

KAPITEL 11



FIGUR 81. Tagetage isoleret med mineraluld giver et væsentligt lavere energiforbrug. Shutstock.

DANSKE INNOVATIONER MED MINERALSKE RÅSTOFFER

DANMARKS MINERALSKE RÅSTOFFER ER VÆSENTLIGE I DEN INDUSTRIELLE INNOVATION

Danmark opfattes ofte, som et land uden mineralske råstoffer. Men det bygger på to udbredte misforståelser: dels at mineralske råstoffer er metaller, som kun udvindes fra miner, der ligger i store bjergområder, og dels at verdens betydeligste råstofgruppe, efter vand, målt i både tonnage og penge, nemlig sand og grus, ofte ikke opfattes som mineralske råstoffer.

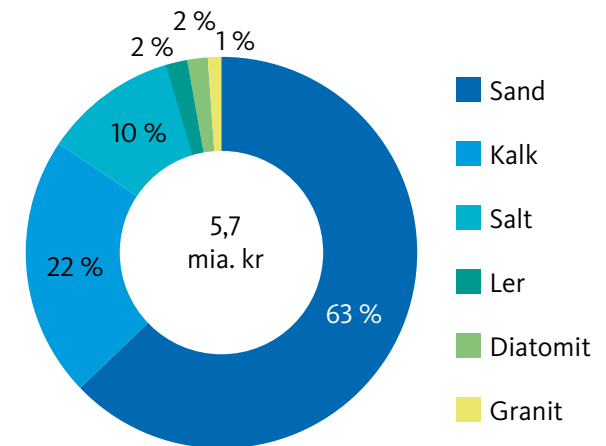
Danmark producerer mange mineralske råstoffer (figur 82, figur 83, figur 84, figur 85, figur 86 og figur 87). Geologisk set domineres de øverste lag i Danmark af sand, grus og sten, som er aflejret under de forskellige istider. Men herudover findes der også store forekomster af kridt, kalksten, salt, ler, moler og granit i den danske undergrund. Disse meget forskellige råstoffer bliver brugt til fremstilling af mange forskellige produkter og danner grundlag for mange arbejdspladser, ligesom eksport af råvarerne bidrager betydeligt til den danske økonomi.

Fælles for alle disse mineralske råstoffer er, at de kun bruges, fordi der er nogen, der har fundet på en metode til at forarbejde dem

til et efterspurgt produkt. På den måde kan produkterne sælges til en højere pris end de omkostninger, der er forbundet med at få dem op af jorden og forarbejdet.

For eksempel bruges sand, grus og sten til beton, glas og isoleringsmaterialerne stenuld og glasuld. Kridt og kalksten bruges til fremstilling af cement, til jordbrugskalk og som fyldstof i maling og papir. Ler bruges til fremstilling af mur- og teglsten. Salt anvendes både i husholdninger, fødevareindustrien og i den kemiske industri. Granit, som brydes på Bornholm, bruges til bl.a. brosten og fliser. Herudover har Danmark store forekomster af energiråstofferne olie og gas, der begge har haft og har stor betydning for Danmarks økonomiske udvikling.

Når råstofferne kan bruges, er det også et resultat af forskellige typer af innovation. I mange tilfælde er den måde råstofferne bruges på udviklet over lang tid og uden, at der kan peges på bestemte personer eller virksomheder, der har haft afgørende betydning; det gælder fx brug af salt, anvendelse af ler til teglprodukter, kalk til landbrugsjord, fremstilling af cement m.m. Det skal dog understreges, at innovation hele tiden påvirker,



FIGUR 82. Produktionen af danske råstoffer på land og på havbunden har stor økonomisk betydning for Danmark, ligesom det har stor betydning for udbygningen af infrastruktur. Efter Kallesøe et al. (2016).

