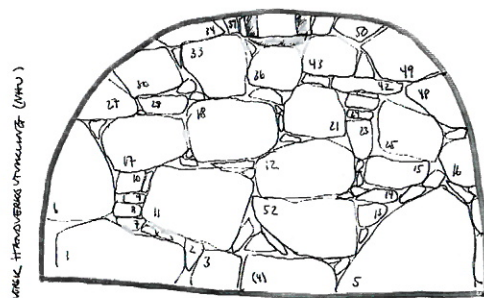


Rapport

Avsluttende prøvestykke
for
Håndverksstipendiat i Tørrmuring

*Istandsetting av hvelvkjeller
Sør-Gruva, Trautgruva, Nord-Odal, Hedmark*



EM 2006 / Norsk Handverksutvikling (NHU)

- HVELVKJELLER - EMBEMUR - SØSERNIT - ANTEGNING - TRÅ RINGE.
- FERDIG - STRUKT - MÅLAV.
- SØR-GRUVA - TRAUTGRUVA - NORD-ODAL - HEDMARK



Stipendiat Espen Marthinsen
Norsk Handverksutvikling (NHU)
2006

Innhold

01.0	Sammendrag	s.04
02.0	Prøvestykket	
02.1	Valg av prøvestykket	s. 05
02.2	Prøvestykket og Arbeidsplanen	s. 05
02.3	Hvelvkjellerens historie i Norge	s. 06
02.4	Historien til hvelvkjelleren på Sør-Gruva	s. 08
02.4.1	Hvor ligger Sør-Gruva	s. 08
02.4.2	Bosettingen på Sør-Gruva	s. 08
02.4.3	Datering av kjelleren på Sør-Gruva	s. 09
02.4.4	Dokumentasjon av murene på Midt-Gruva og Øvre-Gruva	s. 10
02.5	Bruken av kjelleren på Sør-Gruva	s. 11
03.0	Referansematerialet	
03.1	Organisering av arbeidet	s. 12
03.2	Målsetting med arbeidet	s. 13
03.3	Innsamling av materialet	s. 13
03.3.1	Dokumentasjonsprotokoll	s. 14
03.3.2	Terminologi som er benyttet	s. 18
03.4	Tabeller	s. 21
	Tabell 1 : Typologi	
	Tabell 2 : Hvelv	
	Tabell 3 : Vederlag	
	Tabell 4 : Anfang	
	Tabell 5 : Endemur	
	Tabell 6 : Frontmur	
03.5	Viktige trekk ved referansematerialet	s. 27
03.5.1	Referansematerialet en del av en tradisjon ?	s. 30
03.5.2	Likhetstrekk i mellom referansematerialet og Sør-Gruva	s. 30
03.5.3	Vurdering av Sør-Gruva som en del av tradisjonen	s. 32
04.0	Konstruksjonen	
04.1	Konstruksjonsdeler og murtyper	s. 32
04.2	Geometri	s. 33
04.2.1	De vanligste geometriske former i hvelvkonstruksjoner	s. 33
04.2.2	Valg i konstruksjonen med betydning for geometrien	s. 33
04.2.3	Geometrien på Sør-Gruva	s. 35
04.3	Byggegrunn og fundamentering	s. 37
04.4	Dimensjonering av hvelv	s. 37
04.4.1	Dimensjoneringshistorie for hvelv	s. 37
04.4.2	Aktuelle modeller for beregning	s. 37
04.4.3	Modeller for beregning benyttet på Sør-Gruva	s. 40
04.5	Dimensjonering av støttemur	s. 40
04.5.1	Tradisjoner, normaler eller geoteknisk prosjektering?	s. 40
04.5.2	Aktuelle modeller for beregning	s. 41
04.5.3	Modeller for beregning benyttet på sør-Gruva benyttet	s. 42

05	Skadebildet	s. 43
05.1	Førsteintrykket	s. 43
05.2	Krav til innledende undersøkelser	s. 43
05.2.1	Kartlegge skadehistorie	s. 43
05.2.2	Lese skadebildet på stedet	
05.2.3	Registrere uheldige belastninger som er påført	s. 44
05.2.4	Observere over tid	s. 44
05.2.5	Bruk av kilder	s. 45
05.2.6	Innledende undersøkelser på Sør-Gruva	s. 45
05.3	Tilstandsvurdering	s. 46
05.4	Valg av tiltak	s. 47
06	Murarbeid	
06.1	Dokumentasjon og registrering	s. 48
06.1.1	Demontering av frontmur	s. 48
06.1.2	Demontering av endemur	s. 50
06.1.3	Demontering av hvelv	s. 55
06.1.4	Bruk av innsamlet kunnskap fra demonteringene	s. 58
06.2	Forskaling	s. 58
06.2.1	Valg av prinsipp	s. 58
06.2.2	Dimensjonering av forskaling	s. 58
06.2.3	Montering av forskaling	s. 59
06.2.4	Erfaringer fra forskalingsarbeidet	s. 60
06.3	Muring av hvelv	s. 61
06.3.1	Uttak av stein	s. 61
06.3.2	Murarbeidet	s. 62
06.3.3	Bruk av verktøy	s. 63
06.3.4	Senking av forskaling	s. 64
06.3.5	Resultat	s. 64
06.4	Muring av endemur	s. 66
06.4.1	Grunnarbeid	s. 66
06.4.2	Murarbeidet	s. 66
06.4.3	Erfaringer fra bruk av dokumentasjonsteknikk	s. 67
06.5	Muring av frontmur	s. 67
06.5.1	Grunnarbeidet	s. 67
06.5.2	Vurdering av det sorterte materialet	s. 68
06.5.3	Murarbeidet	s. 69
06.6	Legging av løsmasser	s. 71
06.7	Bygningsfysiske målinger	s. 72
07	Fullført istandsetting	
07.1	Tidsforbruk	s. 73
07.2	Hvelvkjeller utvendig	s. 73
07.3	Hvelvkjeller innvendig	s. 73
08	Oppsummering	s.74

Vedlegg
Kilder
Litteratur

01 Sammendrag

I forbindelse med håndverksstipendiat i tørrmuring ved Norsk handverksutvikling, har stipendiaten gjennomført et avsluttende arbeid. Oppgaven som ble valgt var istandsetting av en hvelvkjeller i Odalen, tørrmurt med bruk av stedegen stein. Når den besøkes første gang november 2004 er det et omfattende skadebilde som vises. En stor del av hvelvet er rast sammen, det samme gjelder frontmuren. Hele anlegget er skjemet av vegetasjon som har fått vokse opp i murverket. Samtidig viser de stående delene av murverket kvaliteter som kan benyttes videre i et istandsettingsarbeid.

Hvelvkjelleren på den lille husmannsplassen Sør-Gruva er vel forankret i den lokale historien og tradisjonen.

For å bygge opp en fortsåelse for kunnskapen som skapte en slik innholdsrik konstruksjon, er det iløpet av stipendiatstida samlet inn et referansemateriale. Med hjelp av en dokumentasjonsprotokoll er 25 andre kjellere undersøkt, og ved å sammenlikne innsamlet materiale er det forsøkt å finne både generelle og unike trekk ved den enkelte kjeller. Dette gjelder særlig kjelleren på Sør-Gruva, slik at valg som gjøres i arbeidet kan gjøres på grunnlag av byggets historie og tradisjon.

Samtidig som kjelleren er plassert i en slik sammenheng, er og konstruksjonen beskrevet med fagterminologi og egenskaper forstått på grunnlag av statikk og geometri.

En hvelvkjeller av denne typen består av to vederlagsmurer som bærer hvelvet. I bakkant er det murt en støttemur mot løsmassene. Framme ved inngangen kan murene være utformet som støttemur eller kistemur. Man ser at det er en svært sammensatt konstruksjon som fordrer bred murkompetanse.

Det er i arbeidet lagt vekt på å søke etter spor i konstruksjonen som kan fortelle om kvaliteter og mangler. Kvalitene kan være skjulte ved at de er tilpasset stedegene forhold og bruk som man idag ikke uten videre vil ha kunnskap om. Ved å forstå konstruksjonens premisser er man istand til å treffe tiltak i istandsettingen som gir en god løsning for både kvalitet, estetikk, autentisitet og økonomi.

For å nå dette målet er man avhengig av at arbeidet med demontering foregår på en hensiktsmessig måte som ikke visker ut viktige spor. I arbeidet er det funnet fram til aktuelle modeller for slik demontering.

Et viktig tema er valg av forskaling. Den skal sikre flest mulig spor, sikre murverk og arbeidere, samt fungere som forskaling også ved legging av det nye hvelvet. I den avsluttende prøven har stipendiaten benyttet en modell som oppfyller disse kravene. Denne metoden har vist seg praktisk, men utførelsen må forbedres.

Murarbeidet med en slik konstruksjon blir svært variert. Og det er en viktig forutsetning at man kan definere den enkelte murens rolle i hele konstruksjonen.

Legging av hvelvet på denne kjelleren gir spesielle utfordringer siden det hovedsaklig består av rundet materiale. Ved nøye undersøkelser av steinen i hvelvet finner man klare føringer for hvordan den legges for å oppnå en stabil konstruksjon.

I de fleste tilfeller ville et slikt runda materiale bli utpekt som hovedårsaken til skadebildet, som igjen ville ført til at dette materialet ville blitt byttet ut og erstattet med et kantet. Og bildet av tradisjonen ville vært enda litt fattigere.

Mange av de løsningene som er valgt for denne konstruksjonen kan betegnes som minimumsløsninger, men ved å forholde seg til materialet og murverkens begrensninger vil man kunne utføre stabile murverk tilpasset gitte lokale forutsetninger.

02.0 Prøvestykket

02.1 Valg av prøvestykket

Det er gjennomført en prosess for å finne fram til et egnet prøvestykke som avslutning av håndverksstipendiatet i tørrmuring ved Norsk handverksutvikling (NHU). Deltakere i referansegruppa, representanter for Norsk handverksutvikling (NHU) og stipendiaten har deltatt i dette arbeidet. Det har pågått siden møte i referansegruppa, mai 2005. Det er hovedsaklig stipendiaten selv som har kommet med forslag til prøvestykker, som er blitt vurdert av de nevnte deltakere i dette arbeidet. For stipendiaten har i praksis arbeidet med å sikte seg inn mot et aktuelt arbeid som prøvestykke pågått siden arbeidet med arbeidsplanen 2003 (Vedlegg nr. 1).

Forslagene som har kommet har bestått av faktiske oppgaver med istandsetting av tørrmurte murverk, med mulighet for delvis ekstern finansiering. For de ulike oppgaver som er vurdert henvises det til eget vedlegg (vedlegg nr.4)

Ved møtet for referansegruppa i november 2005 var målet og fastsette hva som skulle bli oppgaven. Det ble bestemt å gå for istandsetting av en hvelvkjeller i Nord-Odal, Hedmark. Samtidig ønsket gruppa og å undersøke om det var mulighet for å legge inn i avsluttende oppgave, muring av et nytt hvelv. Norsk handverksutvikling hadde på det tidspunkt funnet fram til et Golfsenter i Meland, Hordaland som ønsket å bygge en liten hvelvbru som del av sitt anlegg. Stipendiaten rakk ikke å besikte denne oppgaven før møtet i november, det var og sparsomt med opplysninger rundt dette arbeidet. På møtet ble det allikavel bestemt at stipendiaten skulle vurdere tidsforbruket i oppgaven iforhold til å se om det var rom for begge oppgavene. Det ble i den forbindelse laget et skriv av stipendiaten med vurdering av de to oppgavene, inklusiv et oppsett for timekonto og framdrift (vedlegg nr.2). Den eneste registrerte innsigelsen mot prosjektet i Nord-Odal handlet om tilgjengelighet og profilering av arbeidet. Det ble hevdet fra NHU sin side at det kunne være et problem og synliggjøre oppgaven med sin avsides beliggenhet.

Skrivet med de endelige vurderinger fra stipendiaten ble sendt ut tidlig på nyåret 2006, og det ble raskt avklart at det ikke var mulig å legge inn begge oppgavene. Dermed falt valget på hvelvkjelleren i Nord-Odal.

02.2 Prøvestykket og Arbeidsplanen

Arbeidsplanen som ble laget innledningsvis i stipendiatsperioden, og godkjent av NHU og referansefruppe la opp til å øke forståelsen for det mangfoldet man finner i tradisjonen. Det ble lagt vekt på tre tørrmurte konstruksjonstyper som man ofte finner igjen i tradisjonen : hvelv, støttemur og kistemur. Som arbeidsplanen viser er dette et svært omfattende tema , og det har ikke vært mulig å favne alt i valget av prøvestykke.

Valget som ble gjort i arbeidsplanen kan forklares med at det i utgangspunktet var ønske om å jobbe med hvelvkonstruksjoner, men det kan ikke gjøres uten at også vederlagsmurer som bærer hvelvet oppe blir en del av temaet. Vederlagsmurer kan både utføres som støttemurer (f.eks bruer og hvelvkjellere), og som kistemurer (f.eks i husmurer).

Det har vært et mål å finne fram til tørrmurte konstruksjoner som forener disse, hvor stipendiaten kunne få praktiske øvelse og forståelse for hvordan disse murtypene fungerer sammen.

Det har ikke vært enkelt å finne fram til slike anlegg, ihvertfall ikke hvor det også var mulighet for praktisk øvelse. Av gjennomførte prosjekter iløpet av stipendiatsperioden er det

to prosjekter som peker seg ut som viktige, istandsetting av hvelkjeller i Våler (Hedmark) og istandsetting av hvelvbru på Augland i Kristiansand (Vest-Agder).

Prøvestykket er en slik konstruksjon, som omfatter hvelv, støttemur og til en viss grad kistemur. Hvelvkjelleren på Sør-Gruva er bygd med isolerende masser lagt tilbake mot bakkant av murlivene. I andre typer konstruksjoner, som bruer f.eks, vil det være mer naturlig å legge tilbake drenerende masser. Mange hvelvkjellere har en klar definert kistemur ved adkomst. Her på Sør-Gruva er muren ved inngangen bygd som en blanding mellom støttemur og kistemur.

Av annet innhold i stipendiatet som man finner igjen i prøvestykket er :

Dokumentasjonsteknikker, bygningshistorie, byggegrunn og fundamentering, statikk, geometri, tolke verktøyspor og bruk av verktøy, samt muring av hvelv, støttemur og kistemur. Arbeidet på Sør-Gruva er ytterligere utvidet gjennom et prosjekt som startet opp i 2005 og har pågått fram til oppstart med prøvestykket. I samarbeid med landbruksavdelinga i Odals kommunene (Nord og Sør) er det gjennomført registreringer av hvelvkjellere i begge kommunene. Hvelvkjellere av mange ulike typer og størrelser er dokumentert. Dette materialet er systematisert og benyttet som referansemateriale for arbeidet med hvelkjelleren på Sør-Gruva, se detaljert oversikt i 03.5.

02.3 Hvelvkjellerens historie i Norge

Navnet *kjeller* kommer fra det norrøne *kjellari* (latin : *cellarium*), og brukes om et nedgravd rom med spesielt egnede egenskaper til beskyttelse mot kulde og varme (lagring ved stabil temperatur). Den kunne være frittliggende eller fungere som underetasje i bygninger.

Beliggende under hus forklares valg av konstruksjonstype med behov for å danne en klimasone mellom markoverflate og overliggende bygning. (Ascheougs og Gyldendals store norske). Opprinnelsen er ukjent, men den kan ha sammenheng med innføringen av jordbruket og sesongbasert innhøsting. Den eldste daterte kjeller i Norge er muligens fra midten av 1200-tallet, under *Steinhuset* på Gran, Hadeland, Oppland. På 1400-tallet viser det seg at det var vanlig med kjeller under borgerhus i Oslo (hus som lå innenfor festningen).

Datering kan være vanskelig når det gjelder kjellere.

Funnmateriale fra utgravde kjellere fra middelalderen er sparsomt, noe som kan skyldes kontinuerlig bruk over lang tid, branner og fjerning av spor ved graving. Men materialet tilsier at det ble bygd mange hvelvkjellere i middelalderen. Den største byggherren av hvelvkjellere i middelalderen var kongemakt og kirke. Det var vanlig og importere kunnskap (inkl. håndverkere) som skulle til for å reise konstruksjoner i stein.

Bruksområde for hvelvkjellere fra denne tida er behandlet av blant annet arkeologisk fagmiljø. Et formål som fremheves er lagring av skyld i naturalia. Det antas også at de er blitt benyttet til lagring av øl. Formen og løsninger på lysåpninger kan og indikere at disse kjellerne har blitt benyttet som oppholdsrom /arbeidsrom.

En hvelvkjeller fra middelalder vil ha noen tekniske kjennetegn som klart skiller den fra etterreformatoriske kjellere ; alltid huggen stein, kalk som mørtel, gjennomgående jevn skiftegang, brede kjellere med stor pilhøyde og høye vederlagsmurer (dette var mulig fordi skikken med bygninger i stein i middelalderen lot kjelleren fungere som en sokkeletasje.) Dette understrekes av registrering av større detaljerte lysåpninger i hvelvkjellere fra middelalder som har fungert som vinduer.

Behovet for en hvelving som overdekking kan forklares som en mer bestandig løsning mot jordfukt, sammenliknet med et etasjeskille i tre. Det er og skriftlige kilder som refererer til hvelvkjelleren som et ildsikkert sted. Og man kan jo forstå at det var et sterkt ønske om å beskyttet så store verdier best mulig.

For etterreformatoriske hvelvkjellere er heller ikke dateringsgrunnlaget så godt.

For kjellere som ligger under hus kan husets historie kunne gi nyttig informasjon om kjelleren og dens alder. Stående kjellere fra 1600- og 1700-tallet viser seg å ha vært hovedsaklig eiet av geistlige, adel eller embedsmenn. Med disse følger en del skriftlige kilder som kan benyttes i arbeidet med datering. Steinkjellere utført som hvelvkjellere ble ansett som så spesielle at de kunne bli benyttet i stedsangivelser, lovbestemmelser eller som mål på en verdi.

Kjellere fra denne epoken kan ikke knyttes til den muretradisjon man finner i middelalderen. Mange av de bygninger i tømmer som ble reist på 1600- og 1700-tallet med kjeller, var fundamentert på lave grunnmurer noe som førte til en annen form på kjelleren (f.eks finner man få hvelv formet som en halvsirkel, vanligere er det at hvelvet er formet som en segmentbue eller nedtrykt bue (ellipse eller kurvbue).

Forskjeller i utfoming av kjellere på 1600- og 1700-tallet synes å være teknisk betinget og skyldes blant annet ulik materialtilgang og begrenset kunnskap om hugging av stein.

Et markert skille er påvist mellom tidlig etterreformatoriske kjellere og kjellere datert til 1700-tallet. Det gjelder plassering av adkomst til kjeller. På 1600-tallet var adkomsten fra stua, og det ble hovedsaklig lagret øl. På 1700-tallet flyttes adkomst til kjøkken/gang og kjelleren er blitt en matkjeller.

Ifølge tidliger forskning blir det ikke vanlig med kjeller under våningshus på landsbygda før på 1800-tallet. På denne tiden bygges det og mange frittliggende. Innføringen av poteten i den norske husholdningen krever mye rom for lagring, og hvelvkjelleren er utmerket til dette formålet. At de ble lagt fritt kan forklares med at det ikke alltid lå til rette for bygging av kjeller under eksisterende hus, eller at man søkte seg til områder som var gunstig iforhold til løsnmasser og fukt eller at det var hensiktsmessig iforhold til arbeidet med innhøstingen. Opplysninger om noen av disse kjellerne kan finnes i ulike bygningstaksasjoner som ble vanlige utover på 1800-tallet, og som er innført i tingboka (f.eks åbotstakste, odelstakster og branntakster).

De samme taksasjoner kan og kanskje forklare hvorfor det ble oppført så mange hvelvkjellere på denne tiden, der beskrives ofte omfattende råteskader i kjeller med etasjeskille i tre.

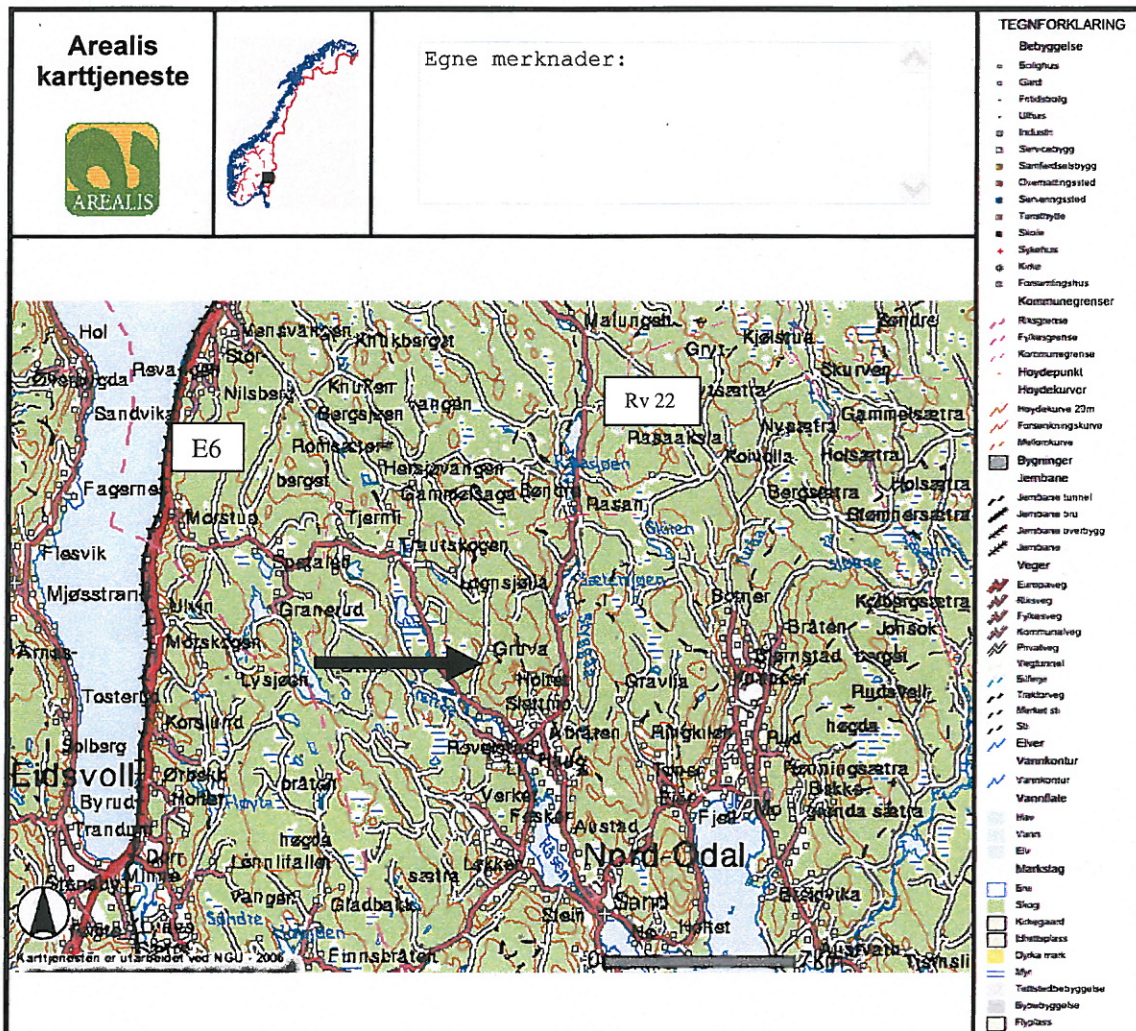
Samtidig pågår det andre reformer i landbruket som påvirker byggeskikken. En omfattende reform handler om bygging av steinfjøs, som fremmer mange av de kvalitetene stein som byggemateriale har. Dette henger og sammen med formaningen fra myndighetene om å spare skog å bygge med stein. Det Konglige Danske Landhuusholdningsselskap gav ut veiledninger om bygging med stein, og premierte gode løsninger. Denne økende bygging med stein førte sannsynligvis til en tilsvarende økning i håndverkere /personer som behersket tørrmuring med naturstein.

Det er på denne tida mange av de tørrmurte kulturminner vi ser rundt oss idag er oppført. Det gjelder også hvelvkjelleren på Sør-Gruva, sammen med mange av de andre hvelvkjellerne fra refransematerialet i Odalen. Også stipendiatsarbeidet forholder seg til dette og har hovedsaklig sett på konstruksjoner fra tida 1800 – 1950.

