

# KAPITEL 24



**FIGUR 195.** Hans Mules Gade i Odense fotograferet mod Østre Stationsvej på en bilfri søndag i nov. 1973. Foto af Astrid Blumensaadt (1973).



# RÅSTOFKNAPHED

## RÅSTOFKNAPHED HAR MANGE ÅRSAGER – MEN INGEN ER GEOLOGISKE

Fra tid til anden er der store overskrifter i medierne om, at verden er ved at løbe tør for et eller flere råstoffer. Inden for de seneste fem år har sådanne overskrifter især handlet om forventet mangel på lithium og kobolt til batterier, sjældne jordartsmetaller til vindmøller, fosfor til gødningsstoffer, samt sand og grus til byggeriet. Tilbage i de tidlige 1970'ere handlede overskrifterne om oliemangel, hvilket fik danske politikerne til at indføre forbud mod at køre i bil om søndagen, og gadebelysningen blev slukket for at spare på olien (figur 195). Manglen på olie i Europa blev udlagt som et resultat af, at verdens olieressourcer var ved at slippe op. Tilsvarende tilskrives de manglende leverancer af lithium, kobolt, sjældne jordartsmetaller og sand og grus ofte som en geologisk mangelsituation.

Dommedagsoverskrifterne om at verdens forekomster af mineralske råstoffer er ved at være opbrugt, skyldes utilstrækkelig viden om to væsentlige forhold:

- Hvordan opgøres de geologiske ressourcer, og hvad ligger der bag tallene.

- De mange forarbejdningstrin, ofte omtalt som værdikæderne, som råstofferne skal igennem fra de forlader minen til de er forarbejdet til et materiale, der kan bruges til biler, smartphones, køkkenvaske, kunstgødning osv.

Når der fra tid til anden opstår flaskehalsproblemer i værdikæderne, opfattes dette af mange som udtryk for en geologisk mangelsituation, som så underbygges ved brug af opgørelser om reservernes størrelser, som imidlertid ikke udtrykker noget om størrelsen på verdens samlede ressourcer. Dette fører til konklusioner som der ikke er belæg for.

Men det er samtidig vigtigt, at være bevidst om, at de mineralske ressourcer ikke er uendelige, og at det derfor er nødvendigt at efterleve bl.a. FN's Verdensmål 12 om, at ressourcerne skal udnyttes ansvarligt, så der også er ressourcer til vores efterkommere. Derfor vil vi se nærmere på forskellige typer af råstofkriser, deres årsager og virkninger, så det bliver lettere at forholde sig kritisk til de overskrifter om råstoffer, som medierne fra tid til anden fremkommer med.

## DER ER FORSKELLIGE ÅRSAGER TIL RÅSTOFKNAPHED

Der kan være forskellige årsager til, at der opstår knaphed på mineralske råstoffer, og råstofknaphed opdeles derfor i forskellige typer: absolut råstofknaphed og midlertidig råstofknaphed, hvor strukturelt betinget råstofknaphed indgår.

### ABSOLUT RÅSTOFKNAPHED

Begrebet absolut råstofknaphed bruges, hvis alle geologiske reserver af et givent mineralsk råstof er brugt op, og det er umuligt at fremskaffe mere. Der kendes kun ét eksempel på, at et mineralsk råstof blev brugt op. Det er mineralet kryolit. Kryolit, et natrium-fluor-mineral, blev brudt fra minen i Ivittuut i Sydgrønland fra 1854 til 1987, hvor minen bogstavelig talt blev tømt for kryolit (figur 196). I starten brugte man kryolit til at fremstille soda; senere blev det brugt som hjælpestof til smeltning af aluminium. Kryolitminen ved Ivittuut var den eneste af sin art i verden. Da minen var tømt, fandt man ud af at fremstille kryolit syntetisk, og dermed blev det ikke et alvorligt tab for aluminiumsindustrien, at forekomsten blev

brugt op.

Til trods for at der gennem årtusinder har været et stigende pres på verdens råstoffer, og der bruges større og større mængder, har menneskene gennem tiderne udviklet teknologier til at finde og udnytte flere og flere mineralske ressourcer. Man kan derfor sige, at verden ikke har oplevet en situation med absolut råstofknaphed siden kryolitminen lukkede i 1987. Hverken stenalderen, bronzealderen eller jernalderen sluttede, fordi disse civilisationer løb tør for flint, bronze eller jern. 'Oliealderen' vil heller ikke slutte, fordi der ikke er mere olie. Årsagerne til at disse perioder slutter, skyldes især kulturelle og teknologiske ændringer, og altså ikke geologiske forhold.

