV	18	182	2000	8800				
150 kV MSL-Tingbro	96.10.01	24000 SV	1420	600	1000	20700				
150/60 kV MSL felter+trf. 2	96.10.01	3400 SV		200	200	3000				
150/60 kV BED reservetrf.	96.10.01	20000 SV	220		2080	17700				
400 kV kryds. Mariager fj.	97.06.01	21000 ELSAM		300	3600	16200	900			
400 kV NEV-TRI	97.06.01	249069 ELSAM	1324	100	76000	126000	6845			
400 kV NEV felt TRI	97.06.01	12106 ELSAM			11500	11500	606			
400 kV TRI felt NEV	97.06.01	8172 ELSAM		600	900	6600	672			
150 kV FER-Vårst afgr.	97.06.01	11880 ELSAM			5000	5500	780			
400 kV NEV-TRI	97.06.01	20491 MK			8100	10100	2291			

Igangværende og afsluttede F&U-opgaver i 1993

Følgende opgaver, som er relevante for nettet, er p.t. i gang med støtte fra forskning og udviklingsmidler:

1. Udvikling af **supraledende kabler** ved NKT. Anvendelse forventes først aktuel i elektroniken.
2. **Saltporurenet højspændingsisolation** indeholder en videreførelse af Saltrapporten fra 1984 og en vurdering af senere resultater med henblik på at opstille en generel statistisk dimensioneringsmodel.
3. Udvikling af **apparat til måling af salt** på isolatorer, så spuling kan foretages på et passende tidspunkt.
4. Færdiggørelse af det danske **lynlokaliseringssystem**. Formålet er at forbedre systemet og udarbejde analyseværktøjer samt at etablere og indkøre det nordiske on-line lyndatasystem.
5. **Overfladebehandling** af højspændingsmaster. Formålet er undersøgelse af renoveringsmuligheder ved forskellige overfladebehandlinger med malinger af forskellige typer samt at skaffe den nødvendige baggrund for valg af renoveringsprincipper.
6. **Dynamisk fasekompensering** af vindmøller. Formålet er at undersøge en ny teknologi, hvor en nyligt udviklet effektelektronisk komponent anvendes i statiske fasekompensatorer til dynamisk kompensering af vindmøller. Perspektiverne åbner mulighed for en generelt anvendelig kompensator til reaktiv effekt og overtoner i nettet (tabsminimering og spændingskvalitet).
7. **Temperaturovervågning af kabler**. Formålet er at skaffe baggrund for at udvælge et dimensioneringsværktøj for kabelanlæg samt på sigt at udvikle et on-line temperaturovervågningssystem, der løbende beregner mulig belastning for en kabelstrækning.
8. Afprøvning af **komposite isolatorer** ved Chalmers Tekniske Højskole, Sverige, er en videreførelse af tidligere projekter. Projektet er et nordisk samarbejde.

Følgende opgave er under forberedelse:

- A. Udvikling af 420 kV PEX-kabler ved NKT. Formålet er at udvikle et komplet 420 kV PEX-kabelsystem inkl. endeaftlutning og samlemuffer.

ELSAMs budgetterede andel af udviklingsopgaverne er i alt:

1993	4,33 mio. kr.
1994	4,84 mio. kr.
1995	2,11 mio. kr.
1996	0,48 mio. kr.

Afsluttede opgaver i 1993:

1. Afprøvning af **komposite isolatorer** ved Chalmers Tekniske Højskole, Sverige. Projektet var et nordisk samarbejde.
2. Vurdering af muligheden for styring af det elektriske felt ved **tilsætning af additiver** (f.eks. titaniumoxider) ved fremstilling af PEX-isolation. Formålet var både at undersøge anvendelse af PEX til jævnstrømskabler og at forbedre egenskaberne ved vekselstrømskabler for 150 kV- og 400 kV-niveau.
3. Bestemmelse af **ældningstilstand** i isolation (ZnO_2 -afledere, transformere, kabler mv.) ved hjælp af overføringsfunktioner. Undersøgelsen blev udført på Aalborg Universitetscenter og havde til formål at undersøge muligheden for diagnostisk vedligeholdelse under drift.
4. **Optiske måleværdigivere** var et erhvervsforskerprojekt i samarbejde med ELKRAFT. Formålet var at anvende fiberoptisk teknologi til måling af strømme og spændinger.
5. **T-2 faseledere**. Formålet var at undersøge, om det teknisk kan lade sig gøre, og om det økonomisk kan betale sig at fjerne piskningsfejl på 150/400 kV-nettet ved hjælp af T-2 faseledere. Projektet inkluderede trådtrækning på en prøvestrækning.
6. **Måleprogram med dosimetre** til bestemmelse af befolkningsgruppers elektromagnetiske hverdag. Undersøgelsen blev udført i samarbejde mellem DEF og Arbejdsmiljøinstituttet og havde til formål at kortlægge, hvor store magnetfelter folk færdes i, og dermed eventuelt udpege potentielle risikogrupper.