

Forundersøkelser og bruk av kortreist stein

En geologisk veileder



SINTEF Fag

Kari Aslaksen Aasly, Annina Margreth,
Eyolf Erichsen, Torun Rise og Lisbeth I. Alnæs

Forundersøkelser og bruk av kortreist stein

En geologisk veileder

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 62

Kari Aslaksen Aasly, Annina Mærgreth, Eyolf Erichsen, Torun Rise og Lisbeth I. Alnæs

Forundersøkelser og bruk av kortreist stein

En geologisk veileder

Emneord: Kortreist stein, geologi, forundersøkelser, ressursforvaltning, ressursutnyttelse, tunnel, byggeråstoffer, materialkvalitet, anvendelser

Prosjektnummer: 102013212

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1645-2

Foto, omslag: NGU

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2019

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Community

Børrestuveien 3

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 40 00 51 00

www.sintef.no/community

www.sintefbok.no

Forord

Denne veilederen er utarbeidet av Norges geologiske undersøkelse (NGU) og SINTEF som en del av prosjektet *Kortreist stein*. *Kortreist stein* er et innovasjonsprosjekt i næringslivet (IPN) som er støttet av Forskningsrådets BIA-program (Brukerstyrt innovasjonsarena). Veidekke Entreprenør AS er prosjekteier. Prosjektet er finansiert gjennom Forskningsrådet (ca. 40 %) og av industripartnerne (ca. 60 %) og har til sammen et budsjett på 17 millioner kroner over tre år (fra 2016).

Prosjektets overordnede idé er å utvikle nye teknologiske løsninger og verktøy, smarte forretningsmodeller og gode planprosesser for høyverdig og bærekraftig bruk av bergmasser fra infrastrukturprosjekter og eksisterende uttak. Med høyverdig bruk menes kortreist stein som kan anvendes i veg- og banekonstruksjonen i ubundet form og som kvalitetsråvare i asfalt og betong og lignende.

Prosjektet vinkles mot energieffektiv materialproduksjon og optimal bruk av ikke-fornybare bergressurser. Det skal legges til rette for og etableres teknologier som gjør «gull av gråstein». Innovasjonen i prosjektet er rettet mot rammebetingelsene som kan styre bruken av kortreist stein, metoder for å vurdere bruk av steinmaterialer fra i hovedsak tunnelproduksjon, og metoder for praktisk gjennomføring av prosjekter med bruk av kortreist stein.

Et konsortium bestående av partnere fra næringsliv, offentlig forvaltning og forskningsinstitusjoner arbeider for øyeblikket innen følgende fire fokusområder:

- Planprosesser og ressursforvaltning
- Kontrakter, forretningsmodeller og incentiver
- Produksjon og anvendelse
- Miljø og energibruk

Publikasjonene i prosjektet *Kortreist stein* er utarbeidet av fagfolk hos partnerne i prosjektet, som dermed er ansvarlige for det faglige innholdet. Det er gjort det ytterste for å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunktet prosjektet ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme.

Det forutsettes at publikasjonen benyttes av kompetente og fagkyndige personer med forståelse for begrensningene og forutsetningene som legges til grunn.

Trondheim, 01.12.2019

Eivind Heimdal
Prosjekteier
Veidekke Entreprenør AS

Torun Rise
Prosjektleder
SINTEF Community

Sammendrag

Denne veilederen er utarbeidet for å hjelpe planleggere med geologiske og materialtekniske forundersøkelser i infrastrukturprosjekter. Formålet er å legge til rette for mer høyverdig bruk av overskuddsmasser fra store infrastrukturprosjekter.

Veilederen gir råd om hvilke undersøkelser og vurderinger som bør gjøres innen de ulike planfasene av et utbyggingsprosjekt, og hvilken informasjon som er relevant å hente inn for om mulig å utnytte overskuddsmasser bedre. Veilederen gir også en oversikt over bergarter i Norge og deres egnethet til bruk som byggeråstoff.

Veilederen er ment å være et supplement til allerede eksisterende håndbøker og veiledere fra Statens vegvesen og Bane NOR, og den kan brukes av planleggere i alle faser av et prosjekt – fra konseptutvalgutredning (KVU) til reguleringsplan.

Veilederen er utarbeidet med utgangspunkt i eksisterende krav og regelverk. Bakgrunnen for veilederen er kunnskap som har kommet fram i forskningsprosjektet *Kortreist stein*. I tidlig planfase er det ofte gode intensjoner om å bruke overskuddsmasser, men når man kommer til reguleringsplanarbeidet, så blir dette ofte nedprioritert. Det er også noen ganger gjort vurderinger av bergmassekvalitet basert på feil egenskaper.

Veilederen anbefaler å klassifisere steinmaterialer ut fra egnethet, en anbefaling som er basert på erfaringer fra store tunnelprosjekter i Sveits. I Sveits finnes det gode eksempler på at massene som tas ut ved tunneldriving er ført tilbake i prosjektets veg- og jernbanekonstruksjoner.

Ved å vurdere tilgjengelig informasjon godt nok og gjøre supplerende undersøkelser der det er nødvendig, kan man planlegge for høyverdig bruk av overskuddsmasser. Det er viktig at man vet hva slags bergarter traseen skal gå gjennom, hvilke egenskaper disse har, hvor store volum det er snakk om, og når i prosjektfasen massene skal tas ut. Har man denne informasjonen tilgjengelig på et tidlig tidspunkt, er det enklere å få oversikt over hva massene kan brukes til og hvor store arealer som må settes av til mellomlagring. Tidlig planlegging gjør det mulig å optimalisere utnyttelsen av overskuddsmasser.

Summary

The purpose of this guide is to assist planners of infrastructure projects with preliminary studies of geology and rock masse quality. The aim is to incite a higher value utilization of surplus materials from infrastructure projects.

This guide recommends investigations and evaluations that should be performed at different planning phases in an infrastructure project, and which information that should be gathered for a better utilization of local rock masses. The guide also gives an overview of rock masses in Norway and their suitability as building materials.

The guide is meant to be a supplement to the already existing guidelines from the Norwegian railway and road authorities, and may be used at all stages of a project – from early phase to the zoning plan. This guide is based on existing regulations, knowledge and experience gained throughout the Norwegian research project *Local use of rock materials*. In the early phases of a construction project, one often has good intentions to make use of surplus material, but when reaching the zoning plan, this is given a lower priority. It has also been found that rock mass quality is evaluated based on the wrong properties.

The guideline recommends classifying the surplus material based on suitability. This recommendation is based on experience from Swiss tunnelling projects. There are several good examples from Switzerland, where they have extensive experience in utilizing surplus material from tunnel projects in road and railroad constructions.

By evaluating the available information properly, including additional investigations where necessary, higher value and optimal use of surplus material can be made. A prerequisite for this is having knowledge about the rocks and their properties, the volume of the different qualities, and when to extract the rock masses. If this kind of information is available, it is possible to get an overview of what purpose the rock masses can be used for, and the size of the areas that are needed for intermediate storage. When all of this is planned early enough, optimized utilization of surplus materials is possible.

