

Elektrisitet og miljøpåvirkninger

Av Jonas Sandgren

Jonas Sandgren er avd.ing. ved DNV Industry

Innlegg på seminar 14. mars 1995.

Introduksjon

Jeg skal presentere et arbeid som vi har utført for Norges Forskningsråds FORFOR-program, og som hadde til formål å gi en systematisk og allsidig fremstilling av miljøpåvirkningene fra elproduksjon med utgangspunkt i henholdsvis vannkraft, kull, olje, gass og kjernekraft.

For å kunne gi en allsidig fremstilling har det vært nødvendig å behandle en rekke miljøpåvirkninger av svært ulike karakter. Diskusjonen omfatter en kvantitativ beskrivelse av miljøpåvirkninger fra normal drift som ressursforbruk, utslipp til luft og vann, avfallsgenerering og helserisiko, og en kvalitativ fremstilling av konflikter med andre brukerinteresser, av fysiske effekter som det er vanskelig å gi en kvantitativ beskrivelse, og av konsekvensene av alvorlige men lite sannsynlige ulykker.

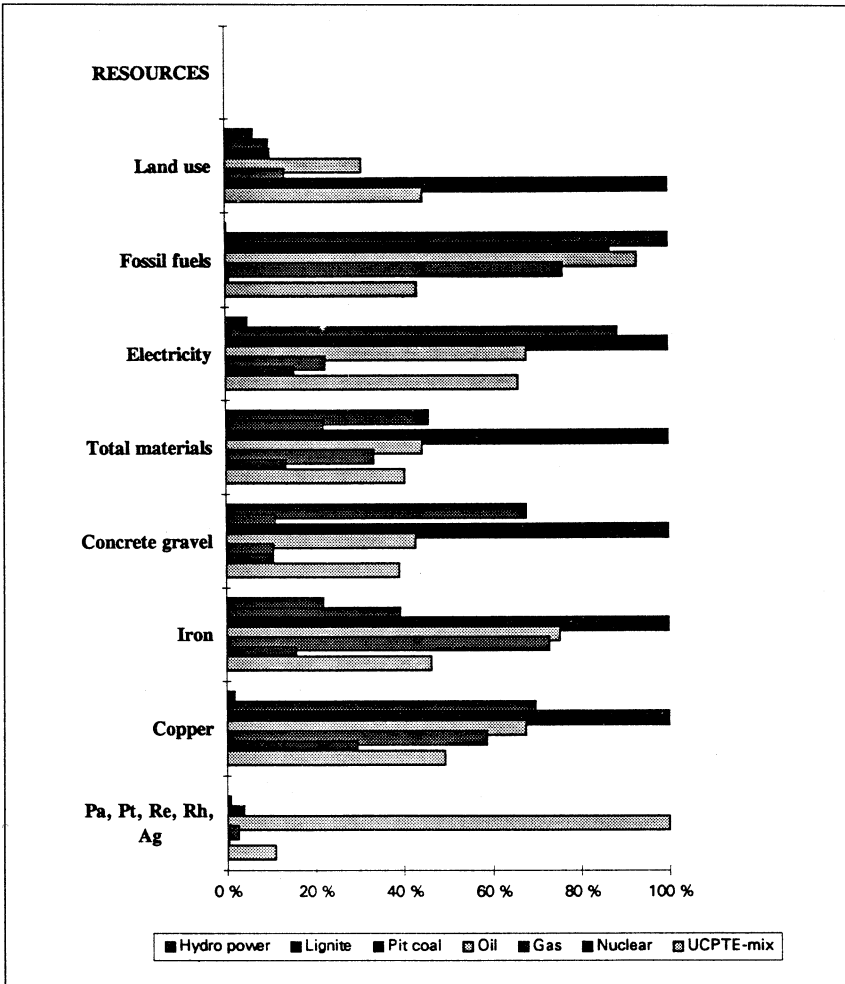
Metodikk og forutsetninger

Det har vært lagt vekt på å i størst mulig grad ta hensyn til miljøpåvirkninger fra alle faser i livsløpet til el-produksjonen. Det har derfor vært naturlig å bruke metodikk for livsløpsvurdering for pre-

sentasjon av kvantitative resultater. Dette innebærer at datamengden er blitt redusert gjennom å aggregere utslipp til ulike effektkategorier, og at man i stor grad ser bort fra betydningen av lokale særtrekk.

