

KAPITEL 13



FIGUR 97. Ladestation til elektriske biler bliver en vigtig del af den nye infrastruktur, der skal fremme den grønne omstilling. Shutterstock.

BATTERIER OG DEN GRØNNE OMSTILLING

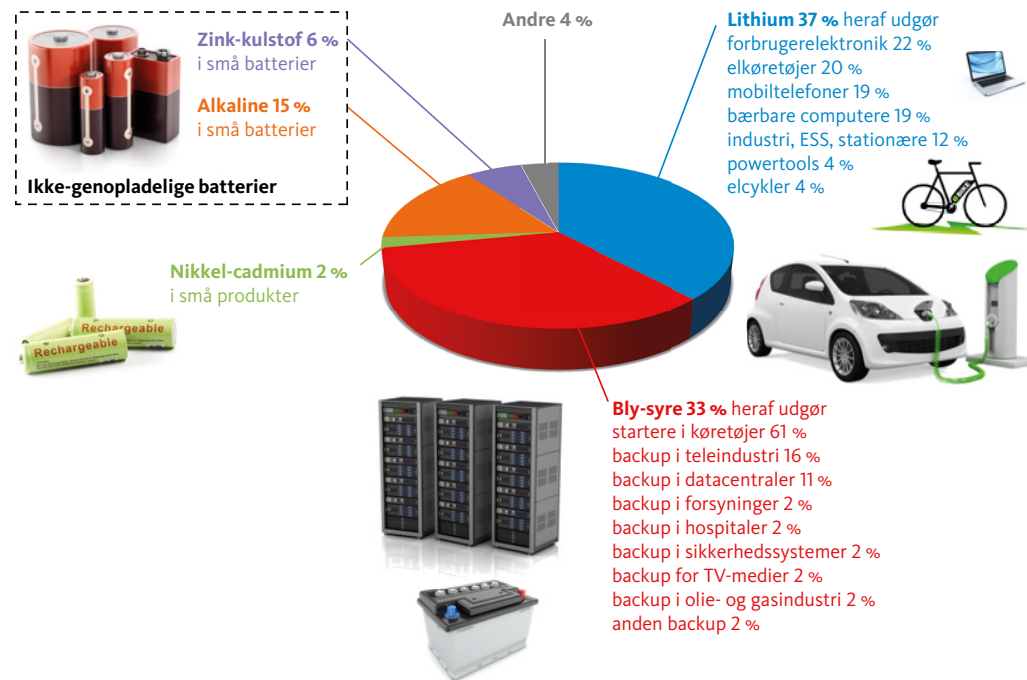
HVORFOR ER BATTERIER SÅ VIGTIGE?

Mange af de grønne energiteknologier er afhængige af sol, vind eller vand og kan derfor ikke med sikkerhed producere energi hele døgnet, alle årets dage. Derfor er det helt afgørende, at der udvikles metoder til at lagre elektricitet og metoder til at gøre energien mobil. Uden sådanne metoder bliver det svært at omstille fra fossile til vedvarende energiformer. Batterier er en af løsningerne på denne udfordring.

I dag leverer batterier energi til et utal af elektriske apparater og systemer; fra små høreapparater og mobiltelefoner til store elektriske apparater som startbatterier i biler og backup-systemer på hospitaler og datacentre. Der findes et utal af forskellige typer af batterier, fra de ikke-genopladelige zink-kulstof-batterier og alkaline batterier til de genopladelige bly-syre-batterier, nikkel-cadmium- og lithium-ion-batterier (figur 98).

Det hurtigt voksende forbrug af batterier øger efterspørgslen af de råstoffer, som skal bruges til fremstilling af batterierne og gør det nødvendigt at åbne nye miner og øge genanvendelsen af de råstoffer, som

bruges i batterier. Men efterspørgslen på lithium-ion-batterier vokser så hurtigt, at det er vanskeligt for råstofproducenterne at følge med efterspørgslen. Det bevirker, at forsyningerne af de vigtigste råstoffer nikkel, kobolt, lithium og grafit til denne batteritype er meget usikre, fordi nye miner ikke åbnes hurtigt nok. Dette kan forsinke omstillingen til eldrevne transportmidler, som benytter de omtalte batterier.



FIGUR 98. Batterimarkedet i 2015 angivet som andele i forhold til omsætningsværdi. For hver type er angivet, hvor produktet bruges og med hvor stor en andel. Af MiMa (2017).

BATTERIETS FUNKTIONER OG OPBYGNING

Batteriernes funktion er den samme, som da de blev opfundet for 150 år siden, nemlig at opbevare energi. Men råstofferne til fremstilling af batterier har ændret sig i takt med udviklingen af nye batterityper.

Batterier bruges til mange forskellige formål, som stiller forskellige krav til batteriets egenskaber. Det kan fx være krav til energitæthed, effekt, at det skal kunne holde strøm længe, når det ikke bruges, at det skal have høj strømstyrke indtil batteriet er helt afladet, at det skal have kort ladetid, eller at prisen skal være lav i forhold til ydelse, størrelse og batteriets sikkerhed. Derfor fremstilles der mange forskellige batterityper. De tre vigtigste typer fremstilles af forskellige råstoffer og har derfor forskellige fysiske og kemiske egenskaber.

