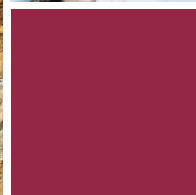




NEPP PM 1/2024



# KRITISKA RÅMATERIAL I ENERGISYSTEMET UR ETT MILJÖPERSPEKTIV – EN ÖVERSIKT I LJUSET AV UKRAINAKRIGET

**Författare: Marika Olsson och Julia Hansson, IVL Svenska Miljöinstitutet**

Energisystemet behöver ställa om för att nå uppsatta klimatmål men även geopolitiska utmaningar, som Ukrainakriget, påverkar energisystemets utveckling. EU har, liksom flera andra länder, infört olika åtgärder för att minska beroendet av ryska varor och tjänster. Från ett energiperspektiv berör detta främst olika fossila råvaror eftersom Ryssland är en betydande producent av naturgas, olja och kol. För att bli mindre beroende av ryska fossila råvaror kan länder öka utfasningen av fossila bränslen och/eller importera fossila råvaror från andra länder. Exakt vilka effekter som Ukrainakriget haft på de svenska och europeiska energisystemen hittills är svårt att slå fast då utvecklingen beror på många olika faktorer. Det är dock tydligt att priser på fossila bränslen snabbt ökade i samband med Rysslands invasion för att sedan gå tillbaka igen. Prisökningen förde även med sig höga elpriser. Marknaderna för biobränslen har också påverkats, men med större eftersläpning. Priserna för biobränslen ökade under 2022, men rekordnivåer nåddes först 2023.

En minskad användning av fossila bränslen i Europa till följd av minskad import från Ryssland och åtgärder för att minska klimatpåverkan generellt kräver, i regel, ökad användning av andra energislag och tekniker. Ökade energipriser ger även i sig ytterligare incitament till att påskynda omställningen av energisystemet. Europas omställning påverkar i sin tur globala värdekedjor och kan bidra till att accelerera energiomställningen globalt (Zetterberg et al.,

2022). Generellt växer både utveckling och användning av teknologier med låga växthusgasutsläpp. Denna utveckling gör att det finns ett stort behov av ökad kunskap om hur energisystemets omställning påverkar miljön på olika sätt. Syftet med denna rapport är att ge en översikt över miljöpåverkan (med fokus på klimat) kopplat till utvinning och bearbetning av några av de råmaterial som behövs för att bygga ett energisystem med låga växthusgasutsläpp med fokus på de material som Ryssland är en relativt stor producent av (med anledning av EU:s ambition om att minska beroendet av Ryssland).

## Ökad efterfrågan på kritiska råmaterial förväntas

De teknologier och system som krävs när energisystemet ställer om, till exempel vindkraftverk, elmotorer, batterier, elektrolysörer och bränsleceller, ställer nya krav på försörjning av råmaterial. För EU:s del uppskattas till exempel att 60 gånger mer litium och 15 gånger mer kobolt behövs för elektrifiering av bilar och för energilagring år 2050 för att skapa ett klimatneutralt samhälle (European Commission, 2020). EU importerar idag 75–100% av de kritiska metaller som används inom unionen och importen är ofta koncentrerad till ett fåtal länder, till exempel kommer 68% av all kobolt från Demokratiska Republiken Kongo och 86% av sällsynta jordartsmetaller från Kina (European Commission, 2020). Även på global nivå gäller att ett fåtal länder står för majoriteten av produktionen av kritiska råmaterial.

Enligt EU Kommissionen är kritiska råmaterial de som har hög ekonomisk betydelse för unionen (med fokus på industrin) samt hög risk relaterat till tillgången av materialet (European Commission, 2023). EU publicerar regelbundet en lista över de råmaterial som bedöms vara kritiska för EU på cirka 10 års sikt (Grohol et al., 2023). Listan har blivit längre genom åren och den senaste listan inkluderar 34 råmaterial, se tabell 1. Listan ingår även i den förslagna Europeiska kritiska råmaterialakten (Critical Raw Materials Act) som syftar till att säkra EU:s tillgång till kritiska råmaterial med hållbara och resilienta värdekedjor (European Commission, 2023). Detta ska, enligt föreslaget, ske genom att diversifiera importen, förbättra övervakningen över användningen av dessa material och tillhörande värdekedjor, öka produktion och bearbetning av råmaterial inom unionen, återvinna mer råmaterial, ha fri rörelse av produkter med kritiska råmaterial på unionens marknad och samtidigt skydda miljön genom hållbara och cirkulära flöden. Nickel och koppar är även med på EU:s lista över kritiska råmaterial men möter enbart kraven för *strategiska* råmaterial, vilket innebär att materialet är av hög strategisk betydelse, efterfrågan förväntas öka i framtiden samt att det finns svårigheter med att skala upp produktionen (European Commission, 2023). I denna rapport kommer termen kritiska råmaterial att omfatta både de kritiska och de strategiska råmaterialen som finns på EU:s lista över kritiska råmaterial. Nästan alla av EU:s kritiska råmaterial har på något sätt betydelse för energiomställningen.

Tabell 1. EU:s 2023 års lista över kritiska råmaterial, som är råvaror med hög ekonomisk betydelse för unionen samt hög risk relaterat till materialtillgången (Grohol et al., 2023). Koppar och nickel är strategiska material som inte har samma risker som de kritiska råmaterialen, men har högt strategiskt värde och risk för svårigheter att möta framtida efterfrågan (\*). Nyttillkomna råmaterial i 2023 års lista anges med kursiv text.