Arbeidet er basert på litteraturstudier, og det har vært en utfordring å finne sammenlignbare data. Når det gjelder kvantitative data, har en kilde pekt seg ut gjennom å være mer omfattende og bedre dokumentert enn de andre. Dette er en sveitsisk rapport, «Ökoinventar für Energiesysteme». Siden det er viktig at kvantitative data er basert på sammenlignbare forutsetninger, har det derfor vært naturlig å foretrekke denne kilden så langt som mulig når det gjelder kvantitative data.

Resultatene er naturligvis kun gyldige så lenge som de forutsetninger som ligger til grunn for tallmaterialet er oppfylt. Den viktigste forutsetningen som man på denne måten har arvet er at man antar at de forhold som rådde i UCPT-landene i 1990 er representative for de ulike energisyklusene. Det kan antas at resultatene kan ekstrapoleres til andre land så lenge det ikke er grunn til å tro at svært annerledes teknologi eller driftsprinsipper er benyttet.



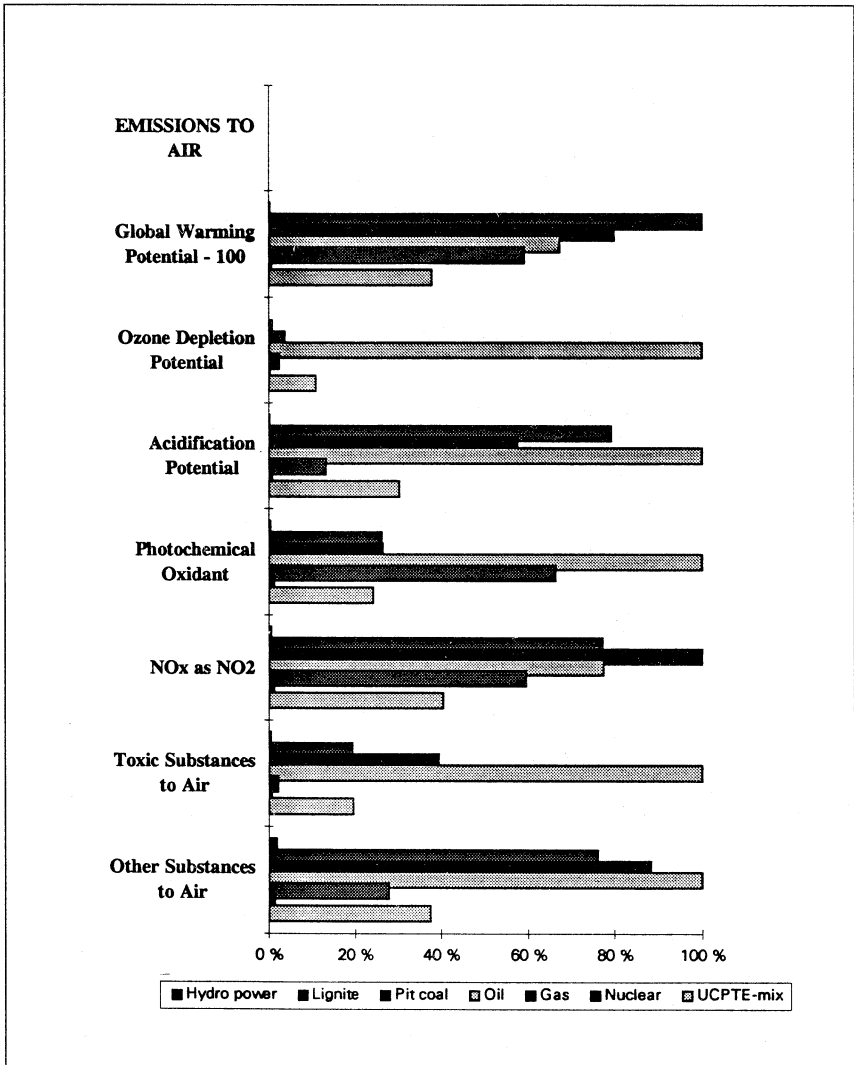
Figur 1. Ressursforbruk ved elproduksjon fra henholdsvis vannkraft, brunkull, steinkull, olje, gass og kjernekraft. Tallene er normalisert slik at stabelen for den energibærer som gir størst bidrag i en kategori er 100%.