#### MIDLERTIDIG RÅSTOFKNAPHED

Der kan være flere grunde til, at der opstår midlertidig knaphed efter visse mineralske råstoffer, hvilket ses i en række eksempler nedenfor.

##### Første eksempel

Hvis mineindustrien i en periode ikke kan følge med efterspørgslen på et givent rå-

**FIGUR 196.** Råstofknaphed i billeder.

**A.** Minen i Ivittuut i Grønland, der løb tør for mineralet kryolit, er det eneste hidtidige eksempel på absolut råstofknaphed. Foto fra kajen (rheden) i Ivittuut, 1898, med et antal amerikanske fragtskibe parat til at modtage en last kryolit. Skibet i forgrunden (i inderhavnen) er Kryolitselskabets eget skib S/S Fox – kaldet Gamle Fox.

**B.** Kryolitminen lukkede i 1987. Nogle af bygninger står stadig tilbage og vidner om de mange års brydning af kryolit. På den lille kirkegård er der stadig gravsten for minearbejdere, som døde i Ivittuut.

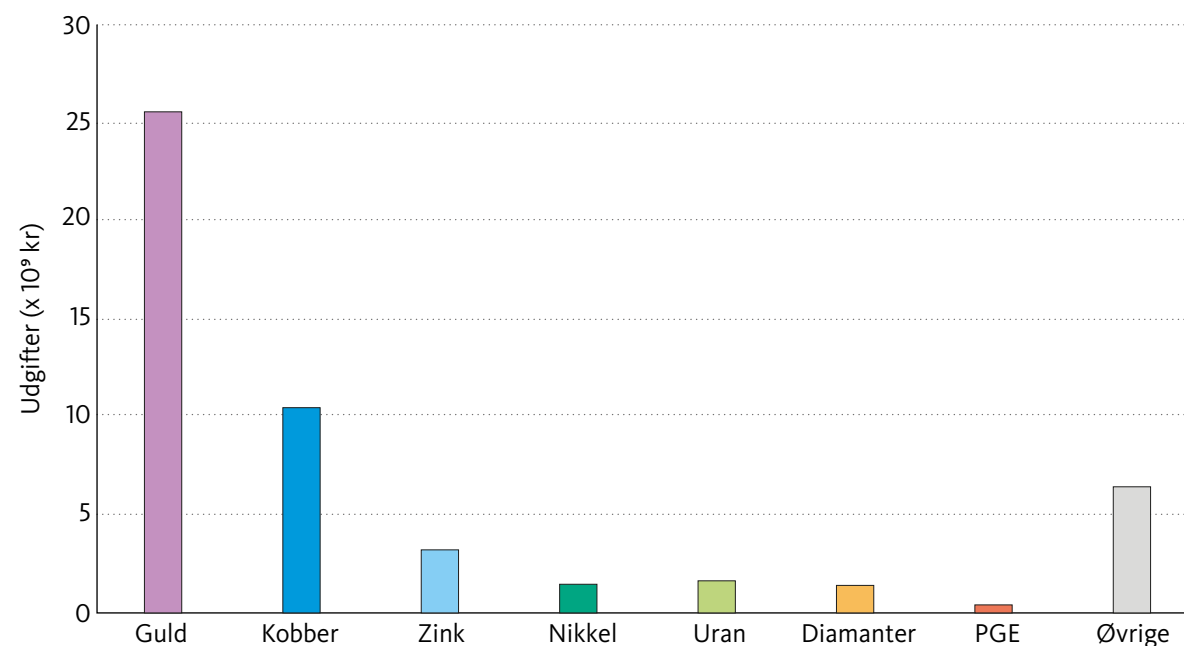
**C.** Store krystaller af jernspat (brunt) og kryolit (lyst). Som det ses af skalaen er mange af krystallerne mere end 10 cm store.

