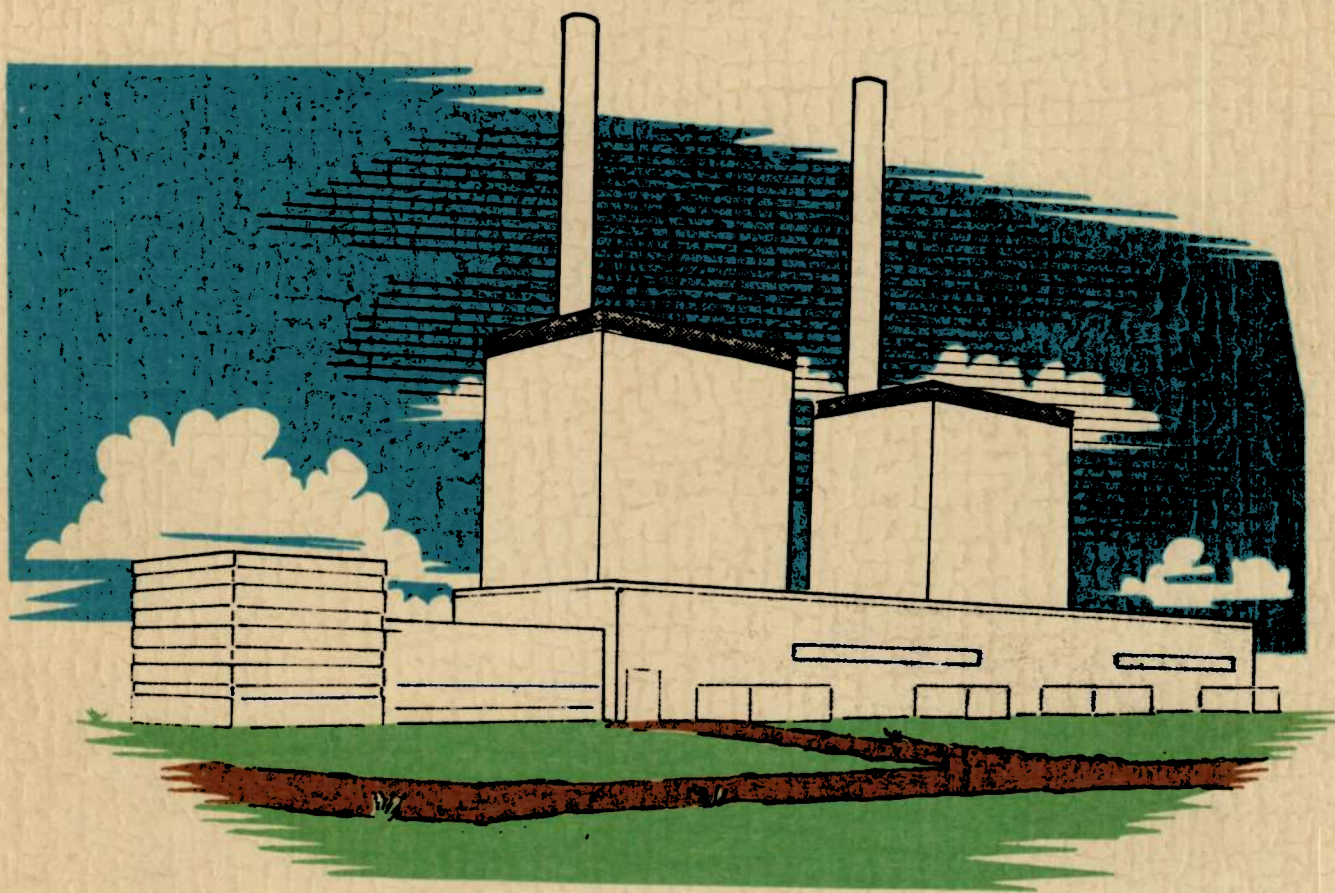


UTREDNING VEDR. OLJEKRAFTVERK I ØSTLANDSOMRÅDET



NORGES
VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
BIBLIOTEKET



NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN

STATSKRAFTVERKENE

VARMEKRAFTAVDELINGEN

Feb.1976

3N.2
JE

UTREDNING VEDR. OLJEKRAFTVERK I ØSTLANDS-OMRÅDET

NVE-Statskraftverkene
Varmekraftavdelingen

Februar 1976

INNHALDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG	Side 1
2. INNLEDNINGER og FORUTSETNINGER	" 5
3. GENERELT OM VIRKEMÅTEN AV OLJEKRAFTVERK	" 11
4. TEKNISKE OPPGAVER OVER UTSLIPP OG ANDRE MILJØFORSTYRRELSER	" 16
4.1 Utslipp til luft	" 16
4.2 Utslipp til sjø	" 18
4.2.1 Kjølevann	" 18
4.2.2 Salter og kjemikalier	" 18
4.2.3 Oljeholdig vann	" 19
4.2.4 Sanitært utslipp	" 19
4.3 Tekniske muligheter for begrensnng av utslipp	" 20
4.3.1 Utslipp til sjø	" 20
4.3.2 Partikkelutslipp	" 22
4.3.3 Utslipp av svoveloksyder	" 25
4.3.4 Utslipp av nitrogenoksyder	" 50
4.4 Støy	" 56
5. MILJØ OG HELSEVIRKNINGER	" 57
5.1 Utslipp til sjø	" 57
5.1.1 Generelt	" 57
5.1.2 Hydrofysiske forhold	" 57
5.1.3 Virkning på fiske og de biologiske forhold	" 59
5.2 Utslipp til luft	" 62
5.2.1 Generelt	" 62
5.2.2 Helsevirkninger	" 63
5.2.3 Virkning på skog, jordbruk, fauna, flora etc.	" 72
5.2.4 Andre virkninger	" 76
5.3 Friluftsinntresser	" 78
6. LOKALISERING	" 79
6.1 Lokaliseringsalternativer	" 79

6.1.1	Vardeåsen i Rygge	Side 79
6.1.2	Emmerstad i Vestby	" 85
6.1.3	Skjøttelvik i Hurum	" 91
6.1.4	Slagentangen i Sem	" 97
6.1.5	Naverfjorden i Brunlanes og underalt, Lillevik	" 103
6.1.6	Referansested på Sørlandet og i Nord-Rogaland	" 113
6.2	Lokaliseringsfaktorer	" 115
6.3	Vurdering av lokaliseringalternativene	" 118
6.3.1	Teknisk/økonomisk vurdering	" 118
6.3.2	Kjølevannsresipient	" 121
6.3.2.1	De ulike byggestedene	" 121
6.3.2.2	Sammendrag	" 123
6.3.3	Utslipp til luft	" 123
6.3.3.1	Generelt	" 123
6.3.3.2	Spredning av utslippene	" 124
6.3.3.3	Virkning på skog og landbruk	" 129
6.3.3.4	Helsevirkninger	" 130
6.3.3.4	Sammendrag	" 130
6.3.4	Naturvern og fortidsinteresser	" 134
6.3.4.1	Generelt	" 134
6.3.4.2	Område ved kraftstasjonen	" 135
6.3.4.3	Kraftledninger	" 135
6.3.5	Øvrige miljøvirkninger under bygging og drift	" 139
6.3.6	Regionale virkninger inkl. arbeidsmarkedet	" 141
6.3.6.1	Regionale forhold	" 141
6.3.6.2	Lokale forhold	" 142
6.3.6.3	Konklusjon	" 144
7.	ØKONOMI OG KOSTNADER	" 145
7.1	Innledning	" 145
7.2	Kapitalinvesteringer	" 146
7.3	Driftskostander	" 148
7.4	Kraftproduksjonskostnader	" 149
8.	FJERNVARME FRA VARMEKRAFTVERK.....	" 155

8.1	Innledning	Side	155
8.2	Hva er et kraftvarmeverk ?	"	156
8.3	Begrensende faktorer	"	157
8.4	Utbredelse av fjernvarmesystem	"	158
8.5	Videre utbygging i Norge	"	159
9.	REFERANSER	"	163

1. SAMMENDRAG

Denne rapporten utgjør et sammendrag av vurderinger som er gjennomført vedrørende fordeler og ulemper ved bygging av et oljefyrt varmekraftverk som et ledd i vår fremtidige elektrisitetsforsyning.

Utredningene er gjennomført på oppdrag av Industridepartementet og med bakgrunn i et vedtak fattet av Stortinget i forbindelse med behandlingen av St.melding nr.100,1973/74. (Energimeldingen) våren 1975.

I Stortingsvedtaket heter det at utredningene forutsettes å omfatte vurderinger av ressurs og miljøhensyn, økonomi og kostnader, lokalisering og hensynet til det alternative bruk av oljeressursene.

Den alternative bruk av oljeressursene er ikke behandlet i foreliggende rapport i det en har sett denne del av problemstillingen mer som en overordnet politisk avveining og målsetting.

I det følgende er viktige konklusjoner fra utredningene gjengitt:

Utslipp til
sjø

For den forutsatte utbygging på 1200 MWe er de varmemengder som går med kjølevann til sjøresipienten så vidt små at mulighetene for å drive kraftverket uten vesentlige ulemper for organismer i sjøen er store. Dette gjelder også ved lokalisering av kraftverket inne i Oslofjorden.

Utslipp til
luft

Basert på antatte utslippsmengder til luft av de mest aktuelle luftforurensningene, har er beregnet krav til skorsteinshøyder ved kraftverk. Beregningen viser følgende:

- hvis kraftverket fyres med olje med 0,5% svovel, og uten gassrensing, bør skorsteinene (en på hvert aggregat) ikke være lavere enn 100 m.

- hvis kraftverket fyres med olje med 1% svovel, og uten gassrensing, bør skorsteinene ikke være lavere enn 100 m.
- hvis kraftverket fyres med olje med 2,5% svovel, og avgassene renses med sjøvann, må en selv med skorsteiner på 150 m etteroppvarme avgassene til minst 75°C for å sikre tilstrekkelig røykhevning.

Helseeffekter av luftutslipp

Uten forholdsregler kan utslippene til luft fra et oljefyrt varmekraftverk ha visse helsemessige konsekvenser. Man har idag ikke full oversikt over konsekvensene av slik luftforurensning, men forutsetter at uønskede helseeffekter unngås om gjeldende luftkvalitetsnormer oppfylles.

Skogskader

Selv om en anvender olje med meget lavt svovelinnhold (0,5% S), kan en ikke sikre seg mot at sviskader på trær og vekster i de nærmeste kilometrene fra kraftverket kan forekomme under ugunstige spredningsforhold. Dette vil spesielt kunne forekomme i sommerhalvåret, og vil bare berøre begrensede arealer i hvert tilfelle.

Korrosjons-skader

I området rundt et oljefyrt varmekraftverk må en vente noe sterkere atmosfærisk korrosjon enn i et uforurenset område.

Forsurningsproblemer

Forsurnings problemene vil med de gitte forutsetningene være de mest avgjørende for vurdering av de forskjellige utslippsalternativene og regionmessig lokalisering. Spesielt synes en lokalisering på Sørlandet å være ugunstig, da en relativt liten økning i svovelnedfallet kan føre til store miljøproblemer.

Reduksjon av utslipp

Utslipp fra et oljefyrt kraftverk kan reduseres enten ved å foreskrive bruk av olje med lavt innhold av forurensende komponenter (svovel og aske) eller ved å installere utstyr for rensing av røkgassene. Ferdig utviklede anlegg i full skala for avsvovling av røkgasser anses ikke å finnes idag.

Kostnader

Kostnadene for den fastkraftøkning et oljekraftverk i Oslofjorden på 1200 MWe ville gi grunnlag for i vårt kraftsystem i midten av 80-årene er beregnet til 14-15 øre/kWh, forutsatt at verket utnytter olje med 0,5% svovel. Verket er beregnet å få en gjennomsnittlig brukstid på 3500 fullasttimer pr.år.

Usikkerheter i kostnadsberegning

Prisen på olje med 0,5% svovel et anslått å ligge ca. 35 kr/tonn høyere enn for olje med 2,5% svovel. Det er sannsynlig at denne prisdifferansen er for lavt anslått spesielt på lengere sikt. Dette kan medvirke til at anlegg med røkgassrensing og utnyttelse av olje med høyere svovelinnhold kan bli økonomisk gunstigere. Det er da ikke regnet med at røkgassrenseanleggene kan påvirke kraftverkets totale tilgjengelighet.

Vurdering av lokaliseringsalternativ m.h.t. luftforurensning

Ut fra en samlet vurdering av de forskjellige miljøpåvirkninger forårsaket av luftforurensninger, har en kommet fram til følgende konklusjoner:

- lokalisering i Nord-Rogaland er noe gunstigere enn Oslofjordalternativene, mens Sørlandsalternativet synes å være det ugunstigste.
- det er vanskelig å skille de ytre og indre byggestedene i Oslofjord-området.

Lokalisering m.h.t spillvarmeutslipp

En klart definert kvalitetsforskjell mellom de behandlede lokaliseringsalternativene m.h.t. virkningene av kjølevannsutslipp er ikke mulig å angi. Generelt antas at de kjølevannsmengder det er tale om ikke vil gi vesentlige ulemper.

Lokalisering og kraftledningsutbygging

En lokalisering i Nord-Rogaland vil medføre omfattende kraftledningsutbygging for overføring av kraften østover til Oslofjord-området. Også Sørlandsalternativet ligger langt fra belastningstyngdepunktet og vil kreve lange overføringsledninger.

Lokalisering og
kostnader

Lokalisering i Nord-Rogaland vil betinge merkostnader på 700-800 mill.kr i forhold til de fleste alternativene i Oslofjorden. Disse merkostnadene er betinget av kraftledningsutbygging og nødvendigheten å bygge flere aggregater for en total installasjon på 1200 MWe. Lokaliseringene i Oslofjorden vil naturlig falle økonomisk gunstig ut.

Lokalisering
og lokale/regionale
forhold

Gjennomgangen av lokale og regionale målsettinger og planer viser at det i alle de alternative lokaliseringsområdene vil være rom for den aktivitetsøkning som verket vil føre med seg. Uansett lokalisering vil imidlertid virksomheten ved en utbygging bli av et slikt omfang at det bør legges stor vekt på å få til en koordinert planlegging.

Lokalisering
og totale
miljøkonse-
kvenser

Sørlandsalternativet er det ugunstigste p.g.a. forsyningsproblemene i denne landsdelen og p.g.a. de relativt lange kraftlinjene.

Selv om virkningen av utslipp til luft og vann kan være noe mindre ugunstig for alternativet Nord-Rogaland enn for enkelte av Østlandsalternativene, vil de lange kraftlinjene over fjellet virke sterkt i retning av at lokalisering i Østlandsområdet er å foretrekke.

2. INNLEDNING OG FORUTSETNINGER

Innledning

St.meld.nr. 100
(1973-74)

Under behandling av Energimeldingen (innst. s.nr. 255, jfr. St.meld. nr. 100 (1973-74) i vårsesjonen 1975 gjorde Stortinget følgende vedtak:

Utrednings-
direktiv

"Regjeringa vert oppmoda om å føreta ei grundig utgreiing og vurdering av føremoner og ulemper ved bygging av eit oljefyrt varmekraftverk som ledd i den framtidige elektrisitetsforsyninga i Noreg. Føresetnaden er mellom anna at utgreiinga vil omfatta vurderingar av ressurs og miljøomsyn, økonomi og kostnader, lokalisering og om-synet til det alternative bruk av oljeressursane".

I brev av 11.7.75 fra Ind.dept. til NVE blir NVE anmodet om å utføre en utredning og vurdering av oljekraftverk med lokalisering på Østlandet. Det forutsettes at denne utredningen skal kunne forelegges Stortinget vårsesjonen 1975 samtidig med saken om gasskraftverk Karmøy/Tysvær.

En slik utredning vil spenne over mange fagområder og NVE har derfor trukket inn kompetanse fra instanser også utenfor etaten i dette utredningsarbeidet.

"Styringsgruppe"

Dette førte også til at det i forståelse med Industridept. og Miljøverndept. ble opprettet en Styringsgruppe, som har hatt ansvar for at nødvendige delutredninger har blitt gjort på en faglig forsvarlig måte og av kompetente organer.

I Styringsgruppen har deltatt representanter for Industri-dept., Miljøverndept., Kommunal- og Arbeidsdept., Landbruks-dept., Statens forurensingstilsyn og NVE.

Forutsetninger

Lokaliserings-
alternativ

Ialt 5 lokaliseringsalternativ som anses representative for Oslofjordområdet, har vært vurdert. Disse er:

Vardeåsen i Rygge kommune
Emmerstad i Vestby kommune
Skjøttelvik i Hurum kommune
Slagentangen i Sem kommune
Naverfjorden i Brunlanes kommune

I Brunlanes kommune har en også vurdert ytterligere et underalternativ som ligger ved Lillevik.

Oppdraget til NVE gjaldt vurdering av kraftverk lokalisert i Østlandsområdet.

Referanselokal-
isering i andre
landsdeler

For å få frem mulige forskjeller mellom lokalisering i Østlandsområdet og andre landsdeler har også følgende referansesteder som anses representative for sin landsdel vært gjenstand for vurderinger:

Skare i Tromøy kommune, Aust-Agder
Kårstø i Tysvær kommune, Rogaland

Lokaliseringsstedene er vist på fig.2.1.

Driftsmåte

Et oljebasert varmekraftverk har i et vannkraftbasert system - som det norske - som funksjon å utjevne produksjonen fra år til år. Det vil si at et oljekraftverk i år med lite tilsig og små magasiner vil kjøre for fullt en vesentlig del av året, mens det i vannrike år vil kjøre lite eller kanskje vil stå hele året. Et oljekraftverk vil dermed foredle til fastkraft en del av den spillkraft som er tilstede i vannrike år.

Driftstid

Mest kjøring
høst og vinter

En har beregnet den midlere brukstid for et oljekraftverk, som blir tilført det norske system i midten av 80-årene, til å bli ca. 3500 timer, men varierende fra år til år fra 0 til 7000 timer pr. år. I år med mindre produksjon enn teknisk mulig vil en vesentlig del av kjøringen skje høst- og vinterstid frem mot vårløsningen. Denne fordelingen av kraftverkets drift fra år til år og over årstidene har betydning for vurdering av virkningen av utslippene av forurensninger og da spesielt luftforurensinger.

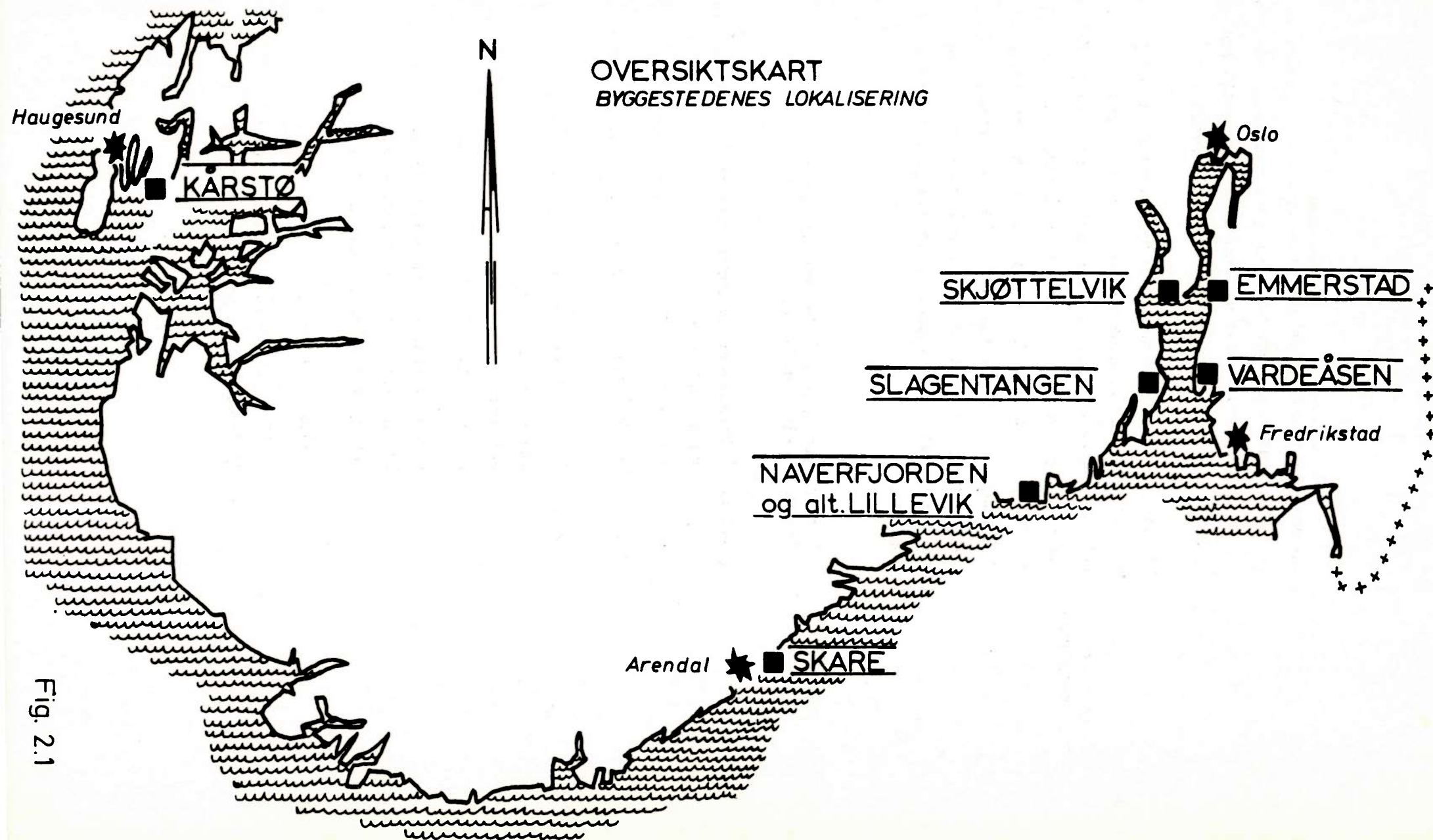


Fig. 2.1

Behovet for tilskudd av elektrisk kraft vil i denne tidsperioden vesentlig være tilstede på Østlandet. Uavhengig av lokaliseringssted for et eventuelt varmekraftverk må kraften derfor føres frem til Østlandsområdet.

Aggregat- og
stasjonsstørrelse

På det utenlandske markedet er aggregatstørrelser på ca. 600 MWe idag teknisk vel etablert og utprøvet. Da en slik størrelse teknisk og økonomisk er gunstig på Østlandet har en valgt aggregat-størrelse på 600 MWe som basis for utredningen. En har funnet det riktig å forutsette at en utbygging til 2 slike aggregater kan bli aktuell. Alle beregninger og vurderinger av utbygging av oljekraftverk har derfor tatt utgangspunkt i en stasjonsstørrelse på 1200 MWe.

Delutredninger

Utredningen bygger i det vesentlige på følgende delutredninger:

Ref.1. " Virkninger av luftforurensninger fra et oljefyrt varmekraftverk".

(Østlandet - Rogaland - Sørlandet)

Norsk institutt for luftforskning, november 1975.

Ref.2. " Termisk kraftverk i Oslofjord-området",

Resipientvurderinger

Samlerapport

November 1975

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (HI)

Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA)

Vassdrags- og Havnelaboratoriet (VHL)

Tillegg til ref.2.

" Tilleggsrapport til Samlerapport".

Gjelder utslipp på 35 m³/s., Januar 1976.

Ref. 3. " Enkelte regionale og lokale vekst- og utbyggings-
konsekvenser ved lokalisering av oljekraftverk".
Februar 1976.

Utarbeidet av tjenestemenn i Kommunal og Arbeids-
departementet, Arbeidsdirektoratet og Miljøvern-
departementet.

Ref. 4. " Havnemuligheter for større tankfartøy i Oslofjorden".
Notat av 22/12-75 fra Kystdirektoratet.

Ref. 5. " Disposisjonsplaner for utbygging av oljekraftverk
i Oslofjord-området".
NVE-Statskraftverkene 1975.

Ref. 6 "Utredning av naturvernspørsmål i forbindelse med en
eventuell lokalisering av oljefyrt kraftverk i
Oslofjorden".
Naturverninspektøren for Sør-Norge, 1976.

Ref. 7 " En vurdering av utslipp fra et sjøvannsvaskeanlegg
for røkgassene fra oljekraftverk".
Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) 15/1-76.

Ref. 8 Landbruksmessige virkninger.

" Lokalisering av kjernekraftverk i Oslofjord-
området".

Fylkeslandbrukssjefer i de 5 berørte fylkene. 21/2-74.

Supplement til ovennevnte utredning,
Landbruksdepartementet 4/2 1976.

"Angående nøytralisering av surt nedfall i form av sulfat".

Isachsen, Landbruksdepartementet 21/1 1976 og 10/2 1976.

Ref. 9 Ingeniørgeologisk vurdering av oljehaller i fjell.
En rapport er utarbeidet for hvert byggested.
Norges geotekniske institutt februar 1976.

Ref.10 Begroingsproblemer i sjøvannsledninger.

Norsk institutt for vannforskning oktober 1974.

Dessuten har en i stor utstrekning benyttet
følgende utredning

" Fremtidige termiske kraftgenereringsformer
i Norge" NVE-Statskraftverkene, januar 1974.

3. GENERELT OM VIRKEMÅTEN AV OLJEKRAFTVERK

Energi-
omvandling

I et oljefyrt dampkraftverk omvandles kjemisk energi i olje til elektrisk energi via en dampkraftprosess. Energiomvandlingstrinnene omfatter overføring av kjemisk energi i olje til varme ved forbrenning, overføring av varmen til et vann/dampsystem, omvandling av varmeenergi til mekanisk energi og omvandling av mekanisk energi til elektrisk energi. I et oljekraftverk overføres omtrent 40 % av energien i oljen til elektrisk energi.

Kjelanlegg

Produksjonen av damp skjer i kjelanlegget. De prosesser som foregår her er forbrenning og overføring av forbrenningsvarme til vann/dampsystemet. Forbrenningen skjer via forstøvning av olje og tilsats av forbrenningsluft i et antall brennere. Overføringen av varme til vann/dampsystemet skjer dels som stråling til strålingsheteflater og dels som konveksjonsheteflater. Disse flatene er bygget opp av rør som overspyles av røkgass på utsiden, og av vann eller damp på innsiden. Vel 90 % av forbrenningsvarmen overføres vanligvis til vann/dampsystemet. Den resterende varme går tapt, alt vesentlig som varme i avgass. Damptrykket i kjelen kan ligge i området 170-250 bar, og damptemperaturen kan være ca. 540°C.

Turbinanlegg
og kondensator

Denne dampen føres til dampturbindelen, ekspanderer til et passende mellomtrykk i turbinanlegget og returneres så til kjelen for ny oppvarming. Dette kalles mellomoverhetting. Etter en slik gjenoppvarming ekspanderer dampen videre, og kondenseres tilslutt i kondensatoren. Kondensasjonsvarmen fjernes via kjølevannet og representerer det vesentligste varmetap i turbinanlegget. Fra kondensatoren pumpes kondensatet tilbake til kjelen og forvarmes på veien i et antall trinn ved hjelp av damp som tappes av fra turbinen ved visse trinn i ekspansjonsforløpet.

I praksis omfatter derfor et oljekraftverk hovedkomponentene kjelanlegg, turbinanlegg med tilkople generator, samt kjølesystem for bortføring av kondensasjonsvarmen. Spesielle

Anlegg for
oljeforsyning

tilleggsinstallasjoner for oljefyrte verk omfatter utstyr for lossing, lagring, og forbehandling av oljen for forbrenning. Slike installasjoner kan omfatte kaianlegg, oljelager i form av tanker eller fjellrom, utstyr for forvarming og rensing av olje.

Fig. 3.1 viser det termiske skjema for et dampkraftverk med mellomoverheting, fig. 3.2 viser et snitt gjennom et dampkraftverk og fig. 3.3 viser et oljefyrt dampkraftverk.

Brennstoff til kraftverket forutsettes å være tungolje, Bunker C, eller fyringsolje nr. 6, men med alternative svovelinhold.

DAMPKRAFTVERK

TERMISK SYSTEM, MED MELLOMVERHETNING

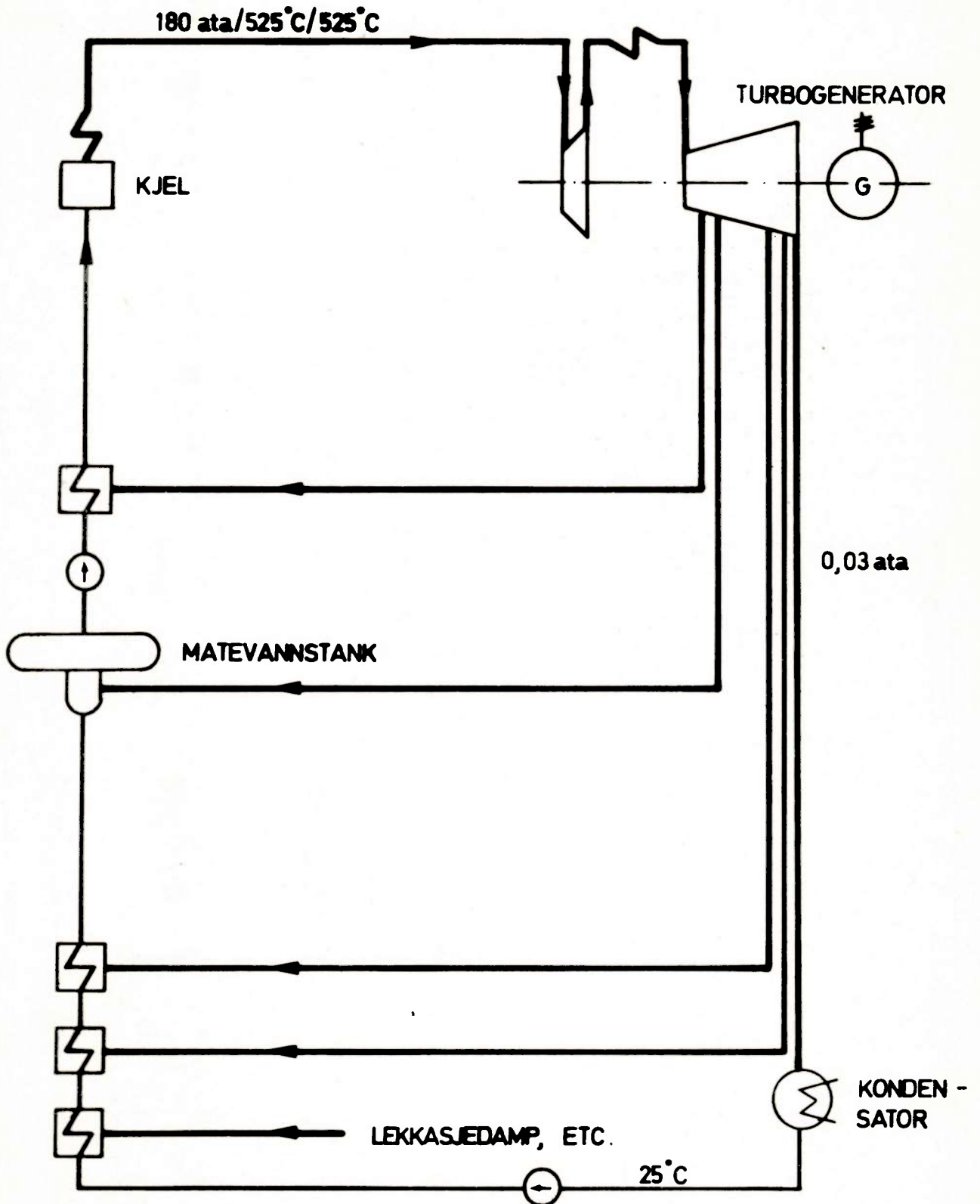
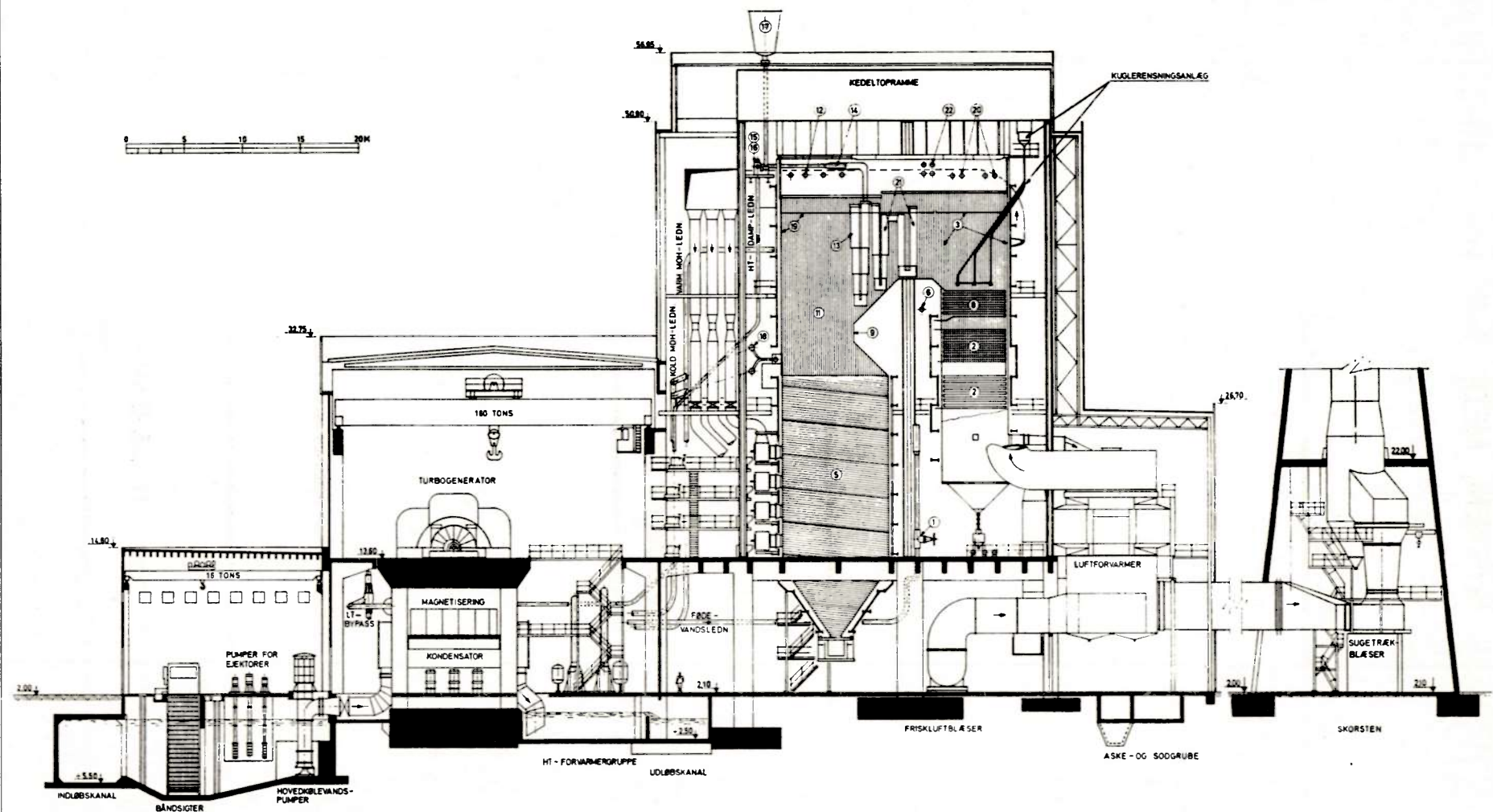


Fig. 3.1

Fig. 3.2



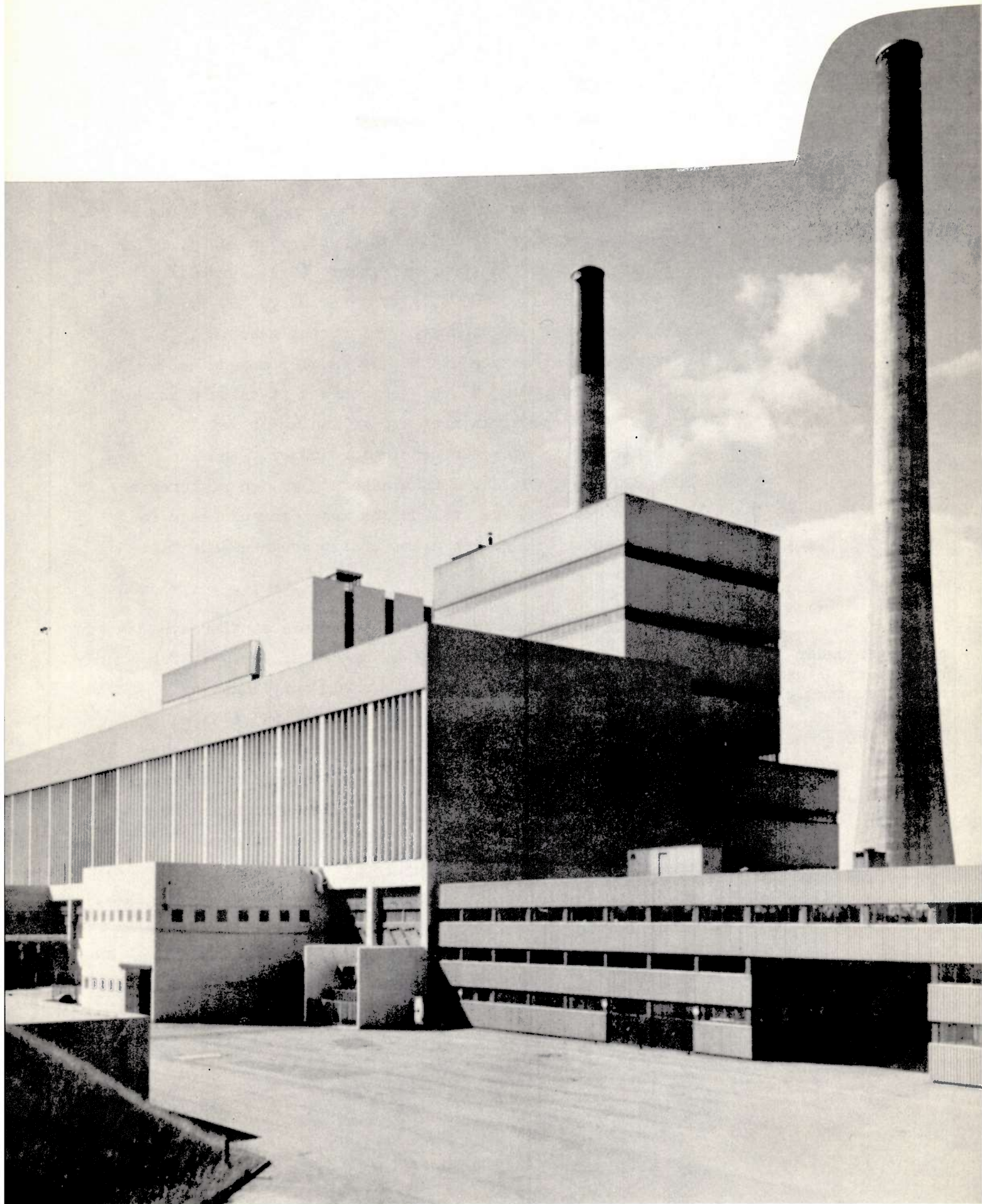


Fig. 3.3

4. TEKNISKE OPPGAVER OVER UTSLIPP OG ANDRE

MILJØFORSTYRRELSER

4.1 Utslipp til luft

Sammensetning av
røkgasser

Ved forbrenning av olje vil røkgassen fra kjelen i alt vesentlig bestå av karbondioksyd (CO_2), vann (H_2O), uendret nitrogen fra forbrenningsluft (N_2), surstoff (O_2), svoveldioksyd (SO_2) og svoveltrioksyd (SO_3), nitrogenoksyder (NO_x), spor av uforbrent gass (CO , CH -forbindelser), spor av sot, og en viss mengde aske. Andelen av CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 som stort sett anses å ha små miljømessige virkninger utgjør vanligvis vel 99 % av samlet vektmengde forbrenningsprodukter. Andelen SO_2 , SO_3 , NO_x , CO , CH , sot og aske utgjør den resterende del, men det er disse utslipp som anses mer uønskede for omgivelsene. Det er mot disse utslippsbegrensende tiltak settes inn.

Utslippsmengder
bestemt av oljens
sammensetning og
forbrennings-
betingelser

Mengde og sammensetning av disse uønskede stoffer avhenger dels av sammensetning av brenselet, dels av forbrenningsbetingelsene. Samlet mengde som dannes av SO_2 og SO_3 er bestemt av svovelinnholdet (S) i oljen. Fordelingen mellom dem avhenger imidlertid av forbrenningsbetingelsene. Foruten av oljens innhold av nitrogen er mengden av NO_x bestemt av forbrenningsbetingelsene. Mengdene av CO , CH -forbindelser og sot er likeledes bestemt av forbrenningsbetingelsene. Mengden av aske er derimot helt bestemt av brenselssammensetning. Sammensetning av asken varierer betraktelig, særlig hva angår innholdet av såkalte tungmetaller som vanadium, nikkel og jern.

Tabell 4.1 illustrerer variasjonsområder for sammensetningen av noen tungoljer, tabell 4.2 variasjonsområder for utslippsmengder.

Tabell 4.1 : Sammensetning av noen tungoljer:

Kilde		Nordsjøen	Midt-Østen	Karibien
Svovel	%	0,30	2,5-3	midd. 2,5 %
Nitrogen	%	0,23	0,2-7	0,2-0,7
Aske	%	0,01	0,05	0,1-0,2
derav vanadium	ppm	4	20-100	500
derav nikkel	ppm	5	20-50	50

I praksis blander oljeselskapene ofte oljen fra ulike kilder for å utjevne større avvik i sammensetning, som eksempelvis svovelinnehold.

Tabell 4.2 : Mulig variasjonsområde for utslippene fra et 2 x 600 MWe oljekraftverk, uten røkgassrensing.

Utslipp		Mengde	
Svoveldioksyd (innhold i brensel 0,5-2,5 % S)		2,6-13,7 tonn/time	
Nitrogenoksyder (innhold i brensel 0,1-0,8 % N)		2 - 3	"
Aske (innhold i brensel 0,01-0,05 %)		26-130	kg/time
Vanadium (innhold i brensel 10-100 ppm)		3-26	"
Nikkel (innhold i brensel 10-50 ppm)		3-13	"
Sot, middel		ca. 240	"
CO, middel		" 360	"
CH, middel		24	"

Svoveldioksyd

Svoveldioksyd-utslippet er gitt ved innholdet av svovel i oljen. Dersom man benytter tungolje, Bunker C og svovelinnehold 1 %, vil utslippet av svovel fra et 1200 MW oljekraftverk være ca. 2600 kg/time eller 5200 kg SO₂ pr. time. Brennstofforbruket er da ca. 260 tonn/time.

Røkgassvolum: 1.600 000 Nm³/time.