02.4 Historien om hvelvkjelleren på Sør-Gruva

02.4.1 Hvor ligger Sør-Gruva ?

Sør-Gruva ligger i den nord-vestre delen av Nord-Odal, sør i Hedmark fylke. Plassen ligger ca 8 km nord for kommunesenteret Sand, avkjøring fra Fylkesveien mellom E6 (Strandlykkja) og Rv 22 (Bruvoll), skiltet med Trautgruva.

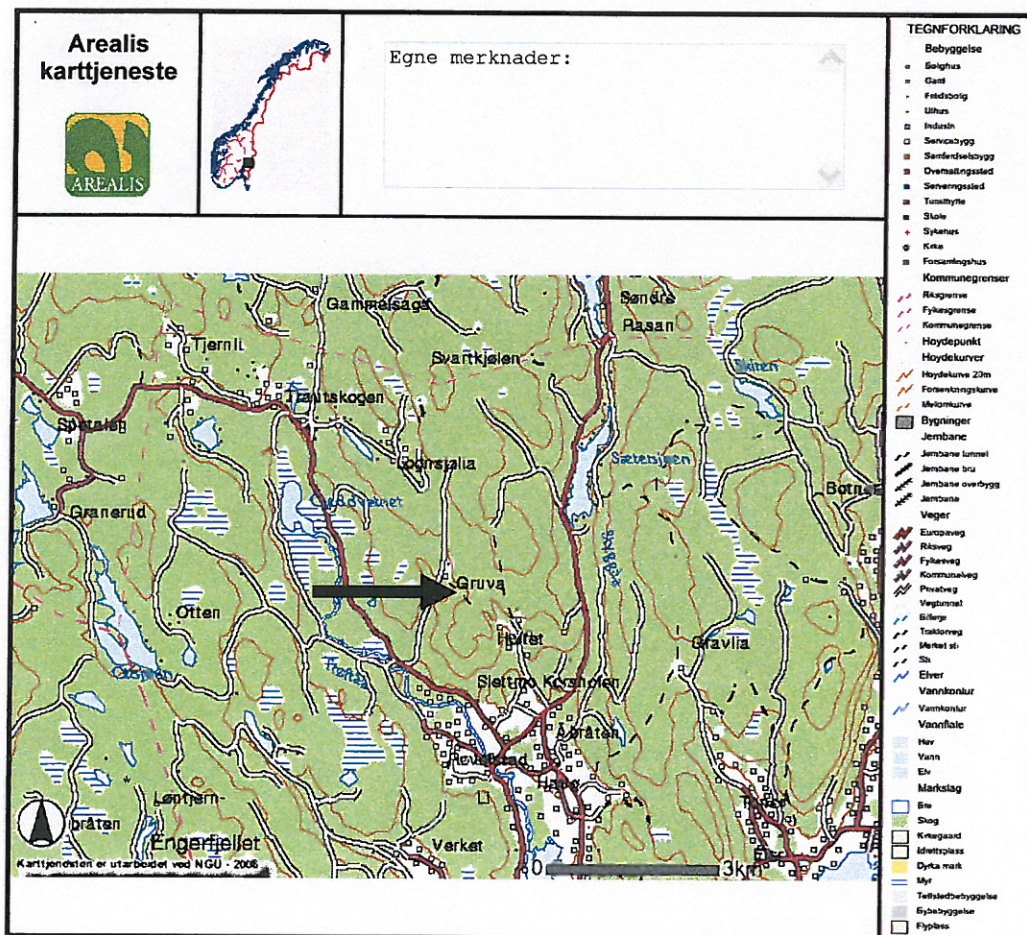


Figur 1 : Topografisk kart viser Sør-Gruva sin plassering i regionen. Her med benevnelsen Gruva.
Kilde : Arealis, Norges Geologiske Undersøkelser (NGU), 2006

02.4.2 Bosetting på Sør-Gruva opp gjennom tidene

Første gang det i skriftlige kilder er nevnt at det er folk bosatt ved Trautgruva er 1778. Fra 1780 er det sikre kilder på at det bodde folk fast på stedet. Dette stemmer godt med oppstarten av gruvedriften på stedet. Fra 1770 – 1830 utvinnes Odals Værk jernmalm i Trautgruva.

I 1790 er det nevnt to plasser på Trautgruva : Sør-Gruva og Midt-Gruva. Ifølge historien skal det være overstigeren (formannen) i gruva som har bodd på Sør-Gruva. Den første kom fra Sverige. Den neste overstigeren bodde der fra 1812-1873 og het Mons Tronsen, han var heller ikke fra Nord-Odal. Sør-Gruva var inntil 1923 husmannsplass under Trøften gård. Bosettingen på Trautgruva ble i distriktet regnet som et isolert samfunn. I 1840 ble plassen Øver-Gruva ryddet, slik at det nå var tre bosettinger på Trautgruva. Sør-gruva bli fraskilt Nordstua Trauten i 1923, da brødrene Per, Amund og Ole Amundsen kjøper plassen. Fra 1952 er Amund eiere. Amund er far til Ole A Gruben som har vært informant for arbeidet med hvelvkjelleren på Sør-Gruva. Ole bodde på plassen fram til 80-tallet. Han fortsatte å bruke kjelleren også en tid etter at han flyttet derfra. Iløpet av en kort tid med nye eiere forfalt plassen betraktelig. Dagens eiere flyttet hit på begynnelsen av 90-tallet.



Figur 2 : Topografisk kart viser plasseringen av Sør-Gruva i nærområdet. Her med felles betegnelsen Gruva
Kilde : Arealis, Norges Geologiske Undersøkelser (NGU), 2006.

02.4.3 Datering av kjelleren på Sør-Gruva

Ingen av de undersøkte kilder kan si noe om når hvelvkjelleren er blitt bygd. Det antas at den er bygd for lagring av potet. Isåfall er det neppe de første som bosatte seg her som bygde den, det er for tidlig iforhold til når poteten blir vanlig i husholdningen.

Materialbruken i kjelleren avviker også mye fra det materialet man kunne tenke seg en bergverksmann som en overstiger er, ville benyttet seg av til dette formålet. Gruva og tipp for skrotstein er studert og det finnes ingen likhetstrekk med den steinen som er benyttet i hvelvkjelleren. Derimot finner man flere likhetstrekk mellom murene under hjulhuset for vannhjulet som drev stangfeltet, og materialet fra gruva. Her registreres det bruk av minebor og verktøy som har tuktet stein.

Bruk av enkelt verktøy finner man og eksempler på i hvelvkjelleren, men da som kløyving av rundet materiale og tukting av dette. Det er ikke registrert noen spor etter mineboring på steinen benyttet i hvelvkjelleren.

Man kan vel tenke seg at en bergverksmann ville tatt ut et mer homogent materiale for bygging av en hvelvkjeller, og ihvertfall selve hvelvet. En del kjellere fra referansematerialet kan nettopp vise til en slik prioritering med rundet stein i endemur og front, mens materialet er mer kantetet og regelmessig i vederlag og hvelv.

Mye av den steinen som er benyttet i hvelvkjelleren identifiseres som øyegneis, som er i overensstemmelse med registreringer i geologiske kart (NGU). Alle rydningsrøysene rundt gården dokumenterer rik tilgang på rundet materiale.

Hvis man skal gjøre noen videre vurderinger av alder på kjeller må man vel tenke seg at heller ikke Mons Tronsen (på Sør-Gruva fra 1812-1873) som også var bergverksmann, var den som sto for bygging av kjelleren. En kjeller som er bygd i tida rundt 1923 ville vår informant ganske sikkert kjent til. Derfor kan man utfra dette resonnere seg til at kjelleren er bygd en gang mellom 1873 og 1923.

Samtidig dokumenterer den store kjelleren under våningshuset på Øvre-Gruva et behov for lagring, antakelig potet. Dette behovet er sikkert relevant for de to andre plassene også.

Dermed vil byggingen av kjelleren bli flyttet bakover i tid iforhold til første resonnement.

Muligens kan det at en bergverksmann benytter rundet materiale forklares med at stein fra flyttblokker/transporterte løsmasser ble fra gammelt av ansett som mer bestandige, enn f.eks stein brutt ut med fyrsetting slik tilfellet var i gruvene.

Disse drøftingen rundt kjellerens alder understreker det som ble tatt opp under *Hvelvkjellerens historie i Norge*, at det ofte vil være dateringsproblemer knyttet til disse konstruksjonene.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva
Før arbeidene starter mai 2006.
Sett fra adkomsten.
Det er rensket ut vegetasjon og
nedrast materiale fra kjeller
innvendig.
Det er gravd bort løsmasser og
vegetasjon fra murrester ved
inngang, nærmest i
bildet.
Foto: Espen Marthinsen, NHU, 2006

02.4.4 Dokumentasjon av Midt-Gruva og Øver-Gruva

Ifølge informanten som er brukt i arbeidet på Sør-Gruva har det aldri vært hvelvkjeller på noen av de to andre plassene. For å se etter eventuelle likhetstrekk i mureteknikk er det utført befarings på de to andre plassene.

Øvre-Gruva (1840)

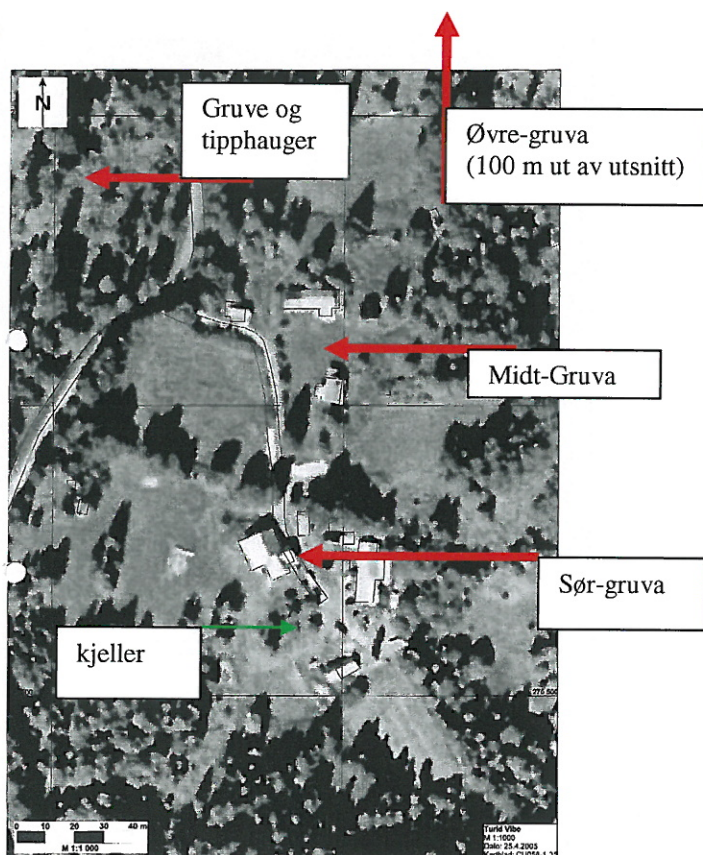
- Isolert kjellermur under opprinnelig våningshus
- Kistemur ca. 90 cm tykk
- Murt med blandet materiale, både kantet og rundet
- Spor etter grov kløyving og tukting
- Kjelleren har adkomst utenfra (muligens også innefra)

Denne kjelleren, som man kan anta er bygd i forbindelse med rydding av plassen fyller et tilsvarende behov for lagring som en hvelvkjeller ville gjort. Bygging av en så stor kjeller synliggjør et behov for stort lagringsvolum, kan bety at poteten nå er blitt en sentral del av husholdningen.

Midt-Gruva (ca 1790)

- Enkel mur under tømret låve
- Liten låvebrufot
- Rundet materiale
- Svært enkel utførelse av murverkene

Ikke noe av det observerte her knytter murarbeidet sammen med murarbeidet med hvelvkjelleren på Sør-Gruva, bortsett fra bruken av rundet materiale.



Figur 3 : De tre plassene på Trautgruva plassert iforhold til hverandre og gruva
Kilde : Nord – Odal Kommune, Teknisk Avdeling, 2006

02.5 Litt om bruken av kjelleren på Sør-Gruva

Tidligere eier som bodde her fram til 80-tallet, kan huske tilbake til da moren hans brukte kjelleren til lagring.

Kunnskapen han fikk fra den tida og de gode erfaringene de hadde med lagring av potet i kjelleren gjorde at han benyttet den selv etter at han flyttet fra plassen. ”Her grodde aldri poteten”, kan han fortelle.

Det var faste plasser i kjelleren for de enkelt produktene. Poteter ble trillet inn sjakta fra baksida av kjelleren, og lagret i binger innerst i kjelleren. Til høyre innforbi døra sto det kålrot som ble brukt som dyrefôr (kokt), til venstre innforbi døra hadde moren melk og rømme. Som gulv var det lagt løse bord opp på vedkubber.

Han kan og fortelle at det hvert år før kjelleren skulle fylles på nytt, ble fyrt opp bål av einer inne i kjelleren for å fjerne urenheter og utøy. Dette vises det tydelig spor etter på steinen, særlig i hvelvet hvor nedre halvdel av steinen er dekt av sot. Rundt bingene hvor poteten og de andre varene skulle lagres ble det stukket tett med einerkvister.

Sjakten ble kun benyttet til å trille inn poteter, tidligere eier kan ikke huske at den ble åpnet i sommerhalvåret for å få god utlufting. Han husker tvertimot at moren var svært streng på det at dør og sjakt alltid skulle være stengt. Selv når de var inne i kjelleren for å hente varer skulle døra lukkes. I andre deler av referansematerialet er det derimot opplyst fra eiere at sjakta skulle stå åpen i sommerhalvåret for å få god utlufting. På befaringer av andre kjellere er det observert høy fuktighet med kondensering på murlivet, der sjakt og dør har stått helt lukket hele sommerhalvåret.

I teorien skal jo ikke varm luft utenfor kunne falle ned i et kaldt rom. Ofte så ser man og at sjakta er mye brattere formet enn på Sør-gruva, brattere en hva som skulle være nødvendig for å trille inn poteten. Man kan anta at det er et ønske om å sikre seg at varm luft ikke beveger seg inn i kjeller og gjør temperaturen for variabel, og at temperert fuktig luft transporteres ut av kjelleren.

Tidligere eier kan aldri huske at kjelleren ”frøys”, og ble det ekstra kaldt ble det hengt opp et klede av et slag på innsida av døra. Det var en enkel dør som svingte ut. Her skiller kjelleren seg en del fra andre kjellere i området, som oftest er laget med dobbel dør.

Mus i kjelleren var de sjelden plaget med, kun noen få ganger kan han huske at de satt ut musefeller.

03 Referansematerialet

03.1 Organisering av arbeidet

Med oppstart våren 2005 er det gjennomført omfattende dokumentasjon av hvelvkjellere i Nord- og Sør-Odal. Dokumentasjonsarbeidet har pågått fram til oppstart av arbeidet med prøvestykket, mai 2006. Arbeidet med registreringer er gjennomført i samarbeid med de to kommunene, i forbindelse med at de ønsket å rette fokus mot disse kulturminnene med prioritert tildeling av SMIL-midler over landbruksavdelingen.

Det ble skrevet en ”etterlysning” etter eiere av hvelvkjellere i *Odalstidende*, en infomasjonsavis for Nord- og Sør-Odal. Det ble gjort i et forsøk på å kartlegge omfanget av disse ”skjulte” kulturminnen.

Tilbakemeldingen var formidabel. Så langt er 25 kjellere registrert, fordelt utover alle distrikter av de to kommunene, og med store variasjoner i typologi.

Kommunene har vært behjelpelige med å formidle kontakt mellom eiere og stipendiat, samt levert kart for ulike registreringer.

03.2 Målsetting med dokumentasjonsarbeidet

Det ble tidlig klart at tilfanget av denne type kjellere ville være stort i disse kommunene. Dermed kunne man studere variasjoner og likheter i en byggeskikk innenfor et klart avgrenset område med mange innlagte variabler. Materialet viser blant annet store forskjeller på type bosettinger som har prioritert å bygge en hvelvkjeller for lagring, fra rike gårder på elveslettene i sør til små fattige skogshem og husmannsplasser i nord. Forskjeller mellom byggherrer synliggjøres også gjennom materialbruken.

Ved hjelp av en dokumentasjonsprotokoll skulle alle kjellerne registreres etter samme mal, slik at alt kunne ordnes i tabeller avslutningsvis. Dette skulle gjøre stoffet egnet som grunnlag for studier av likheter og ulikheter.

I stipendiatarbeidet er det jobbet særlig med å øke forståelsen for de store forskjellene i utførelse. En anderledes utførelse enn den man tenker seg er den beste, trenger ikke å bety et uheldig avvik. Antakelig er det for tørrmurte konstruksjoner en del rom for variasjon, samtidig som stabilitet ivaretas. Slike forhold var også ønskelig å studere nærmere med materialet her fra Odalen.

For en hvelvkonstruksjon er det særlig graden av geometri, og stussfugenes forhold til buens senter som er avgjørende for stabiliteten. Dette er en sentral del av registreringene. Derne er det kikket etter spor som kan identifisere en håndverker, med signatur i skiftgangen, materialbruk, verktøyspor.

Har og vektlagt registrering av løsmasser som er benyttet som byggegrunn og fyllmasser rundt kjeller. Idag har vi en ganske snever oppfattelse av hvilke masser som skal legges tilbake mot en mur. I arbeid med isolerte tørrmurer, som f.eks hvelvkjellere, må man øke kunnskapen om bruk av andre masser. Hvilken kunnskap hadde de som bygde hvelvkjellerne i Odalen om konsekvenser av hvilken byggegrunn de valgte, plassering i terrenget og bruk av stedlige masser som isolasjon rundt kjellerrommet?

Når det ble klart at den avsluttende oppgave skulle bli istandsetting av en hvelvkjeller fra dette materialet, er det og naturlig at den blir forsøkt plassert i en eventuell tradisjon som avdekkes.

03.3 Innsamling av materialet

Alle registreringer er utført av stipendiaten. Alle målinger er gjort med tommestokk, målebånd og 0-linjer (måling av hvelvformen). Det er brukt gjennomsnittlig 3.5 time pr. registrering.

Der det har vært tilgjengelig informanter (eier, eldre familiemedlemmer, etc.) som har hatt kunnskap om kjelleren, er disse personene blitt intervjuet. Eiere har og blitt oppfordret om å utføre søk på egenhånd.

Alle kjellerne er fotodokumentert.

Dokumentasjonsprotokollen som er benyttet er utarbeidet av stipendiaten. Den er revidert og forbedret to ganger innledningsvis i arbeidet. Hovedsaklig handlet forbedringene om å gjøre den mer brukervennlig i felt. Til den versjonen av protokollen som vises under 03.3.1 hører også to blanke vedlegg for skisser i felt.

03.3.1 Dokumentasjonsprotokoll med registreringer fra Sør-Gruva

TABELL 1 : GENERELT OM HVELVKJELLER

Registrering nr.	6
Sted	Sør-Gruva
Eier	Ann Turid Vibe og Fredrik Vibe
Byggherre	-
Byggmester	-
Alder	Gården ryddet i siste halvdel av 1700-tallet. Byggeår for kjeller er ikke fastsatt
Bruk / Funksjon	Oppbevaring av potet, rotfrukter som dyrefor og meieriprodukter
Utført vedlikehold	Ikke kjent
Tilstand	Del av hvelv er nedrast. Endemur har deformasjoner. Frontmur er nedrast
Type kjeller	Fritt: x U Bolig: Overbygg: Annet:
Type adkomst	Fra Terreng: x Via Trapp: Innefra:
Dør	Enkel: x Dobbel: Mål:
Byggegrunn	Lysegrå leirholdig morene
Terrengforhold	Ved bebyggelsen er det småkupert, bakenfor reiser det seg en høy bratt ås
Plassering i terreng	Gravd inn i en sørvest-vendt helling. Ligger som en del av gårdstunet ca 10 m fra bolighuset
Lengdeakse	sv-nø adkomst fra sv
Grunnplan	L: 340 B: 230 Nivåforskjeller: gulvet stiger 3.3 grader fra adkomst
Gulv	Jordgulv. Opplysninger og spor ved utgraving av nedrast materiale tilsier at det har ligget et løst tregulv, lagt på trekubber
Tillegg	Om type kjeller: Det opplyses av tidligere eier at det har vært overbygg på kjelleren iform av et saltak som har ligget over kjelleren. Rommet over kjeller under taket ble fylt med mose for ekstra isolasjon.

TABELL 2 : HVELV

Målepunkt	Ca. 90 cm fra endemur. Målene sett fra inngang
Bueform (venstre/høyre)	H20: 33/28 H40: 29/25 H60: 28 /23 H80:10/9 H125: H150: H175:
Pilhøyde	60
Total høyde (målt fra grunnplan)	143
Spennvidde (mellom anfangene)	180
Sentrering av sluttstein	Nei
Utførelse sluttstein	Hugget: Skoret: x Naturlig: x
Antall skift i hvelvet	18
Skiftegang	Jevn : Ujevn :x Mangler: Forband: x
Bruk av mørtel	Tørrmurt: x Leire: Kalk:
Type stein	Hugget : Kantet:x Rundet: x
Dimensjon stein (tykkelse)	10-20
Hvelvtykkelse	30-40
Overdekking	Tykkelse: ca. 35 cm Type masser: stedlige masser (siltig sand)
Tillegg:	Om type stein: I hvelvet finner man en del eks på rundet stein som er kløyvd en gang etter gang i steinen slik at den får en jevn anleggsflate Stein i hvelvet er ellers utplukket med spesiell form slik at den er bredest eller tykkest i øvre kant

TABELL 3 : VEDERLAG OG ANFANG

Vederlag :	Enkel vanget støttemur mot tilbakelagte masser		
Høyde over grunnplan	80-85		
Trasering	- 5:1		
Antall skift	5-6		
Skiftegang	Jevn:x	Ujevn:	Mangler:
Type stein	Huggen:	Kantet :	Rundet: x
Bruk av mørtel	Tørrmurt: x	Leire:	Kalk:
Bruk av kiler/skorer	Noe		
Fundament	Stedlige masser : lysegrå leirholdig morene ned grusfraksjon og noe stein		
Murdybde u terreng	1 skift ca. 30 cm		
Tilbakefylte masser	Stedlige masser : Siltig sand		
Tillegg:	<p>Om trasering: Symbolet (-) er ment og vise at traseringen faller inn i kjellerrommet og ikke bakover mot de tilbakefylte masser</p> <p>Om type stein: Noe av det runda materialet er kløyvd en gang etter gangen i steinen og får dermed en jevn anleggsflate</p>		
Anfang:			
Nivå over grunnplan	75-80		
Ulikt nivå på anfang	- 6 cm : høyre anfang (sett bakfra)		
Vinkel på anfang	21.7		
Utførelse anfang	Huggen:	Skoret: (x)	Naturlig: x
Type stein	Huggen:	Kantet:	Rundet : x
Bruk av mørtel	Tørrmurt: x	Leire:	Kalk:
Tillegg:			