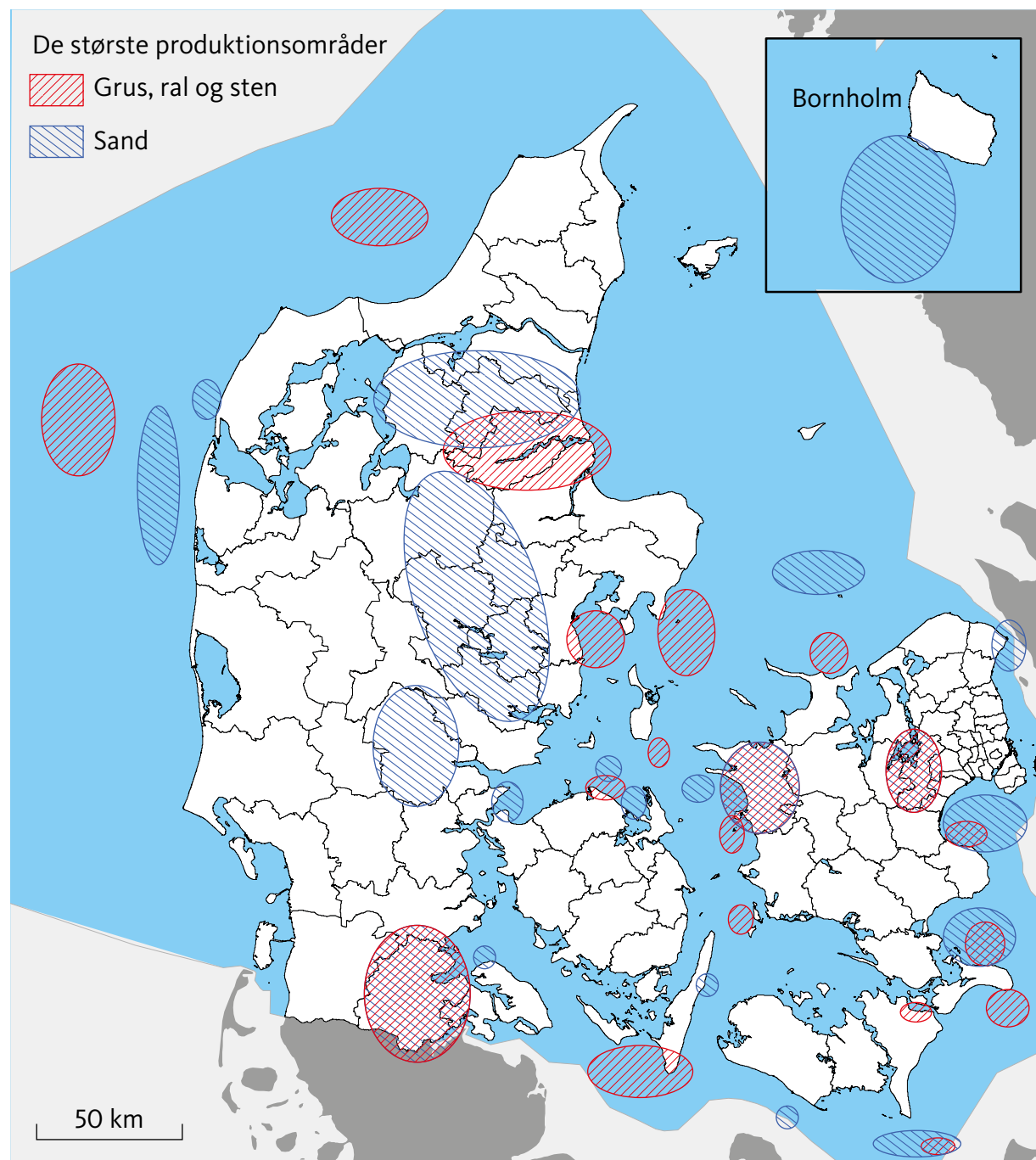
FIGUR 83. Produktionen af sand, grus, ral og sten som den er geografisk fordelt i Danmark. Efter Kallesøe et al. (2016).

hvordan produkterne fremstilles og forbedres (inkrementel innovation).

