



## Reseberättelse [Sverige och Nederländerna]

---

[Bränsle], Young Generation 2024

# Bränslets resa från anrikning till förbrukat material

Resan inom Sverige och till Nederländerna under hösten och vintern 2024. Huvudmålet för respektive resa var bränsleutvecklingen hos Studsvik och urananrikningsprocessen hos Urenco.

Text skriven av Christoffer Johansson, Daniel Hesht, Emil Bohman, Oskar Andersson, Philip Lindqvist och Rickard Nilsson.

### Deltagare

Bränsle-gruppen bestod av 6 medlemmar från olika företag, se tabell nedan.

Namn	Företag
Christoffer Johansson	Forsmark AB
Daniel Hesht	Westinghouse Electric Sweden AB
Emil Bohman	Ringhals AB
Oskar Andersson	Uppsala Universitet
Philip Lindqvist	Vattenfall Nuclear Fuel AB
Rickard Nilsson	Svensk Kärnbränslehantering AB



## Syfte med resan

---

Syftet med Sverigeresan var att besöka området Studsvik för att lära oss mer om den bränsleutveckling och forskning som sker där. Detta genomfördes genom att se på deras bränslecells-laboratorium (*Hot Cell*). Under besöket på Studsvik besöktes även Cyclife och Svafo för att få en djupare insikt i hur de arbetar med hantering av radioaktivt avfall.

Syftet med europaresan var för att få en bättre förståelse om uranets anrikningsprocess, tillverkning av bränsleelement samt se andra kärnkraftverk. Detta genomfördes genom att besöka Framatome i Tyskland, Urencos anrikningsanläggning och kärnkraftverket Borssele i Nederländerna.



## Resan inom Sverige

---

För sverigeresan var det tre olika företag som besöktes under dagarna 9–10 oktober. Alla resmålen befann sig inom området i Studsvik. De tre företagen var Studsvik, Cyclife och Svafo. Besöket började med ett besök hos Studsvik på onsdag eftermiddag (9:e oktober) följt av besök hos Cyclife och Svafo under torsdag förmiddag (10:e oktober).

### Studsvik

Besöket på Studsvik började med en företagsintroduktion av Niklas Snis och Ellen Gremo som tog emot oss under besöket. Studsvik arbetar främst med forskningsarbete kopplat till material och bränsle för både internationella och nationella samarbeten.

Innan besöket på bränslelaboratoriet (hot cell) så presenterades en generell genomgång om bränslets uppbyggnad. Bränslet består av urandioxidkutsar som finns i bränslestavar av zirkoniumlegering. I härden sväller bränslekutsarna på grund av skapandet av restprodukter från kärnklyvningen samt att urandioxiden spricker för de termiska spänningar som uppstår. Den forskning man håller på med hos Studsvik är att undersöka hur bra olika bränslen är samt att utveckla mjukvara (CASMO/SIMULATE) för att hantera härden i kärnkraftverken. En tanke är att man vill t.ex. kunna köra en blandad härd med olika bränslen, öka utnyttjandet av uranet för varje bränsleelement och/eller öka livslängden på bränslet. Ett exempel som Studsvik gav var forskning som undersöker om bränslestavarna kan täckas med ett neutronabsorbent material (gadolinium) vid mitten av bränslestavarna. Under bränslets livslängd förbrukas det neutronabsorbent materialet och profilen på bränslets förbränning (över dess längd) förändras över tid och hoppas ge en mer homogen förbränning i slutändan.

Vid besöket av bränslelaboratoriet visades hanteringen från mottagning av bränsle till hantering i bränslecellen. I bränslecellen (figur 1 och 2) finns flera möjligheter som att undersöka skadat bränsle för att förstå skademekanismer under härden. Ett exempel är att undersöka hur sprickinitiering och sprickpropagering sker i skadat bränsle. I bränslecellen hjälper Studsvik även till med att designa nytt bränsle. En utmaning som diskuterades var att nu när våra svenska kärnkraftverk har förlängd livstid så ställer det större utmaningar på reaktorns komponenter då den designade livslängden på 60 år är passerad. Gruppen fick testa på att styra manipulatorerna i bränslecellen.