Innhold

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
SUMMARY	5
1. INNLEDNING	7
1.1 VEILEDERENS INNHOLD OG FORMÅL	7
1.2 SUPPLEMENT TIL EKSISTERENDE HÅNDBØKER OG VEILEDERE	7
1.3 BAKGRUNN OG NYTTEVERDI	7
1.4 HOVEDANBEFALINGER	8
2. MATERIALENES BRUKSOMRÅDER OG EGENSKAPER	9
2.1 MULIGE BRUKSOMRÅDER FOR OVERSKUDDSMASSER	9
2.2 VIKTIGE MATERIALEGENSKAPER	12
<i>Krav til materialegenskaper er avhengig av bruksformål</i>	12
<i>Testmetoder for å vurdere materialegenskaper</i>	12
<i>Kategorisering av mulige bruksformål</i>	14
3. NORGES GEOLOGI OG BERGARTER – POTENSIALER	15
3.1 NORGES GEOLOGI.....	15
<i>Kart over berggrunnen</i>	15
<i>Generelt om bergartenes egenskaper</i>	16
3.2 BERGARTENES EGNETHET SOM BYGGERÅSTOFF	16
<i>Tidlig kartlegging er viktig</i>	16
<i>Bergarters egnethet til bruk i veg</i>	16
<i>Prøvetaking av bergmassen</i>	19
4. ANBEFALTE FORUNDERSØKELSER	20
4.1 KRAV OG ANBEFALINGER	20
4.2 FASENE I PLANPROSESSEN	20
4.3 FORUNDERSØKELSER I TIDLIG PLANFASE	21
<i>Tidlig planfase</i>	21
<i>Anbefalte undersøkelser og vurderinger</i>	21
<i>Rapportering</i>	22
4.4 FORUNDERSØKELSER I KOMMUNEDELPLAN OG/ELLER FYLKESDELPLAN	23
<i>Kommunedelplan og/eller fylkesdelplan</i>	23
<i>Anbefalte undersøkelser og vurderinger</i>	23
<i>Rapportering</i>	24
4.5 FORUNDERSØKELSER I REGULERINGSPLAN	24
<i>Reguleringsplan</i>	24
<i>Anbefalte undersøkelser og vurderinger</i>	24
<i>Rapportering</i>	25
5. REFERANSER	26

1. Innledning

1.1 Veilederens innhold og formål

Denne veilederen er utarbeidet i forbindelse med forskningsprosjektet *Kortreist stein*, et prosjekt som har hatt til hensikt å øke utnyttelsen av lokale overskuddsmasser fra store infrastrukturprosjekter. Bedre utnyttelse av råstoffene er i tråd med Norges og EUs avfallspolitikk, hvor første steg i avfallshierarkiet er å redusere avfall.

Formålet med veilederen er å hjelpe planleggere i infrastrukturprosjekter med å utnytte overskuddsmasser bedre. Den kan brukes av planleggere i alle faser av et prosjekt, fra tidlig planfase der man gjør en konseptutvalgtredning (KVU) til utarbeidelsen av reguleringsplan.

Veilederen beskriver hvilke geologiske og materialtekniske forundersøkelser og vurderinger som bør gjøres i de ulike planfasene. I tillegg gir veilederen råd om hvilke geologiske faktorer som er relevante for å vurdere egnetheten til overskuddsmassene og hva man bør ta hensyn til. Veilederen lister også opp de mest typiske bruksområdene og tilhørende krav til materialegenskaper som er fornuftig å stille ut fra dagens standarder og kunnskapspraksis. Det er foreslått en kategorisering av mulige bruksformål for å kunne gi enkle oversikter over brukspotensialet i et utbyggingsprosjekt.

1.2 Supplement til eksisterende håndbøker og veiledere

Veilederen er ment å være et supplement til allerede eksisterende håndbøker og veiledere om prosjektering av veg- og baneprosjekter. Statens vegvesen og Bane NOR har publisert henholdsvis en håndbok [1] og en veileder [2] som beskriver hvordan man skal kartlegge og bruke geologisk informasjon i de ulike planleggingsfasene av et infrastrukturprosjekt. Disse er primært laget med tanke på ingeniørgeologiske, drivetekniske og økonomiske forhold, det vil si forhold knyttet til etablering og stabilitet av veg/bane, tunneler og bergskjæringer. Håndboka og veilederen inneholder få krav eller anbefalinger til geologiske eller materialtekniske undersøkelser med mål om å utnytte ressursene bedre. Prosjektet *Kortreist stein* har konkludert med at det er behov for ytterligere undersøkelser for å kunne gjøre gode nok vurderinger av egnetheten til bergmaterialet som tas ut.

1.3 Bakgrunn og nytteverdi

Overskuddsmasser fra store infrastrukturutbygginger som veganlegg, tunneler, skjæringer etc. transporteres gjerne bort og brukes til fyllinger eller dumpes. Transport av byggeråstoffer er forbundet med store kostnader og store miljøbelastninger. Med byggeråstoffer menes pukk og grus som benyttes til oppbygging av veg- og jernbane samt som tilslag i asfalt og betong.

Bedre utnyttelse av lokale overskuddsmasser fra infrastrukturprosjekter vil ha stor betydning både for utbyggere, entreprenører, lokale myndigheter, næringsliv og samfunnet ellers. Det kan bidra til å sikre ressurstilgangen på byggeråstoff, gi økonomiske besparelser, gi forutsigbarhet over lang tid, sikre nærhet til markedet samt å få kontroll over ulovlig masseforflytning som hemmer seriøse aktører. I tillegg vil man kunne få en oversikt over masser av spesielt god kvalitet. Dersom behovet for transport av masser til og fra anleggene reduseres betraktelig, vil det gi betydelige reduksjoner i eksempelvis CO₂-utslipp, i tillegg til å redusere ulempene med støv, støy og trafikk for nærliggende bebyggelse.

Overskuddsmasser fra store infrastrukturutbygginger må få mer oppmerksomhet i framtiden ut fra et ressursperspektiv. Spesielt i områder der tilgangen på byggeråstoffer kan bli knapp, er det viktig å fokusere på hvordan overskuddsmassene kan utnyttes bedre. Fokuset må være å betrakte alle overskuddsmasser som en ressurs og ikke materialer for varig deponering. I stedet for å hente masser annensteds fra og frakte dem lange avstander, bør man vurdere muligheten for å ta i bruk overskuddsmasser fra selve anleggene.

1.4 Hovedanbefalinger

For å utnytte bergmasser fra infrastrukturprosjekter bedre, er det nødvendig med riktige undersøkelser og vurderinger. Det viktigste suksesskriteriet er å framskaffe tilstrekkelig geologisk og materialteknisk informasjon tidlig nok.

I tidlig planfase bør man gjøre en geologisk kartlegging og bruksfokuset karakterisering av materialene, samt lage en plan for arealdisponering som muliggjør selektiv mellomlagring av ulike brukskvaliteter. Disse undersøkelsene og vurderingene vil kunne gi den nødvendige forutsigbarheten for å utnytte ressursene optimalt og for å vurdere den samfunnsøkonomiske gevinsten ved bruk av kortreist stein.

I prosjektering av nye infrastrukturprosjekter hvor det skal tas ut bergmasse i tunnel eller skjæringer, stilles det krav til omfattende informasjonsinnhenting og ingeniørgeologiske undersøkelser for å kartlegge blant annet stabilitet, bergkvalitet med tanke på driving, oppsprekking og hydrogeologiske forhold. Disse undersøkelsene bør i enda større grad enn i dag kombineres med en kartlegging av bergmassens tekniske kvalitet og vurderinger av deres egnethet til ulike bruksformål. Slik oppnår man en bedre forvaltning og utnyttelse av ressursene.