Resultater

Jeg tenkte begynne med å vise noen figurer for de kvantitative resultatene, for å deretter kort diskutere de som kun kan beskrives kvalitativt. Til sist skal jeg si noe om hva forskjellene kan ten-

kes å bety for miljøet, og om hvilke usikkerheter vi står igjen med.

Den første figuren viser ressursforbruk i de ulike syklusene. Brukt areal måles som flate ganger den tid den er i bruk til el-produksjon, inklusive tid for

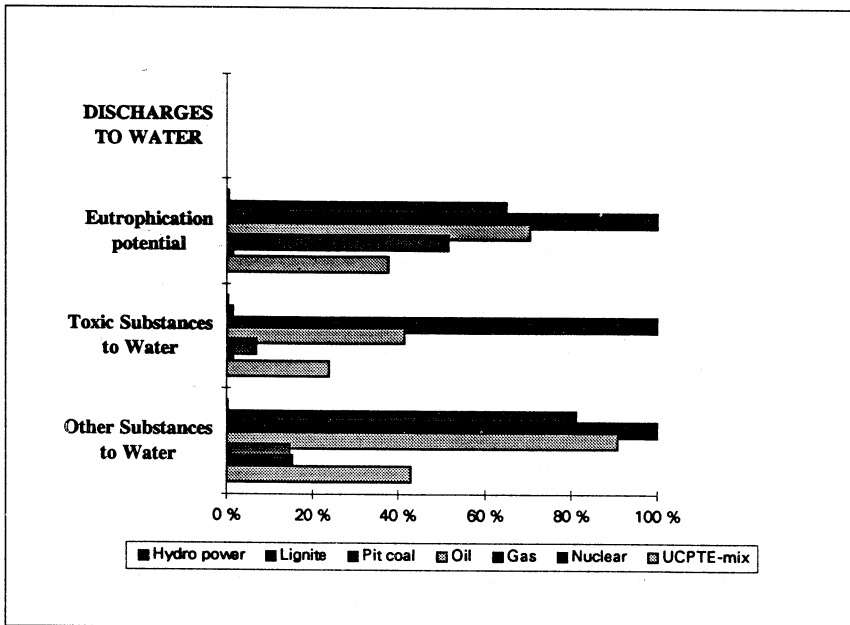


Figur 2. Utslipp til luft ved elproduksjon fra henholdsvis vannkraft, brunkull, steinkull, olje, gass og kjernekraft. Tallene er normalisert slik at stabelen for den energibærer som gir størst bidrag i en kategori er 100%.

restitusjon. Det er interessant å merke seg at kjernekraft leverer betydelig mer arealbruk enn de andre kraftkildene. Den største delen av dette (80%) skyl-

des sedimenterings-dammer ved uran-gruvene.

Steinkull bruker mest elektrisitet i brenselcyklusen, tett fulgt av brunkull



Figur 3. Utslipp til vann ved elproduksjon fra henholdsvis vannkraft, brunkull, steinkull, olje, gass og kjernekraft. Tallene er normalisert slik at stabelen for den energibærer som gir størst bidrag i en kategori er 100%.

og olje. Gass, kjernekraft og vannkraft ligger vesentlig lavere.

