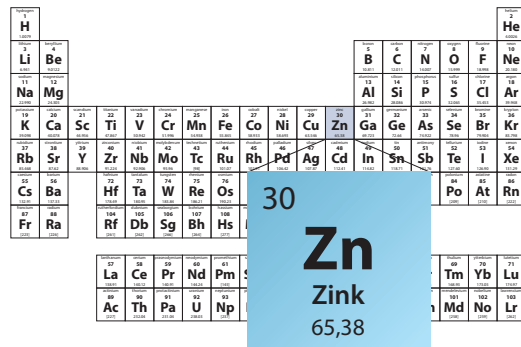


Zink



Zink (Zn) er et glansfuldt blåhvidt metal, som er livsnødvendigt for levende organismer, og så er det verdens fjerdemest anvendte metal. Hovedparten bruges til rustbeskyttelse af stål (galvanisering), men det bruges også i forskellige metallegeringer (bl.a. messing og bronze), i den kemiske industri, i medicinalindustrien samt i fødevarer- og landbrugssektoren. Messing blev anvendt allerede i Romertiden, men zink var i lang tid kun kendt som biprodukt ved udsmeltning af andre metaller og blev først udvundet som et egentligt metal i det 12. århundrede. Senere fandt man geologiske forekomster, hvor zink var det dominerende metal. Forekomster af zink findes mange steder i verden, bl.a. i Grønland, og metallet produceres især fra miner i Kina, Australien, Peru og Mexico. Kina dominerer både malmudvinding, raffinering og forbruget af zink. Flere store miner er de senere år lukket, hvilket har medført, at der forbruges mere zink, end der produceres, og der tæres derfor på lagerbeholdningerne. Prisen på zink forventes at stagnere frem mod 2025, mens produktionen forventes at stige; særligt kan der blive øget efterspørgsel på zink, hvis zink-luft-batterier vinder frem inden for den fremtidige batteriteknologi.

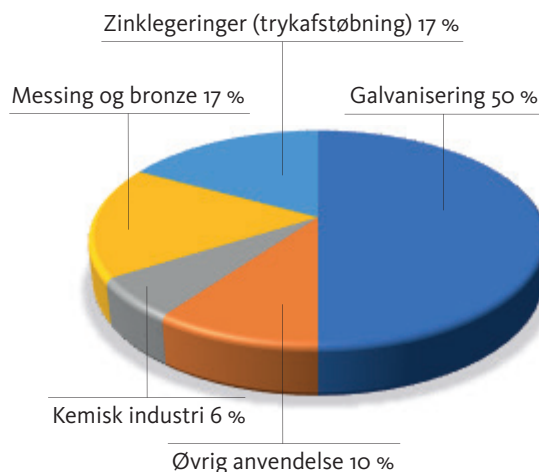
Nøgletal (2019)	
Priser	17.000 kr./ton
Årlig metalproduktion	13,5 mio. ton
Årlig metalforbrug	13,7 mio. ton
Opmålte reserver	250 mio. ton (~18 års forbrug)
Estimerede ressourcer	1,9 mia. ton (~139 års forbrug)
Genanvendelse (globalt)	15 %
Forsyningsikkerhed EU	God



Galvanisering. Stålkonstruktioner der hænger til tørre efter at være dyppet i et galvaniserende zinkbad. © Shutterstock.

Anvendelse og forbrug

Zink har stærke antirust-egenskaber og indgår nemt i forbindelse med andre metaller. Desuden har zink en positiv virkning på plantevækst, og er essentielt for menneskekroppen, bl.a. for stofskiftet, organdannelse, sårheling og immunforsvaret. Zink anvendes i dag overvejende (50 %) til at galvanisere stål, så det ikke rust. Galvanisering sker ved forzinkning, hvor ståloverfladen dækkes med et tyndt lag zink, som forhindrer korrosion (fx dannelse af rust). Andre vigtige anvendelsesområder for zink er forme til trykfstøbning (ofte sammen med aluminium) (17 % af forbruget), til produktion af messing og bronze (17 %), mens 6 % bruges til zinkforbindelser i den kemiske industri, herunder som komponent til fremstilling af gummi. Øvrig anvendelse udgør 10 % og dækker bl.a. halvfabrikata, gødning, medicinfremstillinger og tagplader. Cirka 47 % af zinkproduktionen anvendes i byggeindustrien, 23 % i transportsektoren, 23 % til



Anvendelsesområder for zink. Kilde: ILZSG 2019.

forbrugsgoder (inkl. elektronik) og de resterende 7 % til industrien (fx medicinal- og fødevarerindustrien).

