NGU RAPPORT 2019.001

Berggrunnskartlegging i Kongsberg-Modum-Hønefoss området

GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

· NGU ·

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

RAPPORT

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315 Torgarden
7491 TRONDHEIM
Tlf. 73 90 40 00

Rapport nr.: 2019.001
ISSN: 0800-3416 (trykt)
ISSN: 2387-3515 (online)
Gradering: åpen

Tittel:
Berggrunnskartlegging i Kongsberg-Modum-Hønefoss området

Forfatter:
Bernard Bingen, Anne Kathrine Svendby

Oppdragsgiver:
Buskerud Telemark Vestfold Fylkeskommune

Fylke:
Buskerud Telemark Vestfold

Kommune:

Kartblad (M=1:250.000)

Kartbladnr. og -navn (M=1:100.000)
Kongsberg litotektoniske enhet, Kongsberg - Modum - Hønefoss

Forekomstens navn og koordinater:
Kongsberg: 9.64612E, 59.66582N

Sidetall: 12 **Pris:** 30
Kartbilag:

Feltarbeid utført:
2010 – 2014

Rapportdato:
07/01/2019

Prosjektnr.:
333100

Ansvarlig:

Sammendrag:
Rapporten summerer opp mål og produkter av berggrunnskatlegging prosjektet i Kongsberg-Modum-Hønefoss området, som ble utfort på NGU mellom 2010 og 2018.

Emneord: Kongsberg | Berggrunnskartlegging

INNHOLD

I 2010, startet NGU et nytt prosjekt i Kongsberg-Modum-Hønefoss området med støtte fra Buskerud Telemark Vestfold Fylkeskommuner. Formålet i prosjektet var å lage et nytt og oppdatert berggrunnsgeologisk kart i målestokk 1.100.000 i det aktuelle området, ved hjelp av moderne, forskningsbasert berggrunnskartlegging. Eksisterende kart over Kongsbergområdet var ufullstendige, og i hovedsak basert på feltarbeid gjort for mer enn 50 år siden, uten tilgang til dagens tekniske hjelpemidler og krav om nøyaktighet. Det nye kartet var ferdig i 2016, og ble utgitt i mars 2017.

Kartleggingen foregikk til fots og med bil over 4 år (sesonger). I felt ble det brukt bærbare datamaskiner med ArcGis og et integrert kartleggingsverktøy kalt Sigma. Under berggrunnskartleggingen ble det i alt lagt inn 25000 observasjonspunkter, som inneholdt bergartstype, en kort beskrivelse av denne (mineraler, teksturer, farger, sammensetning), og strukturmålinger (støk- og fallretning på plan- og bruddstrukturer, lineasjoner), samt måleverdier for magnetiske egenskaper (susceptibilitet). Under fremstillingen av kartet ble utbredelsen av bergartene, og grensene mellom dem, definert og tegnet inn ved hjelp av observasjonsmålingene. I tillegg har magnetiske og radiometriske kart produsert fra flymålinger har vært til god hjelp både før og under kartleggingen, og til fremstillingen av kartet etterpå. (De magnetiske kartene avdekker hovedsakelig variasjoner i bergartenes innehold av mineralet magnetitt).

I løpet av prosjektet ble prøver av ulike bergarter sendt til laboratoriet for analyser, deriblant aldersdatering (50 U/Pb aldersbestemmelser, 60 Ar-Ar aldersbestemmelser, samt datering av bevegelse/aktivitet langs forkastninger/bruddsoner ved hjelp av K-Ar aldersbestemmelser), og geokjemi. Analysene var til hjelp for fremstillingen av kartet, da bergarter med samme utseende og mineralsammensetning kunne skilles fra hverandre på bakgrunn av kjemiske egenskaper og alder. Dette ble også av betydning for tektonostratigrafien (rekkefølgen) i tegnforklaringen på kartet.

Retning og utbredelse på sprø forkastninger og bruddsoner ble også kartlagt under prosjektet. Dette er strukturer som gir varig svekkelse av bergrunnen, og bør bli tatt hensyn til ved fremtidig utbygging av infrastrukturer.

Kartet finnes både som et trykt papirkart, og som et digitalt kart i ArcGis, med en tilhørende database.

Produkter fra prosjektet er:
(1) Digitalt kart i ArcGis med tilhørende database,
(2) Trykt berggrunnskart, målestokk 1:100000,
(3) Presentasjoner av prosjektet i vitenskapelige møter,
(4) Vitenskaplige publikasjoner og en masteroppgave.

Registrerte timekostnader til kartlegging ble 7300000 kr fra 2010 til og med 2015. Feltarbeid involverte opp til 10 geologer i 2011. Registrerte direktekostnader ble 1500000 kr fra 2010 og 2015. I tillegg kom timekostnader til bearbeiding og trykking av kartet, samt skriving av publikasjoner på c. 1000000 kr.

DATABASER

Kartleggingen ble gjennomført som et pilotprosjekt ved NGU for en fullstendig digital arbeidsflyt fra felt til kart. All informasjon ble behandlet digitalt, der feltbeskrivelser, prøvebeskrivelser, målinger og bilder er lagt inn i en observasjonsdatabase, som NGU administrerer, og som kan brukes i framtiden.

Hovedproduktet til prosjektet er det digitale berggrunnskartet. Databasen til kartet er integrert i de 1:50000 og 1:250000 nasjonale berggrunnskartdatabasene, og er offentlig tilgjengelig på ngu.no for interaktiv bruk. Det er fullt mulig å lage avledede (tematiske) kart ut av den tilhørende databasen til kartet, basert på geokjemi, alder , osv.. U/Pb aldersbestemmelser fra prosjektet er lagt inn i den Nasjonale geokronologi databasen, og er offentlig tilgengelig på ngu.no.

BERGGRUNNSKART

Berggrunnskart ble trykt i 2016, i målestokk 1:100000, tospråklig .
Referanse til kartet er:

Viola, G., Bingen, B., og Solli, A., 2016, Berggrunnskart, Kongsberg litotektoniske enhet, Kongsberg-Modum-Hønefoss, M 1:100000, Norges Geologiske Undersøkelse. Bedrock geology map of the Kongsberg lithotectonic unit, Kongsberg-Modum-Hønefoss, scale 1:100000 Geological Survey of Norway.

Kartet viser de forskjellige bergartstypene i området mellom Kongsberg og Hønefoss. Den geologiske historien i dette området strekker seg over en periode på c. 1500 millioner år, fra c. 1500 millioner år siden til i dag. Kartet viser at jordskorpen i dette området kan deles inn i flere segmenter (litotektoniske enheter). Litos betyr stein eller bergart og tektonikk betyr deformasjon, slik at hver litotektoniske enhet definerer et område der jordskorpen har vært gjennom samme geologiske utvikling.

Telemark litotektoniske enhet i vest, er dominert av bergarter dannet fra smelte som har størknet dypt nede i jordskorpen. Disse magmatiske bergartene (også kalt størkningsbergarter) danner de store ensartede bergartsmassivene vi ser på kartet

Kongsberg litotektoniske enhet har en langt mer kompleks geologi, og karakteriseres av flere tynne nord-sør-gående soner av omdannede vulkanske og sedimentære bergarter. Disse har senere blitt gjennomsatt av bergartssmelter dannet i dypet. Den langstrakte formen skyldes at alle bergartene innenfor har blitt presset sammen av tektoniske krefter etter at de ble dannet. Den kjente sølvmalmen på Kongsberg opptrer kun i tynne soner av skifer (nr. 41 på kartet).