Kritiska råmaterial 2023			
aluminium/bauxite	gallium	litium	sällsynta
antimon	germanium	magnesium	jordartsmetaller
<i>arsenik</i>	grafit	<i>mangan</i>	(HREE och LREE)
baryt	hafnium	<i>nickel*</i>	tantal
beryllium	<i>helium</i>	niob	titan
bor/borat	kisel	platinagruppens	vanadin
flusspat	kobolt	metaller (PGM)	vismut
fosfatmineral	koks	skandium	volfram
fosfor	<i>koppar*</i>	strontium	
<i>fältspat</i>			

## Möjligheter för EU att säkra tillgång till kritiska råmaterial

Majoriteten av de kritiska råmaterialen importeras idag till EU från länder utanför unionen. Ryssland är en viktig exportör av flera kritiska råmaterial men är sällan globalt dominerande och det finns flera andra producentländer (Zetterberg et al., 2022; Unguru et al., 2022). Denna rapport fokuserar på 14 kritiska råmaterial med betydelse för energisektorns omställning för vilka Ryssland är en betydelsefull producent, detta inkluderar: germanium, kobolt, koks, fosfatmineral, nickel, palladium, platina, rhodium, skandium, titan, volfram, vanadin, ytterbium och yttrium, se tabell 2 (Carrara et al., 2023; Grohol et al., 2023). I Grohol et al. (2023) anges även i vilken del av försörjningskedjan som den mest kritiska situationen uppstår, d.v.s. där det uppstår störst risk att det inte finns tillräckligt med material. De stadier som ingår är utvinningsstadiet och processtadiet, det sistnämnda inkluderar olika typer av bearbetning som raffinering, separation och modifiering. Vilka länder som producerar material från olika stadier kan variera, exempelvis kan Ryssland vara en producent för ett material gällande utvinning men inte processteget.

Tabell 2 visar de kritiska råmaterialens användningsområden för energisektorn samt från vilka länder som EU-länder importerat från, med Rysslands andel av importen markerad. Efterfrågan på samtliga material i tabellen förväntas öka under de kommande åren i takt med växande marknad och efterfrågan på teknologier med låga växthusgasutsläpp. Bland de länder som EU-länder importerar ifrån finns exempelvis Kina, USA och Australien samt några europeiska länder som Polen och Finland. Titan, som används bland annat till elektrolysörer, stod för den högsta andelen import från Ryssland år 2016–2020; 34% i processtadiet (Grohol et al., 2023). Yttrium och ytterbium är två sällsynta jordartsmetaller som Ryssland exporterade till EU och stod för 31% av importen (Grohol et al., 2023). Ytterbium används till bland annat solceller och yttrium till exempelvis elektrolysörer (Carrara et al., 2023; SCRREN, 2023). Skandium och volfram används också till elektrolysörer samt andra komponenter som behövs i bränsleceller och elektronik. Ryssland är inte en av topp-leverantörerna till EU av skandium men globalt stod Ryssland för 17% av marknaden och inkluderas därför också i

denna översikt. Rysslands andel av EU:s import av nickel var 29% för processtadiet och 24% för fosfatmineral i utvinningsstadiet (Grohol et al., 2023). Fosfat används i litiumjärnfosfat-batterier (LFP batterier) som är ett alternativ till bland annat litiumjon-batterier som har ett högt innehåll av kobolt där de senare förväntas minska i användning på grund av kostnad och sociala aspekter kopplade till koboltutvinningen (Carrara et al., 2023). Ryssland har stått för 9% av EU:s import av volfram i processtadiet. Rodium används för bland annat olika elektroniska produkter och ingår, liksom platina och palladium, i platinagrupperns metaller (PGM). Ryssland stod för 7 % av importen av platina till EU, 13% för rodium och 29% för palladium (SCRREEN, 2023). Ryssland utgjorde 8% av EU:s import av koks, vilket används till produktion av exempelvis stål och grafit (SCRREEN, 2023). Kobolt och vanadin används till bland annat batterier och Ryssland stod för 25% respektive 44% av EU:s import (Grohol et al., 2023; SCRREEN, 2023). Ryssland hade ca 5% av EU:s import av germanium, ett material som används till elektronikkomponenter och vissa typer av solceller (Carrara et al., 2023; Grohol et al., 2023; SCRREEN, 2023).

Tabell 2. Fjorton kritiska råmaterial med betydelse för energisystemets omställning för vilka Ryssland är en betydande leverantör till EU. Listan inkluderar även länder som utöver Ryssland utförde betydande gruvdrift under år 2016–2020 samt de EU-länder som aktivt brukade dessa råmaterial under samma period. Informationen baseras på Carrara et al. (2023), Grohol et al. (2023) och SCRREEN (2023).

Kritiska råmaterial (stadium anges på rad 2)	Exempel på tillämpning med relevans för energi-omställningen	De viktigaste exportörerna till EU år 2016-2020	De största globala leverantörerna (2016–2020)	Exempel på EU-länder med tillgångar (2016–2020)
Fosfatmineral <i>Utvinningsstadiet</i>	Litiumjärnfosfat-batterier (LFP batterier)	Marocko 27% <b>Ryssland 24%</b> Finland 17% Algeriet 10%	Kina 44% Marocko 14% USA 10% Ryssland 7%	<i>Utvinning:</i> Finland
Germanium <i>Processtadiet</i>	Elektronik, satellitsolceller och fiberoptik	Kina 83% <b>Ryssland 5%</b> <sup>1</sup> Belgien 4% Tyskland 3%	Kina 83% Ryssland 5% Belgien 5%	<i>Bearbetning:</i> Tyskland, Belgien
Koks <i>Utvinningsstadiet</i>	Stål-, järn-, grafit- och aluminiumproduktion samt olika elektroniska applikationer	Polen 26% Australien 24% USA 20% <b>Ryssland 8%</b>	Kina 53% Australien 18% Ryssland 9% USA	<i>Utvinning:</i> Finland  <i>Bearbetning:</i> Belgien
Kobolt <i>Utvinningsstadiet</i>	Batterier och halvledarchip	<b>Ryssland 25%</b> USA 16% Finland 16% D.R. Kongo 9%	D.R. Kongo 63% Ryssland 7% Kanada 4%	<i>Utvinning:</i> Polen  <i>Bearbetning:</i> Tyskland, Polen, Frankrike
Nickel <i>Processtadiet</i>	Batterier, stål- och biltillverkning	<b>Ryssland 29%</b> Finland 17% Norge 10% Kanada 6% Australien 6	Kina 33% Indonesien 12% Japan 9% Ryssland 7%	<i>Utvinning:</i> Finland, Grekland  <i>Bearbetning:</i> Grekland