Det globale forbrug af zink udgjorde i 2019 13,7 mio. ton. Forbruget af zink steg ca. 2,2 % årligt i perioden 2010-2019. Det øgede forbrug de seneste 10 år skyldes stigende anvendelse i Kina, hvor forbruget alene i 2016 steg med 9,3 %, mens det tilsvarende faldt med 14 % i USA. For 2020-2029 forventes zinkforbruget at stige med 1,1 % årligt.

Geologi og ressourcer

Den gennemsnitlige koncentration af zink i Jordens skorpe er 70 g/ton. Zinkminer har dog typisk en lødighed, dvs. indhold af zink, på 3-8 %, svarende 30-80 kg zink pr. ton malm. Zink er et chalcophil-element, hvilket betyder, at det har tilbøjelighed til at reagere med svovl. Det mest almindelige zinkmineral er sulfidmineralet sphalerit (zinkblende, ZnS), som også er det vigtigste mineral for zinkudvinding. Zink optræder sjældent alene i zinkmalmen, men ses ofte sammen med bly, kobber, jern og små mængder kadmium og kviksølv, der typisk udvindes sammen med zink.

Zinkmalme, som ofte forekommer sammen med blymalme, dannes i forskellige geologiske miljøer: karbonatbjergarter (Mississippi Valley Type, MVT), vulkanske, massive sulfidmalme (VMS), i hydrotermale og skarnmineraliseringer, mens de i de sedimentære bjergarter findes i skifer, ler eller sandsten (sedimentære exhalative bjergarter, SEDEX). Omkring 45 % af verdens zinkreserver er knyttet til SEDEX-

typen; de mest kendte er Century og Mount Isa (Australien), Red Dog (USA) og Changba (Kina), som hver især har reserver på over 100 mio. ton malm med en typisk lødighed på 10-15 % Zn og 2-5 % bly. Zinkforekomster findes i hele verden, men særligt i Kina og Australien og til dels i Peru og Mexico, hvor man har de største opmålte reserver.

I Grønland findes der flere betydelige zinkforekomster, og historisk er der udvundet zink fra to zink-blyminer: minen Blyklippen i Østgrønland, som var aktiv fra 1956 til 1962, og den mere kendte Den Sorte Engel-mine i Vestgrønland, som var i produktion fra 1973 til 1990. Forekomsten ved Den Sorte Engel indeholder stadig omkring 4,4 mio. ton malm med et zinkindhold på 8,6 %. I Nordgrønland findes der en stor zinkforekomst ved Citronen Fjord med en opmålt zink-blyforekomst på 25 mio. ton malm med et gennemsnitligt indhold på 5,5 % Zn+Pb. Desuden findes der zink i Kvanefjeld-forekomsten i Sydgrønland, som især er kendt for store mængder sjældne jordartsmetaller, men som også indeholder en zinkreserve på 108 mio. ton malm med 0,26 % Zn.

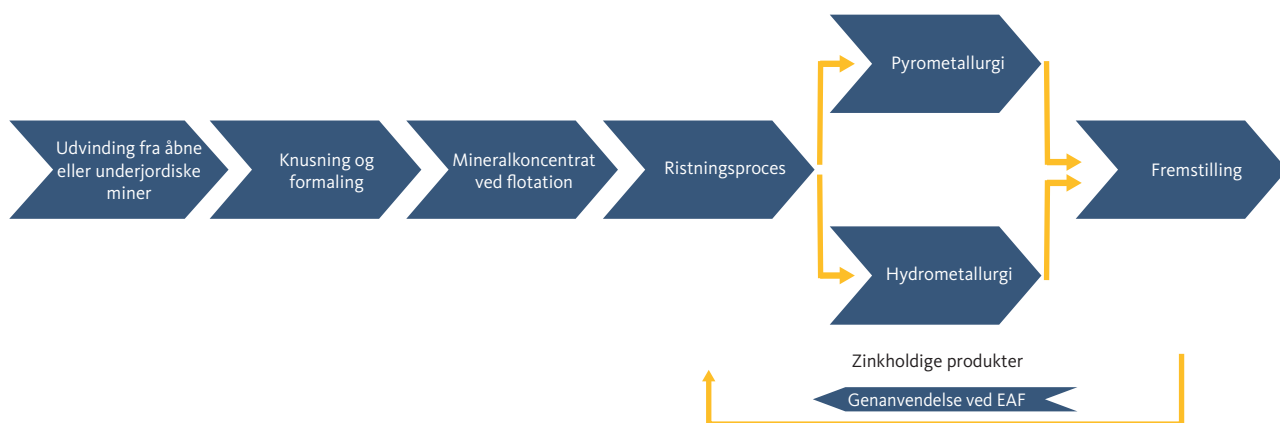
Produktion

Zinkproduktionen fra verdens zinkminer blev næsten fordoblet fra 1991 til 2015, men er siden faldet knap 8 % og var i 2019 på 12,9 mio. ton. Malmproduktionen er fordelt på mere end 50 lande, men Kina står for over 30 % af produktionen, og sammen med Australien, Peru og Mexico producerer disse lande 60 % af den samlede produktion. De ti største zinkminer i verden