Foto A fra Ivittuut Museums arkiv, fotos B og C af Per Kalvig.



stof, vil det medføre en midlertidig råstofknaphed. Det kan for eksempel forekomme, når nye teknologier, der har brug for helt specielle råstoffer, udbredes meget hurtigt. Denne situation kendes fra udviklingen af vindkraft, som efterspørger store mængder af sjældne jordartsmetaller, og fra batterier til elbiler, som skal bruge store mængder lithium, kobolt og grafit. Hvis den midlertidige råstofknaphed bevirker, at råstofpriserne stiger, kan det medføre, at nye miner vil blive åbnet og kan afbøde den midlertidige råstofknaphed. Det skal dog bemærkes, at det tager mange år at åbne nye miner, ofte mere end 10 år, og derfor kan den midlertidige råstofknaphed vare ved i årevis.

Forudsætningen for at der kan åbnes nye miner er, at der foretages mineralefterforskning, som er den måde nye forekomster findes. Der er meget stor forskel på, hvor mange penge der bruges på efterforskning af de forskellige typer af råstoffer (figur 197). Næsten halvdelen af alle de penge der bruges på mineralefterforskning, bruges på guld, og kun en helt forsvindende del på de råstoffer som er kritiske.



#### Andet eksempel

Hvis der er efterspørgsel på et råstof, som almindeligvis kun udvindes som biprodukt ved en mine, kan der opstå knaphed, hvis der ikke samtidig er efterspørgsel på hovedproduktet. Det kunne for eksempel være udnyttelse af germanium fra zinkmalm eller gallium fra aluminiummalm. Fordi germanium og gallium begge kun findes i meget små koncentrationer, findes der ikke miner, som bryder dem som hovedprodukt, da det

**FIGUR 197.** De globale udgifter til mineral- efterforskning var i 2017 ca. 50 mia. kroner. I 2017 var metalpriserne lave, og derfor var mineralefterforskningen mindre end andre år. Opgørelsen er for gruppen af de såkaldte ikke-jernholdige metaller, og omfatter derfor ikke metallerne jern, titanium, krom og vanadium. Data fra S&P (2017).

ikke vil være økonomisk rentabelt. Mængden af germanium og gallium, som brydes, er altså helt afhængigt af, hvor meget zink og aluminium der brydes. Hvis produktionen af zink og aluminium bliver mindre, vil produktionen af germanium og gallium også blive mindre. Dette er eksempler på strukturelt betinget råstofknaphed, som det kan være svært at afhjælpe eller gribe ind over for. Men i en vis udstrækning kan denne type knaphed afhjælpes ved at bruge andre råstoffer, som har næsten de samme egenskaber, men som er lettere at fremskaffe; det kaldes for substitution.

### Tredje eksempel

Det er ikke alle efterforskningsprojekter som får myndighedernes tilladelse til at blive udnyttet. Det kan fx skyldes, at de ligger i områder, hvor der er andre aktiviteter, miljømæssige forhold, eller fordi myndighederne ønsker at beskytte området på grund af rekreative kvaliteter. Man kan sige, at mineraludvinding er i naturlig konkurrence med andre interesser, hvilket reelt kan betyde, at vi kan komme til at opleve midlertidig råstofknaphed. I Danmark kunne man forestille sig den situation, at ingen ønsker at være nabo

til en grusgrav, og hvis myndighederne støtter denne holdning, vil produktionen af sand og sten derfor på et tidspunkt stoppe, og der vil opstå knaphed. Knapheden vil ophøre, hvis vilkårene ændres, eller hvis råstofferne i stedet bliver importeret, eller kan substitueres med andre ting. Substitution for sand og grus til beton, er fx beton fra bygninger som er revet ned. I dette tilfælde kan man sige, at knapheden kan føre til en mere bæredygtig løsning, men knust genbrugsbeton vil kun kunne udgøre en meget lille andel.

### Fjerde eksempel

Knaphed på mineralske råstoffer kan opstå, hvis et land eller en virksomhed har monopoliseret minesektoren eller nogle led i værdikæden for råstofferne. Det er fx tilfældet for de sjældne jordartsmetaller, hvor Kina har kontrol over både udvinding og en betydelig del af forsyningskæderne for disse råstoffer. Med denne monopollignende situation kan Kina bestemme, hvor meget de vil sælge til hvem og til hvilke priser. En tilsvarende situation er opstået for forsyningen af kobolt, hvor langt hovedparten af de koboltholdige mineraler brydes i DR Congo men forarbejdes i Kina. Kina har især kontrol

over den del af kobolt-værdikæderne som er rettet mod fremstilling af Li-ion-batterier, og dermed har Kina en nøglerolle i verdens grønne energiomstilling. For at komme ud af den opståede forsyningsknaphed arbejder forskere udenfor Kina på at udvikle nye batterityper, som ikke skal bruge kobolt.