TABELL 4 : ENDEMUR OG FRONTMUR

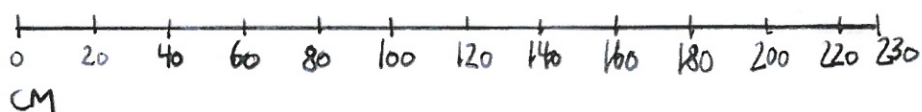
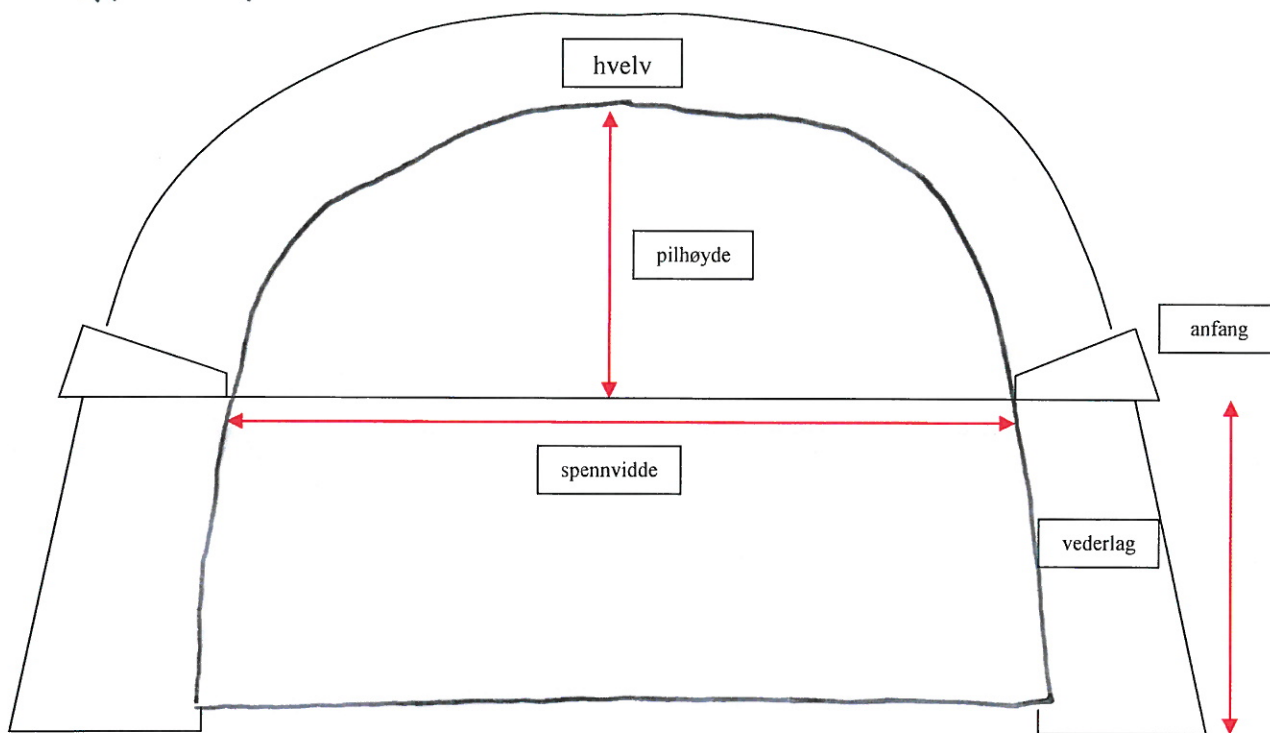
Endemur	Enkel vanget støttemur mot tilbakelagte masser
Murtykkelse	Estimat : 30-40
Trasering	Deformert ved at murlivet er trykt inn. (12:1)
Antall skift	4-5
Skiftegang	Jevn : Ujevn : Mangler: x Forband:
Type stein	Hugget: Kantet: Rundet: x
Bruk av mørtel	Tørrmurt: x Leire: Kalk:
Bruk av kiler/skorer	Lite
Tilbakelagte masser	Bak støttemur: stedlig = rødbrun siltig sand Mellom vanger i kistemur:
Murdybde (under grunnplan)	0
Fundament	Vekselsvis fjell og stedlige løsmasser
Endemur-Hvelv	Adskilt: x Sammenføyd:
Tillegg:	
Frontmur	Støttemur mot stedlige masser. Fra kote 80 – 130 er den murt som kistemur
Murtykkelse	Kote 0-80 : 30-35 Kote 80-130 :80-85 cm deretter 2-3 skift med enkel vange
Trasering	Deformert og nedrast
Antall skift	-
Skiftegang	Jevn : Ujevn :x Mangler: Forband:
Type stein	Huggen: Kantet:x Rundet: x
Bruk av mørtel	Tørrmurt:x Leire: Kalk:
Bruk av kiler/skorer	Lite
Tilbakelagte masser	Bak støttemur: stedlige masser = rødbrun siltig sand Mellom vanger i kistemur: Stedlige masser = rødbrun siltig sand
Murdybde (under grunnplan)	1 skift = ca. 30 cm
Fundament	Stedlige masser = lysegrå leirholdig morene med grusfraksjon
Frontmur – Hvelv	Adskilt: x Sammenføyd:
Tillegg:	

TABELL 5 : SJAKTER OG NISJER

Sjakter	ja
Antall	
Plassering	Hvelv: Endemur: x Vederlag:
Størrelse	B: 25 H: 20
Trasering	Mye (ikke målt)
Bruk/Funksjon	Innkast av potet i renne. Ikke benyttet som lufting
Tillegg:	
Nisjer	Nei
Antall	
Plassering	Endemur: Frontmur: Vederlag:
Størrelse	B: H: D:
Bruk / Funksjon	
Tillegg:	

03.3.2 Terminologi benyttet i registreringene

- HVELVKJELLER, SØR-GRUVA, TRAUTGRUVA, N-DAL, HEDMARK.
- NY TVÆRSNITT.



Hvelv : steiner satt som rulleskift eller stenderskift og som danner en trykklinje mellom to faste punkter, som bærende murverk over et rom gitt av hvelvets spennvidde

Spennvidde: avstanden mellom hvelvets to faste punkter, anfangene

Anfang : overgangen mellom hvelvet og vederlaget. Satt med en gitt vinkel som forholder seg til buens senter

Vederlag: murverk som tar imot trykket fra buen og overfører dette til byggegrunnen

Pilhøyden : Høyden fra midten på hvelvets spennvidde opp til uk av buens topp

Flere forklaringer på benevnelser og begrep fra de enkelte tabellene :

Tabell 1

Lengdeakse : Definert som aksen fra frontmur til endemur. Her oppgitt som himmelretning.
Først angis i hvilken retning adkomsten er vendt

Tabell 2

Målepunkt : angir plasseringen for det tverrsnittet av kjelleren hvor buens form er målt

Total høyde : Målt fra gulvet og opp til uk buens topp, midt mellom de to vederlagene.
Benyttet samme målepunkt som for tverrsnitt av hvelvet. Se foregående

Sentrering av sluttstein : I hvor stor grad følger toppen av buen et gjennomgående jevnt skift, fra endemur til frontmur.

Skiftegang : Graden av langsgående sammenhengende skift i murverket, murt med forband mellom de enkelte skift

Type stein : *Hugget* : klare spor etter en forming av steinen med bruk av verktøy
Rundet : stein som har tydelig naturlig rund form, moreneavsetning
Kantet : stein som har en tydelig kantet form, tilnærmet en bruddstein.
Kan stamme fra naturlig rassoner, stein som er brutt ut men ikke hugget, del av avsatt løsmasse med kort vanntransport

Hvelvtykkelse : høyden på rulleskiftet/stenderskiftet i hvelvet, målt fra uk til ok bue

Overdekking : Tykkelsen på det laget av løsmasser som er lagt over hvelvet

Tabell 3 : Vederlag

Høyde over grunnplan : Målt fra gulvet opp til uk stein som defineres som anfang

Trasering : Et mål for hvor mye murlivet er lagt inn i rommet, eller tilbake mot løsmassene

Skiftegang : Se forklaring tabell 2

Type stein : Se forklaring tabell 2

Bruk av kiler / skorer : Graden av tetting og stabilisering i murlivet med mindre stein
(murliv : den eksponerte flaten av et murverk)

Tabell 3 : Anfang

Nivå over grunnplan : Målt fra gulv opp til ok vederlag (= høyden for vederlaget)

Ulikt nivå anfang : Med hjelp av en 0-linje er det målt nivåforskjell på anfanget på to respektive sider. Det er benyttet samme tverrsnitt som ved måling av buen

Vinkel på anfang : Et mål på hvor mye anfanget stiger i ok, der den første steinen i hvelvet er lagt an. Omregnet til grader.

Tabell 4 : Endemur

Endemur : det murverket som står i bakkant av kjellerrommet og støtter opp tilbakelagte løsmasser. Ofte bygd som støttemur bestående av en murvange

Endemur - Hvelv : registrering hvordan sammenbindingen er mellom endemur og hvelv

Trasering, skiftegang, type stein, bruk av kiler/skorer : se forklaring for tabell 1 og 2

Tabell 4 : Frontmur

Frontmur : Murverket som lukker kjelleren i framkant og som former omrammingen for døra, samt murverk langs adkomsten

Trasering, skiftegang, type stein, bruk av kiler / skorer : Se forklaring for tabell 1 og 2

Frontmur – Hvelv : registrering hvordan sammenbindingen er mellom frontmur og hvelv

Tabell 5 : Sjakter

Sjakter : murt gjennomføring med åpning eksponert utvendig

Trasering : murt i endemur vil den ha en stigning ut

Tabell 5 : Nisjer

Nisjer : små rom innmurte i murlivene inne i kjelleren, som oftest i vederlag eller frontmur

Tabell 1 : Typologi

Kjeller	Type	Boetting	Funksjon	Plassering	Byggegrunn	Grunnplan	Høyde	Sjakt/Nisje	Adkomst
Sørgruva	Fritt Tak	Husmannsplass Ryddet 1780	Lagring : potet, Frukt, meieriprodukt	SV-NØ I gårdstun	Leir- og silteteleire	230x340	143	Endemur	Fra terreng
Døli	Fritt	Gård Kjeller 1825	Vinkjeller Frukt / Potet ?	V-Ø I gårdstun	Silt, sand og grus	320x475	180	Endemur	Fra terreng
Sollun	Fritt Tak	Gård Bolighus fra 1915 Eldre utlær registrert	Lagring	Ø-V I gårdstun	Siltig sand	190x340	170	Endemur	Fra terreng
Hansmyra	Fritt Tak	Skogshem Ryddet 1850	Lagring	V-Ø I gårdstun	Siltig sand/fjell	200x280	170	Endemur	Fra terreng
Borgen	Fritt Tak	Gård ca 1800	-	Ø-V I gårdstun	Sand	270x430	163	Nei	Fra terreng
Darnhaugen (Borgen)	Fritt	Husmannsplass Avskaffet 1900	Lagring	Ø-V Kupert skog	Sand, silt og grus	180x260	143		Fra terreng
(Rudsjordet)	U bolig	Gård Ombygd etter 1900	Lagring: potet	Ø-V	Sand og grus	280x500	175	Endemur	Inne kjøkken Lem Svål Trapp
Fritsvoll	U bryggerhus	Gård	Lagring: potet	S-N I gårdstun	Sand	317x435	243	Endemur	Fra terreng
Østre Os	Fritt	Gård	Lagring	S-N I gårdstun	Sand, siltig sand	395x665	245	Endemur	Fra terreng
Stuegata	Fritt Tak	Husmannsplass Ryddet 1830	Lagring	S-N Utenfor tun	Steinrik morene	245x350	200	Endemur	Fra terreng
Nordre vestby	U bolig	Gård 1812	Lagring : potet Kunn for meik	N-S	Sandlig leire	330x510	205	Endemur/ Vederlag	Ute Trapp
Nordre vestby	U bolig	Gård 1812	Lagring: potet, ber, kaker, etc	Ø-V	Sandlig leire	325x470	203	Endemur	Inne Kjøkken/gang Dør
Hyltend	Fritt	Gård	Lagring : potet	Ø-V I gårdstun	Sand	255x460	160	Endemur	Fra terreng
Leikvang Østre	Fritt	Gård	Lagring	V-Ø I gårdstun	Sand	319x364	197	Endemur	Fra terreng
Hangom	Fritt	Skogshem/husmannsplass	Lagring	Sentralt i gårdstun	Siltig steinrik morene	180x367	157	Endemur	Fra terreng
Storbråten øst	U utsee	Gård	Lagring	Ø-V Utenfor tun	Siltig steinrik morene Tynt dekke (fjell)	300x490	190	Endemur	Fra terreng
Østby	Fritt	Husmannsplass Ryddet 1820	Lagring	S-N I tunet	Steinrik mark (konstruert ?)	200x390	150	Endemur	Fra terreng
Nordhaugen	U verksted	Gård	Lagring: potet	S-N Utenfor tunet	Siltig sand og morene	250x340	177	Endemur	Fra terreng
Stenerud	Fritt (m/ tak)	Husmannsplass	Lagring	Mellom innmark og utmark	Siltig sand	245x350	161	Endemur	Fra terreng

Tabell 1 : Referansemateriale fra Odalen, typologi, Espen Marthinsen, NHU 2006

Tabell 2 : Teknologi : Hvelv

Kjeller	Grunnplan	Høyde	Pilløyde	Buens spenn	Sentring sluttstein	Type stein	Steinlykkelse	Hvelvlykkelse	Skriftegang	Bruk av mørtel	Overdekking
Ser-ger-va	230x340	143	35	180	Nei	Rundet / Kannei	10-20	30-40	Ujevn m/band	Tørrmurt	35 : siltig sand
Døli	320x475	180	62	283	Delvis	Kannei	10-20	35		Leire	-
Sollun	190x340	170	60	195	Ja	Rundet	5-20	-		-	- : grå leire
Hansmyra	200x280	170	70	160	Delvis	Kannei	5-20	50		Tørrmurt	- : siltig sand
Borgen	270x430	163	63	240	Ja	Blandei	5-25	30-40	Mangler	Tørrmurt	60 : siltig sand
Damhaugen (Borgen)	180x260	143	53	162	Nei	Blandei	5-15	25		Tørrmurt	20 : sand, silt og gule
(Rudsjordet)	280x500	175	75	260	Delvis	Kannei	5-20	35		Tørrmurt/Leire	20 : leire
Fritsvoll	317x435	243	98	288	Ja	Kannei Killer 1/4 "	5-25	40	Jevn m/ band	tørrmurt	20 : -
Østre Os	395x665	245	120	360	Delvis	Blandei	5-35	30-35	Jevn til ujevn	Tørrmurt	70-80 : siltig sand
Sluggua	245x330	200	70	225	Delvis	Kannei	3-20	35	Jevn	Tørrmurt	-
Nordre Vestby	330x510	205	75	275	Ja	Kannei	-	35-40	Ujevn til jevn	Tørrmurt	-
Nordre vestby	325x470	203	83	305	Nei	Kannei	5-15	-	Jevn med forband	Leire	-
Hyllerud	255x460	160	70	270	Delvis	Kannei	5-20	30-40	Jevn til ujevn	Tørrmurt	-
Leikvang Østre	319x364	197	67	278	Delvis	Kannei	5-35	35	Jevn med forband	Tørrmurt	60 : -
Haugen	180x367	157	42	202	Delvis	Blandei	5-25	30	Ujevn/ i forband	Tørrmurt	- : siltig sand
Storhølen Øst	300x490	190	60	250	Nei	Blandei	5-30	30	Ujevn	Tørrmurt	40 : -
Østby	200x390	150	40	140	Delvis	Kannei	10-25	35-40	Jevn i forband	Tørrmurt	20 : siltig sand
Nordhaugen	250x340	177	57	204	Ja	Kannei	5-30	30-35	Jevn i forband	Tørrmurt	60 : siltig sand
Stenrud	245x350	161	52	218	Nei	Blandei	5-30	30-35	Jevn	Tørrmurt	70

Tabell 2 : Referansemateriale fra Odalen, teknologi : hvelv, Espen Marthinsen, NHU 2006

Tabell 3 : Teknologi : Vederlag

Kjeller	murtype	murtykkelse	Høyde	Trasering	Annalt skift	Skriftgjøring	Type stein	Brak av mørtel	Brak av kiler	Murdypde
Sor - Gruva	Støttemur	35-45	110	-5:1	-	Jevn u/forband	Rundet	Tørrmurt	Lite	
Doli	Støttemur	-	110	-5:1	2	Ujevn u/forband	Rundet	Leire	-	
Sollun	Støttemur	-	110	0	5-6	Jevn til ujevn	Rundet	Leire	-	
Hansmyra	Støttemur	-	100	-5:1	3-4	Ujevn	Blandt	Tørrmurt	Lite	
(Rudsgjorde)	Støttemur	-	90/100	-7:1	7	Jevn til ujevn	Rundet	Leire	-	
Borgen	Støttemur	-	100	-	5	Ujevn eller mangler	Rundet	Tørrmurt	Lite	0
Damhaugen	Støttemur	-	90	-8:1	-	Ujevn	Rundet	Tørrmurt	-	1 skift
Fritsvoll	Støttemur	-	145	-5:1	-	Jevn	Kantet	Tørrmurt	-	-
Østre Os	Støttemur	-	125	-10:1	3-4	Jevn	Rundet	Tørrmurt (lette med leire)	En del	0
Sluggua	Støttemur	-	130	0	4	Jevn til ujevn	Blandt	Tørrmurt	None	0
Nordre vestby	Støttemur	-	120	-5:1	5	Ujevn	Rundet	Tørrmurt	-	0
Hyllerud	Støttemur	-	90	0	4	Mangler	Kantet	Tørrmurt	-	-
Leikvang	Støttemur	-	130	-8:1	3	Ujevn	Rundet (spor etter tuktling)	Tørrmurt	-	0
Østre	Støttemur	-	115	-5:1	5	Mangler	Rundet	Tørrmurt	Lite	0
Haugen	Støttemur	-	130	-6:1	6	Jevn	Blandt	Tørrmurt	Lite	0
Strobrøken Øst	Støttemur	-	110	-7:1	-	Jevn	Blandt	Tørrmurt	-	-
Østby	Støttemur	-	120	-5:1	5	Jevn og delvis i forband	Blandt	Tørrmurt	-	-
Nordhaugen	Støttemur	-	109	-10:1	3	Jevn	Rundet	Tørrmurt	Lite	-
Steinerud	Støttemur	-								

Tabell 3 : Referansemateriale fra Odalen, teknologi : vederlag, Espen Marthinsen, NHU 2006

Tabell 4 : Teknologi : Anfang

Kjeller	Høyde anfang	Nivå anfang Differanse	Vinkel anfang	Utførelse	Steintype	Bank av mørel
Sør-Gruva	110	6 cm	22	Naturlig / Skoret	Rundet	Tørrmurt
Døll	110	5 cm	60	Naturlig / Skoret	Blandet	Leire
Sokn	110	4 cm	18	Skoret/Naturlig	Rundet	-
Hansmyra	100	0	27	Skoret/Naturlig	Rundet (spor eller kløyv)	Tørrmurt
Rudsfjordet	100	5	27	Naturlig	Blandet	Leire
Borgen	110	-(Ja, men ikke malt)	21	Skoret/Naturlig	Rundet	Tørrmurt
Danbaugen (Borgen)	90	0	-	Skoret/Naturlig	Blandet	Tørrmurt
Fritsvoll	145	-	-	Skoret/Naturlig	kantet	Tørrmurt
Østre Os	125	7 cm	56	Naturlig/Skoret	Kantet	Tørrmurt/Leire
Slugga	130	8 cm	-	Naturlig/Skoret	Kantet	Tørrmurt
Nordre Vestby	130	0	27	Skoret/Naturlig	Kantet	Tørrmurt/leire
Nordre vestby	120	-	27	Skoret/Naturlig	Blandet	Tørrmurt/leire
Hyllerud	90	11	27	Skoret/naturlig	Kantet	Tørrmurt
Leikvang Østre	130	-(Ja, men ikke malt)	60	Naturlig	Rundet (spor eter tuktng)	Tørrmurt
Haugom	115	0	38	Naturlig	Rundet	Tørrmurt
Storhølen Øst	130	2, 5	19	Naturlig /Skoret	Blandet	Tørrmurt
Østby	110	0	31	Skoret/Naturlig	Blandet	Tørrnat
Nordhaugen	120	3	27	Naturlig/Skoret	Blandet	Tørrmurt
Stenerud	109	14, 5	23	Naturlig	Rundet	Tørrmurt

Tabell 4 : Referansmateriale fra Odalen, teknologi : anfang, Espen Marthinsen , NHU 2006

Tabell 5 : Teknologi : Endemur

Kjeller	Murtype	Murtykkelse	Trasering	Antall skift	Skiftgang	Type stein	Brak av mørtel	Brak av kiler	Fyllmasser	Møte med hvellv
Sør-Grunn	Støtemur	35-45	12:1 (deformert)	5	Mangler	Rundet	Tørmurt	Lite	Siltig sand	Adskilt
Deil	Støtemur	-	20:1 (deformert)	5	Jevn i forband	Rundet	Leire	-	Siltholdig smud og grus	Adskilt
Soltun	Endemur	-	40:1	10	Jevn til jevn	Rundet	-(reflugg)	-(reflugg)	-	Adskilt
Hansmyra	Støtemur	-	-	7	Ujevn i forband	Rundet	Tørmurt	Lite	Stedlig siltig sand	Adskilt
Rudsjordet	Kistemur	150 (til yttervegg)	0	6	Mangler	Blandet	-	-	-	Adskilt
Borgen	Støtemur	30-40	-(utrast)	8	Mangler	Rundet	Tørmurt	Lite	Siltig sand	Adskilt
Darnhaugen (Borgen)	Støtemur	-	0	-	Deformert	Rundet	Tørmurt	Lite	-	Adskilt
Eritsvoll	Støtemur	-	50:1	9	Jevn med forband	Kantet	Tørmurt	-	Siltig sand/silt	Adskilt
Østre Os	Støtemur	-	0	11	Jevn til jevn	Kantet	Tørmurt/Leire	Mye	-	Adskilt
Slugga	Støtemur	-	0	10	Jevn Mangler forband	Blandet	Tørmurt	En del	Stedlige masser: steinrik morene	Adskilt
Nordre Vestby	Støtemur	-	0	7	Ujevn/Mangler	Blandet	Tørmurt	-	sand	Adskilt
Nordre Vestby	Kistemur	-	0	7	Ujevn/Mangler	Rundet	Tørmurt/leire	-	sand	Adskilt
Hyllertud	Støtemur	-	0	9	Ujevn til mangler	Kantet	Tørmurt	-	sand	Adskilt
Leivvang Østre	Støtemur	-	10:1	7	Jevn med forband	Rundet	Tørmurt	-	sand	Delvis i forband
Haugen	Støtemur	40-50	-(deformert)	6	Mangler	Rundet	Tørmurt	Lite	Siltig sand	Adskilt
Strøbraten Øst	Støtemur	-	0	6	Mangler	Rundet	Tørmurt	Lite	Siltig sand	Adskilt
Østby	Støtemur (2 vanger ⁹)	-	-	6	-	Blandet	Tørmurt	-	Stein og siltig smud	Adskilt
Stenerud	Støtemur	40 (enklekvinget)	5:1	7	Jevn	Rundet	Tørmurt	Noe	Siltig sand og grus	Adskilt
Nordhaugen	Støtemur	40-50	0	4	Jevn i delvis forband	Blandet	Tørmurt	Noe	Sand	Adskilt

Tabell 5 : Referansemateriale fra Odalen, teknologi : endemur, Espen Marthinsen, NHU 2006

Tabell 6 : Teknologi : Frontmur

Kjeller	Murtype	Murtykkelse	Trasering	Antall skift	Skiftgang	Type stein	Brak av mønrl	Brak av kiler	fyllmasser
Sor-Grava	Støttemur (keltvis kistemur)	30-40 (80-85)	Deformert	-	Ljevn	Blandet	Tørrmurt	Lite	Stedlige masser: siltig sand
Døli	Betong / Pastro	-	-	-	-	-	-	-	-
Solun	Kistemur	110	-	-	-	Rundet	- (reflign)	-	-
Hansvra	Kistemur	-	-	-	-	Rundet	Tørrmurt	Lite	Stedlig siltig sand
Rudsjordet	Kistemur	150	-	-	-	-	-	-	-
Borgen	- (nur mangle)	-	-	-	-	-	-	-	-
Darnhaugen (Borgen)	Kistemur	-	-	-	-	Rundet	Tørrmurt	-	-
Fritsvoll	Kistemur	90 + trapp	-	-	-	-	-	-	-
Østre Os	Kistemur med stedlige masser mellom vanger	215	0	12	Jevn til jevn	Kantet	Leire	Noe	Siltig sand: stedlige
Stuggua	Kistemur	120	0	-	Mangler	Rundet	Tørrmurt	Noe	Stedlige masser: siltig sand
Nordre Vestby	Kistemur	50 + trapp 150	0	-	-	-	-	-	Kompakt
Nordre vestsby	Støttemur	-	-	-	-	-	-	-	-
Hylend	Kistemur	120	0	-	-	-	Tørrmurt	-	sand
Leikvang Østre	Kistemur	145	-	-	-	Rundet	Tørrmurt	-	-
Haugom	Kistemur	180	-	-	-	Rundet	Tørrmurt	-	-
Strøhølen Øst	Kistemur	140	0	8	Jevn	Rundet	Tørrmurt	Noe	stedlige masser: siltig sand
Østby	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steinud	Kistemur	200	-	4	Ljevn til mangler	Rundet	Tørrmurt	Lite	Stein og stedlige masser
Nordhaugen	Kistemur	150	0	6	Ljevn uten forband	Rundet	Tørrmurt	Lite	Siltig sand

Tabell 6 : Referansemateriale fra Odalen, teknologi : frontmur, Espen Marthinsen, NHU 2006

03.5 Viktige trekk ved referansematerialet

Bruk av dokumentasjonsprotokoll, ordning av innsamlet materiale og drøfting av resultater er gjort med gode råd fra fagmiljøet ved Hedmarksmuseet som tidligere har drevet forskning på hvelvkjellere (Pedersen R og Sæther T 1995 : Hvelvkjellere på landsbygda. FOK – programmets skriftserie nr. 24. Norges Forskningsråd).
I tabell-oversikten er 19 av 25 registrerte kjellere tatt med .

