



**Thor Energy**  
Scandinavian Advanced Technology

## Høringsuttalelse i forbindelse med Thoriumutvalgets rapport til OED

**Thor Energy utvikler teknologi for å nyttegjøre thoriumbasert brensel i konvensjonelle kjernekraftverk. Energipotensialet som verdens thorium reserver representerer, er enormt, og vi har stor tro på at thorium vil spille en viktig rolle for den globale energiforsyning i fremtiden. Thorium er et velegnet alternativ og supplement til uran i kjernekraftverk, grunnet tilgjengelighet av råstoff, forsyningssikkerhet, fysiske og kjemiske driftsegenskaper, bedret avfallskaraktistikk, samt at thorium ikke ansees å være et våpenmateriale. Den rapporten som Olje- og Energidepartementet har fått utført er en omfattende og grundig studie av thoriumteknologi, og vi anbefaler departementet å arbeide videre med muligheter for verdiskaping fra thorium også i Norge.**

Vi takker for invitasjonen fra Olje- og Energidepartementet for denne anledningen til å kommentere Thoriumutvalgets rapport og gi innspill til videre arbeid på temaet.

### **Konklusjoner og anbefalinger**

Thoriumutvalgets rapport gir et godt grunnlag for det videre arbeid med thorium i Norge. De neste tiårene vil det bli bygget flere hundre nye kjernekraftverk, og verdens lagre av sivilt plutonium vil øke kraftig. Norge har naturressurser og nøkkelkompetanse til å spille en viktig nisjerolle i verdens kjernekraftindustri.

Verdens økende behov for energi og økende behov for å fjerne seg fra fossile energikilder gjør at ethvert land må vurdere den betydelige kraftkilden som kjernekraft representerer. Kjernekraft har i løpet av de siste tiårene utviklet seg til en sikker og mer miljøvennlig energikilde og vil i årene fremover være nødvendig i klimaarbeidet. Selv om Olje- og Energidepartementets vurdering i 2008 er slik at kjernekraft ikke er nødvendig for det norske kraftbehovet, bør ingen dører lukkes. Som Thoriumutvalgets rapport peker på, innehar ikke Norge internasjonal kabel-kapasitet til å unngå "blackout" på det sentrale Østlandet dersom man i nær fremtid skulle bli utsatt for et tørrår og tilhørende tomme norske vannmagasiner. Et slikt scenario er ikke usannsynlig.

I lys av Regjeringens klimaforlik, med ønsket om en økende andel sykliske energikilder (i form av vindmøller), vårt eget industriktregime, Europas behov og betalingsvillighet for regulerbar, norsk vannkraft og den globale energisituasjonen generelt, kan det vise seg sterkt kritikkverdigg helt å utelukke et av de mest vurderte alternativer for forutsigbar base-lastproduksjon; kjernekraft. Snarere er det vår anbefaling at Regjeringen må bidra til å ivareta, og til en viss grad øke den nasjonale kompetansen rundt kjernekraft generelt og thorium spesielt, i første omgang for kompetansebygging og global industriutvikling, i neste omgang som et alternativ til norsk base-lastproduksjon.

Uavhengig av kraftforsyningsdebatten, bør Norge opprettholde og utvide sin kompetanse på kjernekraft. Kjernekraften vil ha en betydelig vekst fremover, og vår leverandør- og teknologiindustri er avhengig av at vi følger med i utviklingen.

Thor Energys anbefaling er at Olje- og Energidepartementet benytter anledningen til å starte et arbeid for å vurdere industrialiseringspotensialet for thoriumenergi i Norge. Thoriumutvalgets rapport har vist at det foreligger et teknologisk og kompetansemessig grunnlag, nå bør et bredt sammensatt utvalg vurdere om Norge bør legge til rette for globale initiativ innen enkelte deler av verdikjeden for thorium. Utvalgets mandat og sammensetning bør være tilstrekkelig bredt til at det dekker alle vesentlige samfunnmessige aspekter, og tilstrekkelig klart til at anbefalingene kan gi nytte i fremtidig norsk energi- og klimapolitikk.

Vi underbygger våre konklusjoner og anbefalinger på de påfølgende sider. Vi ønsker departementet lykke til i det videre arbeidet.