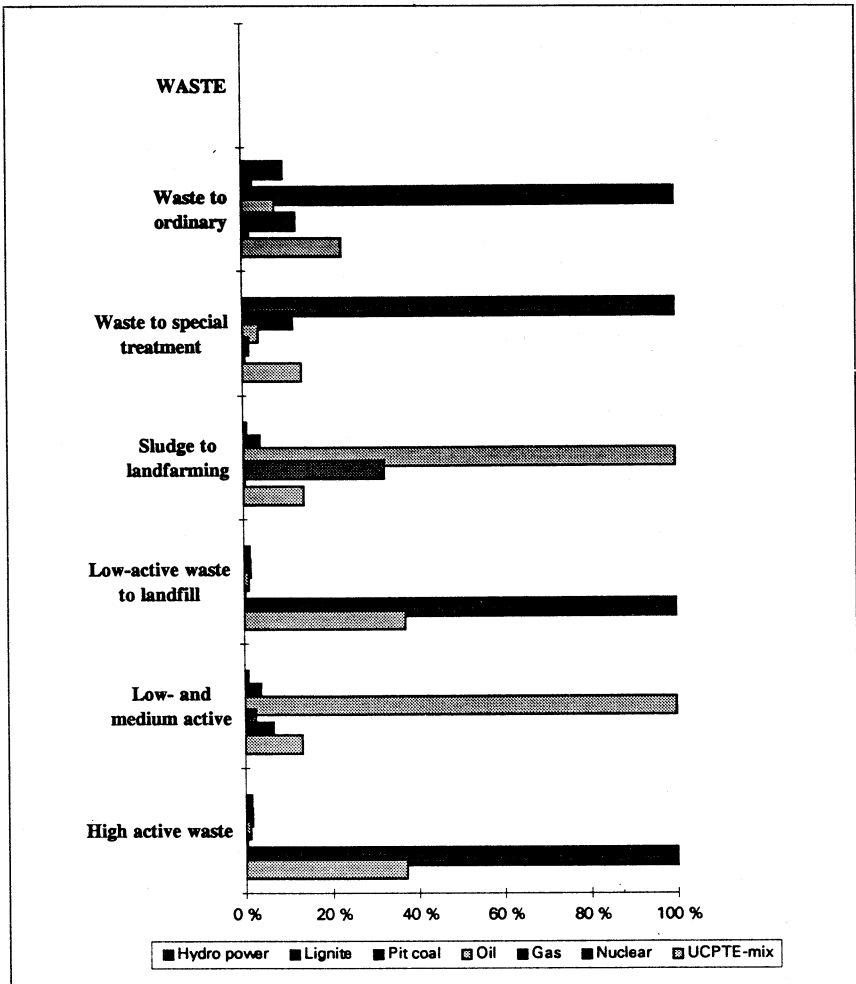
Selv om vannkraft trenger store mengder materialer, dreier det seg i hovedsak enkle materialer som grus, sement og armeringsjern. De andre energibærerne har et mer sammensatt materialbruk. Det er imidlertid viktig å huske at verdifulle materialer kan resirkuleres, i større eller mindre grad. Det er antatt en viss grad av gjenvinning av materialer, men i virkeligheten kan naturligvis den faktiske mengden bli både større og mindre.

Neste figur viser utslipp av luft, aggregert til ulike effekt kategorier. Vannkraft og kjernekraft har svært lave utslipp. Det som er interessant å obser-

vere er at man ikke kan si at brunkull er generelt verre enn steinkull, og at olje på mange områder gir større bidrag til miljøpåvirkning enn kull. Gasskraft ligger som regel vesentlig lavere enn de andre fossile energibærerne.

Når det gjelder utslipp til vann gir steinkull konsekvent størst bidrag. Gass ligger alltid lavere enn de andre fossile brensleene. Vannkraft og kjernekraft gir små utslipp.

Det er store forskjeller mellom de ulike energibærerne når det gjelder avfallsgenerering, og det er også store forskjeller mellom typen avfall som genereres. Steinkull gir mest inert avfall (slagg fra gruver), og brunkull mest avfall som trenger spesiell deponering



Figur 4. Avfallsgenerering ved elproduksjon fra henholdsvis vannkraft, brunkull, steinkull, olje, gass og kjernekraft. Tallene er normalisert slik at stabelen for den energibærer som gir størst bidrag i en kategori er 100 %.