### Femte eksempel

De mineralske råstoffer produceres fra de mineraler, som er lettest og billigst at bearbejde, men der er i mange tilfælde også andre mineraler som ville kunne bringes i produktion. Eksempelvis brydes kobber hovedsageligt fra ca. ti forskellige mineraler, men kobber findes også i små mængder i mange andre mineraler. Det samme gælder for aluminium, som helt overvejende brydes fra to-tre forskellige mineraler, selvom aluminium findes i mange andre mineraler. Alle de mineraler, der udvindes og forarbejdes, er valgt ud fra, hvad der er teknisk muligt og samtidig billigst. En af de store omkostninger er den energi, der skal bruges for at omdanne et mineral til et brugbart råstof. Man kan derfor forestille sig, at såfremt fremtidens grønne energikilder er rigelige og billige, så øges mulighederne for at udnytte

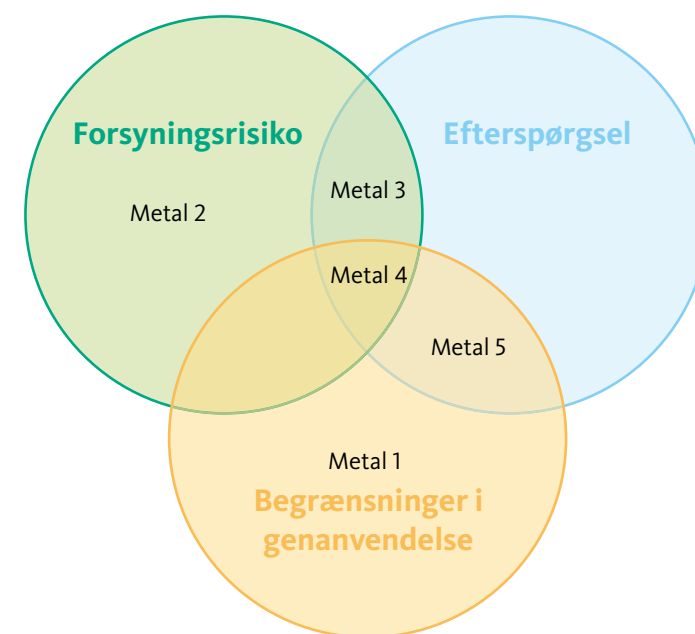
nogle af de helt almindelige mineraler, som ikke bruges i dag, fx feldspat, kvarts, amfibol og mange mange andre.

### KRITISKE RÅSTOFFER

Nogle råstoffer omtales som kritiske råstoffer; det er råstoffer, som er meget nødvendige for store og samfundsvigtige industrier, og som samtidig er vanskelige at skaffe. Hvad der er kritisk i det ene land, behøver ikke at være kritisk i et andet. Om et råstof bliver kritisk afhænger bl.a. af, hvilke industrier der dominerer i et givent land og af, hvor mangfoldige forsyningskanalerne er for råstofferne. Da både forsyningssituationen og teknologierne er dynamiske, er der altså tale om en midlertidig råstofknaphed. Men selv midlertidig råstofknaphed er alvorlig, og derfor foretager mange lande løbende vurderinger af, hvilke råstoffer de anser som kritiske råstoffer for netop deres land. Denne viden bruges til at varsle industrierne om, hvilke råstoffer der kan blive problemer med at fremskaffe (figur 198). Kritikalitet kan illustreres grafisk i forhold til råstoffets økonomiske betydning (x-akse) og den forsyningsrisiko, der er for råstoffet (y-akse) (figur 199).