Tabell 1 : Typologi

For type kjeller kan man merke seg at der kjeller ligger under hus er det som oftest på større gårder, mens på husmannsplasser og skogshem er de plassert fritt i terrenget uavhengig av bygninger.

Byggegrunnen er utelukkende stedlige masser. Det er noen typer masser som går igjen, og man må regne med at de som bygde kjellerne hadde tilstrekkelige erfaringer med jord og jordsmonn til å vurdere egnet byggegrunn.

For størrelsen på kjeller ser man og at den varierer med type bosetting.
En hvelvkjeller fra dette materialet er alltid lengere enn den er bred. Det er unike mål for hver enkelt kjeller. Kjelleren på Sør-Gruva må regnes som en relativt liten kjeller.

Høyden på kjellerne fordeler seg også med en del variasjoner : 7 kjellere har høyde fra 140-160 cm, 6 kjellere har høyde fra 170-190 cm , 4 kjellere står med høyde rundt 200 cm og 2 kjellere har høyde nærmere 250 cm.

Utfra disse tallene kan man ikke lese noe klart forhold mellom bredde og høyde, selv om geometrien i konstruksjon av buer skulle tilsi det. Det kan bety at mange av disse kjellerne står med betydelige avvik iforhold til geometri som en stabiliserende faktor. En variabel som ikke er tatt med i denne vurderingen er traseringen på vederlagsmurene. Denne vil endre den faktiske spennvidden for de fleste av disse hvelvene. Dette vises i registreringene av vederlagsmurer i tabell 3.

Et klart flertall av de undersøkte kjellerne har sjakt, og da er den plassert i endemuren. Svært få kjellere er utstyrt med nisjer.

Kun to av kjellerne i materialet som ligger under hus har adkomst innefra, og da fra kjøkken. Av de frittliggende er det tydeligvis vanlig å legge adkomsten inn fra naturlig terrengnivå.

Tabell 2 : Hvelv

Ved å sammenlikne buens spenn og dens pilhøyde får man et mer nøyaktig sammenlikningsgrunnlag for å si noe om forholdet mellom bredde og høyde. Men heller ikke denne taloppstillingen avdekker noen klare systematiske variasjoner.

Graden av hvor detaljert hvelvet er lagt opp får man et uttrykk for når man studerer eksentrisiteten for sluttsteinen. Registreringene viser at det er mye variasjoner og at man sjelden finner et gjennomgående skift fra endemur til frontmur som kan defineres som sluttsteiner.

For dimensjonering av hvelvet vil hvelvtykkelsen ha mye å si. I materialet viser det seg at den varierer forholdsvis lite, ligger i intervallet fra 30-40 cm.

Tykkelsen på steinen varierer mye, og det må hovedsaklig forklares med at ingen av disse hvelvene er bygd med hugget stein. De store variasjonen kan og tolkes dithen at man ikke har vært så opptatt av at fuge mellom steiner skal stå vinkelrett på trykklinjen. Dette overholdes som regel med at fugen retter seg mot buens senter. Mer om dette under avsnitt 04.3 og 04.4.

Variasjoner med sluttsteinen følges opp med ulik grad av jevn skiftegang i de murte hvelvene.

Hvelvene som er undersøkt er hovedsaklig tørrmurte. Der det er benyttet mørtel (3), er det leire.

For muring av hvelv har det tydelig vært prioritert å benytte kantet stein, mens det for de andre murtypene er oftere benyttet rundet materiale.

Naturlig nok vil overdekkingen variere med type kjeller. De frittliggende har som oftest betydelig tykkere overdekking enn de som ligger under en bygning, eller er utstyrt med enkelt saltak.

Det er alltid benyttet stedlige masser til overdekking.

Tabell 3 : Vederlag

Det antas at de er utformet på samme måte som endemuren, en enkelvanget støttemur mot stedlige masser. Men det er kun på Sør-Gruva at dette er formelt dokumentert, siden det ikke er gjort liknende inngrep andre steder.

Et stort flertall av kjellerne er registrert med vederlagshøyde rundt 100 cm. Dette er svært usikre registreringer siden det må leses alene utfra murlivet. Når vederlagets tverrsnitt ble avdekket på Sør-Gruva, ble høyden på vederlaget justert ned 20 cm.

Dermed blir også vederlagets trasering påvirket av dette. Men her kan man ihvertfall registrere at det alltid krager innover i kjellerrommet, som må forstås som et ønske om å redusere spennvidden. Muligens kan også retningen på vederlaget ha noe å si for hvordan det tar imot trykklinjen. Antakelig vil den da oftere treffe i nærheten av vederlagets murfot, som er et ønske for optimal stabilitet. Mer om dette under 04.4.

Skiftegangen er ofte jevn, og skiller seg iså måte fra endemuren og frontmuren hvor dette i mye større grad varierer. Dette viser kanskje en bevissthet rundt betydningen av vederlagsmuren for å beholde et stabilt hvelv.

Det er ofte murt med rundet materiale, eller en blanding mellom kantet og rundet. Dette gir på en måte det runda materiale et bedre rykte enn det det har i våre dager.

De aller fleste vederlagene er tørrmurte. Der det er benyttet leire som mørtel i hvelv er det og benyttet i muring av vederlagene.

Det er sjelden benyttet kiler/skorer i noe særlig grad framme i murlivet. Når det også sjelden benyttes mørtel kan man anta at det ikke har vært noe problem med å binde opp løsmasser bak murlivet.

Vederlaget har aldri et konstruert fundament, det er satt rett på en egnet byggegrunn, som ofte er i samme nivå som gulvet i kjellerne.

Tabell 4 : Anfang

Anfangenes vinkel er målt, og veldig mange ligger i området rundt 30 grader. Tre kjellere skiller seg klart ut med en vinkel rundt 60 grader.

Utfra sammensetningen av opplysninger om spennvidde, pilhøyde og vederlagest høyde har det ikke latt seg gjøre å finne fram til sammenhenger. Et nøyere studie av de enkelte buenes geometri er antakelig nødvendig.

Det er ikke funnet noen anfang som er hugget. Det antas at de består av stein med egnet naturlig form, eller at de er skoret opp til riktig posisjon.

Det er ofte utført med variasjoner i bruk av type materiale, man finner og eksempler på blandet bruk av kantet og rundet stein. Det vises ingen forbindelse mellom bruk av kantet stein i anfanget, dersom hvelvet er utført med kantet stein, som jo de fleste er.

Anfangene er tørrmurte, med tilsvarende eksempel på bruk av leire som for de kjelleren hvor dette er registrert i hvelv og vederlag

Tabell 5 : Endemur

I de fleste tilfeller antas den å være murt som enkelvanget støttemur. Under hus vil den kanskje kunne oppfattes som den indre vangen i en kistemur, hvor den ytre bærer huset. Der det har vært mulig å utføre målinger av tykkelse er en slik støttemur rundt 35 cm tykk. Den er sjelden, eller svært lite trasert.

Man vil som regel se et klart skille i murverk, mellom vederlagene som ofte er mer regelmessige enn endemurene. Eksempler i materialet på at vederlag er murt med jevn skiftegang og bruk av forband, mens endemuren mangler dette helt.

Fordelingen på type stein som er benyttet er tilsvarende som for vederlaget, med en overvekt på rundet materiale.

Det er benyttet lite kiler/skorer også i dette murverket.

Fyllmasser bak murlivet er alltid stedlige masser.

Endemuren er aldri murt sammen med hvelvkonstruksjonen, og de må oppfattes som to adskilte konstruksjoner.

Tabell 6 : Frontmur

De aller fleste av murene som er registrert er definert som kistemurer. De er målt til tykkelser i intervallet 150-200 cm. De kistemurene som er målt til under 100 cm har et rom utenfor seg igjen.

Ofte er det på disse murene det påvises skader. Dette kan antakelig forklares med at de står mest utsatt til for belastning fra fuktighet og tele.

Der murlivene ikke er deformert viser de at de sjelden er traserte.

Ofte mangler de jevn skiftegang.

De er som oftest murt av et rundet materiale, og de er tørrmurte.

I disse murlivene er det også benyttet lite kiler/skorer.

Bak murlivene, mellom vangene ligger det stedlige masser, tilsvarende det som er fylt bak de andre murlivene.

03.5.1 Viser referansematerialet en tradisjon ?

På bakgrunn av en slik gjennomgang kan man hevde at alle de undersøkte kjellerne forholder seg til en tradisjon for muring, hvor det å utnytte de stedlige materialene står sentralt. Alle kjellerne bærer og preg av å være godt tilpasset de stedlige forhold og bruken. Det undersøkte materialet kan ikke dokumentere mureteknikker som forholder seg til en klar håndverkstradisjon.

03.5.2 Likhetstrekk mellom referansematerialet og Sør-Gruva

Sør-gruva er tatt med i oppsettet med referansematerialet for at man skal kunne plassere kjelleren i den tradisjonen som utfra materialet synes som den dominerende.

Typologi

Sør-Gruva er en husmannsplass, og som på de fleste andre steder av den typen er kjelleren lagt fritt i terrenget og som en del av gårdstunet.

På Sør-gruva er og den stedlige grunnen benyttet som byggegrunn som alle andre steder. Men kjelleren skiller seg ut ved at den er vekselvis fundamentert på lysegrå grusholdig morene og fast fjell. En slik veksling i byggegrunnens styrke virker uheldig på de fleste konstruksjoner. Tendensen i resten av materialet er at man har søkt seg til homogene sjikt av avsetninger for å få like forhold under hele kjelleren.

Som for all bygging av hvelvkjellere i Odalen er de stedlige massene og lagt tilbake rundt murverkene som en isolering av kjellerrommet. På Sør-Gruva er det benyttet både en lysegrå (leirholdig), grusholdig morene, og en rød-brun siltholdig morene (noen steder i Odalen kalt *rau-møll*).

Det innsamlete materialet viser flere eksempler på hvordan størrelsen på kjelleren varierer med størrelsen på plassen. De største kjellerne tilhører større gårder, mens de minste alltid er å finne på små husmannsplasser eller skogshem. Størrelsen på kjelleren på Sør-gruva plasserer den riktig iforhold til disse observasjonene.

Med en registrert grunnflate på 230x340 cm viser kjelleren på Sør-Gruva det som gjelder hele det undersøkte materialet, at de er alle lenger enn de er brede. Et annet fellestrekk, som man og finner igjen på Sør-gruva er at alle kjellerne er bredere enn de er høye.

Sjakta er plassert øverst i senter av endemuren, noe som må sies å være den vanligste plasseringen.

Hvelv

Når pilhøyde sammenstilles med faktisk spennvidde er alltid førstnevnte mindre en $\frac{1}{2}$ spennvidde, altså finnes det ikke hvelv i materialet som er formet som halvsirkler. Det er heller ikke tilfellet på Sør-Gruva, som får sin geometriske form drøftet under avsnitt 04.3. Det er antydning i undersøkelsen av innsamlet materiale at asymmetri i hvordan sluttsteinen er satt, mangel på jevn skiftegang og betydelige variasjoner i steinens tykkelse kan være et uttrykk for liten grad av bevissthet rundt de geometriske prinsipper som sikrer en stabil trykklinje. Tilsvarende forhold registreres på Sør-Gruva, men når dette kontrolleres med konstruksjon av buens senter og retning på hver enkelt fuge viser det seg at avvikene fra kjent geometri er forholdsvis små. Kanskje må disse variasjonene forklares med manglende kunnskap om å bearbeide stein?

Tykkelsen på hvelvet er for materialet målt innefor intervallet 30-40 cm. På sør-gruva finner man tilsvarende mål. Men når det utraste materialet studeres finner man at det gjennomgående er betraktelig mindre, 25-30 cm. Vil dette utgjøre så mye av egenvekt for hvelvet at det gir

variasjoner i størrelsen på krefter som opptrer innefor det samme hvelvet? Dette spørsmålet tas opp igjen under avsnitt 04.0 og 05.0.

Som de fleste av hvelvkjellerne i Odalen er hvelvet i kjelleren på Sør-Gruva utført som tørrmur.

I mange av de undersøkte kjellerne kan man finne tydelige skiller på bruken av stein i hvelvet sammenliknet med de andre murverkene. Det er ikke tilfelle på Sør-Gruva hvor det for alle murverk er det runda materialet som dominerer.

Med forskjellige typer overbygg reduseres overdekkingen med stedlige masser. En overdekking på kun 35 cm for kjelleren på Sør-Gruva forklares med opplysninger opp en opprinnelig enkel sal-tak konstruksjon, hvor det under ble fylt opp med mose som ekstra isolasjon.

Vederlag

Utførelsen av vederlagsmurene på Sør-Gruva skiller seg ut med sin regelmessighet, særlig tatt i betraktning det varierte materialet de er murt av. Det finnes eksempler i det undersøkte materialet på at mer regelmessig stein er lagt mindre regelmessig enn her på Sør-Gruva. Som i alle de undersøkte kjellerne traseres murlivet noe innover i kjellerrommet.

Vederlaget er tørrmurt, noe som tydeligvis er dominerende i tradisjonen.

Til tross for lite bruk av kiler/skorer i murlivet (eller andre tette-materialer) kan det heller ikke på Sør-Gruva registreres problem med å holde på tilbakelagte løsmasser bak murlivene.

Fundamentering iform av en konstruksjon forekommer ikke i dette materialet. Det er benyttet egnede stedlige sjikt av avsetninger som man har gravd seg ned til. For kjellern på Sør-Gruva har man og gjort det, men samtidig støtt på fjell som er blitt en del av fundamentet. Dermed står vederlagsmurene med store variasjoner i styrke.

Anfang

Vinkelen som er målt til 22 grader er en av de laveste som er målt i det innsamlete materialet. Kan forklares med formen på buen som opptegnet viser en skarp stigning før den den flater ut, og således minner om en kurvbue eller ellipse.

Anfanget er tydelig konstruert ved hjelp av naturlige former i det runda materialet, slik det antas å være i de aller fleste kjellerne som er undersøkt, eventuelt skoret opp i riktig posisjon.

Endemuren

Den er murt som en enkelvanget mur mot stedlige masser. Det antas å være tilfelle ved de fleste andre kjellerne som er undersøkt. Der tverrsnittet har vært tilgjengelig bekreftes denne antakelsen.

Her på Sør-Gruva er den som mange andre steder murt mer uregelmessig en vederlaget. Og den følger et tydelig prinsipp ved å ikke være bundet sammen med hvelvet .

Heller ikke i dette murlivet er det benyttet kiler/skorer i særlig grad, som det jo generelt er lite av i murverkene i de kjellerne som er undersøkt.

Frontmuren

De aller fleste er blitt definert som kistemurer med en tydelig indre og ytre vange , samt de to murene mellom disse som danner adkomsten til kjellern. På Sør-Gruva er frontmuren i hovedsak tolket som en enkelvanget støttemur. Det er funnet rester etter en murstruktur som kan indikere at det i de øvre sjikt av dette partiet er blitt gjort forsøk på å mure en kistemur med isolerende fyllmasse.

Ellers stemmer utførelsen her på Sør-Gruva godt overens med resten av materialet: lite trasert, uregelmessig murverk, rundet materiale, lite bruk av kiler, og stedlige løsmasser som isolerende fyllmasse.

03.5.3 Vurdering av kjelleren på Sør-Gruva sin plassering i tradisjonen

På grunnlag av denne gjennomgangen kan man si at hvelvkjellern på Sør-Gruva må oppfattes som en del av en omfattende tradisjon for bygging av denne type konstruksjoner i dette området av landet.

Det er allikavel verdt og merke seg at kjellern her skiller seg fra resten av det undersøkte materialet på noen områder.

Det gjelder særlig vurderingen av egnet byggegrunn, hvor de som har bygd har akseptert store forskjeller i styrke.

Et annet trekk ved denne kjelleren som må fremheves er hvor tett opp til kjente geometriske former og prinsipper den ligger i utførelse.

Bevisthet for bygging av en god vederlagsmur kommer også tydelig fram, med et klart skille i regelmessighet sammenliknet med de andre konstruksjonsdelene.

Valget om å utføre hvelvingen også med hovedsaklig rundet materiale er med på å gjøre denne kjelleren unik.

Ved avdekking av restene av frontmuren viser det seg at her på Sør-Gruva har den en særegen utforming. Den består hovedsaklig av to vinkler murt som støttemur som danner innervegg i kjeller og vegg langs adkomst. Det spesielle er at den fra en viss kote går over til å bli murt som en uregelmessig kistemur.

Hvordan et mangfoldet i denne tradisjonen vokser fram sier ikke materialet, eller kjelleren på Sør-Gruva noe om. Men det er helt klart at det er gjort selvstendige valg av byggherre på Sør-Gruva som gjør den unik, og på den måten bidrar til mangfoldet.

04 Konstruksjonen

04.1 Konstruksjonsdeler og murtyper

konstruksjonsdel	murtype	kjennetegn
hvelv	segmentbue	enkel hvelvring murt med rulleskift /stenderskift
vederlag	støttemur	enkel vange murt som forstøtning mot tilbakelagte masser (jord eller stein) som bærer trykket fra buen og tar opp trykket fra løsmasser
endemur	støttemur	enkelvange murt som forstøtning mot tilbakefylte løsmasser og som aldri er murt sammen med hvelvkonstruksjonen
frontmur	støttemur / kistemur	støttemur som i det foregående / kistemur mures av to vanger som fordeler et gitt tverrsnitt likt seg imellom og hvor rommet mellom de to vangerne består av fyllmasse (jord eller stein), ingen av dem er murt sammen med hvelvkonstruksjonen

Tabell : Konstruksjonsdeler og murtyper i en hvelvkjeller. Espen Marthinsen, NHU 2006

04.2 Geometri

04.2.1 De vanligste formene i hvelvkonstruksjoner

Når man studerer hvelvkjellere fra ulike tidsepoker er det noen bueformer som er dominerende. Forskjellige kriterier har antakelig ledet fram til dette. Under 04.2.2 er noen av disse kriteriene drøftet. De tre vanligste bueformene som er å finne i norske hvelvkjellere er *segmentbue*, *halvsirkel* og *kurvbue*.

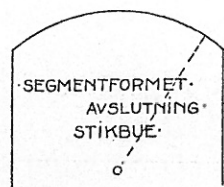


Fig. 121.

Hvelvkjellere med segmentbue kjennetegnes av høye vederlagsmurer og lav pilhøyde. Fordel med denne buen er at man kan oppnå god takhøyde uten at buens topp kommer for høyt. Ulempen kan være at mottrykket bak vederlaget ikke er sterkt nok til å ta opp en resultant som ikke treffer innenfor vederlagets murfot.

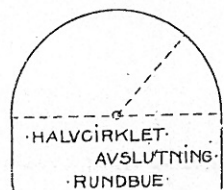


Fig. 122.

Hvelvkjellere med bue formet etter en halvsirkel kjennetegnes av stor høyde (hvis vederlagsmurene er høye), eller at de er svært brede og at buen starter nære gulvnivå. Fordel med denne buen er at man sikrer seg at resultanten fra trykklinjen faller ned mot vederlagets fot. Ulempen kan være at den setter klare krav til utforming av steinen i hvelvet

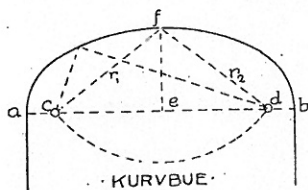


Fig. 128.

Hvelvkjellere med kurvbue (eller ellipse) kjennetegnes av høye vederlagsmurer og en bue som stiger bratt fra anfanget før den flater ut på toppen. Fordel med denne er at man kan holde pilhøyden nede og samtidig styre resultanten ned mot vederlagets murfot. Ulempen kan være at den er vanskelig å mure fordi den forholder seg til flere buesentere.

04.2.2 Valg i konstruksjonen som får betydning for geometrien

Valget av geometrien i hvelvringen man ønsker å konstruere legger en del føringer på utførelse, egnet stein, tilpasning til et eventuelt overbygg, styrke i vederlagsmuren og byggegrunn, valg av høyde på vederlagsmuren, hvilken høyde kjellerrommet skal ha. Dermed ser man at det nok som oftest har vært en motsatt rekkefølge på vurderinger av egnet form på hvelv. Alle de ulike krav og ønsker har vært kjent, og utfra dette har man valgt den best egnede buen.

Utførelse

En trykklinje som oppstår som et resultat av horisontale krefter, laster og motlagstrykk skal ikke påføre buen skjærkrefter. Dette unngår man ved at alle fuger retter seg mot buens senter. Da vil trykklinjen overføres vinkelrett på alle snitt av buen og sikre en optimal overføring. Dette kan kontrolleres underveis i muring av hvelv ved at buens senter bestemmes

(konstrueres) og det fra dette punktet trekkes en hjelpelinje (en tråd). Da vil man kunne ta ut korrekt retning for fuger alle snitt av buen, inklusiv korrekt vinkel på anfanget.

Egnet stein

Desto rundere form som velges på buen, jo større krav settes det til steinens form. I en halvsirkel vil alle fuger danne kileform med den neste, mens i en segmentbue vil den flate formen gi små utslag på retningen til en fuge til den neste.

Graden av endring på fugens retning vil og avgjøres av hvor store differanser det er på steintykkelsen.

Dermed ser man at har man stein tilgjengelig som lar seg bearbeide til mange ulike former med bruk av verktøy, står man friere i valget av bue. Har man derimot et stein som er lite formbar, f.eks en med tydelig lagdeling (skifer) blir valgmulighetene snevret inn hvis man ønsker å utnytte geometrien som en stabiliserende faktor. Stein med tydelig lagdeling gir den muligheten at den kan spaltes opp i tynne emner, som dermed også lar seg bruke i en rund bue, jfr. små og store utslag på fugenes retning iforhold til steintykkelse.

Overbygget og kjellerens utforming

Overbyggene som kjellerne lå under hadde ofte lave grunnmurer og la derfor en klar begrensning på hvor stor pilhøyde buen kunne ha. Dette ble og regulert av hvor dypt ned man la gulvet i kjelleren. Grunnarbeid var tidkrevende med enkle redskaper, derfor ble nok ofte gulvet lagt i et nivå når egnet byggegrunn var funnet og man hadde tilstrekkeligoverdekning for isolasjon.

For de kjellerne som ligger fritt står man friere i utforming av buen. En rund bue som stiger høyt kan kompenseres med å legge tilbake mere masse.

Når man så ikke finner eksempler på dette i referansematerialet skyldes det kanskje forholdet med steinen som er behandlet i det foregående, eller rett og slett at en rund bue betyr en større del av dens omkrets som er eksponert i kjellerrommet og dermed større volum murverk. Kunne og tenke seg at en bue formet som en halvsirkel kunne legges med anfang i gulvnivå, når dette heller aldri påtreffes i det innsamlete materialet kan det kanskje forklares med at vederlagsmurer med en viss høyde gjør kjelleren mer funksjonell. I tillegg hvis en slik halvsirkel skulle hatt anfang i gulvnivå og samtidig en brukervennlig høyde måtte den vært mye bredere enn enn kjeller murt med vederlagsmurer. Noe som ville måtte bety betydelig mer gravearbeid.

Vederlagsmuren

Vederlagsmuren i en nedgravd hvelvkjeller vil alltid ha et jordtrykk som jobber mot baksiden av murverket. Ved valg av en segmentbue vil resultanten fra de krefter som opptrer i buen få en retning som dette jordtrykket vil være med å ta opp. Velger man en bue formet som en halvsirkel vil resultanten som regel treffe innenfor murfoten til vederlaget og således ikke påvirke jordtrykket.

Det betyr at vederlagsmurer med et betydelig jordtrykk kan ta opp krefter fra et ganske flatt hvelv, og det er således ikke et statisk behov for å konstruere en rundere bue. Det er det derimot hvis hvelvet skal bæres av en tynn delevegg / yttervegg slik man ser eksempler på i eldre kirkebygg, eller større kjellerkomplekser med tilstøtende rom.

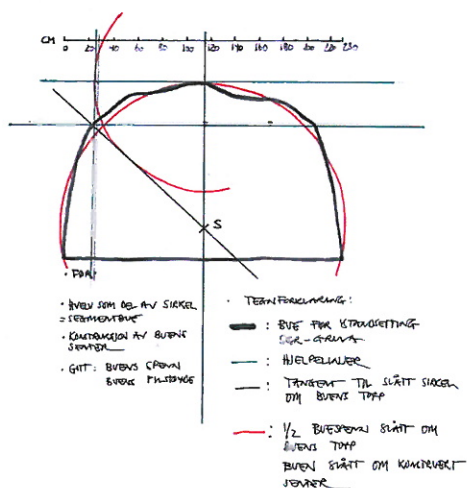
04.2.3 Geometrien på Sør-Gruva

Hvilke vurderinger ble gjort før man valgte den bueformen som er dokumentert i kjelleren på Sør-Gruva? Eller er den et resultat av at formen på en annen kjeller ble kopiert, og så har fått sin unike tilpasning til stedlige forhold på Sør-Gruva. Hvis kopiering av bueformer var måten disse ble mangfoldiggjort på, skulle man antakelig ha sett flere tydelige fellestrekk for størrelsen på de undersøkte kjellerne.