Det er viktig at overskuddsmassers egnethet til bruk som byggeråstoff kartlegges i en tidlig fase av prosjektet. Hvor mye av massene som kan benyttes til ulike formål og hva som eventuelt kan gjøres for å forbedre kvaliteten på massene, må også avklares. Tidlig informasjonsinnhenting gjør det mulig å planlegge håndteringen av massene på en god måte, noe som gir større forutsigbarhet.

2. Materialenes bruksområder og egenskaper

2.1 Mulige bruksområder for overskuddsmasser

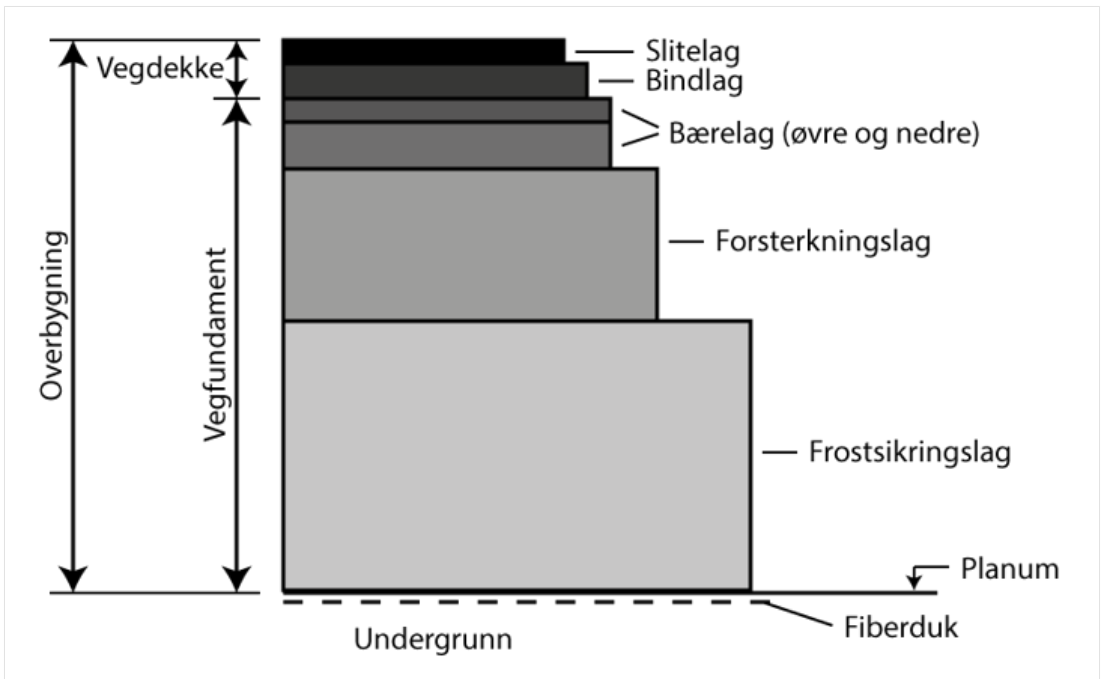
Overskuddsmasser kan brukes som ressurs på flere områder. I det videre er det gitt en liste med mulige bruksområder, rangert prinsipielt etter økonomisk verdi:

- **Knuste produkter til bunden bruk¹: asfalt og betong**
Knuste produkter til bunden bruk omfatter bruk av masser som tilslag i asfalt og betong. Dette er bruksområdene hvor det stilles strengest krav til massene, både i form av kornform og mekaniske og kjemiske egenskaper.
- **Knuste produkter til ubunden bruk², eksempelvis veg og jernbane**
Knuste produkter til ubunden bruk kan brukes til blant annet oppbygging av vegbane og jernbane. Figur 1 og 2 viser prinsippsskisser for veg- og jernbaneoppbygging. Veg- og jernbaneoverbygningen består av frostsikringslag, forsterkningslag, bærelag og dekke (for veg). Det stilles ulike krav til de ulike lagene, avhengig av hvilken funksjon de skal ivareta.
- **Miljøformål, eksempelvis jordforbedring eller tildekking**
Finstoff fra sprengning eller fra fullprofilboring (TBM) er finfraksjoner som kan egne seg til miljøformål, mye avhengig av massens mineralinnhold og -kjemi. Steinmel er en fellesbetegnelse på slike masser. Steinmel gir friske bruddflater som kan gi positive gjødsel- og jordforbedringseffekter, særlig i næringsfattig morenejord, sand- og myrjord. Avhengig av opphavsmaterialet kan steinmel også brukes som kalium- og magnesiumgjødsel. Steinmel spres med utstyr for kalk eller mineralgjødsel eller sammen med husdyrgjødsel. Enkelte bønder strør en neve steinmel på fjøsgulvet hver morgen og kveld, for å øke omdanningen av husdyrgjødsel og for å dempe lukt og hindre ammoniakktap.
- **Områdesikring og -stabilitet, eksempelvis støyvoller, erosjonssikring, forstøtninger og murer**
Etablering av støyvoller mot boligområder kan være et bruksområde for overskuddsmasser. Forsterkning av utsatte elveløp, fjordpartier eller skråninger for tilpasning til klimaendringer kan være et annet, godt bruksområde for utsprengte masser fra infrastrukturprosjekter. I tilfeller der bergmassen er foliert eller skifrig og der sprengningsarbeid og uttak genererer småblokker, kan bergmassen anvendes til forstøtninger og murer.
- **Etablering av «nytt land», eksempelvis havneutbygging eller etablering av boligområder og rekreasjonsområder**
Bruk av masser for etablering av «nytt land» anses i utgangspunktet ikke som høyverdig bruk av masser, men kan likevel utgjøre en svært nyttig samfunnsfunksjon for eksempel ved etablering av nye boligområder eller rekreasjonsområder, nye industriområder eller ved havneutbygginger.

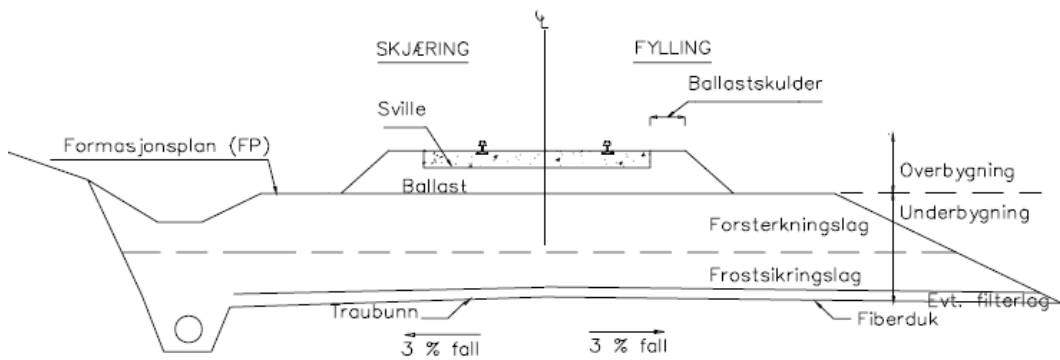
En oversikt over mulige bruksområder for knuste overskuddsmasser er vist i tabell 1. Tabellen viser også vanlige steinstørrelser. Det gjøres oppmerksom på at tabellen ikke omfatter eventuelle miljøtekniske og kjemiske krav.

¹ Bunden bruk vil si at materialet inngår i et asfalt- eller betongprodukt.

² Ubunden bruk vil si at materialet brukes løst og ikke bundet slik som i asfalt eller betong.