<sup>1</sup> Informationen är från Grohol et al. (2023), men enligt SCRREEN (2023) är Ryssland inte en betydande exportör till EU av germanium. Enligt SCRREEN (2023) står Ryssland för 5% av den globala marknaden.

Kritiska råmaterial (stadium anges på rad 2)	Exempel på tillämpning med relevans för energiomställningen	De viktigaste exportörerna till EU år 2016-2020	De största globala leverantörerna (2016–2020)	Exempel på EU-länder med tillgångar (2016–2020)
Palladium <i>Processtadiet</i>	Bränsleceller, elektroniska produkter och kondensator-tillverkning	USA 30% <b>Ryssland 29%</b> Storbritannien 22% Sydafrika 11%	Ryssland 40% Sydafrika 36% Kanada 10% USA 7%	
Platina <i>Processtadiet</i>	Bränsleceller, elektrolysörer, elektronik	Storbritannien 52% Sydafrika 18% Schweiz 8% <b>Ryssland 7%</b>	Sydafrika 71% Ryssland 12% Zimbabwe 8% Kanada 5%	<i>Bearbetning:</i> Finland
Rodium <i>Processtadiet</i>	Kemisk tillverkning, elektroniska produkter och elektrolysörer	Sydafrika 37% Storbritannien 27% <b>Ryssland 13%</b> USA 11%	Sydafrika 81% Ryssland 10% Zimbabwe 6% Kanada 3%	
Skandium <i>Processtadiet</i>	Bränsleceller, lättviktslegeringar och elektrolysörer	Storbritannien 85% Kina 6% USA 4%	Kina 67% Ryssland 17%	
Titan <i>Processtadiet</i>	Lätta höghållfasta legeringar, biltillverkning och elektrolysörer	Kazakstan 36% <b>Ryssland 34%</b> Kina 9% Schweiz 5%	Kina 43% Japan 26% Ryssland 20% Kazakstan 36%	
Volfram <i>Processtadiet</i>	Elektrolysörer, verktyg för gruvdrift och legeringar t.ex. för elektronik.	Kina 31% Österrike 19% Vietnam 14% <b>Ryssland 9%</b>	Kina 86% USA 4% Ryssland 3% Vietnam 3%	<i>Utvinning:</i> Österrike, Spanien, Portugal  <i>Bearbetning:</i> Österrike
Vanadin <i>Processtadiet</i>	Legeringar, kemiska katalysatorer, batterier, energilagring och bränsleceller	<b>Ryssland 44 %</b> Sydkorea 17% Sydafrika 16% Kina 12%	Kina 62% Ryssland 10% Sydafrika 8% Brasilien 5%	
Ytterbium <i>Processtadiet</i>	Solceller, legeringar, magneter	Kina 61% <b>Ryssland 31%</b> USA 4%	China 68% Australia 10% USA 9% Myanmar 8%	
Yttrium <i>Processtadiet</i>	Bränsleceller, elektrolysörer	Kina 61% <b>Ryssland 31%</b> USA 4%	China 68% Australia 10% USA 9% Myanmar 8%	

För att säkra den framtida tillgången på kritiska råmaterial är en diversifierad import viktigt för att EU inte ska vara beroende av vare sig Ryssland eller ett fåtal andra länder (Zetterberg et al., 2022). De länder som leder den globala handeln med dessa 14 kritiska råmaterial och de länder inom EU som idag utviner eller bearbetar dessa råmaterial presenteras i tabell 2, baserat på data från år 2016–2020 (Grohol et al., 2023). Gällande globala leverantörer är Kina, Australien, USA, Sydafrika och Kanada viktiga aktörer i omfattning och/eller innehar flera av dessa kritiska råmaterial. Men alla länder i tabellen skulle kunna vara möjliga exportörer till EU av dessa råmaterial i framtiden.

En annan strategi för att minska importberoendet är att utvinna mer kritiska råmaterial i EU. Kartläggningar har visat att det finns betydande tillgångar av kritiska råmaterial inom EU. Exempelvis finns det sällsynta jordartsmetaller och kobolt i Sverige<sup>2</sup>, litium i Portugal och platina i Finland (European Commission, 2020; Goodenough et al., 2016). Det ska även finnas exempelvis vanadin, titan, palladium, rodium och volfram i flera av de nordiska länderna (Pasi Eilu et al., 2021). Dessa tillgångar har inte inkluderats i tabell 2 ovan eftersom det inte finns någon gruvdrift i dagsläget.

Enligt Goodenough et al. (2016) har Europa tillgångar som kan täcka behovet av sällsynta jordartsmetaller inom överskådlig framtid, men mer hållbara utvinningsmetoder behövs. Det är även låg acceptans för gruvbrytning i många EU-länder, långa och komplicerade tillståndsprocesser samt brist på investeringar för att utforska dessa källor (European Commission, 2020). Den framtida efterfrågan av nytt råmaterial skulle kunna minskas genom exempelvis återvinning och materialsubstitution, men nya uttag av råmaterial skulle fortfarande behövas (IEA, 2022) Djuphavsgruvbrytning är en annan möjlighet som dock är kontroversiell på grund av negativ påverkan på biodiversitet (Stallard, 2024).