Alkali-batterier og de øvrige ikke-genopladelige batterier (kendt som nikkel-cadmium- eller NiCd-batterier) kombinerer høj effekt med lille størrelse og lav pris. NiCd-batterier bruges derfor især til elværktøj, husholdningsapparater, ure, digitalkameraer, radioer, legetøj, brandalarmer, høreapparater o.l.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Tb	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Grundstoffer som anvendes i batterier

Bly-batterier har lav energitæthed og høj effekt (W/kg), og så er de billige. De bruges mest som startbatteri til biler og som backup-strømforsyning til hospitaler og andre vigtige anlæg, fordi vægt og størrelse ikke er afgørende til disse funktionsområder.

Lithium-ion-batterier (Li-ion-batterier) har en høj energitæthed, kort ladetid og kan holde til mange genopladninger. Derfor anvendes de især i mindre elektroniske ap-

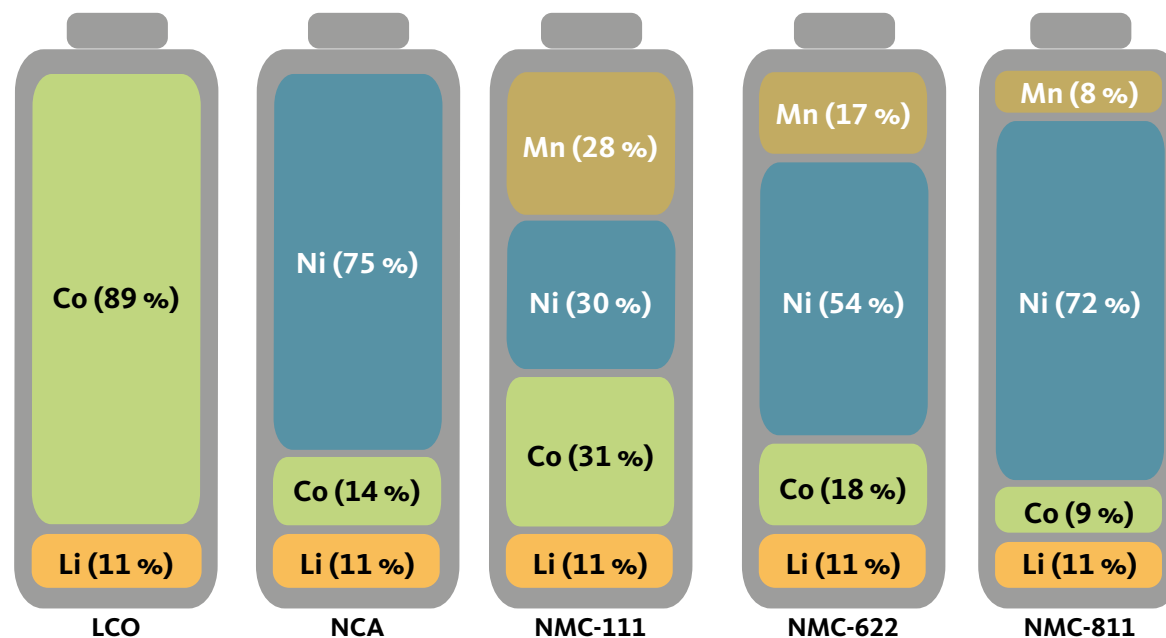
FIGUR 99. Nøgleråstofferne bly, grafit, kobolt, lithium, mangan og nikkel til batteriproduktion vist i det periodiske system. Af MiMa (2019).

parater som fx bærbare computere, tablets, smartphones, kameraer, elværktøj etc. Lithium-ion-batterierne har i stigende omfang vundet indpas i elbiler, og netop denne anvendelse forventes snart at blive det største markedsområde for denne batteritype.

De forskellige batterityper bruger forskellige råstoffer. De seks vigtigste grundstoffer, som anvendes til fremstilling af batterier er: kobolt (Co), lithium (Li), grafit (C), nikkel (Ni), mangan (Mn) og bly (Pb) (figur 99). For kobolt, lithium og grafit gælder, at de eksisterende miner har vanskeligt ved at skaffe tilstrækkeligt materiale til at dække den voksende efterspørgsel.

De viste fordelinger mellem råstofferne til batterier (figur 100) ændrer sig i takt med, at der kommer nye batterityper, som bruger forskellige sammensætninger af råstoffer, mens andre batterier udfases eller bruges mindre.

Elbilmarkedet er et godt eksempel på et hurtigt voksende marked for kobolt, lithium, nikkel og grafit, hvor der skal produceres mange ton råstoffer for at have nok til fremtidens forventede produktion (figur 101). På sigt er det tænkeligt at Li-ion-batte-



rier også skal være energi-backup i boliger, hvilket giver yderligere efterspørgsel på de fire nøgleråstoffer (figur 102). Det er vigtigt at huske, at kobolt, lithium, nikkel og grafit også bruges til mange andre formål, så den samlede udvinding af disse råstoffer skal vokse meget hurtigt for at kunne følge med efterspørgslen. Der er forventninger om, at ca. 75 % af den mængde lithium, der udvindes i 2025, skal bruges til batterier; for kobolt vil det være omkring 50 %.