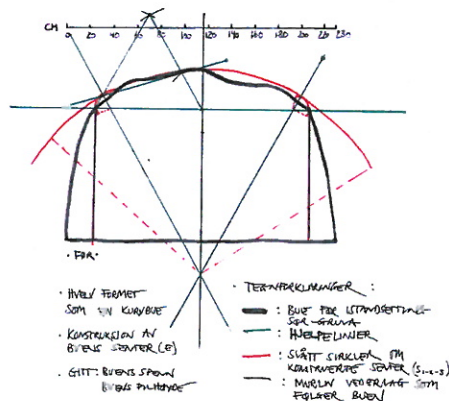
Derfor kan man kanskje istedet se for seg at man ønsket å kopiere en størrelse, ved at man kjente gulvflate og høyde. Når så kjellerrommet ble gravd ut støter man på fast fjell og det fører til justeringer på pilhøyden for å tilpasse avslutningen til terrenget.

Buen på Sør-Gruva er karakteristisk på den måten at den stiger bratt i starten og flater ut i toppen. En anfang-vinkel målt til 22 grader indikerer kanskje at man i utgangspunktet ønsket en noe rundere bue?

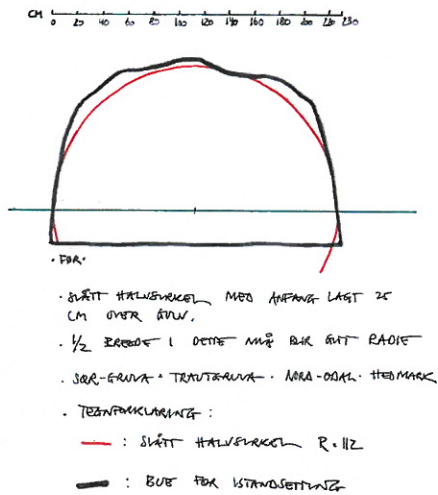
Til tross for en slik antatt justering viser konstruksjon av kjente bueformer lagt inn i samme tverrsnitt som til den buen på Sør-Gruva, at avvikene er små.



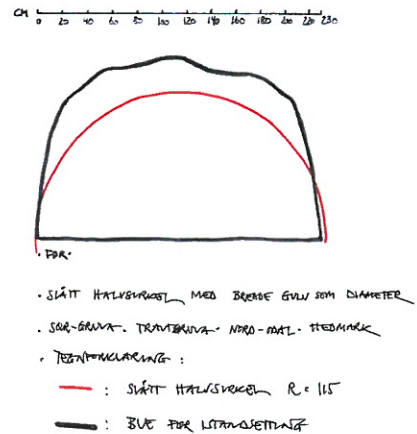
Figur : Konstruksjon av en segmentbue, satt sammen med opprinnelig bue på Sør-Gruva, Espen Marthinsen, NHU 2006



Figur : Konstruksjon av en kurvubue, satt sammen med opprinnelig bue på Sør-Gruva, Espen Marthinsen, NHU 2006



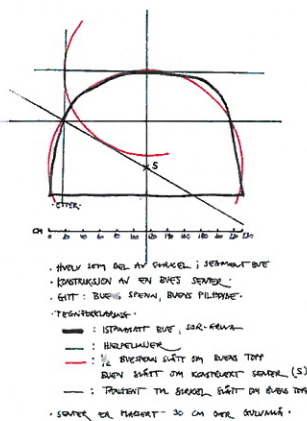
Figur : Halvsirkel konstruert med senter lagt 25 cm over golv, satt sammen med den opprinnelige buen på Sør-Gruva, Espen Marthinsen, NHU 2006



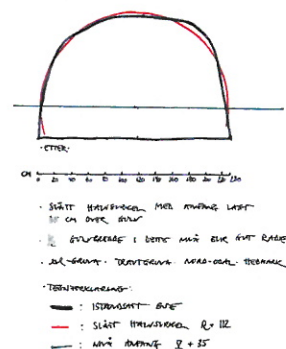
Figur : Halvsirkel konstruert med senter i gulvnivå, satt sammen med den opprinnelige buen på Sør-Gruva, Espen Marthinsen, NHU 2006

Ut fra en slik grafisk framstilling kan man si at buen ligger nærmest segmentbuen i figur 1. Denne foretrekkes framfor halvsirkelen med senter 25 cm over gulvnivå, fordi den sistnevnte betyr en enda lavere høyde som ville gjøre kjellerrommet mindre brukervennlig. Halvsirkelen krever også at anfang flyttes lenger fra registrert anfang-nivå enn hva tilfellet er for segmentbuen. Anfngnet er gjennom registreringer bestemt til å ligge 80-85 cm over golv. Selv om kurvbuen ligger tett opp til den opprinnelige formen for buen på Sør-Gruva, vurderes den ikke som den mest relevante siden den forholder seg så tydelig til utformingen av vederlag, og overføring av krefter til vederlagets murfot. Dette gir som den grafiske framstillingen viser, betydelige avvik

Det er laget grafiske framstillinger som viser de samme valgte bueformene lagt inn etter istandsetting. Her er det valgt å gjengi de to mest relevant fra det foregående:



Figur : segmentbue sammen med ny bue, EM, NHU 2006



Figur : halvsirkel sammen med ny bue, EM, NHU 2006

Ny framstilling viser at med det nye registrerte nivået for anfanget (80-85 cm), kan et senter for en segmentbue (utfra gitt pilhøyde og spennvidde) bestemmes til å ligge 35 cm over gulvnivå, altså 10 cm høyere enn med anfang-nivå satt til 100-110 cm (figur). Hvis det var en halvsirkel de ønsket å konstruere må vi anta at et konstruert anfang hadde blitt funnet ved kote 35.

Utfra dette kan man hevde at der er en segmentbue med sirkelform som er konstruert på Sør-Gruva.

04.3 Byggegrunn og fundamentering

Det er svært mange fellestrekk for kjellerne i Odalen, når man undersøker graden av fundamentering og tolkning av byggegrunn.

I det undersøkte materialet er det ikke funnet eksempel på konstruerte fundamenter av noe slag. Det er alltid et sjikt i den stedlige avsetningen som er benyttet som byggegrunn. Virker som det har vært god kunnskap om hvilken grunn som kan bære laster av denne størrelsesorden, det er svært sjelden registrert setningsskader på murverk i kjellerne. Slik er det også på Sør-Gruva, hvor et sjikt med lysegrå leirholdig morene er benyttet som byggegrunn. Dette er det sjiktet som ligger over fast fjell, med varierende tykkelse.

04.4 Dimensjonering av hvelv

04.4.1 Dimensjoneringshistorie for hvelv

Når de reiste buekonstruksjoner i middelalderen var det neppe utviklet pålitelige beregningsmetoder, men man hadde antakeligvis opparbeidet seg nødvendig kunnskap gjennom erfaringer, og kunne derfor utvikle empiriske modeller. Disse modellene kontrollerte på en utmerket måte det faktum at stein egnet seg dårlig i konstruksjoner der den ville bli utsatt for strekk- og bøyepåkjenninger.

De første bruene som ble reist med bærende hvelv fulgte nok også denne type modeller. Det var først på 1700-tallet at matematikere på kontinentet utviklet trykklinje-teorien. Den gjorde det mulig å konstruere den beste bueformen utfra gitte størrelser som spennvidde, egenlast, pilhøyde, buetykkelse og nyttelast.

På 1800-tallet, og de første tiår av 1900-tallet ble det utgitt en mengde lærebøker i husbyggningskunst som tok for seg bygging av hvelv. Disse konsentrerte seg i hovedsak om beregninger som støttet seg til grafiske analyser og gjengivelse av empiriske formler.

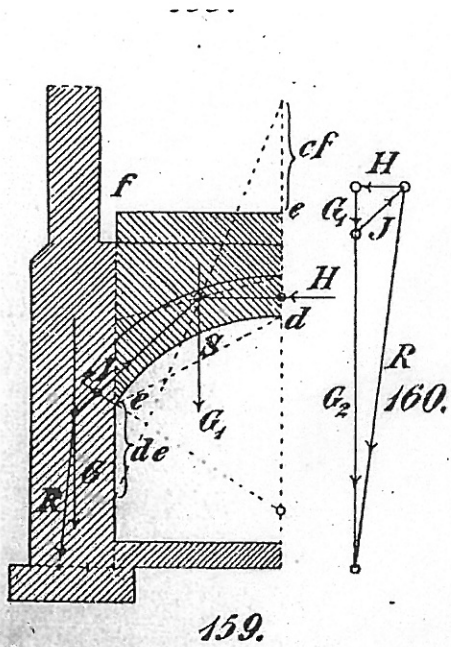
På denne tida kom også Vegvesenet og NSB med normaler som angav riktig dimensjonering av hvelv.

04.4.2 Aktuelle modeller for beregning

Grafisk analyse med bruk av kraftplan

Baserer seg på følgende stabilitetsbetraktning:

1. helvtykkelsen på hvert punkt er slik at tryket i hvelvfugene ikke overskrider steinmaterialets tillatte påkejnning
2. alle fuger er rettet mot buens senter
3. trykklinjen skal virke innenfor hvelvets midtre 1/3

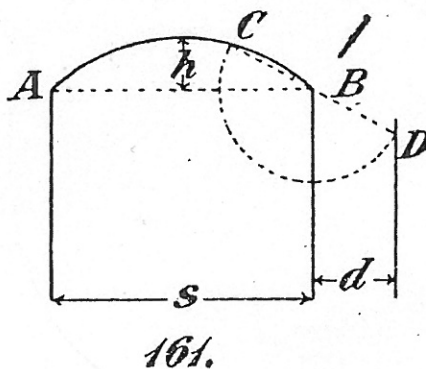


Figur : Fra Bygnadspraktiken, Löfroth, 1918

- Vekten av overdekking og hvelv beregnes
- Bestemmer tyngdepunktet for dette elementet (S), samt vederlagsmurens.
- Horisontalkraft i buens topp (H) dras ut til den krysser S. Derfra dras J gjennom anfangets midtpunkt til den skjærer egenvekta fra vederlaget.
- Nå settes de ulike størrelser opp i et kraftplan med egnet målestokk, og man vil ut av sammenstillingen finne resultanten R
- Overført til grafisk figur vil man kunne bestemme angrepspunktet.

.Vederlagets tykkelse bestemmes på følgende måte:

- Spennvidde og pilhøyde er gitt
- Del opp buen i tre like deler
- Sammenbind C med B og dra den linjen til D
- Bruk B som senter og BC som radius til en halvsirkel
- Dra gjennom punktet D en parallell linje med vertikalen gjennom B
- d er dermed den søkte tykkelse på vederlaget



Figur : fra Bygnadspraktiken, Löfroth, 1918

Etter NS347 : Beregning av sirkelbuet uarmert overdekning med hvelvvirkning

Definerer aktuelle bruddmuligheter :

1. knusing av strukturelt murverk i buen eller anfanget
2. brudd i pilarer/vederlag, som utgliding eller velting

Beregner for en helvdel – antar symmetri

- beregner trykkbruddskapasitet i hvelvet ved gitte mål : hvelvets tykkelse og bredde, og murverkets dimensjonerende trykkfasthet
- trykkbruddskapasitet (horisontalt) ved anfang gitt av : hvelvets bredde, hvelvets høyde, buesegentets åpningsvinkel samt dobbel trykkfasthet for murverket
- ved buens topp er horisontalkraftkapasiteten bestemt av hvelvets bredde og tykkelse x 1.5 trykkfasthet
- ved buens anfang er horisontalkraftkapasiteten gitt av vederlagets bredde og høyde på hvelvet x buens åpningsvinkel og murverkets fasthet

Krefter i hvelvet:

- horisontalkrefter bestemmes ved å ta momentsumasjon av momentnullpkt. i buens topp
- finner resultanten ved buens anfang ved å dekomponere horisontale krefter
- dimensjonerende trykkraft i buen finnes ved å dekomponere horisontal kraft ved buens topp og vertikal kraft ved buens anfang i bueretning

Kontroll av den murte buen utføres på følgende vis:

Trykkbruddskapasitet i hvelvet > trykkbruddskapasitet ved anfanget (horisontalt)

Trykkbruddskapasitet ved anfanget (horisontalt) > opptredende krefter i anfanget (resultant)

Tverrsnittsanalyse

Baserer seg på å undersøke eksentrisiteten til trykklinja, som et forhold mellom bøyemoment og aksialkraft. Får da trykkinjas avstand hvelvets tyngdepunktsakse.

Forutsetter at for et stabilt hvelv skal trykklinje ligge innenfor hvelvets midtre 1/3

Empiriske formler

Eksempel :

Murbågens eller hvalfvets navn.	Vederlagets tjocklek		Hvalfvets	
	utan belastning på vederlaget	med belastning på vederlaget	tjocklek i hjessan	båghöjd
	minst	minst	minst	minst
1. Tunnhvalf (halfcirkel).....	$\frac{1}{4} s$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{5} s$	$\frac{1}{3\frac{2}{3}} s$	$\frac{1}{2} s$
2. Flata stjärkringar ($\frac{1}{2} - \frac{1}{8}$ båghöjd)	$\frac{1}{2} - \frac{1}{3} s$	$\frac{1}{3} - \frac{1}{4} s$	$\frac{1}{1\frac{1}{2}} s$	$\frac{1}{10} s$
3. Stickhvalf eller kupa	$\frac{1}{3} s$	$\frac{1}{3} - \frac{1}{4} s$	$\frac{1}{30} s$	$\frac{1}{12} s$
4. Öfverhöjd båge (spetsbåge)	$\frac{1}{5} s$	$\frac{1}{6} - \frac{1}{7} s$	$\frac{1}{40} s$	$\frac{1}{2} s - \frac{1}{4} s$
5. Krysshvalf, stjernhvalf, allt efter som de hafva formen 1, 3 eller 4, den motsvarande tjockleken på hvalfvets, men vederlagens tjocklek endast i hörnen (s betyder här spännvidden i diagonalen)				
6. Månghörniga klosterhvalf lika som vid 5, men vederlagen erhålla den angifna tjockleken rundtomkring				
7. Kupolhvalf (runda klosterhvalf)	$\frac{1}{4} - \frac{1}{9} s$	$\frac{1}{9} - \frac{1}{12} s$	$\frac{1}{35} - \frac{1}{60} s$	c:a $\frac{1}{2} s$
8. Böhmiska kupor (mössor) vederlag på alla sidor	$\frac{1}{3} - \frac{1}{4} s$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{5} s$	$\frac{1}{30} s$	$\frac{1}{12} s$
9. Spelghvalf	$\frac{1}{2} - \frac{2}{3} s$	$\frac{1}{3} - \frac{1}{2} s$	$\frac{1}{15} s$	0

Äro vederlagen högre än 1,6—2,5 m. ökas deras tjocklek med $\frac{1}{8} - \frac{1}{6}$ af höjden.

Tabell fra Allmänna Byggnadslära, E.E von Rothstein, 1875

04.4.3 Modeller for beregninger forsøkt brukt på Sør-Gruva

Det er gjort forsøk på å beregne stabiliteten i hvelvet på Sør-Gruva. Forsøkene er så ufullstendige at det ikke velges å gå mer inn på de her. Det er valgt å ikke vektlegge dette mer fordi det vil være uheldig hvis opplevelsen av en slik konstruksjon aleine styres av statiske betraktninger, og ikke et faglig skjønnt tuftet på kunnskap om byggetradisjoner.

Resultater fra forsøkene kan kort oppsummeres med at både NS 3475 og Trykklinjemetoden tilsier at man har et labilt hvelv.

Den grafiske analysen kan dokumentere at resultatene treffer nære vederlagets murfot, og at vederlaget har for liten tykkelse.

Ut fra empiriske formler viser vederlaget seg å ikke være tykt nok, med sine estimerte 40 cm mangler det 10-15 cm. Tykkelsen i buen derimot er mer enn stor nok. Ut fra formler anbefales det en tykkelse på ca. 20 cm, mens det på Sør-Gruva måles til 35-40 cm.

Antar at ingen av de undersøkte modellene egner seg til bruk på denne type konstruksjoner. Forsøkene viser et stort behov for å jobbe videre med modeller som er bedre tilpasset alle de variabler som ligger i en hvelvkonstruksjon tilsvarende den som finnes på Sør-Gruva.

04.5 Dimensjonering av støttemur

04.5.1 Tradisjon, normaler eller geoteknisk prosjektering ?

Det mangfoldet som vises når det gjelder utførelse av en tørrmurt støttemur speiler også det varierte grunnlaget for å dimensjonere en slik konstruksjon.

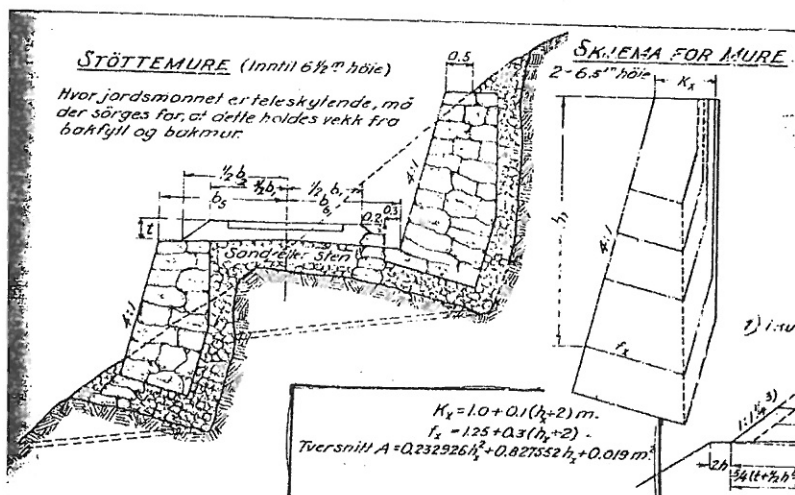
De eldre støttemurene man finner som del av husmurer eller som terrengmurer er det sjelden eller aldri blitt utført noe beregninger for. Men det viser seg ofte at de har en spesifikk tilpasning til bruk og stedlige forhold. Derfor har de betydelige avvik fra de dimensjoner som oppgis i normaler fra Vegvesenet eller NSB. Det er tabeller som ingeniører har regnet ut, med verdier som gir god sikkerhetsmargin og gir de et generelt bruksområde, helt motsatt utgangspunkt altså sammenliknet med de støttemurene som har fått en lokal utforming.

Nyere geoteknisk prosjektering fører og til overdimensjonerte konstruksjoner i en del sammenhenger. Fagmiljøet selv innrømmer at det ikke finnes noen fullgode beregningsmodeller som tar hensyn til alle variabler.

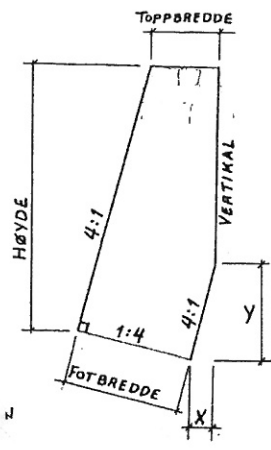
På en konstruksjon som hevlvkjelleren på Sør-Gruva ville det aldri bli riktig å benytte normaler eller prosjektering, her må tradisjonen og et faglig skjønn hos håndverkeren bli avgjørende for riktig valg av dimensjon på muren.

04.5.2 Aktuelle modeller for beregning

- Det kan utføres en geoteknisk prosjektering av en støttemur
 1. Resultanten i et jordtrykk bestemmes
 2. dens beliggenhet bestemmes
 3. tar moment av effektivspenningen om bunnen av muren
 4. utfører en kontroll av bærevenen for byggegrunnen
 5. beregner eksentrisiteten for den vertikale resultant
 6. gir ved hjelp av formel nødvendig fundamentsbredde
 7. kontrolleres for velting
- det kan benyttes normaler fra veg- og jernbanebygging:



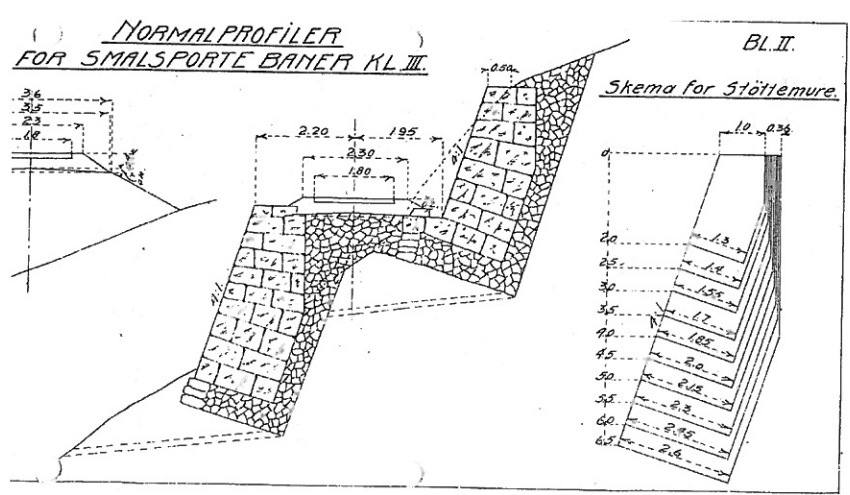
Normal for vegvesenet



MÅL I METER

HØYDE	FOT-BREDE	TOPP-BREDE	X	Y
2,00	1,25	1,00	0,28	1,12
2,50	1,40	1,05	0,30	1,20
3,00	1,55	1,10	0,33	1,32
3,50	1,70	1,15	0,35	1,40
4,00	1,85	1,20	0,38	1,52
4,50	2,00	1,25	0,40	1,60
5,00	2,15	1,30	0,42	1,68
5,50	2,30	1,35	0,45	1,80
6,00	2,45	1,40	0,47	1,88
6,50	2,60	1,45	0,50	2,00

Tabell fra vegvesenet



Normal for Norges Statsbaner

04.5.3 Modeller for beregning forsøkt brukt på Sør-Gruva

Det er ikke utført noe geoteknisk prosjektering, for situasjonen på Sør-Gruva. Men både støttemuren i endemuren og i vederlaget kunne blitt beregnet på denne måten. Tidligere gjennomgang av en slik beregning viser at det finnes et stort antall parametere som det måtte blitt valgt en størrelse for. Det gjelder f.eks ruhten mellom muren og jordelementet. Det er også vanlig praksis og regne sikkerhet for en støttemur med strengere krav enn til tilstøtende løsmasser. Dette er nedfelt i norsk standard. Fører til at man ofte ender opp med krav til at f.eks murfoten må økes med flere ganger sin egen bredde. Dette gir dramatisk ombygging av et kulturminne og mye større inngrep enn nødvendig. De ulike normalene fra veg og jernbane vil gi tilsvarende resultat, som f.eks for endemuren tilsier at den skulle hatt dobbel bredde. På en konstruksjon som hvelvkjelleren på Sør-Gruva må det bli tradisjonen og et faglig skjønn hos håndverkeren som er avgjørende for riktig valg av dimensjon på muren.

05 Skadebildet

05.1 Førsteinntrykket

Mange tørrmurte konstruksjoner har idag mistet sin opprinnelig funksjon og er derfor utsatt for belastninger som de ikke var beregnet for, eller mistet det nødvendige tilsynet og vedlikehold som en del av disse konstruksjonstypene er tuftet på. Dette preger førsteinntrykket, og fører ofte til at de blir oppfattet som svake konstruksjoner. Sannheten er derimot at dette er murverk som er tuftet på lokal tradisjon og kunnskap, og er derfor spesielt godt tilpasset bruken og de stedegne forhold.

Kjelleren på Sør-Gruva ble første gang besøkt november 2004. Utfra opplysninger fra tidligere eier om bruk av kjeller fram til 80-tallet, må man anta at dette skadebildet kan ha utviklet seg over en 20-års periode. Dagens eiere har ikke registrert noen betydelig forverring av tilstand iløpet av sin tid på plassen (10 år).