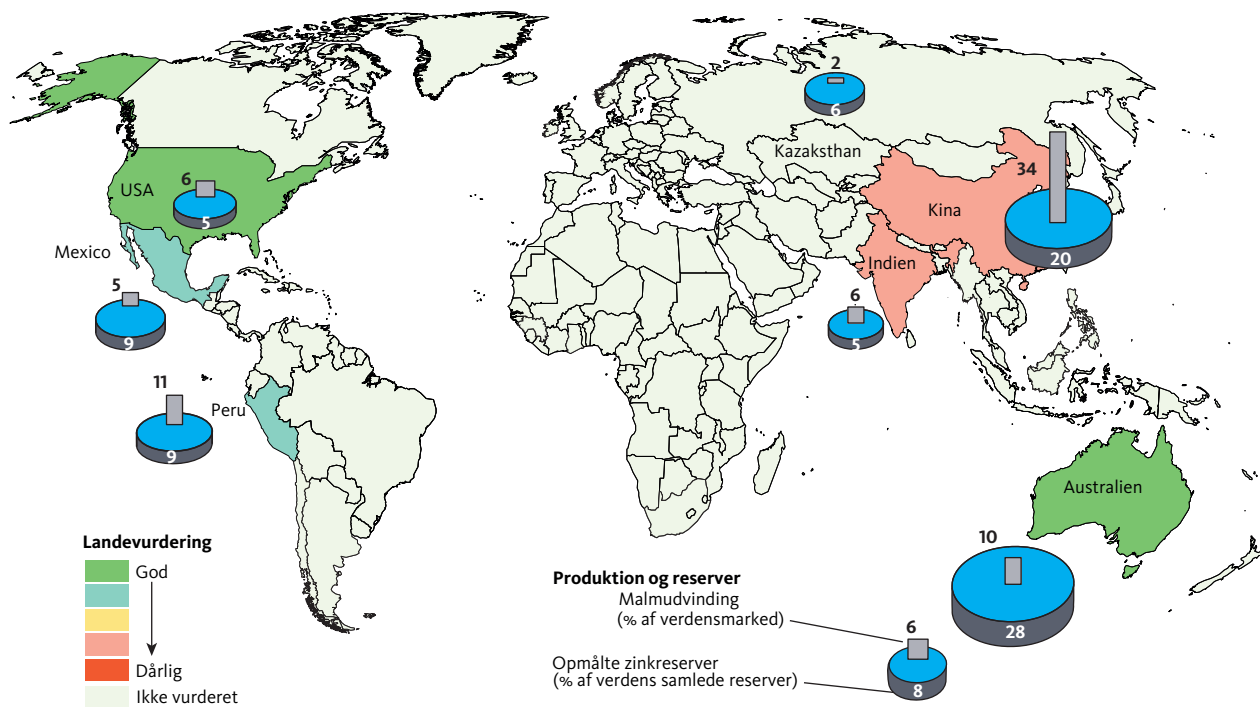
producerede i 2019 2,5 mio. ton zink (ca. 20 % af den samlede produktion), hvor produktionen fra verdens største zinkmine, Red Dog i USA, alene stod for 20 % af denne. Zinkforbruget var i årene 2015-2019 gennemsnitligt mere end 200.000 ton højere end metalproduktionen af zink. Man har derfor tæret på lagrene af zink. Dette er dog vendt i første kvartal af 2020, hvor produktionen har været større end forbruget, hvilket primært skyldes et fald i efterspørgsel pga. COVID-19-pandemien. Denne globale krise forventes at påvirke den samlede produktion i 2020, som forventes at være lavere end i 2019.

Produktionen af zink stammer hovedsageligt fra underjordiske miner (64 %), hvor den resterende del stammer fra åbne miner (*open-pit*) eller en kombination af underjordiske og åbne miner. Mere end 95 % af zinkproduktionen produceres fra mineralet sphalerit (ZnS).