FIGUR 100. Fordelingen af nøgleråstofferne til katoder i fem forskellige typer af lithium-ion-batterier.

Det ses, at indholdet af lithium kun udgør omkring 11 % i lithium-ion-batterier. Grafit er ikke vist, fordi grafit i batterier kun bruges til anoden.

Efter Olivetti et al. (2017).

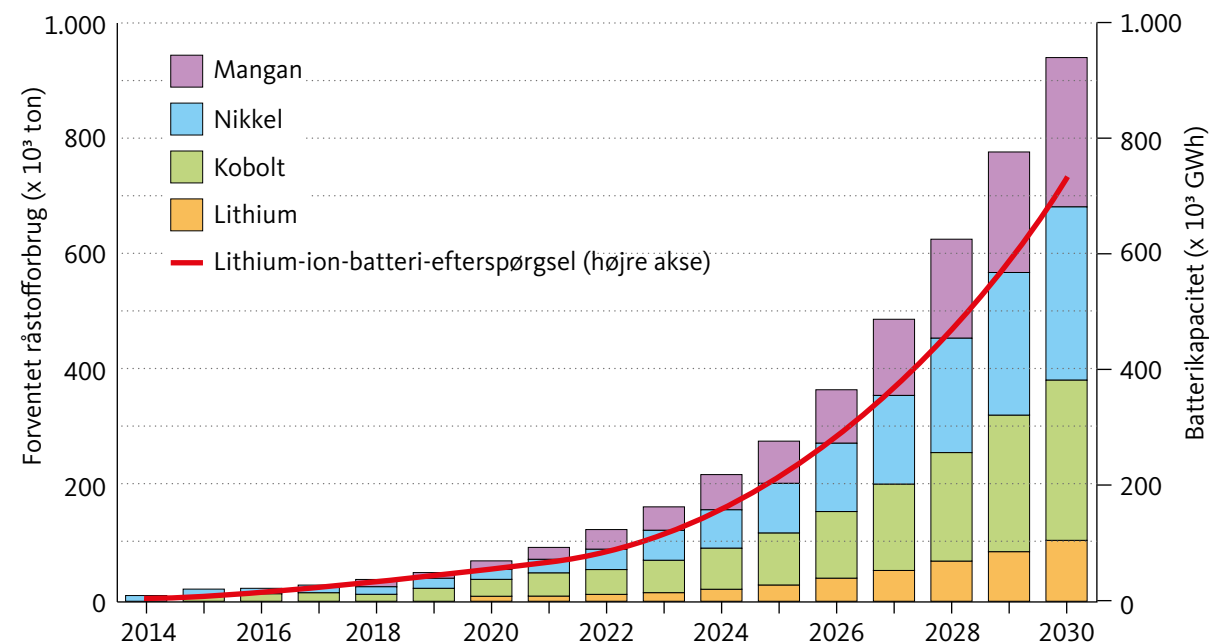
LITHIUM-ION-BATTERIER

Lithium-ion-batterier anvendes til mange formål. Som nævnt kan de holde energien i lang tid, lades hurtigt op og genoplades mange gange. Batterierne bliver brugt til flere og flere formål. For eksempel vil mange husstande i fremtiden sikkert have deres eget batteri til lagring af overskudsenergi fra solceller og lokale vindmøller.

Omstillingen til det batteridrevne samfund, baseret på grøn elektricitet forudsætter derfor, at batteriproducenterne kan fremskaffe de nødvendige råstoffer i de rigtige mængder, kvaliteter og til de rigtige priser.

NØGLERÅSTOFFERNE TIL LITHIUM-ION-BATTERIER

Ti lande dominerer produktionen af lithium, kobolt og grafit, der er nøgleråstofferne til Li-ion-batterierne. Disse råstoffer er geologisk set meget forskellige og kommer derfor fra hver sin mine. DR Congo er dominerende på kobolt, Chile dominerer lithiumproduktionen, mens Kina dominerer produktionen af grafit (figur 103).



