junior Geologerne

Forbrug af mineralske råstoffer og FN's Verdensmål

maj 2020

Per Kalvig

NORDEA FONDEN
Vi støtter gode liv

Læringspointer

- Jeg kender forskel på fornybare og ikke-fornybare råstoffer
- Jeg forstår, hvorfor forbruget af råstoffer vokser
- Jeg kan forklare begreberne cirkulær økonomi og bæredygtighed
- Jeg kan perspektivere de mineralske råstoffer til FN's verdensmål 12
- Jeg forstår, at der stadig er kolossale mængder mineralske råstoffer i jorden – og at det ikke er muligt at beregne hvor mange generationer de vil række til

Først skal vi lære om hvad vi bruger mineralerne til – og om de tre udfordringer forbruget giver:

1. De mineralske råstoffer gendannes ikke
2. De indgår i næsten alt vi omgiver os med
3. Forbruget stiger

Udfordring 1

De mineralske råstoffer gendannes ikke

Men først skal vi lære om hvad råstoffer er:

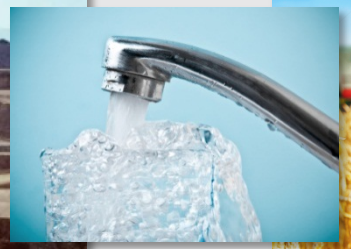
Råstoffer er naturprodukter som anvendes til mad, huse, maskiner, kemikalier, energi, …

Nogle råstoffer dannes hele tiden; nogle kan endda dyrkes eller avles.
Andre dannes kun én gang.

Diskuter med din sidemakker de seks fotos og opdel dem i råstoffer som kan dyrkes og dem der kun dannes én gang.

Råstoffer opdeles fire hovedtyper

Råstoffer		
Dannes én gang	1. Mineralske råstoffer	
Dannes hele tiden	2. Ikke-biologiske	Overflade-vand
		Grundvand
		Havvand
		Atmosfære
	3. Biologiske	Biomasse
		Landbrug
		Skovbrug
		Jagt
		Fiskeri
	4. Flow ressourcer	Sol
		Vind
		Tidevand/ bølger
		Geotermi



I det følgende ser vi nærmere på de **mineralske råstoffer**

Råstoffer		
Dannes én gang	1. Mineralske råstoffer	

Vi vil se nærmere på

1. hvorfor de mineralske råstoffer er særligt vigtig
2. den betydning det har, at de ikke gendannes, og
3. om der så er råstoffer nok til fremtiden

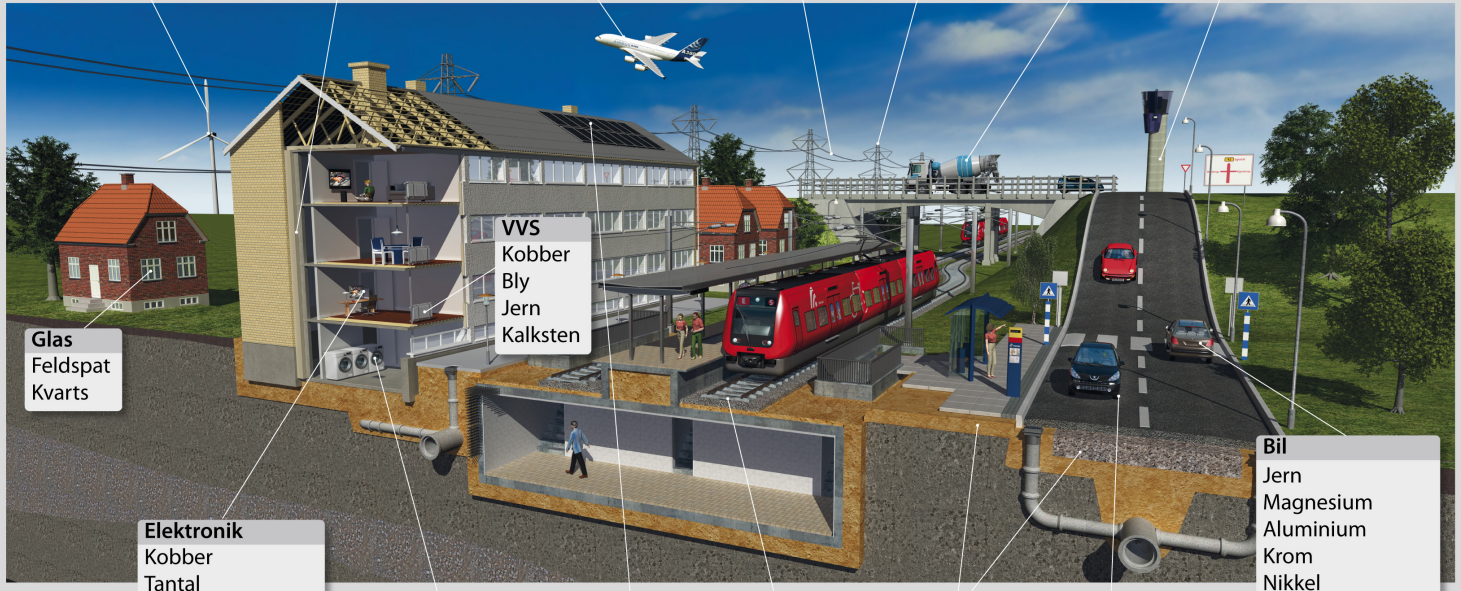
Udfordring 2

Mineralske råstoffer indgår i næsten alt hvad vi omgiver os med

De mineralske råstoffer er vigtige fordi de bruges til næsten alt vi omgiver os med

Se på figuren og se rundt i klasselokalet og på gaden! Langt det meste af det vi omgiver os med er lavet af råstoffer, som kan ikke dyrkes.

De mineralske råstoffer er alle først gravet op af jorden og derefter forarbejdet.



MiMa (2019) efter Neeb (2005)

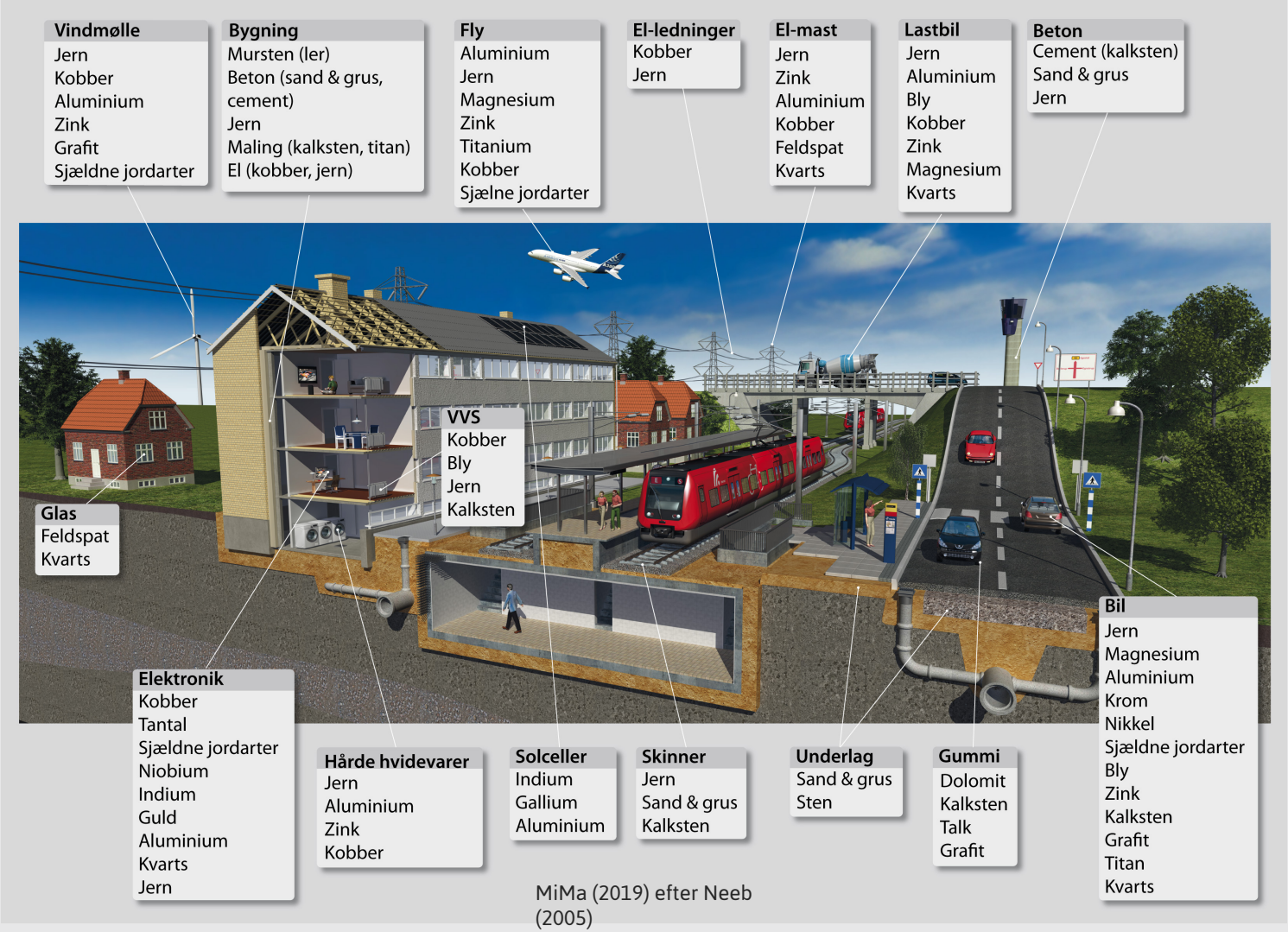
De mineralske råstoffer er vigtige fordi de bruges til næsten alt vi omgiver os med

Se på figuren og se rundt i klasselokalet og på gaden! Langt det meste af det vi omgiver os med er lavet af råstoffer, som kan ikke dyrkes.

De mineralske råstoffer er alle først gravet op af jorden og derefter forarbejdet.

Danmark producerer kun en meget lille del af de mineralske råstoffer vi har brug for.

Det meste af det vi bruger i Danmark graves op og forarbejdes i andre lande.



MiMa (2019) efter Neeb (2005)

Diskuter og løs opgaver med din sidemakker:

Opgave 1
Se på foto eller gå en tur på skolen – hvad er lavet af fornybare materialer og hvilke af ikke-fornybare materialer?

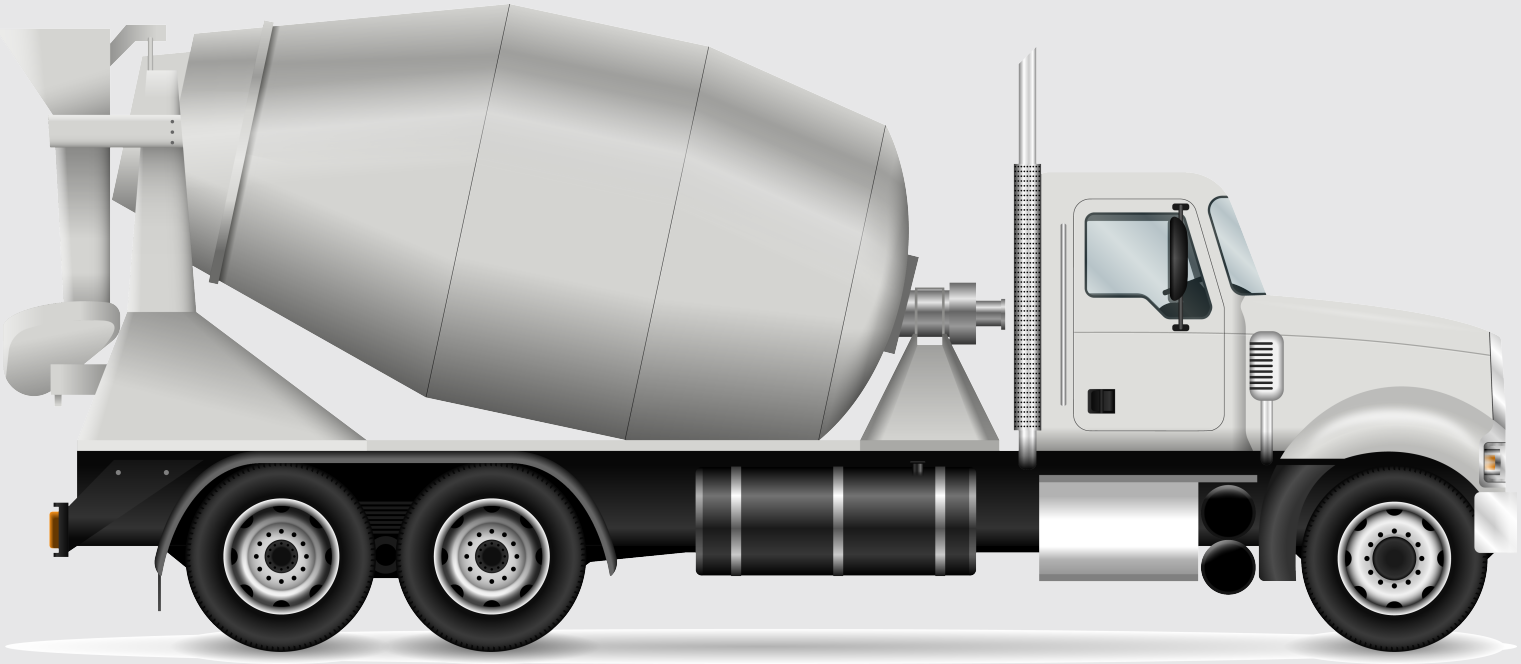
Opgave 2
Skriv en liste over ting du ser som er lavet af
- fornybare råstoffer?
- ikke-fornybare råstoffer?