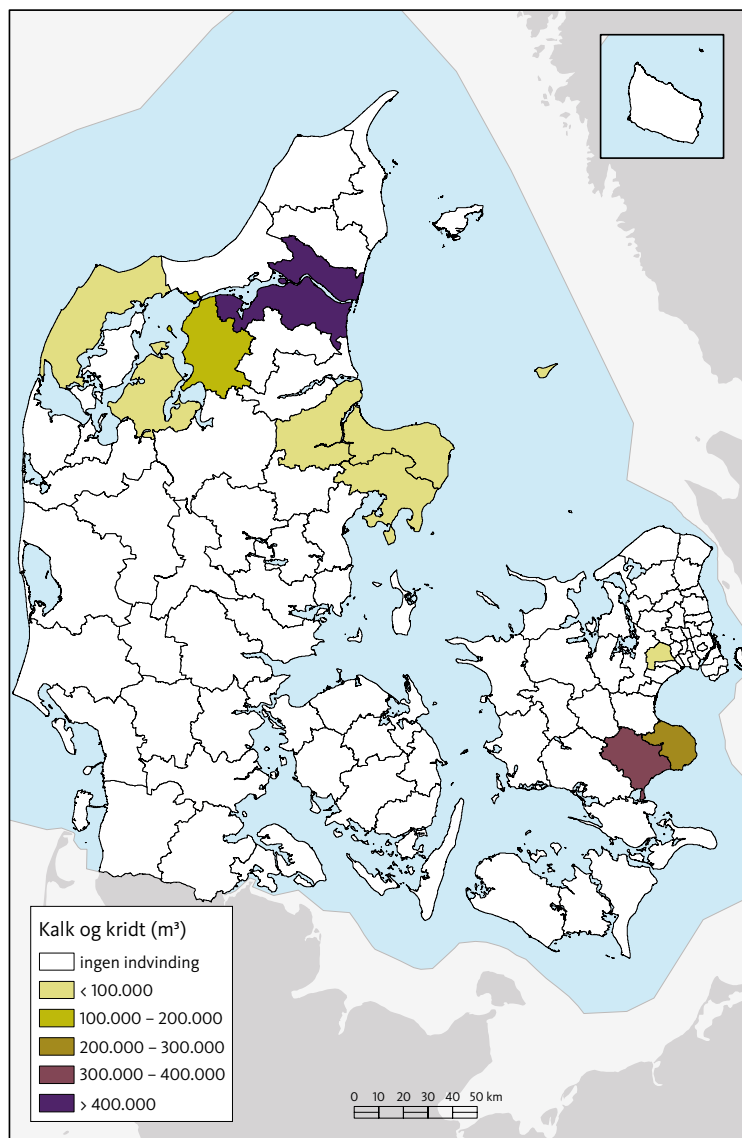
I andre tilfælde er der tale om radikale innovationer, som kobler en idé med brug af danske råstoffer; det gælder fx for isoleringsmaterialer, som kan reducere energiforbruget til opvarmning og afkøling af boliger og andre bygninger.

I 1930'erne udviklede to danske virksomheder, som i dag kendes under navnene Rockwool og Isover, nye isoleringsmaterialer baseret på danske råstoffer. Den ene virksomhed, Rockwool, opfandt en metode til at smelte bjergarter og få smelten til at danne lange tråde, som kunne pakkes sammen til det, vi i dag kender som stenuld.