Nitrogenoksyder

NO_x -dannelsen ved forbrenning er av kompleks natur og man kan ikke teoretisk beregne mengdene som dannes. En rekke undersøkelser har imidlertid vist at oksyderingen av luftens nitrogen vil øke med flammentemperaturen, brennkammerbelastningen, luftoverskuddet og anleggsstørrelsen og vil ligge på ca. 10 g NO_2 pr. kg. olje.

Kulloksyd og hydrokarboner

Mengdene av CO og CH-forbindelser i røkgassen avhenger av forbrenningsbetingelsene og da i første rekke av luftoverskuddet, forbrenningstemperaturen og blandingsforholdene i forbrenningssonen. CO og CH-innholdet minker kraftig med økende luftoverskudd. Virkningsgraden til kjelen går ned med økende luftoverskudd. Av økonomiske og miljømessige grunner søker en derfor å begrense luftoverskuddet.

4.2 Utslipp til sjø

Utslippene til sjøen kan deles opp i 4 kategorier: Utslipp av oppvarmet vann, utslipp av salter og kjemikalier, utslipp av oljeholdig vann, og sanitært spillvann.

4.2.1 Kjølevann

Mengde og temperaturøkning

Kjølevannet tas gjennom tunneler fra havet og returneres dit. Mengden for 2 x 600 MW vil være ca. 35 m³/sek. ved en temperaturøkning på kjølevannet på 10°C. Kjølevannsmengden kan reduseres, men dette gir en større temperaturøkning. Den maksimale temperaturøkning som kan anses teknisk rimelig er 18°C, tilsvarende en kjølevannsmengde på ca. 22 m³/sek. Om ingen andre restriksjoner foreligger fastlegges disse størrelser på basis av en teknisk/økonomisk optimering.

4.2.2 Salter og kjemikalier

Klor

Det kan vise seg nødvendig i visse perioder å tilsette kjølevannet klor (anslagsvis 0,5 g/m³) for å forhindre

- a) blåskjelldannelse i kjølevannskretsen
- b) algebelegg på varmeflater i varmevekslere

Behov og virkninger av klortilsetning er behandlet nærmere i ref. 10.

I tillegg vil det bli utslipp som inneholder noen salter og kjemikalier som er tilsatt i forskjellige deler av prosessen.

Natriumfosfat

Dette gjelder kjelevannet som tilsettes natriumfosfat for å unngå kjelstein.

Salter

Videre akkumuleres en del salter i ionebyttere. Saltene blir drenert bort ved regenereringen av ionebytterne.

Nøytralisert
sitronsyre

Kjelene beises med 3 % løsning av sitronsyre før første igangkjøring. Utslippet av sitronsyreløsning blir nøytralisert med amoniakk. Beisingen vil bli gjentatt etter 1.driftsår, deretter hvert 3. til 4. år.

4.2.3 Oljeholdig vann

Alt oljespill fra oljehallene i fjell og fra prosessområdet antas ledet til API-separatorer for rensing. Renset vann vil så bli tilført resipienten. Oljen som skummes av blir sendt tilbake til oljelageret. Det må forventes noe oljespill ved lossing av tankbåter. Normalt vil dette være av beskjedent omfang. Unntagelsesvis kan det oppstå mer alvorlige uhell, men for anlegg av denne type, kreves det på plassen etablert et omfattende beredskapssystem. En kan få en viss pekepinn på omfanget av oljespill ved å sammenligne med erfaring fra oljeraffinerier. Den hyppigste årsak til større utslipp er der overfyllinger ved lasting, noe som ikke vil forekomme ved et värmekraftverk, der det bare er aktuelt med lossing av olje. Erfaringene viser videre at omkring 90 % av oljesølet blir fanget opp igjen.

4.2.4 Sanitært utslipp: Sanitært spillvann renses i overenstemmelse med gjeldende krav og slippes ut i resipienten.

4.3 Tekniske muligheter for begrensning av utslipp

De utslipp som omtales i dette kapittel er:

Utslipp til sjø:

Utslippsarter

- Oppvarmet kjølevann
- Kjemikalier

Utslipp til luften:

- Partikkelutslipp
- Utslipp av svoveloksyder (SO_2 og SO_3)
- Utslipp av nitrogenoksyder (NO , NO_2 , NO_x).

SO_2 - utslipp
er for tiden det
mest omtalte

Av disse er det SO_2 -utslippet som har påkalt størst oppmerksomhet og det er her de største anstrengelser har vært gjort for å få utslippet redusert. Den største del av dette kapittel vil derfor omhandle dette emne, mens de øvrige vil bli gitt en foholdsvis kort omtale.

4.3.1 Utslipp til sjøen

Innledning

Det dreier seg om to slags utslipp:

- a Oppvarmet kjølevann
- b Kjemikalier (herunder klor)

Utslipp fra et eventuelt sjøvannsvaskeanlegg for røkgass omtales under avsnitt 4.3.3 - C 6

Oppvarmet kjølevann

Kjølevann

For et 600 MW kraftverk blir kjølevannsmengden ca 18 m^3 /sek. ved en temperaturstigning på 10° C .

Kjøletårn kan
brukes hvis
direkte kjøling
ikke er mulig

Ved utenlandske varmekraftverk hvor tilgangen av kjølevann er begrenset og hvor det ikke er adgang til å slippe ut det oppvarmede vannet, avgir kjølevannet sin varme til luften i store kjøletårn og resirkuleres tilbake til kraftverket. Endel vil dog fordampe i kjøletårnet, så en viss vannmengde vil stadig måtte tilsettes. Dette arrangement medfører dog betydelige ulemper. Kraftverket blir vesentlig fordyret og virkningsgraden nedsettes.

Kjøletårnet er en meget stor og dominerende konstruksjon, og i kaldt vær vil det dannes en stor dampsky over tårnet og fuktighets-nedslag i omgivelsene. Hvis direkte kjøling kan anvendes uten altfor store skadevirkninger, er dette langt å foretrekke (Kfr. ref. 32).

Kjemikalier

Sure kjemikalier vil bli nøytralisert

Når unntas klor, stammer kjemikaliene vesentlig fra rensing av kondensat og spevann, samt fra periodisk rengjøring av kjelen. Det dreier seg om meget små mengder, de vil såvidt mulig bli sluppet ut i kjølevannsstrømmen hvor de blir sterkt fortynnet. Dreier det seg om sure stoffer, vil disse bli nøytralisert før utslippet.

Klortilsetning kan bli nødvendig

Klortilsetning til kjølevannet kan bli nødvendig for å hindre begroing av veggene i kjølevannssystemet og rørene i kondensatoren. I hvilken grad det blir nødvendig, er vanskelig å si på forhånd. Ved inntak på dypt vann vil i alminnelighet begroingen bli liten og behovet for klor-tilsetning bli tilsvarende redusert. Blir tilsetning nødvendig, vil man søke å eksperimentere seg frem til den metode som gir minst mulig skade.

4.3.2 Partikkelutslipp

Innledning

Stort partikkel-
utslipp ved
kullfyring

Inntil for få år tilbake har utslippet av partikler (aske og sot) i røkgassen bare vært ansett som et problem ved kullfyring hvor brenslet kan inneholde opptil 10 % (eller mere) aske. Ved kullpulverfyring går det meste av asken ut fra kjelen sammen med røkgassen. I tillegg kommer noe sot og uforbrente kullpartikler. Ved kullfyrte kraftverk har det derfor allerede i lengere tid vært vanlig å bruke partikkelutskiller, og da helst i form av elektrofilter.

Partikkelut-
slipp ved
oljefyring
vesentlig
lavere enn
ved kull-
fyring.

Ved oljefyrte kraftverk er asken i brenslet av en helt annen størrelsesorden, f.eks. 0,1%, og det har inntil fornylig ikke vært vanlig å benytte partikkelutskillere. Det første land hvor man begynte å bruke partikkelutskillere også ved oljefyrte kraftverk, var Japan i slutten av 60-årene. Senere er det også i andre land innført såvidt strenge restriksjoner på partikkelutslipp at det her i mange tilfeller ble nødvendig å bruke partikkelutskiller. (Ref. 31). Den tillatte utslippsgrense er i en del land:

Utslipps-
grenser

U.S.A. (føderale bestemmelser, i enkelte stater kan de
- være strengere) 0.18 gr. pr mill. cal. tilført i oljen,
gjennomsnitt over 2 timer (tilsvarer ca. 1.8 gr. pr.
kg olje).

V. Tyskland:

- 50 mg. pr. Nm³ røkgass (tilsvarer ca. 0.6 gr. pr. kg
olje).

Japan:

- 20 mg. pr. Nm³ røkgass (tilsvarer ca. 0,3 gr. pr kg
olje).

Sverige:

- 1 gr. pr. kg olje (i gjennomsnitt over en måned)

Fyringsoljens askeinnhold kan variere fra 0.1 til 1 gr.
pr. kg, eller være enda høyere. Når det dertil dannes
sot og kokspartikler under forbrenningen, fremgår det

Flere ut-
skillertyper.

klart at skal ovennevnte grense holdes, må det innstalleres partikkelutskillere hvis man ikke er garantert levering av olje med meget lavt askeinnhold. For rensing av røkgass fra kraftverk kommer to typer utskillere på tale syklonutskillere og elektrostatiske utskillere, (elektrofiltre). En tredje type - posefiltre - som brukes for meget små partikkelstørrelser, f.eks. støv fra ferrosiliciumovner, er enda ikke utviklet for kraftverksbruk.

Syklonutskillere

Virkemåte
syklonut-
skillere

Virkemåten går ut på at gassen gis en roterende bevegelse, hvorved støvpartiklene skilles ut på grunn av sentrifugalkraften. Utskillingen er effektiv bare for partikler større enn 10 μ . Rensingseffekten vil derfor være avhengig av størrelsesfordelingen av partiklene i røkgassen.

Elektrostatiske utskiller

Virkemåte
elektrostat-
iske utskill-
ere.

Virkemåten går ut på at røkgassen passerer forbi en rekke elektroder med en høy negativ spenning. Elektrodene er plassert mellom to jordete plater. Gassen som passerer elektrodene blir ionisert, og avgir sin ladning til støvpartiklene som deretter avsetter seg på den jordete platen. Denne blir fra tid til annen vibrert ved hjelp av en bankemekanisme, og støvet faller ned i en samlebeholder. (Kfr. fig. 4.1). Elektrofiltre kan bygges for utskilling av meget små partikler og kan oppnå en meget høy effektivitet (98-99%)

Valg av utskillertype

Forskjellige
partikkel-
størrelser.

Partiklene i røkgassen består av tre hovedtyper: Askepartikler som stammer fra oljen. Disse er meget små, vanligvis under 10 μ Sot dannet under forbrenningen. Disse partikler er vanligvis under 10 μ unntatt under sotingsperioder hvor større sotflak kan rives løs.

Kokspartikler dannet ved forkoksing av oljedråper.
Disse er vanligvis større enn $10\ \mu$.

Ammoniumsulfatpartikler Ved visse anlegg, særlig i Japan, settes det ammoniakk til røkgassen for å nøytralisere SO_3 . Det dannes da ammoniumsulfat som består av meget små partikler.

Utskillertype er avhengig av fordelingen av partikkelstørrelsen Hvis man har en meget askefattig olje, vil hovedparten av partiklene i røkgassen være større enn $10\ \mu$. Bruk av en syklonutskiller kan da være tilstrekkelig til å bringe partikkelinnholdet under den tillatte grense. Med høyere askeinnhold i oljen vil innholdet av små partikler i røkgassen øke, og det kan bli nødvendig å installere elektrofilter for å holde totalkvantumet under grensen. Den endelige avgjørelse om det må installeres utskiller, og hvilken type som skal brukes, avhenger av oljens askeinnhold og den utslippsgrense som myndighetene fastsetter.

Økonomi

Syklonutskiller

Kostnad Et leverandørfirma angir en omtrentlig pris på ca. 4 - 4,5 kr pr. m^3 behandlet gass (ved den aktuelle temperatur). Dette tilsvarer ca. kr 20 000 pr. MWe for et kraftverk av størrelsesorden 600 MWe. Hertil kommer bygningsarbeide, byggherrens utgifter og renter, så totalkostnaden blir sannsynligvis ca. kr 40 000 pr. MWe. Kostnaden pr. kW h ved 7000 brukstimer pr. år vil dreie seg om 0,1 øre.

Elektrostatisk utskiller

Kostnad Den samme leverandør angir den omtrentlige pris for et elektrofilter til ca. 8-9 kr pr. m^3 gass hvilket for et 600 MWe kraftverk blir ca. kr 40 000 pr MWe. Ferdig installert vil kostnaden sannsynligvis bli ca. kr 80 000 pr. MWe.

Et amerikansk kraftselskap har anslått kostnaden for et elektrofilter for 1000 MWe effekt til ca. \$15 millioner.

Det vil tilsvare ca. kr 85000 pr. MWe

Kostnaden pr kWh ved 7000 brukstimer pr. år vil dreie seg om 0,2 øre. Dette inkluderer kraftforbruk som for et 600 MWe kraftverk vil være ca. 1 MW.

Deponering av avfall

Avfalls-
problemer.

Selvom avfallsmengdene blir små sammenlignet med asken fra et kullfyrt kraftverk, blir de dog relativt betydelige. Ved et 600 MW kraftverk kan partikkelmengden utgjøre 200 - 300 kg/time. Med 7000 brukstimer blir dette 1400 - 2000 tonn pr. år, som det må finnes deponeringsplass for. Da avfallsmassen vanligvis vil være sur, fra adsorbert SO_3 , vil den i alminnelighet måtte nøytraliseres før deponeringen.

4.3.3 Utslipp av svoveloksyder

Innhold

A. Innledning.	Side 26
B. Fyring med svovelfattig olje.	" 26
C. Fjerning av svoveloksyder fra røkgass.	" 28
C.1 Innledning	" 28
C.2 Generell utviklingsstatus	" 29
C.3 Status i U.S.A.	" 29
C.4 " i Japan	" 33
C.5 Prosesser	" 34
C.5.1 Generelt	" 34
C.5.2 Avfallsprosesser	" 34
C.5.3 Gjenvinningsprosesser	" 35
C.6 Beskrivelse av noen utvalgte prosesser	" 37
C.7 Økonomi.	" 46

All fyrings-
olje inne-
holder svovel.

A. Innledning

All tung fyringsolje har et visst svovelinnhold, mengden er avhengig av svovelinnholdet i den råolje som fyringsoljen er fremstilt fra, såfremt det ikke foretas svovelfjerning under raffineringen. Innholdet kan variere fra noen tiendedels prosent opp til 4 a 5 %. Vanligvis regnes det med et innhold på 2,5 - 3,5 %. Ved forbrenningsprosessen i kjelen vil svovelinnholdet forbrenne til svoveldioksyd (SO_2) og til en viss grad svoveltrioksyd (SO_3) som følger med røkgassen ut.

For å unngå stort utslipp av svoveloksyder til atmosfæren, kan det tenkes to veier:

- a. Det anvendes olje med lavt svovelinnhold, 1% S eller mindre.
- b. SO_2 (og SO_3) fjernes i større eller mindre grad fra røkgassen.

Svovel-
fattig
fyringsolje.

B. Fyring med svovelfattig olje

Svovelfattig fyringsolje kan enten være olje fremstilt fra råolje med lavt svovelinnhold eller den kan være underkastet en behandling for reduksjon av svovelinnholdet.

Ressursene av svovelfattig råolje er forholdsvis små, sett i relasjon til de totale oljeressurser, og den finnes bare innen begrensede områder. Prisen blir derfor høyere enn for den vanlige fyringsolje. En nylig pris, levert Syd-Norge, for tung fyringsolje med 2,5% S var 338 kr/tonn, mens den for fyringsolje med 1% S var 369 kr/tonn, altså ca 10% høyere.

Et amerikansk kraftselskap opplyste at det for olje med 2,5% S betalt ca. \$ 10 pr. barrel, mens det for olje med 0,5% S betalte \$ 13 pr. barrel altså 30 % mer.

Ifølge tilgjengelige data, som dog må anses å være meget usikre, utgjør de kjente råoljereserver med svovelinhold under 0,5% ca. 16% av de totale kjente reserver. Råolje med under 0,5% S vil gi fyringsolje med under 1,0% S. I Midt-Østen som har ca. 56 % av verdens oljereserver, utgjør råolje med under 0,5% S bare ca. 3,5% av oljereservene i området. De kjente råoljereserver i den norske del av Nordsjøområdet inneholder 0,16 - 0,30% S.

Olje-
avsvovling.

Det eksisterer kjemiske prosesser for reduksjon av svovelinholdet i fyringsoljen. Vanligvis brukes en hydreringsprosess hvorved en del av svovelet omdannes til hydrogensulfid som igjen blir overført til elimintert svovel. Prosessen krever tilførsel av hydrogen.

Avsvovling av olje hører naturlig hjemme på raffinerier. Foreløpig er prosessen lite utbredt, det er spesielt i Japan den er tatt i bruk, men det er anlegg under bygging eller planlegging også andre steder i verden. Som regel går man ikke lenger ned enn til 1 % S, men det er intet teknisk i veien for å gå lenger ned, f.eks. til 0,3% S.

Økonomi
oljeavsvovling

En tysk undersøkelse (ref.17) foretatt i 1974 over kostnaden for oljeavsvovling ga som resultat:

Reduksjon av S - innholdet:

fra 3 % til 1 % :	ca	DM	40	pr. tonn olje
eller ca.:	N. kr	85	" "	"
fra 3 % til 0,5%:	ca.	DM	46	" "
eller ca.:	N. kr	98	" "	"

En amerikansk kilde (ref.33) angir omkostningene for S-reduksjon ned til 1 % til \$ 15 ⁺ 20 %, tilsvarende kr 85 ⁺ 20 % pr. tonn olje.

C. Fjerning av svoveloksyder fra røkgass

C.1 Innledning

Røkgass-
avsvovling.

Skjønt metoder for utvasking av SO_2 fra avgasser fra smelteverk og kjemiske bedrifter har vært kjent og anvendt i lengere tid, ble arbeidet med utvikling av metoder for å fjerne SO_2 fra røkgass fra kraftverk tatt opp for alvor først for ca. 10 år siden. Riktignok ble et par kraftverk i England utstyrt med røkgassvaskere allerede i 30-årene. Disse er i drift fremdeles, om enn i meget beskjeden målestokk.

Mange
avsvovlings-
prosesser.

Det er i tidens løp lansert et utall prosesser for å fjerne SO_2 fra røkgass, i litteraturen nevnes 50-100 prosesser eller prosessvarianter, og det blir fremdeles lansert nye. I og for seg kan vel herav slutes at ingen enda er funnet helt tilfredsstillende. Prosessene eksisterer i forskjellige utviklingstrinn, fra laboratorie - målestokk gjennom pilot plant anlegg, demonstrasjonsanlegg og frem til kommersielle anlegg i full målestokk. Av de mange prosesser eller prosessvarianter er det ca. 20 som blir prøvet som prototypeanlegg i størrelse 10-50 MWe, mens ca 10 er bygget som demonstrasjonsanlegg i størrelse 100 MWe eller mer (ref.11). For kraftverkstørrelse 500 MW eller mer er det bygget eller nær fullførelse bare noen ganske få anlegg som alle benytter samme (eller tilnærmet samme) prosess.

U.S.A. og
Japan ledende
på avsvovlings-
området.

De land som hittil har arbeidet mest med røkgassavsvovling, er USA og Japan. I USA har det særlig vært arbeidet med røkgass fra kullfyrte kraftverk, idet de fleste kraftverk blir kullfyrte, og de oljefyrte brenner forholdsvis lavsvovlig olje. I Japan derimot er de fleste røkgassavsvovlingsanlegg bygget for oljefyrte kraftverk. Avsvovling av røkgass fra oljefyrte verk er enklere enn for kullfyrte verk.

Røkgassav-
svovling lite
anvendt i
Europa.

I V-Tyskland er ingen eksisterende større kraftverk utstyrt med røkgassavsvovling, og innsatsen hittil på dette område har vært forholdsvis beskjeden. Et kullfyrte kraftverk på 720 MW som nå er under bygging vil imidlertid bli utstyrt med et anlegg for avsvovling av en del av røkgassen.

I Storbritania blir røkgassavsvovling ikke anvendt, bortsett fra de to foran nevnte kraftverk hvor røkgassrensing foregår i en viss utstrekning. Planer om innførelse av avsvovling foreligger visstnok heller ikke. Det samme gjelder også Frankrike.

I USSR er ingen kraftverk utstyrt med røkgassavsvovling, men forsøks- og utviklingsvirksomhet pågår, og noen prosesser er utført i pilot plant størrelse (ref.12).

C.2 Generell utviklingsstatus

Som foran nevnt, er det bare i USA og Japan at røkgassavsvovling er introdusert for større kraftverk i full målestokk.

C.3 Status i USA

Utslipps-
grenser i
U.S.A.

For SO_2 utslipp fra nye kraftanlegg gjelder følgende føderale bestemmelser:

For oljefyrte kraftverk:

Maks. SO_2 -utslipp $1,4 \text{ gr pr. } 10^6 \text{ cal varmetilførsel}$.

Dette tilsvarer et maksimalt svovelinnhold i oljen på ca. 0,7%.

For kullfyrte kraftverk:

Maks. SO_2 -utslipp $2,2 \text{ gr pr. } 10^6 \text{ cal varmetilførsel}$.

For kull med brennverdi ca. 7000 kcal/kg tilsvarer dette et maksimalt svovelinnhold på ca. 0,75%.

Hvis det skal benyttes brensel med høyere svovelinnhold enn ovennevnte må kraftverket utstyres med røkgassavsvovlingsanlegg.

I visse stater i USA er innført bestemmelser som er strengere enn de ovennevnte. Også for eldre anlegg er innført visse bestemmelser som i endel tilfelle har gjort det nødvendig å installere avsvovlingsanlegg.

Avsvovlings-
anlegg i U.S.A.

I alt var det i U.S.A i november 1975 i drift, under bygging eller planlagt avsvovlingsanlegg for 119 kraftverksenheter med en samlet effekt på 47380 MWe. (Ref.13). Tallene fordeler seg således:

	Antall enheter	MWe
I drift	22	3394
Under bygging	23	7550
Bestilt	22	9002
Planlagt	52	27434

Drifts-
resultater
i U.S.A.

Driftsresultatene for de igangværende anlegg varierer endel, men i det store og hele må det sies at de ikke har vært gode. I en rapport fra en undersøkelse utført av Batelle Columbus Laboratories for Electric Power Research Institute (August 1975) (Ref.14) uttales bl.a.: "The principal conclusion from this summary and analysis is that, although some progress has been made, long-term demonstration of reliable operation on a typical generating plant was not demonstrated in 1974."

Senere uttales:

"Other unsolved problems are, control of process chemistry, waste sludge disposal, mist eliminator reliability, stack gas reheat, equipment erosion and corrosion, by-product marketing for recovery systems, and availability of limestone or lime for throwaway systems."

Dog sies senere:

"There appears little doubt, however, that eventually scrubbers on coal-fired boiler, operating closed loop, will work with adequate reliability for the utility industry. It will then be a matter of (1) economics and (2) need for control."

I en studie (Ref.15) foretatt av National Academy of Sciences, for Committee on Public Works, United States Senate, (Mars 1975) uttales i konklusjonen:

"The Committee is well aware of the problems which have been experienced in early installations of flue gas desulfurization processes. This discouraging experience has caused many in the electric utility industry, as well as others, to doubt the feasibility of the technology. The Committee finds, however, that there has been rapid advance in the understanding and application of scrubbing technology especially in the past year, and urges those who are skeptical to review this recent experience. If scrubbers ordered today are to operate as reliably as other components of the power generating system, they will require very careful engineering and initial "trouble shooting" operating procedures which may be extensive. There is a reasonable expectation that, in the near future, scrubbers will be available for purchase as routine components of power systems covering a wide range of specific conditions, provided a vigorous development program is pursued."

Problemer i
U.S.A. ved
røkgass-
avsvovling.

Av ovennevnte og andre tilgjengelige rapporter og av samtaler med representanter for miljøvernmyndigheter, energimyndigheter, kraftselskaper og leverandører av utstyr for avsvovling fremgår at det enda ikke er noe anlegg i U.S.A. som viser noenlunde problemfri drift. Fra noen få anlegg foreligger imidlertid driftsresultater som indikerer at de gjenværende problemer vil kunne løses, og at man i noenlunde nær framtid vil komme fram til anlegg med samme tilgjengelighet som kraftverkets øvrige komponenter. Dette vil imidlertid kreve en stor innsats fra både kraftselskapenes og leverandørenes side.

En gruppe med navnet Sulfur Oxide Control Technology Assessment Panel (SOCTAP) leverte i 1973 en rapport

Mangel på
kjemiteknisk
ekspertise
hos kraft-
selskaper.

angående fremtidsutsiktene for røkgassavsvovling (Ref.16). Som en av vanskelighetene nevner gruppen mangelen på kjennskap til kjemisk prosess teknologi innen kraftproduksjonsindustrien. I virkeligheten representerer avsvovlingsanleggene ganske omfattende kompliserte kjemiske prosessanlegg. Den tekniske stab i kraftselskapene har bestått av maskiningeniører og elektroingeniører som har tatt seg av den tradisjonelle kraftverksdrift, og som er fremmed overfor de problemer av kjemiteknisk art som røkgassavsvovlingen presenterer. Gruppen mener også å ha konstatert en mangel på interesse innen kraftselskapenes ledelse for avsvovlingsanleggene. Planleggingen og oppførelsen av anlegget overlates gjerne helt og holdent til leverandøren, og når det er kommet i drift og kraftverket skal overta ansvaret, står det uten den nødvendige tekniske ekspertise.

Hvis en kraftprodusent skal gå inn for røkgassrensing, er det derfor viktig at han i tide bygger opp en kompetent stab som kan være med i såvel planleggings- som byggefasen og stå ferdig til å overta driften og løse alle de problemer som denne må regnes med å medføre.

Avsvovling
ved oljefyring
enklere enn
ved kullfyring.

Det må imidlertid påpekes at røkgassavsvovling i USA i det vesentlige anvendes for kullfyrte kraftverk. De oljefyrte kraftverk i USA anvender gjerne såvidt lavsvovlig brensel at avsvovling av røkgassen ikke er nødvendig. Avsvovling av røkgass fra kullfyring er utvilsomt betydelig vanskeligere enn fra oljefyring, og da kullenes sammensetning varierer sterkt, er erfaringen fra et anlegg vanskeligere å overføre til andre.

C.4 Status i Japan

Avsvovlings-
anlegg i Japan.

I Japan er installert et betydelig antall røkgassavsvovlingsanlegg. Ifølge en oppgave fra mars 1974 var det på det tidspunkt installert 10 anlegg ved offentlige kraftverk . (Ref. 17). Røkgassrensingen omfattet ca. 1235 MWe. I tillegg var avsvovlingsanlegg installert ved et antall industrikraftverk og industrikjeler, så den samlede installasjon omfattet sannsynligvis 2000-2500 MWe. (Ref. 11).

Driftsresultater i Japan.

Ifølge rapporter og andre opplysninger ser det ut til at driften ved de japanske avsvovlingsanlegg har gått vesentlig bedre og budt på betydelig færre vanskeligheter enn anleggene i USA. Årsakene kan være flere: De fleste japanske anlegg er installert i oljefyrte kraftverk, mens i USA de fleste kraftverk med avsvovling er kullfyrte. Et kullfyrte anlegg i Japan har gitt gode resultater, men dette verket har den fordel at belastningen er meget jevn (leverer kraft til et aluminiumsverk). Kravene til utslipp av væskeformig avfall i Japan er visstnok mindre strenge enn i USA.

Kraftprodusentene i Japan har vist større interesse for avsvovlingsanleggene og satset mer på å skaffe seg den nødvendige ekspertise. I tillegg kommer at de ansatte i alminnelighet i Japan viser større lojalitet overfor bedriften og anstrenger seg mer for å oppnå gode resultater.

Japanerne setter inn mer personell for å betjene og vedlikeholde anleggene, selv om dette ikke alltid viser seg i de offisielle kostnadstall.

C.5 Prosesser

C.5.1 Generelt

Som tidligere nevnt er det lansert et utall forskjellige prosesser eller prosessvarianter for røkgassavsvovling. Det er imidlertid bare noen få som er utviklet så langt at de er kommet til utførelse for røkgassrensing i kraftverk.

Generelt prinsipp ved røkgassavsvovling.

De fleste prosesser går ut på at røkgassen behandles med et rensemedium, f.eks. kalk eller et alkali, enten i form av et fast stoff oppslemmet i vann eller i form av en væske. Røkgassens innhold av svoveloksyder (SO_2 og SO_3) reagerer med rensemidiet og danner en nøytral kjemisk forbindelse, eller det oppløses i væsken. I begge tilfeller vaskes det ut av røkgassen. Reaksjonproduktet blir enten kastet, eller det behandles for gjenvinning og resirkulasjon av rensemidiet.

I enkelte prosesser føres rensemidiet inn sammen med brenselet, og reaksjonen finner sted i flammen. Reaksjonsproduktet fjernes fra gass-strømmen enten i tørr tilstand eller det vaskes ut.

Det finnes også prosesser hvor svoveloksydene adsorberes av et fast stoff, f.eks. aktivkull, som så reaktiveres.

To hovedtyper prosesser.

En måte å inndele prosessene på er:

1. Avfallsprosesser, hvor det ikke foretas noen gjenvinning av rensemidiet.
2. Gjenvinningsprosesser, hvor rensemidiet gjenvinnes.

C.5.2 Avfallsprosesser

Ved avfallsprosesser nyttiggjøres ikke produktet fra prosessen.

I disse prosesser brukes rensemidiet bare en gang, og produktet fra prosessen kan vanligvis ikke nyttiggjøres og blir deponert eller kastet.

Da rensemidiet brukes bare en gang, og produktet vanligvis ikke har noen verdi, må rensemidiet være billig og tilgjengelig i store mengder. Den helt dominerende

metode i denne gruppen er vasking med oppslemmet kalk eller kalkstein. Bare under noen helt spesielle forhold hvor visse alkalier er lett tilgjengelig, f.eks. i visse ørkenstrøk i USA, har andre rensemedier vært brukt.

Til denne gruppen hører imidlertid også den såkalte "Flåkt-Hydro prosess" som går ut på å vaske røkgassen med sjøvann. Prosessen som er utviklet av Norsk Viftefabrikk og Norsk Hydro i fellesskap, er tatt i bruk for rensing av røkgass fra en industrikjel i en relativt liten målestokk sammenlignet med hva det vil kreves for en kraftverkskjel.

Ved prosesser som ikke gjenvinner rensemediet, vil produktet fra prosessen alltid representere et problem. Dette gjelder enten produktet er et mer eller mindre fast stoff, som ved kalk - eller kalksteinsprosessen eller det er flytende som ved sjøvannsprosessen.

Kalk- eller kalkstensprosessen dominerer røkgassavsvovlingen.

Kalk - eller kalksteinsprosessen dominerer ikke bare blant avfallsprosessene, men innen røkgassavsvovlingen generelt. Det kan nevnes at av 65 anlegg i drift, under bygging eller bestilt i USA anvender 47 kalk - eller kalksteinsvasking. Også i Japan utgjør denne prosessen en stor andel av samtlige anlegg.

Flåkt-Hydro prosessen er en avfallsprosess.

Prosessen vil bli nærmere behandlet i et senere kapitel. Fordi sjøvannsprosessen synes å ha spesiell interesse for norske kraftverk, vil også denne bli nærmere behandlet, selv om den enda ikke kan sies å være ferdig utviklet for anvendelse i større kraftverk.

C.5.3 Gjenvinningsprosesser

Ved gjenvinningsprosesser gjenvinnes svovelet i en nyttig form.

Innen denne gruppen finnes det 7-8 prosesser som er utført i teknisk målestokk, men bare i et lite antall.

Ved regenereringen av rensemediet blir svovelinnholdet i produktet fra røkgassavsvovlingen gjenvunnet enten i

form av elementært svovel eller som en svovelforbindelse, f.eks. ren svoveldioksyd eller svovelsyre. Disse er i og for seg salgbare produkter, og vil kunne gi et visst positivt bidrag til økonomien av avsvovlingsprosessen. De er imidlertid typiske lavprisprodukter. Svovel eller svovelsyre fås som biprodukt fra en rekke metallurgiske og kjemiske prosesser, f.eks. ved produksjon og raffinering av kobber, sink, bly etc, og fra utvinning av naturgass i visse regioner. Da dette er produkter som raffineringsverkene må bli kvitt, og da de i alle tilfeller bidrar lite til totaløkonomien blir de tilbudt på markedet til lav pris.

En kjemisk produksjonsbedrift kommer i tillegg til kraftverket.

En kraftverksoperatør som velger en prosess innen denne gruppen vil, ved siden av avsvovlingsprosessen måtte ta hånd om en ganske omfattende og tildels komplisert kjemisk bedrift og opprette et salgskontor for å få avsatt biproduktene fra prosessen. Han vil imidlertid unngå de deponeringsproblem som en avfallsprosess trekker med seg.

Magnesiumoksydprosessen er et eksempel på en gjenvinningsprosess.

Da denne rapport ikke er ment å skulle være en utfyllende redegjørelse for alle de muligheter som eksisterer for røkgassavsvovling, men skal gi en orientering om teknologien og økonomien på dette område, vil det i et senere kapittel bli nærmere omtalt en prosess som eksempel på regenereringsprosessen. Som eksempel er valgt en prosess hvor rensemediet er magnesiumoksyd, og hvor svovelet gjenvinnes i form av svovelsyre.

Erga - SINTEF prosessen er også en gjenvinningsprosess.

Under gruppen gjenvinningsprosesser bør forøvrig nevnes en norsk prosess, den såkalte Erga - SINTEF prosess. Foreløbig eksisterer den bare i halvteknisk målestokk, men det antas at den vil bli utviklet videre. Rensemediet er natriumsitrat, og biproduktet fra regenereringsprosessen er konsentrert svoveldioksyd. Prosessen vil bli gitt en kortfattet omtale senere.

C.6 Beskrivelse av noen utvalgte prosesser

Kalk- eller kalkstensvasking

Det kan enten
brukes kalk
eller kalksten.

For prosessens utforming spiller det liten rolle om det brukes kalk eller kalksten. I de fleste tilfeller brukes kalksten. Et skjema for prosessen er vist på fig. 4.2.

Proessen tilbys av flere leverandører i USA, Japan og i V-Tyskland. Utformingen av de enkelte prosessenheter varierer, men i prinsippet er det samme prosess de forskjellige leverandører tilbyr.

Prinsippet for
kalk- eller
kalkstens-
prosessen.

Proessen går i prinsippet ut på at røkgassen passerer et vasketårn hvor den vaskes med finmalt kalk eller kalksten oppslemmet i vann. Slammet tas ut i bunnen av vasketårnet og går til en reaksjonstank hvorfra det sirkulerer tilbake til tårnet. Fra reaksjonstanken tappes kontinuerlig ut en viss mengde som må erstattes med ny oppslemmet kalk eller kalksten. Under utvaskingen reagerer svoveldioksydet med kalsium og danner forskjellige forbindelser mellom svovel og kalk, vesentlig kalsiumsulfitt (Ca SO_3) og kalsiumsulfat (Ca SO_4). Det uttappede slam går til en klaretank og bunnfallet i denne går til et vakumfilter. Væsken fra klaretanken og filteret returneres til prosessen, mens filterkaken går til deponering.

Såvidt mulig unngås å tappe ut væske fra systemet, man ønsker å holde lukket sirkulasjon. Det foregår imidlertid en viss fordamping i vasketårnet, og et visst vanntap skjer i form av bundet vann i filterkaken. Disse vanntap må erstattes.

Med en røkgasstemperatur på ca. 150°C blir temperaturen i vasketårnet $50-60^{\circ}\text{C}$. For å unngå kondens i skorstenen og i utløpet over skorstenen, og for å forbedre spredningen, blir røkgassen før innløpet til skorstenen gjenoppvarmet til ca. 80°C . Oppvarmingen

kan skje med damp, ved direkte fyring av et svovelfattig brensel, eller ved at en del av den varme røkgassen leder forbi vasketårnet og inn i avgassen. Den siste løsning vil redusere den totale renseeffekt noe.

Prosessen krever en betydelig tilførsel av kalk eller kalksten og bortskaffelse av avfall.

Drift av et kalkstens gassrenseanlegg krever en konstant tilførsel av kalksten og bortskaffelser av avfall. I ref.11 er oppgitt kvanta for et 800 MW termisk oljefyrt anlegg som anvender olje med 3,5% S. Graden av rensing er satt til 72 %. Kalkstensforbruket ($95 \% \text{ Ca CO}_3$) er her beregnet til 9064 kg/time, og den bortførte avfallsmasse, med 55 % tørrstoff, 22380 kg/time, tilsvarende ca. $15,3 \text{ m}^3/\text{time}$. Omregnet til et 600 MWe kraftverk, olje med 2,5% S og 90 % renseeffekt blir kalkstensforbruket ca. 15000 kg/time og avfallsmengden ca. $25 \text{ m}^3/\text{time}$. Med 7000 timers brukstid blir det årlige kalkstensforbruk ca. 105000 tonn og avfallsmengden ca. 175000 m^3 . Hvis denne lagres i 10 m høyde vil den medføre et årlig arealforbruk på 17,5 da. I en 20-års periode vil det medgå ca. 350 da.

Hvis man skal unngå at vann fra avfallsdeponeringen siver ned i grunnvannet, må avfallslageret isoleres med et vanntett skikt. Ofte brukes et lag av leire.

Problemer ved avfallsdeponeringen

I ubehandlet form har avfallsmassen ofte en tixotropisk karakter, d.v.s. karakter som kvikksand. Der finnes imidlertid metoder for stabilisering av massen, og den vil da etter noen tids forløp ble såvidt fast at den kan bære lettere bygningskonstruksjoner. Ved kullfyrte kraftverk kan brukes flyveaske, da denne er disponibel i store mengder. For oljefyrte kraftverk er det ikke flyveaske disponibel, men det eksisterer andre stabiliseringsmaterialer.

Eventuell utnyttelse av avfallet.

I Japan blir avfallsslammet fra avsvovlingsanlegg ved oljefyrte kraftverk benyttet til gipsfremstilling. Det kreves da en grundig rensing av røkgassen for aske-

og sotpartikler, og en oksydering av slammet for omdannelse av Ca SO_3 til Ca SO_4 . Ved et kraftverk for 500 MWe er gipsproduksjonen oppgitt til 385 tonn pr. dag, altså ca. 100 000 tonn pr. år. (ref. 18).

Med svovelinhold i oljen på 2,5 - 3,5% oppnås i alminnelighet en avsvovlingseffekt på ca. 90 %.

I henhold til ref 19 er energiforbruket til avsvovlingen 3,3 - 4 % av kjelens varmeforbruk, dette inkluderer gjenoppvarming av røkgassen til ca. 80°C. I en annen referanse (ref.17) oppgis energiforbruket til ca. 7 % hvorav 4,9% går til røkgassoppvarming, men det er her regnet med oppvarming til 140°C.

Store tekniske problemer ved kalk- eller kalkstensprosessen.

De vanskeligheter man har hatt med prosessen har vært vesentlig av kjemiteknisk og materialteknisk natur, beleggdannelse, tilstopninger, korrosjon og erosjon. Vanskeligheten har vært vesentlig større ved kullfyring enn ved oljefyring. Etterhånden er man kommet frem til mere hensiktsmessige konstruksjoner og konstruksjonsmaterialer som er motstandsdyktige mot de påkjenninger prosessen gir. Man har også fått bedre kjennskap til prosessens karakter og de kjemiske reaksjoner som finner sted og har fått bedre kontroll over prosessgangen. Selvom prosessen enda ikke kan sies å representere en ferdig utviklet teknologi, er det grunn til å anta at den i en forholdsvis nær fremtid vil oppnå en driftsikkerhet og tilgjengelighet på linje med det konvensjonelle kraftverksutstyr. En betingelse er imidlertid at renseutstyret er oppdelt i flere enheter, og at det finnes tilstrekkelig reservekapasitet til at en eller flere enheter kan settes ut av drift for rengjøring og reparasjon uten at kjelytelsen behøves å settes ned.

Sjøvannsvasking

Flåkt-Hydro
prosessen
brukes sjøvann
som rensemedium.

A/S Norsk Viftefabrikk og Norsk Hydro A/S har i fellesskap utviklet en prosess, den såkalte Flåkt - Hydro prosessen. Kfr. fig. 4.3. Denne går ut på at røkgassen vaskes med sjøvann i motstrøm i et vasketårn. Sjøvann i ren tilstand er alkalisk med en pH på ca. 8, og dette bevirker at SO_2 løses i sjøvannsstrømmen. Er sjøvannsstrømmen tilstrekkelig stor i forhold til gass-strømmen, kan det oppnås en utvasking henimot 98 %. (Ref. 20, 21 og 22).

Oksygenforbruk
i resipienten

Under utvaskingen dannes sulfitradikalet SO_3 som senere oksyderes til sulfatradikalet SO_4 . Bare en liten del av oksydasjonsprosessen foregår i vasketårnet, resten finner sted i vannstrømmen etter vasketårnet og i resipienten. Her vil det følgelig være et oksygenforbruk.

Nøytralisering
i resipienten.

På grunn av innholdet av SO_4 -ioner er sjøvannsstrømmen fra vasketårnet sur, med pH nede i ca. 3. Ved innvirkning av oppløste stoffer i sjøvannet, særlig kalsium, finner det sted en nøytralisering, og etter en viss tid er utslippet nøytralt. De sulfater som på denne måte blir dannet, forblir oppløst i sjøvannet, og noen utfelling og redimentering av faste stoffer foregår ikke. Under forutsetning av at avløpsvannet kan tillates sluppet ut i sjøen, oppstår følgelig ingen deponeringsproblemer.

Tungmetaller
følger med
avløpet.

En del av forurensingene i oljen, f.eks. tungmetaller, vil bli vasket ut av røkgassen og følge med avløpsvannet ut i sjøen. Hvilke mengder det dreier seg om, avhenger av oljens sammensetning og i hvilken grad røkgassen er rensset før den vaskes.

NIVA har
studert virk-
ningen av
utslippet.

Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) har foretatt en undersøkelse over hvilken virkning avløpet fra røkgassvaskingen vil ha på resipienten og livet i denne, og hvilke krav som må stilles til beliggenhet, utløpets utforming og eventuell behandling av avløpsvannet,

forat eventuelle skadevirkninger skal bli så små som mulig. Rapportens konklusjoner er gjengitt senere i dette kapittel.

Demonstrasjons-
anlegg i Hydros
fabrikker i
Porsgrunn.

Til prosessen knytter det seg en del problemer, særlig av materialteknisk art. Disse menes imidlertid nå å være løst. Et demonstrasjonsanlegg er i drift ved en av dampkjelene til Norsk Hydro, Porsgrunn Fabrikker. Her forbrennes tungolje med 2,5% svovel. I forhold til det som vil kreves for et større kraftverk er anlegget lite, det behandler en røkgassmengde på ca. 35000 m³/time, mens røkgassmengden ved et 600 MWe kraftverk vil være ca. 1 500 000 m³/time. Norsk Hydro har i bestilling ytterligere 2 anlegg med størrelse omtrent den dobbelte av det første.

