

# KAPITEL 25



**FIGUR 202.** Tungt maskineri arbejder i en åben jernmine. Shutterstock.



# FORSYNINGSKÆDER OG VÆRDIKÆDER

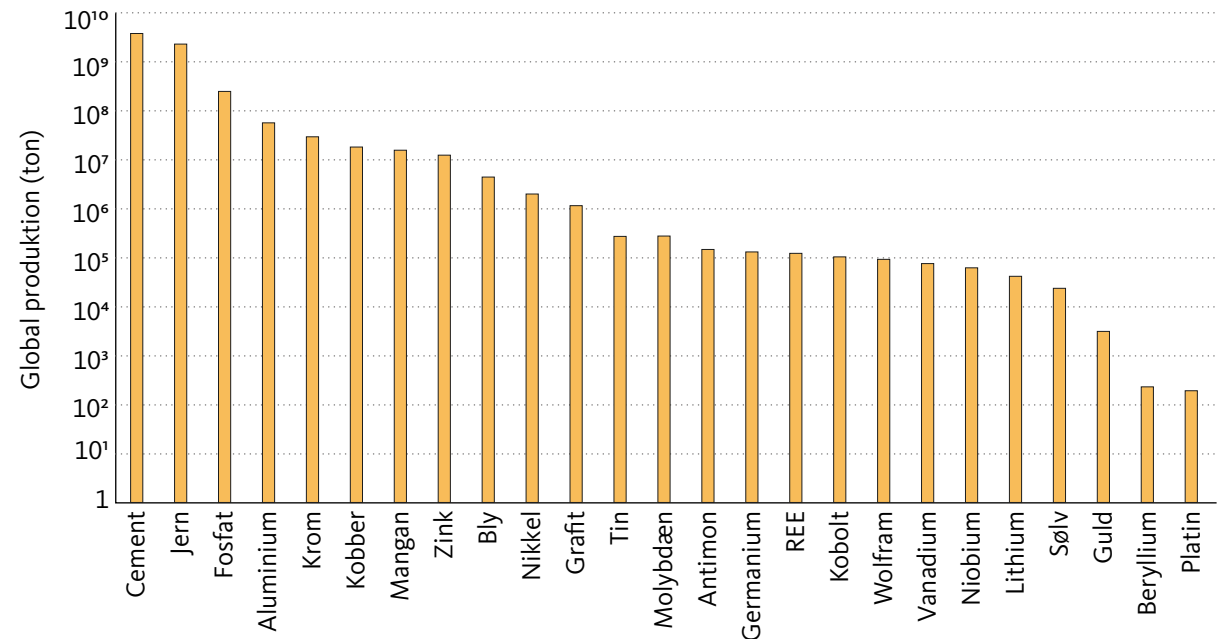
## FORBRUGET AF MINERALSKE RÅSTOFFER ER DYNAMISK

Udviklingen i et samfund har til alle tider været betinget af adgangen til mineralske råstoffer. I figur 205 ses eksempler på, hvad de mineralske råstoffer bruges til i et moderne samfund. Men hvilke råstoffer, der efterspørges, er under stadig forandring, fra stenalderssamfundets brug af flint til redskaber (figur 204. a) og vikingetidens stål til våben (figur 204. b) til vore dages forbrug af en lang række råstoffer til infrastruktur og teknologi (figur 204. c, d). Der er dog to klare tendenser i udviklingen:

- Forbruget af mineralske råstoffer vokser.
- Vores højteknologiske samfund bruger flere og flere forskellige grundstoffer.

Konsekvensen af denne udvikling er, at der til stadighed skal findes flere nye mineralforekomster for at sikre forsyninger af råstoffer til industrien.

Det voksende råstofforbrug er overordnet styret af den globale befolkningstilvækst, herunder en voksende, købekraftig middelklasse. Den stærke økonomiske vækst i lande som Brasilien, Rusland, Indien og Kina