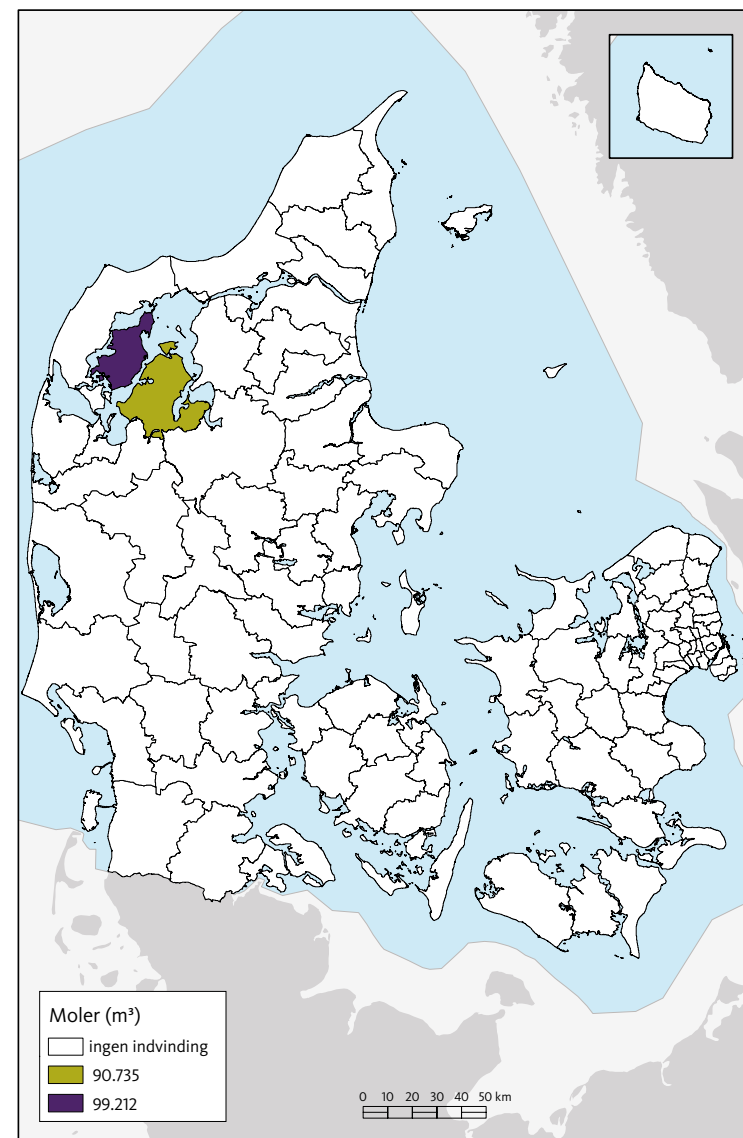
Den anden virksomhed, Isover, lavede et lignende produkt, men her er råstoffet en glasmasse, hvor der bruges kvartssand til produktet glasuld. Innovationerne i disse to virksomheder har ført til væsentlig reduktion af Danmarks CO₂-udledning, fordi der skal bruges mindre energi til opvarmning. Desuden har virksomhederne skabt mange arbejdspladser og eksportindtægter til Danmark.



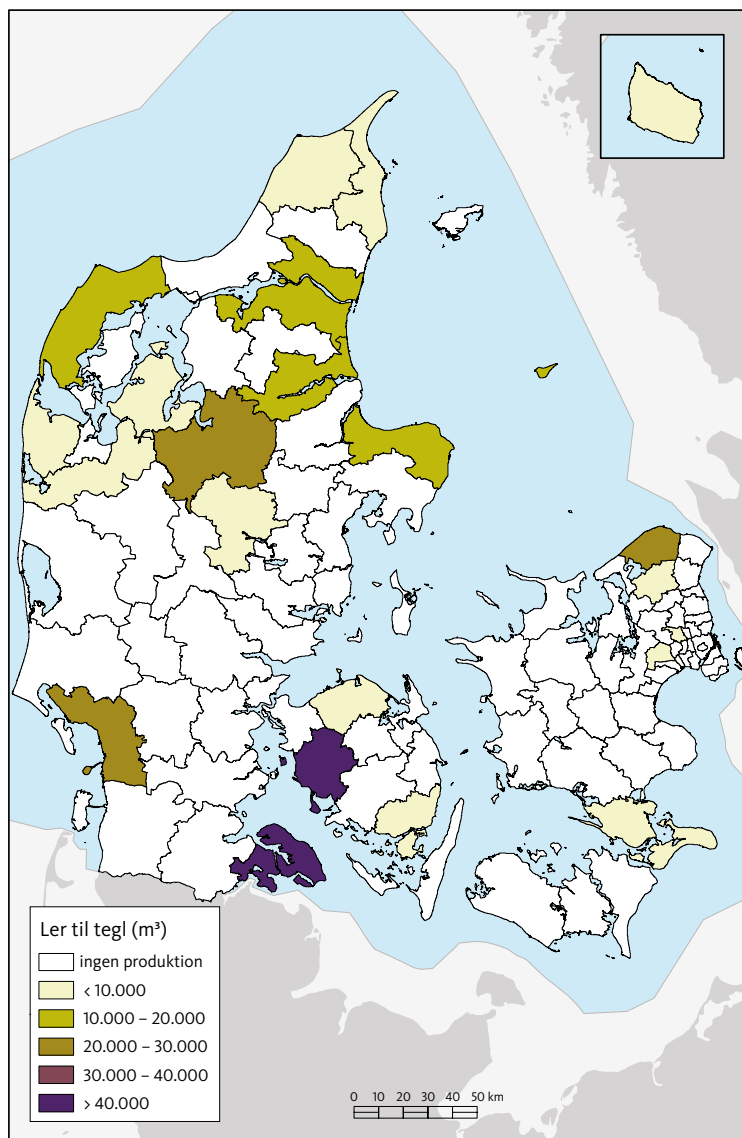
FIGUR 84. Produktion af kalk og kridt i 2015 fordelt på kommunerne. Efter Kallesøe et al. (2016).