Idefjorden litotektoniske enhet tilhører en sone med ulike skifre og gneiser, som kan følges sørover langs Østfold og Iddefjorden, og inn i Sverige. Svenskene var de første til å benytte navnet "Idefjorden litotektonisk enhet", og i henhold til det internasjonale regelverket for geologisk navnsetting benyttes samme skrivemåte i Norge.

Kartet avgrenses i sørvest av *Osloriften*. Dette er en revne i jordskorpen som oppstod for ca. 270 millioner år siden, med andre ord nesten 1000 millioner år etter at bergartene i Kongsberg-Hønefoss ble dannet.

VITENSKAPLIGE KONFERANSER

Resultater av prosjektet ble vist og diskutert i flere internasjonale geologi konferanse mellom 2013 og 2018. Referanse til konferanse og abstrakter er:

EGU General Assembly, Vienna, 2013: Abstract: Bingen, B., Viola, G., Engvik, K., Solli, A., 2013, Onset of the Sveconorwegian orogeny: 1220-1130 Ma bimodal magmatism, sedimentation and granulite-facies metamorphism: Geophysical Research Abstracts, EGU General Assembly 2013, v. 15, p. EGU2013-13057

EGU General Assembly, Vienna, 2013: Abstract: Viola, G., Bingen, B., Henderson, I., Yi, K., and Ganerød, M., 2013, The Kongsberg-Modum terrane of Southern Norway: a key toward a refined conceptual model of the Sveconorwegian orogen: Geophysical Research Abstracts, EGU General Assembly 2013, v. 15, p. EGU2013-10323.

Goldschmidt Conference, Prague, 16-21 August 2015: Abstract: Bingen, B., and Viola, G., 2015, Paired c. 1150 Ma compression-extension belts in S Norway and the geodynamics of Grenvillian orogens, Goldschmidt Abstracts, 2015 303.

The future of geological mapping, The Geological Society, London, 5 November 2015: Abstract: Bingen, B., Gasser, D., and Viola, G., 2015, Digital mapping at the Geological Survey of Norway: Experiences from the Sveconorwegian and Caledonian orogens, The Geological Society of London.

EGU General Assembly, Vienna, 2018: Abstract: Bingen, B., Viola, G., Möller, C., Vander Auwera, J., Laurent, A., and Andersson, J., 2018, The Mesoproterozoic Sveconorwegian orogeny: orogen scale interpretation of metamorphic and magmatic patterns supports an ultra-hot collision model: Geophysical Research Abstracts, EGU General Assembly 2018, v. 20, p. EGU2018-17218.

VITENSKAPLIGE PUBLIKASJONER

Berggrunnskartlegging og samling av prøver, struktur målinger og aldersbestemmelser gir mye bedre forståelse av geologiske utvikling i Kongsberg område. Kongsberg område var en viktig del av den Svekonorvegiske fjellkjede, som strukturerte bergrunn i sør Norge om c. 1000 millioner år siden. Geokronologiske data, struktur data og geologiske modeller er nå ferdig publisert i tre vitenskaplige artikler og en master oppgave ved NTNU. Referanse er:

Bjørn Eskil Larsen, 2014, Structural, geophysical and petrological investigations of the Saraåsen intrusion and host rocks, Sveconorwegian orogen, southern Norway. MSc oppgave ved NTNU.

Scheiber, T., Viola, G., Bingen, B., Peters, M., and Solli, A., 2015, Multiple reactivation and strain localization along a Proterozoic orogen-scale deformation

zone: the Kongsberg-Telemark boundary in southern Norway revisited: Precambrian Research, v. 265, p. 78-103, doi: 10.1016/j.precamres.2015.03.009.

Torgersen, E., Viola, G., Zwingmann, H., and Henderson, I.H.C., 2015, Inclined K-Ar illite age spectra in brittle fault gouges: effects of fault reactivation and wall-rock contamination: Terra Nova, v. 27, p. 106-113, doi: 10.1111/ter.12136.

Bingen, B., and Viola, G., 2018, The early-Sveconorwegian orogeny in southern Norway: tectonic model involving delamination of the sub-continental lithospheric mantle: Precambrian Research, v. 313, p. 170-204, doi: 10.1016/j.precamres.2018.05.025

VEDLEGG

- Fem konferanse abstrakter
- Første side av MSc oppgave
- Berggrunnskart, trykt

Geophysical Research Abstracts
Vol. 15, EGU2013-13057, 2013
EGU General Assembly 2013

Onset of the Sveconorwegian orogeny: 1220-1130 Ma bimodal magmatism, sedimentation and granulite-facies metamorphism

Bernard Bingen (1), Giulio Viola (1,2), Ane K Engvik (1), and Arne Solli (1)

(1) Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway (bernard.bingen@ngu.no), (2) Department of Geology and Mineral Resources Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

The Grenville orogen of Laurentia and the Sveconorwegian orogen of Baltica are generally interpreted as long-lived, hot, collisional orogens resulting from collision of a possibly joined Laurentia-Baltica margin with another major plate, possibly Amazonia. Here we report new mapping, petrologic and SIMS U-Pb geochronological data from S Norway, to address the pre- to early-Sveconorwegian evolution between 1220 and 1130 Ma. The Sveconorwegian belt includes from west to east the Telemarkia terrane characterized by 1520-1480 Ma magmatism and the Idefjorden terrane characterized by Gothian active margin 1660-1520 Ma magmatism. The Idefjorden terrane is thrusted eastwards onto the parauthochthonous Eastern Segment. The Kongsberg and Bamble are two small terranes between the Idefjorden and Telemarkia terranes. They have a strong N-S and NE-SW structural grain, respectively, and are thrust westwards on top of the Telemarkia terrane. Basement metavolcanic and metaplutonic rocks in the Kongsberg terrane range from c. 1534 to 1500 Ma (5 new samples) and in Bamble from c. 1572 to 1460 Ma, overlapping with both the Telemarkia and Idefjorden terranes.

New and published data show the following: (1) In Telemark, a c. 1200 Ma granitoid from the Flåvatn complex and a c. 1195 Ma granite sheet in the bimodal Nissedal supracrustals demonstrate that 1220-1180 Ma comparatively juvenile magmatism is the dominant rock type over much of southern part of Telemark. (2) A rhyolite dated at 1155 Ma complement available data showing low grade bimodal mafic-felsic volcanism interlayered with immature clastic sediments in central Telemark between 1169 and 1145 Ma (the ex-Bandak group). These supracrustals are intruded by c. 1153-1144 Ma A-type granite plutons. (3) Ten samples of foliated commonly porphyritic ganitoid and one granite dyke in gabbro collected in Kongsberg and along the Kongsberg-Telemark boundary demonstrate that c. 1171-1147 Ma bimodal plutonism occurred in Kongsberg. This indicates that Kongsberg was linked to Telemarkia, before 1147 Ma and before their final tectonic juxtaposition. A similar pattern is known between the Bamble and Telemarkia terranes, indicating similar relations. (4) The classical medium pressure granulite-facies metamorphism in Tromøy-Arendal, Bamble, was redated. Three granulite samples show metamorphic zircon at 1147 +/-18 and 1132 +/-7 Ma. Protolith ages between c. 1553 and 1544 Ma demonstrate a Gothian low-K calc-alkaline orthogneiss protolith and question recent interpretations representing the Tromøy complex as an early Sveconorwegian oceanic volcanic arc accreted to the Bamble terrane. (5) A granulite-facies domain was discovered north of Kragerø in Bamble, in an area generally assigned to amphibolites-facies metamorphism. Geothermobarometry and pseudosection calculation using the Grt +Opx +/-Cpx +Pl +Qtz assemblage yield an estimate of about 1.15 GPa and 800°C for peak granulite facies metamorphism. Late clinopyroxene and garnet zoning are consistent with an anticklockwise P-T path and suggest magma loading and heating of the crust. Soccer ball zircon dates this metamorphism at 1144 ±6 Ma. (6) C. 1193-1183 Ma A-type granite plutonism is reported in the Caledonian Middle-Allochthon Risberget Nappe and c. 1221-1204 Ma syenite plutons are known along the Sveconorwegian Frontal Deformation Zone. C. 1220-1130 Ma magmatism is however entirely lacking in the Idefjorden terrane.