Med vennlig hilsen  
Thor Energy AS

**Øystein Asphjell**  
Administrerende direktør

## **Thor Energy**

Thor Energy er et selskap opprettet i 2006, majoritets eid av Scatec AS. Scatec arbeider med utvikling av klimanøytral energi og har satsinger blant annet innen sol, offshore vind og CO<sub>2</sub>-fangst. Selv med stor, global vekst innen disse områdene, er selskapets vurdering at med den sterke økningen i verdens energietterspørsel vil ikke fornybare energikilder alene kunne bygges opp raskt nok til å dekke etterspørselsveksten og samtidig erstatte fossile kilder slik at verdens CO<sub>2</sub>-utslipp reduseres til ønsket nivå. I tillegg har verdens forskjellige regioner ulike forutsetninger og ulike behov som må dekkes med energi fra en rekke, komplementære kilder. Derfor er Scatecs holdning at kjernekraft er et nødvendig supplement, og at thoriums egenskaper gjør det til et interessant alternativ til uran. På denne bakgrunn ble Thor Energy etablert.

Selskapets formål er å utvikle thorium som et nytt, vesentlig bidrag til klimanøytral kraftproduksjon på global basis. Vi utvikler teknologi for thoriumbasert reaktorbrensel og for bedre gjenvinning av brukt brensel. I tillegg har vi via konsernselskap rettighetene til store mineralressurser i Fensfeltet, og vi vurderer muligheten av å bygge kjernekraftverk med thoriumbrensel i flere land.

Thor Energy har de siste to årene brukt betydelige ressurser på å kartlegge all historisk erfaring med thorium som reaktorbrensel, samt utføre en rekke egne, dedikerte beregninger og analyser av thoriums egenskaper som brensel. Arbeidet har engasjert en dyktig stab i Norge, samt toppforskere ved flere universiteter, forskningssentra og bedrifter i inn- og utland.

Vårt arbeid konkluderer i likhet med Thoriumutvalgets rapport med at thorium har en rekke gode egenskaper som reaktorbrensel, eksempelvis knyttet til avfallsegenskaper, gjenvinning, våpenresistens og tilgjengelighet. Utfordringen historisk for implementering av thoriumteknologi har vært manglende interesse og etterspørsel etter slikt brensel; det har vært god tilgang på uran til lave priser, og fullt utviklet industriell infrastruktur for uran.

Bortsett fra i Japan, har det i de siste 20 år blitt bygd svært få nye kjernekraftverk, så behovet for nytt brensel som for eksempel thorium har vært begrenset. Endrede politiske prioriteringer, spesielt klimautfordringene, økende priser på fossile energikilder, forsyningssikkerhet og ønske om bedre slutttdisponering av brukt uranbrensel, har imidlertid ført til økt global interesse for thorium. Blant annet har den amerikanske kongressen vedtatt å bruke 250 mill. US\$ på forskning samt insentiver for reaktoreiere til å ta i bruk thoriumbrensel. En rekke andre land viser økende interesse for thorium, eksempelvis India og Kina som har store utfordringer innen energiforsyning i årene som kommer.

Thor Energy forventer derfor at det globalt vil utvikle seg en betydelig thoriumindustri over de neste 10-20 årene. Her har Norge gode forutsetninger for å spille en rolle.

## **Thoriumutvalgets rapport**

Thor Energy mener utvalget har levert en grundig, nøktern, bred og dyptpløyende rapport. Den gir en god og systematisk oversikt over muligheter og utfordringer ved bruk av thorium som reaktorbrensel.

Rapporten gir et godt grunnlag for å forstå de industrielle utfordringene innen thoriumteknologi, og gir samtidig et godt grunnlag for å vurdere Norges potensielle rolle, både som råstoffleverandør, teknologileverandør og eventuelt også som en fremtidig bruker av thorium som energikilde.

## **Thoriums rolle i klima- og energipolitikken**

Den globale renessansen for kjernekraft kan etter vår vurdering forstås ut fra fire drivkrefter;

- Globalt økende behov for energi
- Mange lands behov og ønske om økt selvforsyningsgrad av energi
- Kostnader ved utvinning og bruk av fossile energikilder
- Klimautfordringene

Kjernekraft både fra uran og thorium svarer godt på de globale utfordringene med forsyningssikkerhet, klimagasser og kostnader ved fossile energikilder. Thor Energy har tro på at vi med utvikling av thoriumbrensel kan gi et bidrag for å gjøre denne industrien bedre og med lavere miljøbelastning i verdikjeden.