Figur 1: Prinsippskisse for vegoppbygning



Figur 2: Prinsippskisse for oppbygging av jernbanefylling og -skjæring [3]

Tabell 1: Mulige bruksområder og vanlige steinstørrelser for knuste overskuddsmasser. Tabellen er utarbeidet av SINTEF for prosjektet *Kortreist stein*.

Bruksområder	Vanlig steinstørrelse / mest aktuelle sorteringer (mm)	Aktuelle produktstandarder og spesifikasjoner
Jernbaneformål		
Ballast (-pukk)	31,5/63	NS-EN 13450:2002+NA:2009 Tilslag for jernbaneballast railway ballast [4] NS 3420 I54 «Forsterkningslag» i Bane NORs tekniske spesifikasjon for jernbaneballast [3]
Forsterkningslag	0/300 alt. 22/150	
Frostsikringslag	0/500 alt. 22/150	
Vegformål		
Grusdekker/veggrus	0/22	Tilslag < 90 mm: NS-EN 13242:2002+A1:2007+NA:2009 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging [5] NS-EN 13285:2018 Mekanisk stabiliserte masser – Spesifikasjoner [6] Tilslag > 90 mm: NS 3468:19 Grove masser til bruk i bygge- og anleggsarbeid – Spesifikasjon [7]
Bærelag	0/32, 0/45, 0/63	
Forsterkningslag	Kult: 22/125, 22/180 Pukk: 20/90 Samfengt pukk: 0/63, 0/90	
Frostsikringslag	0/500 (< 90 mm min. 30%)	
Betongformål		
Konstruksjonsbetong	0/32 (0/8, 8/16, 16/22)	NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2016 Tilslag for betong [8] NS-EN 206:2013+NA:2014 Betong – Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar [9] Håndbok R762 Prosesskode 2 [10], NB 21 [11], NB 7 [12]
Sprøytebetong	0/8	
Asfaltformål		
Binde- og slitelag – tilslag	< 16	NS-EN 13043:2002 + NA 2008, Tilslag for bituminøse masser og overflatebehandlinger for veger, flyplasser og andre trafikkarealer [13] NS-EN 13108-1:2006 + NA:2007, Bituminøse masser, Materialspesifikasjoner, del 1: Asfaltbetong (AC) [14] NS-EN 13108-21, Bituminøse masser, Materialspesifikasjoner, del 21: produksjonskontroll [15] NS-EN 13242:2002+A1:2007+NA:2009 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging [5]
Bærelag	< 22 0/32	
Andre mulige bruksområder		
Veggrus	0/20, 0/16	
Strøsand	4/8, 2/6	
Grøftesingel Hagesingel	6/16, 16/22	
Maskinkult	22/125	Tilslag < 90 mm: NS-EN 13242:2002+A1:2007+NA:2009 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging [5] Tilslag > 90 mm: NS 3468:19 Grove masser til bruk i bygge- og anleggsarbeid – Spesifikasjon [7]. Ubunden bruk, f.eks. oppfylling, veg-, plass- og banefundament, erosjonssikring
Jordforbedring	0/4	

2.2 Viktige materialegenskaper

Krav til materialegenskaper er avhengig av bruksformål

For å få en mest mulig høyverdig utnyttelse av overskuddsmasser fra infrastrukturprosjekter, må det vurderes hvor egnet steinmaterialer er som byggeråstoff til ulike formål. Dette omfatter vurdering av materialets kornform, steinstørrelse, mekaniske egenskaper og bestanddeler. I tillegg er det viktig med kjennskap til lokale massebehov.

For enkelte bruksområder, slik som blant annet frostsikringslag, fyllmasse, drensmasse, hagesingel og filterlag, stilles det ingen krav til massenes mekaniske styrke. Denne type lavkvalitetsmasser (fyllmassekvalitet, kommunalvare pukkk/grus) bør likevel ha en viss styrke for å unngå for stor nedknusning og finstoffproduksjonen. Et materiale med for høy andel finstoff gjør det telefarlig og lite drenerende.

For alle bruksområder stilles det stort sett krav til massenes kornform og steinstørrelse. Hvis massene skal brukes til veg-/bane- og betongformål, kan det også i tillegg stilles krav til materialets motstand mot nedknusing (Los Angeles-verdi) og slitasje (Micro Deval).

I tillegg til styrkeegenskaper, det vil si mekaniske egenskaper, er det viktig å ha informasjon om steinmaterialets bestanddeler, som innhold av glimmer, svovel og magnetkis samt mineraler som kan gi alkalireaktivitet. Spesielt er dette viktig dersom materialet skal brukes som tilslag i betong. Forurensing av humus (organisk materiale) kan også gi negative utslag på betongkvaliteten.

Testmetoder for å vurdere materialegenskaper

For å bedømme steinmaterialets bruksegenskaper benyttes testmetoder som er standardisert innenfor EU/EØS-området. Tabellen nedenfor gir en oversikt over hvilke testmetoder som brukes for å bestemme viktige egenskaper ved bergarter, slik at man kan vurdere materialenes potensiale som byggeråstoff.

Tabell 2: Oversikt over testmetoder som brukes for å bestemme viktige egenskaper ved bergarter, slik at man kan vurdere materialenes potensiale som byggeråstoff. Oversikten er utarbeidet av SINTEF og NGU for prosjektet *Kortreist stein*.

Testmetode (relevant standard)	Definisjon	Hensikt / bestemmelse av egenskap
Los Angeles (NS-EN 1097-2:2010) [16]	En prøves Los Angeles-verdi er dens prosentvise gjennomgang av materiale på 1,6 mm-sikten etter avsluttet tromling (tørr). En lav verdi indikerer et sterkt materiale.	Testen er ment å simulere påkjenningen som et tilslag utsettes for i en veg. Metoden tallfester et tilslags motstandsevne mot nedknusning ved at det tromles tørt med stålkuler. Mengden nedknust materiale gir et uttrykk for bestandigheten [17].
Micro-Deval (NS-EN 1097-1:2011) [18]	En prøves Micro-Deval-koeffisient er dens prosentvise gjennomgang av materiale mindre enn 1,6 mm etter tromling (våt). En lav verdi indikerer et slitesterkt materiale.	Testen er ment å simulere slitasjen som et grovt tilslag utsettes for i et mekanisk stabilisert bære- og forsterkningslag. Metoden tallfester et tilslags motstandsevne mot abrasiv slitasje ved at det tromles fuktig med stålkuler [17].