2/3 av hvelvet var nedrast, med mye av det nedraste materialet liggende inne i kjelleren. Det var vokst opp mye vegetasjon i og rundt kjeller. Adkomsten var sammenrast og overvokst slik at det var vanskelig å tyde noen opprinnelig murstruktur. Endemuren sto med mye av det man oppfattet som den opprinnelig utformingen, men det ble observert deformasjoner i murlivet. Den beste tilstanden fant man på vederlagsmurene, noe som gav håp om at det var kvaliteter i den opprinnelig konstruksjonen, og som man kunne basere seg på ved en eventuell istandsetting. Deler av det hvelvet som fremdeles sto viste seg også stabilt til tross for bruk av et rundet materiale som der og da ble oppfattet som ukurant.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Sett fra adkomsten

Fotografert sommeren 2005 under arbeidet med rydding av vegetasjon og rydding av nedrast materiale

Etter fullført opprydding ble det utført dokumentasjon av kjeller med bruk av dokumentasjonsprotokoll

Foto: Espen Marthinsen, NHU 2006

05.2 Krav til innledende undersøkelser

05.2.1 Karlegge skadehistorie

For å kunne gi noe endelig vurdering av tilstanden til en skadet murkonstruksjon er det viktig å kjenne til mest mulig av skadehistorien. Derfor ønsker man og kartlegge hvordan skaden har utviklet seg, samt og kjenne til de uheldige belastninger den kan ha vært utsatt for, og som den ikke var beregnet for.

Det er også viktig at det blir dokumentert om skadebildet er i fortsatt utvikling eller om det er ”frost”.

Noen av disse opplysningene kan man finne på stedet, andre kan man finne fram til ved bruk av kilder. Desverre er det ofte vanskelig å skaffe til veie alle de opplysninger man trenger.

05.2.2 Lese skadebildet på stedet

Med gode forkunnskaper om de ulike konstruksjonstyper og den lokale tradisjon for hvordan disse er bygd vil man kunne tolke deformasjoner som observeres, og si noe om hvor kritiske de er for konstruksjonen.

Det vil og være nødvendig og registrere forhold rundt selve konstruksjonen, særlig viktig er graden av fuktbelastning og de stedegne løsmassene sin dreneringsevne.

Styrken i byggegrunnen må og være en del av denne vurderingen, slik at skader ikke uten videre forklares med svakheter i murverket.

Ved å tolke det utruste materialet vil det og kunne komme til opplysninger som er viktig i forståelsen av skadebildet. En mur som raser pga et skyv ut i murfoten legger seg anderledes enn en mur som tipper ut i toppen pga setninger i murfoten. Et annet eksempel kan være tilstøtende murverk bygd med ulik type stein og som kan være rast ut i en gitt rekkefølge, dette vil da en identifisering av materialet vise.

05.2.3 Registrere uheldige belastninger som er påført

De vanligste belastningene en konstruksjon av denne typen utsettes for er :

- Manglende vedlikehold av drenering, både overflatedrenering og grøfter/veiter
- Graving i umiddelbar nærhet til konstruksjonen
- Tung trafikk i umiddelbar nærhet til konstruksjonen
- Snørydding som fører til tung trafikk og økt fuktbelastning
- Vegetasjon med rotsystemer som skader murverket

05.2.4 Observer over tid

En del deformasjoner som vises i tørrmurte konstruksjoner trenger ikke å være kritiske. Og selv om eier eller andre opplever denne deformasjonen som nylig oppstått, er ikke det alltid tilfelle. Utviklingen av en deformasjon kan gå over lang tid, og vil etter mange år nå en størrelse som man da blir registrerbar ved et vanlig tilsyn. På det tidspunktet kan deformasjonen ha nådd sitt maksimum, og murverket har funnet en ny stabil tilstand.

Det å punktforsterke slike felt vil ofte føre til at de spenninger som har funnet sin vei ut, vil bli flytte til en annen del av konstruksjonen og påføre nye skader.

Derfor er det viktig at utviklingsforløpet til en deformasjon blir kartlagt. Det viktigste er å få utført målinger over en viss tid slik at man kan si om muren fortsatt er i bevegelse eller om den har falt til ro.

Dette kan gjøres på ulike vis. En måte er å legge inn masser i murverkets fuge som vil sprekke ved videre bevegelse, eller opprette 0-linjer i rommet og måle punkter i murlivet. Nivellering og laser vil selvfølgelig også være aktuelle å bruke. Denne type observasjoner kan støttes med en fotodokumentasjon.

05.2.5 Bruk av kilder

Opp gjennom tidene har det blitt utført ulike taksasjoner av bygninger. Disse har ulik detaljeringsgrad. De som har vist seg mest nyttige iforhold til et materiale som stammer fra 1800-tallet, er *åbotstakster*, *verditakster* og *branntakster*. De ble tatt opp ved en takstforretning, med reresentanter for offentlige myndigheter til stede. Takstene ble innført i protokoller, det er disse man kan søke i hos riksarkivet eller statsarkivet.

05.2.6 Innledende undersøkelser på Sør-Gruva

Følgende undersøkelser er utført på Sør-Gruva som et grunnlag for den endelige tilstandsvurderingen :

- Intervju av dagens eier og tidligere eier
Resultat :
Nedrast murverk har skjedd i iløpet av en tiårs periode, med start i første halvdel av 80-tallet. Altså etter at Ole A Gruben flyttet herfra, fram til familien Vibe flyttet hit. Ingen opplysninger tilsier at det er påført urimelige belastninger på kjelleren
Det er god naturlig drenering i grunnen
Kjelleren har oprinnelig hatt saltak. Dette har blitt fjernet på et tidspunkt. Med relativ lav overdekking blir hvelvet da mer sårbart.
- Punktmåling av murliv i endemur. Etablering av 0-linje.
Resultat :
Fra høst 2005 til våren 2006 er det observert bevegelse i det allerede deformerte murlivet, målt til 1-2 cm i de etablerte referansepunkter.
- Søk etter kildemateriale
Resultat:
Det er ikke funnet åbotstakster eller branntakster på statsarkivet som kan fortelle noe mer om historien til kjelleren.
- Tolke murverket på stedet
Resultat:
Det runda materiale kan p.g.a av grovere stussfuger mellom steinen gi et verre inntrykk av tilstandene en hva den faktisk er.

Materialet benyttet i hvelvet gir små kontaktflater noe som kan oppleves som en svakhet. Høy trykkfasthet i steinen og med referanse til andre undersøkte kjellere tilsier at det er mulig å legge et stabilt hvelv av denne steinen. Stor nøyaktighet på valg av form på stein styrker denne vurderingen.

Nedrast murverk forbindes straks med svakhet i utførelse. Sånn kan bildet føre til at de stående murene blir vurdert som dårligere enn antatt. På Sør-Gruva er det tvert imot, hvor f.eks vederlagene gir inntrykk av forståelse for material og utførelse.

Utrasing av frontmur er et vanlig skadebilde å se på de kjellerne i området som ikke lenger er i bruk, eller får et minimum av tilsyn. Disse murene er de mest utsatte i konstruksjonen ved at bakfylling ofte består av telefarlige masser, og her framme vil tele lettere få tak. I motsetning til vederlagene som med sin dybde er beskyttet for den type belastning.

05.3 Tilstandsvurdering for de enkelte konstruksjonsdeler

konstruksjonsdel	tilstandsvurdering	grunnlag
Hvelv	2/3 nedrast. 1/3 som står er nærmest endemuren, og den virker stabil. Unntak enkelte steiner i overgang til nedrast del. Få muligheter til å binde den stående del av hvelvet sammen med ny del. Behov for å ta ut trykket av den opprinnelige delen. Kan gjenbruke det opprinnelige materialet	Kan vurdere bueformen opp mot avslutningen av endemuren og sjakt. Ingen opplagte svekkelser som tviser at denne delen er på vei ned. Også vederlagene gir et veldig godt inntrykk, med klar regelmessighet som skiller de fra resten av murene Er disse stabile skal det svært mye til for at et hvelv faller sammen Observerer ikke knust materiale Må også vurdere styrke i konstruksjonen utfra hvilken grad av skader den har pådratt seg ved å stå utsatt og svekket i en 20-års periode
Vederlag	Opplevs som stabile, og godt murt med en fremhevet regelmessighet. Finner ingen svekkelser i dette murverket som kunne forårsaket kollaps av hvelv. Det vil ikke være nødvendig med inngrep i denne delen av konstruksjonen	Regelmessigheten i murverket tyder på en bevissthet fra byggherre om å sikre seg at denne delen er stabil Selv nå når den er mer utsatt for fukt og tele viser den seg svært stødig
Endemur	Deformert ved at deler av murmaterialet er trykt inn. Bue på hele murlivet skyldes vel så mye at det er murt etter avslutningen på hvelvet	Målinger viser at enkeltsteiner er på tur inn En del liggfuger skrår uheldig mye ut av murlivet Usikkerhet knyttet til fundament
Frontmur	Mye av den opprinnelige konstruksjonen er nedrast. Murtype og struktur er delvis visket bort. Finner med sikkerhet steiner i avslutningen ved dør, oppfattes som opprinnelig i sin plassering Frontmuren omfatter både støttemur og kistemur Kan tilbakeføre selve inngangen detaljert. Kan tilbakeføre formen på muren etter antakelser. Kan tilbakeføre uttrykket i muren ved å gjenbruke opprinnelig materiale	Beskrivelser fra informant Detaljerte registreringer fra frigraving av murrester. Sortering og tolkning av utrast materiale Tolkning av opprinnelige steiner ved dør, og i bannskift i adkomsten

Tabell : Tilstandsvurdering av hvelvkjeller på Sør-Gruva, Espen Marthinsen , NHU 2006

05.4 Valg av tiltak

På grunnlag av det foregående velges det og istandsatte kjeller med videre bruk av konstruksjonstype og materiale. Dette som et bidrag til bevaring av et dokumentert mangfold innenfor tradisjonen med bygging av hvelvkjellere i odalen.

Det betyr at de vederlagsmurer som står vil bli en del av den istandsatte kjelleren uten at det utføres inngrep i disse. Det er et ønske om å bevare mest mulig av den delen av hvelvet hvor det fremdeles er bæring.

Endemuren skal tilbakeføres så tett opp til originalen som mulig, men deformasjoner skal rettes opp. For å nå dette målet skal det benyttes detaljerte dokumentasjonsteknikker.

Frontmuren har skader som har visket bort flest spor, målsettingen med tilbakeføring må bli deretter. Selve inngangspartiet ved dør, med markante store stein skal videreføres. Det som registreres som murstruktur ved frigraving av murrester, blir og murstrukturen i den nye muren. Gjenbruk av det opprinnelige materialet gir en liten grad av autentisitet også i denne delen.

For å nå disse målene må arbeidet følge visse retningslinjer.

Hvelvet må få en forskaling som sikrer den stående buen, og restene etter buen i den andre delen. Dette utføres ved at det benyttes en forskaling med en stiv underdel og en føyelig overdel. Hvor den første skal ta vekter og den andre delen skal ta opp ujevnheter i den stående konstruksjonen. Skal bygges som en grunnramme av rundstokk, hvor på det er satt opp bukker som skal bære et dekke. På dette dekket skal det legges løsmasser som skal pakkes og stabiliseres (hele forskalingen jekkes på plass) slik at vekta fra hvelvet overføres på forskalingen. Når dette er utført skal trykket i den gjenværende buen tas ut. Den gjenværende delen bygges så om slik at ny og opprinnelig del kan låses sammen i et nytt stabilt hvelv over kjelleren.

Det er på grunnlag av registrering av det nedraste materialet, estimert et behov for supplering av stein.

Endemuren skal demonteres, for å mures opp igjen med høye krav til tilbakeføring av stein og type murverk.

Den dokumenteres på folie (avtegnes) som er spent opp på ramme tilsvarende kjellerens tverrsnitt ved endemur.

Murlivet i endemur demonteres etterhvert som den frigraves fra utsiden. Alle steiner merkes med tilsvarende nummerering på tegning 1:1. Alle steiner lagres utvendig.

Endemurens fundament forbedres ved at ulikheter i byggegrun utjevnes. Det er fastslått at muren står delvis på fjell, og på løsmasser over skrånende fjell. Det skal komprimeres masser med egnet styrke fra fjell opp til gulvnivå i kjeller.

Gjenoppbygges som en støttemur med enkel vange mot stedlige masser.

Frontmuren skal demonteres helt, bortsett fra store opprinnelige steiner som danner døråpninga. Registrerte grunnsteiner i adkomsten skal å ligge og benyttes som murfot for ny mur, samtidig som de dokumenterer rester av det originale murverket.

Sistnevnte er svært viktig fordi det velges og utvide adkomsten fra 75 cm til 90 cm bredde.

Dette gjøres på grunnlag av at tidligere eier erfarte at 75 cm var svært smalt iforhold til å bære varer ut og inn av kjeller. For å sikre framtidig bevaring av kjeller må man legge til rette for bruk. Derfor økes bredden. Selve åpningen på døra forblir original. Sporene etter den smale utgaven vil være tilgjengelig under løsmasser i adkomsten.

Generelt kan man si at rekkefølgen på oppgaver var gitt. For å reise forskalingen var det en forutsetning at endemur og frontmur var demontert.

06 Murarbeidet

06.1 Dokumentasjon og registreringer

Det er valgt å dokumentere hele arbeidsprosessen med daglig bruk av videoopptak. Målsettingen med opptakene har vært å dokumentere omfanget av arbeidet, som mange ganger vil være vanskelig å synliggjøre ved en stående inndekt kjeller. Tanken med en slik dokumentasjonsteknikk er og å få vist en nødvendig rekkefølge på de ulike trinn i arbeidet. Dette er nå laget i et format som er svært egnet for visning.

Opptakene er utført med videokamera i en fast posisjon som er benyttet gjennom hele arbeidet. Kameraet er stilt inn på intervalloptak, med 0.5 sek langt opptak vært halve minutt. Opptakene som er utført vil ikke dokumentere arbeidsteknikker, eller detaljer fra muringen. Dette må leses ut av levert rapport og gjennomgang av arbeidet med stillbilder (foreligger som bildespill i powerpoint). Her skulle alle nødvendige detaljer fra arbeidet foreligge.

06.1.1 Demontering av frontmuren

Rester etter murstruktur ble forsiktig gravd fram for å ikke skade eventuelle spor. Det ble funnet tilstrekkelig med murstruktur til å danne seg et bilde av hvordan denne muren opprinnelig var bygd opp. Den er murt som en vinkel på hver side av adkomst, hvor sidene i vinkelen danner innervegg i kjeller og mur langs adkomsten inn til kjeller.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva
Rester etter frontmur er frigravd
Viser to vanger (en kistemur) bygd i en vinkel.
Formen på den avdekte murrestene er markert på foto :
Rød : yttervange
Blå : Innervange

Foto : Espen Marthinsen/NHU 2006

Som fyll mellom vangene i kistemuren er det benyttet stedlig rød-brun siltig sand. Bredden på kistemuren varierte fra 80-85 cm. Midtsjiktet hvor fyllmasser ble lagt er 25-30 cm bredt. Dette er kjente størrelser benyttet for denne type murer.

Det er klar forskjell på de to vangene, med den indre vangen (den eksponerte) som den mest regelmessige. Uregelmessighetene i den andre vangen er så store at man kan tenke seg at den aldri er murt for å stå eksponert.

Strukturen med kistemur ble avdekt kun i murens øvre sjikt. Lenger nede går muren over i en enkel vanget støttemur, murt mot stedlige løsmasser.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva
Rester etter murvange vs adkomst

Fra kote 0 -80 (målt fra originalt gulvnivå adkomst) er muren bygd som enkelvanget støttemur mot stedlige løsmasser

Løsmassene er i øvre del er rød-brun siltig sand. Nederst veksler det over til lysegrå leirholdig morene som ikke gir inntrykk av å være særlig omrørt

Foto : Espen Marthinsen / NHU 2006

Muren er bygd med rundet materiale, hovedsaklig i størrelse som kan håndteres uten ekstra løftekraft.

På foregående bilde er den opprinnelige døråpningen markert med rødt (90 cm bred), dette viser dermed hvor mye murene i adkomsten har blitt skjøvet inn.

Løsmasser som her er lagt tilbake vil være telefarlige og man vil være avhengig av at overflatedrenering fungerer best mulig.

Når all stein er demontert og løsmasser sortert og flyttet på sine respektive lagringsplasser avdekkes murens byggegrunn. Denne består av den samme lysegrå morene som ble funnet bak de nedre skift av murverket. Bånnskiftet som ligger stabil i disse massene blir liggende urørt og skal bygges videre på. Her har det foregått et setningsforløp over lang tid, og som vil nullstiles ved å grave opp stein i disse massene.

Det blir foretatt enkle undersøkelser av jordartens bæreevne. Benytter NBI sine feltmetoder, beskrevet i detaljblad 511.204. utfra disse prøvene kan man si at massene er fast lagret. Betyr at man anslagsvis kan belaste massene med ca. 15 tonn pr. m².



Hvelvkjeller på Sør-gruva

Rester etter frontmurens fundament er avdekket
Sett ovenfra hvelvet.
Det er gravd ned til murens uk ved døråpning.
Dette tilsvarer 20 cm under gulvnivå inne i kjeller.

Th ser man en forholdsvis jevn rekke som ligger lenger inn i mot senter av adkomsten, enn stein nærmest i bildet som er del av den opprinnelige døråpningen.

Tv er det en enkeltstein som bryter linja fra stein i døråpningen og ut fra adkomsten

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

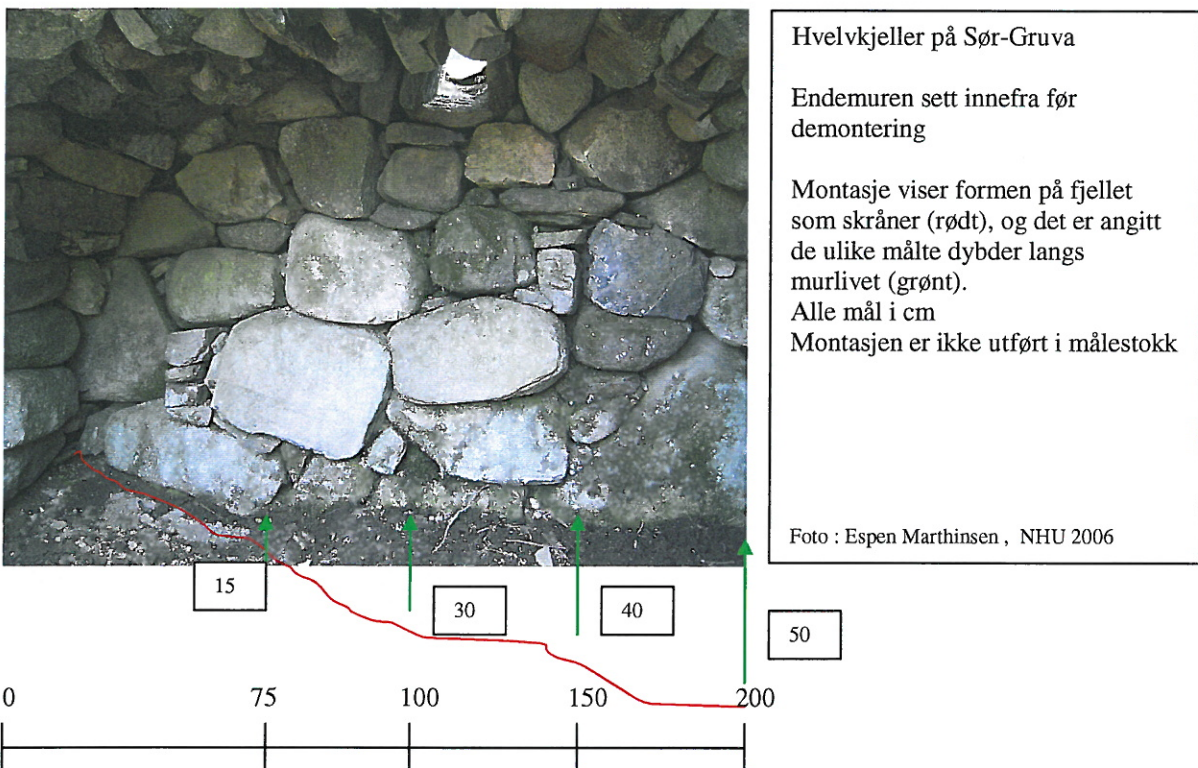
Steinrekka th på det foregående bildet ble innledningsvis tolket som en deformasjon, fordi sammenliknet med andre adkomster i referansematerialet ble denne veldig smal (75 cm).

Regelmesigheten i rekka, og opplysninger fra tidligere eier gjør at denne vurderingen ble revurdert. Dette er antakelig den opprinnelige formen, med unntak av den ene steinen i rekka tv som her bryter linja for muren og som må tolkes som en deformasjon.

Alt materialet som vises på dette bildet ligger idag under løsmasser i adkomsten og er lett tilgjengelige. Senere skal man se at i istandsetting av denne muren ble nytt murliv flyttet ut slik at bredden i adkomsten ble økt til 90 cm, tilsvarende bredde som døråpningen har. Nye murliv markert med grønt på foregående bilde.

06.1.2 Demontering av endemuren

Det ble gjort et endelig valg om full demontering av endemur. Hovedårsaken til valg av et så omfattende inngrep er utførte målinger som viser at det fremdeles foregår deformasjoner i murlivet, samt at det avdekkes et vekslende fundament. Dette betår av fast fjell i en ende og løsmasser over fast fjell i den andre enden. Det er store variasjoner i tykkelsen på løsmassene ned til fast fjell. Den ene av grunnsteinene i muren hviler direkte på en skråflate i fjellet. En annen grunn til at man kan velge et så omfattende inngrep er at det ligger godt til rette for å utføre dokumentasjon på en slik måte at mye av muren vil kunne oppføres på nytt med opprinnelig utførelse.



For dokumentasjon av muren ble det valgt en teknikk som er en del benyttet innefor ruinkonservering, hvor man spenner opp en transparent folie og tegner av murlivet på denne. En annen teknikk som ville vært anvendelig i et rom som dette er bruk av laser. Denne kunne med et fastpunkt etablert så mange 0-linjer man ønsket iforhold til detaljeringsgrad, og målt posisjonen for den enkelte stein . Denne metoden ble vurdert som mer tidkrevende og valget falt på oppmålingen på folie i målestokk 1:1.

Malen av buen som folien skulle spennes opp på ble laget på følgende måte :
 Det ble lagt ut en lekt i bredde med kjelleren. På denne ble det montert to bøyelige tynne lister. Disse ble så bøyet til de overlappet hverandre og fulgte formen på det eksisterende hvelvet, i denne posisjonen ble de låst sammen med bensling av ståltråd. På denne ramme ble det stiftet opp byggplast.

Dermed kunne malen reises opp mot det opprinnelige murverket i endemuren, og de enkelte steinen ble tegnet av.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Lager mal med påstiftet folie for dokumentasjon av endemur

Foto : Espen Marthinse, NHU 2006

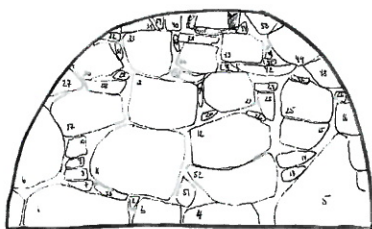


Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Mal for dokumentasjon i bruk under demontering av endemur

Foto: Espen Marthinsen , NHU 2006

Denne dokumentasjonsformen vil ikke fange opp former i et tredje rom-plan, den blir derfor en to-dimensjonal dokumentasjon. Omrisset for den enkelte stein vil og være vanskelig og gjengi helt korrekt. To ulike personer ville antakelig ikke definert det samme omrisset. Etterhvert som stein plukkes ut av muren og lagres på utsiden, påføres steinen et nummer. Det samme nummeret påføres på tegningen.



HVELVKJELLER, ENDEMUR, SKISSETT, AVTEGNING, 1:1, FOR AVTEGNINGEN
 SØR-GRUVA, TRUMTUNN, NNA-ØM, RUMSKA.

Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Endemuren er avtegnet 1:1 på folie

Nummer på stein på tegning refererer til nr som den enkelte stein er markert med

Tegning : Espen Marthinsen, NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Demontering av endemur med bruk av tegning i målestokk 1:1

Nummer som vises på det demonterte materialet finner man igjen på tegningen

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

Demontering av endemuren bekrefter at den er bygd som en enkelvanget støttemur mot stedlige masser. Massene er av stedlig art, men tydelig omrørte. Dette kan man se ved å sammenlikne disse massene nærmest muren med sjikt lenger ifra som tydelig har sin opprinnelige rekkefølge inntakt. Denne observasjonen dokumenterer at det er omtrent gravd ut en grøft i 1 m bredde, målt fra bakkant av murlivet, iforbindelse med bygging av kjelleren. Utgravningen denne gang ble gjort på den måten at en gravemaskin gravde en grov sjakt ca. 75-100 cm fra bakkant av endemuren, ned til nivå tilsvarende innvendig gulv. Deretter ble masser nærmest muren gravd bort for hånd.