Figur 1. Christoffer (vänster) och Oskar (höger) testar manipulatorerna i bränslecellen. Ingen utrustning blev skadad under besöket.



Figur 2. Gruppbild framför bränslecellen. Från vänster: Philip, Oskar, Daniel, Christoffer, Emil, Rickard och besöksguide Niklas.



## Cyclife

Cyclife befinner sig på Studsvikområdet och ägs av franska EDF. Deras arbete går ut på att sluta livscykeln hos material som används inom kärnkraftsindustrin genom att sortera, behandla och smälta om metaller. Detta leder till förbättrad resursanvändning och en mer hållbar bransch. Gruppen togs emot av Arne Larsson, Marina Sigurdsson och Hans Sörman under hela besöket.

Arbetsgången för Cyclife går ut på att sortera material i kategorier, t.ex. rostfritt stål och kolstål sorteras isär. Skärande bearbetning gör materialet till mindre och hanterbara storlekar. Blästring används för att ta bort ytskiktet, vilket också är det material som är mest bestrålat. Det radioaktiva avfallet som bildas samlas upp i slutna containrar och de rena metallerna smältes om till göt. Det radioaktiva materialet skickas tillbaka till leverantören medan göten säljs till metallindustrin.

Under besöket fick gruppen se bygget för en ny återvinningsanläggning (figur 3 och 4) av stora kärnkraftskomponenter som ånggeneratorer. Anläggningen var under byggnation och förväntas tas i drift under år 2025. Materialet i anläggningen kommer hanteras på samma sätt som det mindre genom skärande bearbetning, blästring och smältning.



Figur 3. Gruppbild utanför Cyclife:s nya återvinningsanläggning. Från vänster: Hans, Marina, Christoffer, Daniel, Emil, Philip, Oskar och Rickard.



Figur 4. Genomgång av hanteringsanläggningen hos Cyclife. Det var tomt i hallarna men bra akustik.



## Svafo

AB Svafo ägs av Vattenfall group och fokuserar på att avveckla kärntekniska forskningsanläggningar samt att ta till vara på det historiska kärnavfallet från det Svenska Kärnkraftsprogrammet under 60-talet.

Under besöket fick gruppen se rivningen av den forskningsreaktor (R2) som fanns inom Studsviksområdet. Besöket leddes av Fredrik Ekenborg med stöd av Heidi Wester och Erik Hellsten. Resterande tid av besöket gick åt att få en bättre förståelse om Svafos verksamhet. Deras huvuduppgift idag är att försöka sortera och kategorisera allt det historiska avfall som finns från det svenska kärnkraftsprogrammet. Mycket av det avfall som finns idag saknar dokumentation om dess innehåll, t.ex. om det är flytande eller fast material, vilket typ av bestrålat material det är, hur mycket det förväntas strålas och liknande. Det historiska avfallet är idag ingjutet i tunnor med hjälp av betong och förvaras i ett lager (figur 5). För att avfallet ska kunna förvaras långsiktigt på ett säkert sätt behöver avfallet dokumenteras innan det körs det svenska slutförvaret som SKB arbetar med.

För att kategorisera avfallet har Svafo försökt att öppna upp tunnor, vilket sedan stoppades på grund av risken av okänt material. Vid ett senare tillfälle lyckades Svafo röntga varje tunna. Baserat på den data som insamlades och smarta idéer kunde man göra kvalificerade gissningar om innehållet. Ett exempel som presenterades var att lätt skaka på tunnorna för att undersöka om vätskor fanns på insidan. Genom att studera hur vätskan betedde sig kunde man göra en kvalificerad gissning om det var olja, kvicksilver ("omvänd" ytspänning), vatten eller liknande.



Figur 5. Bild på Svafos lager för tunnor av historiskt kärntekniskt avfall.



## Resan inom Nederländerna & Tyskland

---

På Europaresan besökets 3 olika platser med 4 olika företag under dagarna 20–22 november. Under onsdagen (20: a november) besöktes Framatome i Lingen Tyskland följt av besök hos informationscenter för energiparken RWE. Under torsdagen (21: a november) besöktes Urenco i Almelo Nederländerna. Fredagen avslutades med ett besök hos EPZ kärnkraftverk i Borssele Nederländerna.