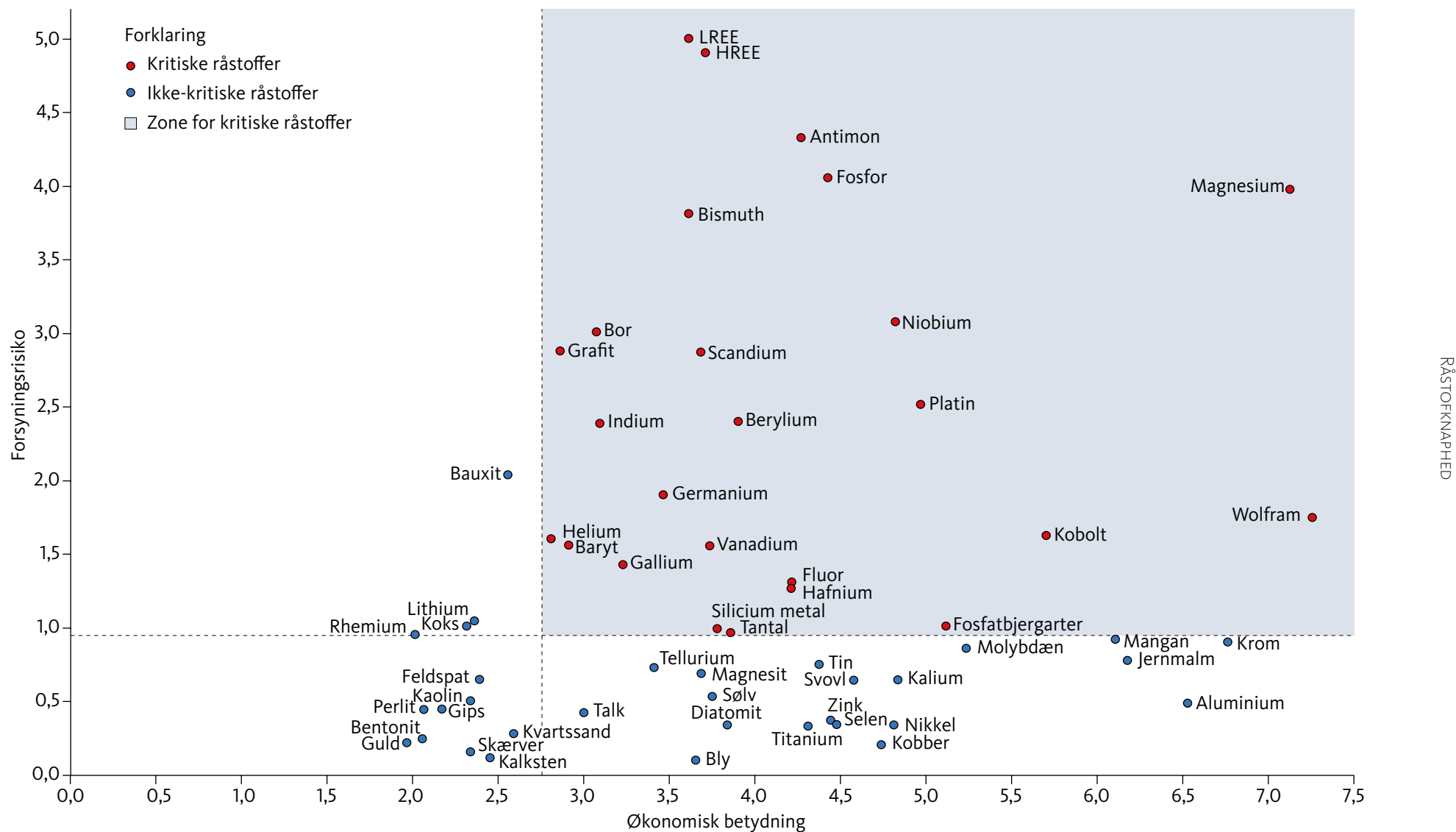
EU har kun en meget lille produktion af kritiske råstoffer (figur 200). Blandt andet derfor har EU-Kommissionen siden 2010 vurderet, hvilke råstoffer der er kritiske for den europæiske økonomi. I deres seneste rapport fra 2017 er 26 mineralske råstoffer vurderet som kritiske (figur 199). Ved disse vurderinger af forsyningssikkerheden bliver der lagt særlig vægt på de politiske og økonomiske forhold i de lande, som bryder råstofferne i minerne. Desuden vurderes i hvilket omfang lande eller virksomheder har monopolstatus på nogle råstoffer. Endelig vurderes mulighederne for at erstatte kritiske råstoffer med ikke-kritiske, samt om det kunne være muligt at genanvende kasserede produkter og derigennem supplere med genanvendte råstoffer. Den sidste løsning undersøges især for de sjældne jordartsmetaller, hvor forskere undersøger om magneter fra nedlagte vindmøller og skrottede biler kan genanvendes.