Using these constraints, we envisage the 1220-1130 Ma pre- to early-Sveconorwegian event in a trans(?)-tensional continental setting at the margin of Baltica, before final continental collision. The Telemarkia terrane was possibly located in a back arc position above an east dipping subduction system. Abundant magmatism is possibly a consequence of subduction of an oceanic ridge. Inversion took place after 1130 Ma leading to westwards thrusting of the Bamble and Kongsberg terranes.

Geophysical Research Abstracts
Vol. 15, EGU2013-10323, 2013
EGU General Assembly 2013

The Kongsberg-Modum terrane of Southern Norway: a key toward a refined conceptual model of the Sveconorwegian orogen

Giulio Viola (1,2), Bernard Bingen (1), Iain Henderson (1), Keewook Yi (3), and Morgan Ganerød (1)

(1) Geological Survey of Norway, 7491 Trondheim, Norway (giulio.viola@ngu.no), (2) Department of Geology and Mineral Resources, Norwegian University of Science and Technology-NTNU, 7491, Trondheim, Norway, (3) Korea Basic Science Institute, 363-883 Chungbuk, South Korea

The Sveconorwegian orogen corresponds to the part of Scandinavia affected by the Sveconorwegian orogeny between ca. 1140 and 900 Ma. The orogen is generally interpreted as resulting from the collision between Fennoscandia and an unknown large continent, possibly Amazonia. Its first-order architecture is defined by the juxtaposition of a series of crustal blocks, separated by major, ca. N-S trending ductile deformation belts. Our current research focuses on the Kongsberg/Modum terrane (KMT), a small lithotectonic block located in the middle of the orogen in Southern Norway. With a still ongoing multidisciplinary study of the terrane, we aim at unravelling its geological evolution and constraining its role in the orogen build up. The study combines detailed lithological and structural mapping, carried out digitally, with airborne, high resolution potential field geophysics and new geochronological and geochemical studies. The KMT is characterised by an elongate N-S trending structural grain that corresponds to highly flattened and isoclinally folded metavolcanic, metaplutonic and metasedimentary sequences. The Modum sub-complex is a quartzite-rich metasedimentary belt, and it includes characteristic sillimanite-quartzite and anthophyllite-cordierite gneiss. A sheared sinistral transpressive contact separates it from the Kongsberg sub-complex, formed predominantly by metavolcanic and plutonic rocks. Steep amphibolite-facies shear zones within and between these lithological belts also invariably show a sinistral transpressive component. Structural data collected along the KMT-Telemark boundary in the west show that the KMT is thrusted westward over the leucocratic granitoids of the Telemark sector along the Sokna-Saggrenda shear zone (SSSZ). The SSSZ is a curved, narrow and laterally continuous (ca. 100 km long) lower amphibolite facies shear zone accommodating an overall top-to-the-west transport, although local kinematic variations exist due to strain partitioning caused by the shear zone curved geometry. The top-to-the-west kinematics along the SSSZ is consistent with the westward-vergence of a variety of structures that accommodate overall E-W shortening and that are characteristic for the entire central and western Sveconorwegian orogen. With the goal to constrain in time this regional shortening phase, we dated the product of amphibolite-facies partial melting genetically linked to top-to-the west shears in the Idefjorden terrane, immediately to the east of the KMT. Seven leucosomes associated with and resulting from muscovite-, biotite- and amphibole dehydration melting, range in age from ca. 1039 to 997 Ma. U/Pb zircon geochronology along the KMT-Telemark boundary confirms that the juxtaposition of the two blocks is post c. 1170 Ma. Imbrication started at ca. 1080 Ma and is believed to mark the initiation of the actual collision. It led to progressive crustal thickening and caused in the study area HP granulite-facies metamorphism locally recording peak conditions of c. 930° C - 1.3 GPa at c. 1050 Ma. Still ongoing Ar-Ar investigations suggest that the KMT final emplacement along the SSSZ occurred at about 1000 Ma. After 970 Ma the SSSZ was overprinted by localised ductile top-to-the-E extension and, en route to the surface, by complex, multistage brittle reactivation during the Phanerozoic, leading to the formation of volumetrically extensive cataclasites and discrete gouge zones.
The available data support the interpretation that the KMT forms a remnant of a west-vergent accretionary wedge formed in a broad sinistral transpressive collision zone.

Paired c. 1150 Ma compression-extension belts in S Norway and the geodynamics of Grenvillian orogens

B. BINGEN[12]* AND G. VIOLA[13]

[1]Geological Survey of Norway, Trondheim Norway
[2]Dept. Géologie, Université de Liège, Liège Belgium
[3]Dept. Geology and Mineral Resources Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim Norway
(*correspondence: bernard.bingen@ngu.no)

Assembly of continental lithosphere along Grenvillian orogens to form Rodinia at the end of the Mesoproterozoic provides an elegent paradigm for the preferential preservation of 1200-1000 Ma detrital zircons. Here we attempt to reconcile field observation with a model of collision for the ca. 600 km wide Sveconorwegian orogen of Scandinavia fringing Baltica. We report new 1:80.000 scale geological mapping of the Kongsberg lithotectonic domain, integrated by high resolution airborne geophysics and U-Pb zircon geochronology on 52 samples, with emphasis on the timing of metamorphism. The Kongsberg and Bamble domains form a c 25 km wide, steeply dipping and tightly folded gneiss belt, preserving evidence for an early-Sveconorwegian, MP-MT metamorphism, locally reaching granulite facies. Zircon rims at 1147-1123 Ma (7 samples) date this metamorphism. A steep high-grade shear zone bounds this metamorphism towards the east in Tyristrand, immediately west of the Permian Oslo rift. To the west of the Kongsberg /Bamble, the 70 km wide Telemark domain is markedly different. It is gently folded, contains low-grade, volcanic-sedimentary rocks, deposited in fault-bounded intramontane extensional basins between 1170 and 1120 Ma (and later), and hosts widespread bimodal magmatism between 1200 and 1140 Ma.

The Sveconowegian orogen is constructed on weak juvenile lithosphere, accreted westwards between ca 1700 and 1480 Ma at the margin of Baltica, atop an convecting mantle, ca. 100°C hotter than today. We interpret the paired Telemark and Kongsberg /Bamble domains as remnants (preserved in an orogenic lid) of a ca. 100 km wide orogenic cell, diagnostic of an (ultra-) hot orogen, involving extension, magmatism and removal of the lithospheric mantle under Telemark, and compression and eastwards (?) subduction of the lithospheric mantle below Kongsberg/Bamble. The orogen includes at least 3 contiguous ca. 100 km wide orogenic cells, involving subduction of lithosphere, active at 1150, 1050 (Idefjorden) and 980 Ma (Eastern Segment), i.e. younger continentwards. The very reason for preservation of the Mesoproterozoic crust at the margin of Balica may be its reworking inside the Sveconorwegian orogen.