Vi støtter Thoriumutvalgets anbefaling om å akseptere at kjernekraft vil være et viktig bidrag til verdens klimaarbeid. Thoriumteknologi vil øke ressursgrunnlaget og bedre miljøegenskapene til denne industrien.

En måned før framleggelsen av Thoriumutvalgets rapport ble det enighet på Stortinget om et bredt klimaforlik. Dette forliket baseres på viktige prinsipper som;

- Størst mulig utslippsreduksjon per krone.
- Betydelige utslippsreduksjoner både i Norge og i utlandet.
- Norge må ta en lederrolle i klimaarbeidet.
- Norge skal bli et lavutslippssamfunn.
- Styrket forskning på og næringsutvikling av klimavennlig teknologi.

Det er behov for kraft som må være grunnlaget for en eventuell fremtidig kraftproduksjon i Norge basert på thorium, ikke det faktum at Norge har kapital og kompetanse til å bygge kraftverk og råstoff til å drive det. Uansett bør Norge stille seg positiv til, og støtte opp om utvikling og implementering av thoriumteknologi globalt. Gjennom å støtte opp om de teknologier og programmer Thoriumutvalget peker på, er det skapt et solid fundament for Olje- og Energidepartementet til å bidra konstruktivt til å redusere globale utslipp. Det vil være i tråd med den tverrpolitiske enigheten om ikkespredningsavtalen, så vel som det brede klimaforliket av i år.

Kjernekraft er i dag blant de rimeligste alternativer et land har for å skaffe seg elektrisk kraft. Dette underbygges ved at det nå planlegges bygd omlag 230 nye reaktorer i ulike land. Produksjonsprisen for kjernekraft har samme karakteristika som vannkraft, i den forstand at begge kraftkilder har betydelige investeringskostnader, og lave driftskostnader. Dette gir forutsigbare priser, fordi brenselkostnadene har minimal påvirkning for strømprisen. Utvalget kommenterer kort i sin rapport at *"the raw material contribution to the cost of the electricity generated will remain very low comparable with or lower than that for the uranium cycle"*.

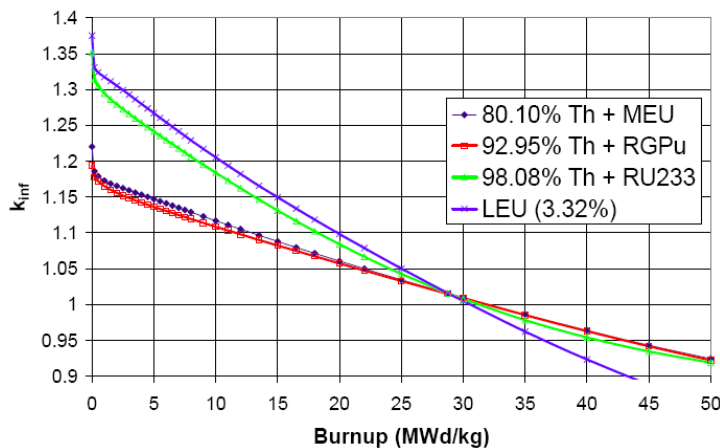
Forekomsten av thorium i verden er langt større enn uran, og det finnes store forekomster i tradisjonelt politisk stabile land. Mens uran i all hovedsak utvinnes alene i dedikerte gruver, finnes thorium nesten utelukkende assosiert med andre verdifulle metaller og i sandforekomster. Verdens gruveindustri kan med moderate investeringer levere store mengder thorium som biprodukter fra eksisterende gruver og prosesser.