## Miljöpåverkan kopplat till utvinning och framställning av kritiska råmaterial

Gruvdrift har betydande påverkar på miljön. Oavsett vart materialutvinningen sker utsätts den lokala miljön för stor påfrestning, exempelvis genom förstörelse av habitat, föroreningar, hotad biodiversitet och skador på olika naturresurser (IEA, 2022; Naturvårdsverket, 2023). Enligt bland annat FN påverkar gruvdrift i allmänhet alla globala hållbarhetsmålen men med särskilt stor påverkan på 11 av de 17 hållbarhetsmålen (Columbia Center on Sustainable Investment et al., 2016; Gankhuyag & Gregoire, 2018), se figur 1. Gällande de miljörelaterade hållbarhetsmålen har gruvdrift särskilt betydande påverkan på **mål 6 Rent vatten och sanitet för alla**, **mål 7 Hållbar energi för alla**, **mål 13 Bekämpa klimatförändringar** och **mål 15 Ekosystem och biologisk mångfald**.

Typ och storlek på miljökonsekvenser varierar beroende på flera olika faktorer, exempelvis i vilket land som utvinningen sker och hur den går till, berget och omgivningens egenskaper, materialet som utvinns och vilka resurser som behövs för att framställa ett visst material (till exempel kemikalier, vatten och energi) (Gankhuyag & Gregoire, 2018; Naturvårdsverket, 2023). Även regler, lagar och krav kring miljöstandard för gruvor i ett land och hur väl dessa följs har betydelse för miljöpåverkan.

---

<sup>2</sup> Som exempel se <https://lkab.com/press/lkab-tar-forsta-steget-mot-produktion-av-strategiska-och-kritiska-ramaterial/>



Figur 1. Gruvdriftens generella påverkan på olika globala hållbarhetsmål (Gankhuyag & Gregoire, 2018; Columbia Center on Sustainable Investment et al., 2016). De mål som påverkas särskilt mycket enligt källorna är markerade med en större ruta.

## Vatten (hållbarhetsmål 6)

Vatten kan påverkas negativt av gruvdrift dels genom vatten som används i processer, dels vatten som får kontakt med gruvdriften, exempelvis nederbörd (Naturvårdsverket, 2023). Generellt kräver gruvdrift stora volymer av vatten vilket skapar konkurrens med annan vattenanvändning på platser där vattentillgången redan är ansträngd (IEA, 2022). Dessutom finns det risker för föroreningar genom avrinning, avfall och avloppsvatten. Vatten som används i gruvdriften behöver släppas ut om det inte cirkuleras och vatten som har direkt kontakt med olika material kan laka gifta ämnen (Naturvårdsverket, 2023). Ofta har gruvorna system för att rena vattnet men detta kan variera mellan olika platser.

Ett exempel på förorening via vatten är miljön i området Norilsk i Ryssland som skadades av surt regn orsakat av svaveldioxidutsläpp från en av världens främsta producenter av palladium, nickel, kobolt, platina och koppar (Norilsk Nickel) (Lavelle, 2021). På denna plats har flera föroreningsskandaler ägt rum och platsen sägs vara en av de mest förorenade platserna i världen (Lavelle, 2021; Fioletov et al., 2016). Ett annat exempel är ett läckage av tungmetaller till grundvatten samt exponering av radioaktiv metall vid en gruva där skandium utvanns i Kina (Liang et al., 2014). Skandium erhålls främst som en biprodukt vid bearbetning av andra metaller (till exempel aluminium och sällsynta jordartsmetaller) och det finns flera incidenter av olika miljöskador som generats av dessa processer, bland annat föroreningar via luft (Ghosh et al., 2023).

## Ekosystem och biologisk mångfald (hållbarhetsmål 15)

Enligt Monteiro et al. (2019) är det inte möjligt att bevara ekosystemet runt en gruva när gruvan är aktiv vilket kan påverka till exempel biologisk mångfald negativt. Även när gruvor har stängts kan avfall och kvarlämnade objekt fortsätta att orsaka föroreningar och miljöförstörelse. Exempelvis undersökte Liu et al. (2022) en övergiven gruva för volfram i Kina och fann föroreningar i jorden överskridandes riktlinjer för industriella områden vilket innebär en signifikant hälsorisk. Ett annat exempel är en soptipp för gruvavfall i Ryssland som visade föroreningar av nickel i jord och vattnet som var 3–80 gånger högre än acceptabel koncentration (det högsta uppmätta värdet var 4738 gånger så högt) (Nevskaya et al., 2019). Flera andra typer av föroreningar fanns också på platsen. Ett exempel relaterat till Sverige är ett fall då det svenska företaget Boliden skickade ca 20 000 ton giftigt avfall som innehöll bland annat arsenik, järn, guld, bly och silver från deras smältverk (Boliden, 2023). Avfallet transporterades till en plats i Chile där ett chilenskt företag skulle behandla avfallet. Avfallet hanterades inte på ett bra sätt och förorenade området. Dessutom expanderade bostadsområdet vilket gjorde att människor (runt 1200 personer) fick hälsoproblem (United Nations Human Rights, 2021). Boliden har inte blivit dömd för något brott och avfallet fortsätter att förorena området vilket har generat kritik från bland annat FN-experter. Miljöeffekter från gruvdrift riskerar generellt att vara långvariga och påverka omkringliggande områden (IEA, 2022; Naturvårdsverket, 2023).