Mange af de 26 råstoffer på EU's liste omfatter råstoffer, som Kina er den dominerende producent af, og som desuden er vigtige i produktionen af grønne energiteknologier, computere, smartphones, batterier, biler og mange andre ting, som vi er afhængige af (fi-



**FIGUR 198.** Eksempler på kritiske råstoffer er metal 3 og 4. Der er både efterspørgsel og forsyningsrisiko, hvilket betyder, at industrien kan komme til at mangle vigtige råstoffer. Metal 2 kan fx være grundstoffet lithium, som der endnu er nok af, men på et tidspunkt, kan efterspørgslen øges, så det også er kritisk. Metal 1 kan fx være molybdæn og wolfram i stållegeringer, der sker store tab. Efter Buchert et al. (2009).

**FIGUR 199.** EU-Kommissionen undersøgte i 2017, hvilke råstoffer der var vigtige for den europæiske industri, og som samtidig kunne blive en mangelvare for virksomhederne og dermed var kritiske. Undersøgelsen viste, at 25 råstoffer i forskelligt omfang og af forskellige grunde var kritiske for EU. For en dels vedkommende skyldes det, at Kina har monopoliseret forsyningskæden af råstofferne. Efter Europa-Kommissionen (2017).





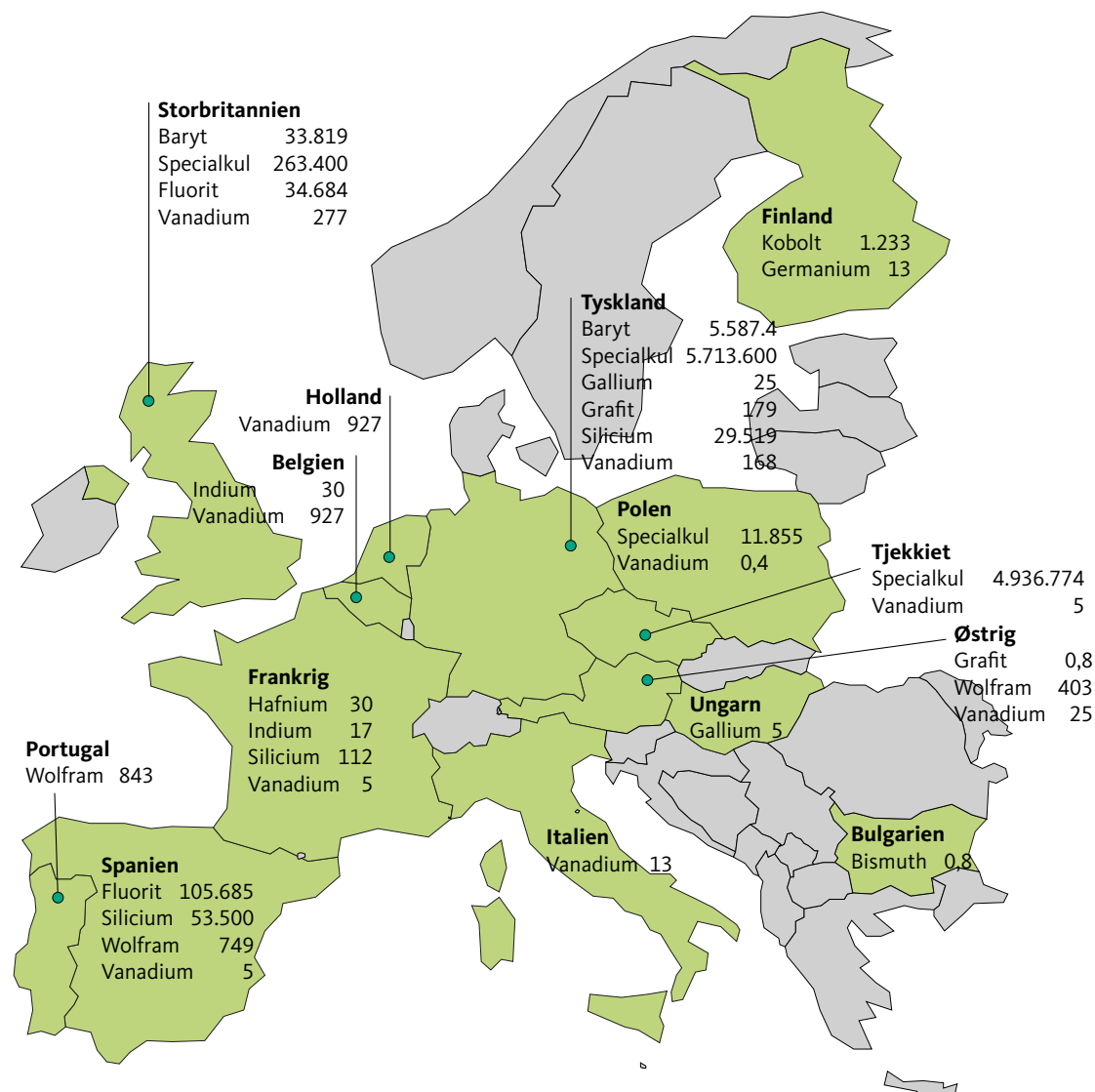
gur 199). Kinas monopollignende dominans (figur 201) på de mineralske råstoffer skyldes, at Kinas voksende økonomi og voksende middelklasse giver øget behov for råstoffer til udbygning af lokal infrastruktur og forbrugsgoder. Det skyldes også, at mange industrivirksomheder i den vestlige verden har flyttet deres produktion til Kina for at reducere deres egne omkostninger. Samlet set fører det til, at Kina skal bruge flere og flere råstoffer og desuden samtidig opnår bedre kontrol med værdikæderne.