William Smith Meeting 2015, 200 Years and Beyond
The future of geological mapping, The Geological Society, London, 5 November 2015

Digital mapping at the Geological Survey of Norway: Experiences from the Sveconorwegian and Caledonian orogens.

Bernard Bingen (1, 2), Deta Gasser (1), Giulio Viola (1, 3)
1: Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway
2: Dept. Geology, University of Liège, Liège, Belgium
3: Dept. Geology and Mineral Resources Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
(Correspondance: bernard.bingen@ngu.no)

The Geological Survey of Norway is implementing a digital workflow for geological bedrock mapping in Norway, from fieldwork to final product. Whereas various approaches relying on different hardware and software solutions are still being tested, we report here results and impressions derived from two mapping projects in populated areas, one in the Kongsberg domain of the Sveconorwegian orogen, and the other in the greater Trondheim area (Orkanger) in the Caledonian belt. Field work was carried out on different hardware platforms by using the Sigma Mobile software package developed by the British Geological Survey. Maps are now in the final compilation and production phase. These projects were successful in: (1) collecting new systematic geological data, that allow a substantial improvement of the local tectonostratigraphy and a significant refinement of the understanding of the geological and tectonic evolution of the mapped areas, beyond the reach of university-based academic researchers, (2) generating greatly improved map products useful for society, research and education, and (3) training young researchers and students to the importance of a full digital approach. The mapping projects combine collection of high-resolution geophysical data, digital acquisition of field data, and collection of geochronological, geochemical and petrological data. Field information includes lithological description, structural data, photographs and sketches in their geo-referenced framework. During the Kongsberg project, some 25000 field observation points were collected by eight geologists. For the Orkanger project, some 2100 field observation points were collected so far by three geologists. In this contribution, we will discuss the workflow and the database architecture, and show preliminary map products. We will analyze the philosophy of a fully digital future in geology, in addition to present how we have perceived the many benefits and unavoidable disadvantages of the newly implemented workflow.

Geophysical Research Abstracts
Vol. 20, EGU2018-17218, 2018
EGU General Assembly 2018

The Mesoproterozoic Sveconorwegian orogeny: orogen scale interpretation of metamorphic and magmatic patterns supports an ultra-hot collision model

Bernard Bingen (1), Giulio Viola (2), Charlotte Möller (3), Jacqueline Vander Auwera (4), Antonin Laurent (5), and Jenny Andersson (6)

(1) Geological Survey of Norway, 7491 Trondheim, Norway (bernard.bingen@ngu.no), (2) Department of Biological, Geological and Environmental Sciences, BiGeA, University of Bologna, 40126 Bologna, Italy (giulio.viola3@unibo.it), (3) Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden (charlotte.moller@geol.lu.se), (4) Department of Geology, University of Liège, 4000 Liège, Belgium (jvdauwera@ulg.ac.be), (5) Université de Lyon, UJM-Saint-Etienne, CNRS, UCA, IRD, LMV UMR 6524, F-42023 Saint-Etienne, France (antonin.laurent@univ-st-etienne.fr), (6) Geological Survey of Sweden, Box 670, SE-751 28 Uppsala, Sweden (jenny.andersson@sgu.se)

The Sveconorwegian orogeny is a representative Grenvillian orogeny, involving multiphase reworking of the margin of Fennoscandia at the end of the Mesoproterozoic, between 1150 and 900 Ma. The asthenosphere was possibly c. 100°C hotter than today, having a major impact on tectonic style in the lithosphere. Two geodynamic models compete: a collision between Fennoscandia and another continent to contribute to Rodinia assembly, versus an accretionary (tectonic switch) model at the margin of Fennoscandia. Here we provide an analysis of the structural, metamorphic and magmatic record across the entire Sveconorwegian orogenic belt, through time, supporting the collision model. Convergence-related metamorphism is observed in narrow belts, with increasingly high pressure signature eastwards, towards the (cratonic) Fennoscandia foreland, with time. Peak P-T-t conditions of 1.15 GPa - 850 °C - 1145 Ma are recorded in the Bamble-Kongsberg Lithotectonic Units, 1.5 GPa - 740 °C - 1046 Ma in the Idefjorden Unit, and 1.8 GPa - 870 °C - 990 Ma in the Eastern Segment. Peak metamorphism is followed by isothermal decompression and partial melting. These events are attributed to the pull effect of delamination and foundering of the heavy continental lithospheric mantle in three steps towards the east. This delamination is paired with the formation of an orogenic plateau, growing with time from the centre of the orogen towards the east and west, and associated with protracted mantle upwelling, magmatism, crustal melting, low-pressure metamorphism and upper crustal extension. Orogenic plateau construction started with bimodal magmatism between 1280 and 1145 Ma, overlapping with demonstrably extensional intramontane basin sedimentation between c. 1210 and 1050 Ma, in the Telemarkia Lithotectonic Unit. In the east of the orogen, it was eventually limited by the mid crustal ramp (Mylonite Zone) overlying the Eastern Segment. In the westernmost exposed part of the orogen, the 1066–1020 Ma Sirdal-Feda high-K calc-alkaline magmatic suite is interpreted as voluminous crustal melting (with inherited volcanic arc signature), coeval with (mantle-derived) mafic underplating. This magmatism was followed by two ferroan plutonic suites, the hydrous hornblende-biotite granite (HBG) suite between 990 and 925 Ma and the anhydrous anorthosite-mangerite-charnockite (AMC) suite between 935 and 915 Ma. Anorthosite plutons contain xenocrystic 1040 Ma-old high-alumina orthopyroxene megacrysts, and therefore are interpreted as product of remelting (at 1.3 GPa) of 1040 Ma mafic underplates. The crust was affected by prolonged granulite-facies metamorphism peaking twice in ultra-high temperature conditions, at 0.6 GPa - 920 °C - 1029–1006 Ma and 0.4 GPa - 920 °C - 930 Ma, overlapping in time with magmatism. The extreme temperature in the crust implies that the asthenosphere was located directly under the crust between 1030 and 925 Ma, under the orogenic plateau. The consistent shallow pressure of c. 0.4 GPa for emplacement of (exposed) plutons and granulite-facies metamorphism between 1066 and 925 Ma implies little differential exhumation at the end of orogeny. A wide orogenic plateau speaks up for a collision orogeny. Isotopically, the Oaxaquia margin of Amazonia is possibly conjugate to the Sveconorwegian margin of Fennoscandia during collision.

Structural, geophysical and petrological investigations of the Sarasåsen intrusion and host rocks, Sveconorwegian orogen, southern Norway.