KOBOLT

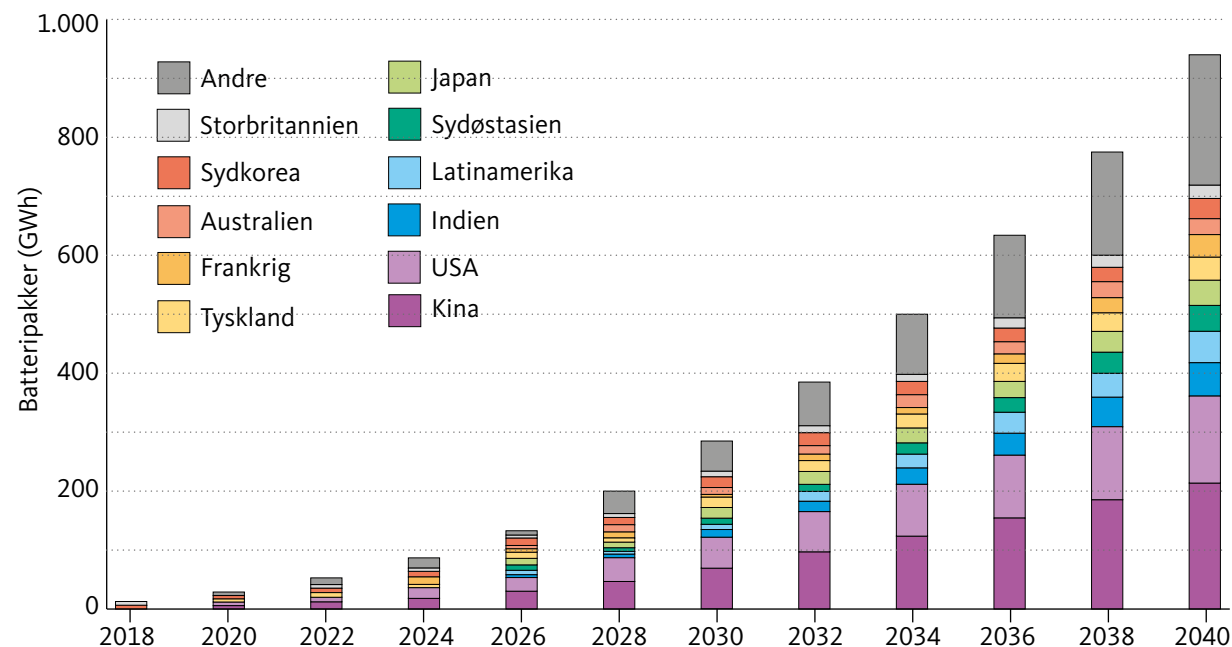
Kobolt er et biprodukt i miner, der bryder kobber eller nikkel; kobolt brydes i mange lande. DR Congo er den helt dominerende producent (34 %) af kobolt og afsætter næsten al deres kobolt på det kinesiske marked. Man kan ikke tale om et egentligt monopol, men Kina har med aftalerne fået kontrol over en meget betydelig del af koboltmarkedet. Omkring halvdelen af den mængde kobolt,

FIGUR 101. Prognose for det forventede salg af lithium-ion-batterier til elbiler frem til 2030 udtrykt som den samlede kapacitet (rød kurve). Søjlediagrammet viser, hvor mange ton mangan, nikkel, kobolt og lithium, der skal bruges for at fremstille disse batterier. Beregningerne er fra 2014 og vi må formode, at behovet for disse råstoffer ville være højere, hvis man foretog beregningerne i dag. Efter Meshram (2018).

der produceres, bliver brugt til fremstilling af batterier (figur 101). Resten af produktionen bruges især som legeringsmetal til hårdmetal som stål og til magneter. På grund af den store efterspørgsel på kobolt i disse år efterforsker mineselskaberne mange steder mulighederne for at finde nye koboltforekomster. I Grønland kan kobolt findes sammen med nikkel, men der vil gå en del år inden mineselskaberne er færdige med de igangværende undersøgelser af, om nikkelforekomsterne er gode nok til at starte en mine.