### MIDLERTIDIG RÅSTOFKNAPHED KAN AFVÆRGES

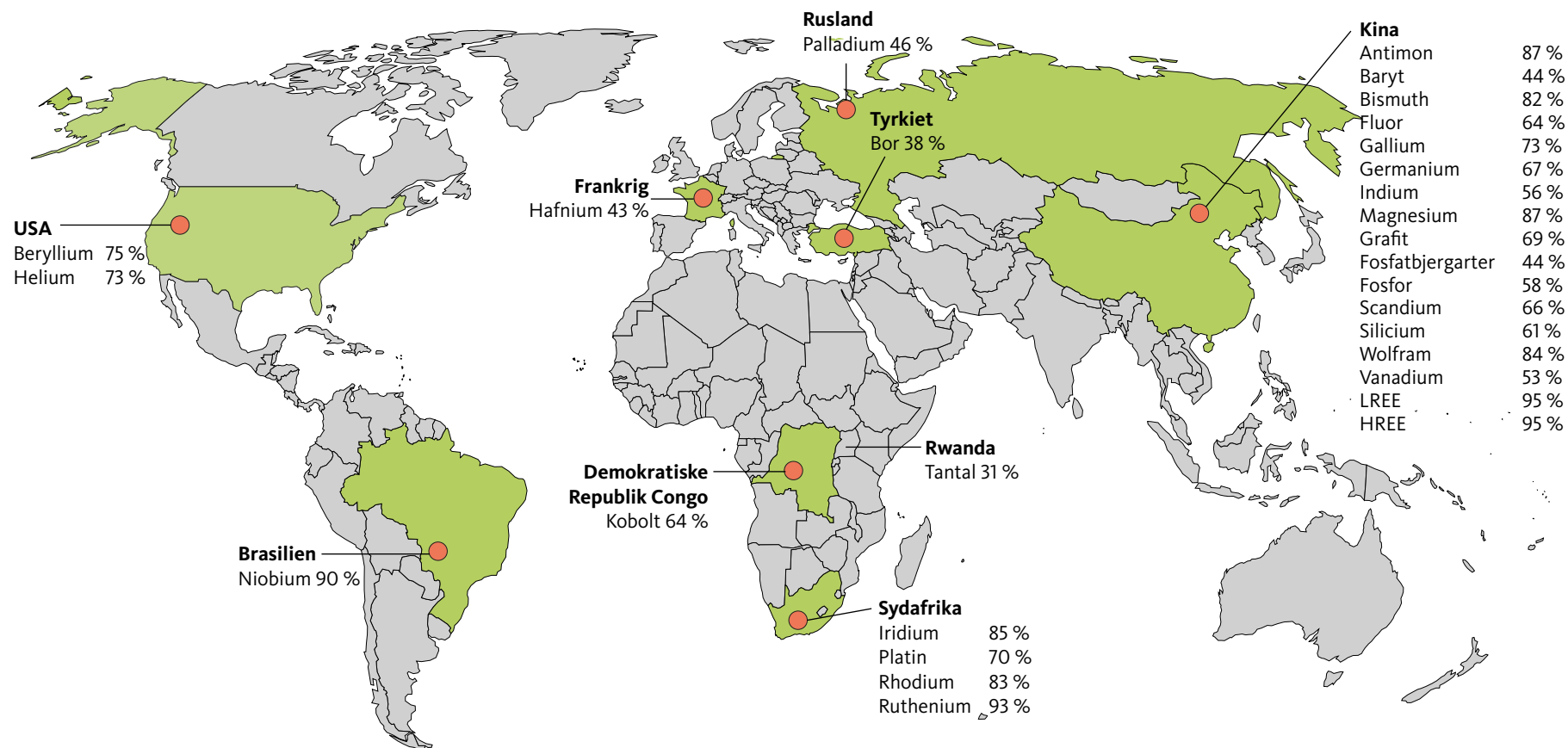
Råstofknaphed, eller råstofkriser som pressen ynder at kalde det, er altså ikke naturgivne og kan til en hvis grad afværges. Men hvis de skal undgås, er det også vigtigt, at mineselskaberne sætter flere penge af til mineralefterforskning, så fremtidens miner kan findes i god tid.