Problemer kan
oppstå ved opp-
skaleringen.

Norsk Hydros anlegg sies å gå meget tilfredsstillende. Men hvilke vanskeligheter som vil oppstå ved en oppskalering til f.eks. en 40-dobbelt målestokk er det vanskelig å forutsi. F.eks. er vasketårnet i Hydros anlegg utført i polyester, og denne konstruksjon kan neppe uten videre overføres til det meget større tårn. De første anlegg som bygges i kraftverksmålestokk vil nok kreve et betydelig utviklingsarbeid, såvel under konstruksjonen som under idriftsettelsen.

Gjenoppvarming
av røkgass
nødvendig.

Med de store vannmengder som kreves blir røkgassen avkjølt nesten ned til vanntemperaturen. For ikke å få kondensasjon i skorstenen og for å opprettholde noenlunde god spredning ved utløpet av skorstenen, må røkgassen gjenoppvarmes. Ved Hydros anlegg skjer dette ved at en del røkgass ledes utenom vaskeanlegget og blandes inn i den rensede røkgass. Herved nedsettes den totale renseeffekt noe. Oppvarmingen kan imidlertid også skje med damp eller med en brenner hvor det brukes svovelfattig brensel.

Sjøvannsprosessen har den store fordel at rensemediet er gratis, og der er ingen problemer med bortskaffelse av avfallet. Dette forutsetter riktignok at det er

rikelig tilgang på friskt sjøvann (ikke ferskvann eller brakkvann) og at resipienten kan motta avløpet uten nevneverdige skadevirkninger. Den vil følgelig sette visse begrensninger når det gjelder lokaliseringen. Såfremt disse betingelser oppfylles, og såfremt oppskaleringen til full kraftverksmålestokk kan gjennomføres uten for store problemer, skulle prosessen være velegnet for norske forhold.

Avløpsvannet fra vasketårnet vil normalt bli sluppet ut sammen med kjølevannet fra turbinens kondensator. Vannmengden utgjør ca. 1/4 av kjølevannsmengden.

NIVA's
vurdering.

Norsk Institutt for Vannforskning har foretatt en vurdering av utslippets virkning på resipienten (Ref. 28). Det er da forutsatt at avløpsvannet slippes ut i kjølevannsstrømmen fra turbinkondensatoren. Renseanlegget vil kunne gi følgende påvirkninger i tillegg til det kjølevannsbruken fører med seg:

1. Økning av vannforbruket ca. 25 %
2. Økning av de kjemiske påkjenningene planktoniske organismer utsettes for i kjølevannsstrømmen
Særlig sterk blir påkjenningen for de organismene som passerer vaskeprosessen.
3. Forbruk av oksygen i vannet i utslippsområdet.
4. Tilførsel av svovel i form av sulfit/sulfat til sjøvannet.
5. Forsuring av sjøvannet.
6. Utslipp av nikkel og vanadium.
7. Eventuell tilførsel av organiske forbindelser til sjøvannet.

På grunn av den korte tid som stod til rådighet, og fordi det ikke var mulig å få full oversikt over vaskevannets sammensetning, må NIVA's vurdering betraktes som foreløbig.

Etter å ha vurdert de ovenfor oppførte påvirkninger konkluderer NIVA med følgende:

NIVA's
konklusjon

En del av disse påvirkningene kan betraktes som nærsone-effekter. Det vil si at etter en forholdsvis rask blanding med resipientvannet vil det ikke kunne ventes noen påvirkning av betydning. Dette gjelder utslipp av sulfat, forsurening av sjøvannet og oksygenforbruk i sjøvannet. Ved fornuftig stedsvalg for kraftverket og hensiktsmessig inntak og utslipp som bl.a. forhindrer resirkulering av kjølevann kan en derfor stort sett se bort fra disse problemene.

Mer betenkelig er utslipp av nikkel til sjøen. Konsentrasjonene vil være små sammenlignet med bakgrunnsverdiene, men utslippsmengdene er forholdsvis store. x) Forekomstene av organiske komponenter i avløpsvannet bør undersøkes. Som et første skritt kan det utføres biologiske tester på avløpsvannet, etter forskjellige grader av innblanding i resipientvann. Dette vil gi en første pekepinn på om det i det hele tatt kan ventes giftvirkninger på organismesamfunnene i utslippsområdet.

En vurdering av ulike lokaliseringsalternativer for oljekraftverk med hensyn til eventuelle skadevirkninger ved drift av et røkgassvaskeanlegg vil følge samme kriterier som de som gjelder for bruk av kjølevann. Det vil bl.a. si at en bør velge en lokalitet der en kan få en god og rask fortynning av kjølevannet, og der forbindelsen med åpent hav er god.

Magnesiumoksydprosessen

Chemico's
gjenvinnings-
prosess

Som eksempel på en gjenvinningsprosess skal her omtales en prosess utviklet av det amerikanske firma Chemical Construction Corporation, vanligvis kalt Chemico, hvor rensemediet er oppslemmet magnesiumoksyd.

x) Ved bruk av brensel med lavt askeinnhold eller effektive partikkelutskillere i røkgassen kan nikkelutslippet reduseres meget vesentlig.

Forsøks-
anlegg hos
Boston Edison
Co.

Prosessen er omtalt og beskrevet i en lang rekke artikler i tidsskrifter og andre publikasjoner, som eksempler nevnes ref. 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24 og 25. Et skjema for prosessen er vist på fig. 4.4. Av denne typen er det bygget noen få anlegg i U.S.A., det mest kjente og beskrevne er et anlegg som Boston Edison Company bygget og drev ved sin Mystic Station i samarbeid med Environmental Protection Agency. Anlegget ble drevet i 2 år, 1972-1974, hvorefter det ble nedlagt. Avtalen med EPA gjaldt for 2 år, og det samme gjaldt avtalen med en kjemisk bedrift om opparbeidelsen av produktet fra prosessen til svovelsyre. Etter de to års drift var anlegget også temmelig nedslitt, og fortsatt drift ville kreve store reparasjonsutlegg. Det var imidlertid høstet verdifulle erfaringer, og man regnet med at et nytt anlegg hvor disse erfaringer var innarbeidet, skulle kunne drives noenlunde problemfritt.

Samarbeid med
kjemisk bedrift
om opparbeid-
else av svovel-
syre.

Anlegget var installert for å rense røkgassen fra en oljefyrt kjel i en 155 MWe enhet. Vaskingen foregikk i en venturi - absorber. Røkgassen ble her vasket med magnesiumoksyd oppslemmet i vann, denne blandingen sirkulerte fra absorberens bunn til toppen. En viss mengde ble kontinuerlig tatt ut av sirkulasjonssystemet for regenerering, og denne ble erstattet av frisk blanding. Den uttappede blanding gikk til en sentrifuge, hvor faststoffet ble skilt fra oppslemmingsvannet. Vannet gikk tilbake til prosessen, mens faststoffet gikk til en tørker som ble fyrt med olje. Det tørrede produkt som bestod vesentlig av magnesiumsulfitt og magnesiumsulfat ble så sendt med lastebil til en svovelsyrefabrikk i Rumford, Rhode Island. Her ble massen kalsinert, hvorved SO_2 og SO_3 ble avdrevet, og massen gjenvunnet som magnesiumoksyd. Dette ble sendt tilbake til kraftverket og anvendt pånytt. Den avdrevne SO_2 og SO_3 ble benyttet til fremstilling av 98 % svovelsyre som ble solgt.

Oljen som ble benyttet, inneholdt ca. 3 % S. Det var intet partikkelfilter i røkgasstrømmen, så aske og sot gikk til absorbereren, ble vasket ut der, og havnet i det sirkulerende magnesiumoksydet. Da der var et visst tap av Mg O (ca. 5 % av sirkulasjonsmengden pr. tidsenhet) innstilte det seg etterhvert en likevekt, og forurensingene forårsaket ingen problemer.

Avfallspro-
blemer små
ved gjen-
vinningspro-
sesser

Magnesiumoksydprosessen, i likhet med de fleste andre regenereringsprosesser for svovelfjerning har den fordel fremfor avfallsprosessene at forbruket av rensemedium er lite, og det er ingen problemer med avfallsdeponering. På den annen side, selv om forbruket av rensemedium er lite, er det vesentlig dyrere enn kalk eller kalksten. Videre krever prosessen en ganske omfattende kjemisk fabrikk for regenerering av magnesiumoksyd og utvinning av svovelet i form av svovelsyre. En svovelsyrefabrikk har dessuten også sine miljøproblemer.

Salg av pro-
duktet fra
prosessen kan
bedre økonomien.

Den fremstilte svovelsyre er av høy kvalitet og selges til vanlig pris. Forsåvidt gir produktet et positivt bidrag til prosessens økonomi. Da imidlertid svovelsyre er et biprodukt fra en rekke forskjellige prosesser, er den pris som oppnås, lav, og bidraget til økonomien beskjedent.

Prosessen har sin berettigelse for oljekraftverk som er plasert i tettbebyggelse eller hvis deponeringsareal av andre grunner ikke er mulig å skaffe.

Driftsproblem-
ene synes noen-
lunde over-
vunnet.

Boston Edison Co. hadde den første tid store problemer med driften av prosessen, men man fikk den etterhvert noenlunde under kontroll. Det ble overveiet å installere tilsvarende utstyr for hele Mystic Station, tilsammen ca. 1000 MW, og det ble foretatt en teknisk og økonomisk studie. Resultatet man kom frem til var at omkostningene balanserte omtrent med meromkostningene ved bruk av lavsvovlig olje, og bl.a. fordi det hersket en del usikkerhet omkring kraftverkets fremtidige status, ble sistnevnte alternativ valgt.

Erga - SINTEF - prosessen

Erga - SINTEF prosessen er en gjenvinningsprosess

Denne prosess er ikke utviklet til anvendelse i kommersiell målestokk, men da den for en stor del er utviklet her i landet skal den kort omtales. Opplysningene er hentet fra ref. 26.

Rensemediet, natriumsitrat regenereres.

Rensemediet i denne prosess er en natriumsitratoppløsning, som absorberer SO_2 -innholdet i røkgassen. Rensemediet blir regenerert ved stripping med damp, hvorved SO_2 avdrives, mens natriumsitrat blir regenerert og går tilbake til prosessen.

Svovelet tas ut som SO_2 eller svovelsyre.

Den avdrevne SO_2 kan enten selges, hvis det eksisterer en nærliggende avtaker, eller det kan benyttes til fremstilling av svovelsyre.

Proessen har den fordel at den arbeider med gasser og væsker og ikke oppslemmede materialer som har lett for å skape vanskeligheter i form av avsetninger og gjenstopninger. Den krever imidlertid et temmelig stort dampforbruk til regenereringen. Da det ikke foreligger erfaringer fra kommersiell drift er det imidlertid vanskelig å ha noen formening om prosessens fordeler og ulemper.

Pilot plant i drift.

Et pilot plant anlegg for behandling av en avgassmengde pr. 2000 - 5000 Nm^3/time har siden 1974 vært i drift i et av Bolidens smelteverk i Sverige, men det er vanskelig å overføre resultatene fra denne drift til drift ved store kraftverk.

C.7 Økonomi

Generelt

Vanskelig å få pålitelige økonomiske data om røkgassavsvovling.

Det er meget vanskelig å skaffe pålitelige oppgaver over kostnaden ved røkgassavsvovling, og de oppgaver man finner i litteraturen har en sterk spredning, både når det gjelder investering og årlige kostnader. Årsaken til den store spredning er bl.a.:

Det har i de siste par år vært store forandringer i kostnadene, både på grunn av den alminnelige kostnadsøkning og fordi det har foregått tekniske endringer; mere avanserte konstruksjoner og dyrere konstruksjonsmaterialer. Kostnadsoppgavene vil derfor være sterkt avhengig av det tidspunkt de refererer seg til. Generelt kan vel sies at oppgaver fra før 1974 har liten verdi.

Det fremgår ikke alltid av oppgaven hva kostnadene omfatter, om f.eks. deponeringsareal er med, om renter i byggetid er med, om det regnes med en lang innkjøringsperiode med diverse forandringer, om det er tatt hensyn til nedsatt kraftverksytelser på grunn av renseanleggets kraftforbruk etc.

EPA har utført en kostnadsanalyse

US Environmental Protection Agency i samarbeid med TVA fikk i 1974 utført en kostnadsanalyse av fire forskjellige avsvovlingsprosesser. Resultatene er gjengitt i ref.27. Undersøkelsen er også omtalt i ref.15 men det uttales her at de fleste kraftselskaper og leverandører nå anser tallene å være altfor lave, bl.a. fordi de bygger på data som var tilgjengelige i slutten av 1973. De fleste kraftselskaper og leverandører regner med tall som ligger vesentlig høyere enn de tallene den nevnte undersøkelse er kommet til.

Kalk- eller kalkstensvasking

Økonomiske data for kalk- eller kalkstensprosesser.

Den foran nevnte studie oppgir for et svovelfjerneanlegg med kalk eller kalksten for et 500 MWe kraftverk \$23-27 mill, tilsvarende \$46-54 pr. kW for kullfyrteverk og \$13-18 mill, tilsvarende \$26-36 pr. kW for oljefyrte verk. I kostnaden for kullfyrte verk er inkludert partikkelutskiller, mens dette ikke er med for det oljefyrte verk. I ref.15 er det imidlertid uttalt at de fleste kraftselskaper, og leverandører idag anslår anleggskostnaden til \$60-100 pr. kW, flertallet regner med en kostnad nærmere \$100 pr. kW.

Et realistisk kostnadsområde antas å være:

For kullfyrt verk med partikkelutskiller:

\$80-100 tilsvarende kr 440-550 pr. kW.

For oljefyrt verk uten partikkelutskiller:

\$60-80 tilsvarende kr 330-440 pr. kW.

Svensk under-
søkelse vedr.
kalk- eller
kalkstenspro-
sessen.

I ref.11 er gjengitt resultatene av en studie foretatt over kostnader for et røkgassrenseanlegg for et fyringsanlegg med effekt 800 MW termisk. Dette tilsvarende ca. 320 MW elektrisk. Anleggskostnaden er beregnet til Sv.kr 36 mill, tilsvarende Sv.kr 113 pr. kWe. Dette tilsvarende igjen ca. N.kr 145 pr. kW. Forbrenningsanlegget var beregnet for oljefyring, og partikkelfiltere var ikke med. Heller ikke var medtatt deponeringsbasseng for avfallet. Prisen baserte seg på kostnadsnivå 1973. Det er såvidt mange usikkerheter knyttet til denne studie at resultatet neppe bør ha noen innvirkning på den foran anslåtte kostnad 330-440 kr pr. kW.

Kostnader
anslås til
1,6 øre pr.
kWh.

Kostnaden pr. kWh for svovelfjerning er i den for EPA utførte studie beregnet til ca. 2 mills, tilsvarende ca. 1,1 øre pr. kWh for et 500 MWe oljefyrt kraftverk med årlig brukstid 7000 timer. (Ref.27). Da disse tall baserer seg på de lavere investeringskostnader, må de nå anses å være for lave. Et realistisk tall synes nå å være ca. 3 mills, tilsvarende ca. 1,6 øre pr. kWh.

Sjøvannsvasking

Økonomiske
data for
sjøvannspro-
sessen.

Norsk Viftefabrikk har i 1975 foretatt en beregning av anleggskostnader for et sjøvannsvaskeanlegg for rensing av røkgassen fra et 500 MW oljefyrt kraftverk (Ref.27). Beregningen er utført etter visse regler satt opp av US Environmental Protection Agency. Den samlede investering er beregnet til \$13 092 000, eller \$26,2 pr. kW. Dette tilsvarende ca. kr 150 pr. kW.

De årlige kostnader for 5780 brukstimer pr. år er beregnet til \$3.991.000 tilsvarende kr 22.500.000. Med 7000 brukstimer blir kostnaden pr. kWh 0,68 øre.

Noen direkte sammenligning med den foran omtalte kalk- eller kalksteinsvasking er imidlertid vanskelig å foreta, da grunnreglene for beregning av såvel anleggskostnad som årlig kostnad er forskjellige. Det må også fremheves at det ikke foreligger erfaringer fra bygging av renseanlegg av den størrelsesorden det her dreier seg om. Her må også minnes om erfaringene fra USA, hvor de kommersielle anlegg blir langt dyrere enn de opprinnelige kalkyler som var basert på mindre forsøksanlegg, skulle tilsi.

Magnesiumoksydprosessen

Økonomiske data
for sjøvanns-
prosessen.

Boston Edison Company foretok i 1974 en økonomiberegning for et røkgassrenseanlegg etter ovennevnte metode for et oljefyrt kraftverk med ca. 1050 MWe installert kapasitet (ref.24). De tall man kom fram til, er senere øket noe og det regnes nå med en investering på ca. \$60 mill, tilsvarende \$57 pr. kW. Dette tilsvarer igjen ca. kr 330 pr. kW.

De årlige kostnader er beregnet til \$21 a 22 mill. Her er ikke regnet med kredit for produsert svovelsyre, da dette blir et beskjedent beløp. Med 7000 brukstimer blir kostnaden pr. kWh ca. 3 mills eller ca. 1,6 øre.

Erga - SINTEF - prosessen

I ref. 26 er gjengitt en beregning over investering og kostnad pr. kWh for et svovelfjerneanlegg for røkgass fra et oljefyrt 800 MWe kraftverk. Investeringen er beregnet til \$19 mill. eller \$24 pr kW. Dette tilsvarer ca. N.kr. 135 pr. kW.

Økonomiske data
for Erga-SINTEF
prosessen.

De årlige kostnader for 5780 brukstimer pr. år er beregnet til \$7.469.000, tilsvarende kr 42.000.000.

Med 7000 brukstimer blir kostnaden pr. kWh 0,82 øre.

I beregningen er tatt med en viss inntekt for salg av SO_2 . Den anvendte pris forutsetter at verket ligger gunstig til i forhold til en forbruker. I motsatt fall blir det nødvendig å konvertere SO_2 til svovelsyre, og inntekten vil i så tilfelle bli vesentlig redusert.

Da prosessen foreløpig bare befinner seg i pilot plant målestokk, vil det være en meget høy grad av usikkerhet knyttet til beregningen.

4.3.4 Utslipp av nitrogenoksyder (NO_x)

NO_x dannes både fra nitrogen i oljen og fra oksydering av luftens nitrogen.

Nitrogenoksyder NO og NO_2 dannes delvis ved oksydasjon av nitrogen inneholdt i brenset og delvis ved at en del av nitrogenet og oksygenet i forbrenningsluften forbinner seg med hverandre under forbrenningsprosessen. Olje kan ha et nitrogeninnhold på 0,1 - 0,8 % N, og en del av dette vil oksyderes til NO_2 .

Metoder for reduksjon av NO_x -dannelsen.

Dannelsen av NO_x (NO og NO_2) under forbrenningen er avhengig av en rekke faktorer, herunder forbrenningstemperaturen, oppholdstid i brennkammeret, luftoverskudd, etc. Høy forbrenningstemperatur, lang oppholdstid ved høy temperatur og høyt luftoverskudd beforder NO_x -dannelsen (Ref.15 og 29). Ved visse konstruksjonsmessige og driftsmessige tiltak kan NO_x -dannelsen reduseres. Her kan nevnes: forbrenning med lavt luftoverskudd, resirkulasjon av røkgass for å nedsette flammentemperaturen, forbrenning i flere trinn, også for å nedsette flammentemperaturen. Ved en eventuell anbudsinnhenting vil anbyderne bli gjort kjent med at det vil bli lagt vekt på et lavt NO_x -utslipp.

Som nevnt kan NO_x -dannelsen reduseres ved forskjellige tiltak, men den kan ikke elimineres. Hittil er det ikke utviklet noen kommersiell metode for å fjerne NO_x -innholdet fra røkgassen fra større kraftverk. I Japan skal det være utviklet en metode hvor NO_x destrueres ved innblåsing av ammoniakk i røkgassen, hvorefter røkgassen passerer en katalysator under høy temperatur. (Ref.30). Metoden skal være prøvet med godt resultat for mindre installasjoner. Det kan være grunn til å følge utviklingen med oppmerksomhet.

Utslipps-
grenser for
 NO_x i U.S.A.

Ifølge de føderale bestemmelser i U.S.A. gjelder følgende grense for NO_x -utslipp fra oljefyrte kraftverkskjeler: 0,54 g pr. million cal tilført varme, i gjennomsnitt over 2 timer (uttrykt som NO_2). Dette tilsvarer ca. 1,16 kg pr. MWh, eller for et 600 MW kraftverk ca. 700 kg pr. time. Kraftselskaper og kjelleverandører i U.S.A. uttaler at det ikke er store problemer med å holde seg under denne grensen, forutsatt at brensllet ikke har et unormalt høyt nitrogeninnhold.

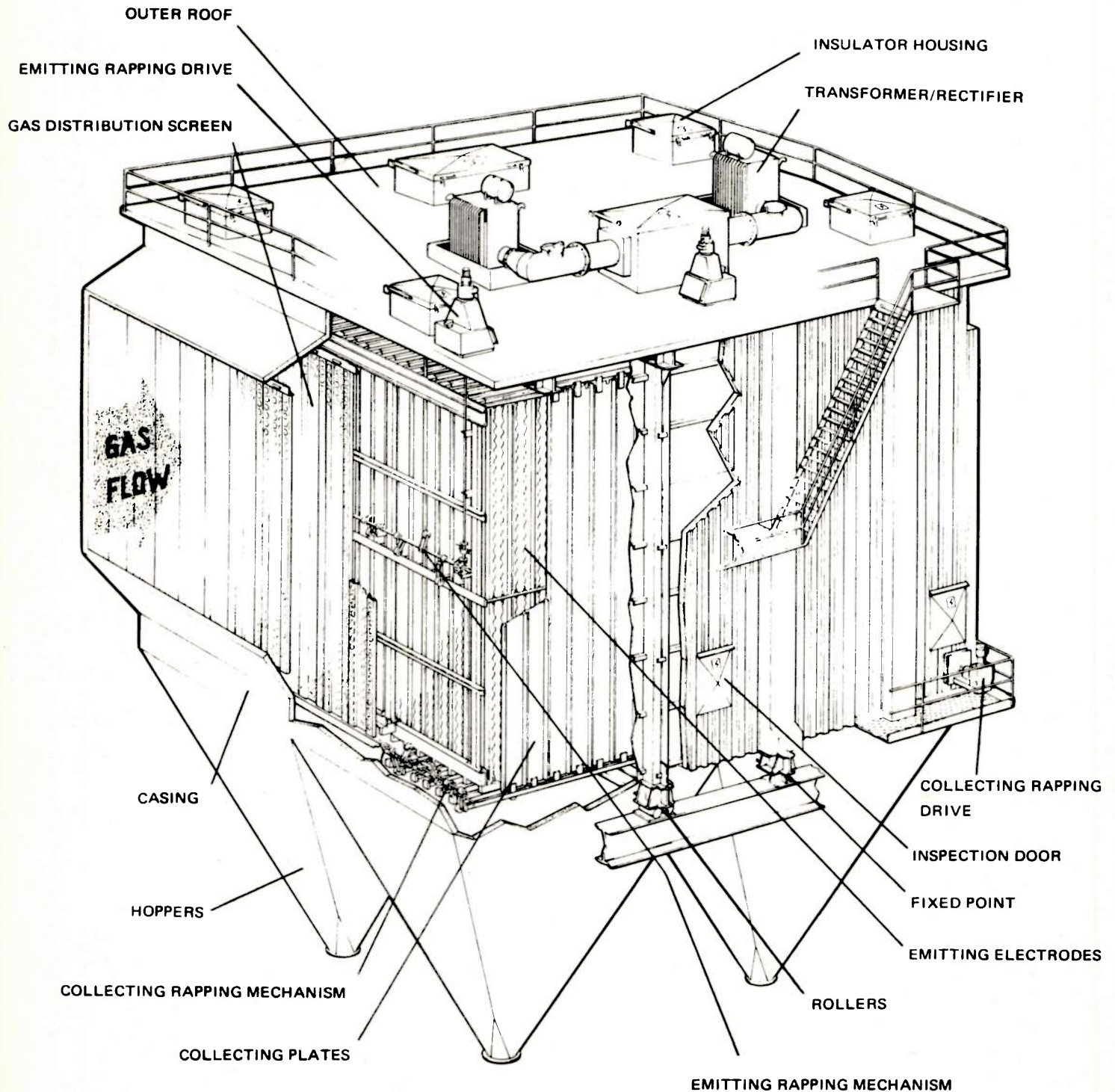
I V-Tyskland gjelder ingen bestemte grenser for NO_x i røkgassen, men de tyske utslippsforskrifter uttaler:

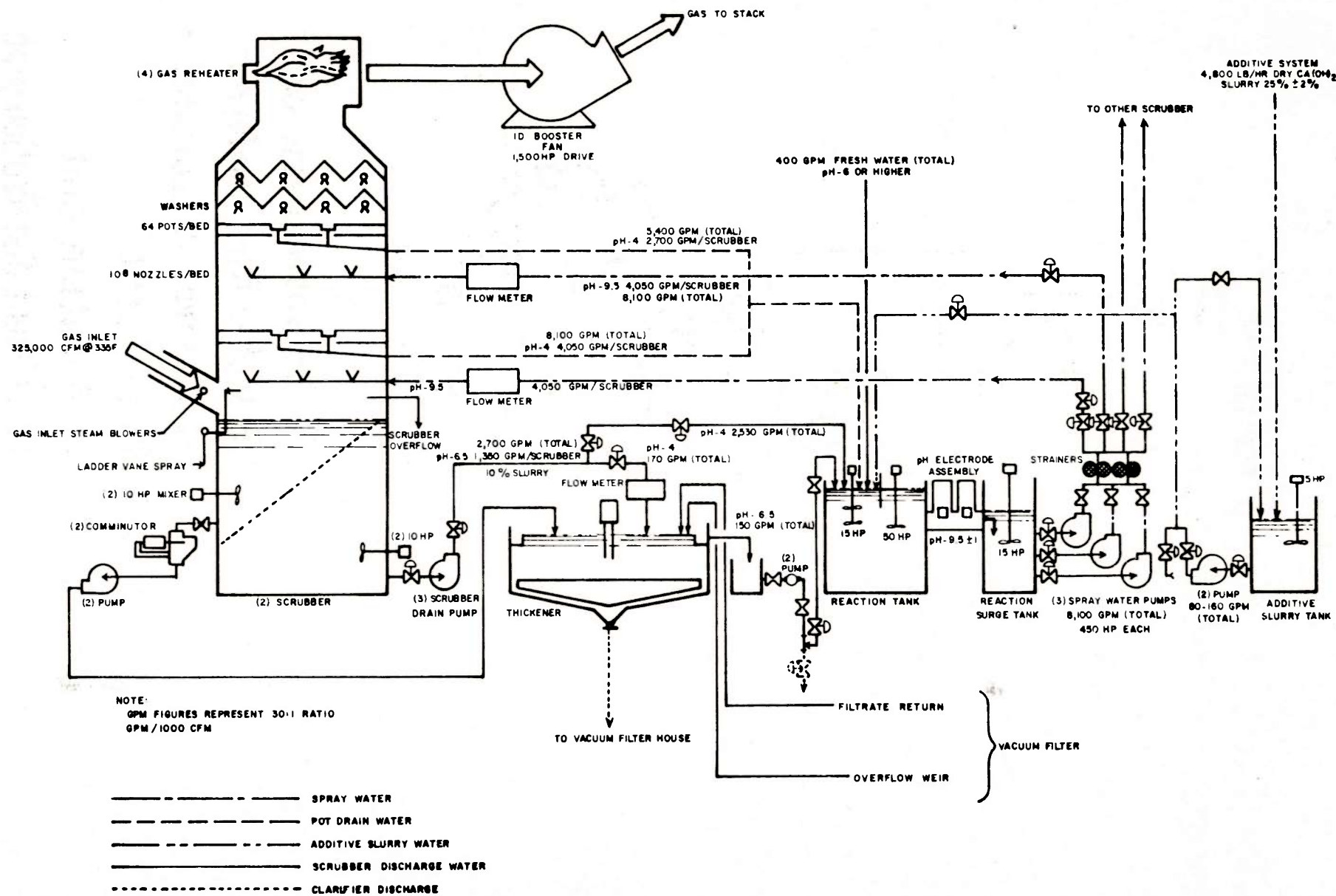
Soweit wie möglich sind Emissionen von Stickoxiden durch technische Massnahmen, z.B. durch Absenken der Verbrennungstemperatur mit Hilfe der Abgasrückführung oder der Zweistufenverbrennung, zu vermindern.

Tilleggskostnader for installasjon av røkgassresirkulering er i ref.15 angitt til ca. \$4,00, tilsvarende kr 23 pr. kW.

ELECTROSTATIC PRECIPITATOR TYPE FAA

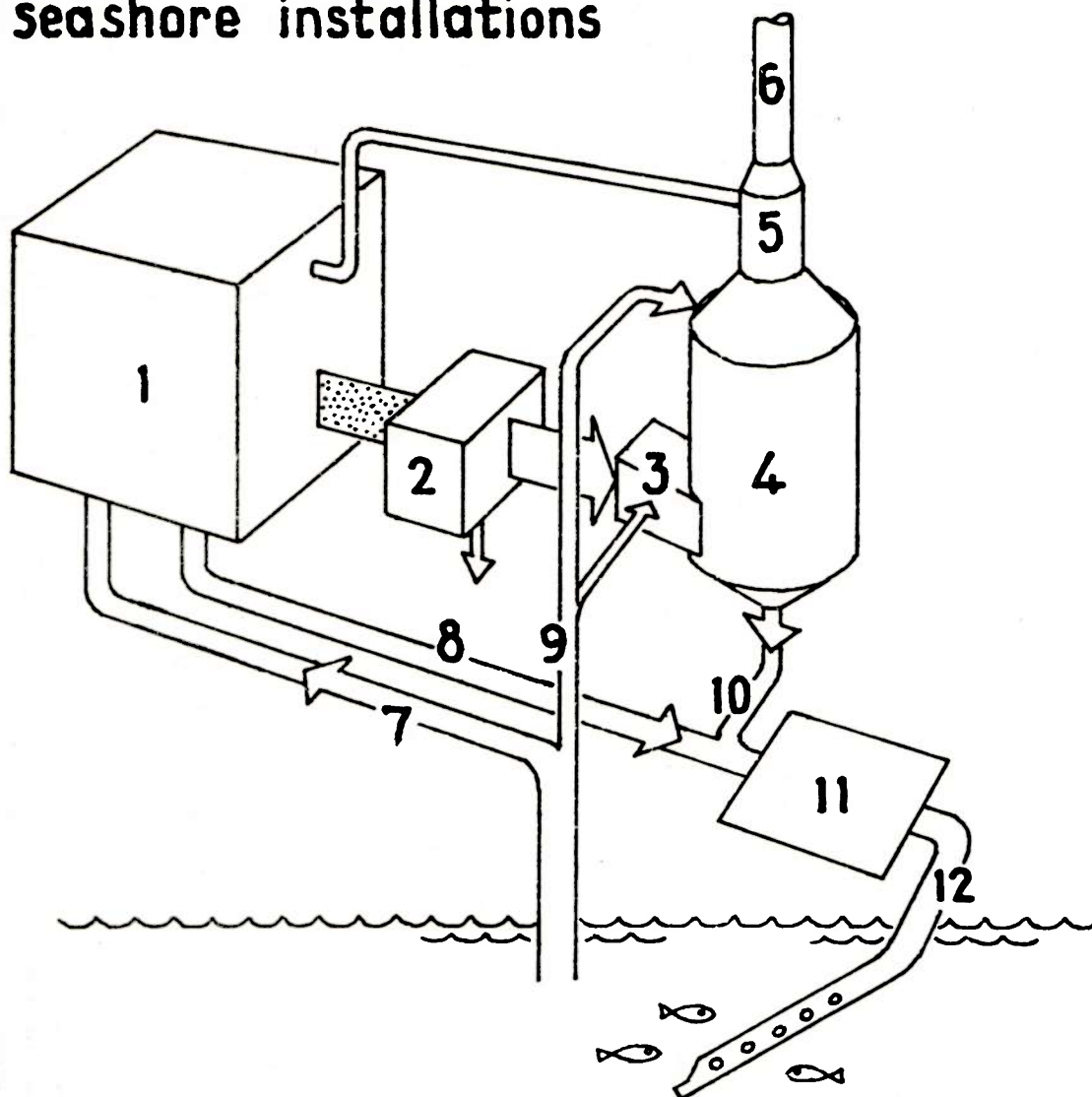
TOTAL VIEW



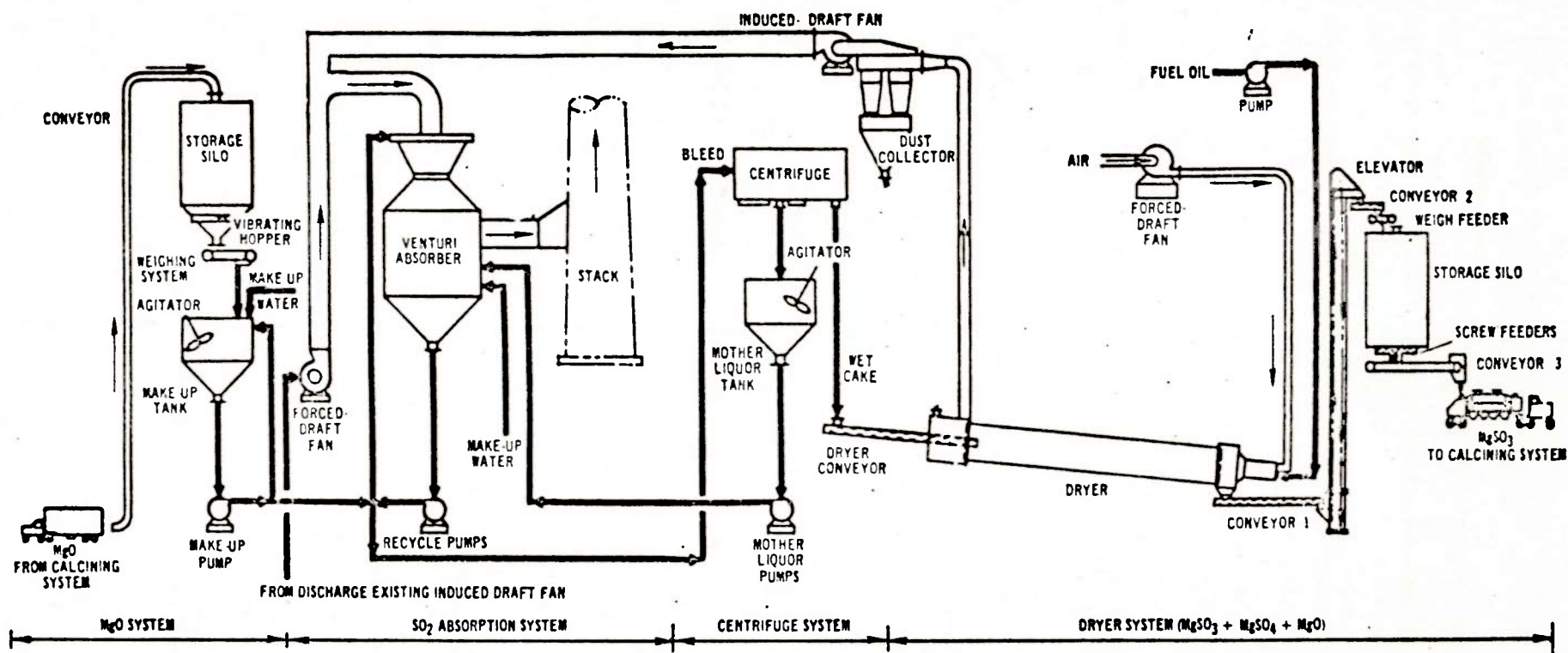


AQCS schematic for Paddy's Run Unit 6

The Flakt-Hydro process for seashore installations



- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1 Boiler | 7 Condenser cooling water |
| 2 Dust collector | 8 Water from condenser |
| 3 Prescrubber | 9 Absorbent seawater |
| 4 Absorption tower | 10 Effluent |
| 5 Bypass reheat unit | 11 Aeration unit |
| 6 Stack | 12 Effluent distribution pipe |



Process flow diagram for magnesia slurry SO_2 recovery system at Boston Edison Co., Boston, Mass.

4.4 Støy.

Anleggsperioden

Av de aktiviteter som foregår i anleggstiden, vil sprengningsarbeidene og transportene merkes over relativt store områder. Sprengningsarbeidene vil i det vesentlige strekke seg over ca. 1 år pr. aggregat, mens transportene vil foregå over hele byggeperioden. Arbeidsstyrken er avhengi av aggregatenes tidsforskyvning. Et aggregat vil ha en maks. arbeidsstyrke på ca. 700 mann.

Driftsperioden

Under drift vil sjenansen fra kraftverket være av lite omfang. Det vil etableres henholdsvis ca. 90 og 120 arbeidsplasser for 1 og 2 aggregater i drift. Anløp av tankbåter har vært nevnt tidligere. Støyen fra kraftverket er normalt svært beskjeden og kan begrenses ved ulike tiltak til meget lave nivåer (mindre enn 45 dBA i en avstand på 200 m). Sporadisk vil dampblåsing kunne gi kraftig støy, men da av kort varighet.

"Røken" fra kraftverket er vanligvis knapt synlig. I frostperioder vil vanndampen i utslippet fra pipen kunne kondenseres og forårsake en "dampsky" i nærheten av pipen.

5. MILJØ OG HELSEVIRKNINGER

5.1 Utslipp til sjø.

5.1.1 Generelt

Et termisk kraftverk bør legges til områder hvor tilførselen av kjølevann av akseptabel kvalitet er tilfredsstillende og hvor inntak og utslipp av de store kjølevannsmengder som slike verk krever, vil kunne finne sted uten at andre interesser blir vesentlig skadelidende.

De miljømessige konsekvenser ved inntak og utslipp kan være vanskelige å forutsi. En rekke ulike forhold kan virke sammen eller mot hverandre slik at det på forhånd er vanskelig å avgjøre totalvirkningen.

Interessene som knytter seg til bruken av sjøområdene kan være forskjellige. Hensynet til biologisk produksjon kan være avgjørende noen steder og andre steder kan rekreasjonsinteresser være avgjørende. Det må da skje en avveining av brukerinteressene i den utstrekning en finner at kraftverksetableringen kan påvirke disse. Alle vurderinger tar utgangspunkt i at endringene bør bli så små som mulig.

Vurderingene bygger på i hovedsak to sett av virkninger, nemlig hydrofysiske og biologiske. De biologiske virkninger er for en stor del avhengig av de hydrofysiske.

I tillegg til eventuelle virkninger som skriver seg fra termisk utslipp (kjølevannsutslipp), vil en kunne ha virkninger fra begroingshindrende tilsetningsstoffer (klor).

5.1.2 Hydrofysiske virkninger

For et oljekraftverk på 1200 MW vil kjølevannsmengden være ca. $35 \text{ m}^3/\text{s}$ ved en oppvarming på 10°C .

Kjølevannet passerer gjennom inntakstunnelen, kondensatorene og utslippstunnelen. Like utenfor utslippsstedet

vil kjølevannet bli fortynnet med omkringliggende vannmasser. Denne fortynning skjer ved at utslippsstrålen som har en viss hastighet, vil "rive med" vann fra de omkringliggende vannmasser. Dette området der utslippet har markert bevegelse i forhold til omgivelsene, kalles "nærsonen". Temperaturen reduseres raskt i nærsonen på grunn av den raske og store innblanding av resipientvann. Nærsonen varierer i utstrekning fra sted til sted, men vil sjelden være over 1 km^2 . Ved de kjølevannsutslipp som er aktuelle for et oljekraftverk i Oslofjorden, vil nærsonen bli adskillig mindre. Den konstruktive utforming av utslippet vil ha større betydning når utslippet er lite.

Nærsonen

I fjernsonen er hastigheten av kjølevannet den samme som for omgivelsene og føres derfor med av de strømmer som er i området. Fortynningen i fjernsonen er preget av resipientens egne blandings- og fortynningsforhold. Varmetap til atmosfæren er ganske viktig i fjernsonen. Dette varmetapet foregår gjennom fordampning, varmeledning, og varmestraling.

Fjernsonen

Inntaks- og utslippsdybde

De hydrofysiske virkninger er for en stor del avhengig av hvilket inntaks- og utslippsarrangement som blir valgt. Inntak kan legges 20-30 m dypt eller helt i overflaten. Det samme gjelder utslippet.

Dersom inntaket legges dypt vil en være sikret kjølevann med relativt stabil temperatur over året. Vannet vil ha relativt høy tetthet (høy saltholdighet, lav temperatur).

Utslipp i dypet er forsøkt enkelte steder i USA. Man oppnår da en rask temperaturreduksjon i nærsonen. Områdene med høy overtemperatur vil da reduseres. Utslipp lagt til dypet kan føre til innlagring av kjølevann under overflaten.

Utslipp i overflaten er mest benyttet. Dersom inntaket også er lagt til overflaten vil utslippet være lettere enn vannet i resipienten. Varmtvannet vil da ligge som

et teppe oppå resipientvannet. Overflateutslipp gir en langsommere fortykning enn dykket utslipp, slik at arealer i resipienten omsluttet av relativt høye overtemperaturer da blir større enn for dykket utslipp. Varmetapet til atmosfæren skjer hurtigst ved overflateutslipp.

Horisontal eller
vertikal separering

Med resirkulasjon menes inntak av allerede temperaturpåvirket vann. Dette fører til en stadig økende temperatur i resipienten og nedsetter kondensatorens virkningsgrad. Vurderinger om fare for resirkulasjon kan være vanskelig å utføre. Enkelte steder kan både inntak og utslipp påvirke de opprinnelige strømforhold.

Dersom en velger dypinntak - overflateutslipp minskes risikoen for resirkulasjon.

Temperaturheving i en fjernsone med dårlig utskiftning (terskelfjord) er vanskelig å beregne. Innenfor en slik terskel kan hele området få et ekstra temperaturtillegg.

5.1.3 Virkninger på fiske og de biologiske forhold

Virkninger i
kjølevannskrets

Vannet som pumpes gjennom kjølevannssystemet, vil inneholde en rekke organismer som føres med strømmen mot inntaket, omfattende både planter og dyr. Disse organismene utsettes for en rekke påkjenninger som hver for seg kan være dødelige. Dette er mekaniske påkjenninger, påkjenninger fra temperatursjokk, giftstoffer i systemet etc.

Undersøkelser over dødelighet i kjølevannssystemet for en rekke arter av fisker, krepsdyr og muslinglarver har vist en betydelig dødelighet. Denne dødeligheten blir forsterket ved tilsetning av antibegroingsmidler som f.eks. klor.

Temperaturen virker på fysiologiske prosesser og bestemmer deres hastighet. Noen organismer har stor evne til temperaturlpassing og disse finnes derfor i områder der temperaturen varierer endel. Andre arter har dårlig tilpassings-evne og finnes derfor i klimatisk begrensede soner og områder med stabil temperatur. Det siste er tilfelle i dypet

av våre fjorder, og selv en liten temperaturøkning der kan få konsekvenser for enkelte dypvannsarter.