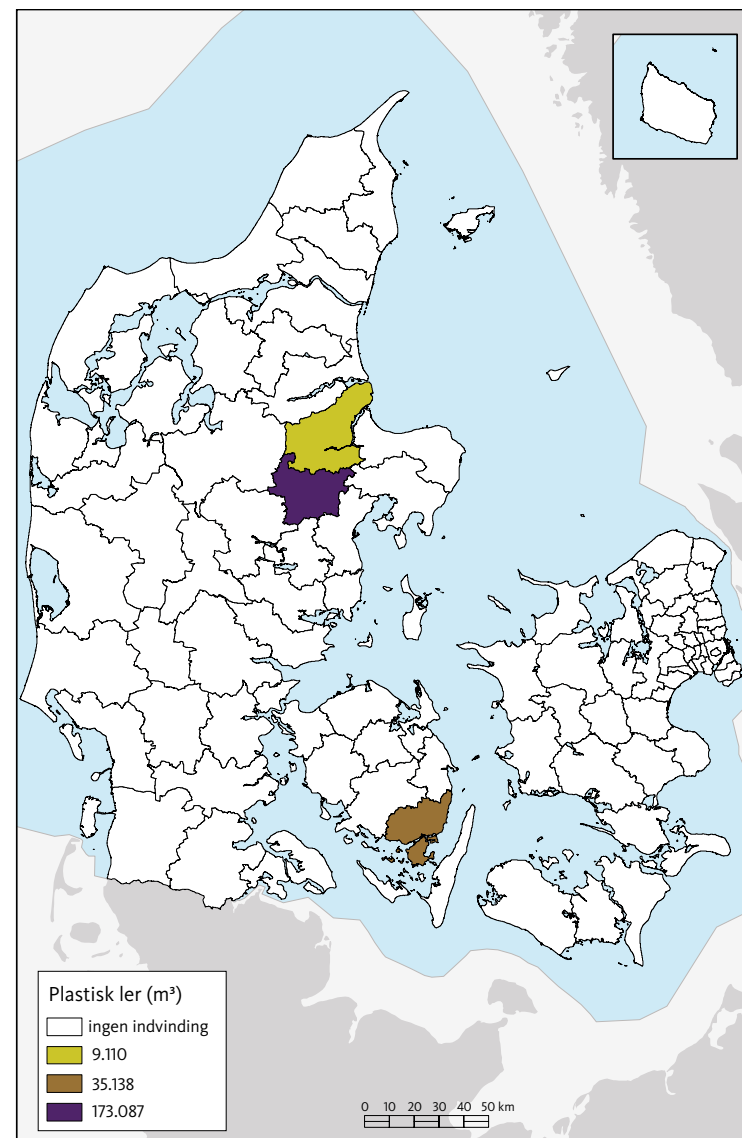
FIGUR 85. Produktion af moler i 2015 fordelt på kommunerne. Efter Kallesøe et al. (2016).



FIGUR 86. Produktion af ler til tegl i 2015 fordelt på kommunerne. Efter Kallesøe et al. (2016).



FIGUR 87. Produktion af plastisk ler i 2015 fordelt på kommunerne. Efter Kallesøe et al. (2016).



FIGUR 88. Danske innovationer med mineralske råstoffer i billeder.

A. Vestas vindmøllefabrik er en af de danske virksomheder, som er vokset til en af verdens førende fabrikker inden for vindmøller. Udviklingen er primært sket ved inkrementelle innovationer og brug af udenlandske råstoffer.