<p>Kulemølle (NS-EN 1097-9:2014) [19]</p>	<p>En prøves kulemølleverdi er dens prosentvise gjennomgang av materiale mindre enn 2 mm etter tromling (fuktig). En lav verdi indikerer et slitesterkt materiale.</p>	<p>Testen er ment å simulere slitasjen som et tilslag utsettes for ved piggdekkslitasje. Metoden tallfester et tilslags motstandsevne mot abrasiv slitasje ved at det tromles fuktig med stålkuler [17].</p>
<p>Densitet (NS-EN 1097-6:2013) [20]</p>	<p>En partikkels densitet angir forholdet mellom masse og volum (f.eks. gram/cm³).</p>	<p>Metoden inngår blant annet som en del av kulemøllemetoden.</p>
<p>Petrografisk analyse</p>	<p>Bergartsmaterialet vurderes opp mot bergartslisten i Norsk betongforenings «Publikasjon nr. 32» [21] med hensyn til alkalireaktivitet. Denne listen angir hvilke bergarter som kan være alkalireaktive, tvilstilfeller og ikke-alkalireaktive.</p>	<p>Hensikten med en petrografisk analyse er å bestemme bergartstype og å vurdere bergartens alkalireaktivitet. I en alkalireaktiv bergart kan finkornede/deformerte kvartsmineraler reagere med alkalier i sementen og danne svellende gel. Gelen vil ved vannopptak medføre ekspansjon og opprissing av betongen. Dersom en bergart er alkalireaktiv kan den fremdeles knuses og benyttes som tilslag i betong, men det bør da tas forholdsregler med hensyn til sammensetning av betongen.</p>
<p>Bestemmelse av totalt svovelinnhold (NS-EN 1744-1:2009, del 11) [22]</p>	<p>Dersom totalt svovelinnhold overskrider 0,1 % må det undersøkes hvilken kistype som er representert. Dette gjøres ved hjelp av DTA-analyse.</p> <p>I henhold til NS-EN 12620:2002+A1:2008 +NA:2016 er grenseverdien for totalt svovelinnhold 0,1 % hvis magnetkis er tilstede, og 1 % hvis bare svovelkis er representert.</p>	<p>I Norge er det meste av elementet svovel (S) i berggrunnen knyttet til sulfidmineraler som svovelkis og magnetkis. Disse mineralene er fordelt i berggrunnen, i små eller større mengder. Svovelkis er mer stabil enn magnetkis, og problemer med svovelkis er vanligvis knyttet til rustflekker på betongoverflater. Magnetkis er et svært ustabil mineral, som raskt reagerer med vann og oksygen og danner sulfat. Sulfationer reagerer med komponenter i sementpastaen og danner gips og ettringitt. Ettringitt er et svellende mineral som absorberer vann, noe som fører til volumøkning av betongen. Mineralet taumasitt kan også dannes, og dannelse av dette mineralet fører til disintegrering av betongen.</p>
<p>Flisighetsindeks (NS-EN 933-3:2012) [23]</p>	<p>Prøvingen består av to sikteoperasjoner, først på kvadratsikt (di/Di) deretter på stavsikt (Di/2).</p> <p>Flisighetsindeksen beregnes som total masse som passerer stavsiktet, uttrykt i prosent av prøvens totale masse.</p>	<p>Det stilles krav til flisighet til et materiale som skal anvendes i ulike deler av en vegkonstruksjon. Flisig materiale er ugunstig for stabiliteten. Tilsvarende er det ikke ønskelig med flisig materiale i betong- og mørtelprodukter.</p>

Kategorisering av mulige bruksformål

I nye infrastrukturprosjekter anbefales det å gjøre en forenklet kategorisering av mulige bruksformål for overskuddsmassene som vist i tabell 3. Tabellen viser hvilke testmetoder som kan være relevante for masser med ulike bruksformål. Massene er kategorisert i massetyperne M0 til M5. Anbefalingene tar utgangspunkt i dagens anbefalte kvalitetskrav gitt i Statens vegvesen sin håndbok «N200 Vegbygging» [24].

Tabell 3: Oversikt over hvilke testmetoder som kan være relevante for masser med ulike bruksformål (masstype M0–M5). Oversikten er utarbeidet av SINTEF og NGU for *Kortreist stein*.

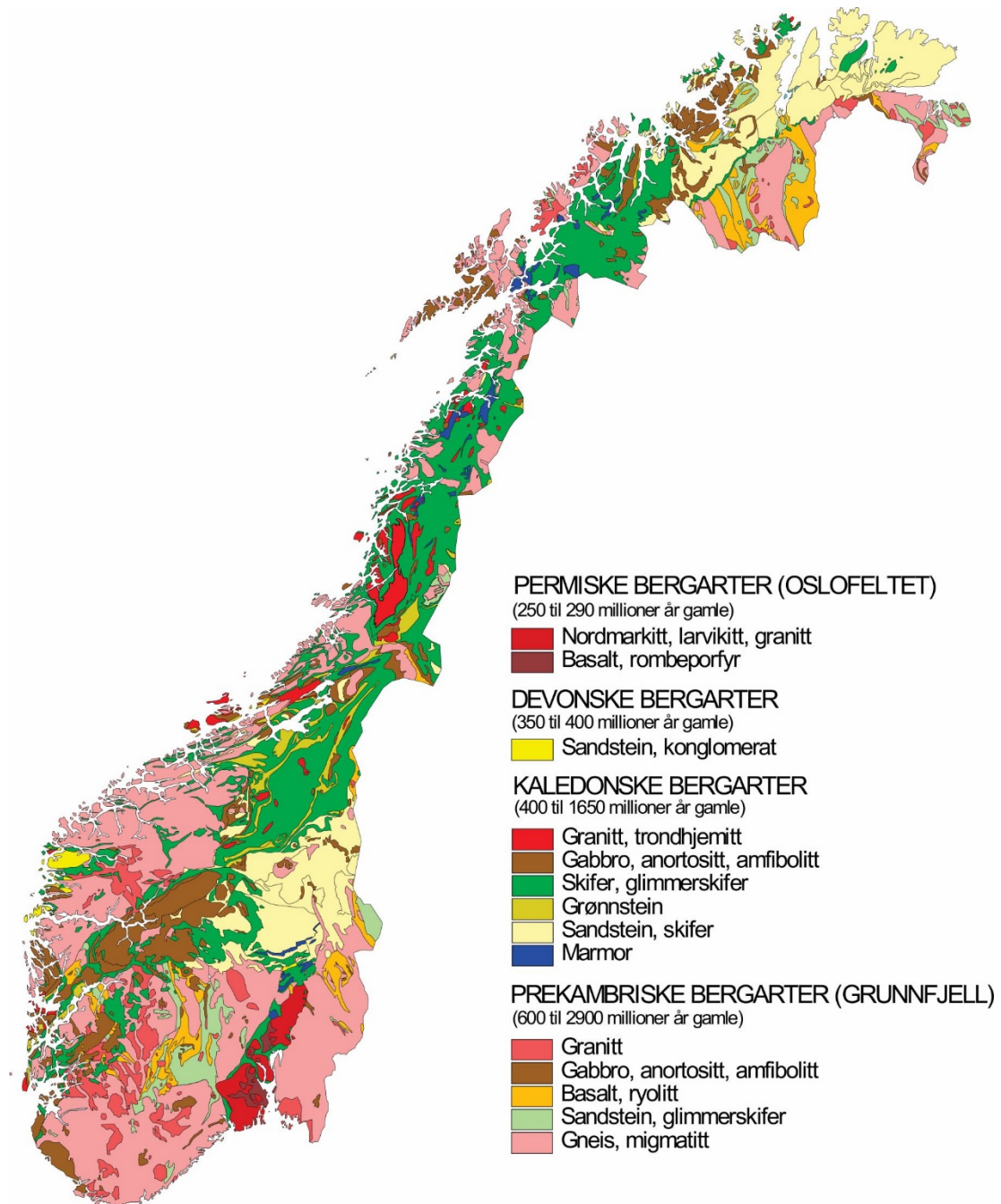
Bruksformål		Flisighets- indeks (FI)	Los Angeles- verdi (LA)	Micro- Deval- koeffisient (^M _D)	Kulemølle- verdi (^A _N)	Totalt svovel- innhold	Petro- grafisk analyse
M1	Egnet til betongformål	X	X			X	X
M2	Egnet til asfalt toppdekke	X	X		X	X	X
M3	Egnet til ballastpukk	X	X	X	X		X
M4	Egnet til bærelag veg og forsterkningslag veg/bane	X	X	X	X		X
M5	Egnet til andre formål (spesifiser: frostsikringslag, strøsand, grøfte- /hagesingel, fyll-/ dreneringsmasse o.l.)		X				X
M0	Ikke egnet som byggeråstoff eller forurenset fyllmateriale						

3. Norges geologi og bergarter – potensialer

3.1 Norges geologi

Kart over berggrunnen

Figur 3 viser et forenklet kart over berggrunnen i Norge og hvilke bergartstyper som finnes i ulike områder.