Algevekst

Forurensning i fjorder kommer for en stor del fra utslipp av plantenæringsstoffer. Denne gjødslingen kan medføre en masseutvikling av alger til visse tider. Nedbrytingen av det organiske stoffet som blir produsert krever oksygen. Dette kan føre til oksygenmangel, og dannelse av hydrogen-sulfid og "råttent vann".

En økning av temperaturen i en forurenset resipient, vil påskynde de biologiske prosesser og alge-produksjonen kan øke. En temperaturstigning vil føre til en økt risiko for oksygenmangel i de dypere lag av resipienten.

Transport av næringsstoffer

Dersom inntak og utslipp legges på forskjellige nivåer (dyp, overflate), kan den vertikale transport av næringsstoffer øke. Dette kan føre til økt planteproduksjon i overflatelaget i de perioder det ellers er begrenset med.

Vekst av fisk og andre dyr er avhengig av temperaturen, og det er ulike temperaturoptima for de forskjellige arter. Økende temperatur gir økt vekst, men kjønnsmodningen vil inntre tidligere. Veksthastigheten er mindre etter kjønnsmodningen, slik at maksimal størrelse kan bli nedsatt.

Erfaringer fra varmekraftverk

Erfaringer fra utlandet med kjølevannsutslipp er varierte. Generelt er det observert en del endringer i de biologiske forhold ved varmekraftverk der temperaturendringene er store, og der det er høye vanntemperaturer. Fra slike steder er det eksempler på at enkelte arter er blitt borte, reduksjon av det totale antall levende organismer, og endringer i forholdet mellom arter (noen arter stimuleres og andre hemmes). Det er også eksempler på stor larvedødelighet ved at vekst er stimulert i perioder med lav tilgang på passende næring. Erfaringer fra forhold tilsvarende de norske eksisterer ikke.

Fiskedød er påvist som følge av kuldesjokk. Dette vil oppstå når kjølevannsstrømmen plutselig stanser.

Noen fiskearter vil samle seg i utslippsområdet, mens andre arter vil trekke seg bort.

Ved termisk påvirkning er det muligheter for at resipientens produksjonssystem påvirkes. Produksjonssystemet består av to hovedledd: Plantenes produksjon av organisk materiale og transporten av dette primærproduserte materialet gjennom næringskjedene.

Primærproduksjon

Hastigheten i den primære produksjon kan endres ved temperaturpåvirkning. Denne hastighetsendringen behøver ikke påvirke den årlige planteproduksjon som vanligvis begrenses av lys- og næringssalter. Produksjon av fisk og andre dyr er avhengig av primærproduksjon og av algebestandens sammensetning. Den er imidlertid også avhengig av temperaturen, ulike arter vokser best ved ulike temperaturer. Temperaturen er en av de viktigste miljøfaktorer som bestemmer fiskeartenes utbredelse og hvilke arter som finnes på de ulike steder. De fleste arter gyter bare i et begrenset temperaturintervall. Torsk er av de mer kuldekjære arter, gyting foregår i vann med temperatur 4-8°C, voksen fisk kan tåle temperatur på 20-24°C i kortere tid. Makrell og skrubbe er mere varmekjære arter som tåler høye temperaturer også under gyting. Vandringsfisker som laks, sjøaure og ål synes ikke å la seg hindre i gytevandringen av evt. kjølevannsutslipp.

Klortilsetning

Det kan være nødvendig å tilsette begroingshindrende stoffer (klor) i inntaksvannet. Enkelte forsøksresultater kan tyde på at forekomstene av begroingsorganismer (som f.eks. blåskjell-larver) er spredt dypere enn 15-20 m. Begroingsrisikoen skulle derfor bli liten dersom inntak plasseres dypere enn 20 m. Dersom inntak er lagt dypere enn 20 m er det usikkert hvorvidt man kan sløyfe klortilsetting helt. Skadelige virkninger av klortilsetning øker med klorkonsentrasjon, kjølevannsmengde og doseringshyppighet.

5.2 Utslipp til luft

5.2.1 Generelt

Norsk forskning omkring luftforurensning og dens virkninger er organisert i følgende prosjekter:

- a) Når det gjelder kilder for og spredning av luftforurensninger, spesielt svovelforbindelser, har Norsk institutt for luftforskning (NILU) koordinert OECD's prosjekt om "Fjerntransport av luftforurensninger" siden det ble påbegynt i 1973 og har i egen regi utført et omfattende nasjonalt måleprogram siden oktober 1971.
NILU driver også forskning angående forekomst og spredning av luftforurensninger i tettsteder og industriområder i Norge.
- b) Studiet av de biologiske virkninger av sur nedbør er organisert i et felles forskningsprosjekt "Sur nedbørs virkning på skog og fisk" (SNSF), finansiert av Norges teknisk-naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF). Prosjektet støttes også av Miljøverndepartementet. En rekke norske institutter deltar i prosjektet.
- c) Korrosjon som tilskrives sure komponenter i atmosfæren og tæring på rørledninger og vannkraftverk som tilskrives sur nedbør studeres ved NILU og ved Det norske Veritas' materialtekniske avdeling. Dette prosjektet er koordinert med forskning ved Norges Tekniske Høgskole i Trondheim (NTH).
- d) Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfisk, avd. for fiskeforskningen på Ås, har utført pH-målinger og registrert laksefangster og ørretbestand i mer enn 50 år.
I tillegg foregår det ved norske universiteter og høyskoler atskillig forskning som har relasjon til problemet sur nedbør.

5.2.2 Helsevirkninger

Spredning og
konsentrasjoner

Uten forholdsregler kan utslippene til luft fra et oljefyrt varmekraftverk ha helsemessige konsekvenser. Blant de stoffer som utslippene omfatter er svoveloksyder, støv og tungmetaller (bl.a. vanadium) av spesiell interesse i denne forbindelse. Disse stoffer kan spres i atmosfæren over et relativt stort område og forårsake en belastning i tillegg til de forurensninger som måtte være tilstede på grunn av andre kilder. I visse områder kan spesielle topografiske og meteorologiske forhold bidra til at forurensningene gjennom flere døgn akkumuleres i de nedre skikt av atmosfæren. Dette kan intreffe også i den kalde årstid da fyringsintensiteten er størst og over byer og tettsteder med mange fyringsanlegg som alle gir sitt bidrag til den totale luftforurensningen i området.

Skadevirkninger
dårlig kartlagt

Man har i dag ikke full oversikt over de helsemessige konsekvenser av slik luftforurensning. Problemene er mangeartede og tildels komplekse. De skadevirkninger som registreres, er et resultat av en rekke forurensninger som er tilstede i luften samtidig og i store nok konsentrasjoner.

Foruten mengde og kjemisk sammensetning spiller også den fysikalske tilstand en stor rolle. Det er av vesentlig betydning for skadevirkningene om forurensningene forekommer i gassform eller som partikler eller dråper.

Partikler

Partikler på ca. 10 μm og større oppfanges i nesen, mens størrelsesorden 1 - 2 μm passerer ned til bronchioli og alveoler og holdes tilbake der. Mindre partikler følger i stor utstrekning med luften ut igjen men de helt små oppfanges på grunn av Brownske bevegelser. Partikler og

Svoveloksyder

Svoveloksydene avgis med røykgassene vesentlig i form av svoveldioksyd-gass, men noe vil opptas i mikrovanndråper eller svevende sot- eller røykpartikler i luften og evt. omdannes til svovelsyre eller sulfater. Dette kan ha vesentlig betydning for svoveloksydenes virkninger i luftveiene. Omdannelsen til svovelsyre kan påskyndes av andre tilstedeværende forurensninger, som også i form av mikrodråper og partikler kan fungere som bærere av svoveloksyder ned i de dypere deler av luftveiene, og dessuten utøve egne vevsirriterende egenskaper. Tilstedeværelsen av andre forurensninger i luften er derfor på ingen måte uvesentlig for svoveloksydens virkninger og for de totale helsemessige virkninger av sterkt forurenset luft. Man kan derfor ikke forvente at en bestemt konsentrasjon av svoveldioksyd vil utøve de samme helsemessige virkninger under alle forhold, men det er påvist å være en årsakssammenheng mellom svoveldioksyd- og røykpartikkelmengder som mål for luftforurensningene og sykdom og helseskader i befolkningsgrupper utsatt for denne forurensning. I alle større befolkningsgrupper må man anta at det er særlig ømtålige individer og personer med svekket helse som ikke tåler selv forholdsvis moderat økning av svoveldioksyd- og røykpartikkelkonsentrasjonene i luften. Øket sykelighet og dødelighet som følge av dette kan dog bare påvises i meget store befolkningsgrupper og vil derfor bare kunne oppdages statistisk i større bybefolkninger.

WHO's summering av erfaringer

Verdens Helseorganisasjons ekspertkomité i 1972 summerer opp erfaringene fra en rekke undersøkelser over luftforurensningenes helseeffekter i bybefolkninger slik:

Ventede helseeffekter av luftforurensninger på utvalgte befolkningsgrupper

	Overdødelighet og økte syke- husinnleggelser	Forverring av tilstanden hos lungesyke	Luftvei- symptoner
SO ₂ -forurensning	0,5 mg/m ³ (døgnmiddel)	0,25-0,5mg/m ³ (døgnmiddel)	0,1 mg/m ³ (årsmiddel)
Røykpartikler	0,5 mg/m ³ (døgnmiddel)	0,25 mg/m ³ (døgnmiddel)	0,1 mg/m ³ (årsmiddel)

5.2.2 Helsevirkninger

Spredning og
konsentrasjoner

Uten forholdsregler kan utslippene til luft fra et oljefyrt varmekraftverk ha helsemessige konsekvenser. Blant de stoffer som utslippene omfatter er svoveloksyder, støv og tungmetaller (bl.a. vanadium) av spesiell interesse i denne forbindelse. Disse stoffer kan spres i atmosfæren over et relativt stort område og forårsake en belastning i tillegg til de forurensninger som måtte være tilstede på grunn av andre kilder. I visse områder kan spesielle topografiske og meteorologiske forhold bidra til at forurensningene gjennom flere døgn akkumuleres i de nedre skikt av atmosfæren. Dette kan intreffe også i den kalde årstid da fyringsintensiteten er størst og over byer og tettsteder med mange fyringsanlegg som alle gir sitt bidrag til den totale luftforurensningen i området.

Skadevirkninger
dårlig kartlagt

Man har i dag ikke full oversikt over de helsemessige konsekvenser av slik luftforurensning. Problemene er mangeartede og tildels komplekse. De skadevirkninger som registreres, er et resultat av en rekke forurensninger som er tilstede i luften samtidig og i store nok konsentrasjoner.

Foruten mengde og kjemisk sammensetning spiller også den fysikalske tilstand en stor rolle. Det er av vesentlig betydning for skadevirkningene om forurensningene forekommer i gassform eller som partikler eller dråper.

Partikler

Partikler på ca. 10 μm og større oppfanges i nesen, mens størrelsesorden 1 - 2 μm passerer ned til bronchioli og alveoler og holdes tilbake der. Mindre partikler følger i stor utstrekning med luften ut igjen men de helt små oppfanges på grunn av Brownske bevegelser. Partikler og

mikrodråper kan fungere som bærere av gassformige forurensninger ned til lungeblærene hvor de gjør større skade.

Som virkning
av forurensninger

Man vet at høyere døgnmiddelkonsentrasjoner av SO_2 kan føre til helseskader og overdødelighet når også røykpartikler og andre komponenter av forbrenningsprodukter er tilstede, som bl.a. sulfater og svovelsyretåke, nitrogenoksyder, aldehyder, akrolein og andre "irritanter" - men man vet ikke hvilke av komponentene som spiller hovedrollen. Som underlag for epidemiologiske undersøkelser over dose/responsforholdet i store befolkningsgrupper har det i lang tid vært målt spesielle komponenter som har vist seg å være brukbare indekssubstanser for typer av luftforurensning, først og fremst SO_2 og røykpartikler.

Man vet ganske mye om en rekke av komponentenes virkemekanismer under eksperimentelle betingelser, men man kan enda ikke skille ut enkelteffekter i det komplekse system som på den ene siden består av en blanding av mange forurensende stoffer i luften og på den annen side en utsatt befolkningsgruppe sammensatt av mange ulike individer.

Hjerte- og
lungetykdommer

Det er påvist overdødelighet blant folk som på forhånd lider av hjerte- og lungetykdommer under akutte luftforurensningsepisoder som smogkatastrofen i London i 1952 o.fl. Forklaringen til dette ligger i lungenes oppbygging og funksjon når vi via nese- svelg, strupehode, luftrør og bronkier kommer til de fineste bronkiegrener og til lungeblærene eller alveolene. De millimetersmå alveolene er tynnvegget og hver av dem er omgitt av et hårrørsnett som alt blodet må passere (i det lille kretsløp) for å komme fra høyre til venstre forkammer. Dette gir en nær kontaktflate mellom luften i alveolene og blodkarnettet, og da disse vevene er sårbare overfor luftforurensninger kan skadevirkningene også føre til påkjenning på kretsløpet og hjertet.

Øket luftmotstand i de dypere luftveiene er en vanlig effekt av forurensninger som virker irriterende på slimhinnene. Årsaken til dette er delvis øket slimsekresjon og hemmet cilievirksomhet med sekretopphoping, men også sammentrekninger i de fineste bronchioli. Varige vevsforandringer med kronisk bronkitt kan bli følgen av dette. Ventilmekanismer som fører til brystne alveoler (sprengte lunger, emfysem) hører også med til det kroniske sykdomsbilde som har vært vanlig i Storbritania og som er et stadig økende problem i USA.

Påviste effekter
av luftforurens-
ninger

Et standardisert opplegg for samtidig måling av miljøkvaliteter og registrering av akutte og kroniske kriterier på helsetilstanden i utvalgte kommuner i USA med ulike grader av eksposisjon for vanlig luftforurensningsnivå har påvist følgende effekter som kan tilskrives forurensningene:

1. Målbart nedsatt lungefunksjon hos skolebarn.
2. Plagsomme irritasjonssymptoner i luftveiene hos friske personer under periodevise økninger av luftforurensningene.
3. Hyppigere akutte luftveilidelser hos familier som bor i sterkt forurensede kommuner.
4. Forverrelser av symptomene under kortvarige opphopninger av luftforurensningene hos grupper med astma, kronisk bronkitt eller hjertesykdom.
5. Større hyppighet av kronisk bronkitt blant voksne som har bodd lenge i sterkt forurensede miljøer.
6. Helseeffektene var i høyere grad assosiert med eksposisjon for sulfater enn for total mengde svevende partikler og svoveldioksyd i luften.
7. Bedring av luftkvaliteten, ved flytting fra storby, hadde positive virkninger på personer med kroniske luftveisykdommer og økte lungekapasiteten hos små barn.

Svoveloksyder

Svoveloksydene avgis med røykgassene vesentlig i form av svoveldioksyd-gass, men noe vil opptas i mikrovanndråper eller svevende sot- eller røykpartikler i luften og evt. omdannes til svovelsyre eller sulfater. Dette kan ha vesentlig betydning for svoveloksydenes virkninger i luftveiene. Omdannelsen til svovelsyre kan påskyndes av andre tilstedeværende forurensninger, som også i form av mikrodråper og partikler kan fungere som bærere av svoveloksyder ned i de dypere deler av luftveiene, og dessuten utøve egne vevsirriterende egenskaper. Tilstedeværelsen av andre forurensninger i luften er derfor på ingen måte uvesentlig for svoveloksydens virkninger og for de totale helsemessige virkninger av sterkt forurenset luft. Man kan derfor ikke forvente at en bestemt konsentrasjon av svoveldioksyd vil utøve de samme helsemessige virkninger under alle forhold, men det er påvist å være en årsakssammenheng mellom svoveldioksyd- og røykpartikkelmengder som mål for luftforurensningene og sykdom og helseskader i befolkningsgrupper utsatt for denne forurensning. I alle større befolkningsgrupper må man anta at det er særlig ømtålige individer og personer med svekket helse som ikke tåler selv forholdsvis moderat økning av svoveldioksyd- og røykpartikkelkonsentrasjonene i luften. Øket sykelighet og dødelighet som følge av dette kan dog bare påvises i meget store befolkningsgrupper og vil derfor bare kunne oppdages statistisk i større bybefolkninger.

WHO's summering
av erfaringer

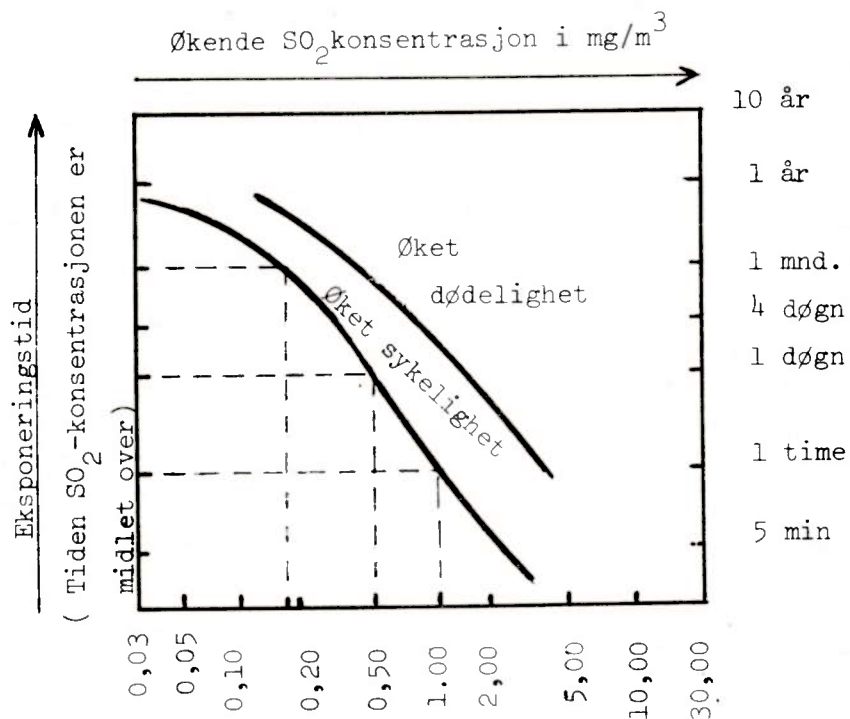
Verdens Helseorganisasjons ekspertkomité i 1972 summerer opp erfaringene fra en rekke undersøkelser over luftforurensningenes helseeffekter i bybefolkninger slik:

Ventede helseeffekter av luftforurensninger på utvalgte befolkningsgrupper

	Overdødelighet og økte syke- husinnleggelser	Forverring av tilstanden hos lungesyke	Luftvei- symptoner
SO ₂ -forurensning	0,5 mg/m ³ (døgnmiddel)	0,25-0,5mg/m ³ (døgnmiddel)	0,1 mg/m ³ (årsmiddel)
Røykpartikler	0,5 mg/m ³ (døgnmiddel)	0,25 mg/m ³ (døgnmiddel)	0,1 mg/m ³ (årsmiddel)

Disse helseeffektene er oppstått i byluft hvor både røykpartikler og svoveloksyder var tilstede.

En grafisk illustrasjon av sammenhengen mellom konsentrasjoner av svoveloksyder i luften og påvirkningstiden og innvirkninger på helsetilstanden er vist nedenfor. Illustrasjonen er omtegnet etter et diagram fra "Air Quality Criteria for Sulphur Oxides", DHEW, Air Pollution Center, USA, basert på 79 dokumentasjoner av observerte virkninger av forurensningene på helsetilstanden.



Nitrogendioksyd

Nitrogendioksyd har biologiske virkninger og mulige helseeffekter. Eksperimentell eksposisjon av utvalgte dyrearter for de NO_2 -konsentrasjoner som forekommer i friluft, har resultert i celledforandringer og strukturendringer i lungene så vel som øket dødelighet som følge av påfølgende eksposisjon med infeksjøs aerosoler. Dette peker i retning av at nitrogendioksyd kan være av betydning som helseskadelig komponent i den alminnelige luftforurensning i byer. Direkte holdepunkter for å vurdere helseeffekter på mennesker av langtidspåvirkning med konsentrasjoner under 1000 $\mu\text{g NO}_2$

pr. m^3 foreligger bare fra epidemiologiske undersøkelser av eksponerte befolkningsgrupper. En undersøkelse som ble lagt til grunn for fastsettelse av USA's krav vedr. NO_2 -konsentrasjoner (til $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsgjennomsnitt) var fra en skolebarnsundersøkelse i Chattanooga hvor man sammenlignet helseforholdene i en kommune som var eksponert for nitrogenoksyder fra en TNT-fabrikk og andre kontrollkommuner.

Virkninger av NO_2

Man fant at NO_2 -eksponering hadde resultert i økt motstand i luftveiene hos barn i alderen 6-8 år og økt hyppighet av akutte luftveissykdommer hos disse, deres søsken og foreldre, samt en oversykelighet av dypere luftveiinfeksjoner hos småbarn. Det har senere blitt hevdet at nevnte undersøkelser har ført til at grenseverdien ble satt for lavt fordi anvendte målemetode gav for lave estimater i forhold til den virkelige nitrogendioksydeksponisjon og fordi de eksponerte var utsatt for SO_4 og HNO_3 i tillegg til NO_2 . Nitrogenoksydenes mulige helseeffekter, i aktuelle konsentrasjoner i f.eks. byluft, er på langt nær helt klarlagt. Men det vil av følgende grunner være viktig å følge nøye opp nye forskningsresultater vedr. nitrogenoksydenes forekomster og virkninger:

- a) Nitrogendioksyd har slimhinneirriterende egenskaper og kan utøve sin virkning i de dypere deler av luftveiene i samvirke med andre irritanter i luften.
- b) Resultatene av dyreeksperimenter med slike nitrogendioksydkonsentrasjoner som kan forekomme i forurenset byluft, tyder på at nitrogenoksydens negative helseeffekt kan være betydelige.

Nitrogenoksyder kan i sterkt sollys aktivt medvirke til dannelsen av ozon og oksydanter. Ozon utgjør hovedbestanddelen i fotokjemisk "smog" som idag ikke kan anses å være et problem i Norden. Sammenhengen mellom oksydant-nivåer og helseeffekter kan sammenfattes slik:

- a) Overdødelighet som følge av oksydanter i friluft er ikke påvist.
- b) Øket hyppighet av astmaanfall er påvist ved oksydantnivåer over 250 μg pr. m^3 luft som timesmiddel.
- c) Nedsatt lungefunksjon er påvist ved oksydantnivåer over 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som timesmiddel.
- d) Irritasjon av øyets slimhinner og annet ubehag merkes av store deler av befolkningen ved oksydantnivåer over 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som timesmiddel.

Virkninger av tungmetall

Blant tungmetallene er vanadium-utslippet av spesiell interesse fra et helsemessig synspunkt. Vanadium fra oljefyrte anlegg forekommer overveiende som vanadiumpentoksyd (V_2O_5). Vanadiumpentoksyd er etsende og kan i meget små konsentrasjoner i lufta virke irriterende på slimhinnene i luftveiene og i lungene. Disse helseeffekter kan addere seg til virkningene av andre slimhinneirriterende komponenter. Vanadium er dessuten påvist å være en katalysator av SO_2 til svovelsyredråper som kan ha betydelig større helseskadelig effekt enn SO_2 i gassform.

Retningslinjer for forurensede utslipp

Retningslinjer om hvilke konsentrasjoner av forekommende forurensninger i luften som ikke bør overskrides av hensyn til befolkningens helse og trivsel vedtas i stadig flere land. Sovjet-republikken var tidlig ute med lange lister over "maksimale tillatte konsentrasjoner i boligstrøk", men verdiene ble satt så lavt at det bare kan oppfattes som målsetting og ikke oppfyllebare krav i vår tids praksis. I 1964 fikk Vest-Tyskland lovbestemte forskrifter for tillatte maksimale konsentrasjoner i omgivelsene til konsjonspliktig industri og andre anlegg, gjeldende for nitrogendioksyd, klor, hydrogensulfid og svoveldioksyd.

Tyskland

Fra nyere tyske undersøkelser er foreslått følgende grenseverdier for nitrogenoksyder:

$\text{NO}_2 = 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 24 timersmiddel.
 $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 30 minuttersmiddel.
 $\text{NO} = 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 24 timersmiddel.
 $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 30 minuttersmiddel.

USA

I 1971 ble "Air Quality Standards" vedtatt av de føderale myndigheter og skal gjelde for hele USA.

Følgende angir de grenseverdier som er gjort gjeldende av hensyn til befolkningens helse:

Svoveloksyder: Årlig aritmetisk middeltall $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
Maksimal døgnmiddelkonsentrasjon som ikke skal overskrides mer enn en gang pr. år: $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Partikulære forurensninger (sot og støv): Årlig geometrisk middeltall: $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimal døgnmiddelkonsentrasjon som ikke skal overskrides mer enn en gang i året: $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Karbonmonoksyd: Maksimal 8 timers konsentrasjon som ikke skal overskrides mer enn en gang i året: $10 \text{ mg}/\text{m}^3$.
Maksimal 1-timesverdi som ikke må overskrides mer enn en gang i året: $40 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Fotokjemiske oksydanter: Maksimal 1-timesverdi som ikke skal overskrides mer enn en gang i året: $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nitrogenoksyder: Årlig aritmetisk middeltall: maksimalt $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sverige

Svenske retningslinjer vedrørende grenseverdier for SO_2 i friluft angir følgende verdier:

Månedsmiddelverdi som ikke bør overskrides: $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Døgnmiddelverdi som kan overskrides høyst en gang pr. måned: $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Halvtimes middelverdi som kan overskrides i høyst 1% av tiden: $0,70 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Et svensk ekspertutvalg har foreslått å bruke WHO's tilråding 1972 som retningslinjer.

WHO

Verdens Helseorganisasjons ekspertkomité i 1972 anbefalte følgende målsetting for luftkvaliteten i byer og tettbygde strøk:

Tettbygde strøk:	Årsmiddelverdi	Døgnmiddel som ikke bør overskride mer enn 2% av tiden.
------------------	----------------	---

For svoveloksyder	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
For røykpartikler	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ved vurderingen forutsettes at både svoveloksyder og røykpartikler er tilstede i luften.

Disse retningslinjer fikk tilslutning av nordiske byer på et seminar i Sandefjord i 1974 men det ble anbefalt at årsmiddelverdien gjøres gjeldende som maksimalt gjennomsnitt for fyringssesongen i vårt kalde klima.

Grenser for
vanadium-utslipp

Man kjenner ikke til at det i den vestlige verden er fastlagt eller foreslått retningslinjer eller standardkrav til maksimalt tillatt innhold av vanadium eller vanadiumpentoksyd i uteluft. Derimot er maksimal tillatelig konsentrasjon av V_2O_5 i USSR satt til 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som døgnmiddel. Denne russiske grenseverdi utgjør 4 % av den yrkeshygieniske grenseverdi for arbeidsmiljøet som er retningsgivende også i vårt land, et forholdstall som ikke er urimelig i lys av erfaringer for andre komponenters vedkommende.

I 1970 fikk Norge en ny lov om bruk av fyringsoljer. Den gir adgang til å forby eller begrense bruken av tunge fyringsoljer eller å fastsette grenser for svovelinnholdet i områder hvor helsemessig betenkelige grader av luftforurensning fra fyringsanlegg er påvist.

5.2.3 Virkning på skog, jordbruk, fauna, flora etc.

Svoveldioksyd-forurensning av luften kan påvirke plantene direkte og indirekte.

Sviskader

Den direkte virkningen består i at SO_2 i gassform opptas i bladene gjennom spalteåpningene, og forårsaker fysiologiske skader i cellene, slik at hele eller deler av bladene dør. Dette kalles ofte sviding. Det antas at den reduserende virkningen av SO_2 er dominerende for denne typen av skade. Plantene har evne til å oksydere SO_2 til sulfat i et visst tempo. Sulfat er den svovelforbindelse som plantene normalt opptar fra jorden og nytter i sin metabolisme. Det er når SO_2 opptas raskere enn planten kan oksydere det til sulfat, at skade oppstår. Men det er en øvre grense også for hvor mye sulfat plantene kan nyttiggjøre seg, og det er sannsynlig at sulfatakkumulering langt ut over plantenes behov er skadelig. SO_2 -opptaket bestemmes på den ene side av plantenes luftveksling og på den annen side av SO_2 -konsentrasjonen i luften. Plantenes luftveksling er nødvendig for opptak og utskilling av CO_2 , O_2 og vanndamp, under livsprosessene fotosyntese, respirasjon og transpirasjon. Luftveksling skjer gjennom spalteåpningene, som er regulerbare, og som finnes på alle grønne plantedeler. Åpning og lukking av spalteåpningene styres av de nevnte livsprosessene, men plantene kan dessverre ikke aktivt beskytte seg mot opptak av skadelige luftforurensninger ved hjelp av denne mekanismen. Spalteåpningene er åpne i lys, og hos de fleste arter, lukket i mørke. De er åpne ved tilstrekkelig vannforsyning, men lukkes gradvis når vannforsyningen avtar. Mange av livsprosessene er temperaturavhengige, slik at luftvekslingen er liten ved lav temperatur.

Dette betyr at SO_2 -konsentrasjonene i vekstperioden er av størst interesse ved vurdering av mulige skader på planter. Alltid-grønne planter, som de fleste bartrær, vil også kunne skades om vinteren, men fordi temperaturen da oftest er lav, er risikoen for dette mindre. Videre er SO_2 -konsentrasjonene om dagen av større betydning enn de om natten. Høye SO_2 -konsentrasjoner på varme sommerdager er særlig farlige.

Lav er særlig
ømfintlig

Det er stor variasjon mellom plantearter med hensyn til hvor høye SO_2 -konsentrasjoner de tåler. Flere lav-arter, særlig de som vokser på trær (skjegglav m.fl.), er svært ømfintlige. De forsvinner fra SO_2 -forurensede områder selv hvor man ikke kan se noen skade på høyere planter. En lav består av en sopp og en alge som lever i symbiose. Det er algekomponenten som først skades av SO_2 . Lav opp-tar det meste av sin mineralnæring fra nedbørsvann eller direkte fra luften. Selv lav som vokser på jord har ikke egentlige røtter som gir mulighet for aktivt næringsopp-tak fra jorden. Dette at de tar en relativt større del av sin næring direkte fra luft og nedbør enn tilfellet er for høyere planter kan være én årsak til at lav er mer ømfintlig for luft- og nedbørsforurensning.

Lavarter som vokser på bakken, f.eks. reinlav synes å være mindre utsatt for skade av luftforurensninger enn de fleste av de artene som vokser på trær.

Skader på
bartrær

Av høyere planter er bartrær, og særlig gran og furu, blant de mest ømfintlige overfor SO_2 . For den primære skaden, svidningen, skyldes ikke bartrærnes ømfintlig-het det at de har flerårige nåler. Men følgene av svidningen for treets vitalitet er mer alvorlige for alltid-grønne bartrær enn for løvtrær. Bartrær med flerårige nåler må i beste fall leve med de skadde nålene i 3 - 10 år. I verste fall faller de delvis svidde nålene av og regene-reres ikke. Dette er vanlig hos gran, mens nålene hos furu blir sittende selv om de er svidde i nesten hele sin lengde.

Med hensyn til svidning er årets nåler langt mer ømfint-lige enn eldre nåler. Men det er i litteraturen ofte nevnt at nålenes naturlige aldring akselererer ved SO_2 -forurens-ning. Dette hevdes å være et resultat av sulfatakkumuler-ing, og kan opptre ved lavere SO_2 -konsentrasjoner enn de som fører til svidning. Resultatet er at trærne blir stående med færre nåleårganger enn normalt, hvorved til-veksten reduseres.

Skader på
løvtrær og
urter

De fleste løvtrærne, f.eks. bjørk, er mye mer resistente enn bartrærne overfor SO_2 .

Av urteaktige planter er flere leguminoser (belgplanter), særlig luzern (*Medicago sativa*) (en kløverlignende forplante), videre bokhvete (*Fagopyrum esculentum*), bygg, salat og spinat relativt ømfintlige overfor SO_2 .

For skog, og antagelig også for andre plantesamfunn, kan den primære svekkelsen og avdøingen som skyldes SO_2 teoretisk føre til øket risiko for andre fysiogene (med fysisk og/eller kjemisk årsak) og biogene (forårsaket av organismer) skader. Samspill mellom røykskade og frostskaade er omtalt i litteraturen, likeledes hyppigere og sterkere angrep av endel parasitter på barnåler. Hva slike samspill kan bety hos oss har vi liten erfaring for. Døde og døende trær gir ynglemuligheter for barkbiller, og hvis ikke disse trær fjernes etter hvert, kan billepopulasjonen bli så stor at dyrene også begynner å angripe frisk skog.

Nøyaktige grenser for hvor høye SO_2 -konsentrasjoner en gitt planteart tåler uten at det oppstår skader, er vanskelig å angi. Som tidligere nevnt vil grenseverdiene være avhengige av eksponeringstid, temperatur, fuktighet og lysforhold. Det vil dessuten være individuelle variasjoner i ømfintlighet innen en og samme planteart, avhengig av blant annet plantenes alder og vitalitet. Undersøkelser har vist at akutte skader ikke synes å forekomme dersom 8-timers middelkonsentrasjonen ikke overskrider $850 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Derimot er det også vist at konsentrasjoner fra $150 - 700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kan sammen med ozon eller nitrogendioksyd virke synergistisk over korte midlingstider (f.eks. ~ 4 timer) og forårsaker fra moderate til alvorlige skader på følsomme planter. Kroniske skader som fører til at bladene på trær gulner er vist å forekomme i områder ved årsmiddelkonsentrasjoner på $85 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$.

Utvasking av næringsstoffer

Den indirekte virkningen av svoveloksyder består i at SO_2 i luften oksyderes til SO_3 som sammen med vann danner svovelsyre. Når denne syren tilføres jordsmonnet, ved tørravsetning og med nedbør, kan den føre til øket utvasking av næringsstoffer og dermed til redusert produktivitet. Utvaskingen vil i størst grad gjelde tilgjengelig kalsium. For jordbruket vil dette ikke bety så mye fordi det der allerede gjødsles med store mengder kalk og den økte utvaskingen vil medføre en meget beskjeden økning i kalkningsbehovet.

I skogbruket er derimot kalking ikke vanlig praksis. I noen gjødslingsforsøk har ikke tilførsel av kalsium gitt noe utslag på skogproduksjonen. Men man kan ikke derav trekke den slutning at en reduksjon av kalsiummengden ikke vil ha noen virkning. Tvert imot er det liten tvil om at økt utvasking vil føre til redusert produksjon. Kalsium spiller sannsynligvis en primær rolle i jordsmonnets næringshusholdning ved å påvirke nitrogenfikseringen fra luft. En annen effekt av forsterket utvasking kan være at mer nøysomme plantearter etter hvert erstatter de mere kravfulle.

Forsuring av vassdrag

Avsetning av svovelforbindelser kan føre til økt surhet i ferskvann og elver som igjen kan føre til at enkelte fiskearter kan dø ut. De største konsentrasjoner kan forventes i forbindelse med snøsmeltingen. Snøen vil lagre forurensningene gjennom vinteren, og disse frigjøres i løpet av smelteperioden. I jordbunnen er det ofte tele og små muligheter for nøytralisering. Dette kan resultere i relative høye surhetsgrader i elvene under vårflommen.

Grenseverdier for at fisk skal kunne formere seg er for ørret omkring $\text{pH} = 4.6 - 4.7$ og for laks omkring $\text{pH} = 5.0 - 5.2$.

Det anses for lite sannsynlig at de økninger av syretilførsel som her er aktuelle kan ha merkbare virkninger på livet i havet.

Det anses som lite sannsynlig at aktuelle utslipp av nitrogenoksyder vil resultere i direkte skader på vegetasjon da konsentrasjonene trolig vil være langt lavere enn anslåtte skadegrenser. Det er rapportert skader på enkelte plantearter ved konsentrasjoner på $470 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ over 8 måneder, eller $1900 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ midlet over en dag.

5.2.4 Andre virkninger (korrosjon)

Av utslippene fra oljefyrte kraftverk er svovelforurensningene som svoveldioksyd (SO_2) og svovelsyre (H_2SO_4) de klart mest korrosive. Støvpartiklene i røkgassene, d.v.s. sot og metalloksyder, øker også korrosjonen. Det kan skje både direkte og indirekte, direkte ved at partiklene selv deltar i nedbrytningsprosessen, indirekte ved at de virker som katalysatorer for dannelsen av svovelsyre.

I hvilken grad luftforurensninger fra et oljefyrt kraftverk vil akselerere materialnedbrytningen beror på flere ulike faktorer. Viktigst er kraftverkets lokalisering i forhold til øvrig bebyggelse, spredningsforholdene, røkgassens konsistens samt de klimatiske betingelser som luftfuktighet og temperatur.

Den økte forurensningen av luft og nedbør har forårsaket enraskt økende nedbrytning både av metalliske og ikke-metalliske materialer. Innen sterkt industrialiserte områder har eksempelvis flere hundre år gamle byggverk og skulpturer i stein, som ennå i begynnelsen av 1900-tallet var i god forfatning, gjennomgått en rask nedbrytning. Nedbrytningen, som er sterkt avhengig av steintype og kvalitet, har hovedsakelig skjedd i løpet av de siste årtider.

Metalliske
materialer

Metalloverflaten må ha en eller annen form for fuktighet dersom de aktuelle forurensningene skal ha noen korrosiv effekt.

Ved lufttemperaturer under 0°C fryser fuktighetsfilmen og korrosjonen stanser. Inneholder korrosjonsproduktene mye vannløselige salter kan dette dog gi en viss frysepunktnedsettelse. "Korrosivt klima" kan karakteriseres som et klima med høy nedbør- og tåkefrekvens, høy relativ fuktighet, få soltimer og få frostdager.

Aluminium og aluminiumlegeringer har normalt god bestandighet mot atmosfærisk korrosjon på grunn av en beskyttende oksydfilm. I forurensset atmosfære kan man imidlertid lett få lokal nedbryting av denne filmen. Dette fører til såkalte groptæring, som i mange tilfeller kan føre til alvorlige reduksjoner i materialstyrken. Hvis surhetsgraden (pH) blir lavere enn 4 eller høyere enn 10, vil korrosjonshastigheten øke sterkt.

Ikke-metalliske materialer

I tillegg til det rent kjemiske korrosjonsangrep, så påvirkes ikke-metalliske materialer (stein, sement, maling) også av erosjonsprosesser forårsaket av vind, nedbør og temperaturvekslinger.

Steinmaterialer med mye karbonater som bindemiddel kan ha svært liten motstand mot nedbrytingen, fordi karbonat vaskes ut av vær og vind. Sure svovelforurensninger akselererer nedbrytning ved at de omvandler karbonatene til sulfater som er vesentlig mer vannløselige og dessuten forårsaker sprengning ved at de har et meget større specifikt volum enn karbonatene.

Sandstein og kalkstein som inneholder mye kalsium og magnesiumkarbonater, er særlig utsatt for den beskrevne nedbryting.

Sement inneholder også karbonater og betongkonstruksjoner kan ofte derfor angripes på lignende måte som steinmaterialer. Videre inneholder betongen ofte kalsiumaluminat som kan reagere med sulfat og danne voluminøse reaksjonsprodukter. Dette vil lede til lokale sprengninger i materialet. For å forårsake disse effekter kreves dog såvidt høyt sulfatinnhold at det er usikkert om normalt forekommende forurensningsinnhold kan forårsake noen alvorlige skader på betong.

Maling

Malingsbestandigheten kan i viss utstrekning påvirkes av luftforurensninger. Linoljebaserte malinger er spesielt ømfintlige. Alkydmalinger som nå anvendes mer og mer har god bestandighet i forurenset atmosfære. Faste luftforurensninger som sot, metalloksyder og ammoniumsulfat kan forårsake misfarging av maling og medføre store vedlikeholdskostnader. Fargebestandigheten kan i visse tilfeller påvirkes av luftforurensninger.

5.3 Friluftssinteresser

En undergruppe har vurdert de forhold som gjør seg gjeldende i forbindelse med friluftssinteresser. De faktorer som er antatt å gjøre seg gjeldende og som vil ha størst innflytelse på disse interessene er antatt å være:

1. Den direkte konflikt med friluftslivet
 - Det gjelder eksisterende og planlagte hytteområder
 - Campingplasser
 - Almenne friområder/tur- og utfartsområder (bade-
plasser, etc.).
2. De landskapsmessige forhold
 - Det gjelder bygninger, forlegninger, massedeposering etc.
og disses innvirkning på det eksisterende landskapsbilde.
3. Forstyrrelser og påvirkning med hensyn til viltbiotoper.
4. Aktuelle konflikter med hensyn til naturvern.

Disse forhold er beskrevet nærmere under kapitlet som omhandler lokaliseringalternativer for oljekraftverket.

6. LOKALISERING

6.1 Lokaliseringsalternativer

De lokaliseringsalternativer som har vært gjenstand for vurdering i Østlandsområdet er:

Vardeåsen	i Rygge kommune
Emmerstad	i Vestby "
Skjøttelvik	i Hurum "
Slagentangen	i Sem "
Naverfjorden	i Brunlanes kommune m/alt. Lillevik.

I tillegg er det tatt med et referansested på Sørlandet (Skare i Tromøy kommune) og i Nord-Rogaland (Kårstø i Tysvær kommune).

I det følgende er det gjort en kort beskrivelse av hvert byggested. Det vises forøvrig til de utførte delutredninger.

6.1.1 Vardeåsen i Rygge kommune

Rygge kommune: Totalt areal $74,5 \text{ km}^2$. Folketallet er ca. 9600. Det er ca. 1700 pendlere ut, hovedsakelig til Moss. Samtidig mottar Rygge ca. 700 pendlere inn. Jordbruket er det beste i Østfold fylke. Totalt jordbruksareal er ca. 19 km^2 og skog ca. 29 km^2 . Industrien er hovedsakelig næringsmiddelindustri, møbel- og treindustri samt jern og maskinindustri. Det er ca. 30 industriforetak og man søker å utbygge industrien for bl.a. å begrense pendlingen ut. (se ref. 8).

Kommunale
planer

Fig. 6.1

Det foreslåtte kraftstasjonsområdet er utlagt til jordbruk og skogbruk. Vardeåsen er naturområde. 1,5 km sydvest for kraftverket er et boligfelt lagt ut. Kyststrekningen er meget nyttet som friluftsområde.

Kraftverks-
område

Fig. 6.2

Permanent vil det bli beslaglagt ca. 90 da. til kraftverket og ca. 190 da. til massetipp. Under anleggsperioden (ca. 5 år) vil det ytterligere bli beslaglagt ca. 150-200 da. til riggområde og forlegningsplass. I tillegg kommer oljehavn, veiomlegginger, kraftlinjer og servicetraséer.

Det finnes en rekke registreringer av fornminner i området. Det bør være mulig å unngå konflikt med disse.

Kjølevann

Kjølevannstunnelene er foreslått ført fra Brenntangen via kraftverket og ut ved Fyrikken. Ferskvannsforsyningen kommer fra Vannsjø. Riksvei 119 gjennom området må legges om.