### **Thorium som brensel**

Utvalget har gjennomført grundige undersøkelser, og beskriver på en nøktern måte de mange tester med ulike brenseltyper som er gjennomført i mange land over flere tiår. Thoriumutvalget konkluderer med at thorium er et velegnet brensel; *"Th-based fuel performed excellently compared to standard uranium fuel"*. Fordelene med thorium er eksempelvis;

- Høyere varmeledningsevne (konduktivitet) og smeltepunkt
- Fastere matrix og lavere fisjonsgassutslipp
- Mindre løselighet i vann
- Bedre formering, ergo lengre brenselcykler, mindre råstoffbehov og mindre avfall

### Mulighet for lengre brenselssyklus



Tabellen viser tre varianter av thoriumbrensel tilsatt hhv 19,9 %  $U_{235}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  og resirkulert  $U_{233}$  – sammenliknet med dagens uranbrensel. Alle tre thoriumbrenslene viser lengre levetid. Beregningene er utført av Purdue University for Thor Energy

### Brukt thoriumbrensel

En av fordelene med thoriumbrensel er avfallens egenskaper. Kjennetegnene er redusert avfallsmengde, lavere miljørisiko og bedre stabilitet.

### Mengde

$\text{Th}_{232}$  har en vesentlig bedre produksjon av den fissionable komponenten ( $U_{233}$ ) under drift enn tilsvarende for et uranbrensel. Innfangningspotensialet (som gir omdanning) er nesten tre ganger så høyt. En vesentlig konsekvens av dette er at et thoriumbrensel potensielt kan stå mye lengre i en reaktor. Dette gir mindre brukt brensel pr år og mer produsert energi fra hvert tonn brensel. Det kan også på sikt gi økt opetid på reaktorene (reaktorene går lengre mellom hvert brenselstifte). Selv om teori og forsøk tilsier at dette er mulig, gjenstår det mange praktiske utfordringer før økt utbrenning kan realiseres. Dette gjelder særlig kvalitetssikring av brenselrør, som i dag er tilpasset uran. Slik materialteknologisk utvikling er imidlertid et felt Norge kan bidra på. Norge har en betydelig materialteknologisk ekspertise, både i industri, universiteter og forskningssentra.

### Miljørisiko

Den største miljørisiko ved brukt uranbrensel og de viktigste faktorer som bestemmer hvordan brensel bør håndteres, knytter seg til såkalte høyere aktinider – grunnstoffer tyngre enn uran (Np, Pu, Am, Cm etc). Slike produseres det mye av i en uransyklus. Thoriumbasert brensel for dagens vannkjølte reaktorer trenger tilsatt et "katalysatormateriale" i typisk 10 % andel. Dette kan være noe uran med høy anrikingsgrad (inntil 19,9 %  $U_{235}$ ), eller resirkulert plutonium fra brukt uranbrensel. Brensel vil fortsatt i hovedsak bestå av thorium, og dannelsen av høyere aktinider blir lavere enn ved konvensjonell, uranbasert brensel. Med bruk av resirkulert plutonium fra brukt uranbrensel, unngår man nydannelse av plutonium. Thorium-basert brensel er en anerkjent metode for å redusere verdens Plutoniumlagre, noe også utvalgets rapport påpeker.

Spaltingsproduktene fra thorium og uran er svært like. Ut av reaktoren dominerer disse stoffene i radioaktivitet, men etter relativt kort tid vil aktinider dominere, ref. utvalgets vurdering; "The thorium-cycle waste results in a relatively low waste toxicity immediately after the fission product period (up to about 600 years) because less plutonium and americium are formed."

Hvis det av ikke-tekniske årsaker skulle være ønskelig eller nødvendig å sluttdisponere brukt brensel uten gjenvinning, har thorium også bedre egenskaper enn uran. Thorium har en svært tett og kompakt matrix som svært vanskelig lar seg løse i vann, noe som øker lagringsstabiliteten. Gjenvinning er imidlertid å foretrekke, ref. utvalgets rapport:

"Thorium based fuels (Th/U) produce much less plutonium and associated minor actinides than uranium based fuels. .... The radioactivity of the waste from a thorium cycle appears, however, significantly less than for the standard U/Pu cycle, in the same conditions. This is an advantage of thorium based fuels and has been confirmed in several studies, recently in the EU supported study "Thorium as a waste management option"