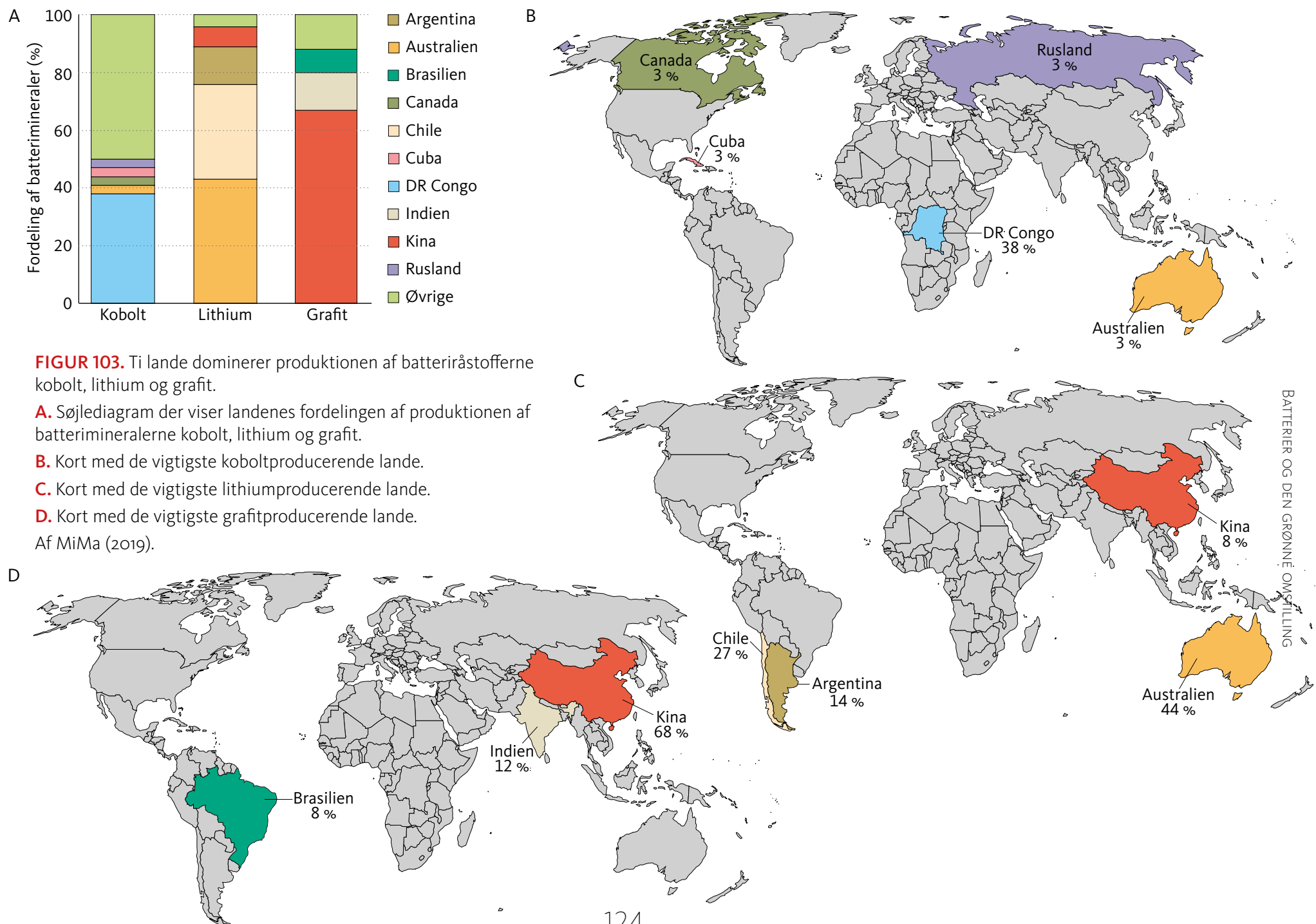
LITHIUM

Lithium produceres fra to helt forskellige geologiske forekomster. I Sydamerika, især Chile og Argentina, indvindes lithium ved at underjordiske forekomster af saltvand med højt indhold af lithium pumpes op i store laguner, hvor det inddampes i meget store bassiner. I Australien produceres lithium fra magmatiske bjergarter rige på Li-mineraler; denne metode er den hurtigste, men også den dyreste at producere lithium på. Australien står for ca. 43 % af verdensproduktionen mod Chiles 33 %, mens Kina kun har en meget lille produktion, som er helt



utilstrækkelig til at forsyne Kinas industrier (figur 103). Samlet set bruges omkring 40 % af verdensproduktionen af lithium til batterier (figur 101). Resten bruges i keramik- og glasindustrien, til smøremidler, medicinalindustrien og mange andre ting. Den meget store efterspørgsel på lithium har resulteret i, at produktionen i de seneste 10 år er steget, og at mange forekomster er ved at blive udviklet til nye miner. Reserverne i specielt

FIGUR 102. Forventet stigning i batteripakker til boliger og virksomheder. Efter Henze (2018).



Sydamerika er meget store. Der er ikke kendte forekomster med lithiummineraler i Grønland.

GRAFIT

Grafit udvindes fra mineralet grafit, som kun består af grundstoffet kulstof. Grafitmineralet består af meget tynde grafitflager, som adskilles ved let berøring, og da det er meget blødt, afsætter det sort farve. Grafit brydes mange steder i verden og oftest fra relativt små miner. Kina er langt den største producent efterfulgt af Indien og Brasilien (figur 103). Omkring halvdelen af det grafit der brydes bruges til forskellige formål i støberi-industrien og kun omkring 20 % bruges til batterier (figur 105).

På grund af den grønne omstilling forventes en stigende efterspørgsel på grafit, og derfor efterforsker mineselskaberne mange nye grafitforekomster for at finde ud af, om de er gode og store nok til at starte en ny mine. I Grønland undersøger to mineselskaber i 2019 grafitindholdet i bjergarter i et område ved Amîtsoq i Sydgrønland og Akuliaruseq i Vestgrønland. Men der vil gå flere år, inden mineselskaberne har fået tilstrækkelig

FIGUR 104. Minedrift efter batteriråstoffer i billeder.

A. Koboltmine i lille skala i DR Congo. Ca. 20 % af koboltproduktionen kommer fra små miner, som ikke har licens, og hvor landbefolkningen forsøger at tjene en dagsløn. Foto Enough Project / Lezhnev (2010).

B. Salar de Atacama i Chile. Bunker af lithium udvundet ved inddampning af lithiumrige opløsninger i saltsøer i Atacamaørkenen.