(flyveaske). Det er tatt hensyn til at flyveaske brukes i produksjon av sement, mursteiner og lignende.

Det er verdt å merke seg at olje gir opphav til en del radioaktivt avfall som forventes å bli tatt om hånd adskilt fra

annet avfall. Det er scaling som dannes i prosessutstyr som er grunn til dette. Radioaktivt innhold i scaling varierer imidlertid mye mellom ulike oljefelt.

Når det gjelder helserisiko ved normal drift, viser de anslag som vi har

funnet at olje og kull gir ca. 10 ganger høyere risiko enn gasskraft og kjernekraft. Tallene kan imidlertid ikke betraktes som særlig høye. Langvarige effekter på publikum dominerer for olje og kull, mens yrkesskader er viktigere for gass- og kjernekraft. Sammenlignbare data ble ikke funnet for vannkraft, men det er grunn til å tro at risikoen er nærmere nivået til gass- og kjernekraft enn nivået til kull og olje. De data som har vært tilgjengelige gir ikke anledning til å tro at regulære radioaktive utslipp fra kjernebrensel-syklusen vil gi helseeffekter som betyr noe i sammenligning med helse- og risikoen i gruvene.

Når det gjelder sjeldne, alvorlige ulykker er det vanskelig å gi en kvantitativ beskrivelse av disse som fanger opp alle relevante faktorer. Kvalitativt kan man si at alle energibærerne et eller annet sted i livsløpet kan gi opphav til svært alvorlige ulykker i form av dambrudd, branner i gruver og kollapser i sedimenteringsdammer, branner i lager, store oljeutslipp etc. Erfaringene fra Tjernobyl viser imidlertid at størrelsen på det påvirkede området og varigheten av effektene etter en alvorlig,

sjelden ulykke i et kjernekraftverk står i en særklasse. Selv om reaktortypen her hadde et helt spesielt potensiale for utslipp i sammenheng med en ulykke, vil også en herdesmelte i et mer konvensjonelt kjernekraftverk kunne føre til spredning av store mengder radionuklider i miljøet, og det er dette som er det avgjørende for de langsiktige skadevirkningene.

Vi har nå kommet over til effekter som ikke egner seg for en kvantitativ sammenligning. Vanskene med å gi en kvantitativ beskrivelse av noen miljøpåvirkninger skyldes både mangel på publiserte data og på metodikk for å kvantifisere effektene. I de fleste tilfeller dreier det seg om påvirkning på lokale økosystemer som en følge av inngrep i naturen som etablering av vannmagasin og bygging av infrastruktur i sårbar terreng, forandring i vannføring i regulerte vassdrag, lokal forurensing ved gruver og sur avrenning, og små men tallrike oljeutslipp etc. Lokale særtrekk spiller ofte en avgjørende rolle for hvor alvorlige påvirkningene blir. At effektene oftest er lokale betyr på ingen måte at de kan sies å være av

Energibærer	Tid for restitusjon	Mulighet for restitusjon
Vannkraft	1 - 10-talls år.	En del skader på landskapet kan være permanente, men bruk av mark i stort vil ikke påvirkes.
Kull	1 - 10-talls år.	En del skader på landskapet kan være permanente. Eventuell forurensing av grunnvann kan være vanskelig å utbedre. De fleste skader fra luftforurensing forventes å være reversible.
Olje	1 - 10-talls år.	Skader fra olje-utslipp tros å være reversible i de fleste tilfeller. Detsamme gjelder De fleste skader fra luftforurensing.
Gass	1 - 10-talls år.	Som olje
Kjernekraft	100 - 10000 years	En del skader vil ikke klinge av i et menneskelig tidsperspektiv.

Tabell 1. Noen karakteristika for skader ved alvorlige uhell.

mindre betydning enn globale og regionale miljøproblemer.