Når malmen er brudt, skal den koncentreret til zinkkoncentrat. Dette sker ved, at malmen først knuses og formales. Herefter adskilles zinkminerallerne fra malmens øvrige mineraler ved en proces, der hedder flotation, hvorefter der fremstilles et zinkkoncentrat, der har et samlet indhold på ~55 % zink. Resten udgøres hovedsagelig af svovl, som efterfølgende fjernes fra koncentratet ved en ristningsproces, hvor koncentratet opvarmes til >900 °C, hvorved ZnS omdannes til zinkoxid (ZnO) og svovlsyre (H₂SO₄). Den videre opkoncentrering sker ved en hydro- eller pyrometallurgisk proces.



Produktionskæde for zink viser de vigtigste trin, som metallet gennemgår fra udvinding til slutbrug. Genanvendelse ved EAF (Electric Arc Furnace), genanvender zink fra stålskrot, der afsættes som støv undervejs i produktionen af nyt zinkholdigt stål.



Lande med de største zinkreserver og zinkproduktion (Statista 2020). Kortet viser lande med den højeste zinkproduktion i 2019. Tilsammen tegner disse syv lande sig for 81 % af den globale produktion og 76 % af de aktuelt kendte globale zinkreserver. Landevurderingen viser de lande, som efterforsknings- og mineselskaber vurderer som gode henholdsvis dårlige for minedrift; vurderingen er baseret på udvalgte faktorer (retssystem, handelsbarrierer og politisk stabilitet) fra Fraser Institute (2019).

Over 90 % af den zink der fremstilles, produceres ved hydrometallurgi, da denne metode kræver mindst energi, og fordi der opnås et renere produkt. I den hydrometallurgiske proces bruges svovlsyre til at opløse koncentratet, hvorved zink opløses, mens andre metaller som fx jern, bly og sølv enten forbliver uopløste eller udvaskes. Herefter tilføjes zinkstøv til den opløste blanding, hvorved de sidste urenheder udvaskes. Ved efterfølgende

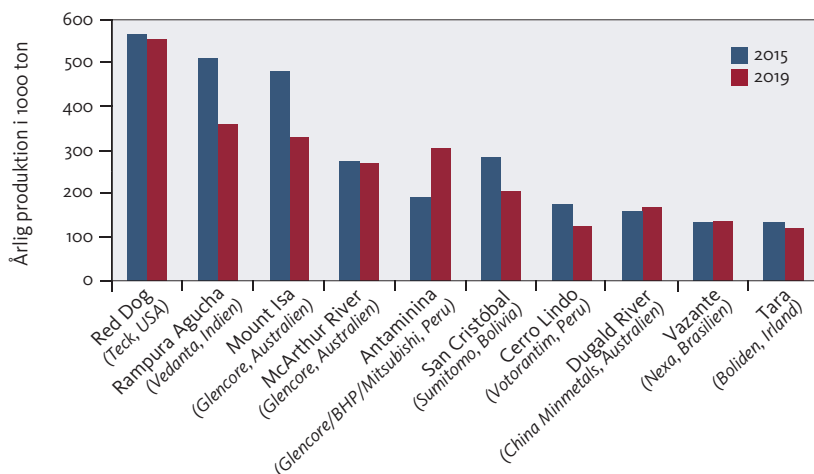
elektrolyse samler de opløste zinkioner sig på aluminiumskatoder og kan skræbes af katoden som fast metal. Slutproduktet består af 99,95-99,99 % zink, der kan smeltes og formes alt efter formål. Ved den pyrometallurgiske proces opvarmes zinkkoncentratet med kulstof til meget høje temperaturer, hvor der til sidst dannes Zn og CO₂. Den pyrometallurgiske proces er mere energikrævende og har større CO₂-udledning end den hydrometallurgiske, og

zinkproduktet opnår maksimalt en renhed på 98,5 % hvilket udelukker produktet til eksempelvis zinklegeringer.

Genanvendelse og substitution

Ligesom en lang række andre metaller kan zink i princippet genanvendes uendeligt, uden at dets egenskaber ændres. Zinks gode egenskaber, såsom beskyttelse mod rust og korrosion, gør, at zink typisk har en levetid på >40 år, hvilket medvirker til, at andelen af genanvendt zink i den samlede metalproduktion er relativt lav, fordi zinkprodukterne stadig er i brug. Hertil kommer, at produktionen og forbruget af zink er mere end fordoblet over de sidste 40 år. Genanvendelse af zink udgør dog en stigende andel af den samlede zinkproduktion. I 2014 stammede cirka 15 % af den globale raffinerede zinkproduktion fra genanvendt zink, mens det i 2018 var steget til 25 %.

Flere materialer kan potentielt erstatte zink. Aluminium og plastik kan fx bruges i stedet for galvaniseret stål i bl.a. biler; aluminium og specialmaling kan erstatte zinkbelægning i andre apparaturer, og aluminium- og magnesiumbaserede legeringer er mulige alternativer til zink-baserede trykforme.