Bjørn Larsen

A thesis presented for the degree of
Master of Science

Department of Geology and Mineral Resources Engineering
Norwegian University of Science and Technology
Norway

May 2014

Berggrunnskart

Kongsberg litotektoniske enhet, Kongsberg - Modum - Hønefoss

Bedrock map

Kongsberg Lithotectonic Unit, Kongsberg - Modum - Hønefoss

Målestokk/scale 1:100.000

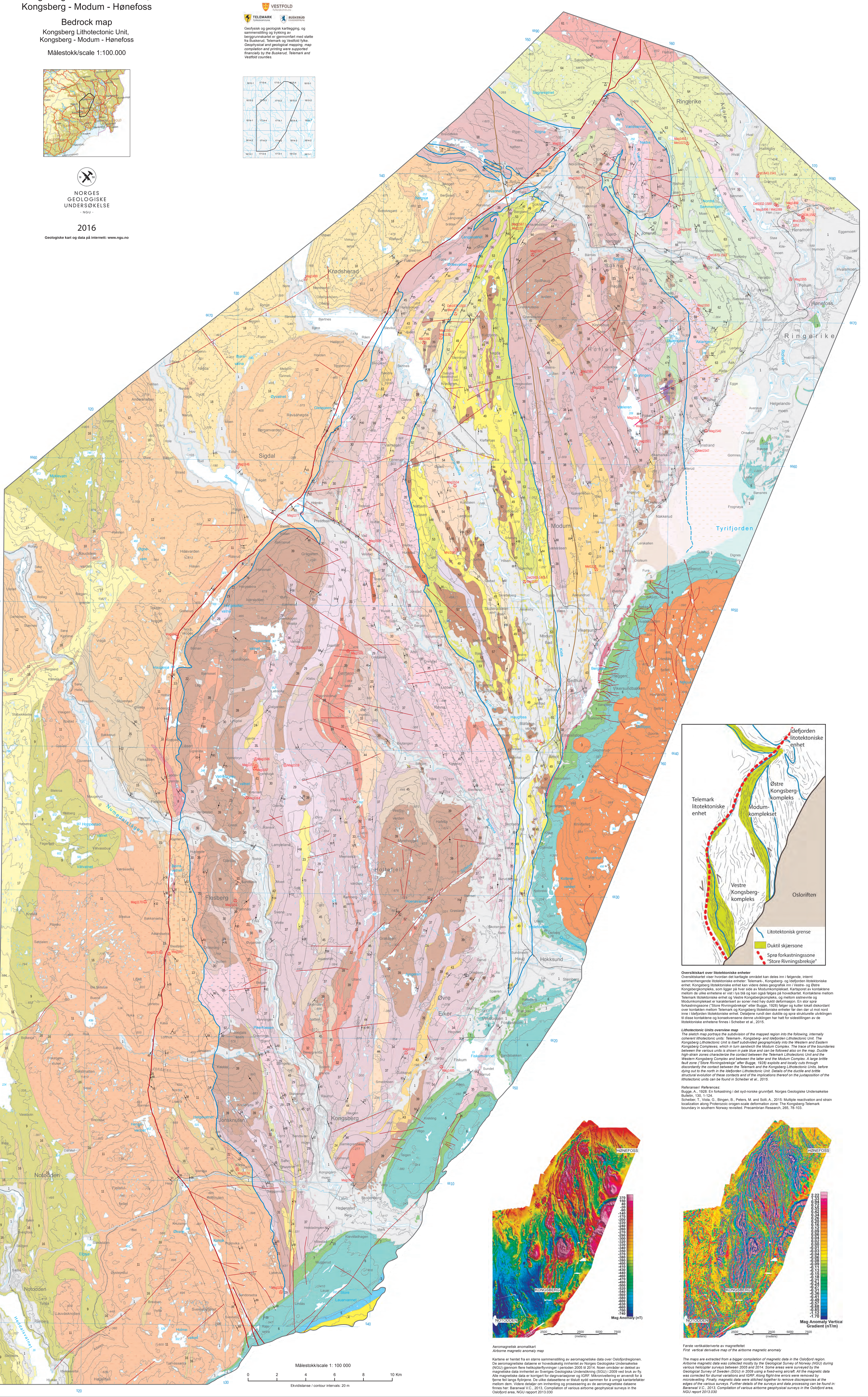
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE - NGU -

2016

Geologiske kart og data på internett: www.ngu.no

VESTFOLD fylkeskommune · TELEMARK fylkeskommune · BUSKERUD fylkeskommune

Geofysisk og geologisk kartlegging, og sammenstilling og trykking av berggrunnskartet er gjennomført med støtte fra Buskerud, Telemark og Vestfold fylke.
Geophysical and geological mapping, map compilation and printing were supported financially by the Buskerud, Telemark and Vestfold counties.



Målestokk/scale 1: 100 000

0 2 4 6 8 10 Km

Ekvidistanse / contour intervals: 20 m

Oversiktskart over litotektoniske enheter
Oversiktskartet viser hvordan det kartlagte området kan deles inn i følgende, internt sammenhengende litotektoniske enheter: Telemark-, Kongsberg- og Idefjorden litotektoniske enhet. Kongsberg litotektoniske enhet kan videre deles geografisk inn i Vestre- og Østre Kongsbergkompleks, som ligger på hver side av Modumkomplekset. Kartsporet av kontaktene mellom de ulike enhetene er vist i lys blå og kan også følges på hovedkartet. Kontaktene mellom Telemark litotektoniske enhet og Vestre Kongsbergkompleks, og mellom sistnevnte og Modumkomplekset er karakterisert av soner med høy duktil deformasjon. En stor sprø forkastningssone ("Store Rivningsbreksje" etter Bugge, 1928) følger og kutter lokalt diskordant over kontakten mellom Telemark og Kongsberg litotektoniske enheter før den dør ut mot nord inne i Idefjorden litotektoniske enhet. Detaljene rundt den duktile og sprø strukturelle utviklingen til disse kontaktene og konsekvensene denne utviklingen har hatt for sidestillingen av de litotektoniske enhetene finnes i Scheiber et al., 2015.

Lithotectonic Units overview map
The sketch map portrays the subdivision of the mapped region into the following, internally coherent lithotectonic units: Telemark-, Kongsberg- and Idefjorden Lithotectonic Unit. The Kongsberg Lithotectonic Unit is itself subdivided geographically into the Western and Eastern Kongsberg Complexes, which in turn sandwich the Modum Complex. The trace of the boundaries between the various units is shown in pale blue and can be followed also on the map. Ductile high-strain zones characterize the contact between the Telemark Lithotectonic Unit and the Western Kongsberg Complex and between the latter and the Modum Complex. A large brittle fault zone ("Store Rivningsbreksje" after Bugge, 1928) exploits and locally cuts through discordantly the contact between the Telemark and the Kongsberg Lithotectonic Units, before dying out to the north in the Idefjorden Lithotectonic Unit. Details of the ductile and brittle structural evolution of these contacts and of the implications thereof on the juxtaposition of the lithotectonic units can be found in Scheiber et al., 2015.

Referanser/ *References*:

Bugge, A., 1928: En forkastning i det syd-norske grunnfjell. Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin, 130, 1-124.
Scheiber, T., Viola, G., Bingen, B., Peters, M. and Solli, A., 2015: Multiple reactivation and strain localization along Proterozoic orogen-scale deformation zone: The Kongsberg-Telemark boundary in southern Norway revisited. Precambrian Research, 265, 78-103.