Der afsættes mange midler til mineralefterforskning, men pengene er ulige fordelt på de forskellige metaller (figur 197), fx blev der i 2017 brugt i alt ca. 50 mia. kr. til efterforskning af mineralske råstoffer (minus ikke-jernholdige metaller). Halvdelen af disse penge

**FIGUR 200.** Kort over kritiske råstoffer produceret i EU i ton. En del af råstofferne produceres som biprodukter i smelteværker; det gælder især produktionerne i Holland, Belgien og Frankrig. Efter EU-Kommissionen (2018).







blev dog brugt til at lede efter guld, et metal der ikke er stor industriel efterspørgsel på.

For at undgå råstofknaphed er det også vigtigt, at der forskes i udvikling af efterforskningsmetoder, som kan finde nye

mineralforekomster og udvikle nye effektive produktionsmetoder, som kan få metallerne ud af bjergarterne. Men der er især brug for mange forbedringer i den cirkulære økonomi i forhold til at genanvende de mineralske

**FIGUR 201.** Verdenskort over producenter af kritiske råstoffer i årene 2010-2014. Modificeret efter EU-Kommissionen (2018).

råstoffer, så de store materialetab, der er i dag, bliver mindre, og nogle af de kritiske råstoffer kan genanvendes. Hvis vi bliver bedre til at genanvende fx små elektroniske produkter, vil det kunne formindske nogle af de forsyningsproblemer, som skyldes strukturel knaphed.

Der er altså brug for, at beslutningstagere og virksomheder er opmærksomme på, hvordan nye teknologier og produkter skaber behov for adgang til flere og/eller andre råstoffer, og laver strategier for, hvordan disse behov kan opfyldes, så der ikke opstår råstofknaphed.

Jordens geologiske ressourcer er med andre ord ikke ved at slippe op. Men fra tid til anden opstår der knaphed på visse råstoffer, som hænger sammen med den måde, vores civilisation fungerer på. Uanset det faktum, at de geologiske ressourcer ikke er ved at slippe op, så er det stadig vigtigt, at vi passer godt på dem og bruger ressourcerne bæredygtigt i overensstemmelse med Verdensmål 12. De mineralske råstoffer gendannes ikke, og vi har ansvaret for, at der også er nok til fremtidens generationer.

## NØGLEBEGREBER

- Geologisk råstofmangel
- Absolut råstofknaphed
- Midlertidig råstofknaphed
- Strukturelt betinget råstofknaphed
- Kritiske råstoffer
- Substitution

## REFERENCER

Buchert, M., Schüller, D., & Bleher, D. (2009). *Critical metals for future sustainable technologies and their recycling potential*. Öko-Institut e.V., United Nations Environment Programme & United Nations University.

EU-Kommissionen. (2017). *Study on the review of the list of Critical Raw Materials Criticality Assessments*. Hentet fra [https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en)

EU-Kommissionen. (2018). *Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy - Commission Staff Working Document*. Hentet fra <http://ec.europa.eu/docsroom/documents/27348>

S&P. (2017). *Essential intelligence shapes a world of opportunity. Annual Report 2017*. Hentet fra <https://www.spglobal.com/en/annual-reports/2017/documents/spgi-ar2017.pdf>