Figur 3: Forenklet kart over Norges berggrunn. Figuren er utarbeidet av NGU for *Kortreist stein*.

Generelt om bergartenes egenskaper

Prekambriske bergarter er de eldste bergartene i Norge. Disse bergartene finner man i deler av Sør-Norge, på Vestlandet og på Finnmarksvidda samt enkelte andre områder i Nord-Norge. Dominerende bergarter i disse områdene er gneis og granitt, stedvis også mørkere bergarter som gabbro og amfibolitt i tillegg til kvartsitt. Dette er bergarter som vanligvis har gode mekaniske egenskaper og er godt egnet som byggeråstoff. På Vestlandet har noen av gneis-variantene et noe høyt innhold av glimmer som kan gi bergarten lavere mekanisk styrke. Det er heller ikke ønskelig med for høyt glimmerinnhold i de steinstørrelsene som brukes i asfalt og betong.

I sørvest-Norge og i Finnmark finner man sen-prekambriske sandsteiner. Disse bergartene har stort sett gode mekaniske egenskaper.

Fra sørvest-Norge og gjennom den kaledonske fjellkjeden som går gjennom hele Norge, finner man bergarter med stor variasjon i mekaniske egenskaper. Disse bergartene er både omdannede sedimentære bergarter (ulike skifre), magmatiske (anortositt, gabbro, granitt) og metamorfe (grønnstein, gneis etc.) bergarter. Spesielt er omdannede sedimentære bergarter, for eksempel fyllitt, svake bergarter, mens de magmatiske bergartene i fjellkjeden er sterkere og mer egnet som byggeråstoff.

Rundt Oslo finner man ulike typer sedimentære bergarter (kalkholdig leirskifer, hornfels og alunskifer) i tillegg til magmatiske bergarter (basalt, syenitt, porfyr og diabas). De mekaniske egenskapene til de sedimentære bergartene varierer mye, mens de mekaniske egenskapene til de magmatiske bergartene er stort sett gode.

Man finner også karbonatbergarter i den kaledonske fjellkjeden (marmor) og i Oslo-området (kalkstein). Slike bergarter er ofte myke og ikke egnet til veg- eller banebygging. I tillegg kan kalkstein påvirke betongens skjærstyrke.

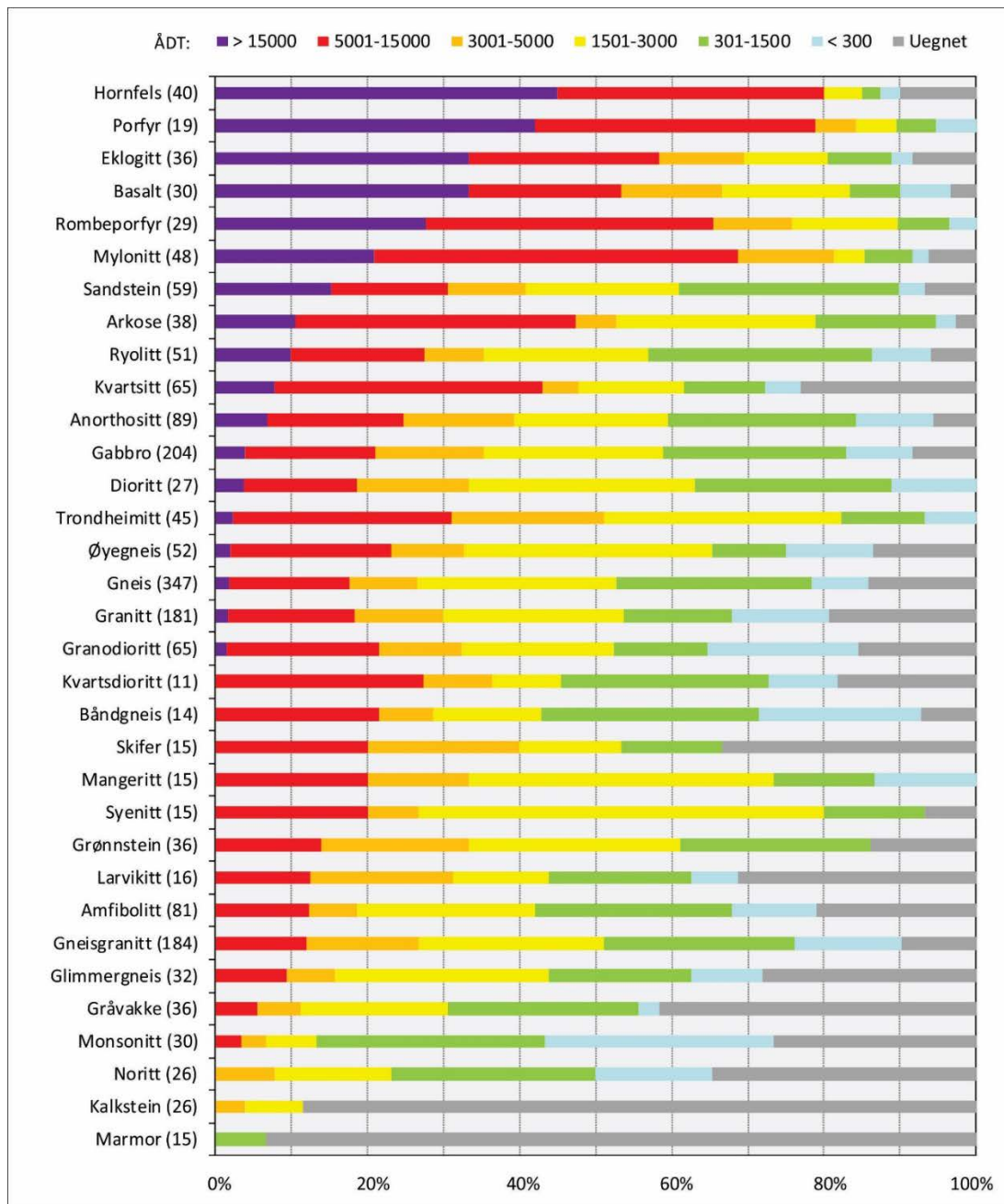
3.2 Bergartenes egnethet som byggeråstoff