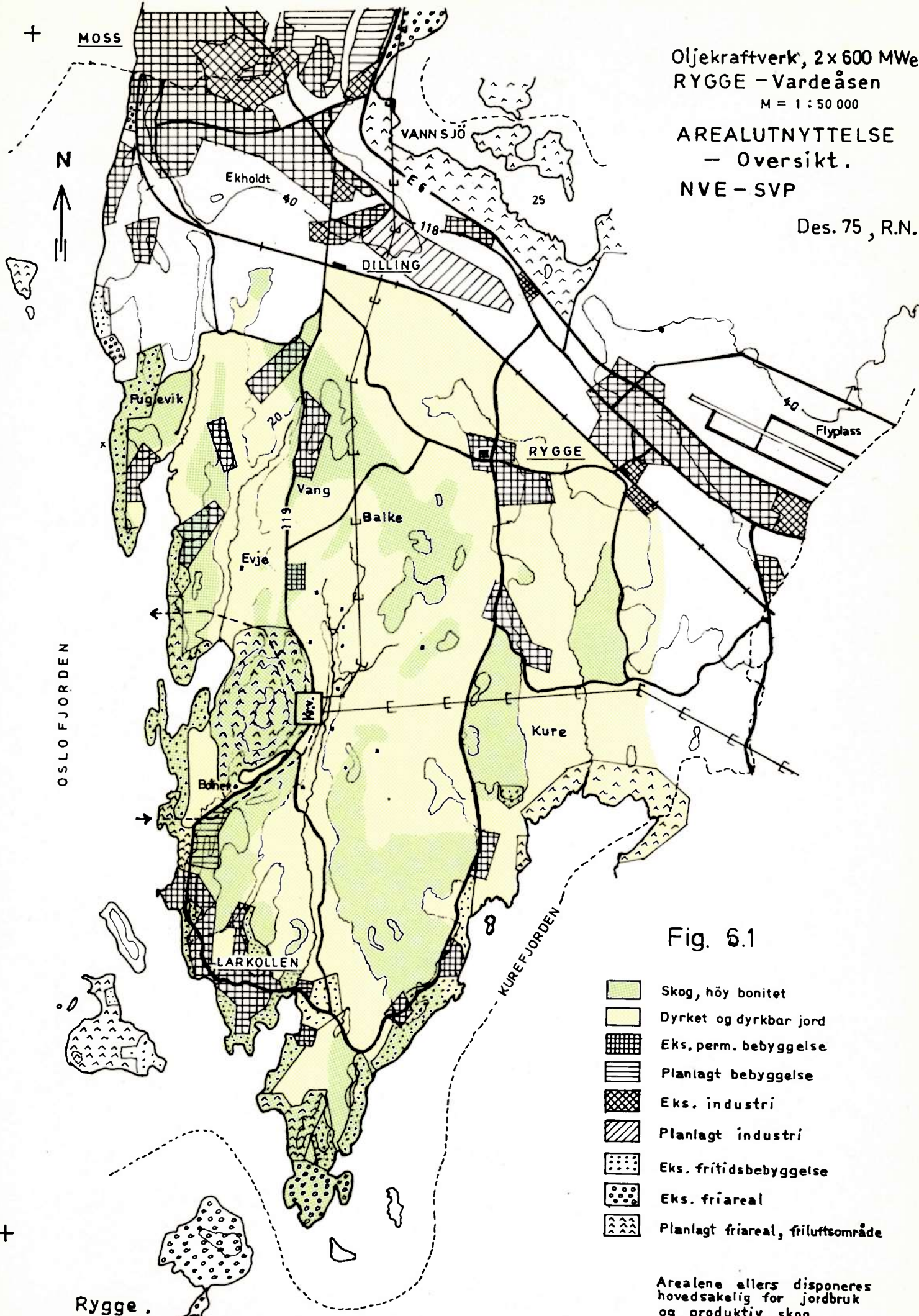
Landskapsmessige forhold

Plassering av kraftverket øst for Vardeåsen skjærer kraftverket fra fritidsområde som ligger vest for åsen. Fra øst, syd-øst og nord-øst retning er stasjonen bare delvis skjerm- et mot innsyn fra de nærliggende områder.

Overskuddsmassene (ca. 3 mill.m³) vil, om ikke utnyttet i forbindelse med havnekonstruksjonen e.l. bli tilpasset terrenget og lagt opp som en selvstendig landskapsform som tilsåes og behandles.

Kraftlinjer

Kraftverket ligger relativt sentralt i forhold til belastningstyngdepunktet, og behovet for nye ledninger vil bli beskjedent. Det vil måtte føres en ledning nord til Tegneby transformatorstasjon og en ledning frem til et tilkoblingspunkt på den planlagte 380 kV-forbindelsen Tveiten-Hasle. Begge disse ledningene vil måtte føres gjennom åpent, flatt jordbrukslandskap. Dessuten vil ledningen nordover berøre friluftsområdet omkring Vannsjø.



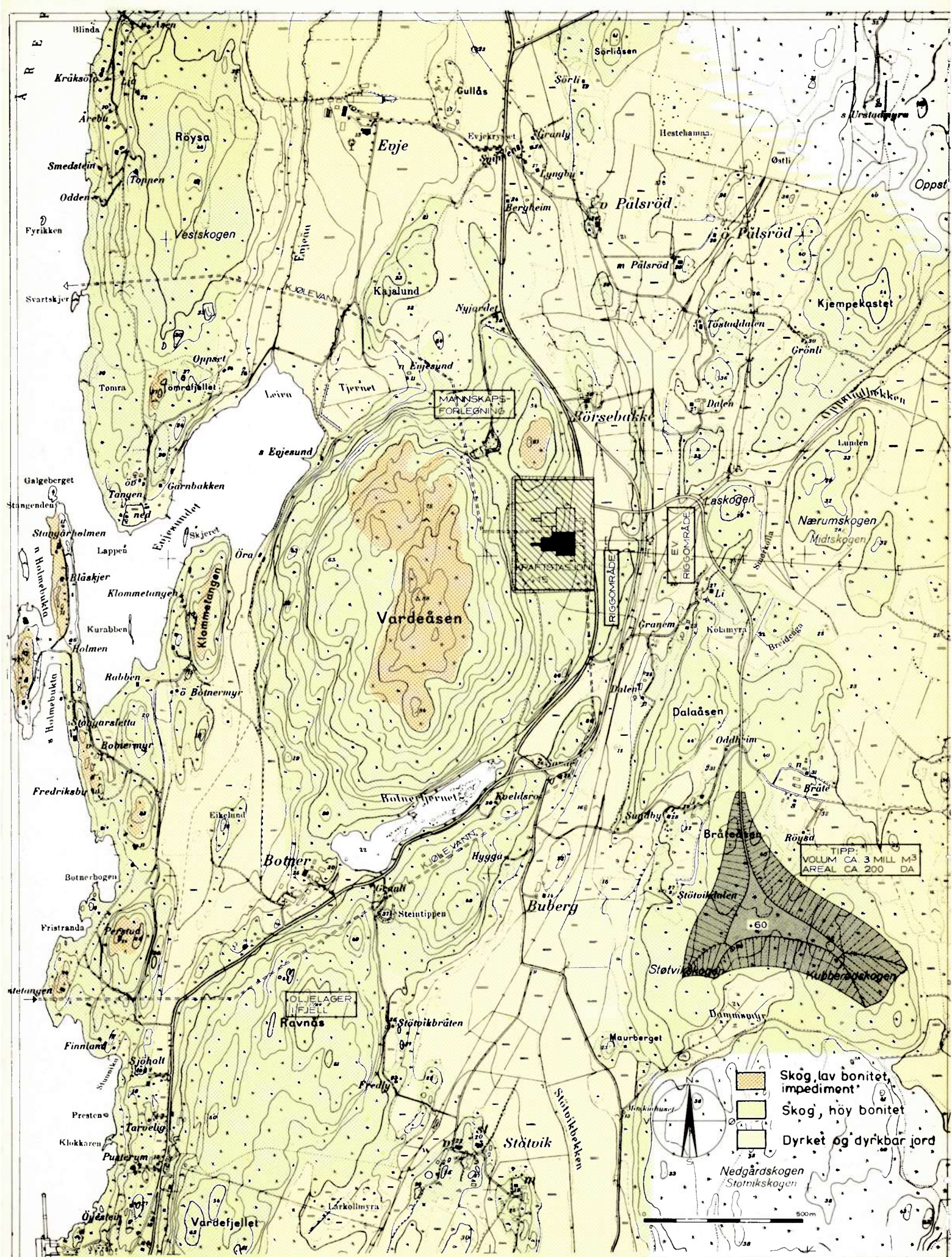


Fig.6.2

ANGIR OMTRENTLIG Plassering (ikke utstrekning) av vedkomende aktivitet

OLJEKRAFTVERK - VARDEÅSEN RYGGE			
SITUASJONSPLAN			
Prosjekt: OLJEKRAFTVERK RYGGE	TEGN: EGIL SORTEBERG	STATSKRAFTVERKENE I NVE SI	KONT: [Signature]
Arkitekt: MNAL	116-103	9.1.1976	
Firma: [Signature]			
Sortert: [Signature]			
Utskrift: [Signature]			
Utskrift: [Signature]			

6.1.2 Emmerstad i Vestby

Vestby kommune

Totalt areal 133 km². Folketallet er ca. 5800. Befolkningsprognosen fremover er meget usikker, men Østlandskomiteén har forutsatt en begrenset vekst i Vestby kommune. Ca. 40 % av yrkesbefolkningen er pendlere til Oslo og andre kommuner. Det totale jordbruksareale er ca. 35 km². Bruksstrukturen er meget gunstig. Skogsarealet er ca. 67 km². Industrien er hovedsakelig næringsmiddelindustri, fisketilvirkning, trevare og møbelindustri. (Se ref. 8).

Kommunale planer

Fig. 6.3

Det foreslåtte kraftstasjonsområdet nyttes idag vesentlig til skogbruk. En del er snauhugd og ca. 30 da. er dyrket. Kystområde er planlagt forbeholdt som fritidsområde. Emmerstadbukta nyttes en del til småbåthavn og badeplass. Rett nord for bukta er det tett hyttebebyggelse. Området sør- over til Krokstrand er ubebygget og lite utnyttet.

Kraftverksområde Fig. 6.4

Permanent vil det bli beslaglagt ca. 90 da. til kraftverket og ca. 200 til massetipp. Under anleggsperioden (ca. 5 år) vil det ytterligere bli beslaglagt ca. 150-200 da. til rigg- og forlegningsområde. I tillegg kommer oljehavn (se fig. 6.4) veier, kraftlinjer og service-traséer. Stjerneåsen skjærer tildels kraftverket fra

Kjølevann.

Kjølevannstunnelene er foreslått fra Bølnes via kraftverket og ut ved Emmerstadbukta (tverrsnitt ca. 40 m², vannmengde ca. 35 m³ pr.sek. for to aggregater). Ferskvannsforsyningen kommer fra Moss/Rygge fellesvannverk (ledningen går gjennom Vestby). Adkomstvei E6-kraftverket vil sannsynligvis bli løst ved at eksisterende vei blir rettet ut og forsterket. En del av overskuddsmassen kan muligens benyttes til vei-bygging og eventuelt småbåthavner.

Landskapsmessige forhold

Kraftverket er plassert i dalsenkningen innenfor Stjerneåsen ved Emmerstadbukta som danner den naturlige adkomst til området. Terrenget vil gi en delvis avskjerming mot

innsyn fra Oslofjorden. Sprengmassene på anslagsvis 3-4 mill.m³ er foreslått disponert som vist på fig.

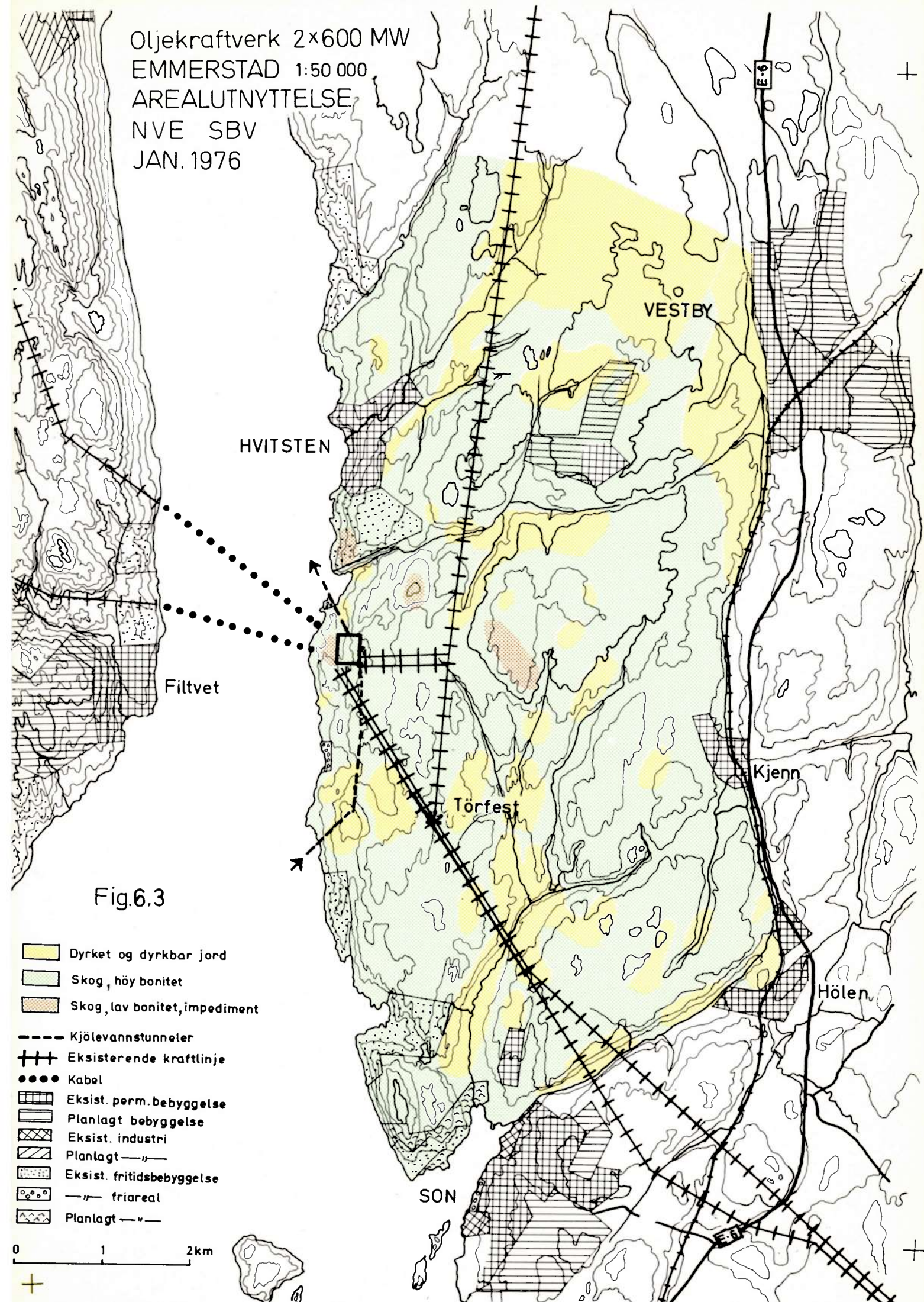
6.4. Denne vil bli markert i landskapet inntil beplantning og tilsåing gjør sin virkning.

Kraftlinjer

Kraftverket ligger her meget sentralt i forhold til belastningstyngdepunktet, og svært nær eksisterende ledninger og ledninger under bygging og planlegging. Behovet for nye ledninger blir dermed svært lite. 380 kV-ledning Follo-Tørrfest (under bygging) får tilknytning til verket gjennom en ca. 2 km lang forbindelse rett vestover fra ledningen. Påvirkning på miljø og landskap synes å bli liten.

Mellom Tegneby og Hasle transformatorstasjoner vil den eksisterende 275 kV-ledning bygges om til en 380 kV-forbindelse.

Oljekraftverk 2x600 MW
EMMERSTAD 1:50 000
AREALUTNYTTELSE
NVE SBV
JAN. 1976



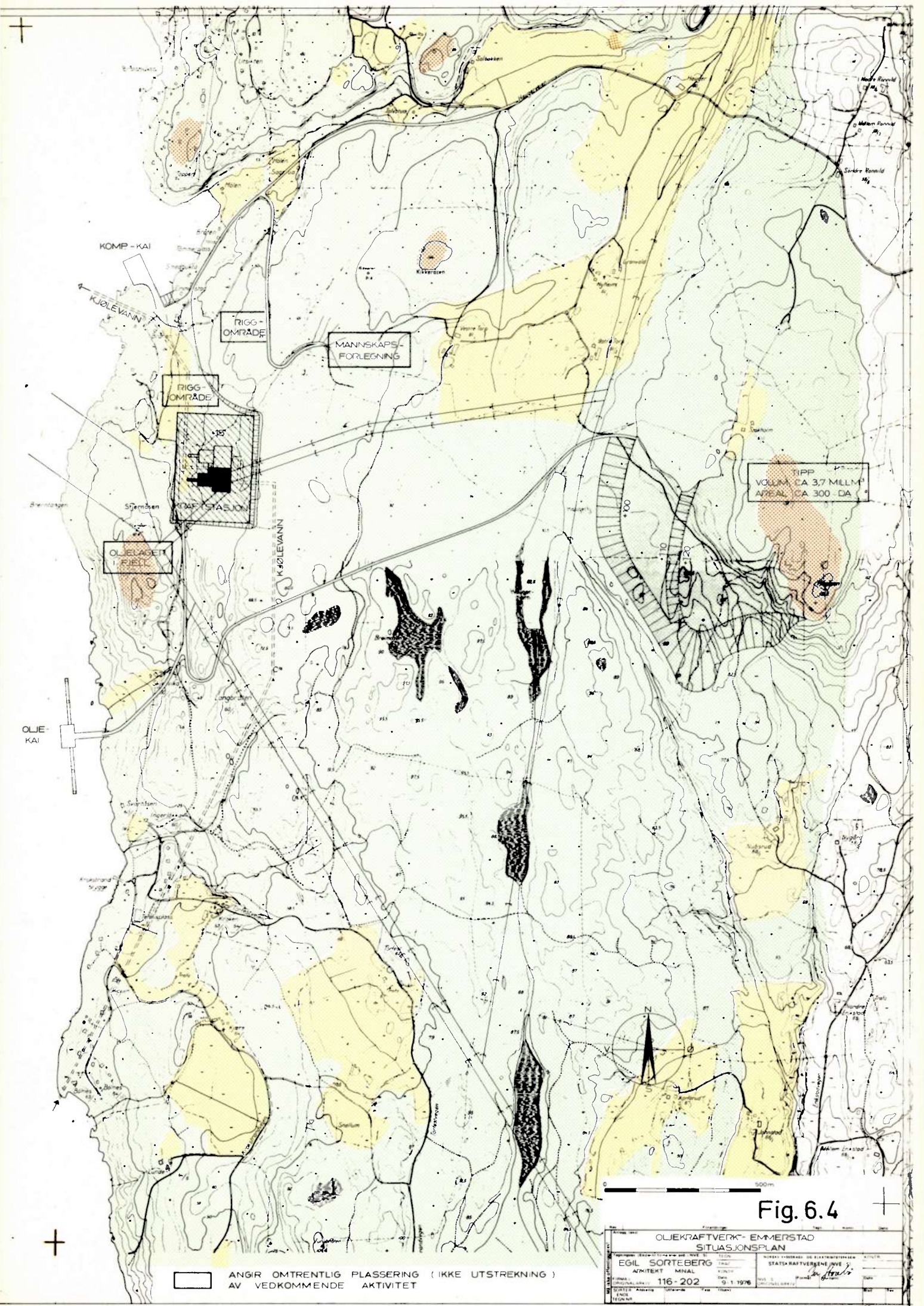


Fig. 6.4

ANGIR OMTRENTLIG PLASSERING (IKKE UTSTREKNING)
 AV VEDKOMMENDE AKTIVITET

OLJEKRAFTVERK - ENNERSTAD			
SITUASJONSPLAN			
Prosjekt: Ennerstad Oljekraftverk og Oljeforberedning	Skala: 1:5000	Dato: 9.1.1976	Arkiv: 116-202
EGIL SORTEBERG	Arkitekt	MNAL	Statskraftvernevesen
Forfatter	116-202	Dato	9.1.1976
Revisjon		Revisjon	
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	
13		14	
15		16	
17		18	
19		20	
21		22	
23		24	
25		26	
27		28	
29		30	
31		32	
33		34	
35		36	
37		38	
39		40	
41		42	
43		44	
45		46	
47		48	
49		50	
51		52	
53		54	
55		56	
57		58	
59		60	
61		62	
63		64	
65		66	
67		68	
69		70	
71		72	
73		74	
75		76	
77		78	
79		80	
81		82	
83		84	
85		86	
87		88	
89		90	
91		92	
93		94	
95		96	
97		98	
99		100	

6.1.3 Skjøttelvik i Hurum kommune

Hurum kommune

Totalt areal 162 km². Folketallet er ca. 6500 og det er anslått en vekst på ca. 3 % frem til 1980. Av yrkesbefolkningen er ca. 70 % tilknyttet industri og ca. 10 % jordbruk. En betydelig del av yrkesbefolkningen er utpendlere. Jordbruksarealet er ca. 14 km² (ca. 13,5 km² er fulldyrket). Det er over 100 km² produktiv skog og det totale areal er omkring 140 km². Industrien er dominert av treforedling og kjemisk industri. (Se ref.8).

Kommunale planer Fig. 6.7

Disse er i deler knyttet til realiseringen av broforbindelsen over Drøbaksundet. Kystområde i sør er preget av fritidsinteresser, dette gjør seg gjeldende særlig i området vest for byggestedet. Området rundt byggestedet er til store deler jordbruksareal.

Kraftverks- område Fig. 6.8

Permanent vil det bli beslaglagt ca. 90 da. til kraftverket og i tillegg kommer massetipp. I anleggsperioden (ca. 5 år) vil det ytterligere bli beslaglagt ca. 150-200 da. til rigg- og forlegningsområde. I tillegg kommer område for oljehavn, veier, kraftlinjer og servicetraséer. Kjølevannstunnelene går fra Fiskartangen med utslipp ca. 300 m. nord for Rødtangen. Ferskvannstilførselen baseres på uttak fra Ustad-vassdraget. Veiforbindelsen løses med ny vei Filtvedt Kraftstasjon som knytter anlegget til riksvei 281. Oljehavnen er planlagt plassert ved Holtnestangen nord for Rødtangen. Det er antatt å ligge 3-10 gravhauger ved Skjøttelvik. (Eksakt beliggenhet er ukjent).

Landskapsmessige forhold

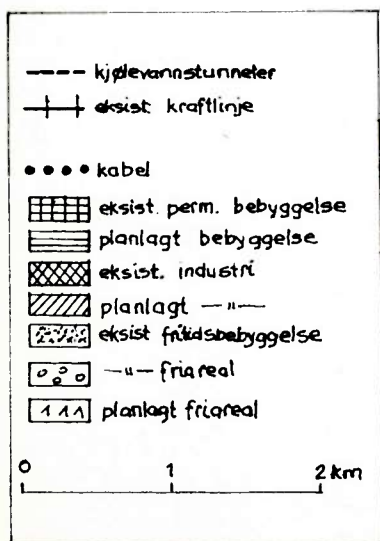
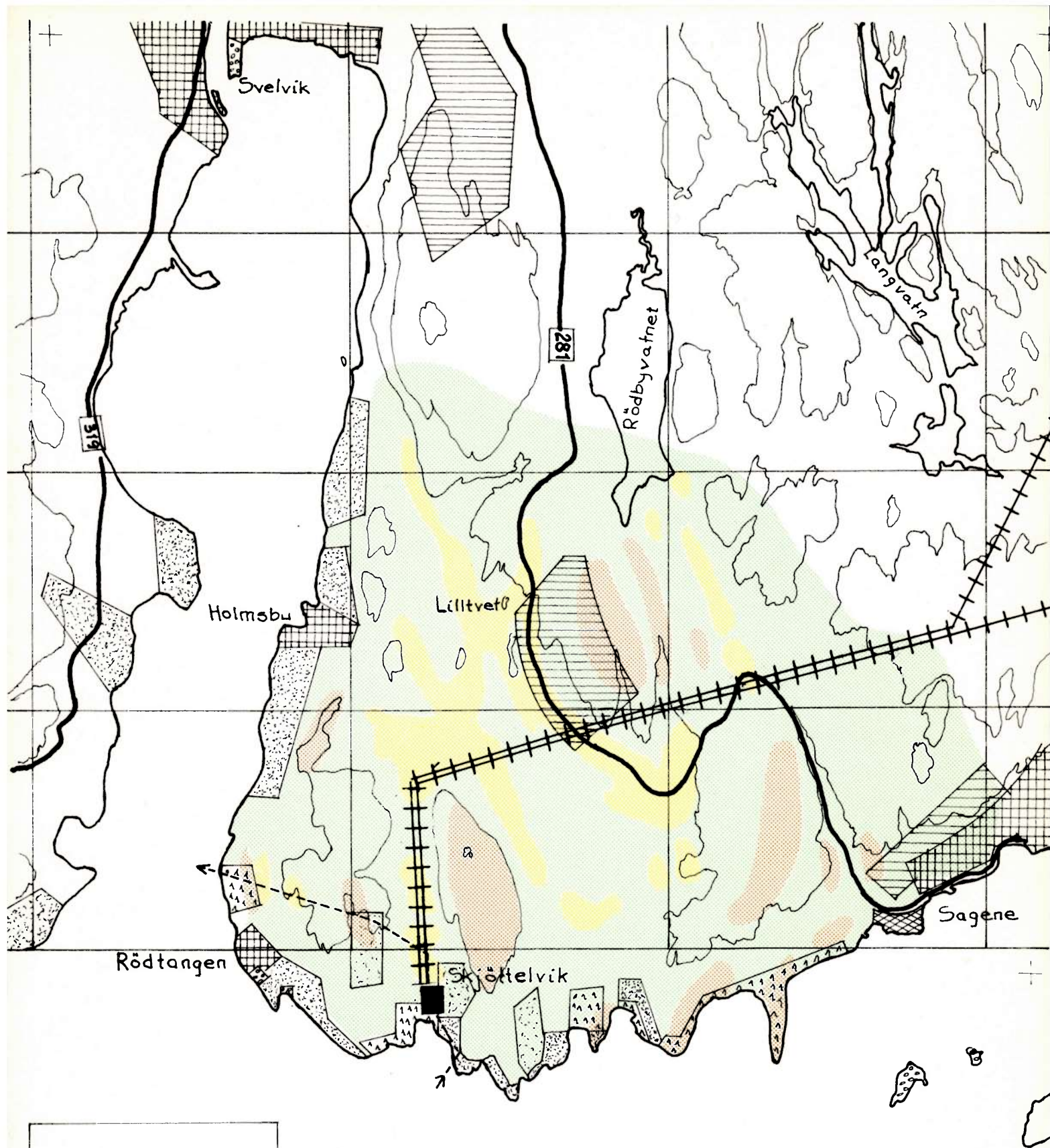
Byggestedet ligger i dalen mellom Haraldsfjell og Røedåsen/Kolåsen slik at anlegget er fullstendig skjermet i øst-vestlig retning. Fra sjøsiden vil anlegget bli synlig. Massetippen (se fig. 6.8) vil være markert i anleggsfasen, men etter tilsåing og behandling vil denne gå inn som et element i landskapet.

Kraftlinjer

Skjøttelvik ligger utenfor de store belastningstyngdepunktene og utenfor det eksisterende og planlagte hovednettet.

En har funnet det hensiktsmessig å føre de to ledningene fra kraftverket parallelt nordover på vestsiden av Haraldsfjellet, der traséen vesentlig er planlagt å gå i grensen mellom skog og dyrket mark.

Den ene ledningen føres mot et tilkoplingspunkt på 380 kV-forbindelsen Flesaker-Tegneby, og vil i det vesentlige legges gjennom skogsterreng. Den andre ledningen føres i østlig retning mot Filtvedt og legges i kabel over fjorden. På hver side av fjorden vil ledningen og muffehus-anlegget kunne komme noe i konflikt med fritidsbebyggelse og friareal. Videre vil det på østsiden av fjorden bli parallellføring (evt. ombygging) med eksisterende ledninger til Tegneby, og derfra ombygging av 275-kV-ledningen frem til Hasle.



- [yellow box] Dyrket og dyrkbar jord.
 [light green box] Skog, høy bonitet
 [orange box] Skog, lav bonitet, impediment

Fig.6.5

Oljekraftverk 2x600 MW
 HURUM - Skjøttelvik
 1:50000
 AREALUTNYTTELSE
 NVE/SBV JAN. 76

6.1.4 Slagentangen i Sem kommune

Sem kommune	Totalt areal 101,7 km². Folketallet er ca. 20 000. Bosetningsstrukturen er relativt spredt. Det er ca. 7000 yrkesutøvere hvorav ca. 65 % er sysselsatt innen kommunens grenser. Totalt jordbruksareal er ca. 40 km² og skog ca. 40 km². Industrien er hovedsakelig jern og metallindustri og verkstedsindustri. (Se ref. 8).
Kommunale planer Fig. 6.5	Kraftverksområdet er utlagt til industri og nord for kraftstasjonen ligger Esso-raffineriet. Nærmeste bolig-område er Skallevoll ca. 1 km fra kraftverket.
Kraftverks- område Fig. 6.6	Permanent vil det bli beslaglagt ca. 90 da. og massetipp ca. 130 da. (se fig. 6.6). Under anleggsperioden vil det ytterligere bli beslaglagt ca. 150-200 da. til riggområde og forlegningsplass. Samordning med Esso om felles olje-havn kan være en løsning. Kjølevannstunnelene går fra Dyrnesodden via kraftverket og munner ut i området sør-øst for kraftverket. Ferskvannsforsyningen kommer fra det kommunale nett som forsynes fra Farrisvannet. Veiforbindelsen til kraftverket baserer seg på eksisterende veinett. Oljelageret vil bli basert på dagtanker.
Landskapsmessige forhold	Kraftverksområdet er et relativt flatt kulturlandskap med litt dyrket mark og en god del blandingsskog. (Området er lagt ut til industri). Skogen er av betydning for skjerming av kraftverket, men en unngår ikke at kraftverket vil bli synlig fra sjøsiden. Løsmassene (ca. 1-1,5 mill. m³) er foreslått deponert rundt kraftverket (se fig. 6.6). Disse sammen med områder som benyttes under anleggsperioden vil bli tilsådd og behandlet.
Kraftlinjer	Uansett planer om utbygging av oljekraftverk skal det etableres en 380 kV-forbindelse mellom Tveiten (i Sem komm.) og Hasle (i Varteig kommune). Et alternativ er planlagt ført ut til Slagentangen og vil derfra legges i kabel over fjorden. Med kraftverk på Slagentangen vil denne ledningen føres innom verket, og ventelig legges i kabel derfra og ut i fjorden.

En ny ledning må føres parallelt med den planlagte frem til Tveiten. Forbindelsen mellom Tveiten og Flesaker må styrkes ved å bygge om ledningen til 380 kV. En ny ledning Flesaker-Sylling parallellføres med eksisterende ledning. Totalt må en si at inngrepene i natur og arealer er relativt beskjedne ved dette alternativ, i og med at en vil benytte parallellføring med eksisterende ledninger samt forsterking av det bestående nett ved en ombygging av ledningene.

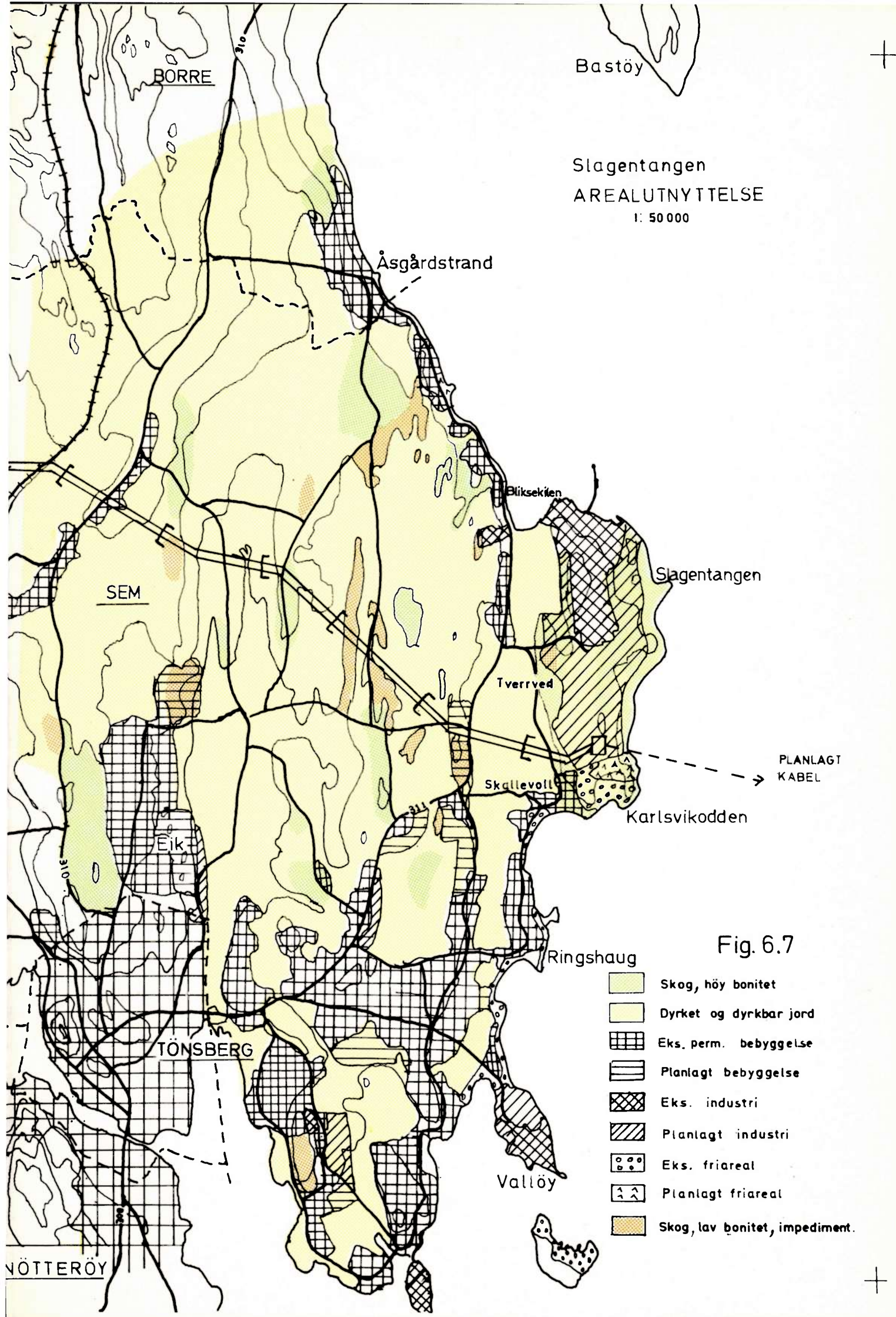
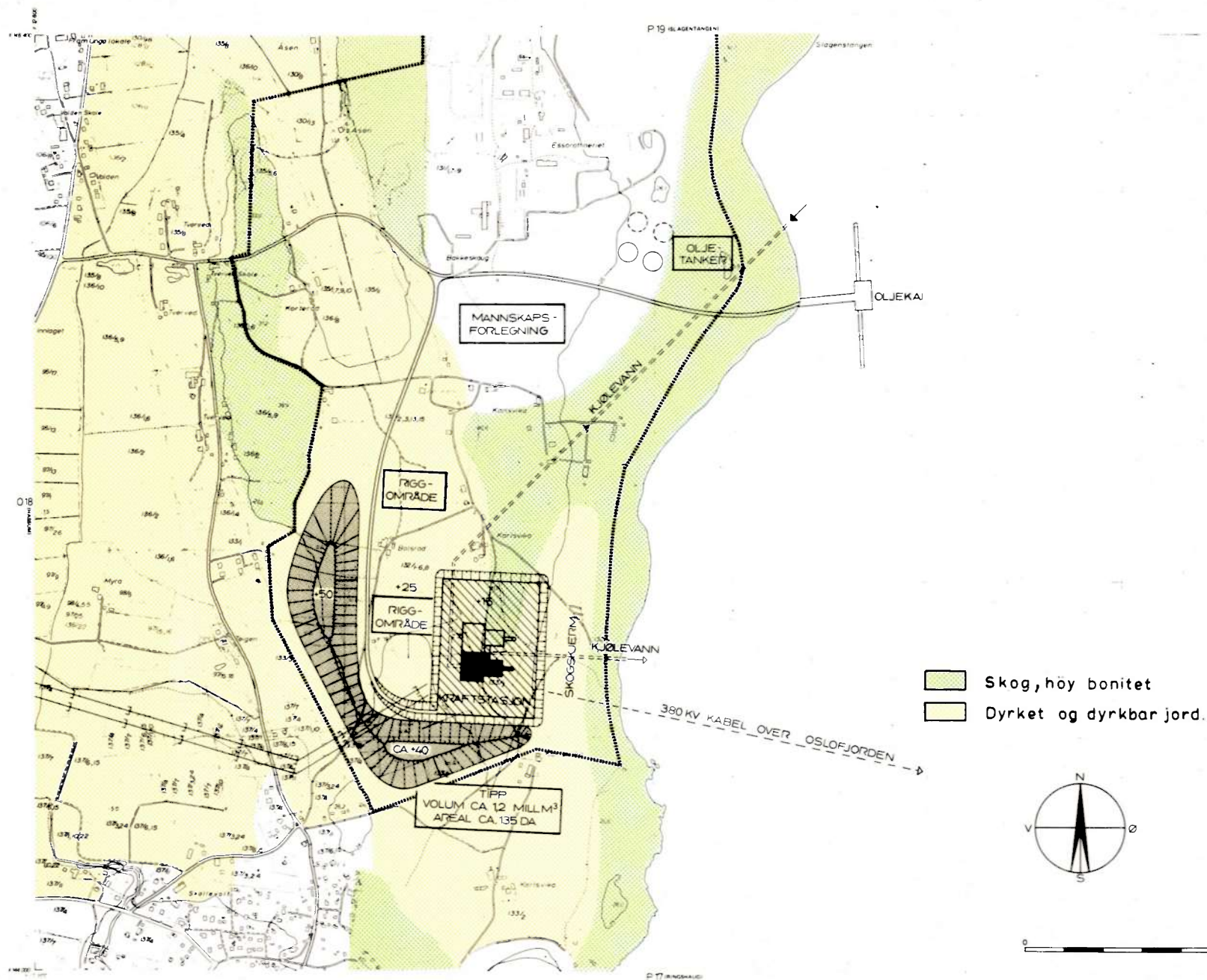


Fig. 6.8



ANGIR OMTRENTLIG PLASSERING (IKKE UTSTREKNING)
AV VEDKOMMENDE AKTIVITET

OLJEKRAFTVERK SLAGENTANGEN			
SITUASJONSPLAN			
EGIL SORTEBERG	TEGN	STATSKRAFTVERKENE BYGGE	CONTR
ARKITEKT MNAL	FORTR	STATSKRAFTVERKENE BYGGE	
116-702	BYGGE	STATSKRAFTVERKENE BYGGE	
BYGGE	BYGGE	STATSKRAFTVERKENE BYGGE	
BYGGE	BYGGE	STATSKRAFTVERKENE BYGGE	
BYGGE	BYGGE	STATSKRAFTVERKENE BYGGE	

6.1.5 Naverfjorden i Brunlanes kommune
og underalternativ Lillevik

Brunlanes kommune

Totalt areal 190,4 km. Folketallet er ca. 7000. Kommunen har bare ca. 800 arbeidsplasser slik at hovedtyngden av yrkesbefolkningen er utpendlere. I jordbruket sysselsettes ca. 250 og i industrien ca. 350 personer. Produktivt jordbruksareal ca. 25 km² og skog ca. 90 km². Av industri kan nevnes steinindustri og fyrstikkproduksjon. (Se ref. 8).

Alt.Naver-
fjorden
Fig. 6.9

Kraftstasjonsområdet er jordbruksarealer. I generalplanen er det bl.a. lagt vekt på friluftsliv. Kystområdet er reservert dette formål.

Kraftverks-
område
Fig. 6.10

Permanent vil det bli beslaglagt ca. 90 da. til kraftverket og ca. 130 da. til massetipp. Under anleggsperioden (ca. 5 år) vil det ytterligere bli beslaglagt ca. 150-200 da. til riggområde og forlegningsplass. I tillegg kommer oljehavn (ved Kaffeholmen i Larviksfjorden), kraftlinjer og servicetraséer. Kjølevannstunnelene går fra Donavall (ytterst på vestsiden av Naverfjorden) via kraftverket og ut ved Hummerfjorden (ytterst på halvøya Kinn). Ferskvannsforsyningen kommer fra Hallevann. Det må bygges ny vei fra riksvei 301 til kraftverket (ca. 0,7 km). Videre må riksvei 301 forsterkes. Komponenthavnen er forlagt til Hummerfjorden. Oljehavnen er for Naverfjorden planlagt plassert ved Kaffeholmen, men det er en alternativ løsning. Plasseringen kan være den samme som for alt. Lillevik hvor oljehavnen er plassert ca. 300 m lenger sør og ca. 300 m ut fra land. Oljeledningen vil bli ca. 7 km lang. Nøyaktige traséer ikke planlagt.

Fig. 6.12

Landskapsmessige
forhold

Byggestedet er trukket inn fra kysten og ligger ca. 1 km øst for Hummerfjorden og ca. 1,5 km vest for Naverfjorden. Stasjonen er plassert med sikte på å begrense omfanget av overskuddsmassene samt å skåne dyrket mark mest mulig. Kraftverket vil bli synlig fra sjøen og fra fylkesveien i området Skåra-Anvik-Berg, men løsmassene vil bli deponert som valler som vil skjærme mot innsyn fra øst, syd og vest.

Kraftlinjer

Naverfjorden ligger i stor avstand fra belastningstyngdepunktet og fra eksisterende og planlagte ledninger. To ledninger føres nordover til et koblingspunkt på ledningen mellom Tveiten og Rød transformatorstasjoner. Ut fra verket må ledningen føres gjennom flatt jordbrukslandskap før de trekkes inn i kupert skogsterreng vest for Hallevannet og Vestmovannet. Ledningene er tenkt å passere E 18 2-3 km øst for Langangen, og derfra vil traséen gå noenlunde rett nordover frem til det nevnte koblingspunkt. 275 kV-ledningen mellom Rød og Tveiten må bygges om til 380 kV spenning. Det samme vil måtte gjøres med ledningen mellom Tveiten og Flesaker (slik som for alternativ Slagentangen). En ny ledning mellom Flesaker og Sylling må også bygges parallelt med den eksisterende.