B. Produktion af sand og grus fra Nymølle Stenindustri. Foto Nymølle Stenindustri.

C. Sandsugning fra havet producerer sand og grus til beton.

D. Produktion af mursten hos Petersen Tegl A/S. Foto Petersen Tegl A/S.

E. Virksomheden Zurface A/S bryder granit i Klippeløkken Granitbrud til bl.a. fliser, facader og bordplader. Foto Jens-Erik Larsen, Bornholms Tidende, 2015.

F. Olieboreplatform Nordsøen.
Foto A, C og F fra Shutterstock.

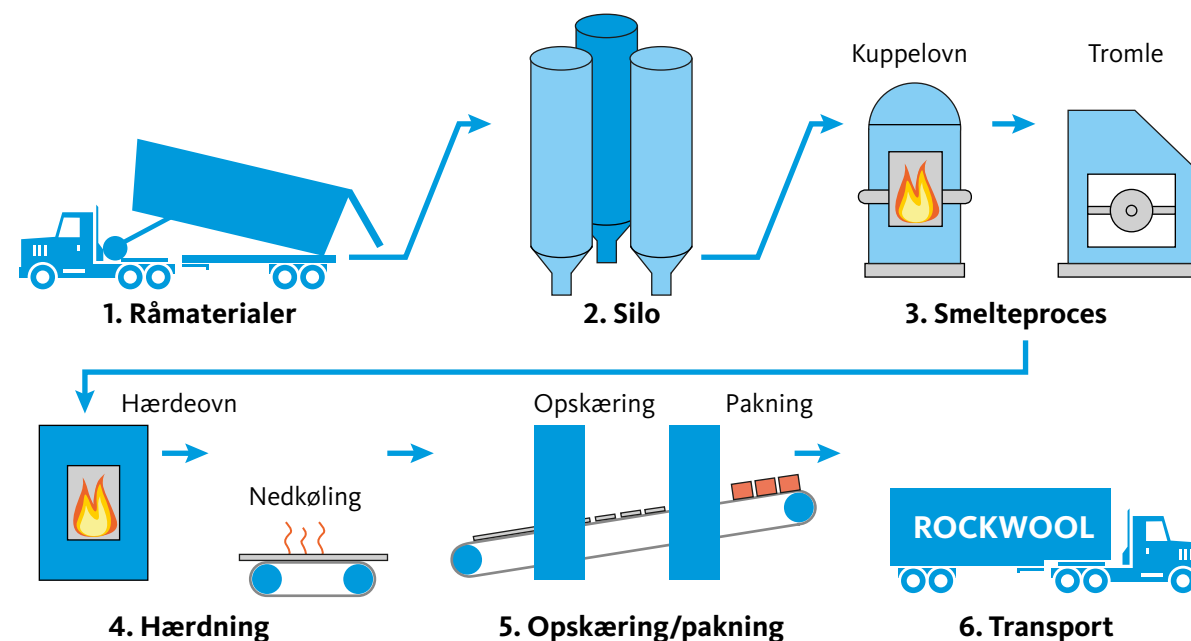


INNOVATIV ANVENDELSE AF SAND OG STEN NEDBRINGER ENERGIFORBRUGET I BYGNINGER

Et effektivt isoleringsmateriale er et materiale, som leder varmen dårligt, fordi luften ikke kan cirkulere. Man siger, at materialet har lav varmeledningsevne. I huse skal isoleringen skabe en barriere mellem temperaturen udenfor og indenfor. Med en god isolering afkøles rummet langsommere, og der skal bruges mindre varme og dermed mindre energi til at opretholde en behagelig rumtemperatur.

Isoleringsmaterialers varmemodstand, R-værdien, er en vigtig parameter, når man sammenligner isoleringsmaterialer til bygninger. Jo højere R-værdi, jo større er varmemodstanden og desto bedre isoleringsevne (figur 90. d).