Tidlig kartlegging er viktig

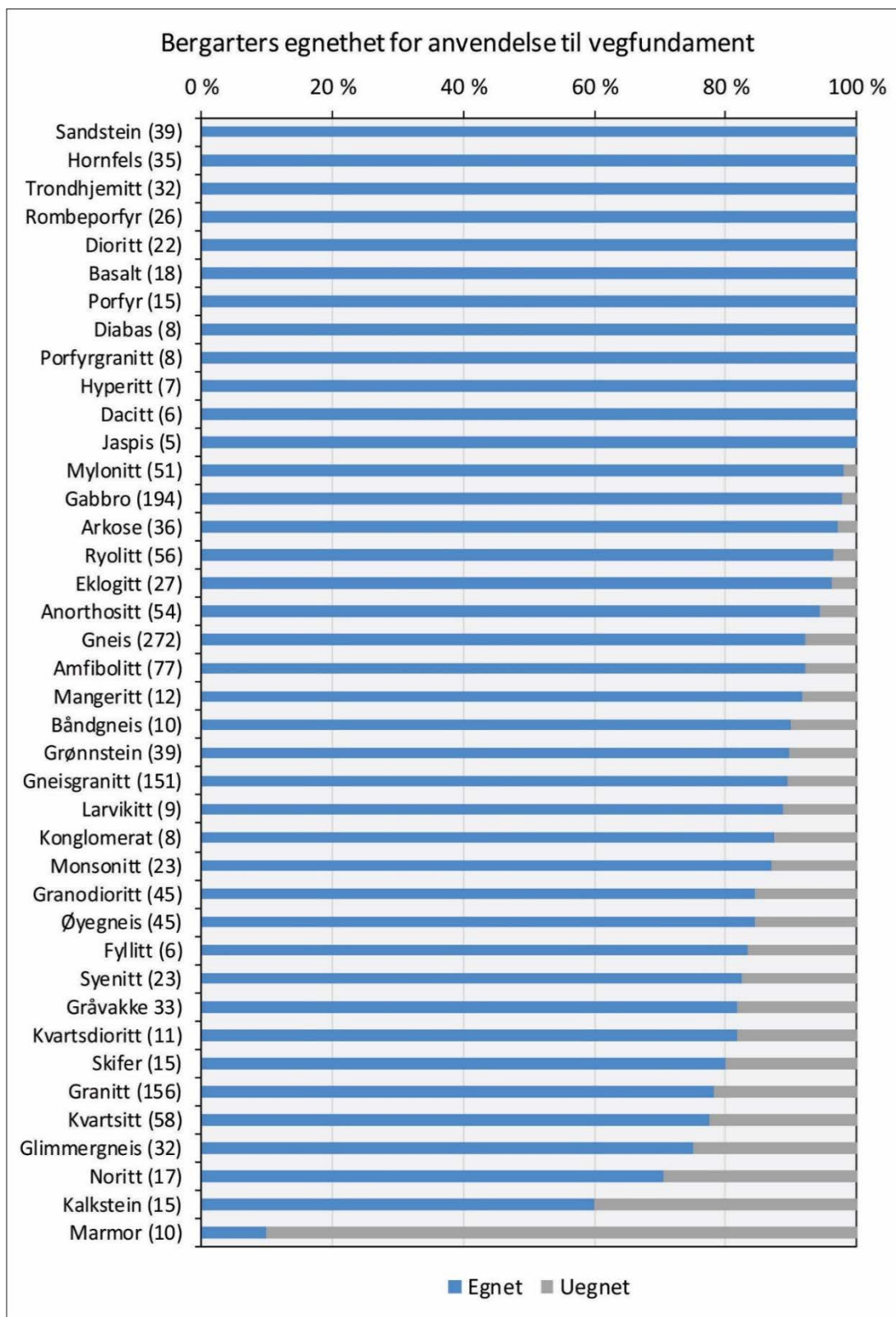
Enkelte bergarter egner seg bedre enn andre til bruk som byggeråstoff, og det kan være store variasjoner innenfor samme bergartstype. Det er derfor viktig at overskuddsmassers egnethet til bruk som byggeråstoff kartlegges i hvert enkelt prosjekt og at dette gjøres i en så tidlig fase av prosjektet som mulig. Basert på tidlig kartlegging og sammenstilling av eksisterende analyser kan man lage prognoser for hvilken kvalitet man kan forvente av massene i anleggsprosjektet. I kapittel 4 gis det råd om hva som bør inngå i en slik kartlegging.

Bergarters egnethet til bruk i veg

Diagrammene i figur 4 og 5 er basert på testresultater fra NGUs grus- og pukkdatabase og viser ulike bergarters egnethet til bruk i veg. Som beskrevet tidligere er kravet til massene avhengig av bruksformål, og det stilles strengere krav til for eksempel vegdekket på en veg med høy trafikkbelastning, sammenlignet med en lavt trafikkert veg. Diagrammene viser også at de mekaniske egenskapene varierer mye innenfor samme bergartstype. Det vil derfor ikke være tilstrekkelig å kun vurdere bruksegenskaper ut fra bergartstype.



Figur 4: Ulike bergarters variasjon og egnethet til bærelag og toppdekke i veg, ut ifra gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (ÅDT). Tallene i parentes viser hvor mange prøver resultatet er basert på. Bergartene øverst i diagrammet er de som er best egnede til vegdekker. Figuren er utarbeidet av NGU for *Kortreist stein*.



Figur 5: Ulike bergarters egnethet til vegfundament, angitt i prosent. Tallene i parentes viser hvor mange prøver resultatet er basert på. Diagrammet viser at mange bergarter og varianter av disse kan brukes i vegfundamentet, med noen unntak. Figuren er utarbeidet av NGU for *Kortreist stein*.

Prøvetaking av bergmassen

Siste istid i Nord-Europa (weichsel) endte for omkring 10 000 år tilbake. Dette resulterte blant annet i isskurte bergblotninger. Den norske berggrunnen er derfor preget av relativt uforvitret, isskurt berg. Ved prøvetaking av bergmassen for å vurdere om den er egnet som byggeråstoff, bør man likevel unngå overflateberg.

Prøvematerialet bør, i den grad det er mulig, samles inn fra friskt, upåvirket berg under «dagsonen», fordi styrke- og slitasjeanalyser av dagfjellsonen kan gi et feilaktig bilde av den resterende bergmassens egentlige kvalitet.

4. Anbefalte forundersøkelser

4.1 Krav og anbefalinger

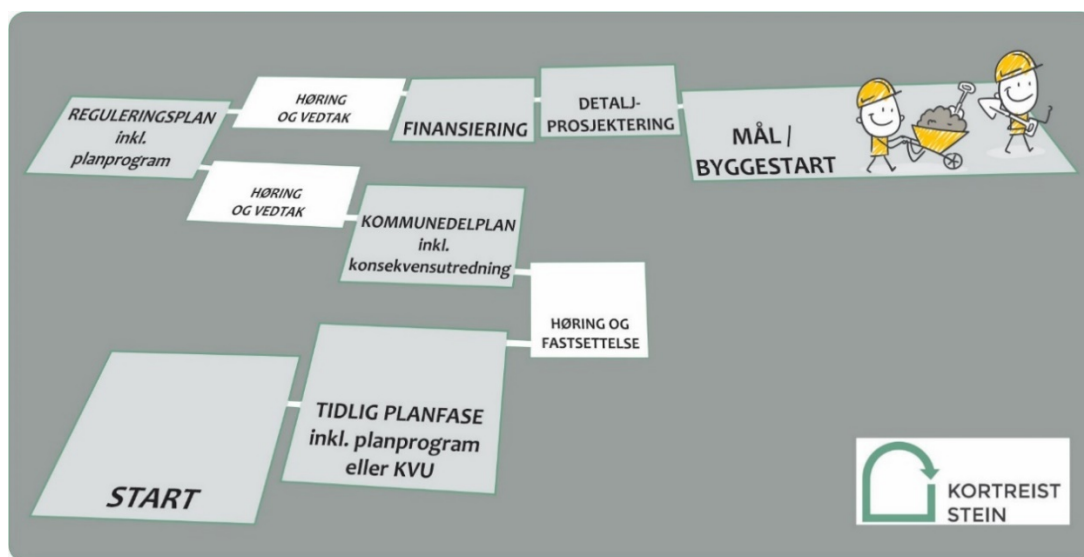
Dette kapitlet gjengir krav og gir råd om hvilke forundersøkelser man bør gjøre i de ulike fasene i planprosessen, for å vurdere om og hvordan overskuddsmassene kan benyttes. Utgangspunktet er kravene i Statens vegvesens «Håndbok N500» [1], som angir hva som skal utføres og rapporteres i de ulike fasene. I underkapitlene 4.3, 4.4 og 4.5 er tekst i kursiv hentet direkte fra «Håndbok N500», mens uthevet skrift er prosjektet *Kortreist stein* sine tilleggsanbefalinger for å sikre optimal bruk av overskuddsmasser.