## Våpenspredning

Sivil kjernekraft har sitt opphav i utvikling av atomvåpen under og etter den annen verdenskrig. Av de ni kjente våpenlandene har imidlertid alt våpenmateriale blitt laget i egne dedikerte anlegg, isolert fra den sivile kjernekraften. To av våpenlandene har ikke sivil kjernekraft overhodet. 24 land har sivil kjernekraft – uten at de har atomvåpen. Selv om det derfor er historiske og kunnskapsmessige koplinger mellom atomvåpen og kjernekraft – er det ikke sterke koplinger mellom sivile anlegg og slike våpen. På den annen side kan alle spaltbare eller radioaktive isotoper misbrukes som terrorvåpen. Derfor må og vil alle ledd i en brenselssyklus uansett være omfattet av et meget strengt kontrollregime. Dette har verden i dag i regi av IAEA, og det kan trygt sies at spørsmålet står høyt og permanent på den internasjonale dagsorden.

Ikkespredningsavtalen (NPT) er hjørnesteinen i verdens arbeid mot atomvåpen og en hjørnestein i norsk utenrikspolitikk. NPT er grunnlaget for eksistensen til fredsprisvinneren IAEA.

NPT og IAEA har tre primære oppgaver;

- hindre nye land i å få atomvåpen
- arbeide for fredelig bruk av kjernekraft
- bygge ned verdens lagre av atomvåpen og våpenmateriale.

I både internasjonal og norsk debatt er det det første punktet som tiltrekker seg mest oppmerksomhet. Det er også på dette punktet NPT og IAEA har hatt mest suksess. På det tredje punktet, nedbygging av lagre – er resultatene mer blandet.

Etter den kalde krigen har USA og Russland gjennomført en omfattende nedbygging av lagre av høyanriket uran, gjennom nedblanding og brenning i sivile reaktorer.

Akkumuleringen av plutonium fra sivilt atomavfall øker imidlertid. For at dette plutoniumet skal kunne destrueres, må det først gjenvinnes, og deretter brennes i egnede reaktorer. Siden etableringen av NPT, har USA lagt ned sitt gjenvinningsanlegg, og eksisterende anlegg i Russland, Frankrike og England har mistet betydelige deler av sine kontrakter med andre land. Dette skyldes i hovedsak at nytt uran har vært billig; det er rimeligere å deponere brukt, sivilt brensel – enn å gjenvinne det. Det er verdt å merke seg at det ved disse gjenvinningsanleggene har vært betydelige miljømessige utslipp, som har vært kilde til konflikt både med lokalbefolkning og miljøorganisasjoner. Det er grunn til å håpe at disse problemene er eller vil bli løst, slik at fordelene ved gjenvinning kommer til sin rett.

Når plutoniumet er tatt ut av det brukte uranbrensel, er innblanding i thorium og brenning i en reaktor den best egnede destruksjonsmåte. Fordi thorium ikke inneholder isotopen  $U_{238}$  – dannes det ikke nytt plutonium. Dette har vært en av drivkreftene for arbeidet med thoriumteknologi i Europa, og vil trolig være en viktig årsak til at thoriumbrensel blir introdusert i løpet av det neste tiåret. Forhåpentligvis vil også våpenlandene bruke denne teknologien til å destruere sine plutoniumvåpen.

## $U_{233}$ som våpenmateriale

Brukt thoriumbrensel vil inneholde uranvarianten " $U_{233}$ ". Denne kan skilles fra avfallet om ønskelig, og i den offentlige debatten har det fra tid til annen kommet påstander om at  $U_{233}$  er et like godt våpenmateriale som  $Pu_{239}$  eller  $U_{235}$ . Thor Energy oppfatter at Thoriumutvalget har vurdert dette spørsmålet godt når det konkluderer; *"...rules out military use of  $U_{233}$  by the Nuclear Weapons States.....terrorist groups or rogue states might want fissile material for immediate use rather than for stockpiling.  $U_{233}$  could be decontaminated from decay products for a few days or even weeks allowing the fabrication of a weapon."*

Tidligere visegeneralsekretær i IAEA, med ansvar for våpenspredning, sveitsiske Bruno Pellaud - uttalte følgende i sin tale til ICAPP-konferansen i fjor: *"IAEA is only concerned with the first nuclear device of any country or group, and that will certainly not come from the Thorium fuel cycle"*.