C. Brydning af grafit i Uralbjergene, Rusland. Fotos B og C fra Shutterstock.

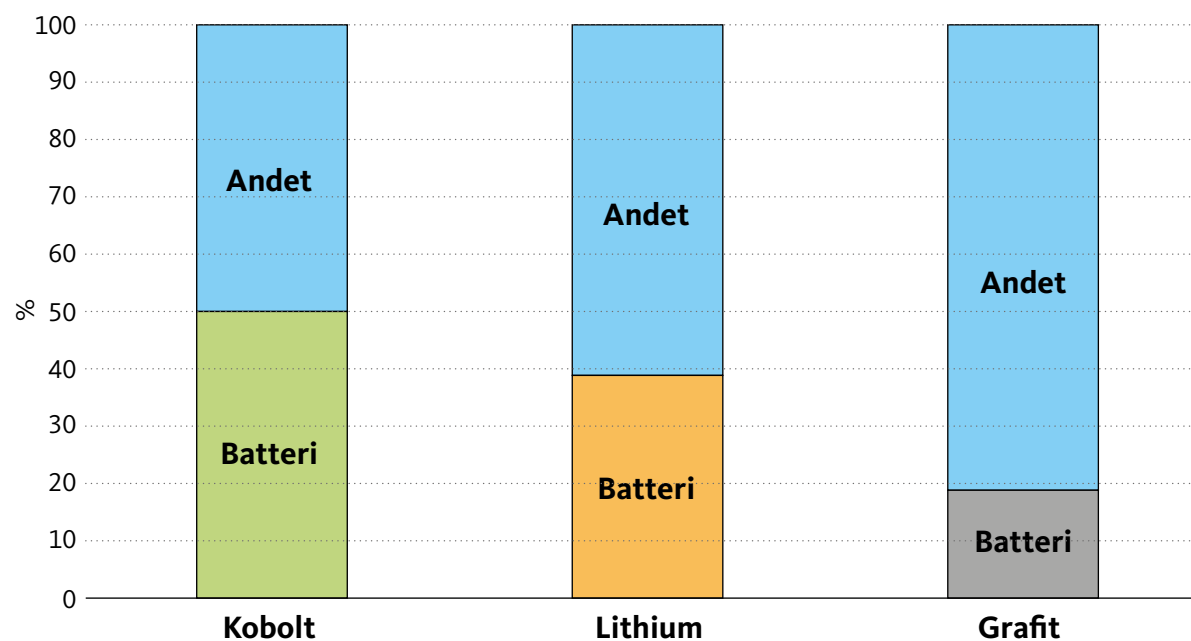


geologisk viden til at beslutte, om der kan startes en grafitmine disse steder.

FORSYNINGSKÆDERNE TIL BATTERIER ER UDFORDRET

Det stigende forbrug af batterier til elbiler, elcykler og backup-systemer i huse og virksomheder øger efterspørgslen på råstoffer til batterier med stor hast (figur 102). Derfor skal der findes og bygges nye miner for disse råstoffer. Men det tager ofte mere end 10 år at finde nye forekomster og bygge en mine. Dette misforhold mellem hurtig efterspørgsel og langsom levering er en udfordring for forsyningskæderne til batterier. Kommer der tilstrækkeligt med kobolt, lithium, nikkel og grafit på markedet om 10 år? Og kan reserverne følge med? Kan råstofferne i batterierne genanvendes? Eller sætter manglen gang i innovation, så der bliver udviklet helt nye typer af batterier? Der findes ingen sikre svar på disse spørgsmål.

Historisk har mineindustrien vist sig at være ret robust overfor nye tendenser, og der er da heller ikke faldende reserver af batteriråstofferne. Faktisk er reserverne ikke blevet mindre trods minernes stigende produktion



af kobolt, nikkel, lithium og grafit, tværtimod er de vokset en smule. Dette skyldes, at mineselskaberne hele tiden leder efter ny malm i områderne omkring allerede eksisterende miner, og at mineselskaberne investerer meget store beløb i mineralefterforskning i andre områder for at sikre sig, at de har råstoffer, de kan sælge og dermed tjene penge. Hvis man finder malm i nærheden af aktive miner, kan en produktion starte hurtigt, mens der skal bl.a. etableres tids-