Generelt kan en si at det alltid er mulig å minske slike lokale effekter gjennom å sette i verk avbøtende tiltak. Siden vannkraft ikke forutsetter uttak av en råvare, er det også mulig at det er lettere å gjenopprette det opprinnelige miljøet etter avsluttet drift enn hva som er tilfelle ved en gruve. Det vil imidlertid være nødvendig med mer detaljerte studier basert på feltarbeid før en prøver å rangere denne typer av miljøpåvirkninger mellom de ulike energibærerne.

Konflikter med andre brukerinteresser som lokal økonomi, naturvern, rekreasjon, jakt, fiske, jord- og skogbruk og gjenstander av kulturhistorisk verdi er også vanskelige å relatere til hverandre. Som første tilnærming kan man anta at omfanget av slike konflikter gjerne har en sammenheng med det areal som blir beslaglagt.

Om dette skulle være riktig tyder denne studien på at disse problemene kan være større for kjernekraft og olje enn hva som vanligvis antas. Videre undersøkelser er imidlertid nødvendig før man kan gi et svar på dette spørsmålet.

For å prøve å sette de ulike miljøpåvirkningene i en slags sammenheng har vi prøvd å kostnadssette miljøpåvirkningene med utslippsfaktorer som er publisert i moderne litteratur. For fossile brensler blir summen av samme størrelsesorden som verdien av elektrisiteten. Det viser seg at det er helseeffekter og klimaendring som dominerer. Gass kommer imidlertid klart bedre ut enn kull og olje.

For vannkraft og kjernekraft er de eksterne kostnadene forbundet med utslipp svært lave. Bortsett fra for vannkraft har det ikke vært publisert anslag for hvor mye konflikter med andre brukerinteresser kan verdsettes til. Som vi ser er tallet for vannkraft ikke ubety-

		ENERGIBÆRERE						
		Vannkraft	Brunkull	Steinkull	Olje	Gass	Kjernekraft	UCFTE-mix
Utslipp		1 kWh _{el}	1 kWh _{el}	1 kWh _{el}	1 kWh _{el}	1 kWh _{el}	1 kWh _{el}	1 kWh _{el}
Forsuring, skader på avling og skog	US¢	0.001	0.22	0.20	0.26	0.09	0.003	0.10
Skader på konstruksjoner	US¢	0.001	1.1	0.64	1.5	0.05	0.01	0.38
Helse-effekter	US¢	0.60	9.5	9.3	6.9	2.4	0.26	3.8
Klimaendring	US¢	0.01	5.3	4.0	3.5	3.0	0.03	1.9
Utslipp totalt	US¢	0.6	16	14	12	6	0.3	6
Brukerkonflikter	US¢	2.7	4.2	4.4	13	5.8	44	19

Tabell 2. Eksterne kostnader forbundet med noen viktige miljøpåvirkninger. Tallene for kategoriene Utslipp og Brukerkonflikter bør ikke sammenlignes med hverandre.

delig. Dersom en antar at bruker-konflikter er proporsjonale med arealbruk får man tallene i tabellen nedenfor.

Konklusjon

Det er helt klart at vannkraft og kjerne-kraft gir svært små utslipp til luft og vann i forhold til elektrisitet fra fossile brensler, og at gasskraft gir vesentlig mindre miljøpåvirkninger enn olje og kull. Når det gjelder helserisiko i forbindelse med arbeid og brannportner er det forskjeller, men disse fremstår ikke som store gitt usikkerheten i data.

Den gjenværende usikkerheten lig-

ger i å vurdere de påvirkninger på det lokale økosystemet og konflikter med andre brukerinteresser som er koblet til energibærerne. Det er ikke mulig å gjøre en kvantitativ sammenligning av de ulike energibærerne mhp. disse forhold uten å gjennomføre feltstudier der alle energibærere behandles i en sammenheng. Selv om det ikke er tvil om at vannkraft gir opphav til betydelige påvirkninger på det lokale økosystemet og til brukerkonflikter er det imidlertid interessant å merke seg at det ikke har fremkommet noe som tyder på at vannkraft er verre enn de andre i denne sammenheng, heller tvert imot.