I Danmark har isolering af de bygninger, vi opholder os mest i, haft til formål at holde varmen inde og varmeudgifterne nede, og vi kunne bare fyre mere op, hvis der blev for koldt. Men det har vist sig, at den energimængde, vi bruger til opvarmning af boliger og andre opvarmede bygninger, er en af de største kilder til CO₂-udledning i Danmark. Hertil kommer, at der bliver brugt



en stigende mængde energi til at nedkøle opholdsrum under varme sommerperioder. Derfor er bygningsisolering blevet et særligt vigtigt område, når det gælder om at minimere varmetabet til omgivelserne. Med et mindre varmetab skal der bruges en mindre energimængde til opvarmning og nedkøling, og mindre energi giver et mindre CO₂-aftryk. Danmark har tiltrådt FN's verdensmål, og er derfor forpligtet til at arbejde aktivt for at nå

FIGUR 89. Principperne for hvordan Rockwools stenuldsprodukter fremstilles. Efter Rockwool (u.å.).

klimamålene, som Verdensmål 13 om Klima-indsats beskriver.

I Danmark er de mest almindelige isoleringsmaterialer stenuld og glasuld, som begge fremstilles i Danmark på basis af både danske og importerede mineralske råstoffer.

STENULD

Geologer har i mange år vidst, at smeltede lavaer i forbindelse med vulkanudbrud kan danne trådede strukturer, når det blæser kraftigt. Men det var først omkring 1930, at innovative ingeniører fik omsat og nyttiggjort denne viden til en industriel fremstilling af isoleringsmateriale. I Danmark startede virksomheden Rockwool sin produktion af stenuld i 1937, og Rockwool er i dag en af de største producenter af stenuld. Rockwool producerer isoleringsmaterialer til næsten hele verden, både i Danmark og på fabrikker i udlandet.

Råstofferne til stenuld består af vulkanske basalter, koks og slaggematerialer fra jern- og stålindustrien (figur 89). Koksen er sammen med varm luft og ilt brændstoffet i smelteprocessen. Blandingen af basalter og slaggematerialerne smelter ved ca. 1.500 °C.

FIGUR 90. Danske råstofinnovationer i billeder.

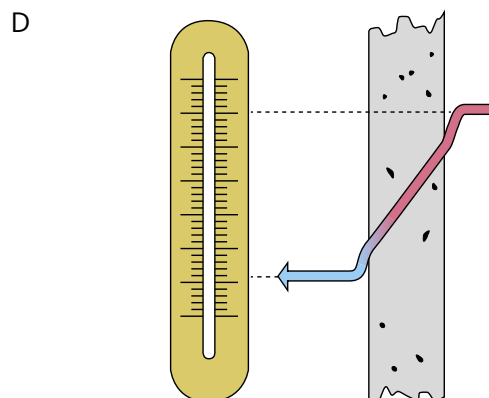
A. Rulle med stenuld til husisolering.

B. Nærbillede af glasuld, hvor de enkelte tråde ses.

C. Vestas vindmølle er fremstillet af råstoffer, som brydes i hele verden.

D. Isoleringen nedsætter varmeledningen mellem fx to rum og i husmure så indetemperaturen påvirkes minimalt af udetemperaturen. Efter Efteruddannelsesudvalget (2011).

Fotos A-C fra Shutterstock.



Der er mulighed for at bruge andre råstoffer, så længe den samlede kemiske sammensætning svarer til basalternes kemiske sammensætning. Det betyder, at kun omkring 20 % af den mængde, der i dag bruges til fremstilling af stenuld, er nye råstoffer; resten er genanvendte materialer, fx suppleres der med knuste toiletter, håndvaske og slagger fra stålværker. Med andre ord anvender man i dag råstoffer, som ikke tidligere blev nyttiggjort. Slaggerne tilsættes for at give et lavere smeltepunkt, samtidig med at flydeevnen bliver bedre.

Når råstofferne er smeltet, udsættes smelten for kraftige luftstrømme, hvorved de lange fibre, som er selve isoleringsulden, dannes. Derefter hærdes ulden ved ca. 300 °C i 10-30 minutter, hvorefter den nedkøles til rumtemperatur og bliver skåret til i batts og pakket, så det kan køres til tømmerhandler og byggepladser. I Danmark er Rockwool den eneste producent af stenuld med hovedkvarter i Hedehusene og fabrikker i 14 lande.