Opgave 3
Hvilke ting er fremstillet af:
- Sand og grus
- Jern
- Kobber
- Ler
- Kvarts
- Aluminium

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer	
Dannes én gang	Mineralske råstoffer

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

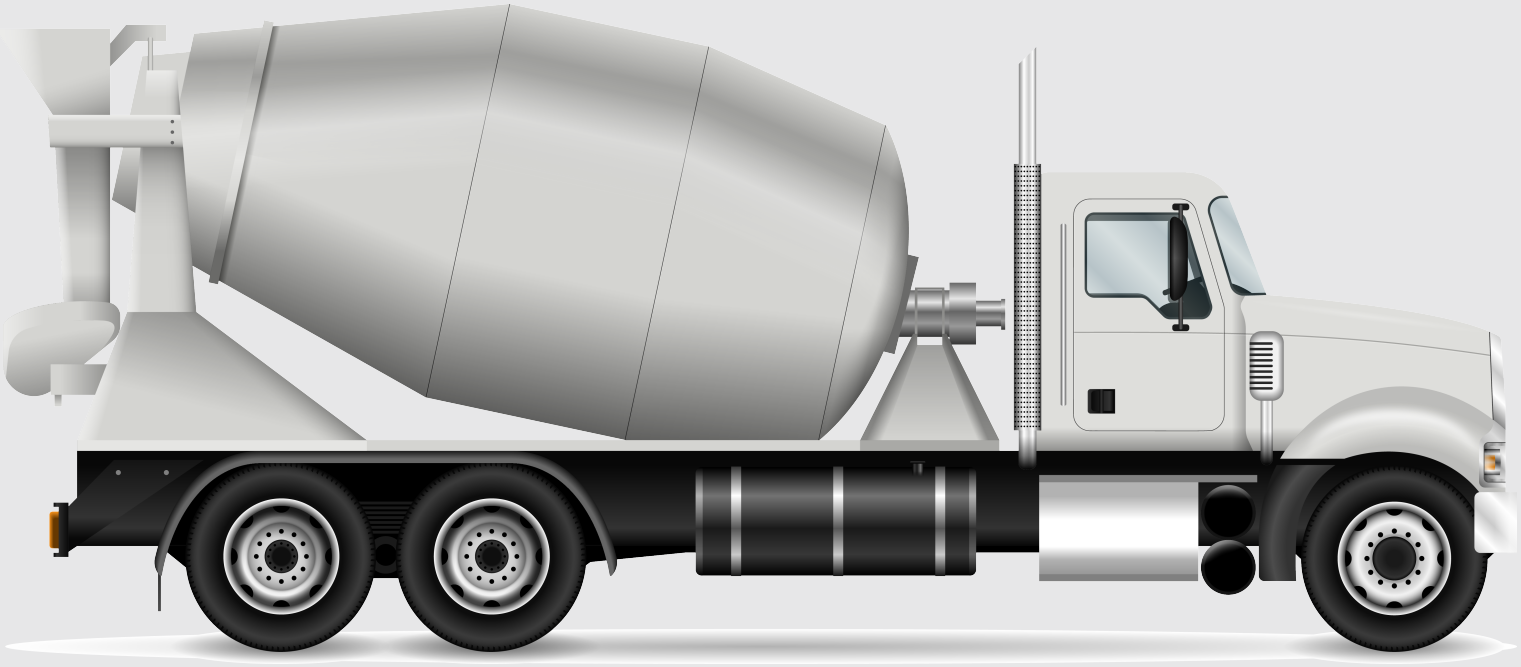


Hvilke af råstofferne bruges til beton?

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer		
Dannes én gang	Mineralske råstoffer	

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)



Hvilke af råstofferne bruges til beton?

Det gør:
- Sand, grus og sten
- Kalk bruges til cement

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer		
Dannes én gang	Mineralske råstoffer	

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

Hvilke af råstofferne bruges til gryder, potter og pander?

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer	
Dannes én gang	Mineralske råstoffer

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

Hvilke af råstofferne bruges til gryder, potter og pander?

Det gør:
- Metallerne: jern, kobber, aluminium

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer	
Dannes én gang	Mineralske råstoffer

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

Hvilke af råstofferne bruges til blyanter?

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer		
Dannes én gang	Mineralske råstoffer	

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

Hvilke af råstofferne bruges til blyanter?

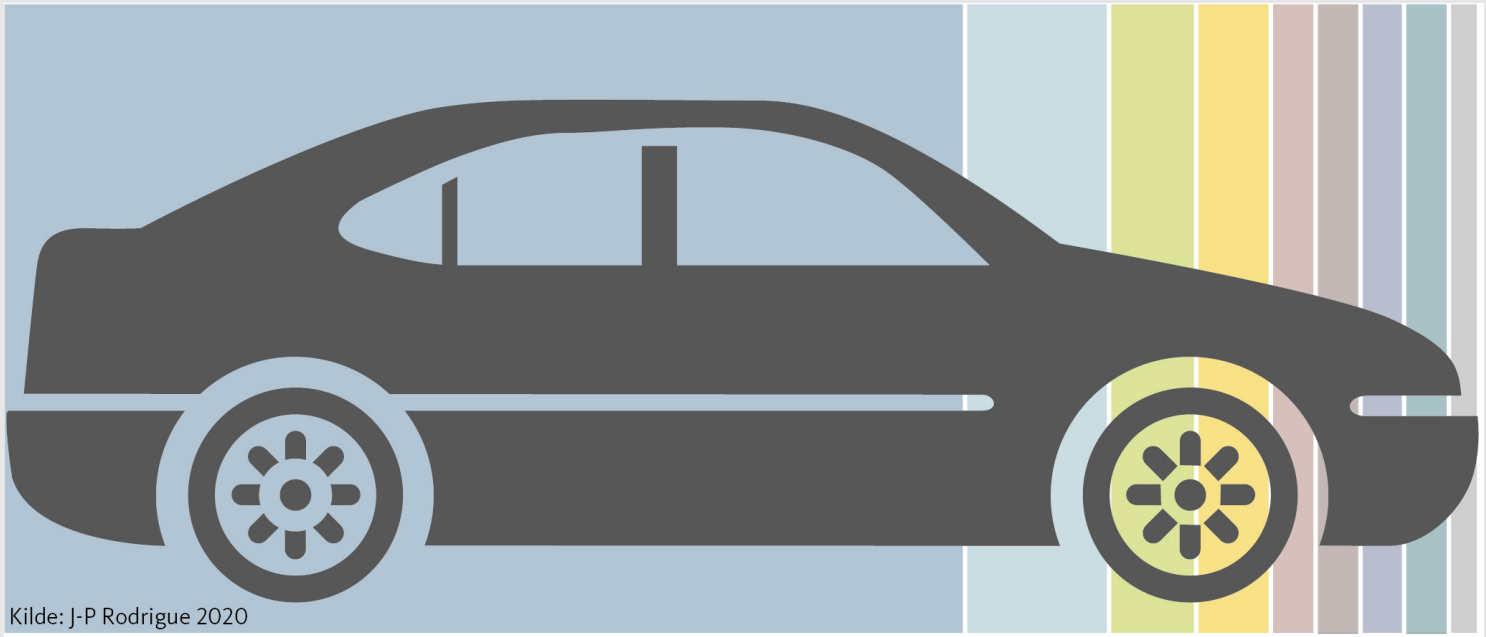
Det gør:
- Mineralet: grafit

... og ikke bly!!

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer	
Dannes én gang	Mineralske råstoffer

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)


Kilde: J-P Rodrigue 2020

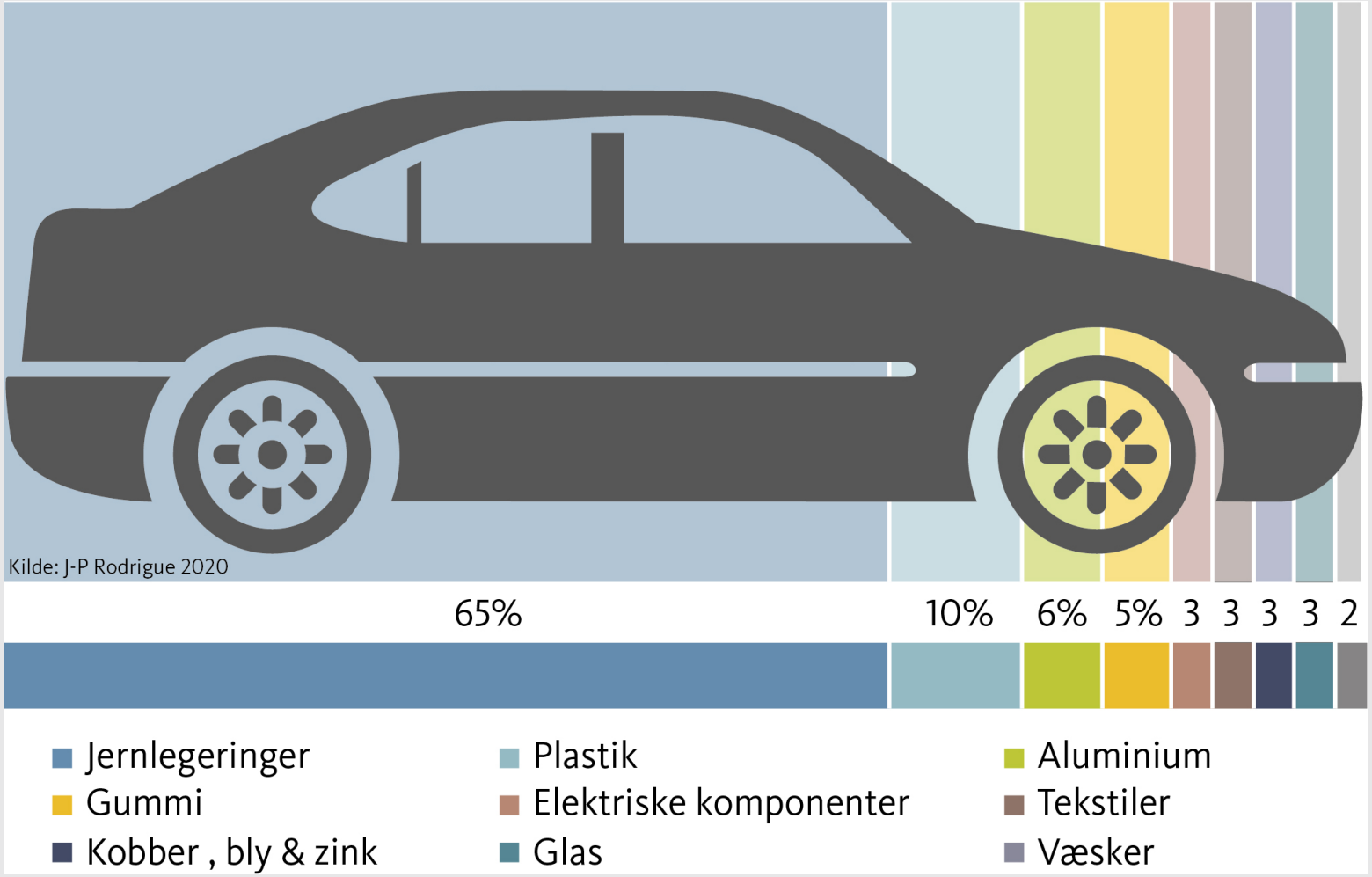
Hvilke af råstofferne bruges til biler?

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer	
Dannes én gang	Mineralske råstoffer

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

Hvilke af råstofferne bruges til biler?



De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer		
Dannes én gang	Mineralske råstoffer	

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

Hvilke af råstofferne bruges til kronen?

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

Råstoffer	
Dannes én gang	Mineralske råstoffer

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

Hvilke af råstofferne bruges til kronen?

Det gør:
- Smykkestenene rubin og diamant
- Metal: guld

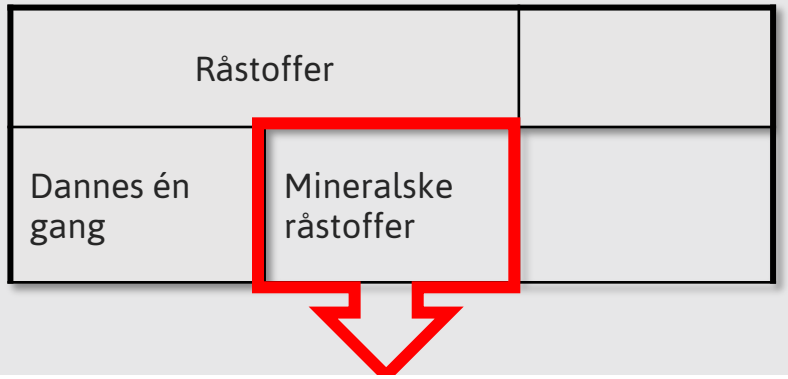
De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer

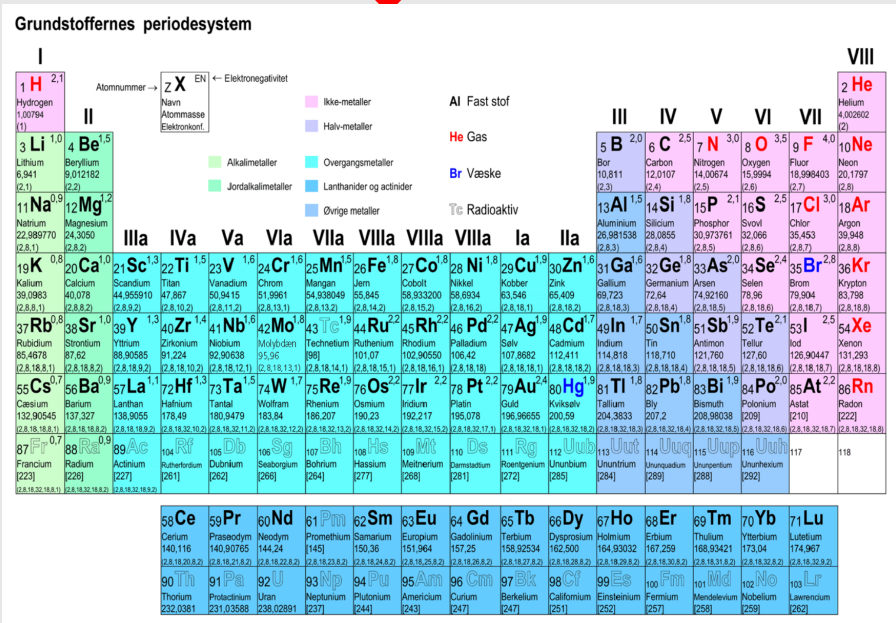
Råstoffer		
Dannes én gang	Mineralske råstoffer	

- Metaller
- Mineraler (f.x.: grafit, feldspat, kvarts)
- Ler
- Sand, grus og sten
- Kalk og kridt
- Facadesten
- Smykkesten (rubin, diamant)

Hvilke af råstofferne bruges til en smartphone?