Alt.Lillevik

Kraftverks- område

Stasjonens lokalisering fremgår av kartbilag. Avstanden fra Agnes fabrikk er ca. 500 m. De arealer som vil bli beslaglagt er tilnærmet de samme som for alt.Naverfjorden.

Kjølevann

Kjølevannstunnelene vil mest sannsynlig bli plassert med inntak i Jordebukta og utslipp rett øst for kraftverket. Vei til kraftverket vil bli med direkte tilknytning til riksvei 301. Området er utlagt til industri.

Landskapsmessige forhold

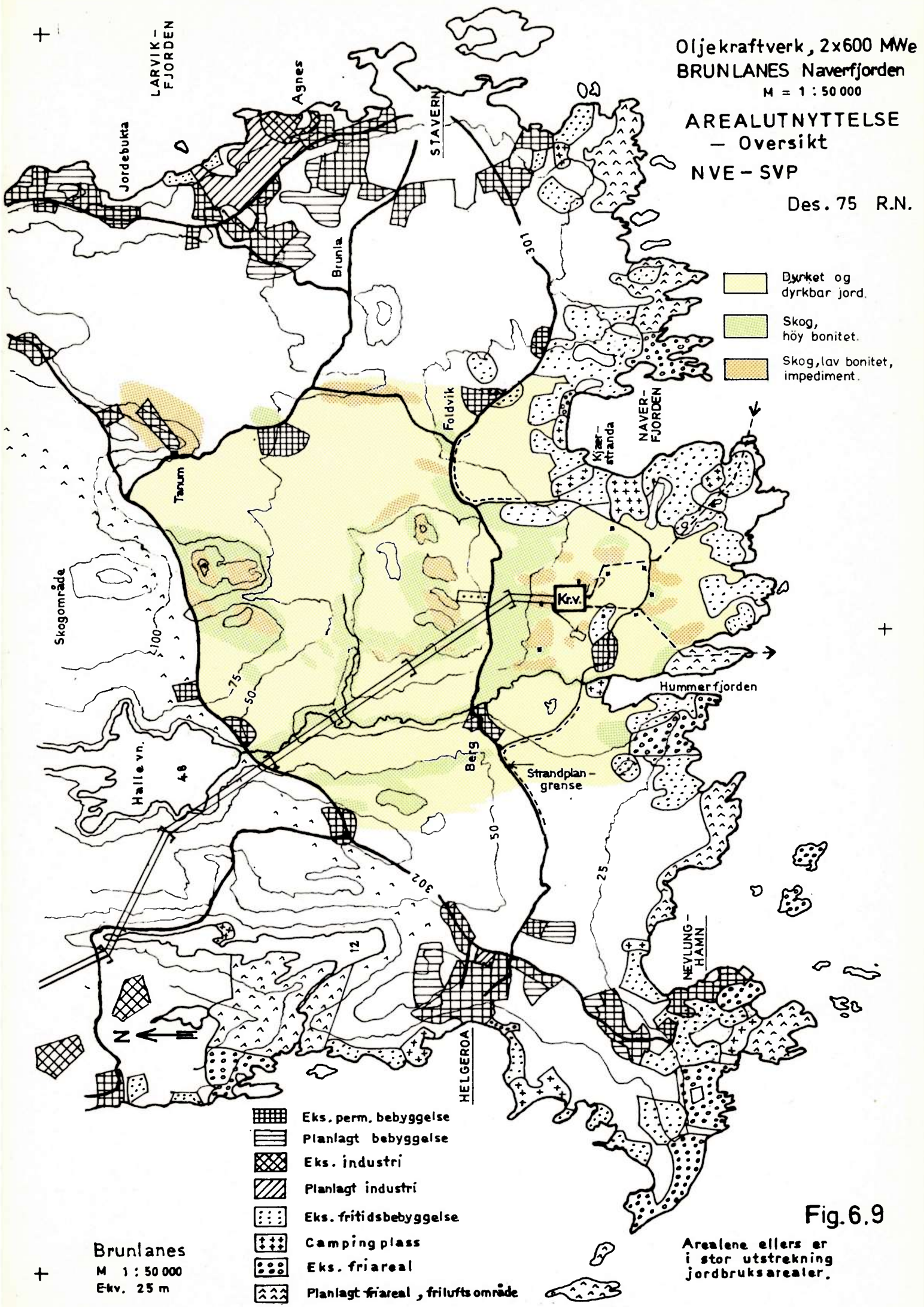
Kraftverkets plassering er slik at det vil bli synlig fra sjøsiden. Derimot fra nordvest, vest og sydvest vil de nærliggende høydedrag tildels skjerme kraftverket for innsyn. Løsmassene er forutsatt deponert rundt stasjonsplanet og i selve Lillevik med en molo ut til oljehavnen.

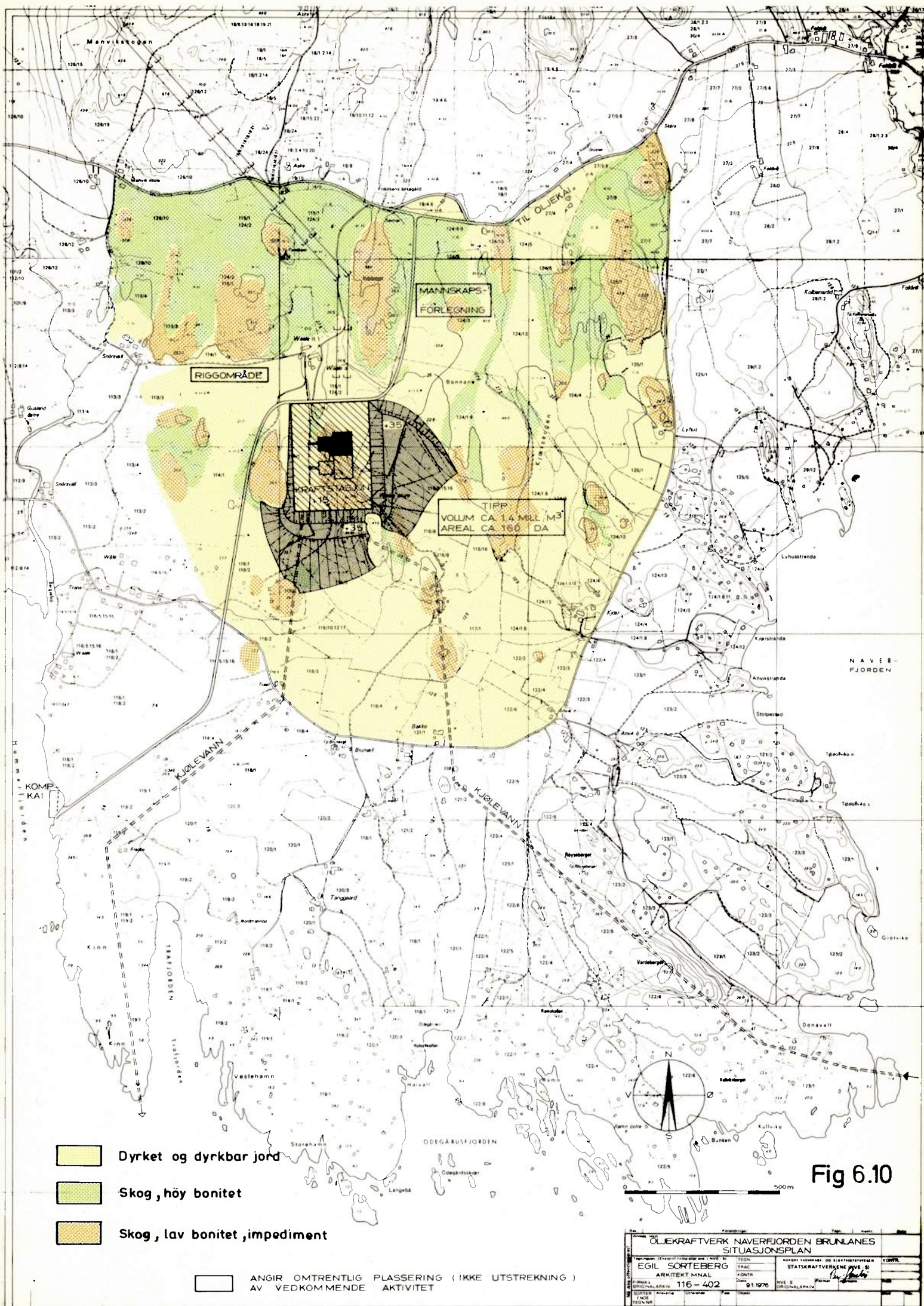
Kraftlinjer

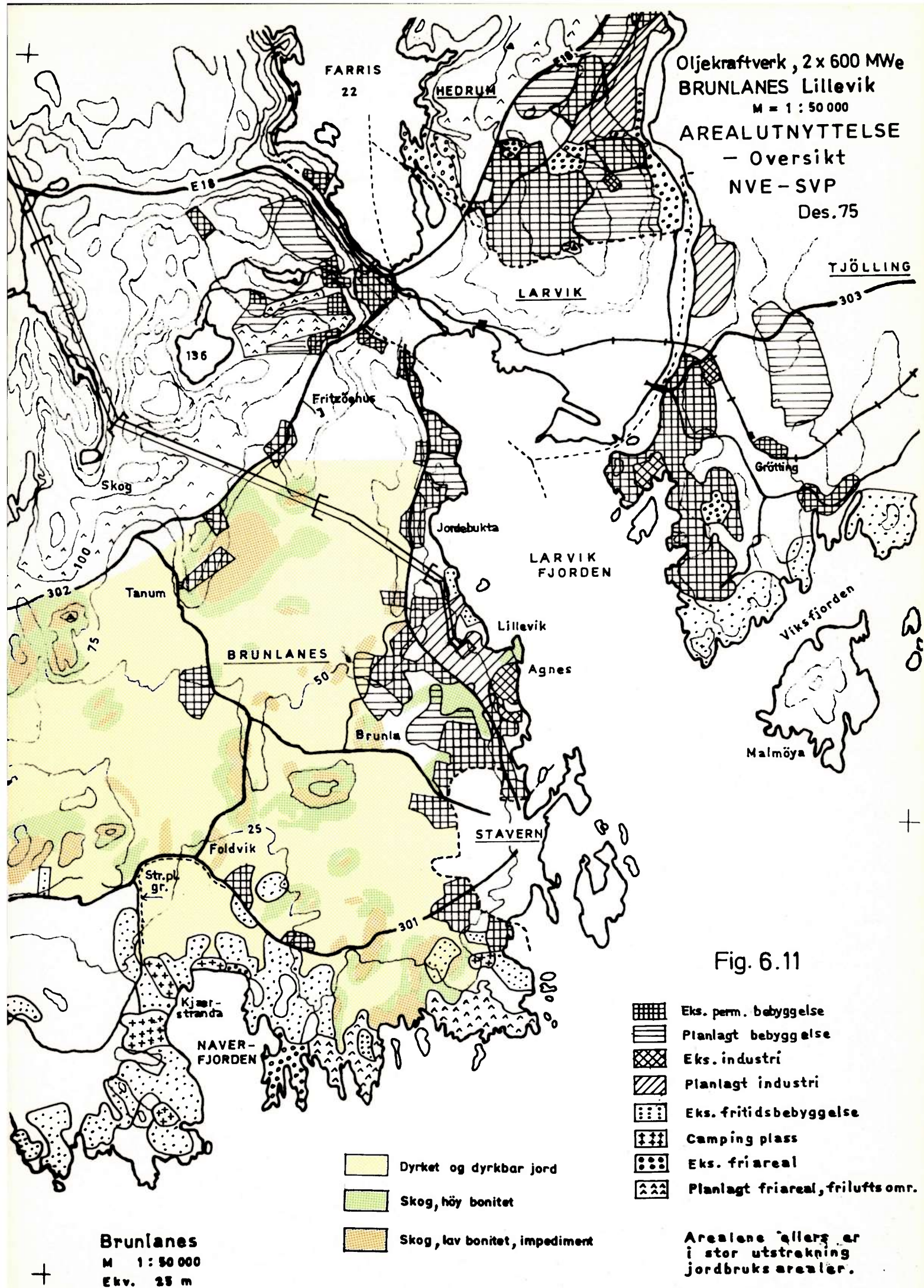
Samme nettutforming som for alt. Naverfjorden vil bli aktuelt for Lillevik. Ut fra verket vil de to ledningene føres gjennom friarealer og flatt jordbrukslandskap og ledningene kan bli relativt dominerende i terrenget.

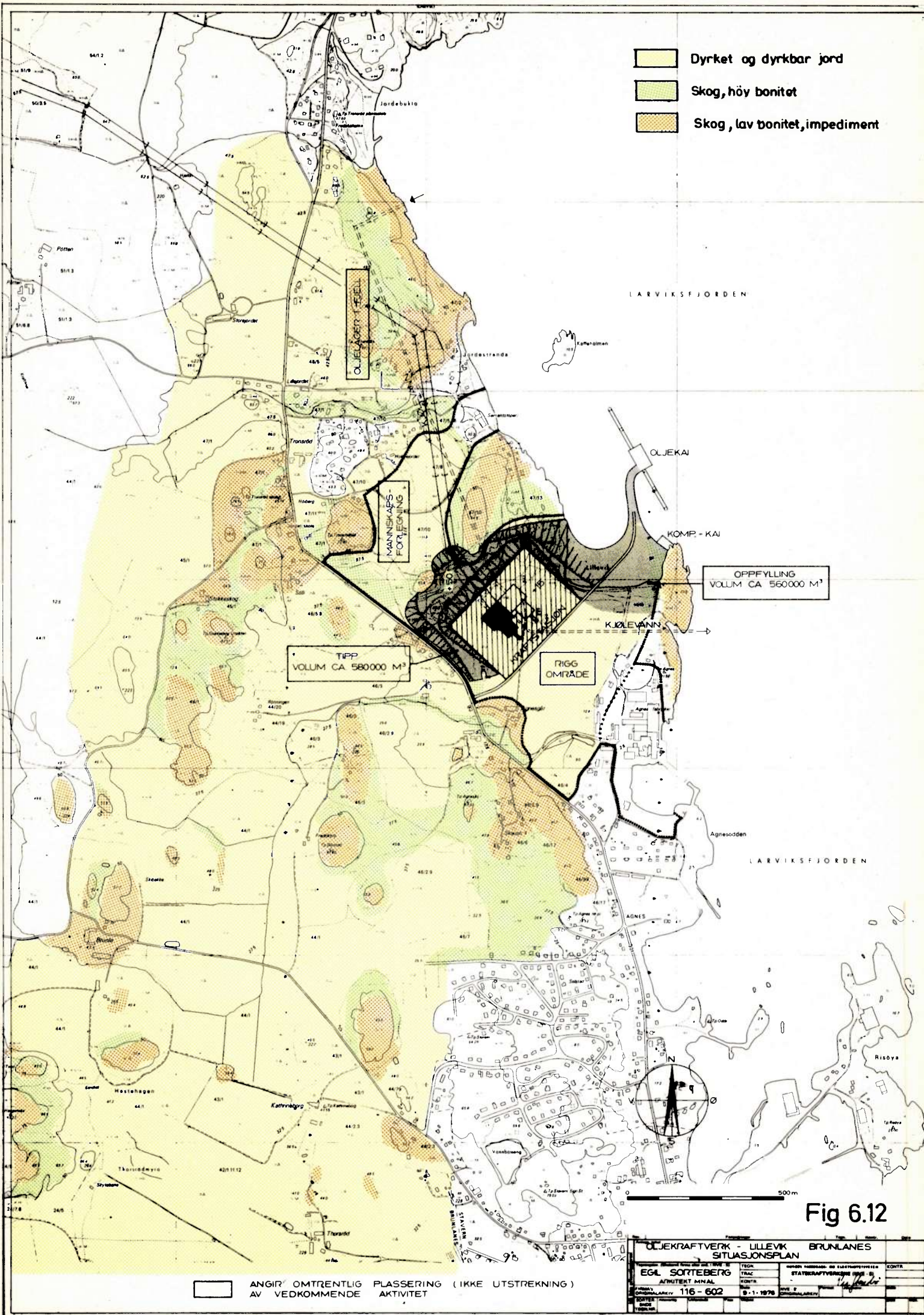
Traséen er tenkt lagt vest for Hallevannet/Vassbotnfjorden (ved E 18), og vil her gå gjennom kupert skogsterreng, med muligheter for å skjerme ledningen. De siste 15-20 km føres ledningen i samme trasé som er planlagt for alternativ Naverfjorden.

Den øvrige utbygging av ledningsnettet er identisk med Naverfjorden.









6.1.6 Referansested på Sørlandet og Vestlandet

Sørlandet

Skare i Tromøy kommune er valgt som en representativt lokalisering for Sørlandsområdet og anses for å tilfredsstille de tekniske krav på et byggested. Stedet er brukt som utgangspunkt i utredninger angående miljømessige og regionale forhold.

Vestlandet

Kårstø i Tysvær kommune er valgt som referansested for Nord-Rogaland. Byggestedet tilfredsstiller de tekniske krav til lokalisering for et oljekraftverk og er benyttet som utgangspunkt i utredning av de miljømessige og regionale forhold. (se ref. 3).

Kraftlinjer

Tromøya

Tromøya er det alternativ østenfjells som ligger absolutt lengst fra belastningstyngdepunktet og hovednettet, og dette alternativ krever da de lengste overføringsledninger.

To ledninger føres inn til Arendal transformatorstasjon. En må regne med at føringen ut fra verket og et stykke inn på landsiden vil komme i konflikt med annen arealbruk og fritidsinteresser. En ny ledning må bygges frem til Rød transformatorstasjon (nord for Skien), og det vil være naturlig å parallellføre denne med ledningen Porsgrunn-Arendal (under bygging) frem til et punkt vest for Frierfjorden. Derfra føres ledningen nord for denne fjorden og mellom Skien og Nordsjø frem til Rød. Her kan oppstå vansker både med hensyn til bebyggelse, friluftsområder og primærnæringer, vesentlig skogbruk. Ellers må 275 kV-forbindelsen Rød-Tveiten-Flesaker ombygges til 380 kV-spenning, og det må bygges en ny ledning mellom Flesaker og Sylling parallelt med bestående.

Kraftlinjer

Kårstø i Tysvær

Ved eventuell varmekraftutbygging i Tysvær i 1980-årene må overføringsnettet østover bygges ut ytterligere i forhold til den utbygging som er nødvendig p.g.a. den vannkraft som forutsettes å bli utbygd på Vestlandet. Med et varmekraftverk på Tysvær på ca. 600 MW vil det i tillegg til de nettførsterkninger som ellers trenges på et tidligere tidspunkt være nødvendig med en ekstra 380 kV-ledning fra Ulla/Førre-området til Østlandet, samt ekstra nettførsterk-

ninger i 275 kV-nettet. For tilkopling av kraftverket til hovednettet vil det være nødvendig med en eller to korte ledninger inn til de bestående 275 kV-ledningen i Karmøy-distriktet. Utbyggingen av et varmekraftverk på Tysvær vil dessuten i noen grad kunne innvirke på utbyggingen av hovednettet i Østlandsområdet.

Det er på det nåværende tidspunkt ikke lett å ha en presis formening om nettutbyggingen for et kraftverk på 1200 MWe. Med en viss tilnærming anslås behovet for linjebygging å tilsvare det dobbelte av det som trengs for en utbygging til 600 MWe, altså med to 380 kV-linjer fra Vestlandet til Østlandet.

6.2 Lokaliseringsfaktorer

Tekniske krav

Et sted for lokalisering av et oljekraftverk må tilfreds-
stille visse tekniske krav. (Se kap.3). I det følgende
er det listet de faktorer som har innvirkning på valg av
byggested.

Arealbehov

Det må finnes tilstrekkelig med arealer for de permanente
deler av kraftverket (kraftstasjonen, inntaks- og utslipps-
arrangement for kjølevann etc.).

Videre må det være tilgjengelige arealer for de aktivi-
teter i anleggstiden (provisoriske tilriggninger som verk-
sted, lagre, montasje plass, barakkeområder, parkerings-
plasser etc.).

For et kraftverk på størrelse 2 x 600 MWe vil plassbehovet
for kraftstasjonen være ca. 90 da., veier og andre perman-
ente anlegg kan utgjøre 10 da., altså totalt for de
permanente anlegg ca. 100 da.

Utnyttelse av overskudds- masser

For en rekke av lokaliseringsstedene vil det være nødvendig
å foreta store utsprengnings- og utgravingsarbeider. I den
utstrekning det ikke kan skaffes anvendelse for disse
massene til nyttige formål (veier, havnemoloer,
småbåthavner, oppfyllinger for å skaffe arealer etc.) må
disse overskuddsmassene legges i tipp. Disse vil bli
arrondert og eventuelt tilsådd og beplantet.

For noen av alternativene kan slike tipper beslaglegge
arealer på opptil 200-300 da.

Arealer for provisoriske anlegg kan beslaglegge størrelses-
orden 100-200 da. avhengig av topografiske og andre forhold.
Disse områdene vil bare bli midlertidige beslaglagt og vil
bli frigitt og istandsatt når anleggsvirksomheten er ferdig.

Kraftstasjonsområdet bør ikke ligge for høyt over havnivå
siden en da enten vil få et stort energiforbruk til pumping
av kjølevann eller store kostnader for å sprengne ned turbin-
anlegget til et rimelig nivå.

- Kjølevannsbehov Kjølevann må være tilgjengelig tilstrekkelige mengder. For 2 x 600 MWe trengs 35 m^3 kjølevann pr.sek.som da blir oppvarmet ca. 10°C ved passeringen gjennom dampturbinanleggets kondensator.
- Transportkrav Det må finnes muligheter for en kai for stykkgoods og for roll-on/roll-off transport. De tyngste kolli vil komme på spesialskip med trailertransport. En stor del av de øvrige transporter vil også skje sjøveien. Gode transportmuligheter landverts er også av stor økonomisk betydning.
- Kai for tankbåter Et kraftverk på 1200 MWe vil, når det går for fullt, bruke ca. 260 tonn olje pr. time. Maks. oljeforbruk pr. måned blir således bortimot 200.000 tonn.
- En god havn for tankskip med tilhørende lagringsmuligheter for olje er derfor helt nødvendig.
- Oljelager Her er regnet med at en bør ha kaimulighet for tankbåter på 100.000 t dw og lagerkapasitet for olje på 200.000 tonn.
- Hvor de geologiske forhold tillater det, vil en foretrekke å legge oljelageret til utsprengte haller i fjell. Hallene legges under grunnvannsnivå så en er sikret mot utlekkasje av olje.
- Kraftlinjer Et kraftverk av denne størrelse må ha en sterk tilknytning til samkjøringsnettet. Plasseringen av verket i forhold til kraftlinjesystemet har stor økonomisk betydning. Her er ikke bare kostnadene for bygging av tilknytningslinjer og tapene i overføringslinjene, men også stabilitetsforholdene i nettet av avgjørende betydning. Stabiliteten i nettet bestemmer hvilke maksimale aggregatstørrelser en kan koble inn i systemet. Kostnadene pr. kW installasjon avtar sterkt med økende aggregatstørrelse. For Østlands- og Sørlandsalternativene er det ingen problemer med aggregatstørrelser på 600 MW og altså kraftverk på 2 x 600 MW. I Nord-Rogaland vil en derimot måtte velge mindre aggregater for de første utbyggingstrinn, inntil samkjøringsnettet etter hvert blir sterkt nok til å ha enheter på 600 MW også der.

For vår sammenligning er det naturlig å velge for en samlet installasjon på 1200 MW en oppdeling på 2 x 300 MW + 600 MW.

Geologi

De geologiske forhold på et byggested må være svært ugunstige om et byggested teknisk skal forkastes. Derimot kan disse forholdene ha en betydelig innvirkning på kostnadene.

Miljøfaktorer

Det må stilles krav som har tilknytning til miljø- og helseproblemer.

Utslipp til luft

I første rekke vil en måtte vurdere virkningene av utslippene til atmosfæren av svoveldioksyd, nitrogenoksyder, aske, vanadium, nikkel, sot, CO og CH-stoffer.

De muligheter en har til å redusere virkningene av disse utslippene består dels i å redusere utslippsmengden, dels i å få stoffene spredt i luften slik at konsentrasjonen blir lav og endelig ved å plassere kraftverket slik at områder som fra før er forurensningsbelastet eller ikke vil tåle å bli belastet, minst mulig påvirkes.

Nedfall på land og sjø

Det er gunstig om nedfallet fra kraftverket i størst mulig utstrekning faller over sjøområder, der skadevirkningene er minimale.

Befolkningsvurdering

Ved en helsemessig vurdering er det gunstig at det oppholder seg så få mennesker som mulig i de områder som får størst belastning fra utslippene.

Skader på skog, landbruk og vassdrag

Skader på skog, landbruk og vassdrag må vurderes spesielt. Skadene vil være både av økonomisk art, og av miljømessig art.

Kjølevannsutslipp

Det må vurderes inngående hvilke skader som eventuelt vil oppstå ved utslipp av oppvarmet kjølevann og eventuelle kjemiske stoffer (som f.eks. klor) til sjøen.

Kraftlinjer	Kraftlinjenes innvirkning på landskapet må vurderes nøye. I noen landskapsformer er det lettere å innpasse kraftlinjene enn i andre. Bruken av områdene (fritidsinteresser, jordbruk, skogbruk etc.) har avgjørende betydning for den miljømessige og økonomiske skade som kraftlinjene kan forårsake.
Kraftstasjonens innpassing	Som et siktemål har en prøvet å plassere kraftstasjonen slik at den er tilbaketrukket fra strandområdene, og forøvrig tilpasset landskapet.
Generalplaner, regionale målsettinger	En må vurdere nærmere hvorledes et slik kraftverk harmonerer med de intensjoner som fremgår av generalplaner og regionale målsettinger. En må vurdere muligheten for å tilpasse disse til lokalisering av oljekraftverket.
Støy- og transporter	Andre ulemper for befolkningen er den støy som oppstår særlig i anleggstiden, men tildels også når kraftverket er kommet i drift. Transportene, særlig landverts, er en ikke uvesentlig del av denne ulempen.

6.3 Vurdering av lokaliseringsalternativene.

6.3.1 Teknisk/økonomisk vurdering

Arealer	Samtlige lokaliseringsalternativer er vurdert å tilfredsstille de tekniske krav til et byggested. Det finnes tilstrekkelige arealer for plassering av kraftverket og for provisorier i byggetiden.
Sprenging og massedeponering	I særlig utstrekning vil det for alternativ Emmerstad, Skjøttelvik og Vardåsen bli nødvendig å foreta store utsprengninger for å skaffe plass til kraftstasjonen. Overskuddsmassene har en foreløpig anvist plass for i form av tipper som vil danne nye elementer i landskapet i noen avstand fra kraftstasjonen. For alternativ Slagentangen og Naverfjorden (inkl. Lillevik) er overskuddsmassene av mindre omfang, og en har funnet det hensiktsmessig å plassere disse nær inntil kraftstasjonen.

Kai for tankbåter

I ref. 4 klargjør Kystdirektoratet at det for samtlige alternativer finnes mulighet for kai, men i forskjellig avstand fra kraftverket. Dermed vil lengden av oljeledningen fra kai via oljelager til kraftverket variere fra ca. 1 km for Emmerstad, 2-3 km for Vardåsen, Skjøttelvik, Slagentangen og Lillevik til bortimot 8 km for Naverfjorden.

Se fig. 6.13 som angir de kyststrekninger som har tilfredsstillende havneforhold.

Byggestedsavhengige kostnader

På dette stadium er det ikke mulig å utføre en fullstendig kostnadsberegning, da det ikke finnes underlag for dette. En del av kostnadene vil slå forskjellig ut for de ulike byggesteder. Videre er det ikke underlag for å ta i betraktning alle tekniske forhold på stedet. (Lay-out, transportkostnader etc.).

De av kostnadene som er stedsavhengige og som en idag har underlag former vist i tabell 6.1. Det er her tatt med kostnadene for sprengning og planeringsarbeid, oljeledning, og kraftlinjer inkl. tap.

Tabell 6.1

Merkostnader i mill.kr. for 2 aggregater.

	Kraftledninger		Plan- ering	Olje- ledn.	Økte kostn.pga.		Total kostnads- diff.Avrundet
	1.aggr.	2.aggr.			aggr.størrelse	Sum	
Vardeåsen	20	0	40	10	0	70	10
Emmerstad	0	10	50	0	0	60	0
Skjøttelvik	40	30	50	6	0	126	70
Slagentangen 1)	0	50	10	6	0	66	10
Lillevik	20	120	0	9	0	149	90
Naverfjorden	20	130	6	25	0	171	110
Sørlandet	90	140	0	7	0	237	180
Nord-Rogaland 2)	250	220	0	7	328	798	740

1) Det er for alt. Slagentangen ikke tatt hensyn til en eventuell mulig samordning med Esso-raffineriet.

2) For alt.Nord-Rogaland gjelder det forhold at første etappe 600 MW vil bestå av 2 aggr. hver 300 MW. Dette skyldes linjenettet

DYPVANNSKAI I OSLOFJORDOMRÅDET

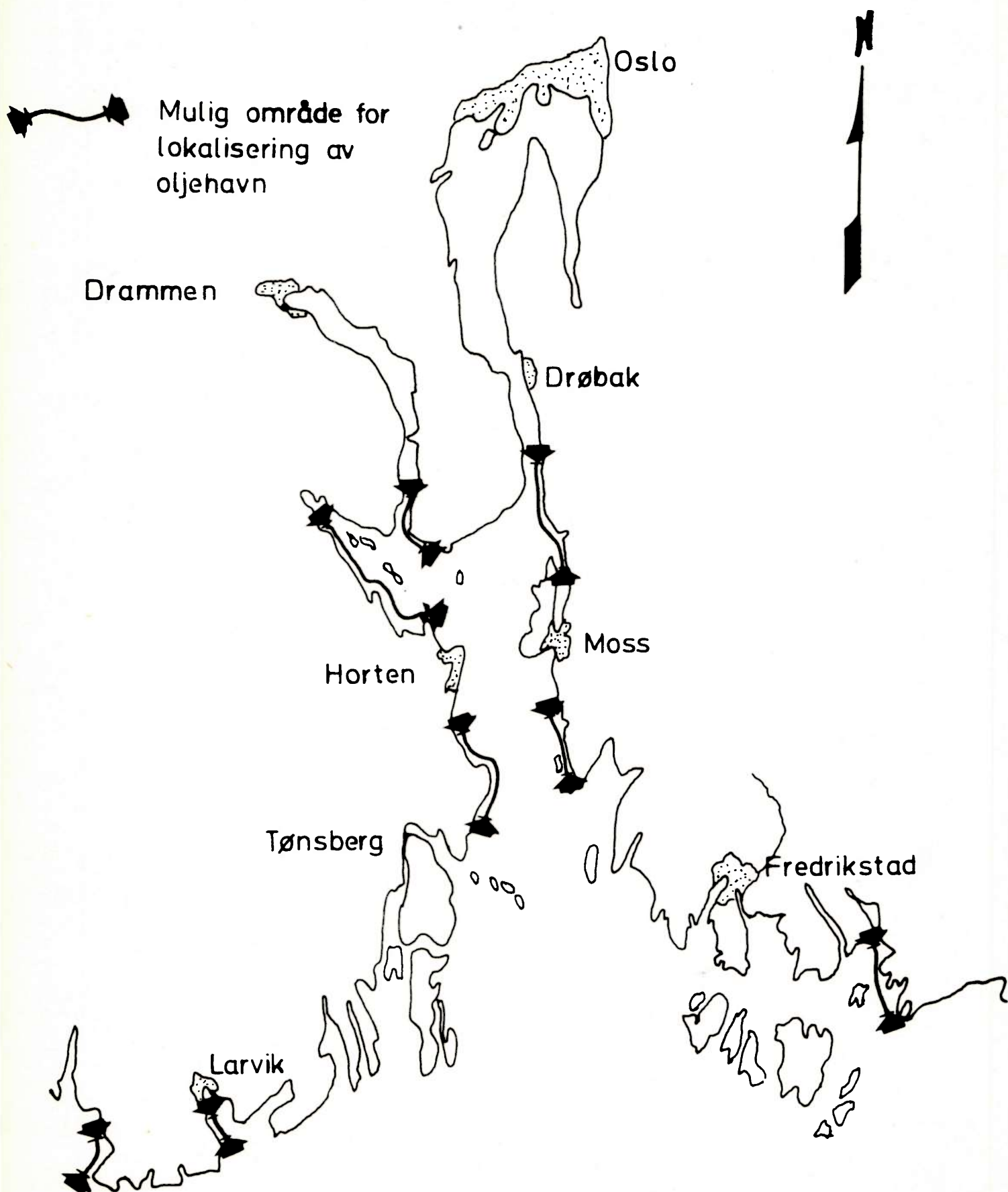


Fig. 6.13

Tallene i tabellen viser merkostnaden for de ulike byggestedene. (Det sted som gir den billigste løsning er satt til null).

6.3.2 Kjølevannsresipient

6.3.2.1 De ulike byggestedene

Emmerstad

Ved nordoverrettet strøm er volumtransporten anslått til å ligge mellom $260 \text{ m}^3/\text{s}$ og $510 \text{ m}^3/\text{s}$ i de øverste 20 meter. Ved et kraftverk på $2 \times 600 \text{ MW}$ kan man oppnå en maksimal fortynning på 1:8-1:16. En del av kjølevannet ventes da å bli ført inn i indre Oslofjord. Den maksimale midlere overtemperatur er her ventet mindre enn $0,5^\circ\text{C}$, som ikke ventes å gi virkninger på de biologiske forhold.

Ved sydoverrettet strøm er volumtransporten mindre, men fortynningsmengden betydelig større slik at overtemperaturen blir lavere enn $0,5^\circ\text{C}$.

I Drøbaksundet vil overtemperaturen trolig være mindre enn 1°C , men dette kan føre til biologiske endringer. Et par stengeplasser for brisling kan bli ugunstig påvirket.

Ved dypinntak vil tilførselen av næringssalter til overflatelaget i Breiangen føre til en ugunstig algevekst.

Hurum

Fortynningsmengdene er omtrent som for Emmerstad. Det er heller ingen nevneverdig fare for påvirkning av grundtvannsområder.

Ved dypvannsinntak vil tilførselen av næringssalter til overflaten kunne få uheldige følger for vannkvaliteten i Breiangen. Dette vil trolig gi noe mindre problemer enn for Emmerstad-alternativ.

Vardeåsen

Tilgjengelige fortynningsvannmengder er tilstrekkelig for fortynning på 1:20 og påvirkning av dypvannsmasser er ikke sannsynlig.

En eventuell pumping av dypvann til overflaten ved Vardeåsen kan få negative følger for vannkvaliteten. Det kan

være en mulighet for påvirkning av gruntvannssamfunnene da disse er forholdsvis store.

Slagentangen

Grunnlaget for vurdering av lokaliteten Slagentangen er noe dårligere enn for de øvrige alternativene.

Fortynningen antas å være på mer enn 1:20. Overtemperaturer på mer enn 0,5°C vil trolig ikke forekomme. Det ventes også at bare de øvre vannmasser blir påvirket om utslippet utformes på en måte som gjør dette mulig.

Gruntvannsområdene er større ved Slagentangen enn ved Vardeåsen og er heller ikke undersøkt særlig godt. Det er derfor usikkerhet ved påvirkningen av disse.

Forøvrig regnes virkningene fra kjølevannet ved Slagentangen tilsvarende Vardeåsen.

Naverfjorden

Fortynningsmengdene antas å være bedre enn 1:20.

I dette området kan man da bare regne med virkninger i nærsønen.

Naverfjordalternativet har de største gruntvannsområder, men dette ventes ikke å ha vesentlig betydning.

Eventuelle følger av å pumpe næringsrikt dypvann til overflaten vil ha klart mindre effekter enn for de andre alternativer.

Alternativ Lillevik med inntak og utslipp i Larviksfjorden er ikke vurdert. Utskiftningsforholdene i Larviksfjorden er beregnet å være gode.

Sørlandsalternativet

Utslippsstedet ligger relativt åpent ut mot Skagerak. Sør for utslippet ligger friluftsområdet Tromlingene med en del gruntvannsområder.

Det store åpne område gir mulighet for god initialfortynning i nærsønen. Ved utslipp i dypet kan en på grunn av varierende skiktningsnivå få vekslende innlagring med økt temperatur. Dette vil anses som uheldig.

Utslipp i overflaten kan ved kraftig pålandsvind føre til opphopning av kjølevann ved land. De dominerende vindretninger er imidlertid NØ og SV.

Man må regne med at det åpne området gir så gode blandingsforhold at overtemperaturen i fjernsonen blir meget lav ved så lite kjølevannsutslipp.

Data for vurdering av biologiske virkninger mangler.

Nord-Rogaland

Av rapporter fra NIVA og VHL fremgår at med en hensiktsmessig plassering og utforming av inntak og utslipp for kjølevannet vil det finne sted en rask fortynning av utslippet og overtemperaturen i resipienten vil være av meget begrenset i **utstrekning**.

Den termiske påvirkning av utslippet på resipienten og på livet i denne, må derfor antas å bli liten og begrenset til en avstand av noen hundre meter fra utslippsstedet.

6.3.2.2 Sammendrag

Ved så små kjølevannsmengder, 35-40 m³/s, kan en vente at mulighetene for å drive et kraftverk uten vesentlige ulemper for organismer i sjøen vil være ganske store. En klart definert kvalitetsforskjell mellom alternativene er ikke mulig å angi. En rangering av alternativene kan imidlertid stilles opp og vil være slik:

1. Naverfjorden
2. Slagentangen og Vardeåsen
3. Hurum
4. Emmerstad

Vurderingsgrunnlaget for Slagentangen er klart dårligere enn for de øvrige alternativene.

6.3.3 Utslipp til luft

6.3.3.1 Generelt

Det er utført beregninger av spredningen av utslipp til luft og virkningen av disse er vurdert for foreslåtte

lokaliseringssteder. Resultatene som foreligger for de ulike byggestedsalternativ er sammenfattet i det følgende. Mer detaljerte informasjoner finnes i ref. 1.

6.3.3.2 Spredning av utslipp.

Bakkekonsentra-
sjoner i
luft

Emmerstad

0,5% S, 7000
timer

Den høyeste årsmiddelkonsentrasjon som resultat av utslipp fra en 100 m høy skorstein vil ligge mellom 1 og 2 km nordnordøst for kraftverket. For et utslipp på 2740 kg/h (0,5 % svovel i oljen og 7000 timer brukstid) vil årsmiddel i maksimumsområdet bli ca. $15 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Over land, nord og nordøst for kraftverket vil middelkonsentrasjonen være noe høyere i sommerhalvåret enn i vinterhalvåret.

Tørravsetning

0,5% S, 7000
timer

Den største tørravsetning av svoveldioksyd regnet som sulfat finner sted i åsene ca. 1 km nordnordøst for kraftverket. Dersom utslippet forutsettes å være det samme som foregående 7000 driftstimer, vil tørravsetningen i dette område bli ca. $5 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ per år. I 10 km avstand fra kraftverket er tørravsetningen redusert til ca. $3 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ per år. Avsetningene minsker med avstanden fra kraftverket og er i de samme retningene redusert til ca. $0,5 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ i 40 km avstand.

Nedbørutfelling

Fra samme utslipp vil avsetningen på bakken under nedbør ca. 1 km fra kraftverket i retning nord og sør være 2,2 - 2,4 $\text{g SO}_4/\text{m}^2$ per år. Ca. 5 km fra verket i de samme retningene vil nedfallet i nedbørssituasjoner resultere i en avsetning på 0,6 - 0,7 $\text{g SO}_4/\text{m}^2$ per år. På 20 km avstand i sterkest belastede retning (sørsørøst, ved Horten) vil avsetningen være ca. $0,4 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ per år. I Vestfold og Nordmarka nord for Oslo, ca. 50 km fra Emmerstad vil utslippet resultere i en avsetning i nedbør på ca. $0,3 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ per år. Til sammenligning nevnes at en regner nåværende sulfatavsetning i nedbør over Østlandet å være 2 - 3 $\text{g SO}_4/\text{m}^2$ per år.

Skjøttelvik

Bakke-
konsentrasjoner
i luft

0,5% S,
7000 timer

Den største belastningen, som resultat av SO_2 -utslipp fra et varmekraftverk med 100 m høye skorsteiner, vil ligge over Oslofjorden mellom Hurum og Horten. Årsmidlet bakke-konsentrasjon over land ved Horten vil være ca. $8 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ og omtrent lik den en maksimalt vil vente å få nord for kraftverket på Hurumlandet. (0,5 % svovel i oljen, 7000 driftstimer). På grunn av topografien, med over 100 m høye åser rundt kraftverket, må en i enkelte situasjoner vente høye korttidskonsentrasjoner.

Tørravsetning

1,0% S,
3500 timer

Tørravsetningsbidraget (1,0 % svovel i oljen, 3500 timer pr. år, ingen gassrensing) vil være $2-3 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ pr. år over store deler av Hurumlandet. Dette representerer en fordobling i forhold til totalnedfallet idag. Utslippet fra kraftverket (med ovenfor spesifiserte utslipp) er mer enn 3 ganger så stort som det samlede utslippet fra celluloseindustrien på Hurum idag.

Nedbørsutfelling

0,5% S,
7000 timer

Avsetningen av sulfat som resultat av utvasking i nedbør, vil være størst over sørvestlige deler av Hurumlandet. Det kan her dreie seg om $0,5-1,0 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ per år. (0,5 % svovel i oljen, 7000 driftstimer).

Vardeåsen

Bakke-
konsentrasjoner
i luft

0,5% S,
7000 timer

Bakkekonsentrasjonsfordelingen av SO_2 viser at den høyeste belastningen, ca. $10 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (med utslipp som spesifisert tidligere), vil på årsbasis ligge over tettstedet Rygge syd for kraftverket. I vinterhalvåret vil en større del av belastningen ligge over Rygge og utover Oslofjorden, mens Vannsjø og Moss vil belastes mer i sommerhalvåret.

Tørravsetning

1% S,
3500 timer

En vesentlig del av tørravsetningen vil falle over områdene rundt Vannsjø i Østfold. For et varmekraftverk som fyres med olje med 1 % svovel, og med en driftstid på 3500 timer pr. år (fordelt jevnt over hele året) vil tørravsetningsbidraget i maksimumsområdet være ca. $3 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ per år

som er av samme størrelsesorden som nedfallet idag. Innover i østlige deler av Østfold, som idag har visse forsureningsproblemer, vil bidraget fra varmekraftverket kunne være mellom 0,2 og 0,5 g SO_4/m^2 pr. år.

Nedbørutfelling

0,5% S,
7000 timer

Beregninger viser at utvasking av sulfat i nedbør sannsynligvis ikke er så kritisk for de østlige deler av Østfold, som tørravsetningen. Nedbørutfellingen er større rett nordover, langs Oslofjorden (Moss, Ås, Nesodden, Oslo) og sørover ute over Oslofjorden. Den totale avsetningen kan utgjøre fra 0,5 - 1,0 g SO_4/m^2 over et forholdsvis begrenset område.