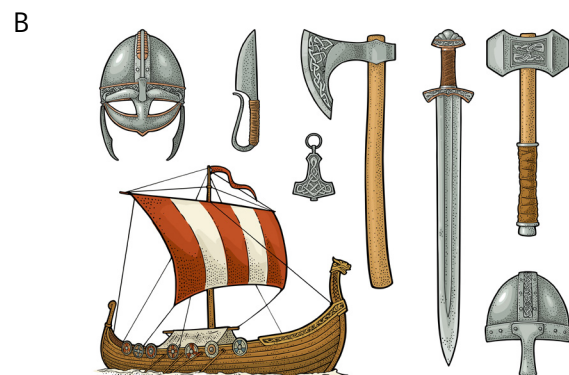
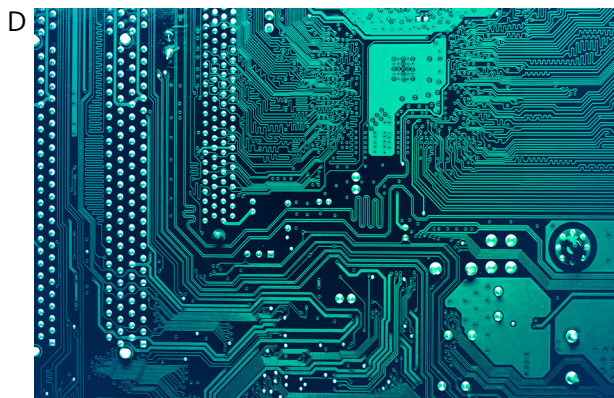
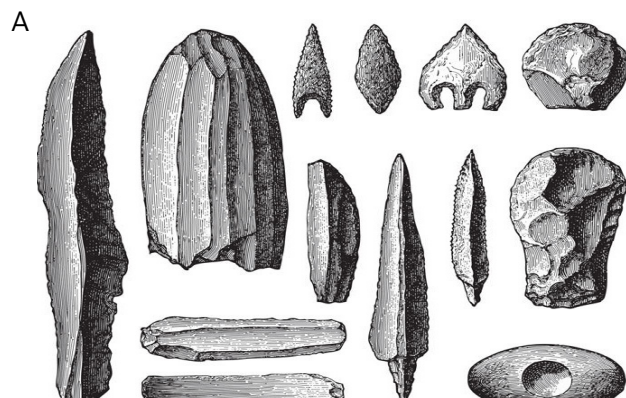
(de såkaldte BRIK-lande) har siden 1990'erne øget den globale efterspørgsel på traditionelle råstoffer som jern, kobber, bly m.fl., som bruges til bygning af huse, veje, broer og ledningsnet (figur 203).

Samtidig har innovation skabt nye teknologier inden for især kommunikation, dataformidling, energilagring og grøn energi, hvilket har øget efterspørgslen på grundstoffer, som ikke tidligere har haft stor kommerciel interesse. Det gælder fx de sjældne jordartsme-

**FIGUR 203.** Verdens samlede produktion af udvalgte råstoffer i 2017. Bemærk at y-aksen er logaritmisk.

Den største gruppe af råstoffer, sand og grus til beton, er ikke vist her, men man skønner, at der produceres ca. 80 mia. ton pr. år af denne gruppe.

Data fra USGS (2019).



**FIGUR 204.** Forsyningskæder i billeder.

**A.** Stenalderens værktøj som pilespidser, økser og knive var især lavet af flintesten.

**B.** Vikingernes værktøj og våben var lavet af metallegeringer, som gjorde dem stærke. Skibene var dog stadig lavet af træ.

**C.** I dag er værktøj helt specialiseret til bestemte opgaver. Derfor bruges der blandinger af mange forskellige metaller, så værktøjet kan opnå de rigtige egenskaber.

**D.** Der er sket flere tekniske revolutioner inden for mulighederne for at kommunikere, som alle har haft stor betydning for de råstoffer, som geologerne skal finde og minerne bryde, for at de til sidst kan ende i fx kredsløb i computere.

**E.** Cement fremstilles af brændt kalk på meget store fabrikker.

**F.** Beton bruges fx til byggelementer; fabrikken har købt sand, grus og cement, som er fremstillet andetsteds. Elementerne transporteres fra betonfabrikken til de byggepladser, hvor bygningerne skal opføres.

Fotos fra Shutterstock.

taller, niobium, tantal, gallium, germanium og lithium.

Når en virksomhed vælger at bruge et mineralsk råstof til et givent formål, vurderer virksomheden bl.a., om råstoffet har de fysiske og kemiske egenskaber, som der er brug for. Sådan har det altid været. I stenalderen kunne flintesten med simple midler formes til skarpe økser og pilespidser, fordi flint er amorft og danner skarpe kanter, når det bearbejdes. Stenalderen sluttede ikke, fordi man løb tør for flint, og tilsvarende var det heller ikke mangel på råstoffer, som gjorde en ende på bronzealderen og jernalderen. Man fik bare andre behov eller opdagede, at man kunne kombinere nogle grundstoffer, så materialerne blev mere velegnede til de varer, man skulle fremstille. Sådan er det også i dag. Virksomhederne søger hele tiden efter specifikke materialeegenskaber og vælger de mineralske råstoffer, som passer bedst til deres produktion, uanset om de fremstiller glas, plastik, piller, maling eller stål.

Der sker også løbende ændringer i produktionen af velkendte varer, og mange af disse ændringer kan føre til efterspørgsel på nye råstoffer.

Produktion af biler er et godt eksempel på dette. Der er blevet produceret biler i mere end 100 år, men kravene til hvad biler skal kunne udvikles hele tiden. De første biler skulle være flotte og så holdbare som muligt. Derfor blev der især brugt råstoffer som jern, krom, træ og læder. Kravene til moderne biler er, at de skal bruge minimal energi, måske skal de være elektriske, og de skal være lette, hurtige, sikre, rustfri og billige. Disse krav dominerer i valget af råstoffer, og derfor er råstofforbruget til nutidens biler primært lette metaller (aluminium og magnesium), rustfrit stål, zink, en lang række specialmetaller til udstødningssystemer (titan, platin og palladium) og til elektriske komponenter (sjældne jordartsmetaller) og vinduesglas. Der bruges også forskellige typer af kompositmaterialer, såsom glasfiber, kulfibre og plastik; i denne gruppe bruges forskellige mineralske råstoffer som fyldstoffer.

#### VÆRDIKÆDERNE FOR MINERALSKE RÅSTOFFER

Det korn, der vokser på marken, er råstoffet til brød. Men inden det kan blive til brød, skal råstoffet korn først males til mel, som er en råvare til brødet. Brødet består også af andre råvarer, som gær, salt og sukker, der er

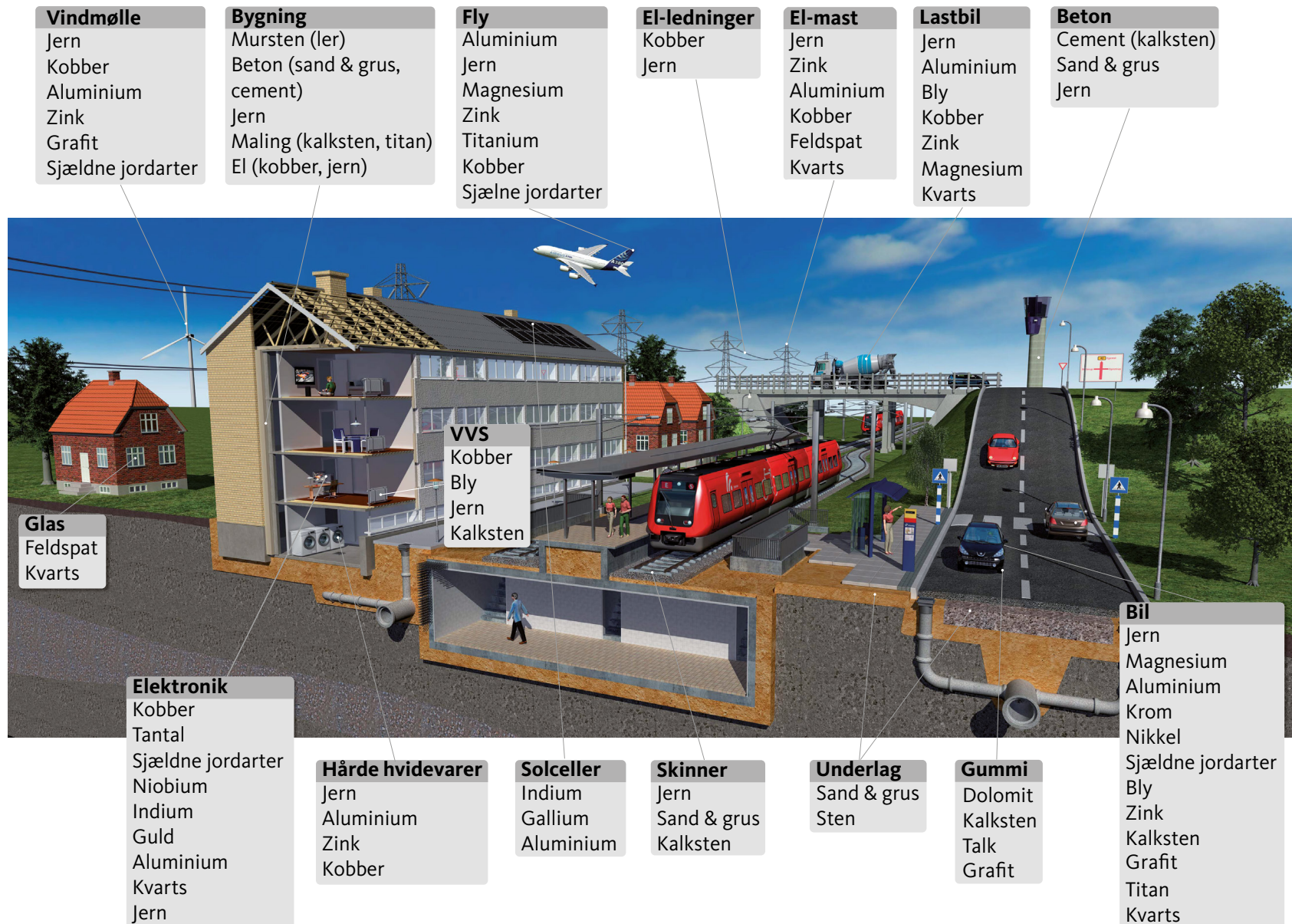
fremstillet fra andre råstoffer som gærceller, urent salt og sukkerroer eller sukkerrør. Når råvarerne er blevet blandet sammen til en dej, som bliver processeret i to trin, hævning og bagning, er der fremstillet et brød, som er blevet til et produkt.

Både råstoffer, råvarer og produkter er varer, som har en pris og kan handles. I praksis skelnes der sjældent skarpt mellem begreberne råstoffer og råvarer, da virksomhederne, der køber råvarerne, vil betragte de råvarer, de køber, som råstoffer til produktionen. Men det er vigtigt at forstå, at der i hvert forarbejdningsstrin sker en ændring af råstoffet/råvaren frem mod et givent produkt. De mineralske råstoffer indgår på helt samme måde i forskellige råvarer og varer i forsyningskæder, som leder frem mod de produkter, vi køber som forbrugere.

Et eksempel på en vigtig og meget simpel forsyningskæde, hvor der anvendes mineralske råstoffer, er fremstillingen af beton. I Danmark udvinder grusgravene råstofferne sand, grus og sten, som sorteres i forskellige kornstørrelser. Ved denne forarbejdning omdannes råstofferne sand og sten til nogle af de råvarer, som bruges i beton (figur 204. f).

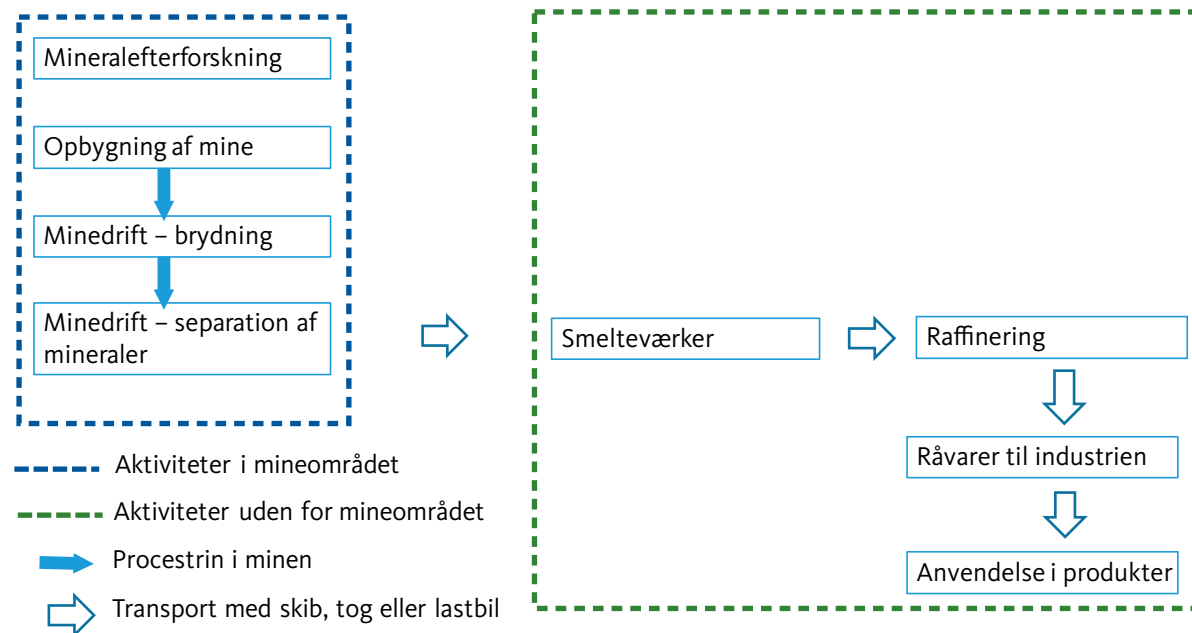


**FIGUR 205.** Alle samfund har brug for mineralske råstoffer til opbygning af bl.a. boliger, infrastruktur og energiforsyning. Af MiMa (2019) efter Neeb (2005).



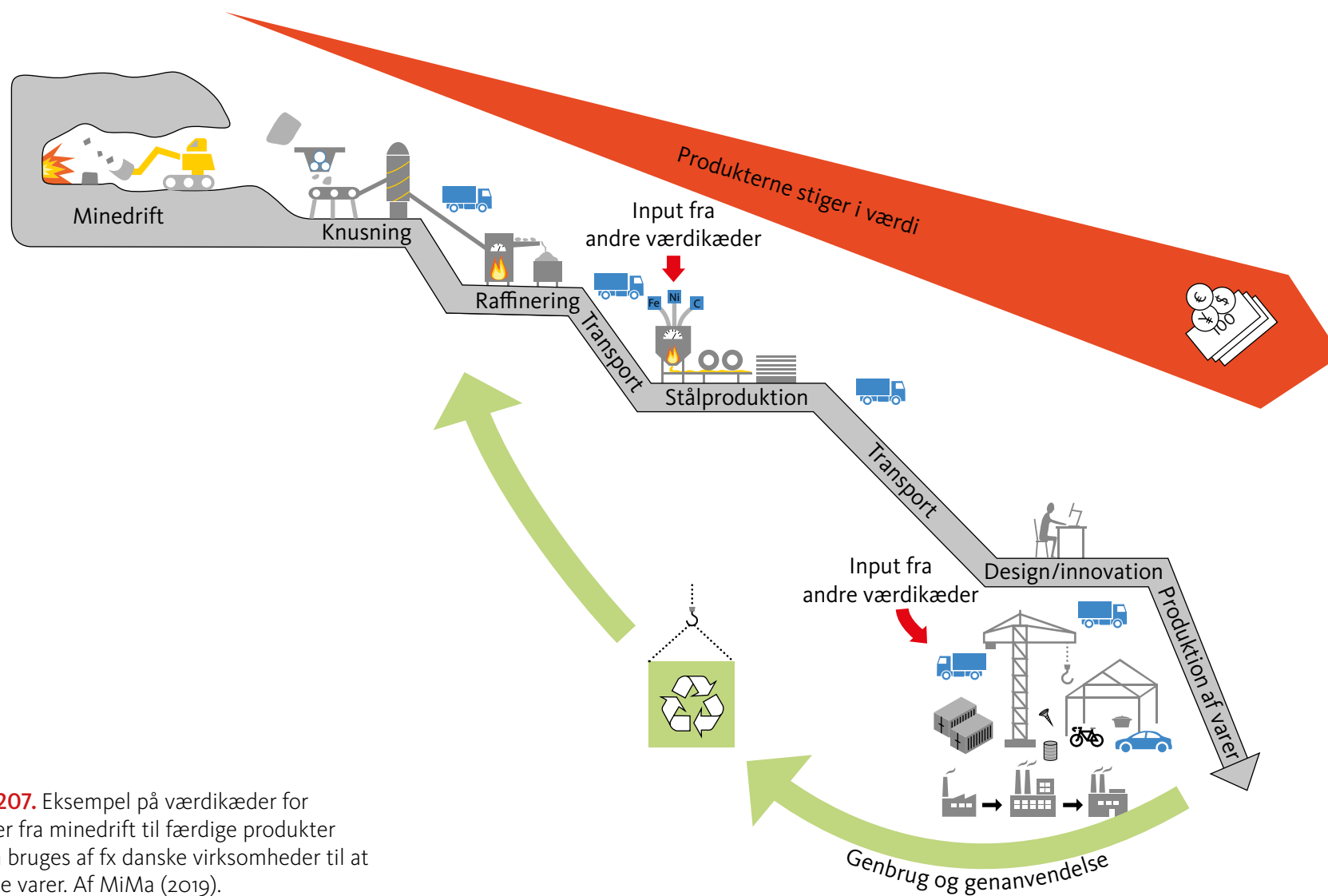
Betonindustrien udgøres af specialiserede virksomheder, som fremstiller forskellige produkter af beton på basis af råvarerne sand, grus og cement. Det kan være i form af flydende beton, som køres ud til byggepladserne, hvor det bruges til støbning, eller færdige betonvarer, som fx byggelementer til huse, rør og fliser. Cement er en anden råvare, som er fremstillet i en forsyningskæde, hvor kridt er det væsentligste mineralske råstof (figur 204. e).

Et andet eksempel er fremstillingen af stål, som er et af samfundets meget vigtige materialer. I dette tilfælde brydes råstoffet jernmalm som første led i forsyningskæden; det er i minen, at jernmalmen processeres til en råvare, som består af et koncentrat af jernholdige mineraler (som lidt forvirrende også kaldes jernmalm eller jernmalmkoncentrat). Det er denne råvare, jernmalmkoncentrat, som stålværkerne køber for at kunne fremstille stål. Men for at fremstille stål skal der også tilsættes andre råvarer, bl.a. metallerne nikkel, krom, vanadium og molybdæn, som kan give stålet særlige egenskaber som fx styrke, eller at det ikke rustet. Alle disse metaller er råvarer, i form af mineralkoncentrater, som er blevet brudt og processeret i



andre miner, inden det bruges i stålværket. En præcis blanding af mineralkoncentrater og jernmalmkoncentrat smeltes ved høje temperaturer, og når stålsmelten har opnået den ønskede kemiske sammensætning, bliver smelten afkølet i plader. Disse plader af råstål udgør nu en ny råvare, som typisk købes af stålvalseværker, som forarbejder råstålet til plader eller rør. Disse produkter skal ikke processeres yderligere men sælges til virksomheder, som bruger stålet i deres

**FIGUR 206.** Værdikæderne for de mineralske råstoffer starter i minerne, hvor malmen brydes, og mineralkoncentraterne fremstilles. Koncentratet sendes, hvis det er metaller, til smelteværker og efterfølgende til raffinering. De raffinerede produkter blandes måske med andre metaller til legeringer, der eventuelt bliver valset til plader, der måske kan ende som mølletårnet til en vindmølle, som bliver produceret i Danmark og eksporteret til en vindmøllepark i England. Af MiMa (2019).



**FIGUR 207.** Eksempel på værdikæder for mineraler fra minedrift til færdige produkter som kan bruges af fx danske virksomheder til at fremstille varer. Af MiMa (2019).

produktion, hvad enten det er til køkkenvask, vindmøller eller jernbaneskiner, eller til et af de tusindvis af andre produkter, hvori stål indgår. Fremstillingen af disse ret simple produkter kan kun lade sig gøre, hvis alle de forsyningskæder, som leverer råvarer til stålindustrien, fungerer.

### BEGREBET FORSYNINGSKÆDE

Begreberne forsyningskæde og værdikæde bruges ofte synonymt. Men begrebet forsyningskæde udtrykker, hvilke råstoffer der indgår i fremstillingen af et bestemt produkt, og hvorfra de kommer, hvorimod begrebet værdikæde illustrerer, at der for hvert forarbejdningstrin sker en værditilvækst. Dette er velkendt fra landbruget, hvor kornet på marken, råstoffet, har en lav pris, men når det er høstet og i hus, er prisen steget. Prisen stiger yderligere, hvis kornet formales til mel, og det vil stige yderligere, når melet er brugt til at bage brød.

De første trin i en værdikæde (figur 207) omtales ofte som den øverste del, mens de processer, der sker efterfølgende, er den nedre del i værdikæden. Værdikæder kan også forklare de betingelser en forsynings-

kæde arbejder under, og kan forklare hvor der kan opstå flaskehalse eller mangel på råstoffer og råvarer. Her kan vi forestille os, at alle landmænd fik tilskud til at dyrke hvede til brød, så produktionen af hvede ville stige, og at der kun var få virksomheder, der kunne formale kornet til mel, og samtidig er disse virksomheder måske endda ejet af samme person. Dermed kan virksomheder nede i kæden have stor indflydelse på både priser og produktionshastighed, hvilket kan resultere i forsyningssvigt, selvom der er råstoffer nok. Det kunne også være, at landmændenes tilskud faldt væk, og at de derfor valgte ikke at dyrke hvede, i dette tilfælde er det forhold i den øvre del af kæden, som er begrænsende.

I mineralindustrien er minen eller grusgraven den øverste del af værdikæden, mens de efterfølgende forarbejdningstrin med fremstillingen af varer og produkter er de nedre dele; i hvert forarbejdningstrin tilføres en værditilvækst. I eksemplerne med beton og stål tilføjes der flere andre råvarer for at kunne lave de endelige produkter, og disse er derfor involveret i flere forskellige værdikæder. Men der er et indbyrdes afhængighedsforhold mellem alle led i et minerals

'rejse' fra brydning i minen til slutproduktets anvendelse, som kun får denne kæde til at fungere, hvis hvert trin tilfører en værdi til varen.

For de mineralske råstoffers værdikæder sker forarbejdningen fra råstof til råvarer og til sidst til produkter almindeligvis i forskellige virksomheder, som hver især har specialiseret sig i et bestemt forarbejdningstrin. Ofte findes der flere værdikæder, som omfatter de samme trin; det kan være geografisk adskilt fordi der er behov for at lave de samme produkter flere forskellige steder.

Det gælder fx for beton, glas, rockwool og lignende produkter. Der er simpelthen brug for alle produkterne, og derfor kan der være flere producenter af det samme produkt tæt på hinanden. Til den danske betonproduktion leverer grusgravene typisk råvarerne sand og sten til lokale betonfabrikker. Den flydende beton bruges lokalt, hvorimod byggelementerne transporteres over længere afstande. For at kunne dække behovet i hele Danmark, er der altså flere parallelle betonværdikæder, hvor alle råvarerne kommer fra Danmark. For værdikæderne for stål er sammensætningen af råvarer mere kompleks,



og de har typisk deres oprindelse i mange forskellige lande, inden de som råvarer transporteres til stålværker i fx Europa, for måske at blive anvendt til produktion af biler i Kina, som måske sælges i Sydkorea.