## Klimat och energi (hållbarhetsmål 7 och 13)

För flera kritiska råmaterial är växthusgasutsläppen en betydande del av deras totala miljöpåverkan, ofta på grund av energiintensiva processer som till exempel för nickel, koks och kobolt (SCREEN, 2023). Wang et al. (2020) undersökte miljöpåverkan av skandiumproduktion i Kina genom en livscykelanalys med tio olika miljöpåverkanskategorier (inkluderandes påverkan bland annat på vatten, land och atmosfär). Kategorierna klimatpåverkan och icke-cancerogen giftighet (för människor) hade mest väsentliga miljöpåverkan. Utvinningen och separationsprocessen för skandium bidrog mest till växthusgasutsläpp, vilket stämmer även för många andra sällsynta jordartsmetaller (Nuss och Eckelman, 2014).

Nuss och Eckelman (2014) har utfört en livscykelanalys av 63 metaller (från "vaggan till grinden") som inkluderade processtegen gruvdrift och bearbetning. Resultatet för påverkan på klimat, försurning på land, övergödning i sötvatten och toxicitet för människor (både cancerogen och icke-cancerogen) för 12 av de 14 studerade kritiska råmaterialen som diskuteras i denna rapport sammanfattas i tabell 3. Rodium och platina hade högst miljöpåverkan. Klimatpåverkan och energiintensitet är oftast kopplade vilket gör att de material som har ett betydande energibehov vid utvinning-/produktionsstadiet tenderar ha en hög klimatpåverkan, vilket även stämmer för resultatet av denna studie. Studien är visserligen några år gammal men det verkar saknas nyare studier som så brett jämför miljöpåverkan för flera olika kritiska råmaterial. Miljöpåverkan kan därmed vara något annorlunda idag, till exempel kan klimatpåverkan vara lägre på grund av förbättrad klimatprestanda på el, ökad elektrifiering av gruvdriften och mer energieffektiva processer generellt. Dessutom är studien baserad på globala medelvärden och miljöpåverkan kan därmed variera beroende på i vilket land utvinning/produktion sker. Trots detta ger studien en intressant överblick av metallernas potentiella miljöpåverkan.



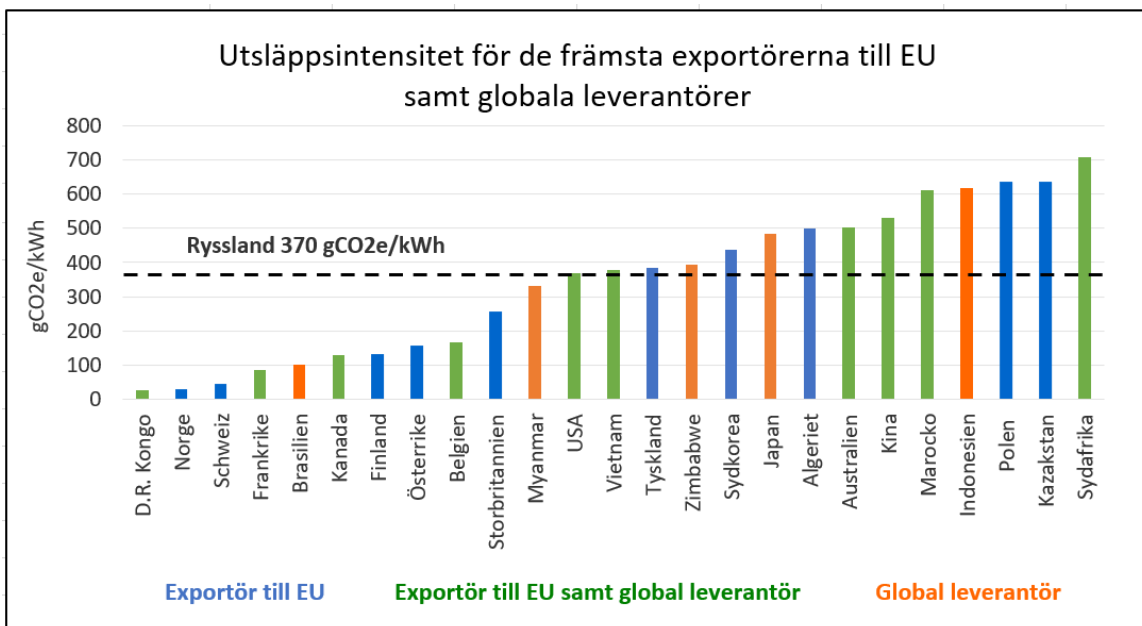
Tabell 3. Uppskattad miljöpåverkan, ur ett livscykelperspektiv, för 12 av de 14 studerade kritiska råmaterialen med avseende på klimat, försurning, övergödning och toxicitet, baserat på Nuss & Eckelman (2014). Påverkan anges på en skala från grön (lägst påverkan) till röd (högre påverkan).

Kritiska råmaterial	Klimatpåverkan (kg CO <sub>2</sub> e/kg)	Försurning på land (kg SO <sub>2</sub> -e/kg)	Övergödning i sötvatten (kg P-e/kg)	Toxicitet för människor
Germanium (Ge)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Kobolt (Co)	Green	Green	Green	Green
Nickel (Ni)	Green	Yellow	Green	Light Green
Palladium (Pd)	Yellow	Orange	Yellow	Yellow
Platina (Pt)	Orange	Orange	Orange	Orange
Rodium (Rh)	Red	Red	Red	Red
Skandium (Sc)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Titan (Ti)	Yellow	Green	Green	Green
Volfram (W)	Green	Green	Green	Light Green
Vanadin (V)	Green	Green	Green	Green
Ytterbium (Yb)	Yellow	Light Green	Yellow	Yellow
Yttrium (Y)	Green	Green	Green	Green

## Exempel på analys av miljöpåverkan - klimat

Ett sätt att grovt uppskatta klimatpåverkan för framställning av kritiska råmaterial från olika länder är att jämföra växthusgasutsläpp för den nationella elproduktionen (även om energibehovet förstås är viktig för faktisk påverkan). Detta kan ge en indikation på vilka länder som i nuläget kan framställa kritiska råmaterial med låga respektive höga växthusgasutsläpp, vilket påverkar materialens miljöpåverkan. För att göra en mer heltäckande analys hade även andra faktorer behövts inkluderas, exempelvis energiintensitet från olika processer, tillhörande transporter och vilka energikällor gruvföretagen använder specifikt, men för denna korta rapport begränsas analysen till nationell växthusgasutsläppsintensitet.