Aeromagnetisk anomalikart
Airborne magnetic anomaly map

Kartene er hentet fra en større sammenstilling av aeromagnetiske data over Oslofjordregionen. De aeromagnetiske dataene er hovedsakelig innhentet av Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) gjennom flere helikopterflyvninger i perioden 2005 til 2014. Noen områder er dekket av magnetiske data innhentet av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) i 2009 ved bruk av fly. Alle magnetiske data er korrigert for døgnvariasjoner og IGRF. Mikronivellering er anvendt for å fjerne feil langs flylinjene. De ulike datasettene er tilslutt sydd sammen for å unngå kantartefakter mellom dem. Videre detaljer om innhenting og prosessering av de aeromagnetiske dataene finnes her: Baranwal V.C., 2013, Compilation of various airborne geophysical surveys in the Oslofjord area, NGU rapport 2013.030

Første vertikalderiverte av magnetfeltet
First vertical derivative map of the airborne magnetic anomaly

The maps are extracted from a bigger compilation of magnetic data in the Oslofjord region. Airborne magnetic data was collected mostly by the Geological Survey of Norway (NGU) during various helicopter surveys between 2005 and 2014. Some areas were surveyed by the Geological Survey of Sweden (SGU) in 2009 using a fixed-wing aircraft. All the magnetic data was corrected for diurnal variations and IGRF. Along flight-line errors were removed by microlevelling. Finally, magnetic data were stitched together to remove discrepancies at the edges of the various surveys. Further details of the surveys and data processing can be found in: Baranwal V.C., 2013, Compilation of various airborne geophysical surveys in the Oslofjord area, NGU report 2013.030

LØSAVSETNINGER FRA KVARTÆRTIDEN
SUPERFICIAL DEPOSITS OF QUARTERNARY AGE

- 1 — Sand, grus, leire / *Sand, gravel, clay*

MAGMATISKE BERGARTER KNYTTET TIL OSLORIFTEN, PERMISK ALDER
MAGMATIC ROCKS RELATED TO OSLO RIFT, PERMIAN

- Rombeporfyrgang / *Rhomb-porphyry dyke*
- 2 — Mænaitt (mikrosyenitt), som gang eller laggang / *Mænaite (microsyenite), in dyke or sill*
- 3 — Plutonske og vulkanske bergarter udifferensiert / *Undifferentiated plutonic and volcanic rock*

SEDIMENTÆRE BERGARTER FRA OSLOFJORDOVERGRUPPEN, KAMBRISK TIL SILURISK ALDER
SEDIMENTARY ROCKS, OSLOFJORDEN SUPERGROUP, CAMBRIAN TO SILURIAN

- 4 — Sandstein, silurisk alder (Ludlow til Pridoli) / *Sandstone, Silurian, Ludlow to Pridoli*
- 5 — Kalkstein, leirskifer og sandstein, silurisk alder (Llandowery til Wenlock) / *Limestone, shale and sandstone, Silurian, Llandovery to Wenlock*
- 6 — Leirskifer, mergel og kalkstein, ordovicisk alder / *Shale, marl and limestone, Ordovician*
- 7 — Alunskifer, sandstein, konglomerat og kalkstein, kambrisk til ordovicisk alder / *Alum shale, sandstone, conglomerate and limestone, Cambrian to Ordovician*

FORKASTNINGSBERGARTER
FAULT ROCKS

- 8 — Mylonitt, granittisk sammensetning, grå, finkornet matriks med rundete, lyserøde K-feltspat fragmenter / *Mylonite, granitic composition, grey fine-grained matrix speckled with rounded pink K-feldspar clasts*

TELEMARK LITOTEKTONISKE ENHET
TELEMARK LITHOTECTONIC UNIT

- 9 — Kvartsskifer, metasandstein og metaryolitt. Heddalgruppen, sten til ton-perioden, avsetningsalder <1121 mill. år / *Quartz schist, metasandstone, metarhyolite, Heddal Group, Stenian to Tonian, deposition <1121 Ma*
- 10 — Granitt, ufoliert / *Granite, unfoliated*
- 11 — Granitt, foliert, sten-perioden, intrusjonsalder c. 1171-1151 mill. år / *Granite, foliated, Stenian, intrusion c. 1171-1151 Ma*
- 12 — Granittisk gneis, vanligvis øyegneis, stedvis migmatittisk, sten-perioden, intrusjonsalder c. 1146 mill. år / *Granitic gneiss, commonly augen gneiss, locally migmatitic, Stenian, intrusion c. 1146 Ma*
- 13 — Granittisk øyegneis, middels- til grovkornet gneiss med fenoklaster av K-feltspat, sten-perioden, intrusjonsalder c. 1167-1163 mill. år / *Granitic augen gneiss, medium to coarse-grained K-feldspar phenoclast-bearing gneiss, intrusion c. 1167-1163 Ma*
- 14 — Granodioritt, foliert / *Granodiorite, foliated*
- 15 — Biotitt-amfibolgneis, sterkt båndet, vanligvis granatførende og migmatittisk / *Biotite-amphibole gneiss, pervasively banded, commonly garnet-bearing and migmatitic*
- 16 — Mafisk metavulkansk bergart / *Mafic metavolcanic rock*
- 17 — Kvartsitt til metasandstein, Blefjellkvartsitten, ektas-perioden, avsetningsalder <1404 mill. år / *Quartzite-metasandstone, Blefjell quartzite, Ectasian, deposition <1404 Ma*
- 18 — Biotittgneis, stedvis migmatittisk og kvartsitt, Hallingdalskomplekset, kalym til ektas-perioden, avsetningsalder av sedimenter <1716 mill. år, intrusjonsalder c. 1499 mill. år / *Biotite gneiss locally migmatitic, quartzite, Hallingdal Complex, Calymmian to Ectasian, deposition of sediments <1716 Ma, intrusion of orthogneiss c. 1499 Ma*

KONGSBERG LITOTEKTONISKE ENHET
KONGSBERG LITHOTECTONIC UNIT

- 19 — Pegmatitt, massiv til foliert / *Pegmatite, massive to foliated*

Kongsbergkomplekset
Kongsberg Complex

Omdannede dypbergarter fra sten-perioden (1200-1000 mill. år)
Metaplutonic rocks, Stenian Period (1200-1000 Ma)

- Lamprofyrgang, svakt foliert, intrusjonsalder c. 1036 mill. år / *Lamprophyre dyke, weakly foliated, intrusion c. 1036 Ma*
- 20 — Granitt, foliert, finkornet, intrusjonsalder c. 1164-1151 mill. år. / *Granite, foliated, fine-grained, intrusion c. 1164-1151 Ma*
- 21 — Granodioritt, foliert, finkornet, intrusjonsalder c. 1167-1157 mill. år. / *Granodiorite, foliated, fine-grained, intrusion c. 1167-1157 Ma*
- 22 — Kvarts-feltspat porfyr, foliert, intrusjonsalder c. 1177-1174 mill. år / *Quartz-feldspar porphyry, foliated, intrusion c. 1177-1174 Ma*

Omdannede sedimentære bergarter fra kalym til ektas-perioden (1600-1200 mill. år)
Metasedimentary rocks, Calymmian-Ectasian Periods (1600-1200 Ma)

- 23 — Kvartsitt, vanligvis finkornet, mange steder granatførende / *Quartzite, generally fine-grained, commonly garnet-bearing*
- 24 — Meta-arkose, kvarts-feltspatførende skifer og gneis i veksling, stedvis med lag av sulfidrik skifer, skifer-fahlbånd, avsetningsalder <1578 mill. år / *Meta-arkose, quartzofeldspathic schist to gneiss, commonly heterogeneous, local layers of sulfide-rich schist - "fahlband", deposition <1578 Ma*
- 25 — Metagråvakke, muskovittførende, vanligvis granatførende / *Metagreywacke, muscovite-bearing, commonly garnet-bearing*
- 26 — Biotitt-muskovittgneis med varierende bånding og migmatittisering, vanligvis granatførende / *Biotite-muscovite gneiss, variably layered and migmatitic, commonly garnet-bearing*
- 27 — Glimmerskifer, vanligvis granatførende / *Micaschist, generally garnet-bearing*
- 28 — Kalkspatmarmor, finkornet / *Calcite marble, fine-grained*

Omdannede vulkanske bergarter, kalym-perioden (1600-1400 mill. år)
Metavolcanic rocks, Calymmian Period (1600-1400 Ma)