Det ble lagt vekt på og registrere type masser, i hvilken grad det var lagt stein bakenfor murlivet igjen, hvordan stein i murlivet er stabilisert i bakkant.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Demontering av endemur

Det er utført grov sjaktning med maskin

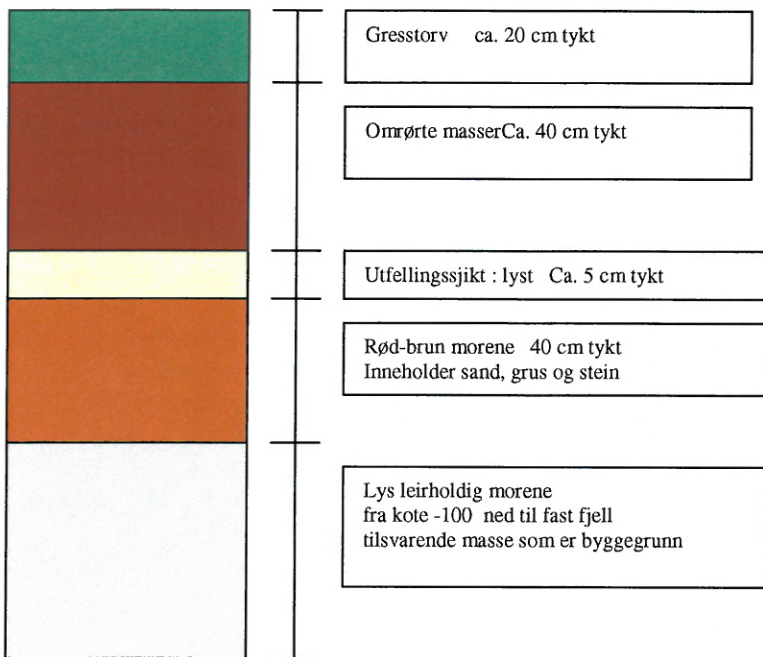
Muren er iferd med å graves fram for hånd

Skille melom hvelv og endemur er markert med spraymaling.

Foto: Espen Marthinsen , NHU 2006

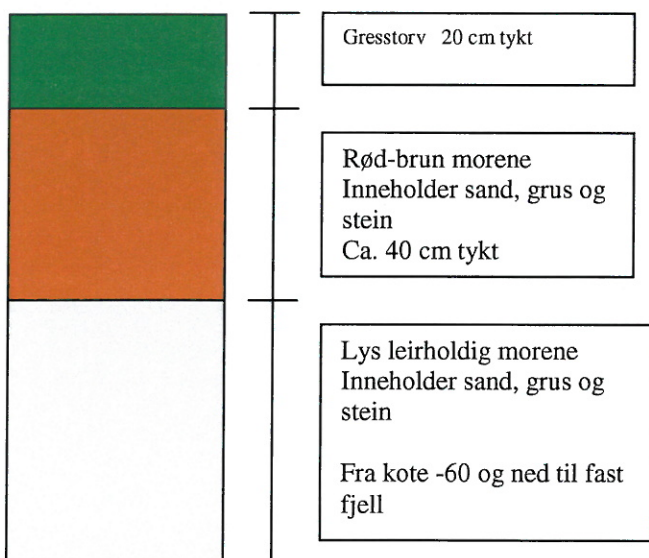
Registrering av sjikt i løsmasser ble utført både i ytterkant av sjakt og nærmest mulig det opprinnelige murlivet. Det gav noen forskjeller i resultat.

Nærmest muren finner man følgende profil:



Tabell : Jordprofil ved bakkant støttemur, Espen Marthinsen, NHU 2006

I ytterkant av gravd grøft, 2.5 m fra mur, registreres følgende profil:



Tabell : Jordprofil ved ytterkant maskingrøft (ca 2.5 m fra mur), Espen Marthinsen, NHU 2006

En tolkning av disse profilene antyder at det er gravd ut forholdsvis lite av massene under kote – 60. De lokale moreneavsetningene er ifølge eiere svært stabile. Dette har man antakelig utnyttet i arbeidet med muren. Oppfylling med det som identifiseres som omrørte masser kan si noe om det opprinnelige terrenget her når kjelleren skulle etableres. Når de tidlig møtte på fjell førte det til at de måtte fylle opp desto mere for å få dekt inn og gitt isolasjon til kjellerrommet . Ulikt registrert nivå på lys morene kan forklares med at fjellet stiger denne veien, og dette sjiktet er påvist andre steder og følger fjellet.

I et framtidig studie av forskalingsteknikker, hvor man blant annet ønsker å undersøke om det har vært vanlig å benytte de løsmasser som ligger på stedet ved at det bare er gravd ut grøfter for vederlagsmurer, bør man kunne bruke jordprofiler på samme måte som her.

Etterhvert som endemur demonteres registreres både bruken av kiler som stabilisering i bakkant, og større stein lagt løst i løsmasser som støtte for stein i murlivet. Kilene viser seg konsekvent å bare være lagt der de får en stein i neste skift som underlag. Finner ingen kiler lagt i løsmassene. De større steinene er bare benyttet punktvis, får aldri en regelmessighet som skulle tilsi en egen murvange.

Måten å bruke kiler på viderføres i istandsettingen. Bruken av de større steinen sløyfes, de representerer en fare for at det påføres murlivet punktbelastninger som vil virke svært uheldig. Mener at noen av de deformasjonene som er dokumentert i murlivet kan kobles til disse steinene i løsmasser bak endemuren.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Viser endemuren sett utenfra

Har startet demonteringen

Røde piler markerer eks på større løs stein lagt i løsmasser

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Fra arbeidet med demontering av endemuren

Viser detalj fra forgående bilde med legging av kile/skore i bakkant av stein i endemuren

Kile/skore hviler mot stein i foregående skift i endemuren.

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

Endemuren demonteres ned til fast fjell. En markert stein i høyre hjørne sett innefra, og to stein i det motsatte hjørnet beholdes. Bak det første skiftet i muren graves det i liten grad bort løsmasser.

Fast fjell renskes slik at fall og tykkelse med løsmasser måles ved hjelp av en 0-linje. Se foto med montasje side 49.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Endemur er demontert og byggegrunn registreres.

Avdekker sterkt skrånende fjell under endemur.

Rød linje markerer ca. plassering av murliv

Tommestokk peker på rester etter tregulv inne i kjeller

Foto: Espen Marthinsen, NHU 2006

06.1.3 Demontering av hvelv

For å demontere deler av det eksisterende hvelvet på en hensiktsmessig måte måtte forskalingen reises og ta opp lasten i overdekking og hvelv. Da ville man være istand til å demontere hvelvet på en sikker og kontrollert måte, samtidig som man ville kunne bevare mye av den opprinnelige hvelvkonstruksjonen.

Før forskalingen ble reist ble alle deler av hvelvet, som arbeidet ville berøre, rensket for overdekking. I massene som ble fjernet søkte man etter tegn på at det var gjort særskilte tiltak for å tette hvelvet i overkant for å hindre nedsiging av løsmasser i kjeller. I det referans materialet som er benyttet i oppgaven er det funnet eksempler på at det er benyttet både tette (leirholdige) masser og never til dette formål. Ikke noe av dette ble registrert her. Det var den samme stedlige massen (rød-brun siltig sand) som lå i hele overdekkingens tykkelse. Den hadde også fylt godt ut i ujevnheter mellom steinene.

I selve murmaterialet ble det funnet mye bruk av kiler i overkant av hvelv, som låsing av enkelt stein. I underkant hvelv lå de samme steinen kant i kant uten bruk av kiler. Det var og tydelig hvordan steinenes naturlige former var utnyttet for å skape god låsing. Omfanget av den type stein var så stort, at det må ha krevd svært mye arbeid og et trenet øye for å samle sammen et så rikt materiale.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Avdekker overdekkingen på hvelvet

Utføres skånsomt med håndverktøy

Foto : Espen Marthinsen , NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Overdekking på hvelvet som istandsettingen vil berøre er fjernet

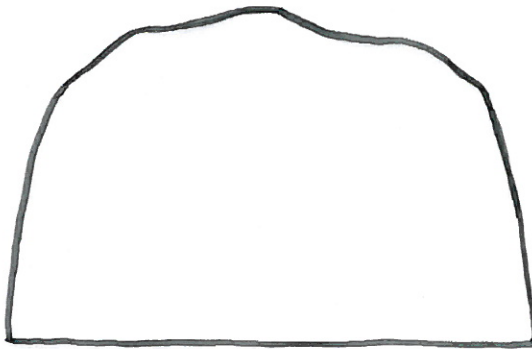
Fører til verdifull informasjon om blant annet nivå for anfang. Selve anfangene er markert med røde piler. Bestemmes som anfang utfra sin naturlige form : horisontal i uk og skrå i ok.

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

Avdekkingen bekrefter at deler av det stående hvelvet og må demonteres og mures om, dermed blir omfanget av istandsettingen hele hvelvet.

Geometrien i buen er kontrollert med bruk av blant annet dokumentasjonsprotokoll, se 03.3.1 Oppmålingen der viser mye av den samme buen som vises på de to foregående bildene, og den er ikke symmetrisk. Usikkert hvor mye av denne asymmetrien som er skapt fra deformasjoner, og hvor mye som var der fra starten av .

CM 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 230



• FØR •

Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Oppmålt bue før demontering

Avdekker flere likhetstrekk med fotodokumentasjonen : skarp stigning på buen og flat topp.

Tegning : Espen Marthinsen, NHU 2006



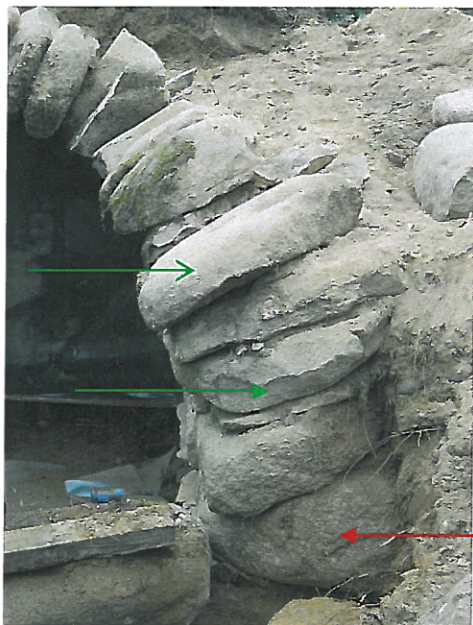
Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Deler av det avdekte hvelvet, sett ovenfra.

Viser hvor uregelmessig materiale som er benyttet.

Dette gir små kontaktflater mellom en del stein i hvelvet, noe som krever høy trykkfasthet i materialet
Rester av overdekkingen synes th i bildet

Foto : Espen Marthinsen , NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Detalj fra vederlagsmur og hvelv på høyre side for inngangen.

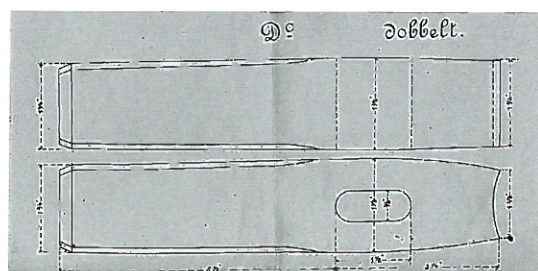
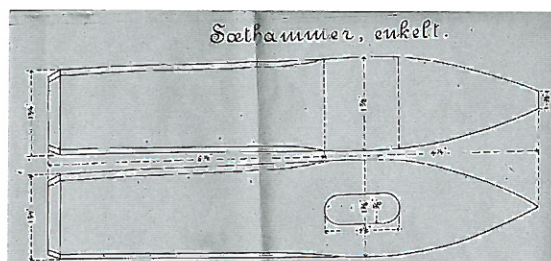
Rød pil påviser det som kan defineres som anfanget.

En stein med karakteristisk naturlig form som skiller den fra stein i skift under og over : Horizontal ligg, mens byggeflata skrår betydelig

Dette skiftet ligger 80-85 cm over gulv inne i kjeller

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

Ved nærmere undersøkelse av materialet i hvelvet synes det som ganske sikkert at en del av materialet er grovt bearbeidet. Det foregående bildet viser to eksempler på slik bearbeiding. Den nedre grønne pila markerer en stein som er hugget, antakelig med hulsett. Hulsett fordi den viser tydelige skålformer der biter er hugget av. Den ble brukt sammen med en slegge. Hulsett ble etterhvert et svært vanlig verktøy som lå rundt på mange gårder, på østlandet var det vanligere å kalle den dobbeltsett. Men det var først i siste halvdel av 1800-tallet, når det foregikk mange store arbeider på veg og jernbane. Murere og smeder som jobbet på disse anleggene utførte også arbeid privat, slik ble deres kunnskap spredt. Det er litt overraskende hvis en byggherre med kunnskap om verktøy for hugging av stein har valgt et så uregelmessig materiale. Kanskje var kunnskapen begrenset. Den øvre steinen som er markert med grønn pil, er en rundet stein som er kløyvd på midten etter lagdelingen i steinen. Dette finner man mange eksempler på i dette murmaterialet. En slik kløyv kan utføres med eggen på en slegge, mer presist utføres den med slegge og enkelsett (piggsett).



Verktøybruk på Sør-Gruva

Spor funnet som bekrefter bruk av dobbeltsett, kanskje også enkeltsett.

Eksempler på disse som her er vist er funnet i litteratur på Jernbanemuseet på Hamar : *Arbeidsredskaper, Norges Statsbaner, 1871*

Det er laget kopier av disse som er prøvd ut i stipendiatsarbeidet.

06.1.4 Bruk av innsamlet kunnskap fra demonteringer

Omfattende registreringer iløpet av arbeidet med demonteringer vil alltid gi viktig opplysninger på ulike plan og detaljnivå. Alt dette som nå er belyst vil bli lagt til den kunnskap man hadde etter de innledende undersøkelsen.

Dette gir et tilstrekkelig grunnlag for å velge hensiktsmessige tiltak for konstruksjonen, og måten disse tiltakene bør utføres på.

Nå vet man mer om hvordan et slikt materiale bør benyttes, det er og kunnskap om grad av bearbeiding som kan være nødvendig.

Det er og dokumentert på flere måter hvordan murverket forholder seg til de stedlige massene, som er sentrale i en slik isolert konstruksjon.

Det er funnet fram til ulike grader av tilbakeføring, og det er valgt ulike metoder for dokumentasjon for å støtte dette arbeidet.

06.2 Forskaling

06.2.1 Valg av prinsipp

Med erfaringer fra tidligere arbeid i stipendiatet hvor kombinasjon av stiv og føyelig forskaling er benyttet, er det naturlig å viderføre det arbeidet her på Sør-Gruva.

Når man står overfor et delvis nedrast hvelv, et sterkt deformert hvelv eller et hvelv av svært uregelmessig materiale, er dette den mest hensiktsmessige metoden som så langt er prøvet ut. Fordi et slikt føyelig sjikt vil kunne ta hensyn til alle de uregelmessighetene som et skadet hvelv har.

Et slikt føyelig sjikt kan bygges av sand eller jord. Dette velger man ut fra hvordan massen skal komprimeres. Hvis det er behov for å komprimere deler av sjiktet med vann, anbefales det og benytte støpesand med god permeabilitet. Her på Sør-Gruva var ikke det et behov, og det ble derfor valgt å benytte stedlige masser.

06.2.2 Dimensjonering av forskaling

Den stive konstruksjonen som skal bære det føylige sjiktet, og etterhvert også vekten av hvelvet før det låses må ha en viss dimensjon. Det er så langt ikke utført beregninger for denne dimensjonen, men ut fra de erfaringer som ble gjort her på Sør-Gruva kan det være et naturlig neste skritt i utvikling av denne metoden.

I dette tilfellet ble denne totale vekten beregnet til 8 tonn. Egenvekt av forskalingen er ikke her inkludert. Det antas at valg av løsmasse førte til økt vekt iløpet av arbeidet i perioder med mye nedbør.

På Sør-Gruva besto den stive delen av en grunnramme tilnærmet lik kjellerens grunnflate. På denne rammen ble det reist fire bukker som fordelte lengden i kjelleren likt seg imellom. Disse ble avstivet på langs. Opp på bukkene ble det lagt et dekke, som ble gjort tett med fiberduk. Duken ville holde løsmasser på plass og slippe gjennom vann.

Forskalingen ble hovedsaklig utført med ulike rundstokk dimensjoner av tørr gran.

Det gav følgende materialliste:

Del	Lm	Dim
Grunnramme	15	6"
Bukker /stolper	8	4"
Bukker /liggere	32	1"x 6"
Sverting	50	3/4 " 6"
Dekke	100	3"

Alle materialer er levert av eier, tatt ut fra egen skog i umiddelbar nærhet til kjeller.

06.2.3 Montering av forskaling

Grunnramme ble lagt på 4 sterke punkter, så høyt at det lot seg sette opp 10 tonns jekk under. Stokker i grunnramme ble lagt med kryss, slik at tverrstokker lå under stokker på langside. Dette fordi det var på kortsidene jekkene skulle stå.

Stokker ble stabilisert underveis i monteringen ved hjelp av beslag som ble skrud fast med drill. Det samme gjaldt stolper i bukkene, som det også ble hugget spor for i grunnramme. Det ble lagt to bord pr. bukk. Disse ble og skrudd, det samme ble alle svertinger. Dekke ble lagt løst på bukkene.

Løsmasser for føylig sjikt ble tatt i umiddelbar nærhet og besto av rød-brun siltig sand. Denne ble bært fram for hånd.

Montering av forskaling:

Alle foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Legging av grunnramme



Reising av bukker



Bukker er klare



Dekker er lagt



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Løsmasser er nesten ferdig lagt. De formes etter den opprinnelige buen

Det mangler en spuntvegg framme som kan holde på masser

Massene er komprimert opp under hvelvet

Neste trinn er å jekke opp forskalingen til endelig stanbilisering av hvelvet og avlastning

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Forskalingen er jekket opp med 4 stk 10 tonns jekker

Hvelvet er avlastet og trykket tatt ut av buen

Nødvendig videremontering av hvelvet er igang

Det er bygd enkel spuntvegg i framkant (og bakkant) for å holde på løsmasser

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

06.2.4 Erfaringer fra forskalingsarbeidet på Sør-Gruva

Tanken med å velge en metode som ville vær skånsom med det eksisterende murverket viste seg å fungere godt. Det ble ikke påført det eksisterende murverket noen skader underveis i monteringen, eller ved avlastingen av hvelvet.

Alle materialer var inne umiddelbar nærhet til kjellerene og gjorde dette til en meget rimelig løsning. Det var og en type forskaling som var lett å reise for en mann.

Det viste seg ved senkning av forskalingen at alle dimensjoner ikke var tilstrekkelige, dette gjaldt tverrstokker som fikk kraftig oppbøyning, og hvor den ene fikk et tretthetsbrudd.

En annen svakhet som åpenbarte seg var utstikket på dekket. Dette ble 50-60 cm fordi steiner i døråpningen skulle bevares og førte til at grunnramme måtte flyttes inn. Under belastning av

hvelv, løsmasser og arbeid har dette partiet gitt seg noe, dette vises desverre i den ytre hvelvringen som er blitt for flat.

Løsmasser som ble valgt viste seg uheldige i fuktig vær, da ble de svært bløte og man trakk lett istykker formen på buen. Store steiner med spisset uk hadde og en tendens til å sige ned i massene. Dette ville vært unngått ved bruk av mer permeable masser.

Det er og en utfordring underveis i arbeidet og holde kontroll på buen som er formet i massene, slik at den ikke blir for flat eller for bratt. Dette har forekommet framme på høyre side, hvor buen har fått et klart avvik.

Ved senkning av forskalingen var heller ikke fastpunkter i bønn godt nok tilpasset, slik at forskalingen kom ikke langt nok ned og gjorde uttak av løsmasser til et krevende arbeide.

Et annet problem med dette valget var at nman ikke fikk sikret overganger til vederlag så godt som man ønsket. Her var det og et problem med å låse løsmasser.

Som en konklusjon kan man si at metoden er riktig men det er flere forbedringspotensialer i utførelse.

06.3 Muring av hvelv

06.3.1 Uttak av stein for supplering

Det var på forhånd forutsett et behov for uttak av stein til bruk i muring av hvelvet. Særlig med tanke på overgangen mellom gammelt og nytt hvor det burde være gode forband. Det opprinnelige materialet gav få slike muligheter.

Det ble derfor lokalisert et aktuelt uttak av stein i Sør-Odal, hvor man kunne plukke stein på anleggsområde. Steinen her var den samme som i grunnfjellet på Sør-Gruva, en øyegneis. Den har forholdsvis høy trykkfashet (130-210 Mpa) og har en naturlig lagdeling slik at den ville la seg bearbeide på stedet med bruk av enkelt verktøy.

Det ble tilkjørt to bilhengerlass med denne steinen, altså et lite supplement.

Nå viste det seg etterhvert at hele toppen av hvelvet ble demontert og det opprinnelige behovet falt bort. Men det dukket opp et annet behov, å få et godt anlegg fra opprinnelige flater opp mot ny del av hvelv. Samtidig så man at en slik måte å mure på fint kunne markere omfanget av inngrepet ved at alle eldre lag fikk en ny stein som den neste og dermed skapte et skille mellom det opprinnelige murverket og det nye murverket som ble murt med det nedraste materialet.

Noe av dette nye uttaket ble og benyttet i toppen som en tilpasning opp mot originale sluttsteiner.



Uttak av stein til arbeidene på Sør-Gruva

Eksempel på gangen i fjellet

Masse skutt ut på forhånd

Stein plukket fram for hånd

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Uttak av stein til arbeidene med hvelvkjeller på Sør-gruva

Bildet viser den totale mengde som ble tilført. Alt er benyttet i hvelvet. De andre murene er ikke tilført noe av dette materialet.

Tatt ut med tanke på at hevlvtykkelse ikke skal være under 35 cm

Det er valgt stein med en del uregelmessigheter.

Foto: Espen Marthinsen, NHU 2006

06.3.2 Murarbeidet

Hvelvet er murt med mye av det gamle som mal, både når det gjelder bueformen og materialbruk.

Den valgte bueformen ble opplevd som godt tilpasset det materialet som skulle benyttes. En slak segmentbue gir små utslag på fuge retning, fra en stein til den neste. Variasjoner i tykkelsen på materialet gjorde også at man hadde relativt fritt spillerom i muringen.

Retningen på alle fuger ble kontrollert med snor utfra buens senter, en retningslinje som ble fulgt med en nøyaktighet tilpasset det uregelmessige materialet.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Stein fra den nedraste delen av hvelvet er sortert
Viser en overvekt av rundet materiale

Variierer en del i størrelse.

Materialet viser tydelig spor etter sot i nedre halvdel av steinen. Jfr. tradisjonelt vedlikehold beskrevet under 02.5

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

I de skifta som ble lagt nye mot det opprinnelige murverket ble alle stein lagt med forband mot det underliggende skift. Siden når man murte med det opprinnelige materialet ble det sjeldenere mellom gode forband. De ble fordelt etter beste evne over hele hvelvet.

Det ble ikke lagt vekt på å mure jevntykke skift i hele hvelvets lengde, nivå forskjeller i et enkelt skift ble foret ut med et tynnere materiale. Dette er i tråd med slik det opprinnelig hvelvet var utført.

For å belaste forskalingen jevnest mulig ble det hele tiden murt fra begge sider.

Den enkelte stein ble lagt på den måten at man vinklet den slik at den fikk så god kontaktflate som mulig i uk med den foregående stein, deretter ble avstanden i overkant vurdert for å se om denne kunne låses med kiler. Det var selvfølgelig viktig at vinklingen samtidig forholdt seg til buens senter.

Kiler som ble satt, ble satt i lås i ok av steinen. Det ble ikke fylt opp med kiler i hele rommet mellom to stein. Kiler satt på den måten vil kunne bryte i murverket.

Til sluttsteiner ble det benyttet det som man tolket som de opprinnelige, med de fra den stående delen som mal. Ble et utvalg bestående av kraftig stein, av de største i hele materialet. De var alle tydelig kileformet, med en vinkel godt tilpasset toppfugenes retning mot buens senter.

De ble kilt forholdsvis godt fast, da det med hvelv av denne størrelse sjelden beregnes noen låse-effekt fra siget i konstruksjonen når forskalingen senkes.