### Framatome

Bränslegruppen besökte Framatome i Lingen Tyskland (figur 6). Besöket började med en företagsintroduktion om Framatome från Jens Schonert i deras mottagningsanläggning. Framatome tillverkar bränsleelement för främst PWR- och BWR-reaktorer. Jens presenterade ett flödesschema för tillverkningen av bränsle. Hos fabriken i Lingen konverteras  $UF_6$  till  $UO_2$ , som sedan pressas till kuts som bearbetas (sintring och slipning) och därefter fyller man på stavarna och sätts ihop till element. Framatome tillverkar färdiga stavar och bränsleelement till PWR och BWR reaktorer samt utvecklar bränsle för VVER-reaktorer, men inte i Lingen.

Efter företagspresentationen höll deras kvalitetschef Hendrik Wiesel en presentation om utmaningarna inom kompetensutveckling för den nya generationen. Framatome har arbetat med en läroportal som heter competence-hub med syftet att vara en digital, engagerade och dynamisk utbildning för nya inom kärnkraftsbranschen. Målet är att den nya generation får rätt kunskap som ny inom kärnkraften samtidigt som säkerhetskulturen främjas.



Figur 6. Gruppbild hos Framatome. Från vänster: Jens, Daniel, Philip, Oskar, Christoffer, Rickard och Emil.



## RWE Energipark

Inom samma område som Framatome finns RWE energipark. Bränslegruppen besökte deras informationscenter som berättar om nedläggningen av kärnkraftverket (figur 7). Reaktorn i Lingen var på 240 MW och var en forskningsreaktor och kokvattenreaktor som tillverkades år 1968 och drevs fram till år 1977. År 2015 startades demonteringen av reaktorn och beräknas slutföras under 2030-talet.



Figur 7. Överblick på RWE energipark i Lingen Tyskland.



## Urenco

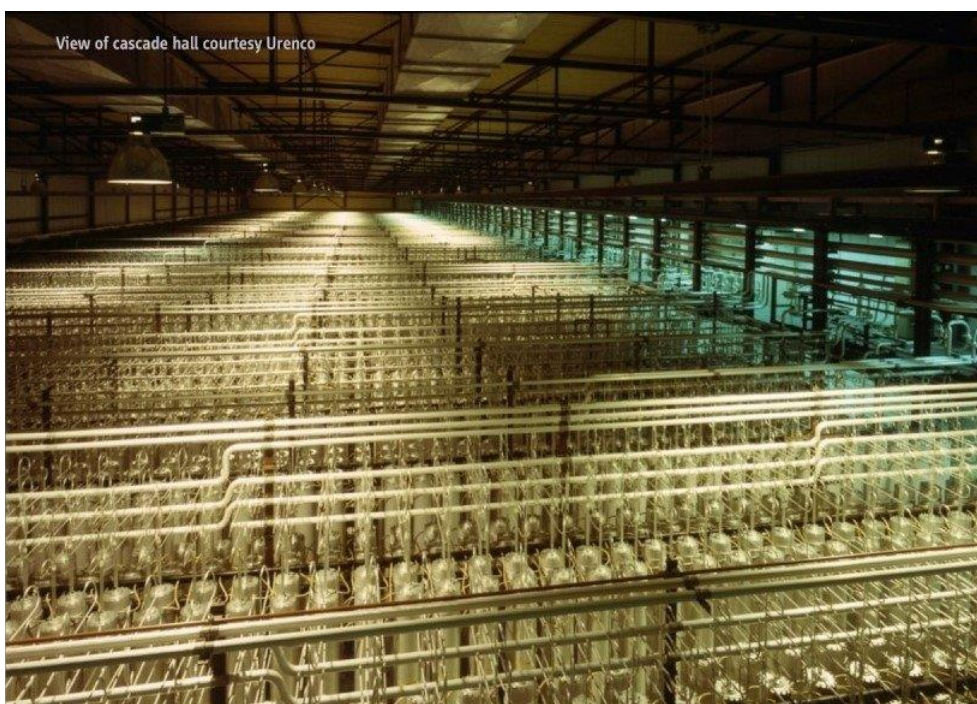
Besöket hos Urenco i Almelo var en heldagsaktivitet där bränslegruppen fick lära sig mer om Urenco som företag samt se deras anrikningsanläggning SP5 och återvinningsanläggning. Först presenterades företaget av Julia Beunk i deras besökscenter (figur 8). Urencos huvudverksamhet är anrikning av  $UF_6$ . Anrikningen görs på flera anläggningar så som i Nederländerna, Tyskland och Storbritannien. Idag utvecklar Urenco olika mängd av anrikning så som LEU+ (+10%) och HALEU (+20%) och även RepU, vilket är återvinning av använda bränsleelement. Urenco framställer även isotoper för läkemedelsbranschen.