- 29 — Felsisk vulkansk bergart, ryolittisk til dacittisk sammensetning, hetrogen, lagdelt, finkornet, ekstrusjonsalder c. 1551-1507 mill. år / *Felsic metavolcanic rock, rhyolitic to dacitic composition, heterogeneous, layered, fine-grained, extrusion age c. 1551-1507 Ma*
- 30 — Intermediær vulkansk bergart, dacittisk til andesittisk sammensetning, hetrogen, lagdelt, mange steder med mafiske lag og stedvis med metasedimentære lag, finkornet, ekstrusjonsalder c. 1541 mill. år / *Intermediate metavolcanic rock, dacitic to andesitic composition, heterogeneous, layered, common mafic layers and some metasediment layers, fine-grained, extrusion age c. 1541 Ma*
- 31 — Mafisk vulkansk bergart, basaltisk til andesittisk sammensetning, finkornet / *Mafic metavolcanic rock, basaltic to andesitic composition, fine-grained*

Omdannede dypbergarter, kalym-perioden (1600-1400 millioner år)
Metaplutonic rocks, Calymmian Period (1600-1400 Ma)

- 32 — Granitt, foliert intrusjonsalder c. 1505-1502 mill. år / *Granite, foliated, intrusion c. 1505-1502 Ma*
- 33 — Granittisk gneis, vanligvis lyserød, stedvis porfyrittisk, delvis også migmatittisk / *Granitic gneiss, commonly pink, locally porphyritic, partly migmatitic*
- 34 — Granodiotitt, finkornet, foliert, intrusjonsalder c. 1485 mill. år / *Granodiorite, fine-grained, foliated, intrusion c. 1485 Ma*
- 35 — Granodiorittisk gneis, stedvis med øyegneistekstur, delvis migmatittisk, granatførende, intrusjonsalder c. 1522-1500 mill. år / *Granodioritic gneiss, locally augen texture, partly migmatitic, garnet-bearing, intrusion c. 1522-1500 Ma*
- 36 — Tonalitt, foliert, amfibolførende / *Tonalite, foliated, amphibole-bearing*
- 37 — Kvartsdiorittisk gneis, vanligvis båndet og migmatittisk, amfibolførende, stedvis granatførende. Inneholder linser av amfibolitt, intrusjonsalder c. 1529-1492 mill. år / *Quartz dioritic gneiss, commonly layered and migmatitic, contains boudins of amphibolite, amphibole-bearing, locally garnet-bearing, intrusion c. 1529-1492 Ma*
- 38 — Diorittisk gneis, vanligvis båndet og migmatittisk, mange steder amfibol- og granatførende, stedvis også pyroksenførende, intrusjonsalder c. 1567-1501 mill. år / *Dioritic gneiss, commonly layered and migmatitic, generally amphibole- and garnet-bearing, locally pyroxene-bearing, intrusion c. 1567-1501 Ma*
- 39 — Metagabbro-amfibolitt, gabbroisk til leukogabbroisk sammensetning, fin- til grovkornet, stedvis olivinførende / *Metagabbro-amphibolite, gabbroic to leucogabbroic composition, fine- to coarse-grained, locally olivine-bearing*
- 40 — Peridotitt, de fleste steder omvandlet til serpentinitt / *Peridotite, largely transformed to serpentinite*

Omdannede bergartet av usikker opprinnelse
Metamorphic rocks of unspecified protolith

- 41 — Sulfidrik skifer eller gneis, vanligvis svovelkisførende, lagdelt, rustne fahlbånd / *Sulfide-rich schist-gneiss, generally-pyrite bearing, layered, rusty - "fahlband"*
- 42 — Migmatittisk gneis, uensartet, hovedsakelig gneis med felsisk sammensetning og rik på leukosom, vanligvis granatførende, intrusjonsalder c. 1503 mill. år / *Migmatitic gneiss, heterogeneous, mainly felsic composition, gneiss with abundant leucosome, commonly garnet-bearing, intrusion of orthogneiss c. 1503 Ma*
- 43 — Biotitt-amfibolgneis, svært båndet og vanligvis migmatittisk og granatførende / *Biotite-amphibole gneiss, pervasively banded and commonly migmatitic, commonly garnet-bearing*
- 44 — Granodiorittisk til diorittisk gneis, svært båndet, vanligvis migmatittisk, amfibolrik og granatførende / *Granodioritic-dioritic gneiss, pervasively banded, commonly migmatitic, amphibole-rich, commonly garnet-bearing*
- 45 — Amfibolittisk gneis, vanligvis båndet, kvartsdiorittisk til diorittisk sammensetning, granatførende, intrusjonsalder c. 1561 mill. år / *Amphibolitic gneiss, generally layered, quartz-dioritic to dioritic composition, garnet-bearing, intrusion c. 1561 Ma*

Modumkomplekset
Modum Complex

Metasomatiske bergarter
Metasomatic rocks

- 46 — Kalkspat, grovkornet / *Massive calcite occurrence, coarse-grained*
- 47 — Albititt, albittrik bergart / *Albitite, albite-rich rocks*
- 48 — Skapolittrik bergart / *Scapolite-rich rocks*

Omdannede sedimentære bergarter fra kalym til ektas-perioden (1600-1200 mill. år)
Metasedimentary rocks, Calymmian-Ectasian Periods (1600-1200 Ma)

- 49 — Kvartsitt, ren til feltspatførende, stedvis med muskovitt, biotitt og/eller sillimanitt, fin- til grovkornet, avsetningsalder <1475 mill. år / *Quartzite, varying from pure to feldspar-bearing quartzite, locally muscovite, biotite and/or sillimanite-bearing, fine-grained to coarse-grained, deposition <1475 Ma*
- 50 — Sillimanittførende gneis, stedvis med omdannede sillimanitt, knoller og med arkosiske lag / *Sillimanite-bearing gneiss, locally nodular, with arkosic layers*
- 51 — Glimmerskifer, kvartsrik, vanligvis granatførende / *Quartz-rich micaschist, generally garnet-bearing*
- 52 — Biotitt-muskovittgneis, med varierende lagdeling og migmatisering, vanligvis granatførende, avsetningsalder <1500 mill. år / *Biotite-muscovite gneiss, variably layered and migmatitic, commonly garnet-bearing, deposition <1500 Ma*
- 53 — Glimmergneis, biotittrik, vanligvis lagdelt, stedvis migmatittisk, mange steder granat- og sulfidførende / *Biotite-rich micagneiss, heterogeneous generally layered gneiss, locally migmatitic, commonly garnet-bearing, sulfide-bearing*

Omdannede dypbergarter fra kalym til ektas-perioden (1600-1200 mill. år)
Metaplutonic rock, Calymmian-Ectasian Periods (1600-1200 Ma)

- 54 — Granittisk gneis, vanligvis lyserød, stedvis porfyrittisk, delvis også migmatittisk, intrusjonsalder c. 1534 mill. år / *Granitic gneiss, commonly pink, locally porphyritic, partly migmatitic, intrusion c. 1534 Ma*
- 55 — Granodiorittisk gneis, granatførende / *Granodioritic gneiss, garnet-bearing*
- 56 — Diorittisk gneis, med varierende grad av deformasjon, amfibolrik, stedvis også granatførende / *Dioritic gneiss, variably gneissic, amphibole-rich, locally garnet-bearing*
- 57 — Metagabbro-amfibolitt, gabbroisk til leukogabbroisk sammensetning, stedvis olivinførende, vanligvis også påvirket av skapolittisering og albittisering / *Metagabbro-amphibolite, gabbroic to leucogabbroic in composition, locally olivine-bearing, commonly affected by scapolitization and albitization*

Omdannede bergartet av usikker opprinnelse
Metamorphic rocks of unspecified protolith