Rysslands elproduktion motsvarar ca 370 gCO<sub>2</sub>e/kWh (Our World in Data, 2022). I jämförelse med de andra länder som EU-länder importerar de 14 studerade kritiska råmaterialen ifrån så har följande länder samma eller högre växthusgasutsläppsintensitet än Ryssland: USA, Vietnam, Tyskland, Sydkorea Algeriet, Australien, Kina, Marocko, Polen, Kazakstan och Sydafrika (se figur 2) (Our World in Data, 2022). De länder som EU-länder importerar ifrån som har lägre utsläppsintensitet än Ryssland är Storbritannien, Belgien, Österrike, Finland, Kanada, Schweiz, Norge och D.R. Kongo. Dessa länder levererar följande material: germanium, nickel, kobolt, fosfat, rhodium, skandium, titan, volfram, palladium, platina och rodium. I figur 2 visas även utsläppsintensiteten för världens fyra största leverantörer av de 14 kritiska råmaterialen. De EU-länder som också har dessa materialtillgångar har alla lägre växthusgasutsläpp från sin elproduktion än Ryssland med undantag för Tyskland och Polen (Our World in Data, 2022).



Figur 2. Växthusgasutsläppsintensiteten för elproduktion för länder som exporterar de studerade kritiska råmaterialen till EU-länder och/eller är ledande globala leverantörer av dem (Our World in Data, 2022)

En minskad import av kritiska råmaterial till EU från Ryssland som ersätts med import från andra länder kan därmed ge ökade eller minskade växthusgasutsläpp. Förutsättningarna varierar dock med materialet. För kobolt finns det fyra länder som har lägre utsläppsintensitet än Ryssland. För nickel, palladium, platina och rodium har tre länder lägre utsläppsintensitet. För fosfatmineral, skandium, volfram, ytterbium och yttrium har två länder lägre utsläppsintensitet och för germanium, koks, titan och vanadin har enbart ett land per material lägre utsläppsintensitet. Dock studerades för denna rapport endast de fyra största leverantörerna för varje material och därmed kan det finnas fler relevanta länder med låg utsläppsintensitet. Därtill kommer sannolikt utsläppen för elproduktion att minska framöver när energisystemet ställs om mot högre andel förnybar elproduktion. Det har till exempel skett i Sverige som enligt Our World in Data (2023) hade en utsläppsintensitet för elen på 45 gCO<sub>2</sub>e/kWh år 2022, men som enligt Energimyndigheten (2023) nu uppgår till 26 gCO<sub>2</sub>e/kWh.

## Möjligheter att minska klimat- och miljöpåverkan

Syftet med denna korta rapport är att belysa energisystemets framtida behov av kritiska råmaterial ur ett miljöperspektiv och koppla det till EU:s ambition om att minska beroendet av Ryssland. Det finns flera risker för negativ miljöpåverkan vid produktion av kritiska råmaterial. För att energisystemets omställning ska ske på ett så hållbart sätt som möjligt är det viktigt med ökad kunskap kring miljöpåverkan för olika kritiska råmaterial samt hur den varierar mellan material och mellan de länder som materialet produceras i.

Det är inte uppenbart vilka länder som producerar material med låg miljöpåverkan ur ett systemperspektiv men för klimatpåverkan är växthusgasprestandan för den el som används viktig. Det finns risk för både ökad och minskad miljöpåverkan som följd av minskad import av kritiska råmaterial från Ryssland beroende på vilket land man byter till. Ryssland har relativt hög växthusgasutsläppsintensitet för sin el och det finns flera länder med lägre utsläpp för

elproduktion som, ur detta perspektiv skulle vara bättre att importera ifrån, exempelvis Österrike, Finland, Kanada, Schweiz och Norge. Dessutom finns möjligheter att starta upp utvinning i andra länder som till exempel Sverige som har el med låga klimatpåverkan och ett relativt utvecklat regelverk gällande miljö och gruvverksamhet. Möjligen skulle det ur ett övergripande miljöperspektiv vara fördelaktigt att flytta produktionen till länder som exempelvis Sverige (Aspeqvist & Gunnarsson, 2023) men detta behöver analyseras mer i detalj.

Trots att Ryssland är viktig leverantör av flera råmaterial behöver inte Ryssland ha en väsentlig påverkan på EU:s möjligheter att genomföra energiomställningen då andra alternativ finns (Zetterberg et al., 2022). Det finns trender och intressen för att öka produktionen av kritiska råmaterial i Europa (Zetterberg et al., 2022), vilket kan ge minskad miljöpåverkan om det till exempel sker i ett land med låga växthusgasutsläpp från elproduktionen och leder till kortare transportsträckor. Samtidigt behöver EU då hantera annan miljöpåverkan som kommer med gruvdrift.