Slagentangen

Bakke-
konsentrasjoner
i luft
0,5% S,
7000 timer

Konsentrasjonsfordelingen for et utslipp fra 100 m høye skorsteiner (0,5 % svovel i oljen) viser at de høyeste årsmidlete bakkekonsentrasjonene, ca. 12 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, forekommer over sjø i Oslofjorden.

En kan imidlertid tenke seg at høye korttidsmidlete konsentrasjoner (1 time og mindre) kan forekomme over land sør for Horten i sommerhalvåret.

Tørravsetning

0,5% S,
7000 timer

Tørravsetningen av svoveldioksyd som SO_4 , viser at en stor del av avsetningen vil skje over Oslofjorden. Over sørlige del av Hurum kan tørravsetningsbidragene bli ca. 0,5 g SO_4/m^2 pr. år, mens det over Tjønsberg og Tjøme ligger rundt 1 g SO_4/m^2 pr. år.

Nedbørutfelling

I forhold til tørravsetningen vil en større del av utvaskingen av sulfat i nedbør falle ned over land. Store deler av Vestfold vil belastes med en utfelling som er større enn 0,5 g SO_4/m^2 pr. år, som resultat av et varmekraftverk på Slagentangen fyrt med 0,5 % svovel i oljen. Dette representerer ca. 20 % av totalnedfallet idag.

Naverfjorden

Bakke-
konsentrasjoner
i luft

Konsentrasjonsfordelingen av SO_2 -midlet over et driftsår ved Naverfjorden viser at den største belastningen fra et varmekraftverk med 100 m høye skorsteiner ligger ca. 4-5 km

0,5% S, 7000 timer	nordøst for kraftverket. For et utslipp på 2740 kg SO ₂ /h (0,5 % svovel i oljen), vil årsmiddelkonsentrasjonen maksimalt bli ca. 10 µg/m ³ . Over Larvik vil middelkonsentrasjonen da være rundt 8 µg SO ₂ /m ³ .
Tørravsetning 0,5% S, 7000 timer	Tørravsetningsbidraget i maksimumsområdet som ligger mellom kraftverket og Larvik by er av samme størrelsesorden som det totale nedfallet av SO ₄ en har i området idag, ca. 3 g SO₄/m².
Nedbørutfelling 0,5% S, 7000 timer	Med samme utslippsforutsetninger vil innenfor ca. 10 km fra kraftverket, nord og sørvest for dette, utvaskingen av sulfat i nedbør være større enn 0,5 g SO ₄ /m ² per år. Dette representerer ca. 20 % av den avsetningen en har i nedbørsituasjoner idag.
<u>Kårstø</u> Det er foretatt beregninger av bakkekonsentrasjoner, tørravsetning og nedbørsutvasking også for et varmekraftverk i Karmøyområdet. Disse er basert på de samme beregningsmetodene som for byggestedene i Oslofjordområdet. Kraftverkets størrelse, utslippsmengden og skorsteinshøydene er de samme, men det meteorologiske grunnlagsmaterialet er noe mer usikkert enn for Oslofjordalternativene.	
Bakke- konsentrasjoner i luft 0,5% S, 7000 timer	Konsentrasjonsfordelingen av SO ₂ i bakkenivå som resultat av et varmekraftverk ved Kårstø viser at den største belastningen over land ligger nordnordvest mot Tysvær. Belastningen her er imidlertid mindre enn for de fleste byggestedene i Oslofjordområdet. Ved bruk av olje med 0,5 % svovel og uten gassrensing vil årsmidlet bakkekonsentrasjon som resultat av et kraftverk med 100 m høye skorsteiner, i maksimumsområdet være omkring 4 µg SO ₂ /m ³ .
Tørravsetning 1% S, 7000 timer	Det største tørravsetningsbidraget vil falle over områdene mellom Tysvær og Haugesund. For et kraftverk fyrt med olje med 1 % svovel og en driftstid på 3500 timer pr. år, vil det årlige nedfallet i dette området være mellom 0,5 og 1,2 g SO ₄ /m ² . Dette er av samme størrelsesorden som

det totale nedfallet en har i området idag.

Nedbørutfelling

0,5% S,
7000 timer

Det største sulfatnedfallet under nedbørsituasjoner finner sted nord og nordnordvest for varmekraftverket. Innenfor 5 - 10 km fra et kraftverk, dersom dette fyres med olje med 0,5 % svovel, vil nedfallet være større enn $1 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$.

Totalavsetning

2,5% S,
3500 timer

For et varmekraftverk ved Kårstø fyrt med olje inneholdende 2,5 % svovel, ingen gassrensing og 3500 timer drift pr. år, vil totalavsetningen av sulfat over land i området rundt Tysvær komme opp i $5 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ pr. år. Dette representerer en avsetning som er noe større enn det en har i området idag. Likevel er dette totalt sett mindre enn det en kan vente i maksimumsområdet for et lignende kraftverk i indre Oslofjorden. Dessuten er buffer-kapasiteten i jordsmonnet (p.g.a. geologien) større i Karmøyområde enn den er i Østlandsområdet.

Arendalsområdet

Det er foretatt beregninger for byggestedsalternativet Skare i Tromøya ved Arendal. Beregningsmodellene er de samme som for øvrige byggesteder, men de meteorologiske dataene er ufullstendige da det ikke foreligger samtidige vind- og stabilitetsmålinger for området.

Bakke-
konsentrasjoner
i luft

0,5% S,
7000 timer

Beregningene antyder at de maksimale årstidsmidlete konsentrasjonene (ca. $10 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, 0,5 % svovel i oljen 7000 driftstimer pr. år) vil ligge over sjø nordøst for kraftverket. Et sekundært maksimum (ca. $6 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) vil ligge over sørvestlige deler av Tromøya.

Tørravsetning

1% S,
3500 timer

Den største delen av tørravsetningen over land kommer til å ligge langs kysten mot Arendal-Lillesand og mot Tvedestrand-Risør. I Arendal-området vil tørravsetningsbidraget av SO_2 regnet som SO_4 være ca. $1 \text{ g SO}_4/\text{m}^2$ pr. år.

Dette er noe mindre enn det maksimale tørravsetningsbidraget over land i Oslofjord-området.

Nedbørsutfelling

0,5 % S,
7000 timer

Utvasking av sulfat i nedbør vil ligge noe mer innover land i retning Arendal-Lillesand og oppgis til mer enn 0,5 g SO_4/m^2 pr. år over disse områder. Den totale sulfatavsetningen vil berøre områder som allerede idag har forsyningsproblemer p.g.a. langtransporterte luftforurensninger.

6.3.3.3 Virkninger på skog, planter, ferskvann etc.

Det er spesielt virkningen av svovelutslippene fra et varmekraftverk som over større områder kan ha negative innvirkninger på skog, planter, ferskvannsfisk etc. Sviskader på skog og planter kan inntreffe under ugunstige forhold ved lokale røyknedslag, men sannsynligheten for dette er relativt liten.

Problematikken omkring svovelsyrenedfallet eller såkalt "sur nedbør" har vært sterkt i søkelyset i de senere år. De totale virkninger er ennå ikke helt klarlagt, men man kan anta at bufferkapasiteten i nedslagsfeltet i de områder en idag har forsyningsproblemer, ikke er tilstrekkelig til å nøytralisere den årlige tilførselen av sure komponenter.

En tilleggsbelastning av slike komponenter vil i liten grad bli nøytralisert og kan derfor representere en marginal belastning, som i visse områder vil akselerere forsyningsprosessen.

En må anta at et oljefyrt varmekraftverk plassert ved Oslofjorden, vil gi utslippsmengder av sure komponenter, som vil berøre store deler av Østlandsområdet, der det idag eksisterer forsyningsproblemer. Den økende belastning vil medføre en akselerert forsyningsutvikling og vil sannsynligvis resultere i at områder som idag ikke har registrerte forsyningsproblemer, vil bli problemområder i nær fremtid. Mange av disse områdene er idag av stor rekreasjonsmessig betydning.

Disse antagelser er basert på beregninger for totalavsetning for plassering av oljekraftverket ved Emmerstad. Det er rimelig å anta at andre lokaliseringer i Oslofjordområdet vil gi problemer av samme størrelsesorden.

Varmekraftverket plasert i Karmøy-området er gunstigere ut fra en vurdering av forurningsproblemene, da bufferkapasiteten i dette området er større enn i Oslofjordområdet. Et oljefyrt varmekraftverk på Sørlandet vil sannsynligvis representere større forurningsproblemer enn i Oslofjordområdet.

6.3.3.4 Helsevirkninger

Fra et helsesynspunkt er det døgn-, måned eller årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksyd som gir best grunnlag for vurdering av mulig effekter. Foreslått målsetting i henhold til WHO's ekspertkomité av 1972, er $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som døgnmiddel, $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddel.

Forutsetningen for beregning av skorsteinshøydene ved varmekraftverket har vært at timesmidlet bakkekonsentrasjon normalt ikke skal overskride $360 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Dette vil vanligvis sikre et døgnmiddel som er lavere enn $200 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, og et årsmiddel lavere enn $60 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$.

Det kan imidlertid være grunn til nærmere å vurdere belastningen over tettsteder og byområder i fyringssesongen, da bidraget fra den lokale boligoppvarmingen kan representere et relativt stort tillegg i totalbelastningen. Når det gjelder valg av byggested bør en vurdere bakgrunnsbelastningen og befolkningsfordelingen i området. "Bakgrunnsforurensningen" på grunn av eksisterende eller planlagte industrielle anlegg (eller boligoppvarming) bør være minst mulig. Boligtettheten i nedslagsfeltet, spesielt i fremherskende vindretning bør vurderes.

På denne bakgrunn er de alternative byggestedene i Oslofjord og Karmøy-området kommentert i det følgende:

- Emmerstad: Lite folk innenfor de områdene hvor maksimale bakkekonsentrasjoner forekommer. Hvidsten vil kunne belastes i sommerhalvåret.
- Skjøttelvik: Horten-området belastes av kraftverket, særlig i vinterhalvåret.
- Vardeåsen : Tettstedet Rygge ligger i nedslagsområdet for avgassene fra byggestedet. Også Moss kan til en viss grad bli belastet, særlig i sommerhalvåret.
- Slagentangen: Kraftverket her kan belaste Horten-området særlig i sommerhalvåret. Langtidsmiddelkonsentrasjonene over Horten by er imidlertid relativt små. Her må det dog tas hensyn til at det allerede er etablert oljeraffineri på Slagentangen med maks. utslipp på ca. 800 kg SO₂/h. I vinterhalvåret kan Tønsberg-området til tider belastes av utslippene på Slagentangen, men i mindre grad enn Horten om sommeren.
- Naverfjorden: Larvik ligger innenfor et av de områdene som kan bli utsatt for høye konsentrasjoner som resultat av et varmekraftverk ved Naverfjorden. Denne belastningen vil være størst i sommerhalvåret. For vinterhalvårets vedkommende er belastningen som resultat av varmekraftverket liten i befolkete områder.
- Kårstø: En viss belastning over tettstedet Tysvær, eller liten belastning over befolkete områder.
- Skare: Arendal er noe utsatt, særlig for tørravsetninger.

6.3.3.5 Sammendrag

Ut fra gjeldende forutsetninger viser beregningene for et 2 x 600 MW kraftverk følgende:

- hvis kraftverket fyres med olje med 0,5 % svovel, og uten gassrensing, bør skorsteinen (en på hver enhet) ikke være lavere enn 100 m.
- hvis kraftverket fyres med olje med 1 % svovel, og uten gassrensing bør skorsteinene ikke være lavere enn 150 m
- hvis kraftverket fyres med olje med 2,5 % svovel, og avgassene renses med sjøvann, må en selv med skorsteiner på 150 m etteroppvarme avgassene til minst 75°C for å sikre en tilstrekkelig røykheving.
- for at konsentrasjonen av vanadiumpentoksyd i bakkenivå ikke skal bli for høy ut fra helsemessige kriterier, bør vanadiumutslippet ikke overstige ca. 15 kg V/h. Vanadiuminnholdet i oljen bør derfor være mindre enn 50 ppm (vekt).

Skogskader

Selv om en anvender olje med 0,5 % svovel som anses å være det gunstigste alternativ, kan en ikke sikre seg mot at sviskader på trær og vekster i de nærmeste kilometrene fra kraftverket kan forekomme under ugunstige spredningsforhold. Dette vil spesielt kunne forekomme i sommerhalvåret, og vil bare berøre begrensede arealer i hvert tilfelle.

Helseeffekter

Målsettingen for beregningene har vært at gjeldende luftkvalitetsnormer for å unngå uønskede helseeffekter ikke skal overskrides i bakkenivå. Dette menes å kunne oppnås ved bruk av olje med 0,5 % og 1,0 % svovel uten avgassrensing, dersom forutsetningene spesifisert under skorsteins-høydeberegningene er tilfredsstillt. For alternativet 2,5 % svovel i olje og sjøvannrensing vil det være nødvendig med oppvarming av avgassene, dersom en skal unngå overskridelser av luftkvalitetsnormene i nærområdet.

Det forutsettes også at vanadium og andre forurensningskomponenter holdes på det nivå som er spesifisert i denne rapporten. Dersom disse vilkår er oppfylt, vil de helsemessige forhold ikke være avgjørende for valg av byggested. Det må dog tas hensyn til øvrige forurensningsbelastning og bebyggelse i varmekraftverkets omgivelser.

Korrosjonsskader

I området rundt et oljefyrt varmekraftverk må en vente noe sterkere atmosfærisk korrosjon enn i et uforurenset område. De økonomiske konsekvenser av dette lar seg i dag vanskelig beregne.

Forsurningsproblemer

Basert på de forutsetninger som er lagt til grunn, vil forsyningsproblemene være de mest avgjørende for vurdering av de forskjellige utslippsalternativene og regionmessig lokalisering. Totalutslippet av SO_2 og dermed mengden av surt nedfall oppgis å bli noe mindre med bruk av olje med 2,5 % svovel og sjøvannsvasking enn med bruk av olje med 0,5 % svovel uten rensing.

Blant de diskuterte byggestedsalternativene, er det på Sørlandet ut fra en vurdering av forsyningsproblemene det minst gunstige, da en relativt liten økning i svovelnedfallet kan føre til store miljøproblemer. Rogalandsalternativet er noe gunstigere enn Østlandsalternativene.

Totalvurderinger av luftutslipp

Ut fra en samlet vurdering av de forskjellige miljøpåvirkninger forårsaket av luftforurensninger, har en kommet frem til følgende konklusjoner:

- byggestedsalternativene i Nord-Rogaland er noe gunstigere enn Østlandsalternativene mens Sørlandsalternativet synes å være det ugunstigste.
- det er vanskelig å skille de ytre og indre byggestedene i Oslofjord-området.

Alternativene Skjøttelvik og Vardeåsen synes å være noe ugunstigere enn de øvrige byggestedene. Hvis kraftverket

kun skal være i drift i vinterhalvåret, synes Naverfjorden å være det beste byggestedsalternativet i Oslofjord-området.

6.3.4 Naturvern og friluftsinnteresser x)

6.3.4.1 Generelt

I samtlige berørte fylker i Oslofjordregionen (Østfold, Oslo/Akershus, Buskerud, Vestfold og Telemark) råder det, eller er det i ferd med å oppstå, mangel på rekreasjonsressurser i kystbeltet.

Dette kystbeltet utgjør i landsmålestokk bare en ubetydelig del (ca. 6,5 % av norskekysten) mens ca. 40 % av landets befolkning sogner til området i rekreasjonsmessig sammenheng.

Knappheten på rekreasjonsmessige ressurser i Oslofjordregionen illustreres ved at antallet meter tilgjengelig strandlinje for rekreasjon i dette området, er 1,9 meter pr. innbygger, mot ca. 14 meter strandlinje i landsgjennomsnitt.

Økende befolkningsstørrelse, økende urbaniseringsgrad, mer fritid, bedre økonomi, bedre kommunikasjoner og et fortsatt utbyggingspress må ventes å føre til et betydelig, og økende press på de eksisterende rekreasjonsressurser i Oslofjordregionen i de kommende ti-år

Med de rådende utviklingstendenser, synes det realistisk å regne med at behovet for varierte og tilstrekkelige friluftsområder (nærområder, weekendområder, ferieområder) på lengre sikt neppe kan tilfredsstilles innen Oslofjordregionen.

Nye miljøinngrep og utbyggingsprosjekter langs denne kyststrekningen må følgelig avveies mot de forhold som berører ressursknappheten m.h.t. fremtidige friluftsområder i regionen.

x) Utdrag av ref. 6.

6.3.4.2 Området nær kraftstasjonen.

Tabell 6.3 angir den bedømming av lokaliseringsalternativene som er gjort av en gruppe nedsatt av Miljøverndepartementet. Iflg. denne tabellen fremtrer alt. i Hurum og Vestby som de mest akseptable alternativer.

6.3.4.3 Kraftledninger

Oslofjorden

De kraftledningsanlegg som kan knytte seg til en eventuell etablering av et kraftverk av de dimensjoner det her er tale om, vil nødvendigvis medføre landskapsinngrep og beslagleggelse av arealer ut over det en har vurdert innen en radius av 5 km rundt lokaliseringsstedene. Se fig. 6.14 og 6.15.

De vurderinger en på det nåværende tidspunkt kan gjøre med hensyn til miljømessige virkninger av kraftledninger utenfor 5 km radiusen, kan knyttes til den totale lengden av nye kraftledninger og de arealer det kan bli aktuelt å beslaglegge til ledningsføringen ved hvert av de aktuelle lokaliseringsalternativer.

Dette gir bare et bilde av forskjellen mellom de ulike alternativer, men en kan forutsette en viss proporsjonalitet mellom ledningslengden og de (kvalitative) miljømessige ulikheter/konflikter.

Tabell 6.2 viser en grov vurdering av ledningslengder og arealbehov ved utpekte lokaliseringsalternativer.

Tabell 6.2

Lokalitet	Ledningslengde som må ombygges (km)	Ledningsl. som må nybygges (km)	Beregnet arealbehov for nye kraftledninger (da)
Vardeåsen	-	33	1419
Emmerstad	32,5	10	593
Skjøttelvik	32,5	28	1367
Slagentangen	36,6	54,4	1586
Naverfjorden	103,3	100,6	4288

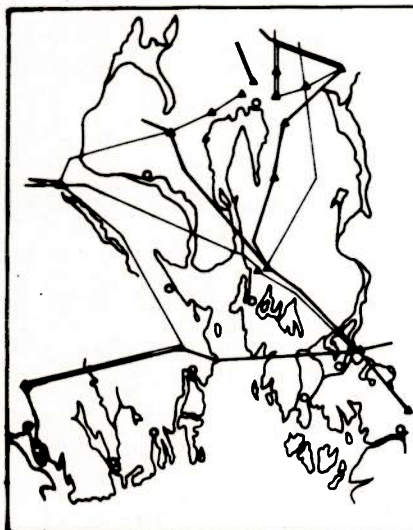
Innvirkning på	Høyeste og laveste mulige poengberegning (x)	Vardeåsen Rygge	Emmerstad Vestby	Hurum Skjøttelvik	Naverfjorden Brunlanes	Slagentangen Sem
Friluftsliv.	48 - 16	35	40	29	46	41
Naturvern.(xx)	48 - 16	30	36	29	27	37
Landskapsvern.	59 - 20	56	41	51	48	51
Naturmiljø. Generelt.	31 - 13	25	21	26	28	21
Sum	186 - 65	146	138	135	149	150

x. Høyt poengtall angir sterk, negativ miljøpåvirkning.

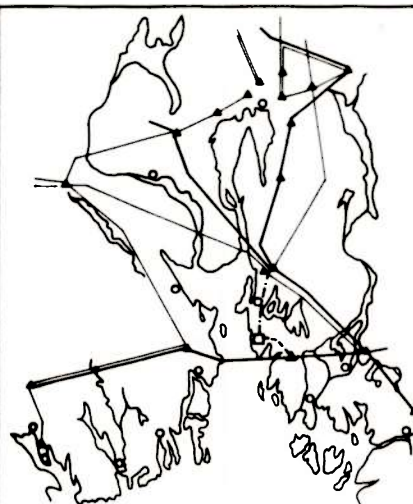
xx. Omfatter også forhold som knytter seg til viltbiotoper i de berørte områder.

Tabell 6.3.

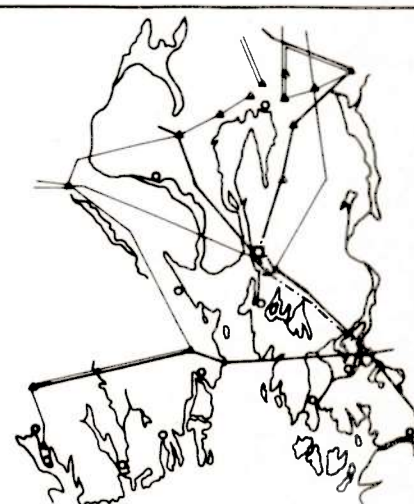
ANTATT UTFORMING AV HOVEDNETTET I ÖSTLANDSOMRÅDET OMKRING 1980



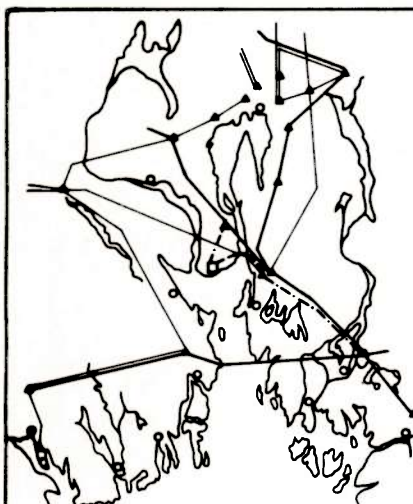
UTEN VARMEKRAFTVERK



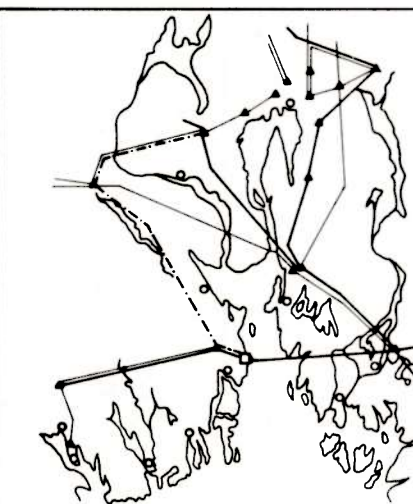
PASSERING VARDÅSEN



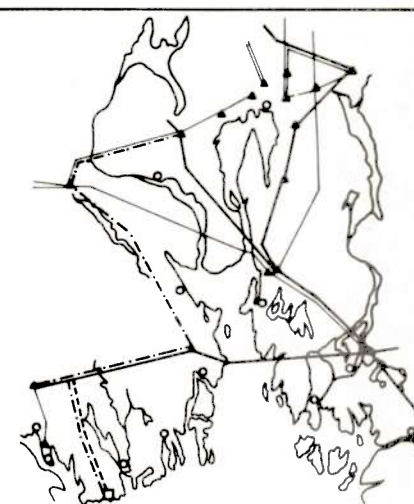
PASSERING EMMERSTAD



PASSERING SKJÖTTEVIK



PASSERING SLAGENTANGEN



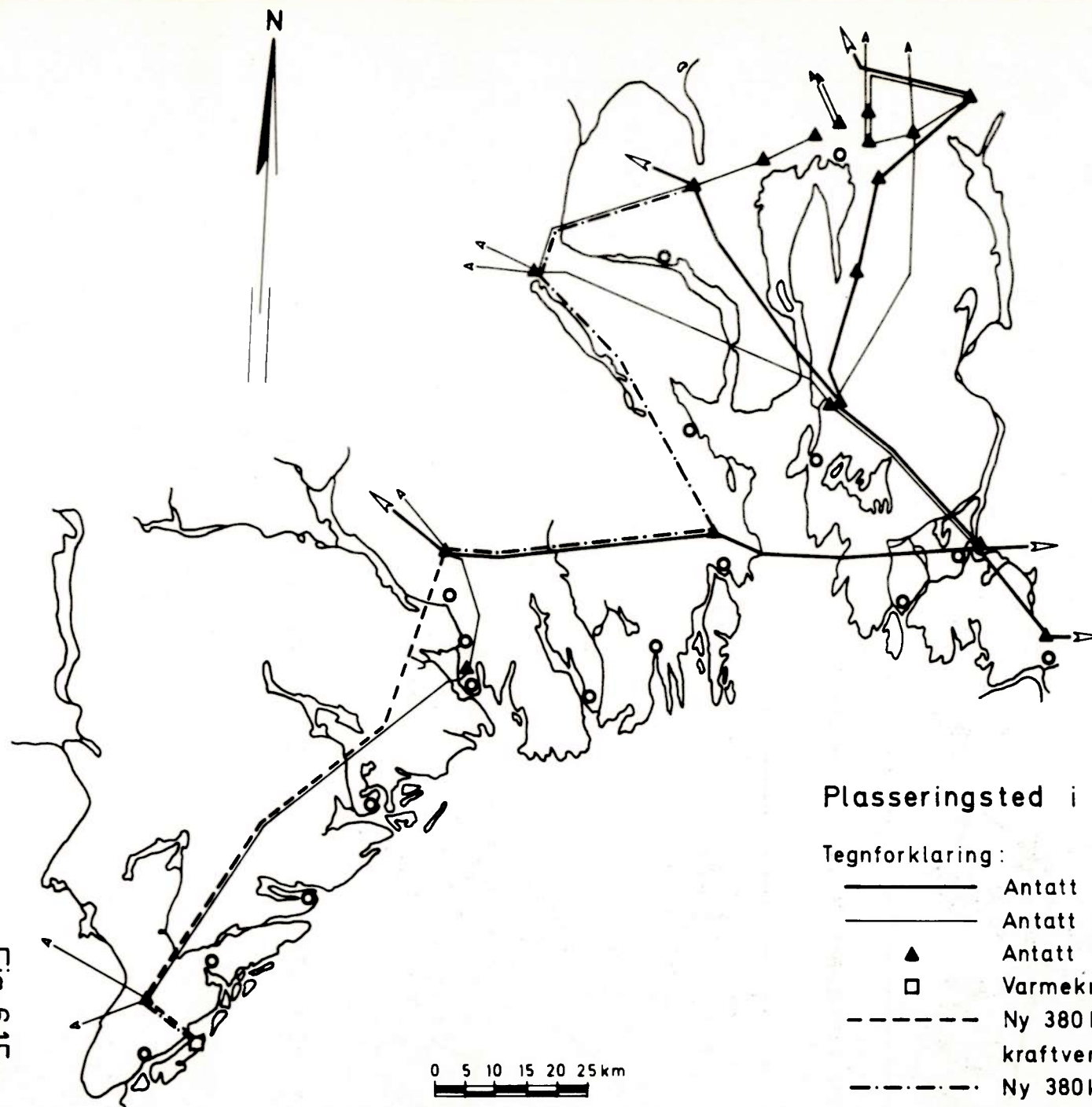
PASSERING NAVERFJORDEN

Tegnforklaring:

- ▲ Antatt transformator eller koblingsstasjon 1980
- Antatt eksisterende 380 kV linje 1980
- Antatt eksisterende 275 kV linje 1980
- Varmekraftverk
- ▲ Ny transformator- eller koblingsstasjon etter 1980
- Ny 380 kV linje etter 1980 ved varmekraftverk utbygd med ett aggregat.
- - - - Ny 380 kV linje etter 1980 ved varmekraftverk utbygd med to aggregater.

Fig. 6.14

Fig. 6.15



Plasseringsted i Arendalsområdet.

Tegnforklaring:

- Antatt eksisterende 380 kV linje 1980
- Antatt eksisterende 275 kV linje 1980
- ▲ Antatt transf. eller kobl.stasjon 1980
- Varmekraftverk
- - - - - Ny 380 kV linje etter 1980 ved varme-
kraftverk utbygd med ett aggregat.
- · - · - · - Ny 380 kV linje etter 1980 ved varme-
kraftverk utbygd med to aggregater.

Vestlandet

Når det gjelder de miljømessige konsekvenser av et verk på Vestlandet, er det på det nåværende tidspunkt neppe mulig å peke på annet enn det som er sagt i avsnittet foran. Se fig. 6.16

En grov arealberegning av ledningene viser at de kan kreve et areal fra ca. 7700 til ca. 11 400 da., avhengig av trasevalget.

6.3.5 Øvrige miljøvirkninger under bygging og drift

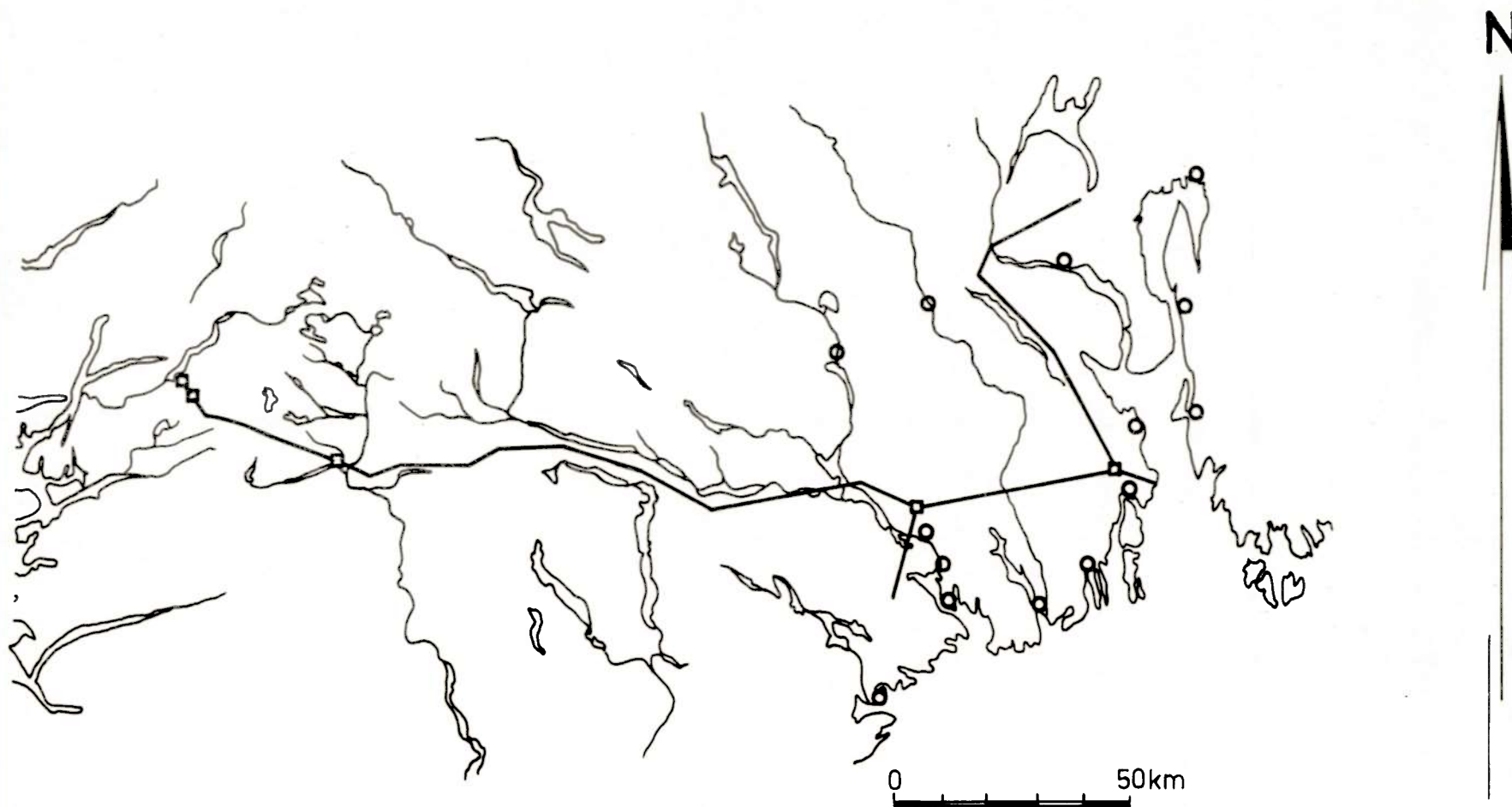
Støyproblemer

Når det gjelder støy og annen sjenanse i anleggstiden vurderer en alt. Emmerstad, Vardeåsen og Skjøttelvik som gunstigst, mens alt. Naverfjorden vil gi størst sjenanse.

Estetisk virkning

Den estetiske virkning av kraftverket antas å gjøre seg mest ugunstig gjeldende for alt. Skjøttelvik, Naverfjorden, Lillevik og Slagentangen. Ved Emmerstad og Vardeåsen vil kraftstasjonen være relativt bra skjult for innsyn.

380 kV-I KVILLDAL - SAURDAL - RÖD - TVEITEN



Eksempel på trasé for kraftledning fra Ulla - Førre
til Østlandet

Fig. 6.16

6.3.6 Regionale virkninger inkl. arbeidsmarkedet ^{x)}

6.3.6.1 Regionale forhold.

Konkurranse om
arbeidskraften

Det er mye som tyder på at man i Norge i årene fremover vil stå overfor en situasjon der det vil være vanskelig å få dekket behovet for arbeidskraft. Spesielt innen bygg- og anleggssektoren er det grunn til å vente knapphet. De senere årene har vist en svakere rekruttering til denne bransje enn tidligere. Samtidig synes det å være et økende behov for arbeidskraft i denne sektor. Det vil følgelig lett kunne bli hardere konkurranse mellom prosjekter om arbeidskraften i bygg- og anleggssektoren.

Da behovet for arbeidskraft i forbindelse med byggingen av et oljekraftverk må regnes som betydelig, er det av viktighet å vurdere behovet i sammenheng med større planlagte og/eller vurderte byggeprosjekter i de aktuelle lokaliseringsregioner.

Knapphet av
arbeidskraft
til bygg-og
anlegg

En konkret gjennomgang og sammenstilling av kjente prosjekter i lokaliseringsregionene viser at arbeidskraft til bygg- og anleggssektoren vil være en knapphetsfaktor i samtlige regioner. Dette tilsier at større prosjekter må tilpasses en totalplan for anleggsaktiviteten, og det vil være påkrevet at de fordeles over tid, for å få en jevn sysselsetting og for å unngå de problemer som vil følge av en vesentlig temporær opptrapping i bygg- og anleggssektoren, men kanskje viktigst for å hindre at andre nødvendige utbyggingsoppgaver, f.eks. innen boligsektoren, kommunikasjoner, helsestell m.v. må utsettes som en følge av bl.a. mangel på anleggspersonell.

Normalt vil tilførselen av elektrisk kraft være en forutsetning for ekspansjon i andre sektorer. Bygg- og anleggsaktivitet og annen samfunnsutbygging vil derfor være komplementære aktiviteter. Det er grunn til å merke seg at arbeidskraftressursene vil være en knapphetsfaktor som kan føre til at det må vises en betydelig moderasjon i ambisjonsnivået på enkelte felter.

x)

Utdrag av ref. 3.

6.3.6.2 Lokale forhold

Indirekte
befolkningsøkning

En har gått ut fra at kun en mindre del av anleggspersonellet vil bli rekruttert lokalt. Hovedtyngden vil antagelig bli rekruttert utenfor lokaliseringsskmmunen og bli dag- eller ukependlere. For driftspersonell og ansatte i avledelede virksomheter må en regne med at de fleste bor eller velger å bosette seg nær arbeidsstedet. Fast bosetting vil også medføre en høyere indirekte befolkningsøkning. Når kraftverket er satt i ordinær drift regner en derfor med en relativt større sysselsettings- og befolkningsvirkning.

Behovet for arbeidskraft vil variere sterkt i løpet av anleggsperioden. Etter en lengre periode med stor rekruttering vil en stå overfor den situasjon at sysselsettingen ved anlegget vil gå kraftig tilbake. Under forutsetning av en forholdsvis moderat lokal rekruttering til anleggsarbeidene, vil sysselsettingen blant de fast bosatte likevel ikke gå drastisk tilbake ved overgangen fra anlegg til ordinær drift. En vil også peke på at denne overgang vil skje gradvis og over forholdsvis lang tid. Lokaliseringsskmmunen får derved mer tid til å tilpasse seg det lavere aktivitetsnivået.

Største omstilling
i innledende
anleggsperiode

På denne bakgrunn er det grunn til å tro at de største omstillinger i kommunen vil inntreffe i anleggsperiodens første år. Den raske ekspansjonstakten ved kraftverket vil direkte og indirekte kunne føre til en forsering av områdets planer for næringsøkonomisk og befolkningsmessig utvikling, og dermed til økonomiske miljømessige og sosiale belastninger for lokalsamfunnet.

Rom for denne
aktivitetsøkning
i alle lokaliseringskommuner

En arbeidsgruppe i Miljøverndepartementet har gjort en gjennomgang av lokale og regionale målsettinger og planer, og er kommet til at det i alle de alternative lokaliseringsskmmuner vil være rom for den aktivitetsøkning som verket vil føre med seg. Imidlertid ligger selve ekspansjonstakten sannsynligvis høyere enn en kontrollert bruk av ressurser skulle tilsi. Gruppen antar at en balansert utvikling kan oppnås lokalt ved en nøye planlagt igangsetting.

Miljømessige
kvaliteter
prioriteres

De aktuelle lokaliseringskommunene vil, etter gruppens mening, sannsynligvis være tjent med en moderat veksttakt der en først og fremst søker å forbedre de miljømessige kvaliteter. Arbeidsmarkedet er stramt i alle sektorer. Fra et sysselsettingsmessig synspunkt er det derfor neppe behov for den type arbeidsplasser det her er tale om. Samtlige kommuner ligger i eller tett opp til ekspansive områder. Disse områdenes hovedoppgave bør trolig være å få til en kontrollert bruk av ressurser fremfor aktivt å satse på videre ekspansjon.

Tysvær i en
særstilling

Et visst unntak er lokaliseringsalternativet Kårstø i Tysvær kommune. Her synes situasjonen m.h.t. arbeidsplassbehov og mottaksførhet å være noe forskjellig fra den situasjon som er beskrevet for de øvrige lokaliseringsalternativene. Lokaliseringsstedet ligger ca. 30 km fra Haugesund. Kommunen har f.t. en forholdsvis høy befolkningstilvekst, men har en svært lav selvdekning av arbeidsplasser. Av lønns-takerne pendler ca. 80 % ut av kommunen. Her kan bygging av kraftverk idag representere et positivt arbeidsplass-tilskudd, selv om dette området etterhvert trolig vil bli attraktivt for annen næringsvirksomhet.

De foran nevnte generelle konsekvenser kan dempes bl.a. ved at:

- Utbyggingstakten for boliger og annen infrastruktur holdes innenfor rammen av hva de lokale ressurser kan tåle. En bør primært ta sikte på å ta imot et antall nye innbyggere som tilsvarende behovet for ansatte under normal drift, pluss en balansert utvikling i det øvrige næringsliv. I anleggsperioden bør en vurdere å bygge gjennomgangsboliger som etterhvert kan overtas av den faste stab ved verket.
- Det bør legges stor vekt på å forebygge de problemer som kan oppstå i forbindelse med en eventuell brakkeby. Dette gjelder situasjonen for pendlere selv og forhold til det øvrige lokalsamfunn.
- Erfaringer fra tilsvarende prosjekter viser at utbyggingsoppgavene i stor grad blir konsentrert til "vertskommunen".

Alle de vurderte lokaliseringalternativene ligger nær opp til større befolkningskonsentrasjoner. Hvis ønskelig kan en derfor avlaste lokaliseringskommunen ved at netto tilflytting spres på flere kommuner.

Andre foretak bør kunne benytte etablert infrastruktur

- Da leveranser av innsatsfaktorer i hovedsak må hentes utenfra, gir prosjektet liten direkte stimulans til annen lokal virksomhet. For å oppveie ensidighet i sysselsettingen, bør en i størst mulig grad søke lokale og regionale leveranser. Av samme grunn bør en legge opp til en utbygging som gjør det mulig for andre foretak å benytte den infrastruktur som er bygget opp for å betjene oljekraftverket.

6.3.6.3 Konklusjoner

Rangering av lokaliseringalternativene vanskelig

Ut fra de synspunkter og vurderinger som er gjengitt foran, kan en slå fast at det er vanskelig å foreta en innbyrdes rangering av de 7 lokaliseringalternativene. En sammenstilling og prioritering er derfor ikke foretatt. Miljøverndepartementets utredningsgruppe ser likevel ikke bort fra at en ved nærmere vurderinger av konsekvenser og lokal tilpasningsevne, kan komme frem til en klarere rangering av alternativene.

Gruppen vil likevel trekke følgende generelle konklusjoner:

En vil fraråde lokalisering av oljekraftverk i samme område hvor andre større utbyggingstiltak er i gang, og hvor det er knapphet på arbeidskraft. Dette tilsier at prosjektet tilpasses en samordnet plan for anleggsaktiviteter.

Koordinert planlegging sentralt og lokalt

Uansett lokalisering vil de utbyggingsmessige virkningene bli av et slikt omfang at det bør legges stor vekt på å få til en tilstrekkelig og koordinert planlegging både fra lokale og sentrale myndigheter.

Forutsatt at disse hensyn blir ivaretatt, synes det ikke å være avgjørende forskjeller mellom de aktuelle lokaliseringsteder m.h.t. virkningen av bygging og drift av oljekraftverk. En vil imidlertid understreke at uventede større forandringer innen områdets næringsliv, kan endre denne situasjon.

7. ØKONOMI OG KOSTNADER.

7.1 Innledning

Kostnadene for et oljekraftverk vil være avhengig av en rekke faktorer som kan være betinget av lokale forhold, av hvilke krav som pålegges med hensyn til begrensninger i utslipp til luft og vann, av kraftverkets plassering i forhold til hovedlinjenett osv.

Lokale
forhold

Lokale forhold vil i første rekke påvirke kostnader for utsprenkning av kraftverksområde, for kommunikasjoner og for kjølevannstunneler. Kostnader for denne type virksomheter vil egentlig kunne fastlegges med større presisjon først når byggested er kjent. I de totale kostnadene for et prosjekt vil imidlertid ikke variasjoner i byggestedsavhengige kostnader være vesentlige og for de vurderinger som her gjøres vil det være tilstrekkelig å benytte middelveier for representative byggesteder.

Utslipps-
restriksjoner

Pålegg med hensyn til utslipp fra et oljefyrt kraftverk vil påvirke kostnader og økonomi på ulike måter. Helt dominerende i denne sammenhengen vil begrensningene i utslipp til luft være. Forurensende utslipp som SO_2 , tungmetaller og sot vil kunne begrenses enten ved å foreskrive oljetyper med lavt innhold av forurensende stoffer eller ved å installere utstyr for fjerning av forurensningene fra avgassene. Den første muligheten medfører høy pris på oljen og gir dermed høye driftsavhengige kostnader for verket. Den andre metoden vil medføre økede investeringer i anlegget med dermed forbundne faste kostnader men også driftsavhengige kostnader i form av kostnader for kjemikalietsatser, energiforbruk ved pumping av vaskevann etc. Avgassrensing vil normalt også medføre et energitap som reduserer anleggets totale virkningsgrad og som da også påvirker anleggets økonomi.