Thoriumutvalget konkluderer derfor, i likhet med oss, at thorium egner seg dårligere til våpen enn uran. Når man legger til at et thoriumbrensel kan brenne plutonium, ser vi at introduksjon av thoriumbrensel er det mest realistiske og beste virkemidlet for å oppnå NPT/IAEAs tredje målsetning; fjerning av verdens lagre av potensielt våpenmateriale.

Thoriumutvalgets hovedkonklusjon; *"It is obvious that the thorium fuel cycle in general has advantages concerning the proliferation resistance, advantages that can be exploited in the design of a reactor technology and a fuel cycle merely for civil purposes and without connections to the military sector"* er helt og fullt i tråd med Thor Energys vurderinger, og vil ligge til grunn for vårt videre arbeid med utvikling av thoriumbrensel til sivile reaktorer.

### **Behov for modernisering av norsk lovverk**

Rapporten beskriver det eksisterende lovverk og forskriftsverk som er relevant for så vel utvinning, import/eksport og kraftproduksjon av thorium. Uavhengig av spørsmålet om eventuell fremtidig norsk kraftproduksjon fra thorium, mener Thor Energy at det vil være en fordel for Norge om eksisterende lovverk oppdateres. Norge har naturressurser som potensielt kan bli kommersielt utnyttet, og vi har to forskningsreaktorer. Samlet sett innebærer dette at det kan forsvares å igangsette oppdatering av lovverket, uavhengig av om Norge nå eller senere skulle ønske å vurdere eventuell kraftproduksjon.

Eksempler på slik oppdatering er;

- Strålevernloven m/forskrifter må sette krav til utslipp, håndtering og avfall knyttet til gruvedrift og industriell prosessering av radioaktive elementer. Dette er ikke dekket i dag, og eksplisitt unntatt fra Forurensningsloven.
- Strålevernloven og Atomenergiloven, m/forskrifter, bør oppdateres hva gjelder drift av reaktorer, brenselproduksjon, avfallslagring, avfallsbehandling mv, slik at de kommer på høyde med dagens internasjonale standard, representert eksempelvis med sveitsisk eller finsk lovverk. IAEAs anbefalinger bør også vurderes nøye.

I forbindelse med forslag til oppdatering av lovverket, bør miljøbelastning vurderes strengt, etter to hovedkriterier;

- Resipientbaserte absolutte grenser for utslipp og håndtering av avfall.
- Globale krav til BAT (Best Available Technology) og BAP (Best Achievable Practice) til teknologi og drift. Disse bør settes relativt til kraftproduksjonen.

Ethvert nytt prosjekt må vurderes strengt, og kvalifisere på begge punkter for å være egnet.

Vi ser det som en fordel for introduksjonen av eventuelt fremtidig kraftproduksjon i Norge at det allerede i eksisterende lovverk stilles krav om BAT. Thor Energy oppfatter thoriumbasert brensel som miljømessig bedre enn uranbasert, og slik sett er det allerede er føringer i lovverket som begunstiger thorium som brensel.

### **Nasjonal kompetanse**

Thoriumutvalgets rapport beskriver godt nasjonal kompetanse og utdanningskapasitet. Rapporten er kanskje noe svakere på industrielle fortrinn i Norge av relevans for kjernekraft generelt og thorium spesielt. Fordi kjernekraften globalt er i kraftig vekst, og mange land bygger nye anlegg, bør også Norge øke sin nasjonale kompetanse og kapasitet. Uavhengig av om Norge selv bygger kraftverk, har vi allerede forskningsmiljøer og industrielle aktører som spiller, og kan spille, en viktig rolle innen denne industrien på global basis. Kompetansen på IFE, spesielt reaktoren i Halden, er internasjonalt høyt respektert og besitter unik kompetanse og utprøvningsmuligheter for aspekter rundt sikkerhet, reaktorstyring og brenselsutvikling. Rundt 20 land har i mange år nytt godt av Haldenreaktorens testmuligheter og -resultater, og her ligger et unikt grunnlagsmateriale for utvikling av norsk teknologi. I tillegg har Norge en århundrelang kompetanse innen energi, og energisektoren er kjernen i norsk industriell verdiskaping. Norsk kompetanse innen modulbaserte installasjoner, materialteknologi, fjernstyring, flerfasestrømning m.v. har viktige oppgaver foran seg i å gjøre verdens mange nye kjernekraftreaktorer sikrere og mer effektive.