## **Åtgärder för att minska miljöpåverkan från materialutvinning**

Import av kritiska råmaterial gör att EU:s energiomställning leder till miljöpåverkan i andra länder. Det är viktigt att begränsa miljöpåverkan kopplat till kritiska råmaterial som behövs för energiomställningen eftersom efterfrågan förväntas öka drastiskt. Det finns olika åtgärder och metoder för att minska miljöpåverkan från kritiska råmaterial. En viktig åtgärd är ökad återvinning. Det finns betydande mängder av avfall som innehåller kritiska råmaterial som skulle kunna omvandlas till värdefulla insatsvaror i energiomställningen samtidigt som skadliga effekter från giftigt avfall minskar (Balaram, 2019). Bland de kritiska råmaterialen återvinns inom EU idag 42% av volfram, 22% av kobolt, 16% av nickel, 12% av palladium/platina/rhodium, 6% av vanadin och 1% titan medan 0% återvinns av exempelvis fosfatmineral och skandium (Grohol et al., 2023). Teoretisk skulle återvinning kunna täcka en betydande del av resursbehovet, men praktiskt är det en liten del som återvinns. Detta beror delvis på att återvinning är svårt då det ofta handlar om små mängder material i elektroniska produkter, utmaningar kring separering och rening av material samt att återvinning är en kostsam process vilket gör det billigare att använda nytt material i stället för återvunnet.

En annan åtgärd är materialsubstitution där man försöker ersätta kritiska råmaterial med andra material som finns i större tillgångar och/eller med lägre miljöpåverkan. Dock kan materialsubstitution ofta leda till att produktens prestanda och/eller kvalitet blir annorlunda eller sämre samt kan generera högre kostnader och eventuellt andra risker för hälsan och miljön (Henckens, 2021). Vissa material är väldigt svåra, om inte omöjliga, att ersätta på grund av deras speciella egenskaper, som till exempel volfram som är mycket tåligt under extrema förhållanden (Tkaczyk et al., 2018). De komplicerade utmaningarna med substitution utgör ytterligare ett skäl till att investera i återvinning. Ett alternativ hade kunnat vara att delvis byta ut det kritiska materialet till något mer lättillgängligt material, men att blanda material gör det också svårare att återvinna eftersom sammanställningen blir mer komplex (Tkaczyk et al., 2018). Man kan även arbeta innovativt med alternativ som kräver mindre mängd material men behåller samma prestanda (Henckens, 2021; Zetterberg et al., 2022).

Vidare kan lagkrav och regler begränsa gruvdriftens miljöpåverkan (Naturvårdsverket, 2023). Exempelvis genom att sätta upp förbud och ställa krav på företags ansvar över miljöeffekter. Ibland används även kompenserande åtgärder då man till exempel betalar en regelbunden avgift baserat på företagets vinst där avgiften går till projekt som gynnar det lokala samhället (Monteiro et al., 2019). Det finns ytterligare styrmedel som kan minska miljöpåverkan såsom att subventionera produkter med återvunnet material, använda olika typer av beskattning, främja design som underlättar återvinning och begränsa användningen av kritiska råmaterialen till viktiga produkter där alternativ saknas (Henckens, 2021). Dock kommer det inte finnas åtgärder för all typ av miljöpåverkan, exempelvis förändring av landskap och förstörelse av habitat. Målkonflikter, avvägningar och eventuell acceptans av en viss nivå av påverkan kommer fortsätta vara en utmaning.

## Mer kunskap behövs

Det finns ett behov av fördjupade analyser av olika typer av miljöpåverkan för olika kritiska råmaterial som är viktiga för energisystemets omställning. För att möjliggöra detta behövs ytterligare metodutveckling. Vidare behövs en mer djupgående och uppdaterad analys kring vilka steg i värdekedjan för olika material som ger upphov till miljöpåverkan av olika slag för att identifiera de mest väsentliga och hur de kan minimeras. Det finns även behov av analyser gällande i vilken utsträckning olika kritiska råmaterial behövs för att förverkliga olika scenarier för energisystemets omställning i Sverige och norra Europa, vilket tas fram inom till exempel NEPP.

Dessutom skulle man kunna vidare undersöka gruvdriftens påverkan på andra globala hållbarhetsmål så som mål 9 *Hållbar industri, innovationer och infrastruktur*, mål 12 *Hållbar konsumtion och produktion* och mål 16 *Fredliga och inkluderande samhälle*. Det finns flera ekonomiska och sociala aspekter att analysera. Gruvdriftens möjligheter att bidra till ekonomisk utveckling behöver till exempel vägas mot riskerna för att vissa grupper missgynnas ekonomisk och mot möjliga hälsoproblem. Det är väsentligt att analysera hur olika grupper i samhället påverkas av gruvdriften, exempelvis de som är involverade i gruvdriften respektive ursprungsbefolkningen vars kultur och ekonomi kan riskeras att ta skada av gruvdrift (exempelvis samernas rennäring i Norden). Det är även intressant att studera i vilken utsträckning det ökade trycket på företag att redovisa hållbarhetsaspekter av de produkter och processer som deras verksamhet är förknippad med bidrar till ökad kunskap om utvinning och bearbetning av kritiska råmaterial. Sammantaget har kritiska råmaterial en omfattande påverkan som bidrar både positivt och negativt till samhället och därmed behöver scenarier över energisystemets omställning generellt analyseras från ett brett hållbarhetsperspektiv.