Årlig produktion af zinkmalme fra verdens ti største miner. Ejerskab står i parentes. Kilde: Statista 2020, Mining.com 2020.

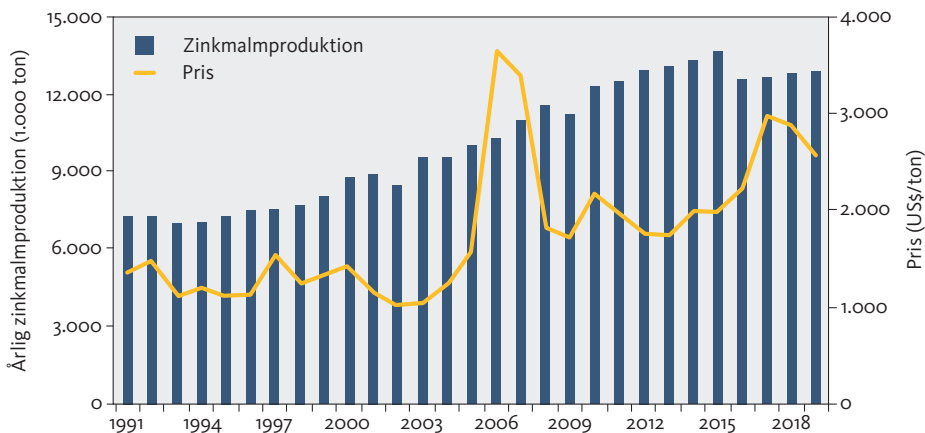


Minen Den Sorte Engel i Nordvestgrønland. Bemærk kabelbanen der fører op til mineskakt på fjeldsiden. I 1973-1991 blev 11,3 mio. ton Zn-Pb-Ag-malm udvundet fra denne mine. © Bjørn Thomassen.

Marked og priser

Zink handles hovedsageligt på London Metal Exchange (LME). Som andre grundmetaller (basemetaller) næsten tredobledes zinkprisen i perioden fra 2004-2006 på grund af øget efterspørgsel fra især Kina. Efterfølgende faldt prisen tilsvarende under finanskrisen

2007-2009. Zinkpriserne var derefter stabile i perioden 2009-2015. I 2016 steg prisen på zink markant; fra ~1.550 US\$/ton i januar til 2.750 US\$/ton i december – en stigning på 77 %. Stigningen fortsatte i 2017, men har efterfølgende været nedadgående og faldt i første del af 2020 med omkring



Udvikling i zinkpris og årlig produktion af zinkmalm i perioden 1991-2019. Prisen er korrigeret for inflation. Kilde: USGS; Verdensbanken.

30 % i løbet af tre måneder som følge af reduceret efterspørgsel som konsekvens af COVID-19. Verdensbanken forventer, at den gennemsnitlige zinkpris vil være ca. 25 % lavere i 2020 sammenlignet med 2019 og forudsiger herefter stagnerende priser frem til 2025 som følge af højere produktion end forbrug af zink.

Forsyningsikkerhed

Der er store reserver af zink flere steder i verden, bl.a. i Grønland, hvor der i 2019 blev tildelt en udnyttelsestilladelse til Citronen Fjord-forekomsten, hvor der udover zink bl.a. er påvist bly. En eventuel mine forventes dog tidligst at starte produktion i 2023. Som det fjerde mest anvendte metal i verden er samfundet yderst afhængig af en stabil zinkproduktion, og det forventes derfor, at stigende zinkpriser vil medføre genåbning af tidligere ikke-rentable miner og fornyet efterforskning, for at sikre zinkforsyningen. Overordnet vurderer EU en høj forsyningsikkerhed for zink. Udvikling af fremtidens batterier til bl.a. elektriske køretøjer, hvor zink-luft-batterier er et lovende alternativ til den dominerende litium-ion-teknologi, kan dog få afgørende indflydelse på forbruget og muligvis medføre forsyningsudfordringer.

Kilder og videre læsning:

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zinc/>
<http://www.zinc.org/>
<http://www.ilzsg.org/>
<http://www.initiative-zink.de/>
<https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>



GEUS

Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K, Danmark

E-post: info@mima.geus.dk
 Internet: www.mima.geus.dk

Kontakt

Jakob Kløve Keiding, centerleder
 Telefon: 91 33 34 34
jkk@geus.dk

ISSN: 2246-7246

Mi
Ma

VIDENCENTER
FOR MINERALSKE
RÅSTOFFER OG
MATERIALER