Först gjordes ett studiebesök på Urencos återvinningsanläggning vilket hölls av Frank. Hos anläggningen behandlar, lagar och rengör de komponenter från deras process. Transportbehållare som transporterar anrikat uran till och från kunderna rengörs. Komponenter som t.ex. pumpar rengörs och lagas. Rengöringen medför att en stor mängd vatten behöver behandlas för att få bort spår av  $UF_6$ . Efter rengöringen torkas allt restmaterial som sedan förvaras i tunnor och skickas till slutförvar hos Covra i Borssele.

Det andra studiebesöket hölls av Annelies som visade kontrollrum och anrikningsprocessen från upphettning av  $UF_6$  till separering i centrifugerna (figur 9). Mycket av processen var hemlig så som detaljer om flöden, antal centrifuger och liknande. Teknikutvecklingen av centrifugerna sker av delvis Urenco. Under tiden har centrifugerna blivit längre och större samtidigt som de bygger på samma grundprinciper för separeringen. Urenco anrikar uranhexafluorid ( $UF_6$ ) med naturlig anrikning (0,71 %) till anrikat  $UF_6$  med rätt viktprocentsats av U-235 mot U-238. Hjärtat i processen är anrikningsanläggningarna där  $UF_6$  hettas upp till gasform och körs igenom en kaskad av stående centrifuger som separerar partiklarna baserat på atomvikt. Efter ett antal steg i centrifugerna plockas anrikat och utarmat  $UF_6$  från processen.



Figur 8. Gruppbild hos Urenco. Från vänster: Julia, Philip, Oskar, Emil, Daniel, Rickard, Christoffer och Annelies.



Figur 9. Överblicksbild på en anriktningsanläggning med en kaskad av centrifuger. Bilden är tagen från Google bilder.



## EPZ Nuclear

Studiebesöket hos EPZ var hos Borssele kärnkraftverk i sydvästra Nederländerna (figur 10). Borssele kärnkraftverk är en tryckvattenreaktor på 485 MW, vilket byggdes på 1970-talet. Besöket började med en företagspresentation om kärnkraftverket och EPZ som företag. Reaktorn är byggd av tyskarna och får sitt bränsle från Framatome. En unik egenskap med denna tryckvattenreaktor är att härden delvis har bestått av MOX-bränsle under en lång tid. I dagsläget är driften av reaktorn planerad fram till 2034 där den uppnår sin livstid på 60 år. Dialog med myndigheten är pågående angående att genomföra en livstidsförlängning till 80 år. Som sidospår presenterade Matthijs Vlasblom om hur EPZ arbetar med att engagera och kompetensutveckla den yngre generationen.

Studiebesöket hölls av Vincent Baas där det först gavs en överblick av kärnkraftverket på en mindre modell. Därefter genomfördes besöket där olika stödsystem så som dieselgeneratorer visades inklusive olika säkerhetssystem. Höjdpunkten var att gå in till reaktorhallen där locket till reaktorn och förvaringsbassängen av bränslet kunde ses. Vincent förklarade hur arbetet gick till vid t.ex. ett bränslebyte och hur deras revision vanligtvis funkar. En bild från helikopter vy av anläggningen (figur 11).