GLASULD

Isoleringsmaterialet glasuld blev opfundet ved et tilfælde omkring 1930, hvor en glas-

smelte blev udsat for en kraftig luftstrøm, hvorved der blev dannet fine glastråde (figur 90. b), som man ret hurtigt fandt ud af at udnytte til at fremstille et isoleringsmateriale. I Danmark kom den første glasuldsfabrik allerede i 1935, og i dag bliver der stadig produceret glasuld i Danmark af virksomheden Isover.

Basisråstofferne til glasuld er kvartssand, kalk og natriumkarbonat (soda), hvor natriumkarbonat tilsættes for at nedsætte smeltepunktet. En del af kvartssandet kan erstattes af genbrugsglas, som i den danske produktion af glasuld udgør op til 80 %, hvoraf det meste er glassaffald fra vinduesproducenter. Vinduesglas indeholder ikke mange urenheder. Blandingen af disse råstoffer varmes op i en ovn til 1.372 °C, hvor det smelter og derefter sendes ind i en hurtigt roterende, perforeret cylinder, hvorfra smelten slynges ud og møder en kraftig luftstrøm. Når glassmelten møder luftstrømmen, dannes der lange glastråde, som samles til de kendte bløde plader af glasuld. Glasuld kan i modsætning til mineraluld kompakteres inden transport, dermed kan der være mere på lastbilerne, og omkostningerne kan nedbringes.

INNOVATION MED SJÆLDNE JORDARTSMETALLER HAR GJORT DANMARK TIL FØRENDE VINDMØLLELAND

Som led i omstillingen til vedvarende energiforsyninger har både radikal innovation og inkrementel innovation resulteret i mange nye arbejdspladser og eksportindtægter til Danmark. Det gælder eksempelvis vindmølleproducenterne, som har gjort Danmark til et foregangsland inden for fremstilling af energieffektive møller. Først udvikledes møller, som kunne opsættes på land, og som en inkrementel innovation har man nu især fokus på møller, som opstilles på store fundamenter på havbunden. Den radikale innovation handlede om at få omsat vindens energi til elektricitet. Man kendte de gamle møller, hvor vindens kraft blev omsat til arbejde i form af fx formaling af korn. Nu ønskede man at konstruere en mølle, hvor vindens kraft kunne drive en generator, som producerer elektricitet. Efter at denne første udfordring var løst i starten af 1890'erne, har et utal af inkrementelle innovationer udviklet vindmølleteknologien fra at være et kuriosum til effektive leverandører af elektricitet (figur 90. c).

En af de inkrementelle innovationer, som gjorde møllerne mere effektive, var, da man fandt på at tilsætte sjældne jordartsmetaller til dynamoens magneter, som gjorde magneterne meget stærkere og dermed mere effektive. Design og fremstilling af møllevinger blev et selvstændigt forretningsområde, og nye virksomheder blev oprettet. Vindmølleindustriens succes har resulteret i, at hovedparten af verdens produktion af de to sjældne jordartsmetaller neodymium og praseodymium nu bruges i magneter til generatorer. Da Kina er nøglespiller inden for sjældne jordartsmetaller, betyder det også, at Kina har indflydelse på udviklingen af den danske vindmølleindustri.

De to største vindmølleproducenter i Danmark er Vestas og Siemens Gamesa, der begge har fundet måder til sikring af råstof-forsyningerne til produktion af magneterne, for at undgå en situation, hvor de ikke kan producere nok til at dække efterspørgslen på nye møller.

NØGLEBEGREBER

- Danske råstoffer
- Beton
- Stenuld
- Glasuld
- Varmeledning
- Isolering
- Sjældne jordartsmetaller
- Vindmøller

REFERENCER

Efteruddannelsesudvalget. (2011). *Efterisolering af bygninger: Teori og praksis – fugt og varme*. Hentet fra https://materialeplatform.emu.dk/materialer/public_downloadfile.do?mat=86881276&id=86881273

Kallesøe, A. J., Clausen, R. J., Skar, S., von Platten-Hallermund, F., Ditlefsen, C. B., & Kalvig, P. (2016). *Indvinding af danske mineralske råstoffer – en geografisk sammenstilling* (Nr. 2016/1). Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa).