

Diamanter

Den verden og de landskaber vi lever i er formet af processer, der har stået på i millioner af år. Det betyder, at vi stadig har klipper og sten tilbage der er mere end 3 milliarder år gamle. Siden da har nye bjergkæder, vulkansk aktivitet, vind, vand, dyr og mennesker formet landskaberne - og gør det stadig. Diamanter er ingen undtagelse. Dannet dybt inde i jorden, trukket op af vulkansk aktivitet og siden endt i sand og floder efter hundrede millioner års forvitring af størknede vulkanske bjergarter i sprækker og kratre. De er beviset på de fantastiske og komplicerede processer, der foregår omkring os.

Diamanterne dannes

Diamanter består af kulstof (C) og dannes dybt inde i jorden under et ekstremt tryk og høj temperatur. Jordens indre er opbygget af flere lag, det yderste kalder vi *litosfæren* og laget under hedder *asthenosfæren*. Den mere stive litosfære består af skorpen, som er kontinental- og oceanplader, og af den øverste del af kappen, hvor den mere flydende og *plastiske* del af jordens indre starter. Denne del, der klæber sig til kontinentalpladerne, er det område, hvor der dannes flest diamanter. Dette område kaldes *diamantvinduet* (ca. 150 – 220 km inde i jorden). Diamanterne finder vej op til jordoverfladen med magmatiske strømninger og eksplosive udbrud. Asthenosfæren er mere flydende og findes under den litosfæriske kappe og diamantvinduet, men er tættere på skorpen, under oceanpladerne.

Kemiske processer og høj aktivitet i jordens kappe skaber opadgående *magmastrømme*, som medfører vulkanske udbrud, der trækker diamanter med sig op gennem litosfæren.

Det diamantførende magma dannes kun under de ældste dele af kontinenternes *grundfjeld* (mellem 2,5 og 4 mia. år gamle). Magmaet kom hovedsagelig til udbrud for mellem 100 og 600 millioner år siden. De gamle grundfjelde er fra den prækambriske tidsalder arkæium. Derfor kaldes de *arkæiske grundfjeld*.



Billede 1 – Grønlandsk kimberlit med tydelige, store sten kaldet xenolitter.

Foto: GEUS

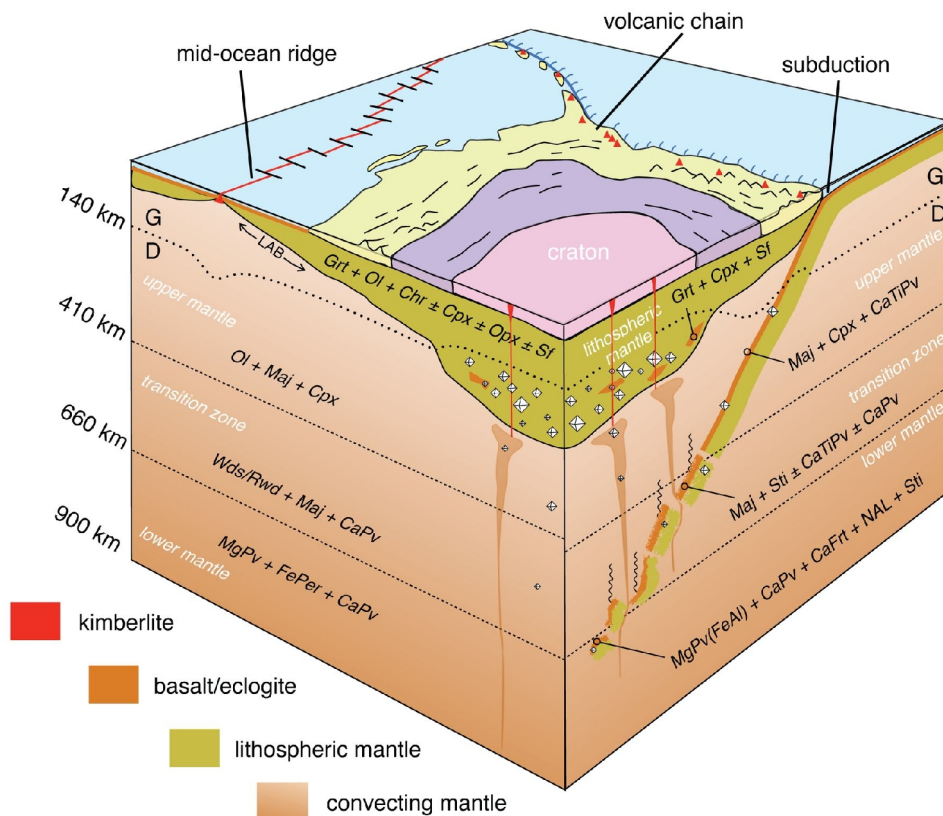
Kimberlit

Magma, der transporterer diamanterne op nær jordoverfladen, størkner til det, vi kalder en *intrusion*, bestående af magmatiske bjergarter. Den mest kendte af de magmatiske bjergarter knyttet til diamanter er *kimberlit*, men langt fra alle kimberlitter indeholder diamanter.

Bjergarten kimberlit er varieret, den består af en ultrabasisk grundmasse med højt indhold af kulstof i form af karbonat og er rig på magnesium. Op gennem jordskorpen passerer kimberlittisk magma mange andre bjergarter og trækker små og store fragmenter med op. Småstenene kan udgøre halvdelen af kimberlit-bjergarten og kaldes for xenolitter.

Fragmenterne af andre bjergarter kan være ret store og mellem dem ligger karbonat som *eroderes* så enkeltkorn, som for eksempel diamanter, frigøres. Sådanne diamanter bliver skyllet med floder og elve. Derfor findes de i overfladeaflejringer i de områder, hvor de kimberlittiske bjergarter er.

Figur 1 – 3D-udsnit af jorden



Her ses hvor diamanterne dannes og hvordan de bliver transporteret op gennem skorpen.

Kilde: Mineralogical Society of America.

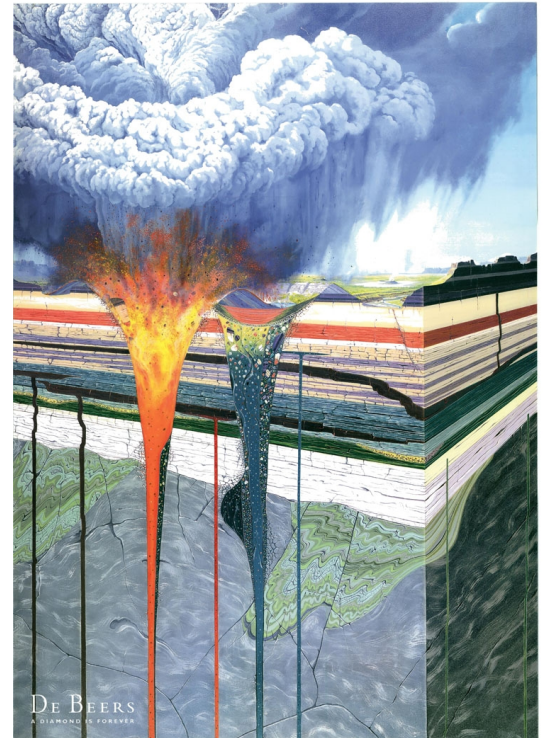
Rør og gange

Intrusioner af kimberlit deles i to grundtyper. Den ene er et eksplosionskrater og kaldes *kraterrør* (på engelsk kaldet "pipe"). De er vigtige forekomster, da de har stort volumen tæt ved jordoverfladen. Det gør det attraktivt at udgrave dem.

Den anden grundtype er sprækkeudfyldningerne, der kaldes *gange* (på engelsk kaldet "dyke"). Gangene ligger dybere end kraterrørene, men kan også indeholde diamantforekomster.

Den kimberlittiske magma strømmer op gennem diamantvinduet og videre op mod jordoverfladen i sprækker og gange gennem det arkæiske grundfjeld. Når de når et par kilometer fra skorpen stopper de. Men nogle få udvides så meget, grundet det lavere tryk nær overfladen, at klippen over eksploderer væk i en kegleform. Det er disse omvendte kegler, der fyldes med kimberlitten og størkner til en kimberlitintrusion.

Gennem de 100-600 millioner af år, der er gået siden udbrudene, er klippen mange steder eroderet flere kilometer ned. Det betyder, at rørene ikke længere findes, og diamanterne er spredt ud i landskabet. Der, hvor der stadig er rør tilbage, kan diamanterne nogle gange findes i så høj en koncentration, at de kan udvindes kommercielt, men ofte findes kun gangene tilbage.



Billede 2 – Gange og rør i dannelsesfasen. Her ses hvordan rør-formationerne dannes og de underliggende gange.

Kilde: © De Beers

Hvor findes diamanter?

De arkæiske grundfjeld forekommer forskellige steder på jordkloden. Det er her, man kan være heldig at finde kimberlit og måske diamant. Diamanterne kan udvindes på *primært* eller *sekundært leje*.

Sker det på primært leje, er det ved sprængning og udgravning af kimberlitrør eller gange. Hvis det er på sekundært leje, finkæmmes sedimentære aflejringer for diamanter, transporteret væk fra kimberlitintrusionen af floder og elve. På Figur 2 ses steder, hvor der udvindes eller findes diamanter, og hvordan de er dannet. Sedimentære aflejringer kan f.eks. være ved udtørrede flodbreder, områder der oversvømmes i regntid, eller deltaer, hvor floder munder ud i havet.

Som set på kortet findes blottet arkæisk grundfjeld bl.a. i Grønland, Australien, Sibirien, Sydafrika og Sierra Leone (de grå plamager). Alle stederne er der fundet diamantførende kimberlit, men til udvinding er kraterrør med stort volumen bedst, sammenlignet med langt vanskeligere forhold ved tynde (1-10m) kimberlit gange.

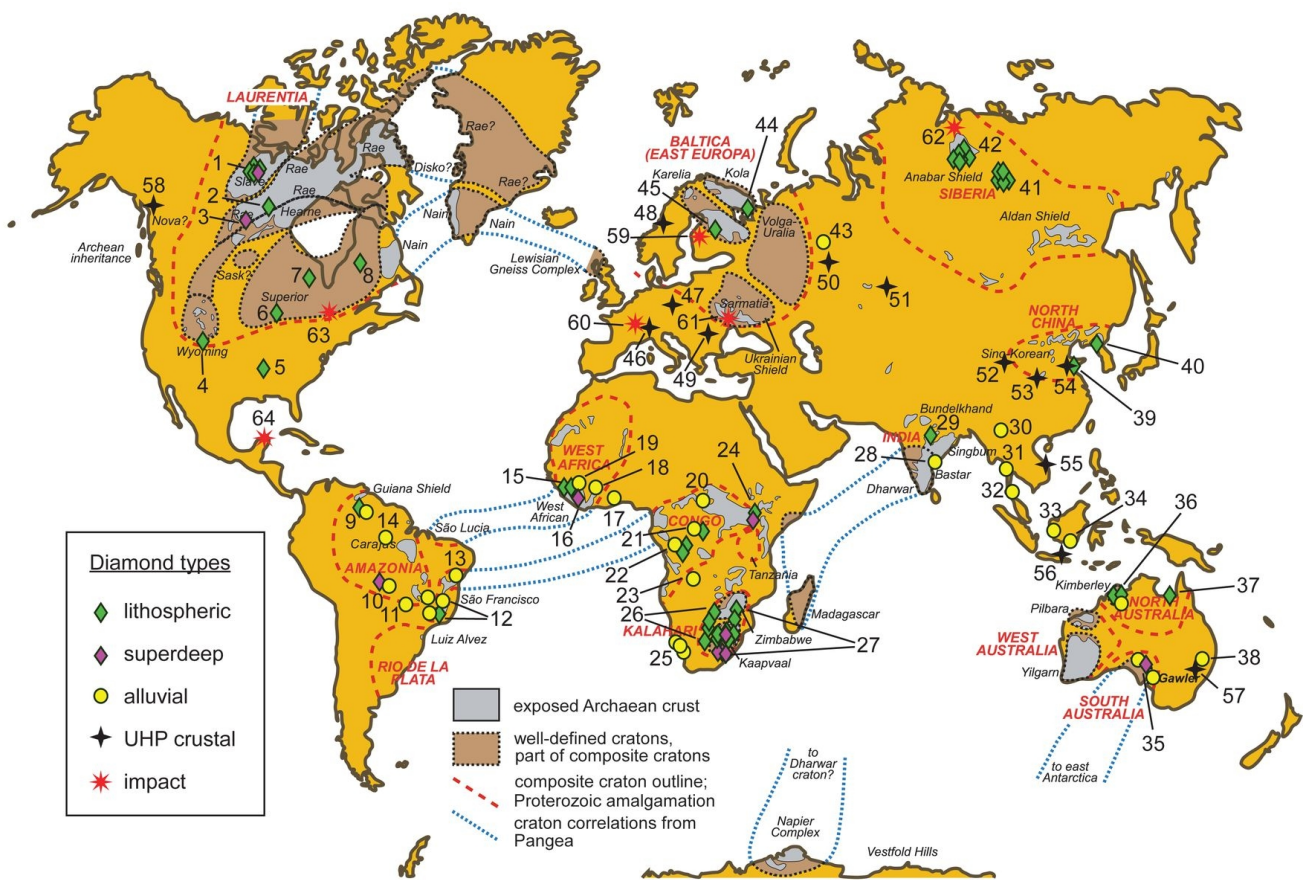
Side 3


OPERATION DAGSVÆRK

**SIERRA
LEONE** 

Rørene er ofte mellem 100 og 500 meter i diameter, og her kan en mine udformes som et åbent brud (på engelsk kaldet open-pit). Kortet viser også diamanter, der er dannet ved sjældne forhold flere hundrede kilometer dybere ind i jorden end normalt (super deep) samt fundne diamanter af andre oprindelser, metamorfose eller meteornedslag. Disse diamanter meget små og uden kommerciel værdi.

Figur 2 – Kort over diamanterforekomster og arkæiske grundfjeld



Diamantforekomster i verden og relationen til arkæiske grundfjeld (grå plamager). Diamantforekomsterne er klassificeret efter, om de er fra kimberlit (grønne og lilla rhomber), aflejrede (gule cirkler) eller fra ekstreme tryk i skorpen og meteornedslag (hhv. sorte og røde stjerner).

Kilde: Mineralogical Society of America.

Smykker eller sandpapir

Diamanter består af kulstof, der er presset meget hårdt sammen, så de danner en tredimensionel gitterstruktur i modsætning til f.eks. grafit, som også består af kulstof, men har en lagdelt struktur.

Det kulstof, der omdannes til diamanter i den nederste del af lithosfæren, er primært uorganisk kulstof fra jordens dannelse. En del af kulstoffet kan dog være organisk (fra døde planter og dyr) og transporteret dybt ind i jorden ved *subduktion* - processen hvor en oceanplade presses ind under en drivende kontinentalplade. Mange diamanter indholder ud over kulstof også små urenheder. Det kan være som krystaller af andre mineraler (f.eks. granat, pyroxen, chromit).

Moderne forskning prøver at forstå processer og strømme i jordens kappe ud fra diamanter urenheder og isotopbestemmelser. Det er muligt, fordi nogle diamanter blev over en milliard år, før de blev hentet op nær jordoverfladen af magmaer.



Billede 3 – Diamanter findes naturligt i den geometriske form oktaeder.

Kilde: Koidu Holdings SA

Sortering og slibning

Diamanter klassificeres som enten *mikro- eller makrodiamanter*, alt efter om de er større eller mindre end 0.5 mm i diameter. Kun klare makrodiamanter kan slibes og bruges til smykker.

Diamanter bryder lyset på en særlig flot og lysende måde, dette skyldes igen den sammenpressede struktur. Diamanter har et brydningsindex på ca. 2.4. Det betyder, at mere af lyset reflekteres inde i diamanten. Dette ses især ved slibning til brillant, hvor diamanten får op til 58 facetter. Brillant slibning er den mest eftertragtede, og derfor sorteres makrodiamanter også efter hvilken form de kan slibes i. Har den rå diamant f.eks. en urenhed indeni, må man skære eller knække den fra, og det kan gøre det umuligt at slibe en rådiamant til smykkebrug. Diamanter siges at være det hårdeste naturligt forekommende materiale i verden, men diamanter er "skøre" og kan knækkes med en hammer, hvis man slår de rigtige steder.

Mikrodiamanternes industrielle anvendelsesmuligheder er især i skære- og sliberedskaber, blandt andet til slibning af diamanter og til at skære i andre sten. Dette skyldes diamanternes ekstreme hårdhed. På Mohs hårdhedsskala, som går fra 1 - 10, er diamanter 10. Kvarts(SiO_2) har en hårdhed på 7 og grafit, som også består af kul, har en hårdhed på 1 - 2.

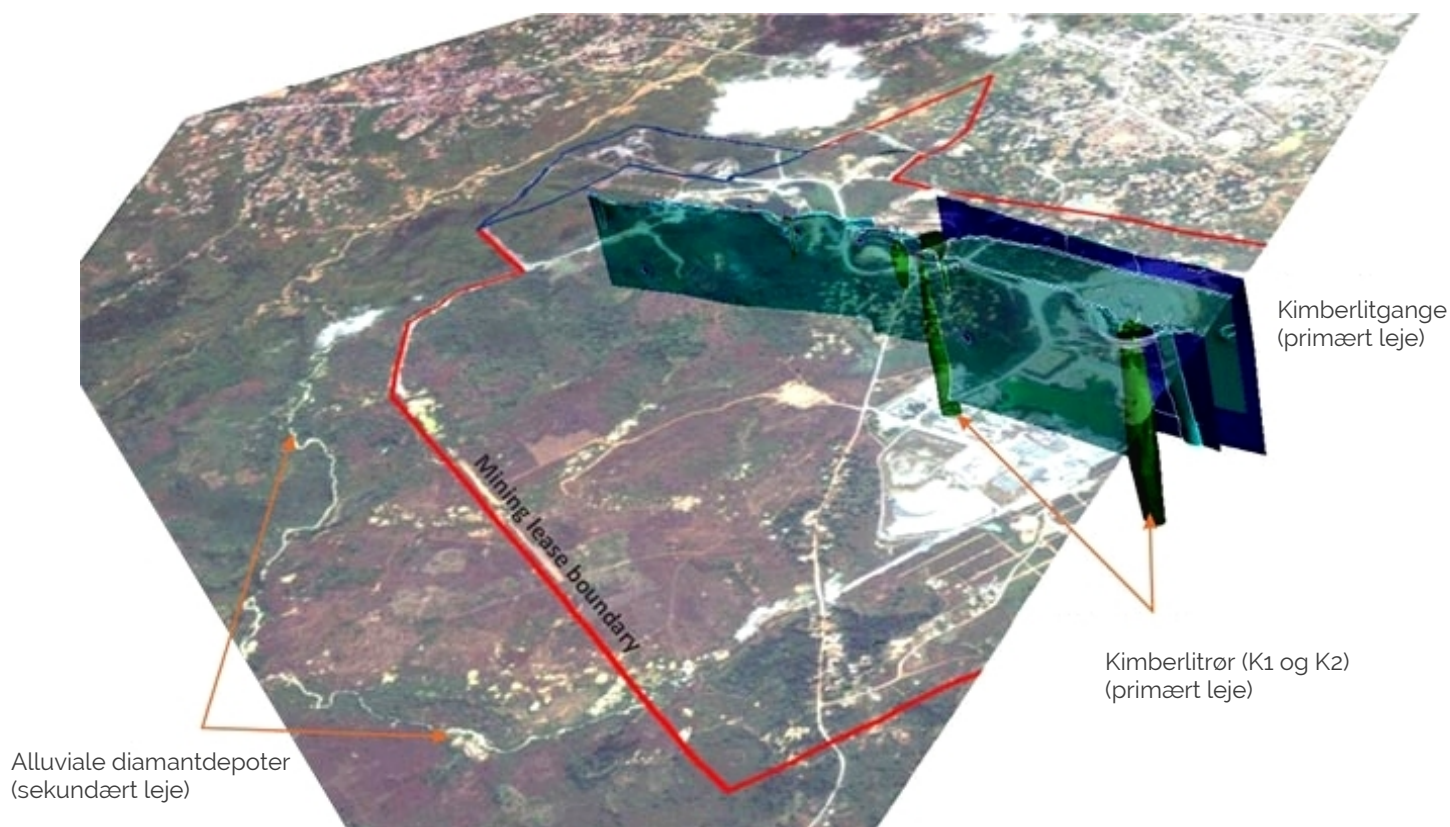
Forekomster i Sierra Leone

Størstedelen af Sierra Leones undergrund består af arkæisk grundfjeld. Her gemmer sig også nogle meget værdifulde intrusioner med kimberlit. Den østlige provins Kono er vært til flere kimberlit-rør og en del *gange* fra jura- eller kridttiden (ca. 145 mio. år siden).

Ved Konos hovedstad Koidu bliver to rør udvundet af OCTEA Mining, tidligere kaldet Koidu Holdings SA. Virksomheden startede udvindingen i 2003 umiddelbart efter Sierra Leones borgerkrig sluttede. De har ret til at tage diamanter op fra begge kimberlitrør og fire kimberlitgange, der også findes i licensområdet. Selvom minen er lille set i forhold til nogle af verdens andre diamanminer, leverer den omkring 30.000 karat om måneden.

Sierra Leone er kendt for sine mange diamanter af høj kvalitet. Det har bidraget til konflikter og borgerkrig i landet, men diamanterne beskæftiger også tusindvis af mennesker og kan være med til at bidrage til positiv udvikling i Sierra Leone.

Billede 4 – Intrusioner i Koidu – 3D model



Grafik over kimberlit-intrusionerne ved minen i Koidu. Der er to rør og fire gange.

Kilde: Koiduholdings.com



Fakta

Diamanters densitet, er meget høj, grundet den høje kompression: $3,1-3,5 \text{ g/cm}^3$, vands massefylde er på 1 g/cm^3 .

Trykket, der er nødvendigt for at danne diamanter, er omkring 30 kilobar, svarende til ca. 5 fuldvoksne elefanter på en fingernegl.

Karat er en vægtenhed, man bruger til diamanter, 1 karat svarer til 0,2 g og vægten af et frø i bælgfrugten johannesbrød. Karat for diamanter og andre ædelstene må ikke forveksles med karat i forbindelse med guld, hvor det henviser til guldets renhed (99,9% = 24 karat).

Den største diamant man har fundet, er Cullian på 3106,75 karat. Den største sierraleonske diamant, "Sierra Leones Stjerne", var ca. tre gange mindre (968,9 karat), men er den tredje største fundet i verden.

På engelsk kaldes udvinding på sekundært leje ofte "alluvial mining". Ordet findes også på dansk; alluvium, det kommer af latin og betyder "at vaske". Det er sedimentære aflejringer ved floder og i deltaer.

Kimberlitternes høje indhold af blandt andet magnesium betyder, at de ofte er blålige i farven. De lag, der har været eksponeret længe, bliver gulige, fordi jern, som også findes i kimberlitten, oxideres. Dette har givet kimberlit navnene "Blue ground" og "Yellow Ground", som der tit refereres til i forbindelse med diamant-feberer i Sydafrika. Det var de særlige gule lag, udgraverne ledte efter. Nogle opdagede dog senere, at også det blå underliggende kimberlit indholdte diamanter.

I Sierra Leone blev den første diamant fundet i 1927 i Kono-distriktet (samme distrikt som Koidu-minen ligger i).



Tak til Troels F. D. Nielsen, seniorforsker ved GEUS, for gennemlæsning, kritik og rettelser.

Litteraturhenvisninger

Hageskov, Bjørn: *Jorden – en dynamisk planet. i: Lykke-Andersen m.f. (redaktion): Naturgeografi – Jorden og mennesket. Geografforlaget, 2007.*

Henriksen, Niels: *Grønlands geologiske udvikling – fra urtid til nutid. GEUS, 2005.*

Nielsen, Troels F. D.: *Diamantbærende kimberlit og aillikit i det sydlige Vestgrønland. Regionale variationer og sammensætningen af kimberlittisk smelte. Geologisk Tidsskrift, side 12-40. Dansk Geologisk Forening, 2011.*

Secher, Karsten: *Mineralske råstoffer i Grønland. i: Geoviden nr. 1, 2005. Geocenter København.*

Shirley, Steven B. m.f.: *Diamonds and the Geology of Mantle Carbon. i: Hazen, Robert M., Jones, Adrian P., og Baross, John A.: Reviews in Mineralogy & Geochemistry nr. 75 - CARBON IN EARTH. Mineralogical Society of America, 2013.*

Tappert, Michelle C. og Ralf: *Diamonds in Nature: A Guide to Rough Diamonds. Springer, 2011.*

Thybo, Hans: *Dybe processer i jordens indre. i: Geoviden nr. 4, 2005. Geocenter København.*

Hjemmesider

Den Store Danske Encyklopædi (artikel: Diamanter) - www.denstoredanske.dk (sidst åbnet 18.06.13)

Koiduholdings.com - www.koiduholdings.com (sidst åbnet 18.06.13)

St. John, James: Kimberlites and Lampoites - www.newark.osu.edu (sidst åbnet 18.06.13)

Wikipedia.org (artikel: Kimberlites) - wikipedia.org (sidst åbnet 18.06.13)

Evolution.dk (Geologisk tidsskala) - www.evolution.dk (Sidst åbnet 18.06.13)



Billeder og figurer

Figur 1 og 2: Shirley, Steven B. m.f.: Diamonds and the Geology of Mantle Carbon . i: Hazen, Robert M., Jones, Adrian P. , og Baross, John A.: Reviews in Mineralogy & Geochemistry nr. 75 – CARBON IN EARTH. Mineralogical Society of America, 2013.

Billede 1: GEUS.

Billede 2: © De Beers - www.diamcormining.com (sidst åbnet 18.06.13)

Billede 3 og 4: Koiduholdings.com - www.koiduholdings.com (sidst åbnet 18.06.13)

Skrevet af Magnus Gundersen Lihn, Operation Dagsværk

Side 9


OPERATION DAGSVÆRK

**SIERRA
LEONE** 