De mineralske råstoffer opdeles i forskellige typer





Det gør omkring 60 forskellige grundstoffer!!

Periodisk system figur fra: http://www.okolariet.dk/media/323007/periodisk-system_molybdaen-42-rettet.png

Solceller bruger mange forskellige mineralske råstoffer

Norden største solcellepark, ved Kalundborg (foto: Wirsol/Ingeniøren)

Metaller bruges som råstoffer til solceller; det er især de metaller, som bliver elektrisk ledende når de udsættes for lys eller varme; de omtales ofte som halvlederne, og omfatter bl.a. tellurium, indium, gallium og selen.

Danmarks samlede strømforbrug er ca. 40 TWh. Hvis dette forbrug skulle have været produceret med solceller ville det kræve et areal på ca. 430 km^2 - svarende til ¾ af Falsters areal.

Grundstoffer	Materialeforbrug (g/m2)	Teoretisk forbrug i Danmark (ton)
Cadmium	6,9	
Tellurium	7,8	
Indium	2,9	
Gallium	0,5	
Selen	4,8	
Germanium	0,4	
Indium	0,4	

Opgave 1 :
Du skal finde ud af hvor store mængder råstoffer der bruges til solceller. Du skal bruge Excel til løsning af opgaven. Kolonne 2 viser materiale forbrug til 1 m2 solcelle.

a. Beregn først hvor mange ton råstof, der skal bruges i Danmark

Solceller bruger mange forskellige mineralske råstoffer – men er der nok?

Norden største solcellepark, ved Kalundborg (foto: Wirsol/Ingeniøren)

Metaller bruges som råstoffer til solceller; det er især de metaller, som bliver elektrisk ledende når de udsættes for lys eller varme; de omtales ofte som halvlederne, og omfatter bl.a. tellurium, indium, gallium og selen.

Danmarks samlede strømforbrug er ca. 40 TWh. Hvis dette forbrug skulle have været produceret med solceller ville det kræve et areal på ca. 430 km^2 - svarende til ¾ af Falsters areal.

Grundstoffer	Materialeforbrug (g/m2)	Teoretisk forbrug i Danmark (ton)	Produktion i verden (2017) (ton)	Andel teoretisk dansk forbrug (%)
Cadmium	6,9	2.946	22.000	
Tellurium	7,8	3.331	500	
Indium	2,9	1.238	820	
Gallium	0,5	214	440	
Selen	4,8	2.050	2.000	
Germanium	0,4	171	165	
Indium	0,4	171	820	

Opgave 1 fortsat:

b. Kolonne 4 viser hvor meget der i 2017 blev produceret af disse råstoffer i hele verden.
Beregn hvor stor en %-del af verdensproduktionen vi skulle bruge i Danmark, hvis hele vores strømforbrug skulle dækkes af solceller?

c. Diskuter resultatet med din sidemakker!

Solceller bruger mange forskellige mineralske råstoffer – men er der nok?

Norden største solcellepark, ved Kalundborg (foto: Wirsol/Ingeniøren)

Metaller bruges som råstoffer til solceller; det er især de metaller, som bliver elektrisk ledende når de udsættes for lys eller varme; de omtales ofte som halvlederne, og omfatter bl.a. tellurium, indium, gallium og selen.

Danmarks samlede strømforbrug er ca. 40 TWh. Hvis dette forbrug skulle have været produceret med solceller ville det kræve et areal på ca. 430 km^2 - svarende til ¾ af Falsters areal.

Grundstoffer	Materialeforbrug (g/m2)	Teoretisk forbrug i Danmark (ton)	Produktion i verden (2017) (ton)	Andel teoretisk dansk forbrug (%)
Cadmium	6,9	2.946	22.000	13
Tellurium	7,8	3.331	500	666
Indium	2,9	1.238	820	151
Gallium	0,5	214	440	49
Selen	4,8	2.050	2.000	102
Germanium	0,4	171	165	104
Indium	0,4	171	820	21

Opgave 1 fortsat:

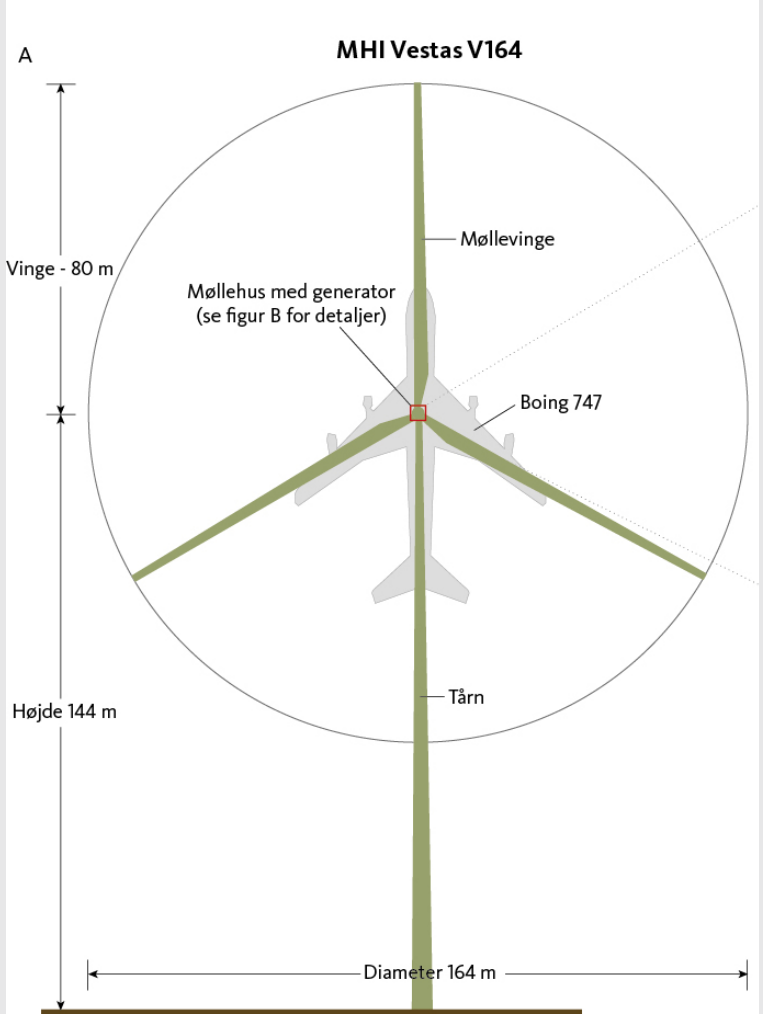
c. Svar på spørgsmålet er, at der ville være et forsyningsproblem for fire ud af syv grundstoffer!

Det kan løses på følgende måder:

- Produktionen i minerne kan sættes op
- Måske kan nogle af råstofferne af andre råstoffer som der er mere af
- Vi kan få energien på en anden måde: geotermi, vandkraft, vindkraft, bølgekraft, biobrændsel, …
- … eller vi kan spare på energien!

Vindmøller bruger mange forskellige og store mængder mineralske råstoffer

Moderne vindmøller omsætter vindens kraft til elektricitet.
Møllevingerne driver en generator som skaber strøm.



Materialerne er især stål, beton, glasfiber, aluminium, kobber og sjældne jordartsmetaller.

Forbruget af råstoffer opgøres ofte i forhold til vindmøllens effekt, og angives som ton per Mega watt timer (ton/MWh).

Store vindmøller kan producere 6 – 8 MWh. De forbruger altså 6 – 8 gange så mange råstoffer som vist i tabellen.

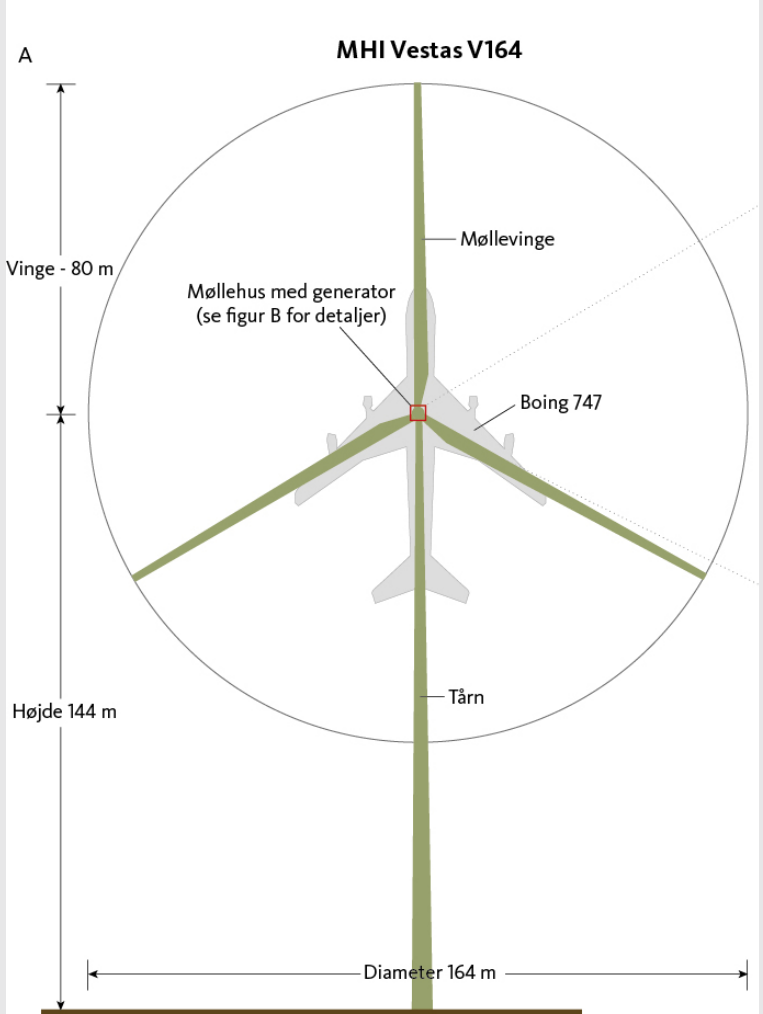
Stål (Ton/MWh)	Glasfiber (Ton/MWh)	Beton (Ton/MWh)	Aluminium (Ton/MWh)	Kobber (Ton/MWh)
100	7	400	2	3

Der er installeret ca. 6.125 MW vindmøller i Danmark. I 2018 blev der installeret ca. 650 MW.

Øvelse 2:
Nu kan du beregne hvor mange tons råstoffer der blev forbrugt til denne udvidelse.

Vindmøller bruger mange forskellige og store mængder mineralske råstoffer

Moderne vindmøller omsætter vindens kraft til elektricitet.
Møllevingerne driver en generator som skaber strøm.



Materialerne er især stål, beton, glasfiber, aluminium, kobber og sjældne jordartsmetaller.

Forbruget af råstoffer opgøres ofte i forhold til vindmøllens effekt, og angives som ton per Mega watt timer (ton/MWh).