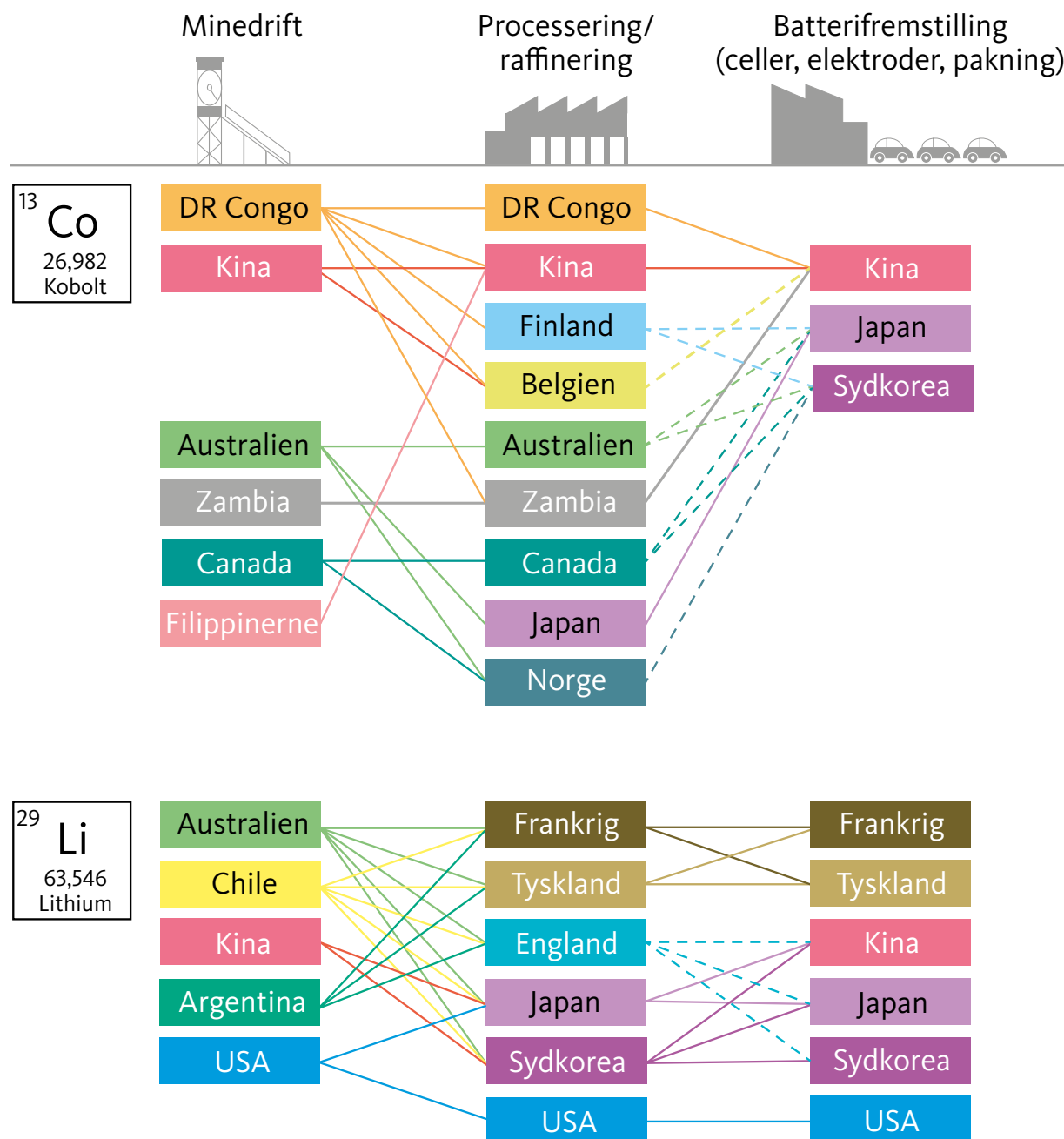
FIGUR 105. Mange af de vigtige råstoffer til batterier bruges også til andre formål. Batteriindustrien er derfor i konkurrence med andre industrier om råstofferne. Efter Olivetti et al. (2017).

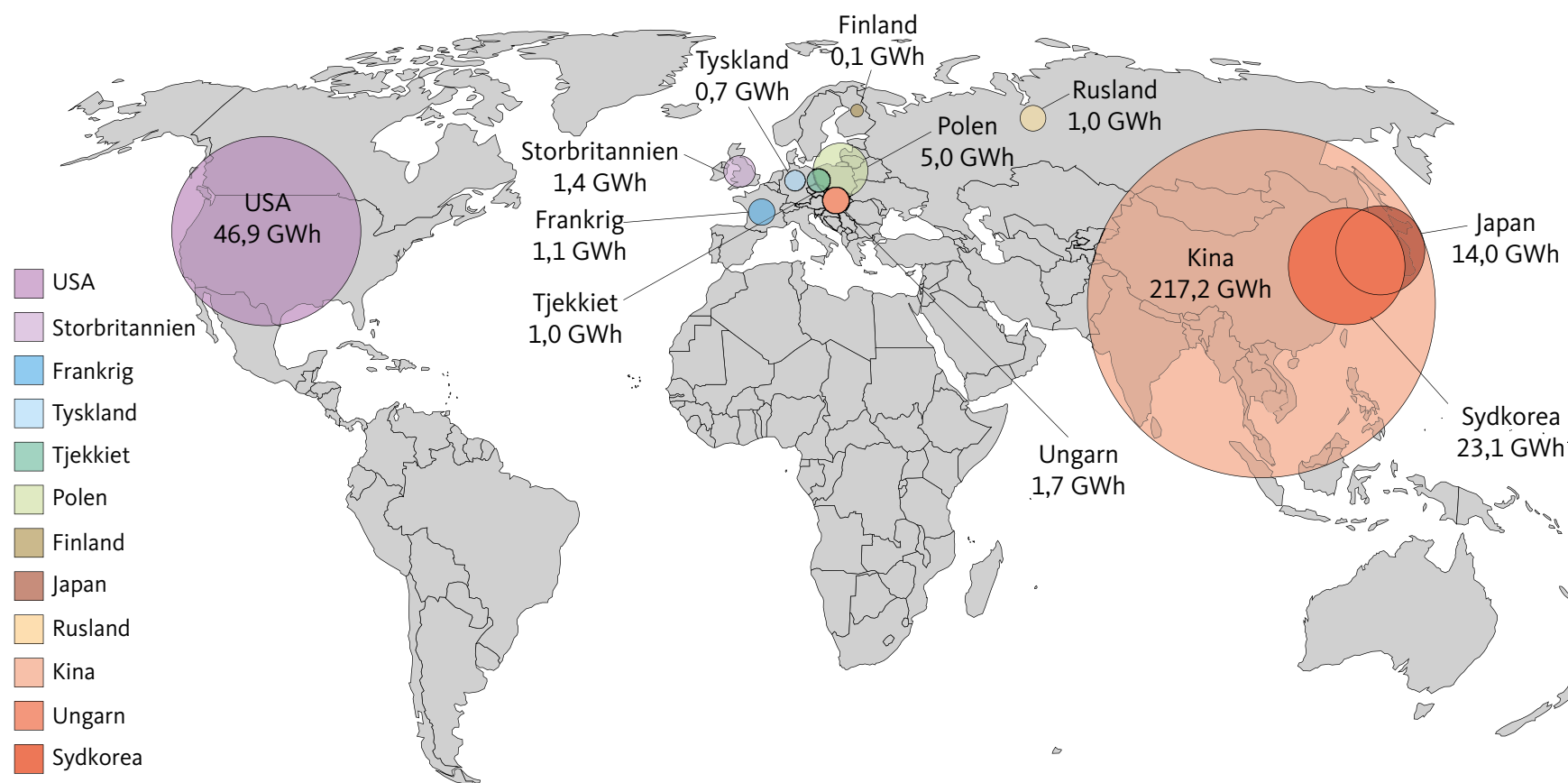
FIGUR 106. Forsyningskæderne for kobolt og lithium. MiMa (2017).