Efter besöket på aktiv sida gav Erik Roose en genomgång av deras lager av stödutrustning vid en eventuell händelse. Lagret innehöll maskiner så som dieselpumpar, dieselgeneratorer och andra tyngre utrustning. Då verket befinner sig vid kusten i ett land under havsnivån har Borssele kärnkraftverk ett antal säkerhetskrav för att kunna klara av händelser som t.ex. en tsunami, vilket delvis återspeglades i lagerbyggnaden.

På kvällen besöktes Stadsbryggeriet Slot Oostende i Goes på en trevlig afterwork med den yngre generationen på EPZ.



Figur 10. Gruppbild hos EPZ. Från vänster: Matthijs, Oskar, Christoffer, Daniel, Philip, Emil, Vincent och Rickard.



Figur 11. Helikopterbild på anläggningen EPZ vid Borssele Nederländerna. Bilden är tagen från Google.



## Lärdomar och insikter

---

Några av de lärdomar och insikter som resorna har gett var:

En utmaning som hela kärnkraftsbranschen står inför är en stor generationsfråga där en större del av den historiska kompetensen försvinner. Detta har lett till utmaningar när det kommer till kompetensöverföring från den äldre till den yngre generationen. Alla områden som till exempel design, tillverkning, drift och avfallshantering inom olika delar av kärnkraftsbranschen är påverkade.

En annan utmaning som har lyfts upp under resan är när nya krav på till exempel anläggningar, bränsle, datasystem och så vidare möter gammal utrustning och anläggningar. Frågan är hur man möter de nya kraven med utrustning som är obsolet. Nya krav kan också förekomma i form av att branschen som helhet påverkas som till exempel Fukushima eller Covid-19 pandemin som påverkar hur vi arbetar på en kärntekniskanläggning.

Trots de nämnda utmaningarna är kärnkraftsbranschen på en uppåtgående trend där man delvis pratar om livstidsförlängning av existerande reaktorer samtidigt som nybyggen diskuteras inom och även utanför Sverige.

Resan och alla resmål har gett gruppen bättre förståelse om bränslets olika steg i livscykeln, utmaningar och utveckling. Resan har gjort det ännu tydligare att samarbetet kring kärnbränslet sker mellan många olika leverantörer inom flera länder, både innanför och utanför Europa.

### Tips

Här kommer några tips från resan:

- Se till att planera alla resmål och hotell inklusive hur transporten ska ske från och till resmålen. Gruppen valde att utgå från samma hotell i Amsterdam för att transportmässigt förenkla studiebesöken. Planera även eventuella turistbesök om ni har tid över. Stäm av med alla gruppmedlemmar om till exempel hotellrum ska delas eller inte innan resan.
- Om man har lång restid med bil till och från sina resmål är det ett bra tips att göra något tillsammans i bilen som till exempel musikquiz för att fördriva tiden.
- Det rekommenderas att ta med gåvor till främst den utländska resan som exempelvis svenskt godis eller liknande.
- Stäm av tillgängliga datum inför resmålen genom att ge konkreta förslag på datum till kontaktpersoner.
- Ta inte för givet att eventuella presentationer från företagen kan delas ut på grund av känslig information. Det är viktigt att ta anteckningar under besöken.



## Bilaga 1 – Kontaktpersoner

---

Tabell 1. Nedan presenteras de kontaktpersoner som anordnade och guidade under besöken.

<b>Namn</b>	<b>Företag</b>
Niklas Snis	Studsvik
Ellen Gremo	Studsvik
Arne Larsson	Cyclife
Marina Sigurdsson	Cyclife
Hans Sörman	Cyclife
Erik Hellsten	Svafo
Fredrik Ekenborg	Svafo
Heidi Wester	Svafo
Julia Beunk	Urenco (NL)
Frank	Urenco (NL)
Annelies Dekker	Urenco (NL)
Jack Rimington	Urenco (UK)
Jens Schonert	Framatome
Hendrik Wiesel	Framatome
Vincent Baas	EPZ
Matthijs Vlasblom	EPZ
Erik Roose	EPZ