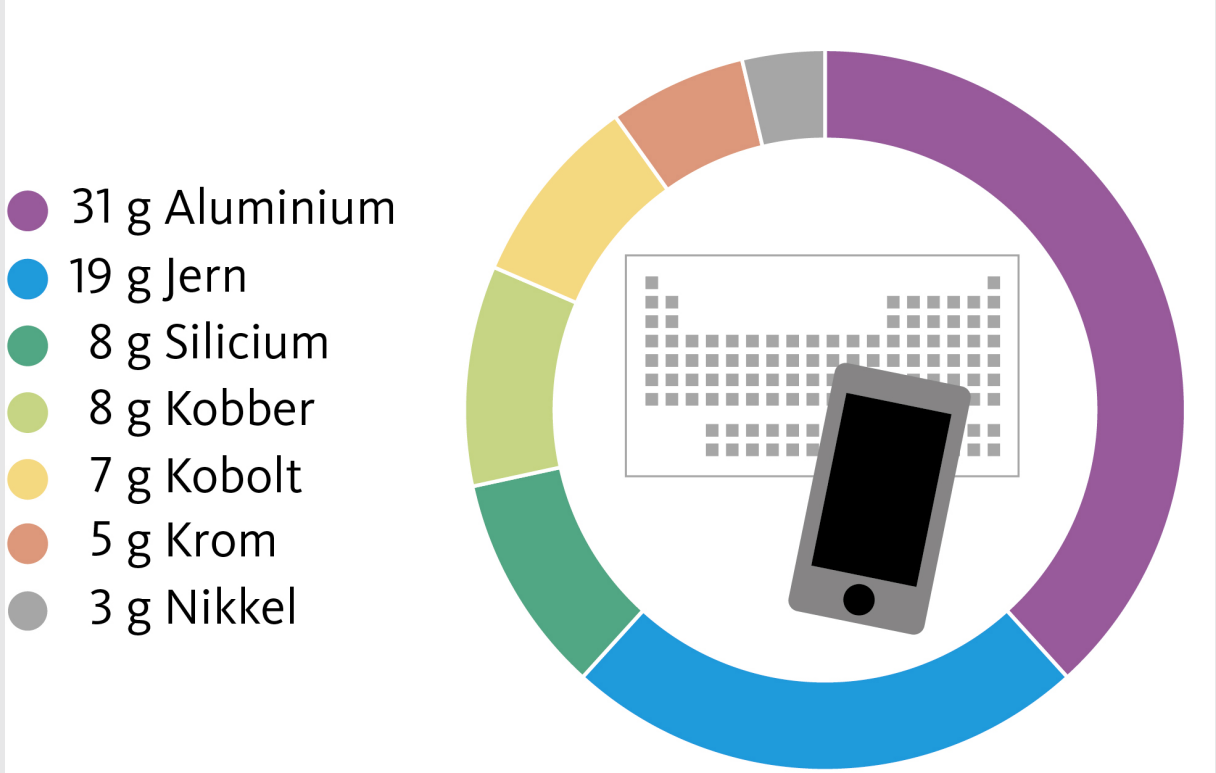
Store vindmøller kan producere 6 – 8 MWh. De forbruger altså 6 – 8 gange så mange råstoffer som vist i tabellen.

Stål (Ton/MWh)	Glasfiber (Ton/MWh)	Beton (Ton/MWh)	Aluminium (Ton/MWh)	Kobber (Ton/MWh)
100	7	400	2	3

Udbygning af 650 MW vindmølle kapacitet bruger så mange ton råstoffer

Stål	Glasfiber	Beton	Aluminium	Kobber
65.000 t	4.550 t	260.000 t	1.300 t	1.950 t

Smartphones bruger mange forskellige mineralske råstoffer

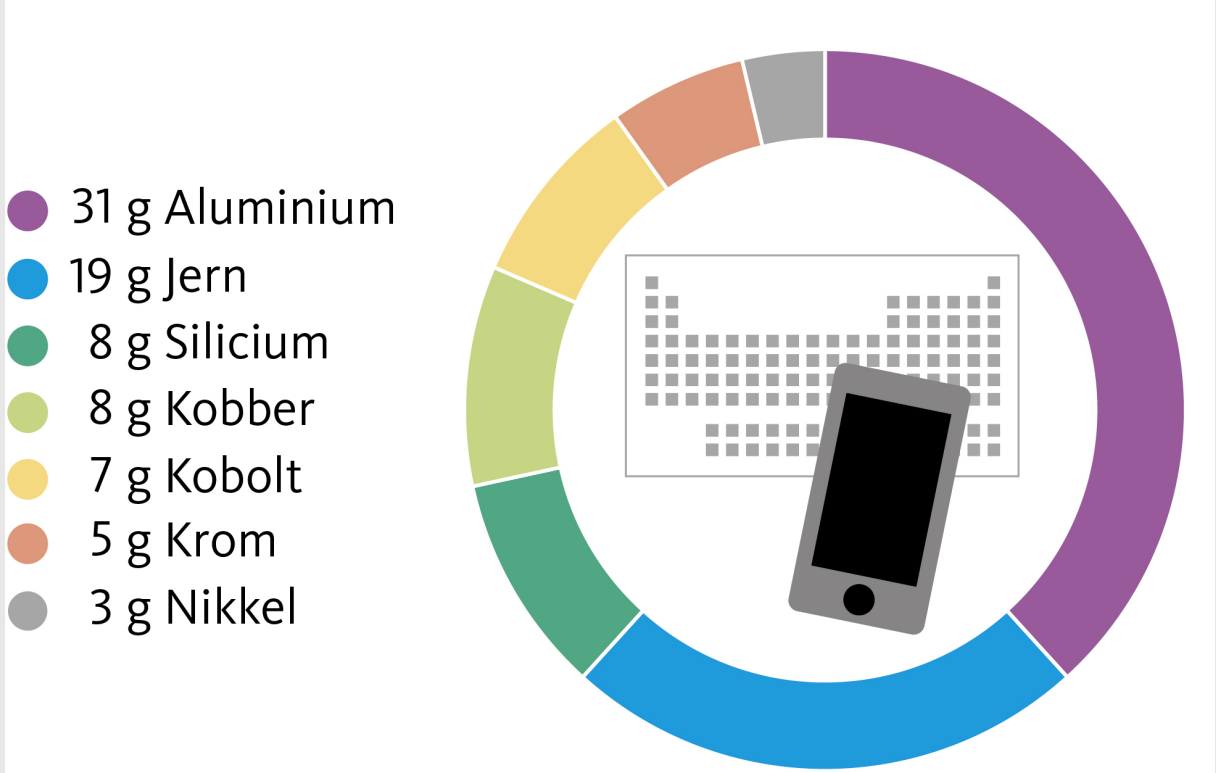


I 2019 blev der produceret
ca. 1.500 millioner smartphones

Øvelse 3:
Når du kender indholdet af de syv grundstoffer og ved hvor mange smartphones der blev produceret, kan du beregne hvor mange ton af disse metaller der blev brugt til smartphones i 2019, og om det er en stor del af produktionen der går til denne produktion.

	Forbrug til smartphones (ton)	Verdens produktion (ton)	Andel til smartphones (%)
Aluminium		64.000.000	
Jern		1.500.000.000	
Silicium		7.000.000	
Kobber		20.000.000	
Kobolt		140.000	
Krom		44.000.000	
Nikkel		2.700.000	

Smartphones bruger mange forskellige mineralske råstoffer



I 2019 blev der produceret
ca. 1.500 millioner smartphones

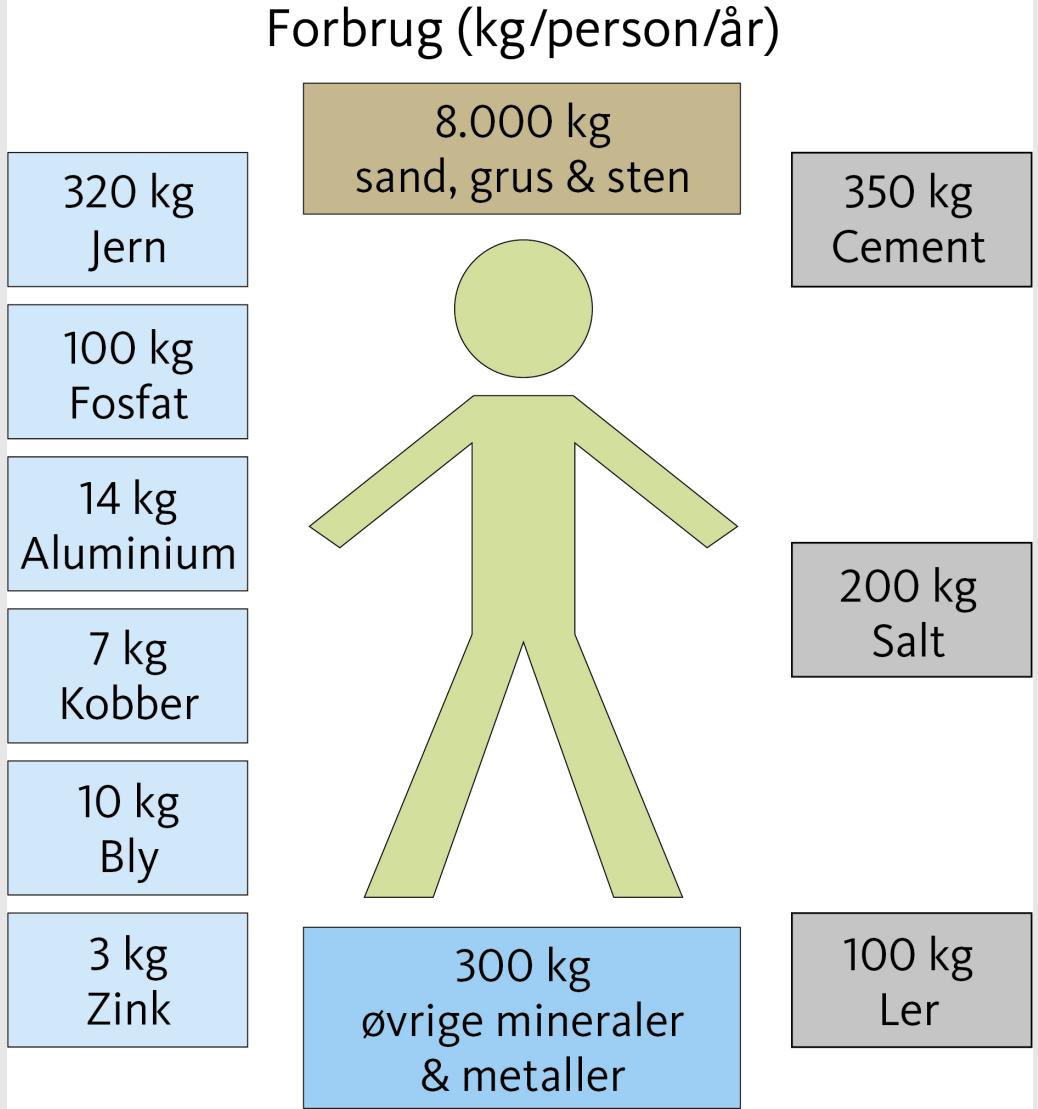
Øvelse 3 – svar:
Der bruges ca. 8% af verdens produktion af kobolt til smartphones. Det er en stor andel, fordi det også skal bruges til batterier til el-biler, -cykler, -løbehjul o.s.v.

	Forbrug til smartphones (ton)	Verdens produktion (ton)	Andel til smartphones (%)
Aluminium		64.000.000	< 1
Jern		1.500.000.000	< 1
Silicium		7.000.000	< 1
Kobber		20.000.000	< 1
Kobolt		140.000	8
Krom		44.000.000	< 1
Nikkel		2.700.000	< 1

Udfordring 3

Der er stigende forbrug af mineralske råstoffer

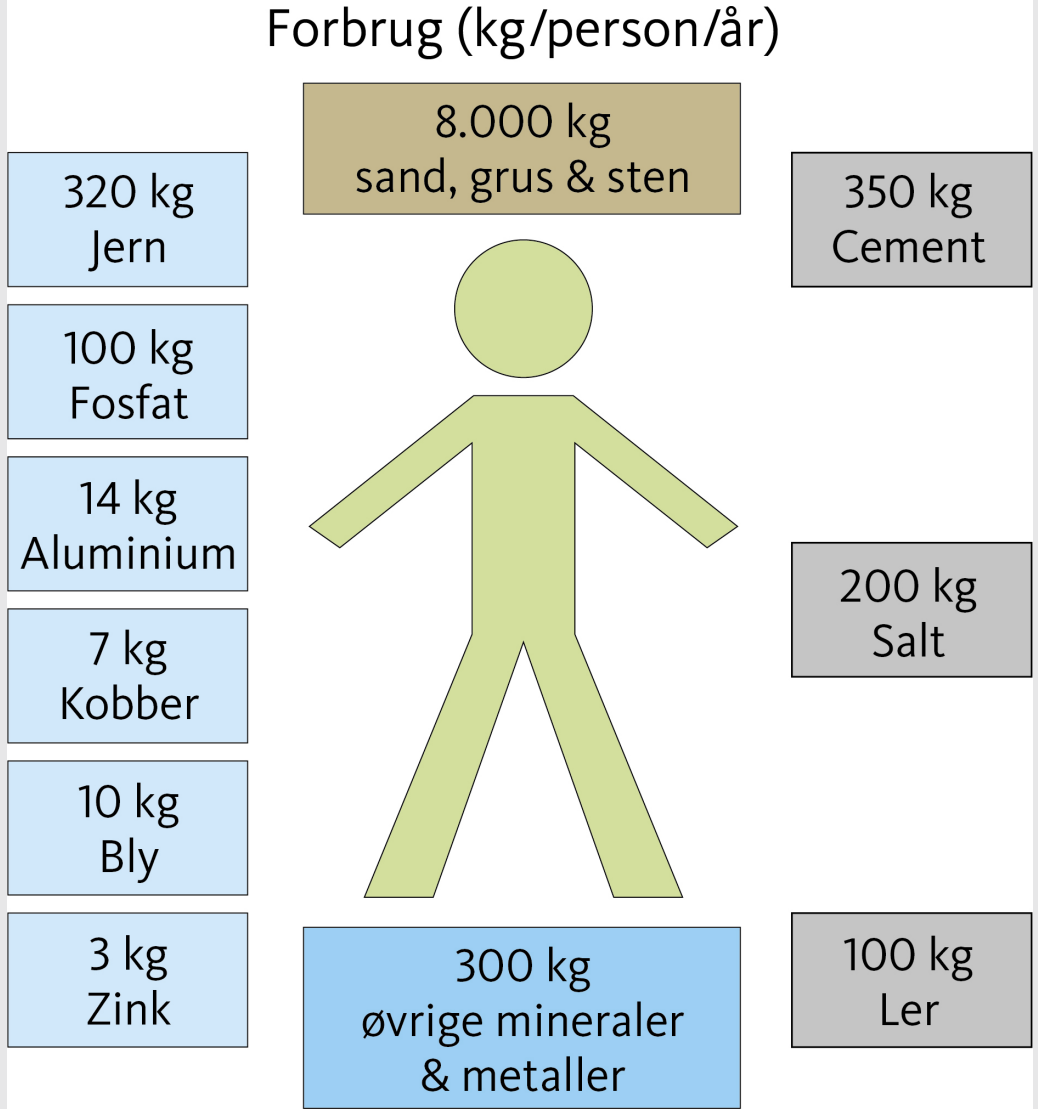
Forbruget af råstoffer opgøres ofte som den mængde 1 person bruger per år



Men du har nok ikke brugt 8 ton sand, grus og sten eller 320 kg jern sidste år.