- 58 — Migmatittgneis, heterogen, hovedsakelig felsisk sammensetning med mye leukosom, vanligvis granatførende / *Migmatitic gneiss, heterogeneous, mainly felsic composition, gneiss with abundant leucosome, commonly garnet-bearing*
- 59 — Amfibolittisk gneis, vanligvis granatførende / *Amphibolitic gneiss, commonly garnet-bearing*

IDEFJORDEN LITOTEKTONISKE ENHET
IDEFJORDEN LITHOTECTONIC UNIT

- 60 — Pegmatitt, massiv til foliert / *Pegmatite, massive to foliated*
- 61 — Biotittgranitt, porfyrisk, med fenokrystaller av varierende størrelse og utbredelse, Flågranitten, intrusjonsalder c. 928 mill. år / *Biotite granite, variably phenocrystic, Flå granite pluton, c. 928 Ma*

Vemekomplekset
Veme Complex

Omdannede sedimentære bergarter fra kalym til ektas-perioden (1600-1200 mill. år)
Metasedimentary rocks, Calymmian-Ectasian Periods (1600-1200 Ma)

- 62 — Metagråvakke, bergart med sammensetning fra sandstein til skifer, primære sedimentære strukturer er stedvis bevart, muskovitt-biotittførende, mange steder sulfidrike lag, avsetningsalder <1533 Ma / *Metagreywacke, ranging from metasandstone to shale, primary sedimentary structures locally preserved, muscovite-biotite bearing, common sulfide-rich layers, deposition <1533 Ma*
- 63 — Biotitt-muskovittgneis, med variabel lagdeling og migmatittisering, vanligvis granatførende, intrusjonsalder c. 1492 mill. år / *Biotite-muscovite gneiss, variably layered and migmatitic, commonly garnet-bearing, intrusion of orthogneiss c. 1492 Ma*
- 64 — Biotittrik glimmergneis, uensartet lagdelt, vanligvis migmatittisk, vanligvis granat- og amfibolførende med sulfidførende lag, avsetningsalder <1541 mill. år, intrusjonsalder c. 1496 mill. år / *Biotite-rich micagneiss, heterogeneous, generally layered, locally migmatitic, commonly garnet- and amphibole-bearing, sulfide-bearing layers, deposition <1541 Ma, intrusion of orthogneiss c. 1496 Ma*

Omdannede vulkanske bergarter, kalym-perioden (1600-1400 mill. år)
Metavolcanic rocks, Calymmian Period (1600-1400 Ma)

- 65 — Felsisk vulkansk bergart, ryolittisk til dacittisk sammensetning, uensartet, lagdelt, finkornet / *Felsic metavolcanic rock, ranging from rhyolitic to dacitic composition, heterogeneous, layered, fine-grained*

Omdannede dypbergarter fra kalym-perioden (1600-1400 mill. år)
Metaplutonic rocks, Calymmian Period (1600-1400 Ma)

- 66 — Granodioritt, foliert, middelskornet, stedvis granatførende, intrusjonsalder c. 1540 mill. år / *Granodiorite, foliated, medium-grained, locally garnet-bearing, intrusion c. 1540 Ma*
- 67 — Granittisk øyegneis, K-feltspat-granat-amfibolførende, stedvis migmatittisk, intrusjonsalder c. 1499 mill. år / *Granitic augen gneiss, K-feldspar-garnet-biotite-amphibole-bearing, locally migmatitic, intrusion c. 1499 Ma*
- 68 — Kvartsdiorittisk gneis, amfibol- og pyroksenførende, stedvis lagdelt eller migmatittisk, delvis også med granulittfacies mineralselskap, intrusjonsalder c. 1550 mill. år / *Quartz dioritic gneiss, amphibole-pyroxene-garnet-bearing, locally layered or migmatitic, partly with granulite-facies assemblages, intrusion c. 1550 Ma*
- 69 — Diorittisk gneis, pyroksen- og granatførende, stedvis lagdelt eller migmatittisk, delvis også med granulittfacies mineralselskap, intrusjonsalder c. 1540 mill. år / *Dioritic gneiss, pyroxene-garnet-bearing, locally layered or migmatitic, partly with granulite-facies assemblages, intrusion c. 1540 Ma*
- 70 — Tonalitt, fra diorittisk til tonalittisk sammensetning, foliert til gneisaktig, amfibolførende, stedvis granatførende, intrusjonsalder c. 1555 mill. år / *Tonalite, ranging from dioritic to tonalitic composition, foliated to gneissic, amphibole-bearing, locally garnet-bearing, intrusion c. 1555 Ma*
- 71 — Metagabbro-amfibolitt, fin- til grovkornet, stedvis granat- eller sulfidførende / *Metagabbro-amphibolite, fine- to coarse-grained, locally garnet- or sulfide-bearing*

GEOLOGISKE LINJER OG SYMBOLER
GEOLOGICAL LINES AND SYMBOLS

- Litotektonisk grense / *Lithotectonic boundary*
- Folasjonstrase / *Foliation trace*
- Forkastning og sprekkesone, uspesifiserte kinematikk / *Fault and fracture zone, undetermined kinematics*
- 35 — Lagning, med planets helning angitt (35° mot nordøst) / *Bedding, with dip indicated (35° towards northeast)*
- 35 — Foliasjon, med planets helning angitt (35° mot nordøst, loddrett) / *Foliation, with dip indicated (35° towards northeast, vertical)*
- 35 — Streckningslineasjon, udifferensiert, med stupning angitt (35° mot nordvest) / *Stretching lineation, undifferentiated, with plunge indicated (35° towards northwest)*

Aldersbestemmelse
Age determinations

- Prøvetakingssted for U-Pb radiometrisk aldersbestemmelse / *Sample location for U-Pb radiometric age determination*
- Mag — Zirkon magmatisk alder (mill. år) / *Zircon magmatic age (Ma)*
- Met — Zirkon metamorfisk alder (mill. år) / *Zircon metamorphic age (Ma)*
- Det — Detritisk zirkon alder tidsintervall (mill. år) / *Detrital zircon age range (Ma)*
- Mnz — Monazitt alder (mill. år) / *Monazite age (Ma)*

Geologisk kartlagt av / Geology mapped by: G. Viola, B. Bingen, T. Scheiber, A. Solli, E. Torgersen, T. Bjerkgård, I.H.C. Henderson, JS. Sandstad, H. Schiellerup, B. E. Larsen

Sammenstilt av G. Viola, B. Bingen og A. Solli basert på kartleggingen av de overnevnte geologer / Compiled by G. Viola, B. Bingen and A. Solli based on the mapping by the above-mentioned geologists.

Geologien i tilstøtende områder er basert på kart sammenstilt ved NGU på grunnlag av tidligere arbeider. / The geology in adjoining areas is based on published NGU papers.

Geofysiske kart sammenstilt av Vikas C. Baranwal / Geophysical maps compiled by Vikas C. Baranwal

Topografisk grunnlag: Kartverkets N50 kartdata
Geodetisk grunnlag / kartprojeksjon: EUREF89 / UTM-sone 32.
Digital kartproduksjon: Caroline Nilsson & Bjørn Ivar Rindstad, Geomatikk, NGU.
Kvalitetssikring og sluttredigering: Anne Kathrine Svendby, Kartkomiteen, Berggrunn, NGU.
Plotteversjon: Juli 2016

Referanse til kartet: G. Viola, B. Bingen, A. Solli 2016: Berggrunnskart: Kongsberg litotektoniske enhet, Kongsberg - Modum - Hønefoss M 1:100 000. Norges geologiske undersøkelse

NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE

· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no