krævende og dyr infrastruktur til minedrift på nye lokaliteter.

Udvinding af mineraler, som indeholder kobolt, nikkel, lithium og grafit, er kun én side af forsyningsproblemet. Det kræver en betydelig ekspertise at forarbejde råstoffer til de kemikalier og metaller, som skal bruges i fremstillingen af katoder og battericeller. Denne viden er i høj grad koncentreret i Kina, Sydkorea og Japan (figur 106). Figuren viser, at hovedparten af koboltholdige mineraler brydes i seks lande, at udvindingen af kobolt fra mineralerne foretages i ni lande, mens fremstillingen af komponenter til batterier som celler og elektroder hovedsageligt foregår i tre lande. Figuren viser også, at Kina dominerer hele forsyningskæden, og at Australien, Zambia og Canada sælger deres produkter i Asien. Forsyningskæderne for lithiummineraler domineres af lande i Sydamerika og Australien, mens fremstillingen er koncentreret i Asien.

Kina arbejder efter en strategi, hvor landets transportsektor skal være elbaseret i 2030, og de har derfor brug for at kunne kontrollere hele forsyningskæden fra minerne til de færdige batterier. I det omfang Kina ikke selv





FIGUR 107. Mange lande med egen bilproduktion planlægger at etablere batterifabrikker til især elbiler. Figuren viser den forventede produktion af batterier i 2025.

Kina og til dels USA dominerer markedet for lithium-ion-batterier og har derfor behov for at sikre råstofforsyninger til disse fabrikker. En betydelig del skal importeres, fordi Kina ikke selv har tilstrækkeligt med de relevante råstoffer.

Efter Ma et al. (2018).

har råstofferne, fx kobolt og lithium, sikres forsyningerne ved, at kinesiske mineselskaber producerer disse råstoffer i udlandet, eller ved at Kina indgår langtidskontrakter om forsyninger. Store kinesisk ejede batterifabrikker er under opbygning uden for Asien (figur 107). Derfor vil Kina i mange år have langt den største batteriproduktion og interesse i at kunne kontrollere forsyningskæden til fremstilling. Det gælder særligt for de råstoffer, som Kina ikke selv har store forekomster af, fx kobolt. Som modvægt til karteldannelsen for batterier i Asien har store bilfabrikker som VW og BMW ligeledes lavet aftaler med mineselskaberne om leveringer af råstoffer.

NØGLEBEGREBER

- Batterifunktion
- Batteriopbygning
- Batteriråstoffer

REFERENCER

Henze, V. (2018, november 6). Energy Storage is a \$620 Billion Investment Opportunity to 2040. Hentet fra <https://about.bnef.com/blog/energy-storage-620-billion-investment-opportunity-2040/>

Katusa, M. (2017). How to Make a Fortune in the Electric Vehicle Boom Without Selling a Single Car. Hentet fra <https://katusaresearch.com/make-fortune-electric-vehicle-boom-without-selling-single-car/>

Lezhnev, S. (2010). Conflict minerals 2010. Hentet fra <https://www.flickr.com/photos/enoughproject/albums/72157624398444223>

Ma, J., Stringer, D., Zhang, Y., & Kim, S. (2018, februar 1). The Breakneck Rise of China's Colossus of Electric-Car Batteries. Hentet fra <https://about.bnef.com/blog/breakneck-rise-chinas-colossus-electric-car-batteries/>

Meshram, H. P., Lenina, S. V. B., & Jadhav, T.

(2018). Lithium Ion Battery Control System for Hybrid- Electric-Vehicle. *Proceedings of ISSRD International Conference*, 1–5.

MiMa. (2017). Råstoffer til batterier. *Fakta om Råstoffer*, (13), 1–4.

Olivetti, E. A., Ceder, G., Gaustad, G. G., & Fu, X. (2017). Lithium-Ion Battery Supply Chain Considerations: Analysis of Potential Bottlenecks in Critical Metals. *Joule*, 1(2), 229–243.