Så hvorfor bliver forbruget per indbygger så højt?

Forbruget af råstoffer opgøres ofte som den mængde 1 person bruger per år

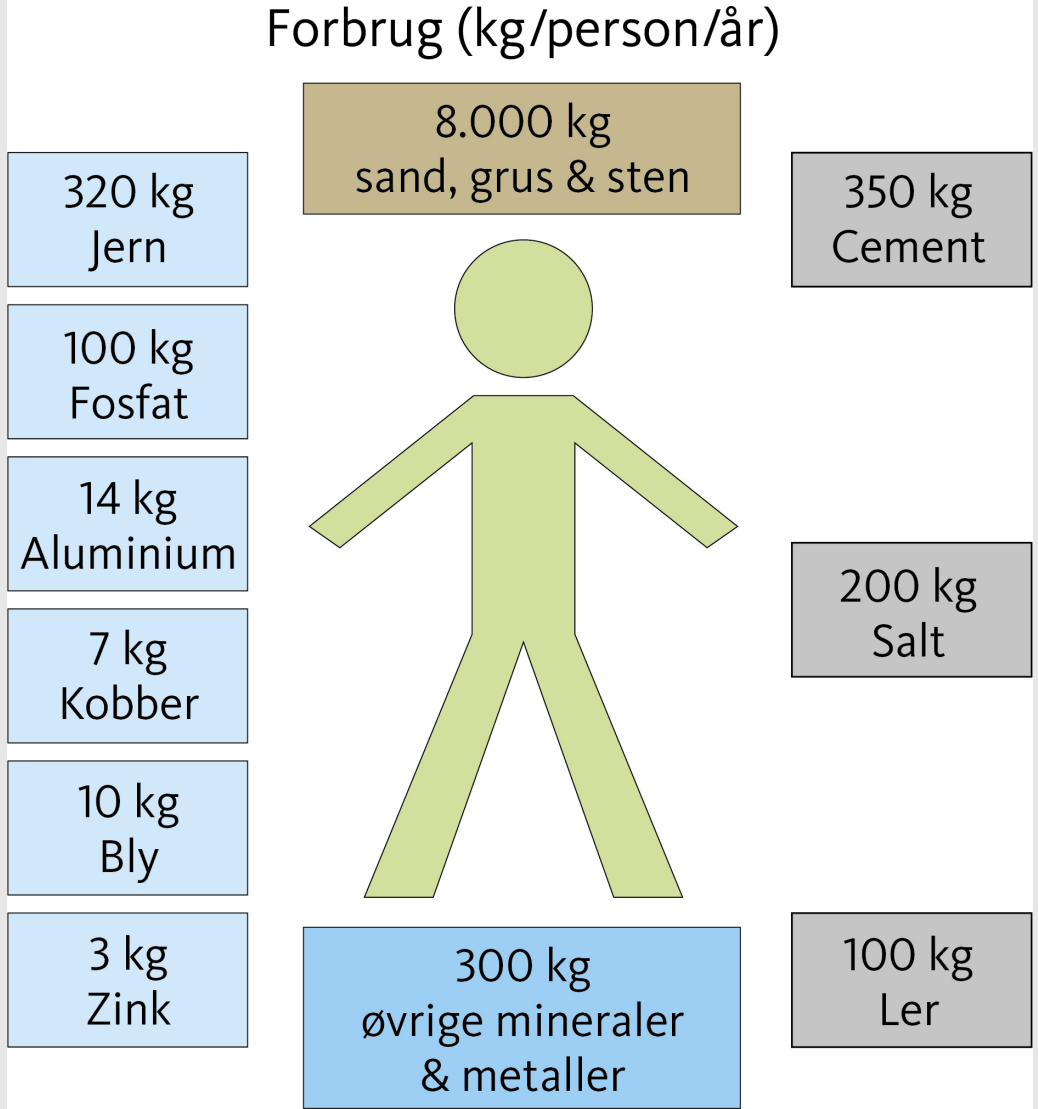


Men du har nok ikke brugt 8 ton sand, grus og sten eller 320 kg jern sidste år.

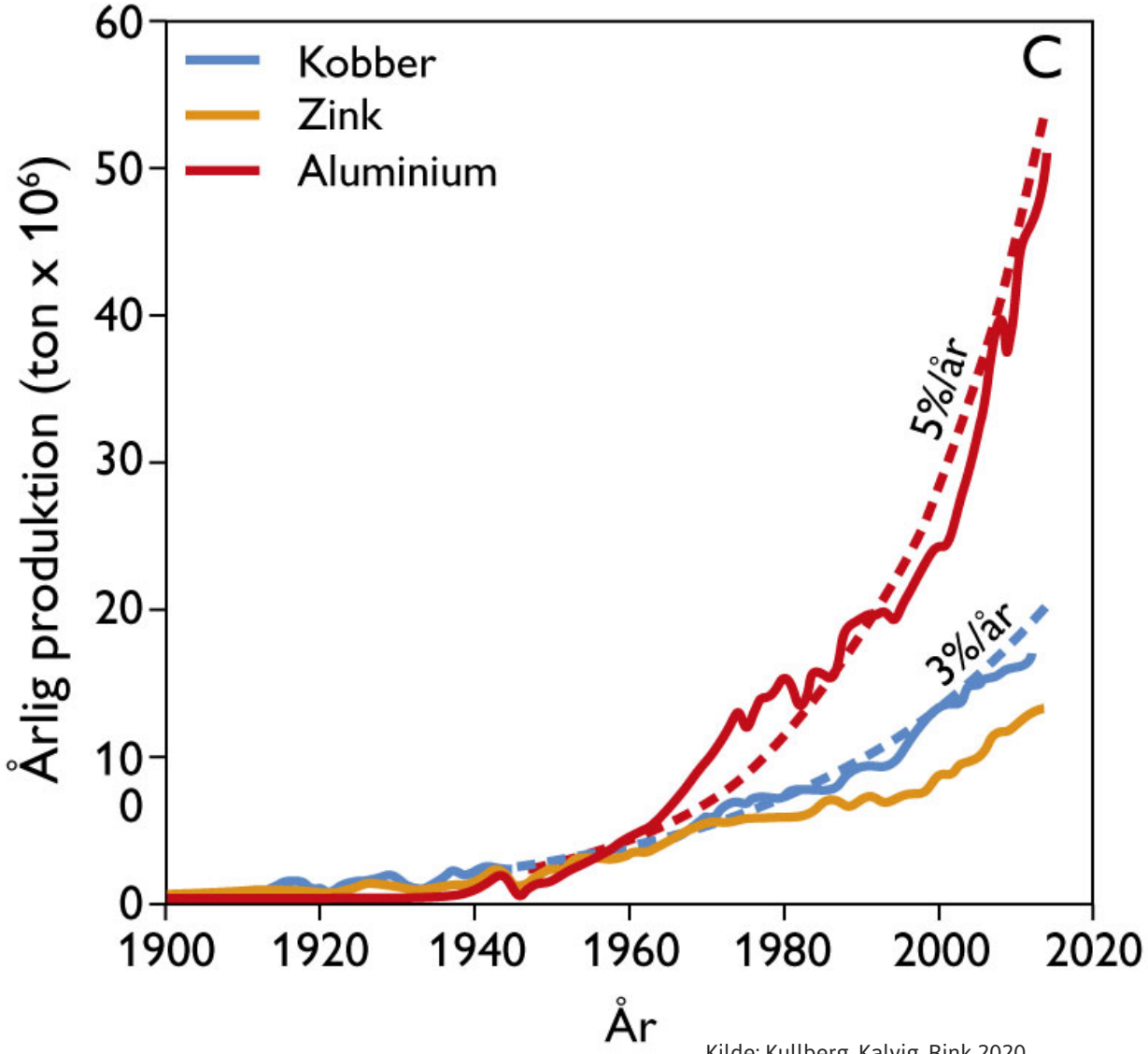
Så hvorfor bliver forbruget per indbygger så højt?

Fordi det er et gennemsnitstal hvor veje, broer, skoler, hospitaler, elledninger, jernbaner, lufthavne, …., også er med i dit forbrug.

Forbruget af råstoffer opgøres ofte som den mængde 1 person bruger per år



Derfor er der også stor forskel på forbruget i industrialiserede lande og udviklingslande.

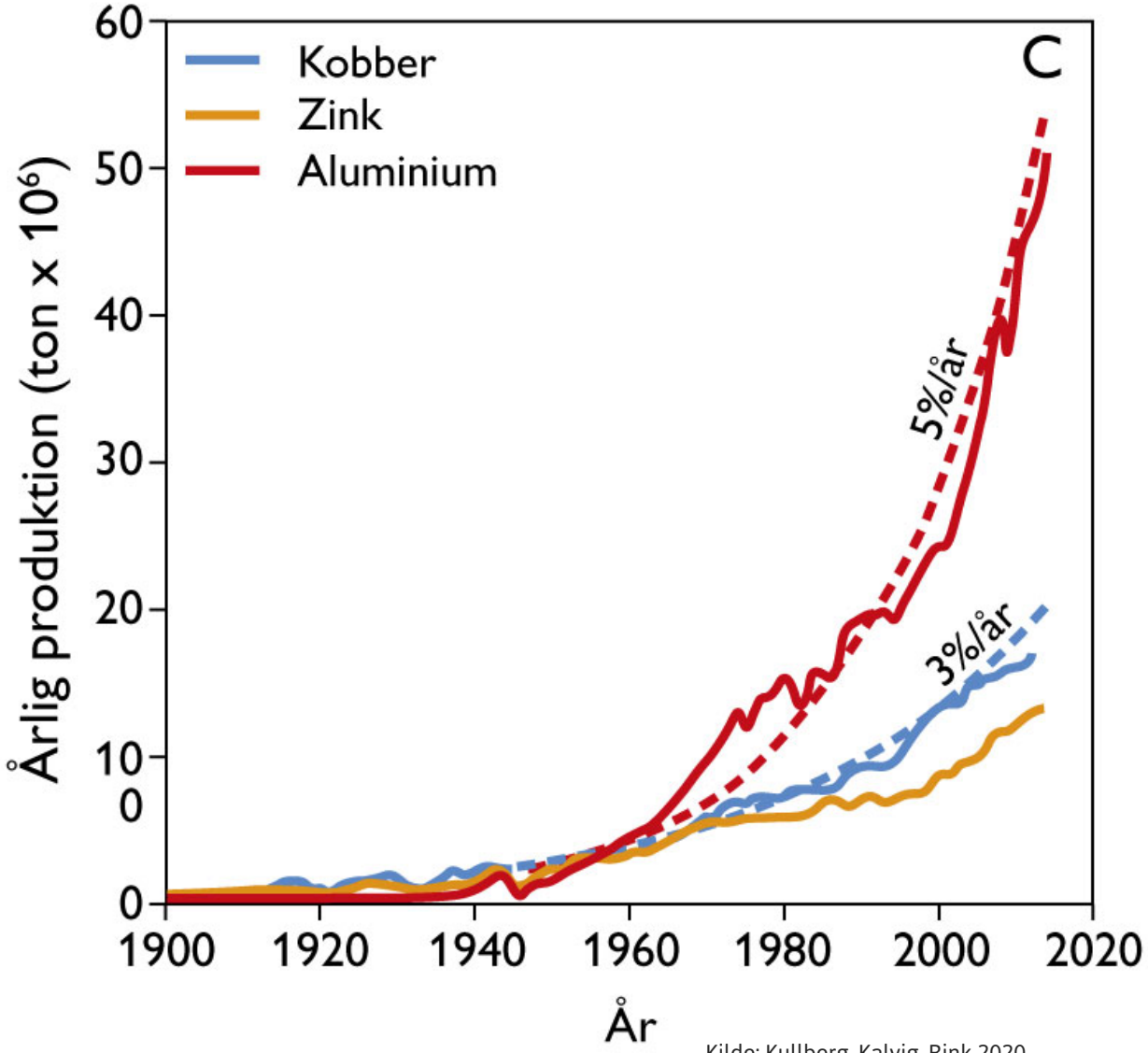


Kilde: Kullberg, Kalvig, Rink 2020

Verdens forbrug af mineralske råstoffer vokser!

Diskuter med din sidemakker hvilke årsager der kan være til det hurtigt voksende forbrug af mineralske råstoffer.

Forbrug af mineralske råstoffer – bæredygtighed – FN's Verdensmål



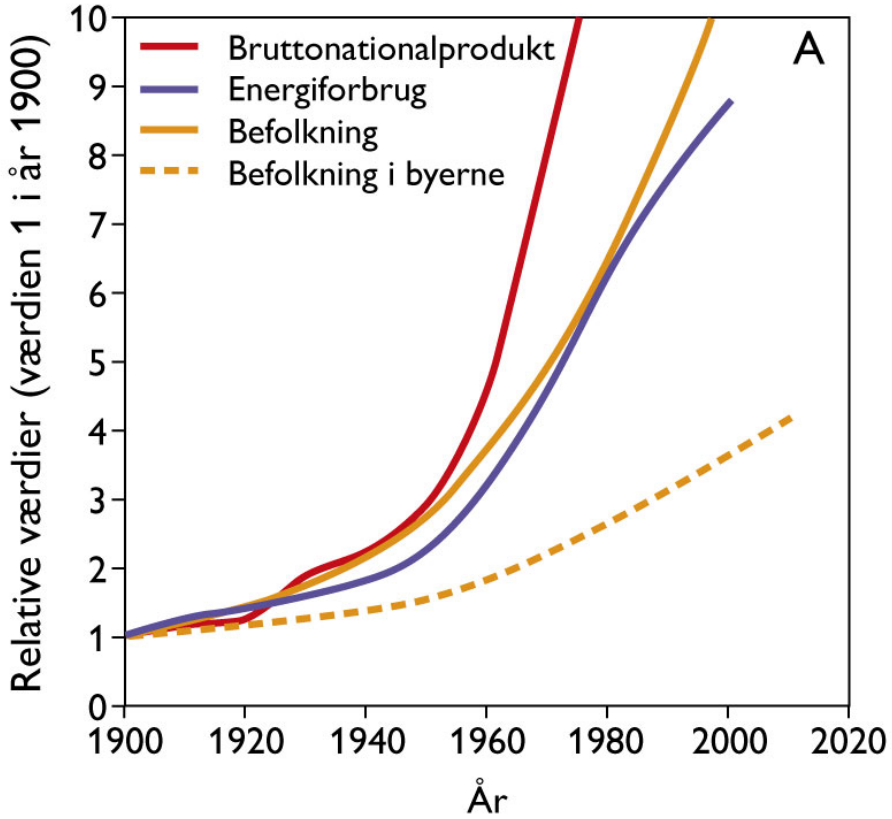
Kilde: Kullberg, Kalvig, Rink 2020

Fordi:

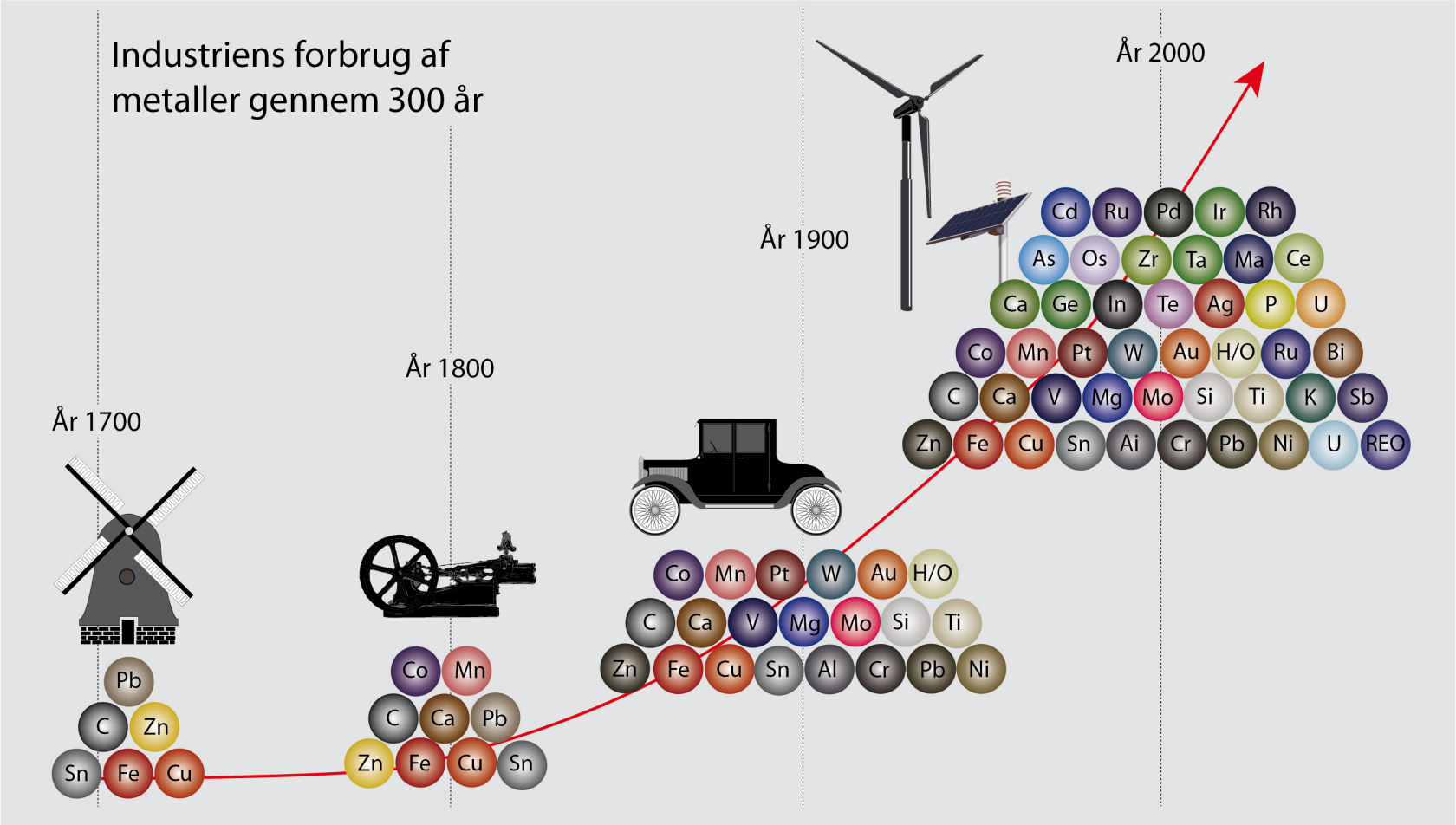
- Befolkningstallet vokser

og fordi:

- Antallet af mennesker der har råd til at købe varer stiger (BNP: brutto national produkt)



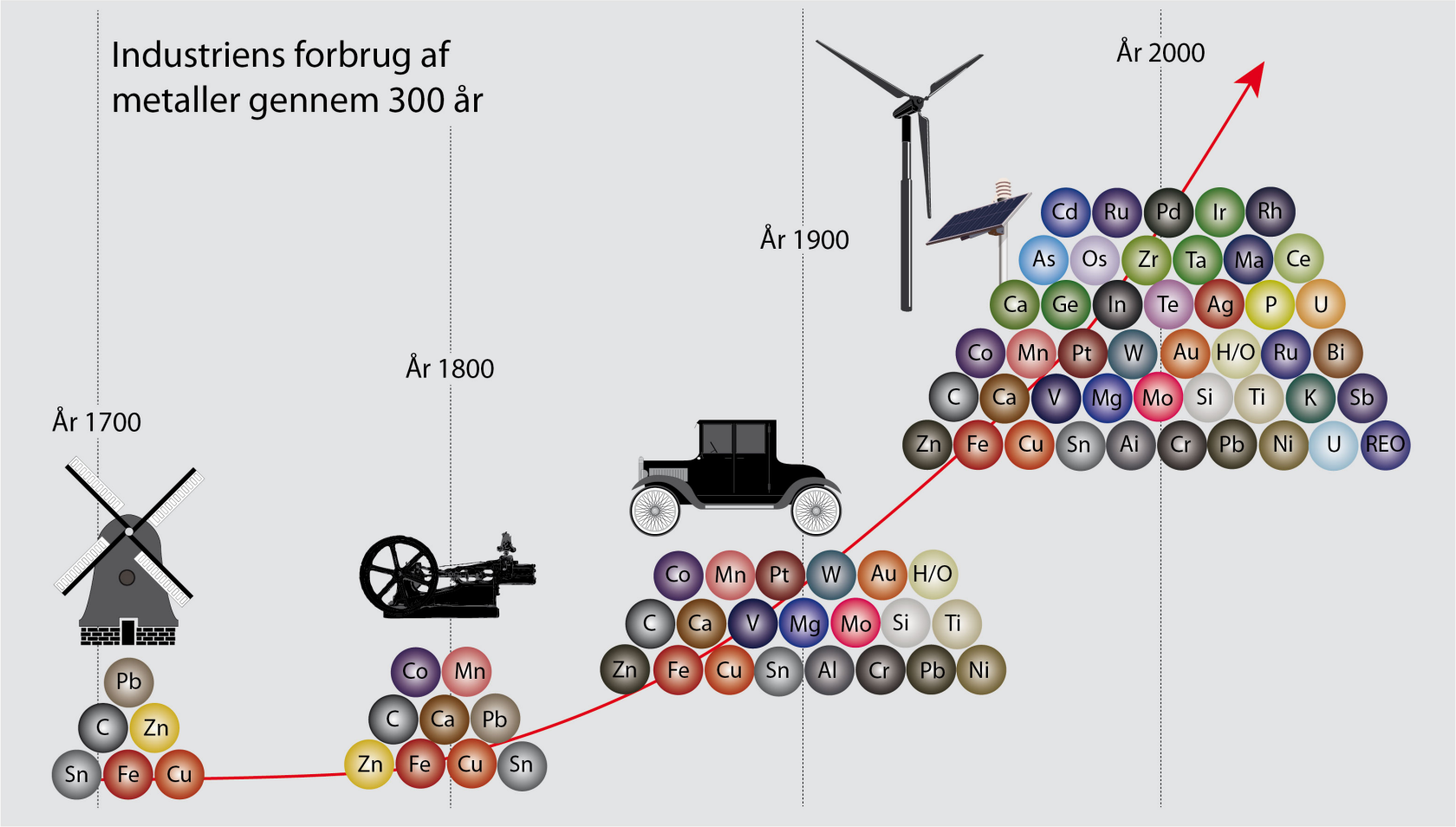
Der bruges flere og flere forskellige grundstoffer!



Efter Van Schaik & Reuter, 2012

Men hvorfor?

Der bruges flere og flere forskellige grundstoffer!



Efter Van Schaik & Reuter, 2012

Fordi:

- Eksisterende materialer forbedres ved at tilsætte grundstoffer som ikke tidligere blev brugt. Så de bliver fx mere varmeledende, mere magnetiske, mere elektrisk ledende, lettere, …

og fordi:

- Den teknologiske udvikling udnytter nye muligheder i "nye" råstoffer til smartphones, batterier og vedvarende energiformer.

… og derfor skal der bruges mange forskellige mineraler og mange forskellige miner!

Vi vil i det følgende se på tre løsninger til udfordringerne med for stort forbrug af råstoffer:

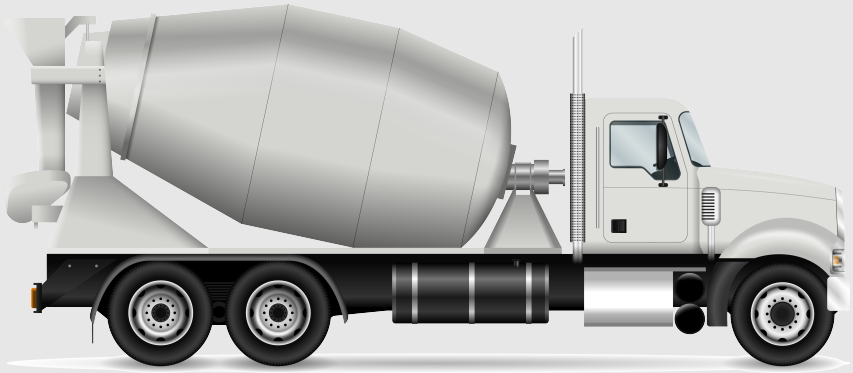
1. Vi skal blive bedre til at genbruge og genanvende
2. Vi skal forbruge ansvarligt
3. Der skal findes nye mineralforekomster

Genanvendelse af en kop kaffe er vanskeligt!

Diskuter med din sidemakker hvordan I kan genvinde en kop kaffe, så I får rent vand, sukker, mælk, og kaffe – på en økonomisk, miljøvenlig og ressourceeffektiv måde?'

... men genvinding af mineralske råstoffer er endnu vanskeligere!!!

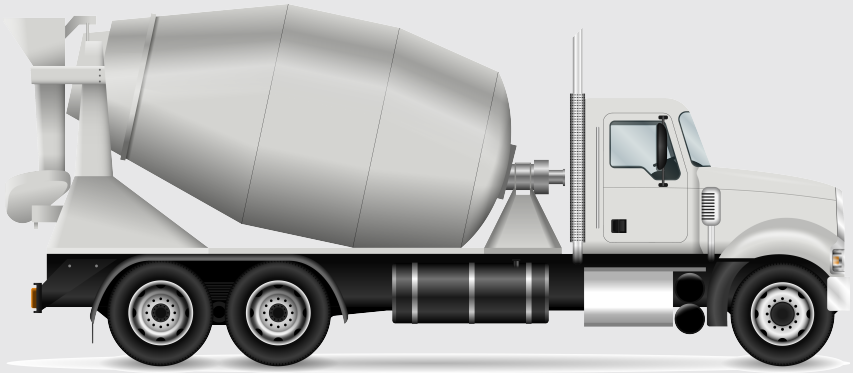
Hvilke råstoffer kan genanvendes og hvilke mistes – når vi smider ting ud?



Hvilke råstoffer kan genanvendes?

Hvilke råstoffer kan ikke genanvendes?

Hvilke råstoffer kan genanvendes og hvilke mistes – når vi smider ting ud?



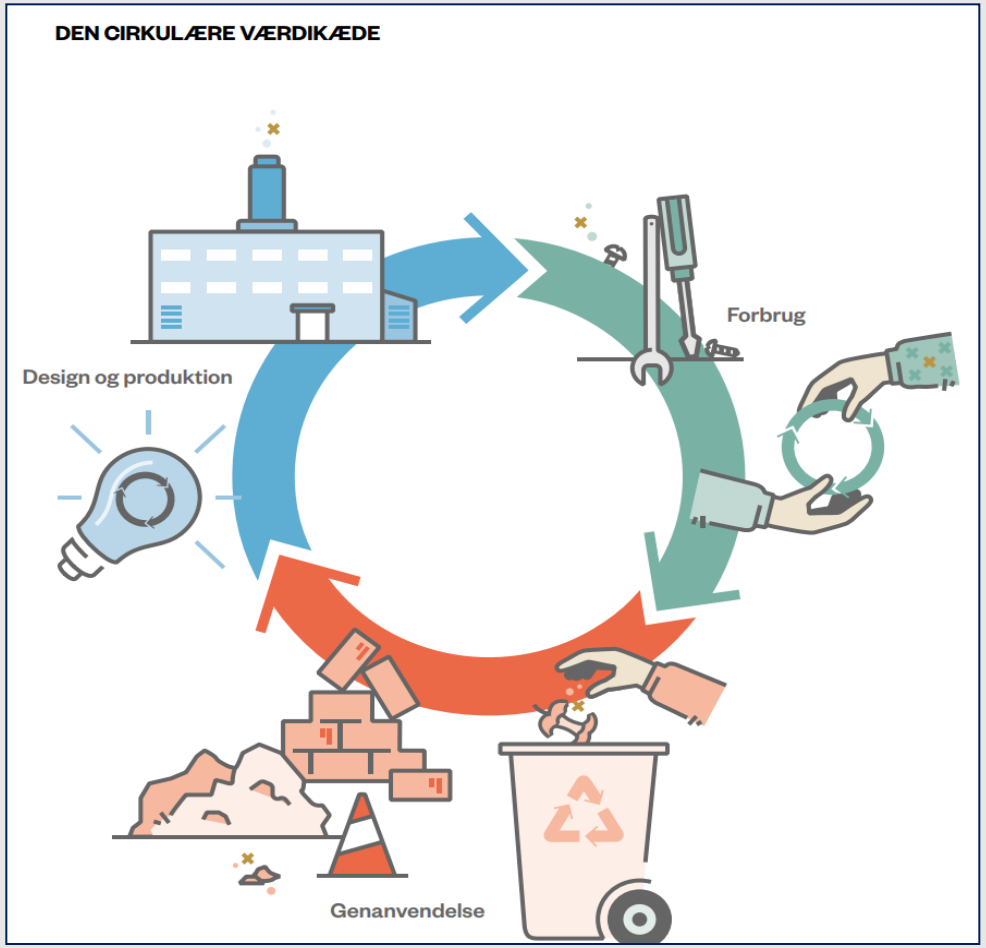
Hvilke råstoffer kan genanvendes?

- Metallerne – hvis vi smider mobilen og gryderne i den rigtige container!
- Lidt sand og grus fra beton kan bruges i ny beton

Hvilke råstoffer kan ikke genanvendes?

- Cement
- Grafit

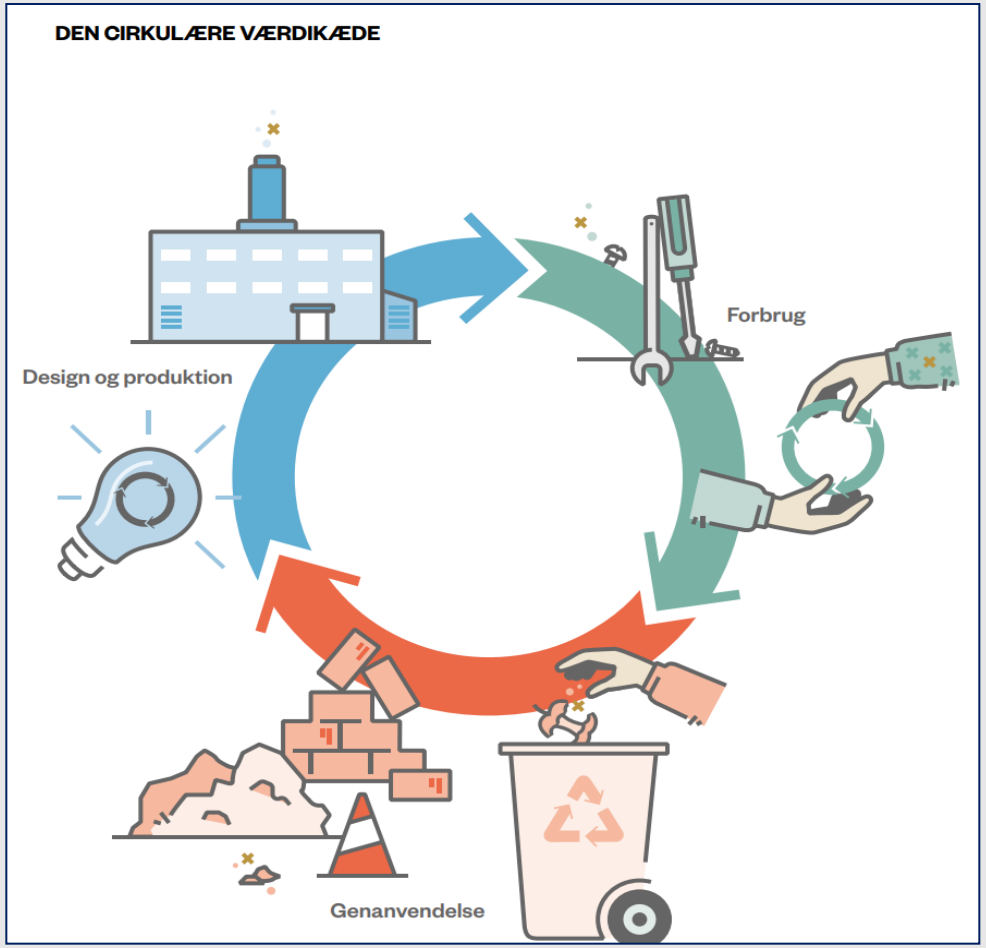
Det cirkulære kredsløb for mineralske råstoffer

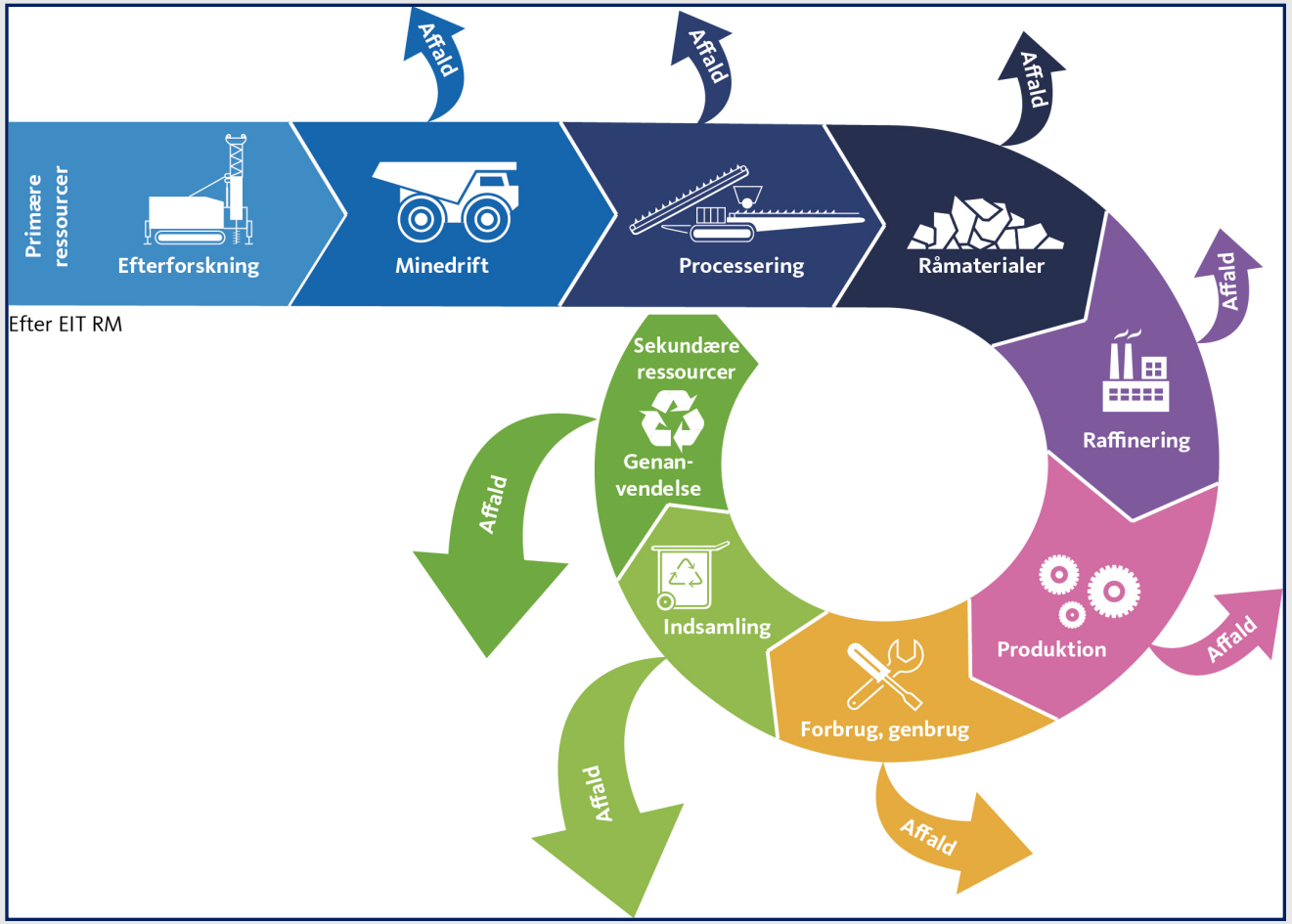


Forklar til din sidemakker denne figur – hvor kommer råstofferne ind og hvor bliver de af? Kan I se nogle mangler i figuren?

© Regeringens Advisory Board Cirkulær Økonomi, 2018

Det cirkulære kredsløb for mineralske råstoffer giver altid tab. Men vi kan blive bedre





Diskuter med din sidemakker hvordan du som forbruger kan være med til at sikre at flere mineralske råstoffer bliver genanvendt?

Løsninger på udfordringerne

2. Vi skal forbruge ansvarligt

FN' Verdensmål 12 – bæredygtig og effektiv udnyttelse af naturressourcerne

Mål 12 opfordrer til:

- Vi skal bruge naturressourcerne bæredygtigt og effektivt
- Vi skal nedbringe mængden af affald

Men hvad betyder **bæredygtig** for de mineralske råstoffer?

Når de mineralske råstoffer først er gravet op af jorden og forarbejdet til huse, biler, smartphones, gryder, tandpasta, maling og alt det andet, som danner grundlag for vores liv, er de i princippet brugt.

Vi kan først genanvende når vi har kasseret produkterne. Men det ikke muligt at indsamle alt; meget ender i affaldet. Som kaffe-eksemplet viste, så er effektiviteten ved genanvendelse ikke helt effektivt, og der vil være en mængde metal til rådighed efter genanvendelsen, end der oprindeligt blev brugt til at fremstille varerne. Dette tab skal erstattes af nye mineralske råstoffer, som skal graves op af jorden og forarbejdes.

Derfor handler bæredygtighed for de mineralske råstoffer især om at forlænge levetiden på produkterne og udvikle effektiv indsamling og genanvendelse.

Diskuter med din sidemakker,

- hvad du gjorde med din gamle smartphone, da du fik en ny?
- hvad gjorde du med din gamle cykel?
- Kunne I tænke på nogle ordninger som gjorde indsamlingen mere effektiv (pant, tilbagelevering, cyklen/smartphones/biler kan kun lejes)?

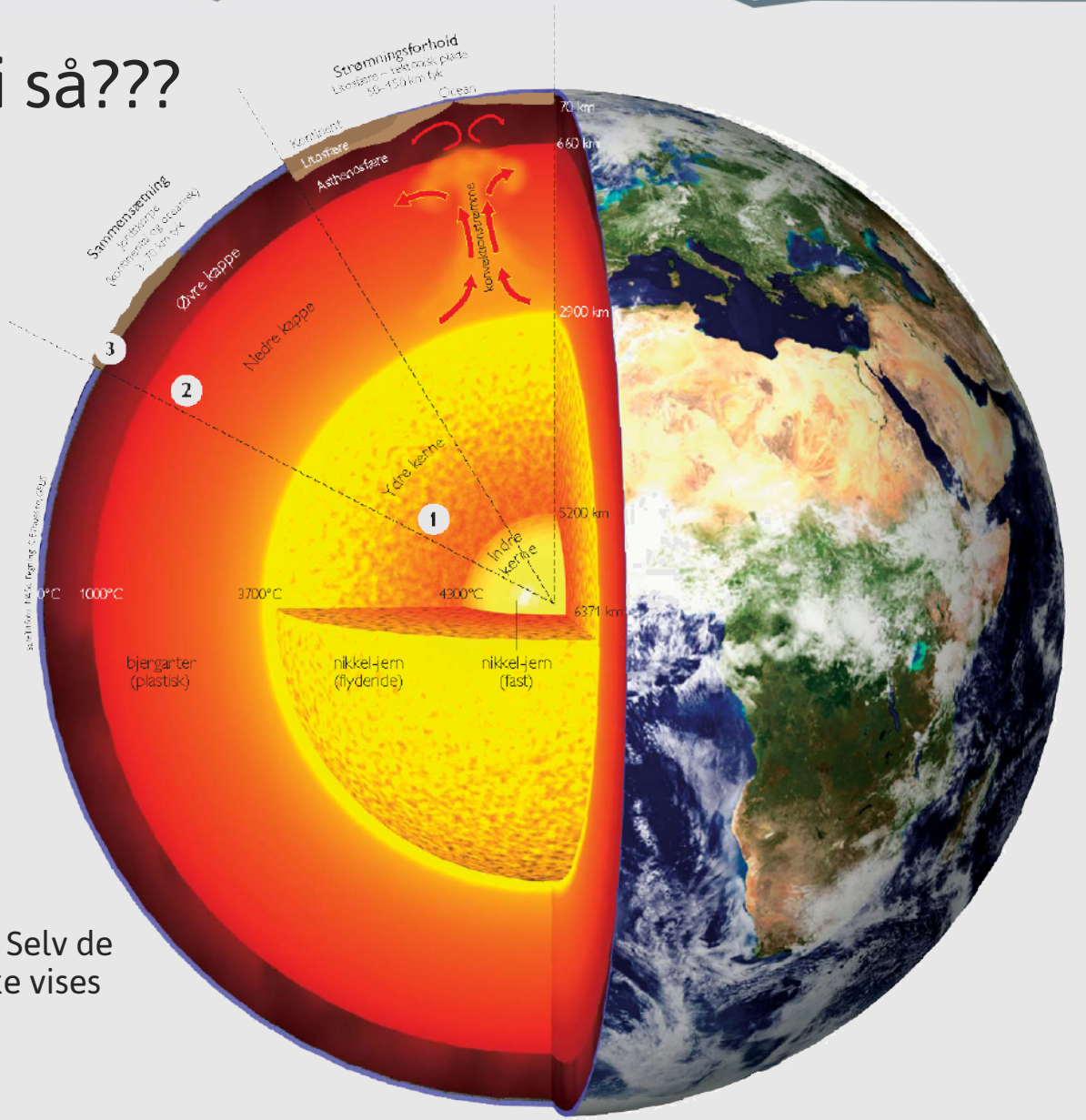
Løsninger på udfordringerne

3. Der skal findes nye mineralforekomster

Én jord – voksende forbrug! Hvad gør vi så???

Hele Jorden består i princippet af mineralske råstoffer. Men råstofudnyttelsen har især være begrænset til de yderste ca. 4 km af Jordens landområder. Det er heldigvis også i det område der er flest forskellige mineraler.

I dybhavene findes også store mængder råstoffer. Men man har endnu ikke teknologien til at få råstofferne op på en miljømæssig forsvarlig måde.



Jordens radius er 6.371 km. Selv de dybeste miner kan altså ikke vises på denne figur.

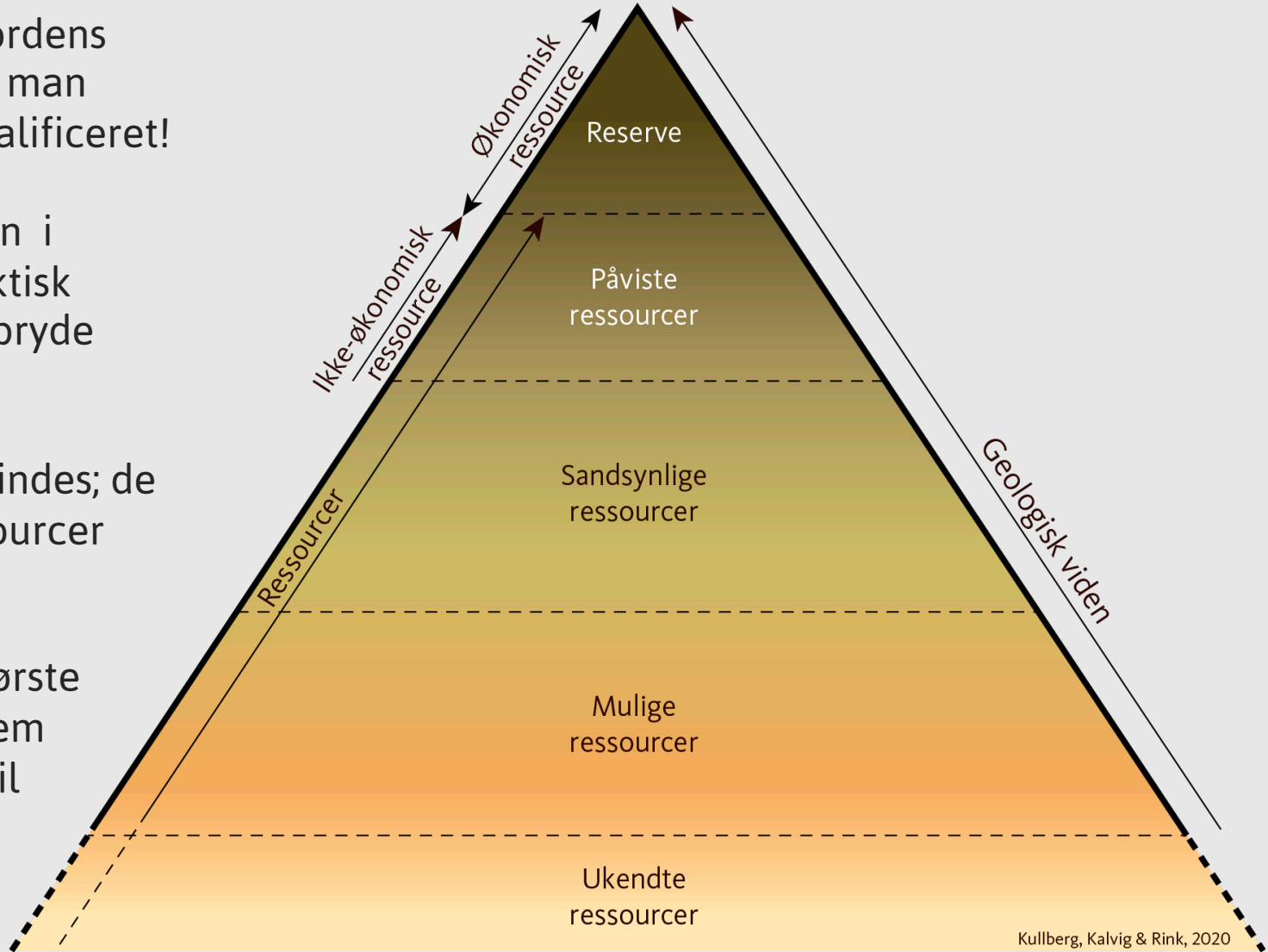
Hvor meget er tilbage til fremtidige generationer?

Ingen ved det! Men kun en meget lille del af Jordens skorpe er undersøgt af geologerne. Derfor kan man ikke regne på hvor meget der er. Kun gætte kvalificeret!

Geologerne opdeler råstofferne i undergrunden i forhold til hvor sikre de er på at råstofferne faktisk findes og i forhold til om det kan betale sig at bryde dem.

Reserverne er den del geologerne er sikre på findes; de udgør kun en meget, meget lille del af de ressourcer som geologer forventer at finde.

Der er ikke geologisk mangel på råstoffer de første mange år. Men der er behov for. at vi bruger dem ansvarligt for at sikre, at der også er råstoffer til kommende generationer.

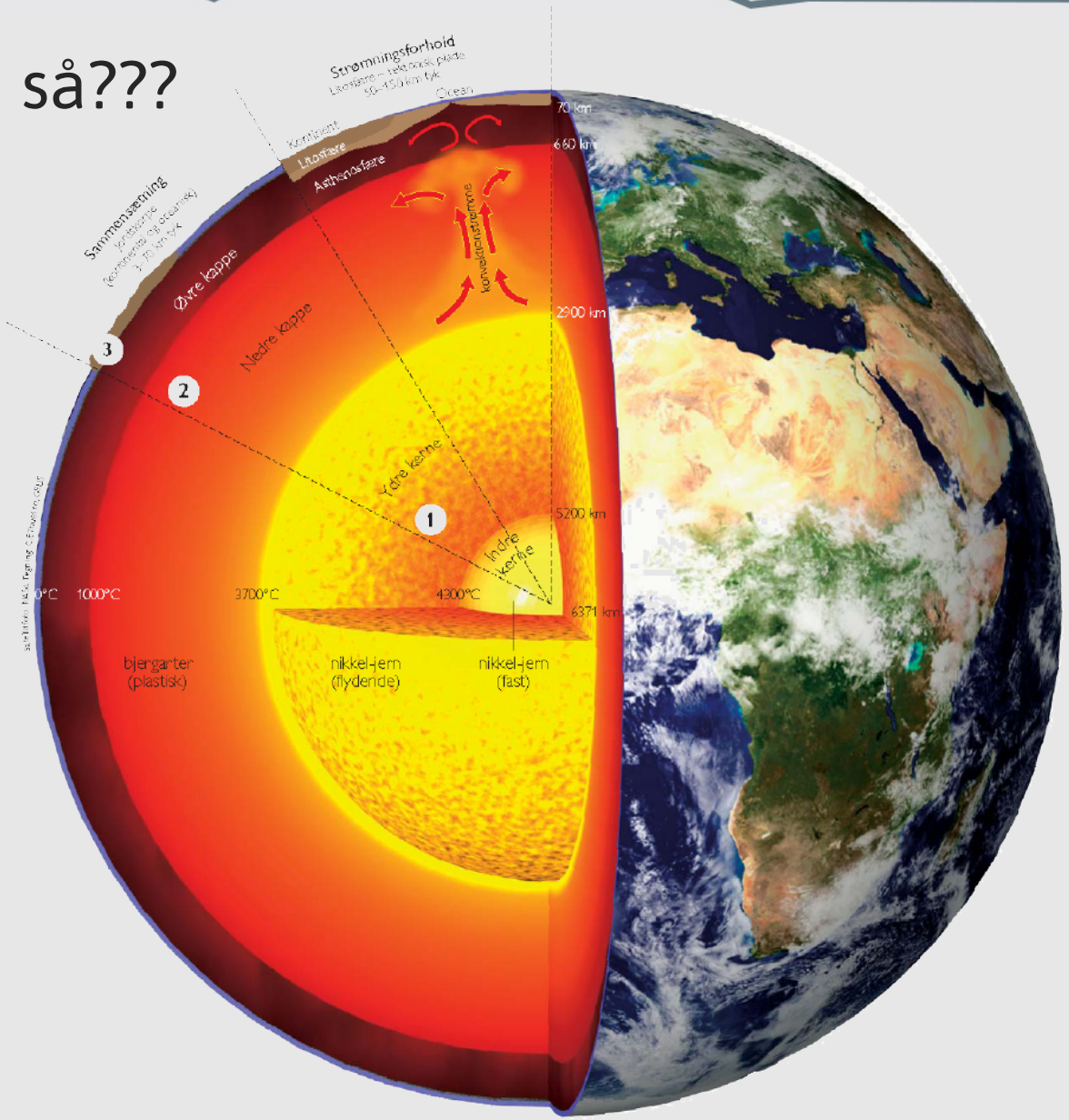


Kullberg, Kalvig & Rink, 2020

Én jord – voksende forbrug! Hvad gør vi så???

Diskuter med din sidemakker hvordan vi kan forbedre:

- Bæredygtigheden
- Cirkulær økonomi
- Genanvendelse
- Genbrug
- Nedsætter forbruget



Sådan kan I arbejde videre med emnet

Råstoffer – forbrug og verdensmål relaterer sig til disse andre lektioner fra **www.junior-geologerne.dk**:

- Råstoffer- jern og kobber
- Sand og grus ressourcer
- Jordens opbygning og pladetektonik
- Bjergartscyklus
- Mineraler – en introduktion

Øvrige undervisningsmaterialer

GEUS – Videnscenter for mineralske råstoffer - undervisningsmaterialer om råstoffer
http://mima.geus.dk/

Geoviden temanummer om mineralske råstoffer
https://www.geocenter.dk/xpdf/geoviden-4-2012.pdf

UNDP (United Nations Developments programme) - lærings om verdensmål
https://www.verdensmaalene.dk/

Sådan arbejder geologer

Det er geologer der skaffer de mineralske råstoffer vi skal bruge

Det er geologer der finder de områder hvor der kan være en chance for at finde nye mineralske råstoffer, som måske en dag kan blive til en mine Foto viser geologer som undersøger mulighederne i det nordligste Grønland.

Det er også geologer som laver de undersøgelser som kan afgøre hvor meget at fx kobber, jern, kalk, der findes nede i jorden. Og kan beregne om det kan svare sig at lave en ny mine.

Geologer arbejder også i minerne, for hele tiden at følge med produktionen og for at finde flere reserver (den øverste spids i trekantsfiguren), så minen kan leve i så mange år som overhovedet muligt.

I Danmark er vi afhængige af det arbejde som geologer og mineselskaber udfører i mange andre lande.