## REFERENSER

- Aspeqvist, L., & Gunnarsson, E. (2023). Impact of battery material supply chains on the sustainable development goals global versus domestic sourcing for Swedish electric cars.
- Balaram, V. (2019). Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 10(4), 1285–1303. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.12.005>
- Boliden. (2023). Information concerning export to Chile. <https://www.boliden.com/sustainability/case-studies/in-focus/information-concerning-export-to-chile/>.
- Carrara, S., Bobba, S., Blagoeva, D., et al. (2023). Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU a foresight study. JRC Science for policy report. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC132889>
- Columbia Center on Sustainable Investment, UNDP, UN Sustainable Development Solutions Network, & World Economic Forum. (2016). Mapping Mining to the Sustainable Development Goals: An Atlas.
- Energimyndigheten. (2023, April 19). Växthusgasberäkning. <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslagen/fragor-och-svar/vaxthusgasberakning/>
- European Commission. (2023). Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020. <https://doi.org/10.2760/386650>
- European Commission. (2020). Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability. <http://info.worldbank.org/governance/wgi/>.
- Fioletov, V. E., McLinden, C. A., Krotkov, N., et al. (2016). A global catalogue of large SO<sub>2</sub> sources and emissions derived from the Ozone Monitoring Instrument. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(18), 11497–11519. <https://doi.org/10.5194/acp-16-11497-2016>
- Gankhuyag, U., & Gregoire, F. (2018). Managing mining for sustainable development. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/UNDP-MMFSD-HighResolution.pdf>
- Ghosh, A., Dhiman, S., Gupta, A., & Jain, R. (2023). Process Evaluation of Scandium Production and Its Environmental Impact. In *Environments* (Vol. 10, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/environments10010008>
- Goodenough, K. M., Schilling, J., Jonsson, E., et al. (2016). Europe's rare earth element resource potential: An overview of REE metallogenetic provinces and their geodynamic setting. *Ore Geology Reviews*, 72, 838–856. [doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.09.019](https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.09.019)
- Grohol, M., Veeh, C., & European Commission. (2023). Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 – Final Report.

- Henckens, T. (2021). Scarce mineral resources: extraction, consumption and limits of sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105511>
- International Energy Agency. (2022). The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions. [www.iea.org/t&c/](http://www.iea.org/t&c/)
- Lavelle, M. (2021, December 10). How Norilsk, in the Russian Arctic, became one of the most polluted places on Earth. *Inside Climate News*.
- Liang, T., Li, K., & Wang, L. (2014). State of rare earth elements in different environmental components in mining areas of China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186.
- Liu, S., Yuan, R., Wang, X., & Yan, Z. (2022). Soil tungsten contamination and health risk assessment of an abandoned tungsten mine site. *Science of the Total Environment*, 852. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158461>
- Monteiro, N. B. R., da Silva, E. A., & Moita Neto, J. M. (2019). Sustainable development goals in mining. *Journal of Cleaner Production*, 228. [doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.332](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.332)
- Naturvårdsverket. (2023). Miljöeffekter av elektrifiering av transporter.
- Nevskaya, M. A., Seleznev, S. G., Masloboev, V. A., et al. (2019). Environmental and business challenges presented by mining and mineral processing waste in the Russian federation. *Minerals*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/min9070445>
- Nuss, P., & Eckelman, M. J. (2014). Life cycle assessment of metals: A scientific synthesis. *PLoS ONE*, 9(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101298>
- Our World in Data, Ember's Yearly Electricity Data, Ember's European Electricity Review, & Energy Institute Statistical Review of World Energy. (2023). Carbon intensity of electricity. <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity>
- Pasi Eilu, A., Häkkinen, T., Pokki, J., et al. (2021). The Nordic supply potential of critical metals and minerals for a Green Energy Transition. <https://www.nordicinnovation.org/2021/nordic-supply-potential-critical-metals-and-minerals->
- Stallard, E. (2024, Jan 9). Deep-sea mining: Norway approves controversial practice. *BBC*.
- Tkaczyk, A. H., Bartl, A., Amato, A., et al. (2018). Sustainability evaluation of essential critical raw materials: Cobalt, niobium, tungsten and rare earth elements. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 51(20). <https://doi.org/10.1088/1361-6463/aab99>
- Unguru, M., Georgitzikis, K., Ciupagea, C., & Garbossa, E. (2022). Russian trade in non-food raw materials Focus on EU-Russia trade relations. <https://doi.org/10.2760/837284>
- United Nations Human Rights. (2021, June 7). Chile: Nearly 40 years on, still no remedy for victims of Swedish toxic waste – UN experts.
- Wang, L., Wang, P., Chen, W. Q., et al. (2020). Environmental impacts of scandium oxide production from rare earths tailings of Bayan Obo Mine. *Journal of Cleaner Production*, 270. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122464>
- Zetterberg, L., Johnsson, F., & Elkerbout, M. (2022). Impacts of the Russian invasion of Ukraine on the planned green transformation in Europe

#### KONTAKT:

MARIKA OLSSON och JULIA HANSSON, IVL Svenska Miljöinstitutet/IVL Swedish Environmental Research Institute

#### NORDEUROPEISKA ENERGIPERSPEKTIV, NEPP

Forskningsprogrammet Nordeuropeiska energiperspektiv, Nepp, spänner över flera forskningsdiscipliner. Syftet med Nepp är att visa hur balanserade och hållbara utvecklingsvägar för energisystemen i Sverige, Norden och Nordeuropa kan åstadkommas samt hur energisystemen kan bidra till samhällets omställning i stort. Programmet fungerar som ett sammanhållande forskningskluster, där forskare från olika forskningsföretag och lärosäten anlitas för att genomföra olika studier med utgångspunkt från identifierade samhällsutmaningar. Nepp är också en mötesplats för dialog, samskapande och systemsyn för energisektorn och energiforskningen.

FORSKNINGSFÖRETAGET ENERGIFORSK ÄR PROJEKTVÄRD FÖR NEPP OCH ANSVARAR FÖR PROGRAMMETS ÖVERGRIPANDE INRIKTNING. KONSULT- OCH FORSKNINGSFÖRETAGET PROFU ÄR PROJEKTLEDARE FÖR NEPP.