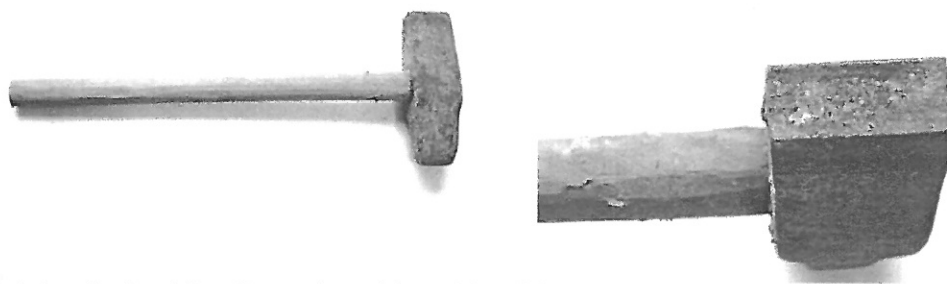
Etterpå ble alle kiler gått over og sikret at de sto i lås. Det ble tilført noen ekstra kiler i forbindelse med dette.

06.3.3 **Bruk av verktøy**

Registreringer av det opprinnelige murverket og murmaterialet kunne vise til spor etter enkle former for bearbeiding av det runda materialet. Dette er gjennomgått i blant annet 06.1.3 En slik grad av verktøybruk er forsøkt brukt i arbeidet. Dette har vist seg hensiktsmessig iforhold til behovet for grov tilpasning av murmaterialet. Det er hovedsaklig benyttet dobbeltsett til tukting av kanter på det originale materialet, mens det på tilført materiale er benyttet enkeltsett for kløyving til egnet tykkelse.

For noe finere tilpasning er det benyttet en piggmeisel og en kantsett. Med piggmeiselen er uheldige nabber på steinflater tatt ned, mens kantsetten er brukt på samme måte som enkeltsetten.

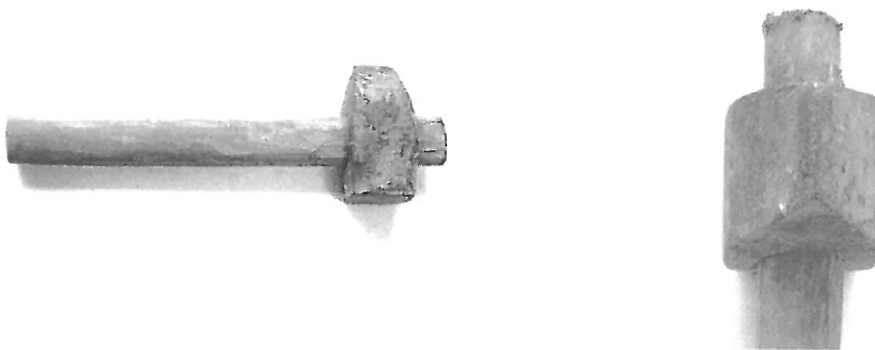
Sammen med disse redskapene er det benyttet to vanlige type slegger, en 4 kg og en 1.25 kg.



Enkelsett brukt på Sør-Gruva, fra Feiring, Eidsvoll, har tilhørt Johan Limbodal
Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Piggsett og kantsett brukt på Sør-Gruva, levert av Rebit (Atlas Copco)
Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Enkeltsett brukt på Sør-Gruva, fra Feiring, Eidsvoll, har tilhørt Johan Limbodal
Foto: Espen Marthinsen, NHU 2006

06.3.4 Senkning av forskaling

Tanken med denne løsningen var at man hadde en margin å gå på i løsmassenes fasthet, og at det skulle være rom for å heve forskalingen slik at fastpunkter i bønn kune tas ut. Deretter skulle hele forskalingen senkes med de fire jekkene.

Det viste seg at den marginen var mindre en man først hadde regnet med, og det ble et uheldig stort løft i buen i forbindelse med denne operasjonen. Dette vises godt på de video-opptak som er gjort fra arbeidet. Disse erfaringene tilsier at utførelsen her må endres.

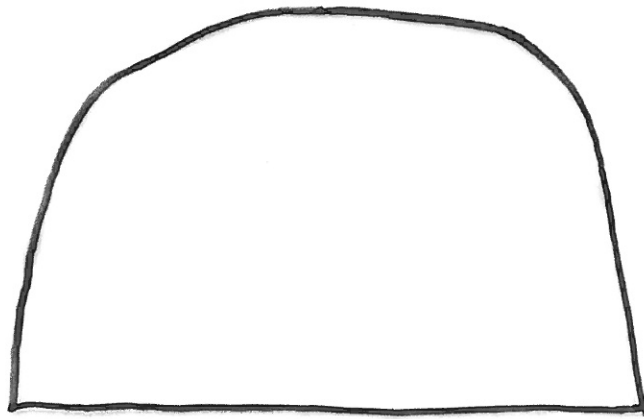
Det vil og ved neste forsøk være ønskelig å få senket selve forskalingen lavere slik at arbeidet med uttak av løsmasser kunne gjøres enklere.

06.3.5 Resultat

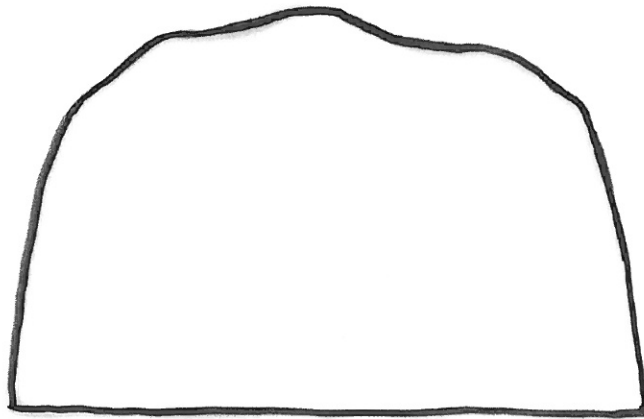
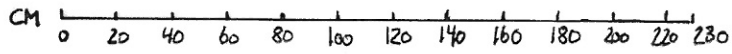
Med muringen av hvelvet har man lyktes i å tilbakeføre mye av et opprinnelig inntrykk, godt tilpasset de andre murverkene. Dette har vært mulig fordi så mye av det originale materialet er gjenbrukt.

Deler av geometrien er ikke vellykket, det gjelder særlig i framkant hvor det er påvist to mangler ved utførelse. Kontrollmåling for resten av buen stemmer derimot godt overens med den opprinnelige formen som ble dokumentert med oppmåling.

Til tross for noen vanskeligheter med å kontrollere formen på forskalingen, gir kjelleren innvendig et inntrykk av helhet.



• ETTER •



• FØR •

HVELVKJELLER • SØR-GRUVA • TRAUTGRUVA • NORD-ODAL • HEDMARK
FØR OG ETTER Istandsetting • EM 2006 • NHU
TVERRSNITT • MÅLT 90 CM FRA ENDEMUR

Figur : Oppmålt bueform før og etter istandsetting, benyttet samme målepunkt, Espen Marthinsen, NHU 2006

06.4 Muring av endemur

06.4.1 Grunnarbeid

Som dokumentasjonen viser er det påvist uheldige grunnforhold for endemuren. Derfor ble det rensket ned til bart fjell der muren skulle stå. Som en avretting ble de originale løsmassene komprimert ved at de ble mettet med skarp stein i maskinpukk-størrelse. Det ble bygd opp 10 cm tykke lag av gangen. Det ble gjort helt til man hadde en avrettet nivå, som fluktet med den delen av fjellet som vises i kjellerens venstre hjørne.

På dette ble muren bygd opp igjen.

06.4.2 Murarbeidet

Endemuren skulle mures opp igjen på grunnlag av detaljert dokumentasjon, med tilbakeføring av så mye som mulig av det originale materialet på sin opprinnelige plass.

Muren ble murt som en enkelvanget støttemur mot stedlige masser, slik som den opprinnelige. Det ble utført en endring i selve murlivet, stein nr.4 (ifølge tegning 1:1) ble byttet ut fordi et stikk i steinen var gått helt av slik at den ikke egnet seg som murmateriale i fortsettelsen.

Bak muren ble de løse punktvis steinen fjernet for å skape en så homogen masse som mulig for overføring av jordtrykk fordelt på hele endemuren.

Muring av støttemur på denne måten foregår slik at man setter ut et skift i hele murens lengde, for deretter og legge tilbake masse mot bakkant. I dette tilfellet ble det brukt mye tid på og stampe og komprimere løsmasser etterhvert som de ble lagt bak muren.

Stabilisering av stein i muren ble utført på samme vis som dokumentasjonen viste, kiler/skorer ble bare lagt der de ville få bæring på stein i foregående skift. Med stein som var dype var dette ofte ikke mulig. Da ble det istedetfor å legge stein i løsmasser, vurdert at grundig komprimering av denne type masser ville gi tilstrekkelig bæring.

Det ble brukt noe mer kiler i murlivet enn hva som var tilfellet med den opprinnelige muren.

Et valg for å sikre seg stabile løsmasser bak muren, siden dokumentasjonen viste at en god del stein hviler faktisk i disse massene.

Det er i liten grad benytte verktøy i muringen siden det ikke er funnet spor etter det i dette murverket.

I arbeidet med endemuren skulle og sjakta tilbakeføres. Dette ble gjort etter oppmåling og fotodokumentasjon. Består av få deler, totalt 11, som gjør det mulig å få til et godt resultat. For sjakta ble også den opprinnelig helningen tilbakeført.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Muring av sjakt i endemur

Gjenbruker alt orginalt materiale som er merket før demontering

Foto: Espen Marthinsen, NHU 2006

06.4.3 Erfaringer med bruk av dokumentasjon i murarbeidet

Det var første gang denne metoden ble tatt i bruk av stipendiaten. Har gitt nyttige erfaringer, og et godt resultat.

Det var svært enkelt å lage til malen.

Som tidligere nevnt vil det være uklarheter om definisjon av omrisset som skal avtegnes. I tillegg vil den heller ikke fange opp former i det tredje planet.

I utgangspunktet var det tenkt at malen skulle reises ofte iløpet av murarbeidet for å kontrollere graden av tilbakeføring. Dette viste seg lite hensiktsmessig, og den ble mer stående slik til at man lett kunne ta mål som referanse til legging av den enkelte stein. I tillegg ble det gitt støtte fra fotodokumentasjon utført før demontering.

Det endelige resultatet ligger tett opp til originalen, selv om det kan påvises avvik på nivået til noen skift når ny og gammel mur sammenliknes.



Foto : Endemur før istandsetting,
Espen Marthinsen, NHU 2006



Foto : Endemur etter istandsetting,
Espen Marthinsen, NHU 2006

06.5 Muring av frontmur

06.5.1 Grunnarbeid

Som tidligere vist er det gjort grundige registreringer av murrester og byggegrunn ved fronten av kjeller. Dette arbeidet påviste en byggegrunn bestående av lysegrå leirholdig morene med grusfraksjon. Enkle feltprøver viste at den har tilstrekkelig bæreevne. Dette støttes gjennom vurdering av de grunnsteiner som ligger der.

Det er derfor valgt å viderføre disse som en del av murens nye fundament. Se mer om vurderinger som er lagt til grunn for dette valget under 06.1.1.

For å kunne benytte oprinnelige grunnsteiner på høyre side av adkomst, var det nødvendig å bygge en noe større bæreflate. Dette er utført med samme type stein som den som hvelvet ble supplert med.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Byggegrunn med opprinnelige grunnsteiner som bevarer

Ny plassering av murene er markert med rødt

Grønn pil markerer flytting av den aktuelle stein for tilpasning til ny bredde på adkomsten

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Har startet oppmuringen av frontmuren

Opprinnelige grunnsteiner ligger nå som en murfot for dt nye murløpet

Rød strek viser omrisset på murfoten

Murfoten vil bli skjult under løsmasser som legges i adkomsten

Foto: Espen Marthinsen, NHU 2006

06.5.2 Vurdering av det sorterte materialet

Ved frontmuren var det innledende bildet svært uoversiktlig, slik at man kunne ikke med sikkerhet si hvilket materiale som stammet fra nedrast hvelv, og hvilket som hørte til utraste partier av frontmuren.

Etterhvert som de ulike registreringer ble utført ble bildet mye tydeligere og man kunne begynne og sortere materialet. Resultatet av en slik sortering viste at frontmuren var bygget av hovedsaklig rundet materiale. Det ble funnet noen få eksempler på mer kantet materiale. Det ble ikke funnet noen spor etter bearbeiding på dette materialet. Muren ble derfor bygget med minst mulig bruk av verktøy.

Det ble gjort prioriteringer av steinen tilsvarende hva avdekkingen av indre og ytre vange i kistemuren viste, der det var tydelig at yttervange var mer uregelmessig både i type stein og murens sammenbinding.

06.5.3 Murarbeidet

Måten å mure opp den enkle vangen i frontmuren har klare likhetstrekk til hvordan det er gjort for endemuren.

Også her ble det og lagt vekt på komprimering av løsmasser etterhvert som de ble lagt tilbake mot muren. Enkelte punktvis løse steiner i masse bak mur, som av samme grunn som for endemuren ble fjernet. Stabilisering av stein i murlivet med kiler/skorer utføres slik det er registrert og beskrevet for endemuren.

Bevaring av de store steinen som danner døråpningen legger en del føring på hvordan det tilstøtende murverket må utføres.

Store stein som her gir jo ingen mulighet for å låse de to møtende murlivene sammen. Derfor mures det en forenklet form for avslutning inntil disse markerte steinene, med forband og tverrband jevnt fordelt.

Videreføring av steiner i døråpningen krever visse tiltak som vurderes som egnet for å kune bevare et særegent parti av kjelleren. Stein til venstre i åpning må rettes av på toppen fordi den har et uheldig fall utover. Øverste stein til høyre for inngang sikres fordi den har en minimal bæreflate iforhold til masse.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Retting av ok grunnstein til høyre for åpning
Pil markerer det uheldige fallet. Ligger til rette for at et murmateriale over dette nivå vil kunne skli ut.
Er iferd med å borre opp for kløyve med kile og blekk
Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Skrå flate på stein fra foregående bilde er her justert ned
Blir utført grov pussing av flate med piggmeisel før stein legges på.

Foto : Espen Marthinse, /NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Originale steiner til høyre for åpning er tilbakeført.

Den øverste som er satt på høykant sikres med bindhake 20mm

Bindhaken er utført med splitt i endene, med tilhørende splint som vil sprengre når bindhake slås til bunns

Foto : Espen Marthinsen/NHU 2006

Støttemuren mures opp til ca kote 80. Her skifter den struktur til en kistemur. Det er de samme massene som ligger bak støttemuren som nå legges mellom vangene i kistemuren. De to vangene mures uten sammenbinding over tverrsnittet, det var heller ikke gjort opprinnelig.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Bildet viser i hvilket nivå kistemuren legges an

Rød strek markerer det første skiftet i den ytre vangen. Går ikke lenger enn det bildet viser

Det er ikke funnet dekning for at de var murt sammen i enden slik som det er gjort her

Er gjort for å låse masser som legges mellom de to vangene.

Et resultat av at terreng i framkant av kjeller ikke er ferdig formet.

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Utforming av murliv i frontmur

Et uregelmessig rundet materiale gir ujevn skiftegang

Murer langs adkomst mures opp slik at de dekker inn hvelvet. Skrår derfra utover langs adkomsten

Frontmuren er som dokumentasjonen viser aldri murt sammen med hvelvet

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

06.6 Legging av løsmasser

Når alt murarbeid er fullført legges stedlige masser tilbake rundt konstruksjonen. Det legges særlig vekt på pakking av masser over hvelvet, dels for å hindre nedrasing inn i kjeller, dels fordi massene skal danne et vannavisende sjikt.

Det benyttes stedlige lysegrå morenemasser i et 20-30 cm tykt lag over selve hvelvet. Dette er et tillegg iforhold til tidligere hvor det da kun var benyttet den rød-brune siltige sanda som ikke oppleves som like stabil.

Denne massen benyttes nærmest endemuren også.



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Legging av løsmasser tilbake over hvelv

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Det legges tilbake løsmasser over hvelvet

Uregelmessigheter i steinen gir store rom som skal pakkes med løsmasser

Foto : Espen Marthinsen/NHU 2006

06.7 Forberedelse til bygningsfysiske målinger

Det er planlagt å utføre bygningsfysiske målinger i og rundt kjeller. Planen er at det etableres et program for avlesing for flere år framover. Eier vil her bidra.

Det er ønske om å kartlegge bruksegenskaper og hvilke fuktbelastninger en slik kjeller utsettes for

Det skal etableres flere målepunkter. Noen av dem er forberedt iforbindelse med murarbeidet.

Det er satt opp rør der trestykker for måling av fuktighet skal monteres. For disse er det og trukket slange inn gjennom murliv til å tre elektroder i.

Ellers blir det måling av temperatur inne og ute.

Målinger skal sammenstilles med meteorologisk data for de ulike avlesningstider.

07 Fullført istandsetting

07.1 Tidsforbruk

Etter 225 arbeidstimer på stedet ble murarbeidet på hvelvkjelleren ansett for å være fullført. Da gjensto det fremdeles noe arbeid med legging av løsmasser rundt kjeller, samt takkonstruksjon og dør.

I tillegg til de 225 timen kommer alt forarbeidet

07.2 Hvelvkjelleren utvendig



Hvelvkjeller på Sør-Gruva

Sett mot adkomsten fra sørvest
Murarbeidet utført

Startet arbeide med å legge tilbake
løsmasser

Adkomsten vil endre ytterligere
karakter og beskytte murverk bedre
når terrenget er ferdig formet

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

07.3 Hvelvkjeller innvendig



Hvelvkjeller på Sør-gruva

Innvendig, sett fra adkomsten
mot endemuren

Foto : Espen Marthinsen, NHU 2006

08 Oppsummering

Arbeidet med et avsluttende prøvestykke, skal speile den kunnskapen som stipendiaten har tilegnet seg iløpet av en 3-års periode. Det store mangfoldet i tradisjonen med tørrmuring krever at oppgaver i et slikt stipendiat blir dertil varierte. Stipendiatet vil derfor inneholde mer kunnskap enn hva som kommer til uttrykk i det avsluttende prøvestykke.

Et arbeid som dette vil selvfølgelig og inneholde kunnskap som stipendiaten hadde med seg fra tida før stipendiatet.

Hvelvkjellere kan virke som et snevert tema, men som prosjektet på Sør-Gruva viser vil en konstruksjon av denne typen være så sammensatt at det vil finnes overføringsverdier til andre konstruksjonstyper.

Som man vil se av arbeidet her på Sør-Gruva skal en håndverkers oppgaver bestå av mer enn det å kunne mure med en teknikk som gir et stabilt murverk. Det er helt naturlig at håndverkeren i arbeid med slike konstruksjoner er sentral i oppgaver som dokumentasjon og bygningshistorie, vurderinger av stabilitet, vurdering av byggegrunn og fundamentering, samt forholde seg til antikvariske verdier.

Slik dette stipendiatet har vist, vil personer som kan defineres som tradisjonsbærere bli bare færre og færre. Den nye "tradisjonsbæreren" vil ikke bare forholde seg til en tradisjon med en gitt geografisk avgrensning, men ha som mål å være så faglig dyktig at man kan tilpasse seg den til enhver tid gjeldende tradisjon. Det er et slikt prosjekt som er gjennomført her ved det avsluttende prøvestykket. Det innsamlete materialet og den grundige dokumentasjonen er her satt sammen med omfattende litteratur- og kildestudier.

Arbeidet med en konstruksjon av denne typen synliggjør et stort behov for å bygge videre på den kunnskap som så langt er etablert. I dette arbeidet er det benyttet kunnskap fra to større prosjekter som ble gjennomført på 90-tallet. Det ville vært ønskelig å samle et fagmiljø som kunne evaluert den kunnskapen som er etablert så langt, og på bakgrunn av det velge ut noen mål for videre undersøkelser.

I dette arbeidet er det lagt vekt på å vise forståelse for de lokale variasjonene, som et faglig skjønn som enhver håndverker må kunne vise til i sitt arbeide. Et faglig skjønn må i slike tilfeller benyttes som en støtte til f.eks. statistiske analyser av murverk hvis det dokumenterte mangfoldet skal videreføres. Dette gjelder alle områder av tradisjonen med tørrmuring.

Vedlegg

- Nr. 1 Arbeidsplanen for stipendiaten
- Nr. 2 Skriv med endelig redegjørelse for valg av prøve
- Nr. 3 Fotodokumentasjon av arbeidet på Sør-Gruva.
Bildespill i powerpoint. CD
- Nr.4 Presentasjon av de aktuelle prøvestykker
Bildespill i powerpoint. CD

Litteratur

Pedersen R og Sæther T 1995 : Hvelvkjellere på landsbygda. De skjulte kulturminner. FOK-programmets skriftserie nr.24. Norges Forskningsråd. Program for forskning om kulturminner.

Gjesvold Per Erik 1999 : Fire steinkjellere i Hamar bispedømme. En undersøkelse av kjellernes bygningshistorie og funksjon. Hovedfagsoppgave i nordisk arkeologi. IAKN. Det historisk-filosofiske fakultetet i Oslo. Universitetet i Oslo

Strandberg Ann-Charlott 1994 : Stenvalvsbroar, konstruktion – vård – historik. Examensarbeite. Bebyggelseantikvarisk linje. Institutionen för kulturvård. Göteborgs universitet

Löfroth C 1914 : Byggnadsindustrien. Byggnadspraktiken. Svensk

Bugge A. Prof. NTH 1918 : Husbygningslære I

Kolderup E 1891 : Handbok i husbygningskunst

Broch T 1848 : Lærebog i husbygningskunsten. Den militaire høiskoles elever.

Kristensen K 1917 : Husbygningslære I. Murarbeide. Dansk

Rothstein von E E 1875 : Handledning i Allmänna Byggnadsläran. 3. upplagan. Stockholm. F & G Bejers Förlag

Almanak 1809

F.N 1757 : Velment oppmuntring...til at betiene sig bedre av landets Graa-Steen. Danmarks og Norges Oeconomiske Magazin I. København

Darre N S 1811 : Om Fæhuse i Norge. Det kgl. Danske Landhuusholdningsselskaps skrifter. Nye samlinger. København

Valen – Sendstad F 1961 : Steinfjøs i Gudbrandsdalen. Et utsnitt av historien om reformvirksomheten i andbruket. Årbok 1957-1960. Maihaugen
Dimensjonering av murkonstruksjoner. Etter NS 3475. Kompendium TBA 4140
Murkonstruksjoner. NTNU Institutt for bygg- og anleggsteknikk. 1997

Steinhvelvbruer. Håndbok 230. Veiledning. Statens Vegvesen. 2002

Heje K Prof NTH 1941 : Vei- og Jernbanebygging. Håndbok for undervisning og praksis. Forlaget av H. Ascheoug & Co (W. Nygaard). Oslo

Greibrokk E og Marthinsen E 2006: Prøving av leire. Prosjektrapport. Riksantikvaren og Norsk handverksutvikling

Jørgensen P, Sørensen R og Haldorsen S 1997 : Kwartærgeologien. Landbruksforlaget

Aarhaug O R 1984 : Geoteknikk og Fundamenteringslære 1-2. NKI

Kolderup E 1894 : Grundundersøgelser og Fundamenteringsarbeider paa land og under vand for alle slags byggerabeider

Byggforsk 1998 : Enkle grunnundersøkelser for bygging av småhus. Byggdetaljer 511.204
Byggegrunn og terreng. Byggdetaljer 511.101

Hidemark O 1989 : Grundförstärkning på husets styrkevilkår. Kulturmiljövärd 3-4/89

Christensen A L 1995 : Den norske byggeskikken.. Hus og bolig på landsbygda fra middelalder til vår egen tid. Pax forlag A/S. Oslo

Brekke, Nordhagen og Lexau 2005 : Norsk Arkitekturleksikon. 3. Opplag. Samlaget

Hansteen H J 1991 : Antikvarisk Bygningsdokumentasjon. Normer for veiledning for dokumentasjon av fredete og andre verneverdige bygninger. Universitetet i Trondheim / NTH.

Riksantikvaren 2003 : Håndbok i konservering av ruiner fra middelalder

Kilder

Gruben O A f 1934: Vokst opp på Sør-Gruva. Far hans tok over plassen 1923. Bodde der fram til begynnelsen av 80-tallet. Intervjuet mai 2006 og september 2006. Notat.

Vibe F og Vibe A T : Dagens eiere på Sør-Gruva. Tok over plassen for ca. 10 år siden

Kirkeby B (ny revidert utgave ved Amdal M J) 2003: Nord-Odal Bygdebok 1-2. Nord-Odal kommune og Odal slekts- og historielag

Statens Kartverk 1998 : Friluftskart Nord-Odal kommune. M 1:50000. Lokalhistoriske opplysninger

Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) 2006 : Arealis.www.ngu.no

Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging (NIJOS) 2006 : Løsmassekart. www.nijos.no