Plasseringen av kraftverket i forhold til kraftforbruksområde og til linjenett vil påvirke kostnader for tilknytning av

verket til hovednettet og for fremføring av kraften til behovsområdet. Nettforholdene på plasseringsstedet vil også være avgjørende for hvor stort hvert aggregat i kraftverket kan tillates å være. Dette vil igjen påvirke kostnadene siden større aggregater normalt vil koste mindre pr. installert kWe.

Kraftverks-
type

Foreliggende utredninger er i hovedsak basert på at kraftverket utformes som et rent dampkraftverk. Det er dermed ikke tatt endelig stilling til valg av kraftverkstype om det skulle bli aktuelt å bygge et oljefyrt kraftverk. De varianter som kan tenkes å bli aktuelle vil imidlertid ikke gi vesentlige variasjoner i forutsetningene med hensyn til miljøpåvirkninger eller andre virkninger.

Beregninger av kostnader for kraftverket er i hovedsak basert på de foreløpige tilbud som ble innhentet i forbindelse med Karmøy-prosjektet. Kostnadene er imidlertid oppdatert for kostnadsstigninger og justert for endrede aggregatstørrelser der dette er relevant. Angitte kostnader er representative for kostnadsnivået ved utgangen av 1975.

7.2 Kapitalinvesteringer

Som nevnt innledningsvis vil investeringene i oljekraftverk avhenge av flere faktorer. Investeringene vil således variere mellom de byggesteder som er foreslått. De vil også variere med de forutsetninger en baserer seg på med hensyn til f.eks. luftutslipp.

I tabell 7.1 er antatte kraftverksinvesteringer sammenstilt.

Aggregat-
størrelser

Det fremgår av tabellen at for byggestedene i Oslofjorden og Tromøy vil en kunne tillate aggregatstørrelser på 600 MWe. På Kårstø vil ikke nettforholdene idag tillate større enheter enn ca. 350 MWe. Ved senere utbygging regner en at en også her kan gå til aggregater på 600 MWe. En stasjon på totalt 1200 MWe regnes altså her å bli sammensatt av $2 \times 300 \text{ MWe} + 600 \text{ MWe}$.

Forskjellen i aggregatstørrelser for de nevnte byggestedene vil betinge en forskjell i spesifikk investering i kr/kWe. Dette medfører en økonomisk ulempe for Kårstø-alternativet.

Oljetyper

Tre alternativ er vurdert når det gjelder fyringsolje for kraftverket. Det første alternativet er olje med 0,5 % svovelinnhold. Det er forutsatt her at denne olje også vil ha så lavt askeinnhold at et filter av syklontype er tilstrekkelig for partikkelutskilling fra røkgassene. Det er regnet at et slikt filter betinger en investering på 40 kr/kWe inklusive byggetidsrenter og avgifter. For olje med dette lave svovelinnhold er det ikke forutsatt avsvovling av røkgassene. Det andre brensels-alternativet er en fyringsolje med 1 % svovelinnhold. Det er sannsynlig at en også her kan få olje med lavt askeinnhold, men en har likevel regnet med en investering på 80 kr/kWe for et røkgassfilter av elektrostatisk type.

Med en fyringsolje med 1 % svovel vil en ved å bygge en skorstein som ikke er lavere enn 160 meter få en spredning av røkgassene som er tilstrekkelig til å holde maksimale konsentrasjoner av SO_2 under tillatte verdier. Ut fra en slik vurdering skulle avsvovling av røkgassene ikke være nødvendig.

Skulle derimot totalutslippene av SO_2 også med 1 % svovelinnhold i oljen bedømmes å være uakseptable, må avsvovling innføres. Et slikt anlegg er antydnet å betinge en investering på 150-400 kr/kWe. De laveste verdiene bygger på informasjoner om sjøvannsvasking med Fläkt-Hvdro-prosessen, mens de høyere verdiene gjelder anlegg med kalkvannsvasking. Det må presiseres at det foreligger betydelig usikkerhet med hensyn til disse kostnadsdata siden ingen av anleggstypene kan anses å være ferdig utprøvet i kommersiell skala. Det har også vist seg at kostnadene for kalkvannsvasking ble betydelig undervurdert da metoden først ble introdusert.

I kostnadssammenstillingen er det ikke tatt hensyn til forskjeller i skorsteinshøyder for de ulike alternativene.

Det er heller ikke tatt hensyn til at kalkvannsvaskemetoden vil betinge et deponeringsområde for betydelige mengder gipsartet slam som er produktet av røkgassvaskingen.

Det tredje brensels-alternativet er fyringsolje med 2,5 % svovelinnhold. Her er det regnet at både elektrostatisk partikkelfilter og avsvovling av røkgassene vil være nødvendige. Det er ikke regnet med at investering i disse anleggene vil være høyere enn for de kraftverk der en fyrer med olje med 1 % svovel. Denne forutsetning er trolig ikke helt korrekt, i alle fall ikke for alle typer avsvovlingsanlegg.

7.3 Driftskostnader

Kraftverkets driftskostnader vil bestå av en fast del som er uavhengig av antall driftstimer pr. år og en rørlig del som er avhengig av anleggets driftstid.

Den rørlige delen av driftskostnadene vil bestå av utgifter til brensel, driftsavhengig inspeksjon og vedlikehold samt materialforbruk.

Det er regnet at kraftverket vil få en gjennomsnittlig driftstid på 3500 timer/år. Forutsettes en virkningsgrad på 41,5 %, vil en stasjon på 1200 MWe forbruke en oljemengde på 915 000 tonn pr. år.

Beregnete årlige driftskostnader er gjengitt i tabell 7.2.

For tungolje med 2,5 % S er det regnet med en pris på 320 kr/tonn, mens det for olje med 1 % S er regnet 345 kr/tonn. Dette tilsvarer de oppgitte priser for leveranser i relativt store kvanta i prisnivå årsskiftet 1975/76.

For olje med 0,5 % S finnes egentlig ikke en markedsnotering. Som basis for beregningene her har en valgt å benytte en pris på denne oljen som tilsvarer verdien ved blanding med olje med 2,5 % S for å få olje med 1 % S.

Prisen på den lavsvovlige oljen må sannsynligvis ventes å stige i framtiden. Den prisforskjell som her er anvendt må derfor antagelig regnes som et minimum.

Driftskostnadene for avsvovlingsanlegget består av kostnader for vedlikehold, elektrisk energi for drift av anlegget, oljeforbruk for oppvarming av røkgassene og kjemikalieforbruk. Disse kostnadene er antatt å variere med type av avsvovlingsanlegg.

7.4 Kraftproduksjonskostnader ved stasjonsvegg.

I beregningene av kraftproduksjonskostnadene er det forutsatt en avskrivningstid på 25 år på hele anlegget og en rente på 10 %.

En sammenstilling av produksjonskostnader er gjengitt i tabell 7.3 og i fig. 7.1.

Det fremgår at ved relativ kort brukstid pr. år vil det være økonomisk riktig å utnytte olje med lavt svovelinnhold som brensel. Dette forutsetter at de priser og prisrelasjoner på ulike oljekvaliteter som er anvendt er noenlunde korrekte.

Det fremgår videre at med høy utnyttelse av kraftverket ville bruk av olje med høyt svovelinnhold kombinert med røkgassrensing kunne være økonomisk akseptabelt. Det knytter seg imidlertid store usikkerheter til både investeringer og driftskostnader for avsvovlingsanleggene. Videre må disse anleggene ennå betraktes som teknisk uferdige og de kan formodes å kunne innvirke negativt på hele kraftverkets driftstilgjengelighet. Slike betraktninger er ikke tatt med i vurderingen av anleggsøkonomien.

Fra en ren teknisk/økonomisk og forsyningsmessig synsvinkel ville fyringsolje med 1 % svovel være å foretrekke under forutsetning av at totalutslippene av svovel uten røkgassrensing kan betraktes som akseptable.

Bruk av olje med 0,5 % svovel vil måtte forutsette leveransegarantier både med hensyn til kvanta og pris. Den løsning som synes å foreligge, er at olje fra de felter i Nordsjøen som gir det lave svovelinnholdet i tungoljen sikres for kraftverkets drift.

Det må presiseres at de produksjonskostnader for elektrisk kraft som er beregnet i tabell 7.3 ikke representerer kostnaden for fastkraftøkningen når verket kjøres sammen med det øvrige produksjonssystem. I det totale systemet vil kostnaden for den kraft som verket produserer være bestemt, ikke bare av verkets egne produksjonskostnader, men også av systemet forøvrig.

I tabell 7.3 er produksjonskostnaden for et kraftverk i Oslofjorden, som kjøres 3500 timer pr.år og benyttet olje med 0,5% S, beregnet til 15,65 øre/kWh. Hvis kraftverket vurderes i sammenheng med det øvrige systemet ville denne kostnad bli 14-15 øre/kWh.

Tabell 7.1 Anleggsinvestering.

Byggested	Oslofjord-området og Tromøy				Kårstø			
Forutsatt utbygging, MWe	2 x 600				2 x 300 + 600			
Svovelinhold i fyringsolje, %	0,5	1,0		2,5	0,5	1,0		2,5
Total investering i kraftverk ekskl. røkgassrensing, kr/kWe	1830	1830	1830	1830	2050	2050	2050	2050
Byggetidsrenter " "	430	430	430	430	480	480	480	480
Røkgassfilter sykl. " "	40				40			
-"- elektr. " "		80	80	80		80	80	80
Anlegg for av-svovling av røkgasser " "	-	-	150-400	150-400			150-400	150-400
Total invest. kr/kWe	2300	2340	2490-2740	2490-2740	2570	2610	2760-3010	2760-3010

Tabell 7.2 Driftskostnader ved 3500 driftstimer pr.år.

Byggested	Oslofjord-området og Tromøy				Kårstø			
Forutsatt utbygging, MWe	2 x 600				2 x 300 + 600			
Svovelinhold i fyringsolje, %	0,5	1,0		2,5	0,5	1,0		2,5
Brenselskostnader, kr/kWe/år	271	264	264	244	271	264	264	244
Personal-kostnader " " "	7	7	7	7	10	10	10	10
Vedlikeh.-kostnader " " "	16	16	16	16	16	16	16	16
Driftskostn. for avsvovl.-anlegg " " "	-	-	15-26	15-26	-	-	15-26	15-26
Totale driftskostnader kr/kWe/år	294	287	302-313	282-293	297	290	305-316	285-296

Tabell 7.3 Produksjonskostnader ved stasjonsvegg.

Byggested	Oslofjord-området og Tromøy				Karmøy			
Forutsatt utbygging; MWe	2 x 600				2 x 300 + 600			
Svovelinhold i fyringsolje, %	0,5	1,0	2,5		0,5	1,0	2,5	
<u>Faste kostnader:</u>								
Avskrivning kraftverk inkl. røkgassrensing kr/kWe/år	253	258	274-302	274-302	283	288	304-331	304-331
Faste driftskostn. " " "	7	7	8	8	10	10	11	11
Totale faste " " " "	260	265	282-310	282-310	293	298	315-342	315-342
<u>Rørlige kostnader:</u>								
Brenselkostn. øre/kWh	7,75	7,55	7,55	6,95	7,75	7,55	7,55	6,95
Vedlikehold " "	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Drift av-svovlingsanlegg " "	-	-	0,4-0,75	0,4-0,75	-	-	0,4-0,75	0,4-0,75
Totale rørlige kostnader " "	8,20	8,00	8,40-8,75	7,80-8,15	8,20	8,00	8,40-8,75	7,80-8,15
<u>Produksjonskostnader:</u>								
Faste kostn. ved 3500 driftstimer øre/kWh	7,45	7,60	8,05-8,85	8,05-8,85	8,40	8,50	9,00-9,80	9,00-9,80
Totalt ved 3500 driftstimer " "	15,65	15,60	16,45-17,60	15,85-17,00	16,60	16,50	17,40-18,55	16,80-17,95
Totalt ved 7000 driftstimer, øre/kWh	11,90	11,80	12,45-13,20	11,85-12,60	12,40	12,25	12,90-13,65	12,30-13,05

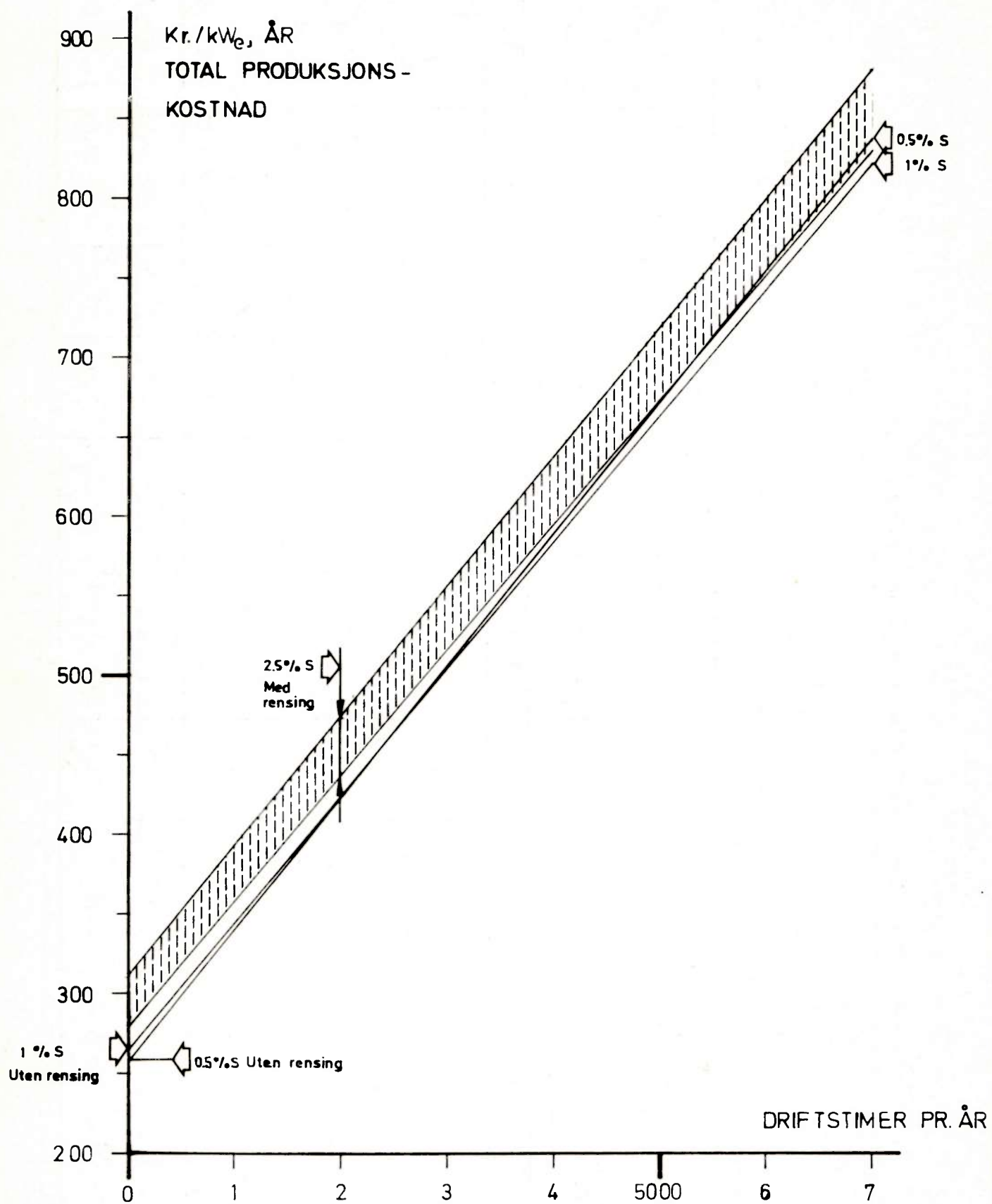


Fig. 7.1

8. FJERNVARME FRA VARMEKRAFTVERK

8.1 Innledning:

Generelt

Som følge av de sterkt økende energipriser er det i utlandet en voksende interesse for å bygge varmekraftverk som kombinerte elektrisitets- og fjernvarmeverk. Ved denne kombinasjonen, som kalles kraftvarmeverk, utnyttes brenselet betydelig bedre enn ved ren elektrisitetsproduksjon.

Virkningsgrad

Ved ren el-produksjon vil en kunne oppnå en netto-virkningsgrad opp til 42% ved fossilt fyrte el-verk. Ved maksimal utnyttelse av et kraftvarmeverk vil en kunne oppnå opptil 80% total virkningsgrad.

Distribusjonsnett

Kraftvarmeverk er imidlertid dyrere å oppføre enn et verk som kun produserer elektrisitet. Samtidig må det bygges et distribusjonsnett for hetvann som er mer kapitalkrevende.

Norsk interesse

I Norge har det hittil vært moderat interesse for kombinasjonen varme- og el-produksjon. Årsaken til dette må først og fremst tilskrives våre lave elektrisitetspriser.

Vårt lands befolkningsmessige og topografiske forhold og vår struktur i boligbyggingen resulterer dessuten i at omkostningene ved bygging og drift av fordelingsnettet bli dyrere enn f.eks. i våre naboland.

Interkommunal planlegging

De fjernvarmeanlegg som er i drift i Norge i dag, er planlagt og bygget av kommunale eller private interesser. Utbygging av fjernvarmesystem basert på tilslutning av kraftvarmeverk bør skje ved samarbeid på interkommunalt eller høyere plan.

8.2 Hva er et kraftvarmeverk?

Generelt

I prinsippet kan kraftvarmeverk være basert på fossilt fyrte dampkraftverk, på kjernekraftverk, på gassturbinanlegg eller på dieselmotoranlegg. Hittil er det imidlertid bare de fossilt fyrte dampkraftverk som har funnet særlig anvendelse i denne sammenheng.

Prosjekt basert på utnyttelse av overskuddsvarme fra kjernekraftverk til oppvarmingsformål er imidlertid under bearbeidelse, eksempelvis i Sverige. I slike tilfeller planlegger en å legge kjernekraftverket et stykke fra forbruksområdet og overføre varmen dit via fjernledninger. Et eksempel på dette er det planlagte Barsebäck-III anlegget utenfor Malmø der varme tenkes transportert til Malmø, Hälsingborg, Landskrona og Lund via fjernledninger opptil 40 km lange.

Virkemåte

For fossilt fyrte dampkraftverk og kjernekraftverk er det kondensasjonsvarmen fra turbinanlegget som søkes utnyttet. For gassturbiner og dieselmotorer utnyttes først og fremst varmen i avgassen. For de to første er temperaturen ved normal kondensasjon for lav til oppvarmingsformål, ca. 20°C . For å øke temperaturen må ekspansjonen av dampen avbrytes på et tidligere trinn i turbinen. Dette betyr at produksjonen av elektrisk effekt avtar. I praksis kan anlegg utføres med forskjellig grad av fjernvarmeuttak ved å variere den del av kondensasjonsvarmen som konverteres til fjernvarmeformål.

Dette er vist i diagrammet på fig. 8.1.

Som det fremgår av denne figuren vil andelen av elektrisitet bero meget på hvilken maksimal temperatur som velges for fjernvarmeforsyningen. I praksis vil det ikke være aktuelt med temperaturer under 90°C for oppvarmingsformål. (Varmtvannsforsyningen i boligene bør ikke være under 80°C). Velges fremledningstemperaturen til 90°C vil en måtte pumpe rundt forholdsvis store vannmengder med dertil hørende store rørdiametre. Velges en høyere temperatur kan denne vannmengden reduseres tilsvarende.

I Sverige har det vært vanlig å velge en fremlednings-temperatur rundt 120-130°C. Men prosjekt med temperaturer helt opp til 160°C er under utarbeidelse. (Barsebäck-III). Vi kan derfor konkludere med at aktuelle temperaturer for fjernvarmetilførselen vil ligge i området fra 90°C opp til 160°C.

Med denne temperaturbegrensningen vil det fremgå fra Fig.8.1 hvilke andeler av elektrisitet og fjernvarme som kan tas ut fra systemet.

Den generelle oppbyggingen av et kraftvarmeverk er vist i fig.nr.8.2. Som det vil fremgå av denne figuren pumpes fjernvarmevannet rundt i en ringledning med sideledninger til de enkelte forbrukere. Fjernvarmevannet holdes således i en lukket krets og pumpes tilbake til kraftstasjonens hovedvarmeveksler etter å ha avgitt varme til abonnentene i systemet.

8.3 Begrensende faktorer.

Generelt

Varmeenergi fra kraftvarmeverk i form av varmt vann er kostbar å transportere og fordele. Lønnsomheten i å fordele slik energi avhenger i stor grad av lokale forhold. Forhold som bidrar til å redusere transportkostnadene er: Begrenset geografisk utstrekning, stort varmebehov i begrenset område, gunstig topografi og gode markforhold.

Optimal utnyttelse

En optimal utnyttelse av fjernvarme innen et område forutsetter at flest mulig er knyttet til systemet. Andre oppvarmingsmetoder innen området reduserer varmegrunnelaget, og øker spesifikke varmetransportkostnader for de gjenværende varmekonsumenter.

Fjernvarmeandelen av varmekraftverket kan ikke ventes utnyttet hele året på grunn av at varmebehovet er minimalt i sommerhalvåret. Et kraftvarmeverk vil derfor arbeide med lavere el-virkningsgrad i sommerhalvåret enn et rent elektrisitetsverk (varmekraftverk).

Imidlertid finnes det nå turbinkonstruksjoner som kan kjøres som kondensasjonsturbin (rent el-behov) når det ikke er varmebehov. Denne turbinkonstruksjon vil ved ren el-drift gi god el-virkningsgrad.

Effekt-
varighet

For å få et inntrykk av hvor mange dager pr.år det kan være aktuelt å levere fjernvarme f.eks. til Oslo, medtas fig.8.3. Denne figuren viser at om fjernvarmeanleggets kapasitet velges til 75% av toppbelastningen i systemet, vil det kunne utnyttes fullt i 10 dager. Velges kapasiteten lik 50% av varmebehovet vil fjernvarmeanlegget kunne utnyttes i ca. 100 dager og må deretter operere med redusert effekt de reserverende 225 dager hvor det er begrenset varmebehov. Som det vil fremgå av ovenstående er mulighetene for lønnsom utbygging av kraftvarmeverk begrenset. En skal imidlertid ikke se bort fra at kraftvarmeverk er ressursbevarende og miljøvennlig.

8.4 Utbredelse av fjernvarmesystem.

Fjernvarme har funnet betraktelig utbredelse i våre naboland.

Danmark

I Danmark er det ca. 400 fjernvarmeverk, hvorav 7 kraftvarmeverk. De siste ligger i byer med mer enn 50 000 innb. Rene varmeverk finnes i tettsteder med ned til 1000 innb. Omtrent 30% av alle husstander er tilknyttet fjernvarme.

Sverige

I Svergie er det ca. 50-60 fjernvarmeverk, derav 14 kraftvarmeverk. I dag antas at ca. 30% an antall leiligheter i flerfamiliehus og ca. 1% av eneboligene å være tilsluttet fjernvarme. Utbyggingen av fjernvarme tok til rundt 50-tallet da utbyggingen av svensk varmekraft tok til.

Norge

I Norge har vi hittil beskjedent omfang av fjernvarme. En sammenligning med utlandet kan tolkes noe forskjellig som følge av at det ikke er klart definert hvor stort et sentralvarmeanlegg mellom bygninger må være før det kan kalles ett anlegg. Sammenlignet med svenske forhold har vi bare ett anlegg, nemlig Oslo Lysverkers anlegg i Oslo sentrum. Sammenlignet med danske forhold har vi imidlertid

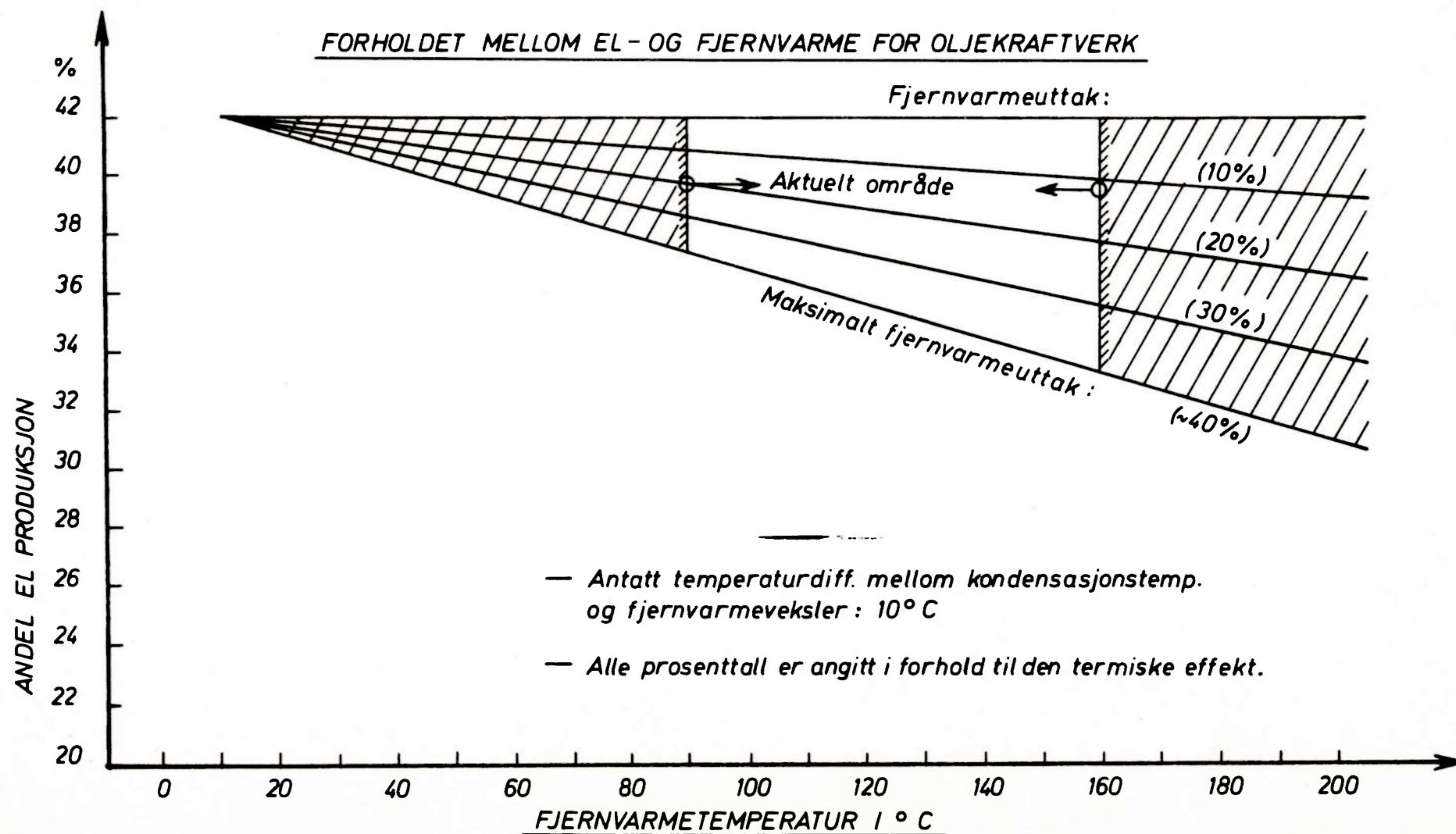
ca. 30 fjernvarmeanlegg, hver for boligområder som dekker 500-600 leiligheter. Av disse ligger 25 i Oslo-området, de øvrige i Bergen, Trondheim og Tromsø.

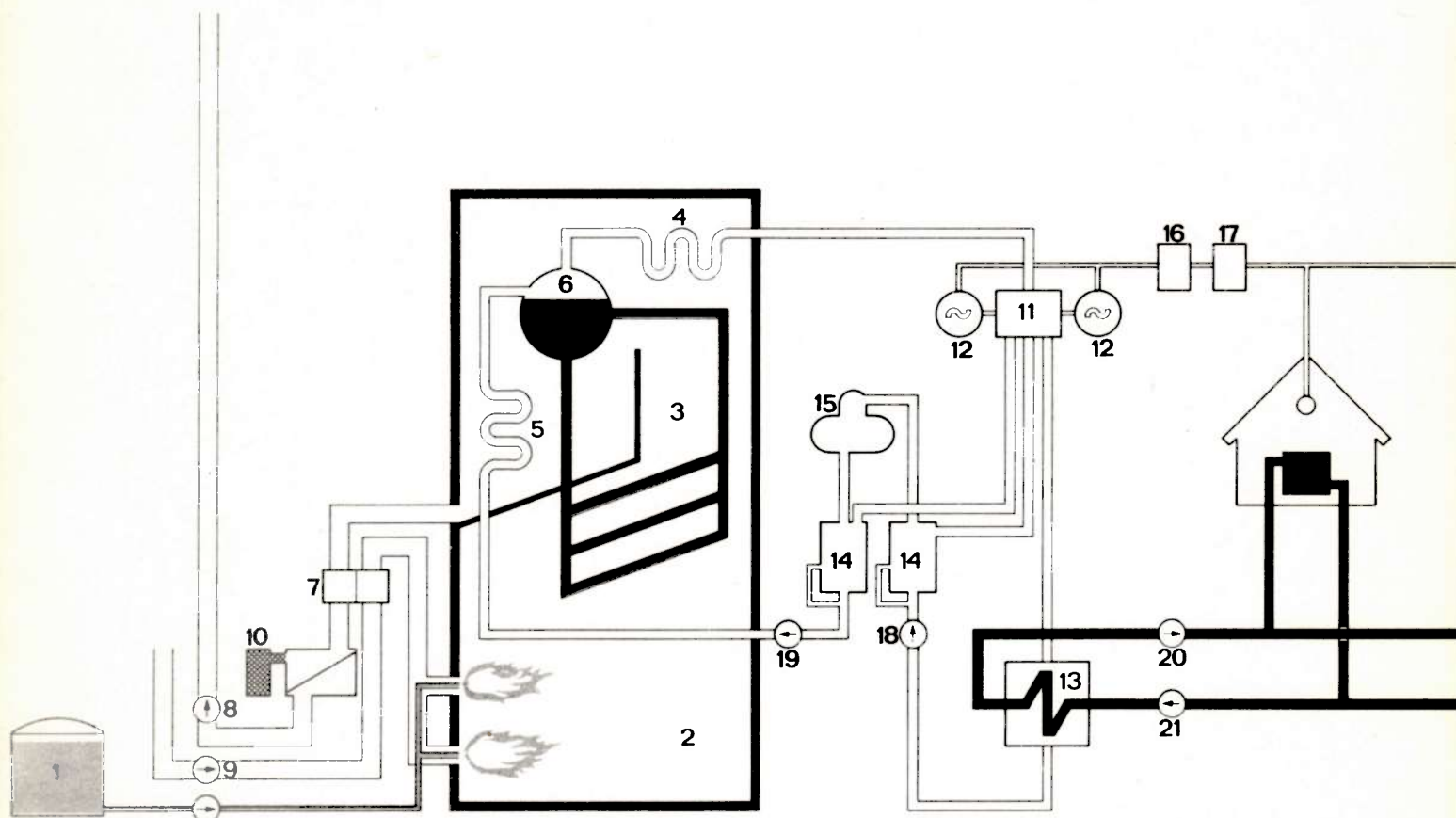
8.5 Videre utvikling i Norge.

Tenkbar andel av kraftvarmeverk innbygget i vår samlede fremtidige el-produksjonssystem avhenger av i hvilken grad varmebehov kan etableres. Bortsett fra enkelte bydeler i Oslo er det få tettsteder som har eksisterende bebyggelse egnet for tilknytning til fjernvarmenett. Varmegrunnlaget må derfor hovedsakelig forutsettes bygget opp i fremtidige utbygningsområder. Før eksisterende og fremtidige varme-grunnlag er ordentlig kartlagt er det vanskelig å vurdere tenkbar utbygging av kraftvarmeverk.

Grundige undersøkelser er nødvendig for å kartlegge hvilke områder som kan være aktuelle for fjernvarme og hvor stort behovet vil være i disse områdene.

FORHOLDET MELLOM EL - OG FJERNVARME FOR OLJEKRAFTVERK



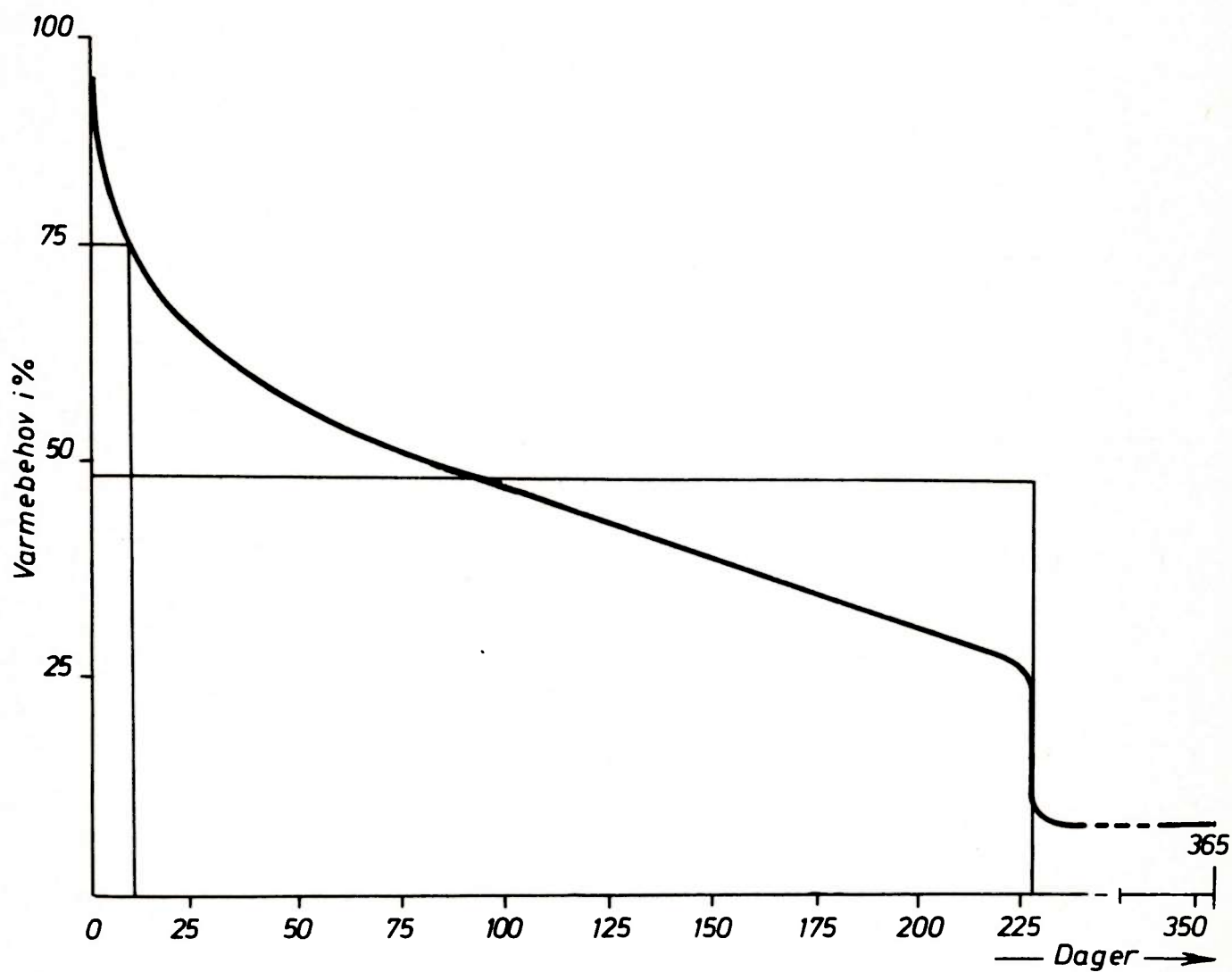


1 Oljetank
2 Brennkammer
3 Kjelerør
4 Overheter
5 Forvarmer
6 Dampkjele
7 Luftforvarmer

8 Røykgassvifte
9 Luftvifte
10 Avskiller
11 Damp turbin
13 Kondensator
14 Matevannsforvarmer

15 Matevannstank
16 Hovedtransformator
17 Nettstasjon
18 Kondensatpumpe
19 Matevannspumpe
20 Fjernvarmepumpe
21 ——— " ———

Fig. 8.2



EFFEKT-VARIGHETSKURVE FOR VARMEBEHOV

Opptegningen er basert på graddager for normalår
(1940-70) for Osloområdet

Fig. 8.3

9. REFERANSER.

Delutredninger

Utredningen bygger i det vesentlige på følgende delutredninger:

Ref.1. " Virkninger av luftforurensninger fra et oljefyrt varmekraftverk".

(Østlandet - Rogaland - Sørlandet)

Norsk institutt for luftforskning, november 1975.

Ref.2. " Termisk kraftverk i Oslofjord-området",

Resipientvurderinger

Samlerapport

November 1975

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (HI)

Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA)

Vassdrags- og Havnelaboratoriet (VHL)

Tillegg til ref.2.

" Tilleggsrapport til Samlerapport".

Gjelder utslipp på 35 m³/s. Januar 1976.

Ref. 3. " Enkelte regionale og lokale vekst- og utbyggingskonsekvenser ved lokalisering av oljekraftverk".

Februar 1976.

Utarbeidet av tjenestemenn i Kommunal og Arbeidsdepartementet, Arbeidsdirektoratet og Miljøverndepartementet.

Ref. 4. " Havnemuligheter for større tankfartøy i Oslofjorden".

Notat av 22/12-75 fra Kystdirektoratet.

Ref. 5. " Disposisjonsplaner for utbygging av oljekraftverk i Oslofjord-området".

NVE-Statskraftverkene 1975.

Ref.6 "Utredning av naturvernsspørsmål i forbindelse med en eventuell lokalisering av oljefyrt kraftverk i Oslofjorden".

Naturverninspektøren for Sør-Norge, 1976.

Ref.7 " En vurdering av utslipp fra et sjøvannsvaskeanlegg for røkgassene fra oljekraftverk".

Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) 15/1-76.

Ref.8 Landbruksmessige virkninger.

" Lokalisering av kjernekraftverk i Oslofjordområdet".

Fylkeslandbrukssjefer i de 5 berørte fylkene.21/2-74.

Supplement til ovennevnte utredning,
Landbruksdepartementet 4/2 1976.

"Angående nøytralisering av surt nedfall i form av sulfat".

Isachsen, Landbruksdepartementet 21/1 1976 og 10/2 1976.

Ref.9 Ingeniørgeologisk vurdering av oljehaller i fjell.

En rapport er utarbeidet for hvert byggested.

Norges geotekniske institutt februar 1976.

Ref.10 Begroingsproblemer i sjøvannsledninger.

Norsk institutt for vannforskning oktober 1974.

Dessuten har en i stor utstrekning benyttet følgende utredning

" Fremtidige termiske kraftgenereringsformer i Norge" NVE-Statskraftverkene januar 1974.

Underreferanse

- Ref. 11: National Swedish Environmental Protection Board - Publications 1974:9E
Flue Gas Desulfurization.
- 12: Economic Commission for Europe, Provisional Report: Desulphurization Policies affecting the Production of Electric Power, 19/9-1974.
- 13: Foredrag av Frank Princiotta, United States Environmental Protection Agency, 18. november 1975: The Case for Flue Gas Desulfurization Technology as a Viable SO_x Control Option.
- 14: Electric Power Institute (EPRI): Status of Stack Gas Technology for SO_2 Control. EPRI 209, Final Report, August 1975.
- 15: Air Quality and Stationary Source Emission Control, a Report by the: Commission on Natural Resources, National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, National Research Council. Prepared for the Committee on Public Works, United States Senate March 1975, Serial No. 94-4.
- 16: Final Report, Sulfur Oxide Control Technology Assessment Panel (SOCTAP) on Projected Utilization of Stack Gas Cleaning Systems by Steam - Electric Plants, 15. april 1973.
- 17: VGB Technische Vereinigung der Gross - kraftwerksbetreiber E V, Arbeitsgruppe Schwefeldioxid:

Systemanalyse Entschwefelungsverfahren
November 1974.

- 18: J. Ando: Status of Flue Gas
Desulfurization Technology in Japan
Proceedings Symposium on Flue Gas
Desulfurization, Atlanta
November 1974.
- 19: J. Jonakin: Flue Gas Desulfurization
Foredrag i American Public Power Association,
Engineering & Operations Workshop,
Seattle 25-28/2-1975.
- 20: Fjerning av SO_2 fra røkgasser.
Teknisk Ukeblad, 12. september 1974.
- 21: Prosess for fjerning av svoveldioksyd
fra røkgasser ved absorpsjon i sjøvann.
Foredrag av professor S.G. Terjesen på
International Scandinavian Congress on
Chemical Engineering 28.1.-30.1.1974
i København.
- 22: O.K. Bøckman og A. Tokerud.
The Flåkt - Hydro Prosess for SO_2
Removal.
Foredrag i ECE - 2 nd Seminar on
Desulfurization of Fuels and Combustion
Gases. Washington D.C.,
11-20. november 1975.
- 23: George R. Koehler og Edward J. Dober:
New England SO_2 Control Project
Final Results. Proceedings:
Symposium on Flue Gas
Desulfurization, Atlanta
November 1974.

- 24: James A. Burns: The Boston Project,
Magnesium Oxide Scrubbing and SO_2 Recovery.
Foredrag i New England Section of the
Air Pollution Control Association,
30/9 og 1/10 1974.
- 25: William M. Irving: Magnesium Oxide Scrub-
bing Experience on Oil Fired Electric
Generating Units.
Foredrag i National Meeting of Air
Pollution Control Association.
15.-20. juni 1975.
- 26: Dr.ing. Olav Erga: The E-S Process
 SO_2 - removal by a sodium citrate
solution scrubbing.
Foredrag i ECE - 2 nd Seminar on
Desulfurization of Fuels and Combustion
Gases, Washington D.C.,
11.-20. november 1975.
- 27: G.G. McGlamery, R.L. Torstrick m.fl.:
Detailed Cost Estimates for Advanced
Effluent Desulfurization Processes.
Combustion, oktober 1975.
- 28: Norsk Institutt for Vannforskning:
En vurdering av utslipp fra et sjøvanns-
vaskeanlegg for røkgasser fra oljekraft-
verk.
- 29: John B. Edwards:
Combustion. Formation and Emission
of Trace Species
Ann Arbor Science 1974.
- 30: Shota Ushio: Japan's NO_x
Cleanup Routes:
Chemical Engineering, July 21, 1975.

- 31: S. Maartmann: Collection of Dust
from Oil - Fired Boilers in Multi -
Cyclones and Electrostatic Precipita-
tors.
Proceeding, International Clean Air
Congress, London, October 1966.
- 32: NVE's informasjonsbrosjyre:
NVE informerer om kjølevann fra
varmekraftverk.
- 33: A.J.J. van Ginneken: Fuel Cleaning and
Conversion, Cleaning of Oil.
Introductory Report, ECE second Seminar
on Desulphurization of Fuels and
Combustion Gases, Washington
11.-20. November 1975.
-