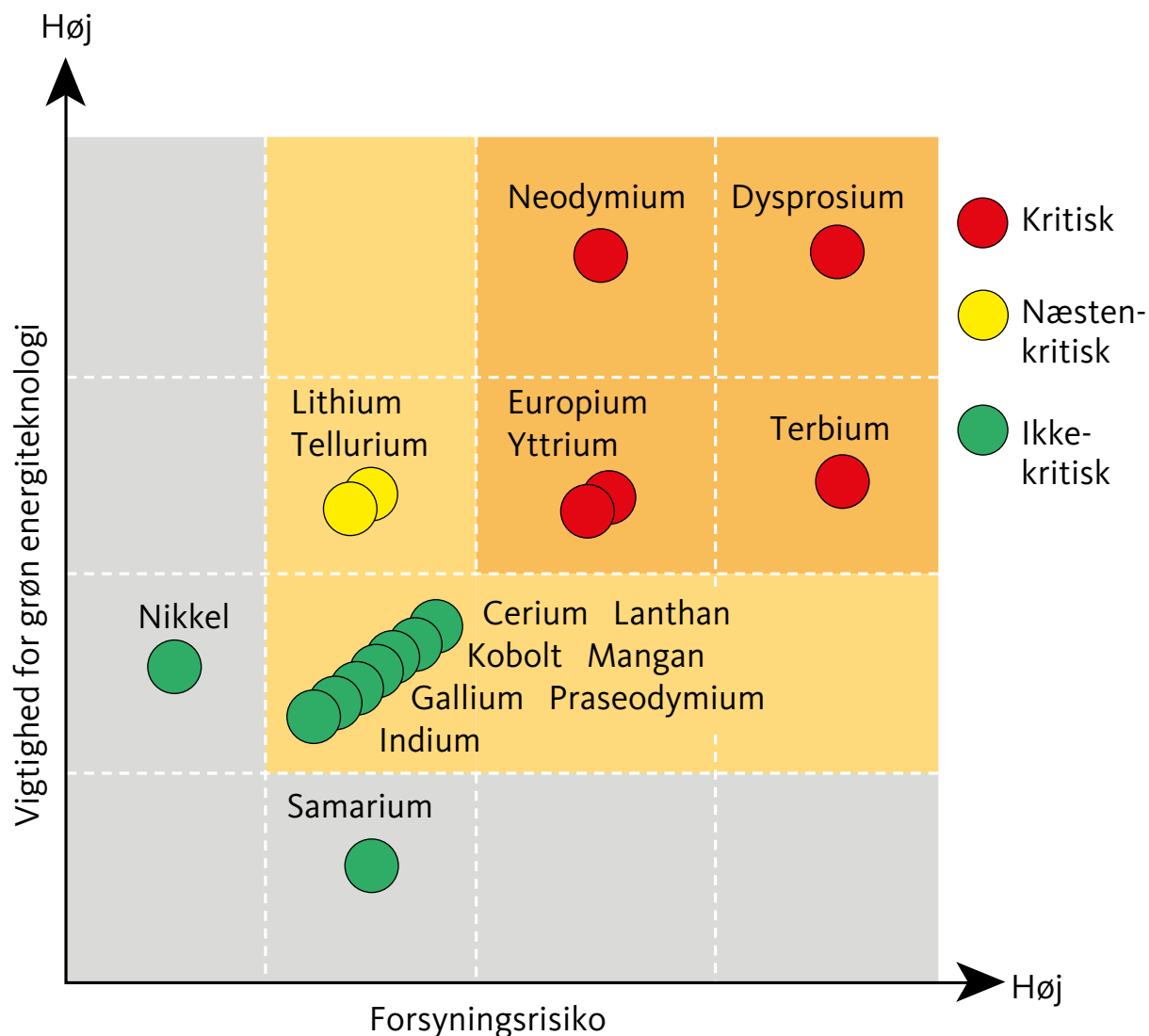
### KRITISKE RÅSTOFFER

Flere forhold kan skabe ubalance i værdikæderne for mineralske råstoffer og dermed forårsage forsyningssvigt af vigtige råstoffer. I yderste konsekvens kan det betyde, at vi som forbrugere vil kunne opleve en mangel på varer. Nogle af de vigtigste trusler mod forsyningskædernes balance er knyttet til:

- Lave priser, som kan betyde, at nogle forarbejdningsstrin må lukke, fordi de ikke længere er rentable.
- Monopoliseringer af brancher og råstoffer, som ses med Kinas kontrol over værdikæderne for sjældne jordartsmetaller.
- Hurtige teknologiskift som resulterer i en pludselig og stor efterspørgsel af et givent råstof, som mineindustrien ikke kan skaffe med samme hast.

Nogle af de mineralske råstoffers værdikæder er særligt sårbare, hvis der opstår et

**FIGUR 208.** Nogle af de råstoffer, som er vigtige for den grønne energiomstilling, betragtes som kritiske. Kritiske råstoffer er meget vigtige for industrien, samtidig med at forsyningerne af dem kan være usikre. Det gælder eksempelvis de fire sjældne jordartsmetaller dysprosium, neodmium, europium og terbium. Det gælder ikke samarium, cerium, lanthan og praseodymium, som også tilhører de sjældne jordartsmetaller. Efter Center for Sustainable Systems (2018).



forsyningssvigt, fordi det kan ende med at lukke produktionen af varer, som har stor samfundsøkonomisk betydning. Denne gruppe råstoffer kaldes de kritiske råstoffer, altså råstoffer som både er vigtige for funktioner i samfundet, og som er forbundet med en forsyningsrisiko (figur 208). Danmark kan blive ramt, hvis eksempelvis Vestas ikke kan skaffe sjældne jordartsmetaller til deres produktion af vindmøller, fordi Kina har monopoliseret markedet. Danmark vil også kunne mærke følgevirkningerne, hvis manglende forsyninger af lithium og kobolt førte til, at der ikke kan skaffes batterier til elbiler, elcykler o.l. På grund af de store økonomiske implikationer, som forsyningssvigt af kritiske råstoffer kan have, registrerer EU løbende udviklingen på dette område.

#### NØGLEBEGREBER

- Forsyningskæde
- Værdikæde
- Råstof
- Råvare
- Vare
- Produkt
- Forarbejdningstrin
- Kritiske råstoffer

#### REFERENCER

- Center for Sustainable Systems. (2018). *Critical Materials Factsheet* (No. CSS14-15). Center for Sustainable Systems, University of Michigan.
- Neeb, P.-R. (2005). *Mineralressurser i Norge Bergindustrien i 2004* (No. 2005.041). Norges Geologiske Undersøkelse (NGU).
- Rosholm, L. S., Kalvig, P., & Fold, N. (2016). *Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyg-geri* (No. 2016/2). Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa).
- USGS. (2019). *Mineral Commodity Summaries 2019*. U.S. Geological Survey.