Generelt er det viktig å forstå de regionalgeologiske forholdene for best mulig å kunne tolke hvor man finner de ulike bergartene og strukturene langs traseene.

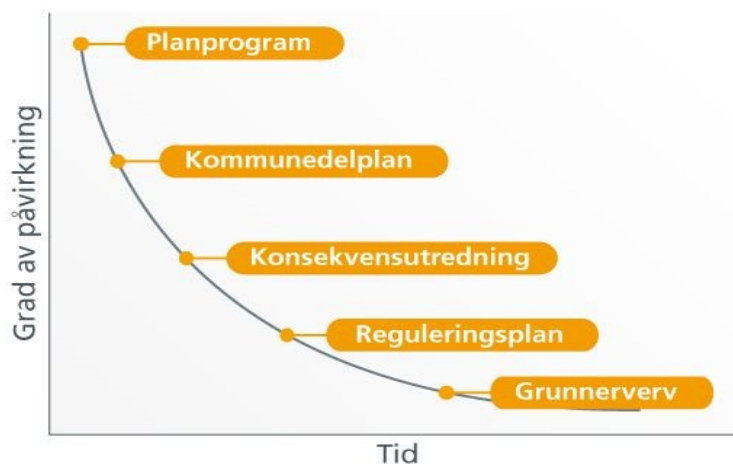
4.2 Fasene i planprosessen

Figur 6 gir en oversikt over planfasene i et utbyggingsprosjekt. Det er ulike forventninger til detaljering i disse fasene, fra prinsipp-løsninger i tidlig planfase til mer detaljerte beskrivelser og løsninger i reguleringsplan.

Hvor mye man kan påvirke planleggingen og prosjektering, endrer seg over tid i planprosessen, se figur 7. Jo mer relevant og riktig informasjon man har tidlig i prosjektet, jo lettere er det å legge til rette for optimal bruk av overskuddsmasser.



Figur 6: Oversikt over de ulike planfasene i et utbyggingsprosjekt, fra tidlig planfase til detaljprosjektering og byggestart. Figuren er utarbeidet av NGU for *Kortreist stein*.



Figur 7: Det er i de tidlige fasene av en planprosess man har størst påvirkning på hvilke undersøkelser som skal utføres og hvilken informasjon som er relevant. Illustrasjonen er utarbeidet av Statens vegvesen [25].

4.3 Forundersøkelser i tidlig planfase

Tidlig planfase

Med tidlig planfase menes den første delen av planleggingen der man gjør en konseptvalgutredning (KVU). En KVU er en faglig utredning knyttet til alternative måter å løse en utfordring på.

Anbefalte undersøkelser og vurderinger

I denne fasen bør det gjøres en overordnet vurdering av massebalanse, der man vurderer lokal bruk av masser opp mot transportbehov inn og ut av anlegget. I prosjektet *Kortreist stein* er det utviklet et verktøy for LCA (Life Cycle Assessment eller livsløpsvurdering), SteinLCA, til bruk på anleggsmasser [26]. Det kan være nyttig å bruke SteinLCA allerede i denne fasen for å få en pekepinn på massebalansen samt potensielle besparelser ved eksempelvis ulike transportavstander.

Tabell 4 viser hva som bør undersøkes og vurderes i tidlig planfase.

Tabell 4: Anbefalte undersøkelser og vurderinger i tidlig planfase. Tekst i kursiv er hentet direkte fra Statens vegvesens «Håndbok N500» [1]. Uthevet skrift er prosjektet *Kortreist stein* sine tilleggsanbefalinger for å sikre optimal bruk av overskuddsmasser.

Hva	Hvordan	Hvorfor
<i>Innsamling og vurdering av eksisterende informasjon</i>	<i>Geologiske og topografiske kart, publikasjoner (NGU osv.) og rapporter fra tidligere utførte undersøkelser</i> <i>Geologisk informasjon fra eventuelle nærliggende anlegg og tunneler</i> Materialtekniske egenskaper/bergartskvaliteter fra eventuelle nærliggende anlegg, eksisterende tunneler og andre informasjonskilder (NGU's Pukkdatabase) samt rapporter fra tidligere utførte undersøkelser	For å få oversikt over muligheter og utfordringer ved bruk av overskuddsmasser i prosjektet
Analyse av kost-/nytteverdi for optimal massebalanse	Bruk av SteinLCA, et verktøy utviklet i prosjektet <i>Kortreist stein</i>	For å få en overordnet oversikt over mulig nytteverdi ved massebalanse og optimal bruk av overskuddsmasser
<i>Geologisk kartlegging</i>	<i>Målestokk fortrinnsvis 1:1000. For områder der informasjon er begrenset (for eksempel høye fjellpartier og stor bergoverdekning) kan målestokken være mindre (1:2000–1:5000).</i>	For å redusere usikkerhet, få bekreftet/avkreftet forventet geologi og bergmasseforhold basert på innsamlet eksisterende informasjon
<i>Vurdering av områder som kan være spesielt utsatt for skadelige utslipp til miljø mv.</i>	NGUs geokjemiske database og mineralressursdatabase over metaller	For å få oversikt over sannsynligheten for at berggrunnen har et høyt innhold av tungmetaller

Rapportering

Forundersøkelsene i tidlig planfase skal sammenstilles i en rapport som skal inneholde følgende:

- *En oversikt over områdets geologi, og en beskrivelse av strukturgeologiske og hydrogeologiske forhold som kan være av betydning for gjennomførbarhet og valg mellom alternativer. Oversikten bør også omfatte en beskrivelse av bergartene langs traseen. Den bør angi potensialet for og variasjon av bergartskvalitet i berggrunnen både for utnyttelse i selve anleggsprosjektet, for mulig optimalisering av vegtrase med tanke på bergmassekvalitet og for eventuell senere bruk av overskuddsmasser.*
- *En oversikt over områder som krever spesielle tiltak hvis det er fare for uheldige utslipp til miljøet.*
- *Forslag til plan for videre forundersøkelser inkludert vurdering av potensiale for bruk av overskuddsmasser.*

4.4 Forundersøkelser i kommunedelplan og/eller fylkesdelplan

Kommunedelplan og/eller fylkesdelplan

I kommunedelplanene og/eller fylkesdelplanene beskrives ofte prinsipløsninger, og her legges premissene for videre undersøkelser og rammer i senere prosjektfaser.

Anbefalte undersøkelser og vurderinger

I denne fasen bør man gjøre mer detaljerte undersøkelser, for å kunne prognosere kvalitet og volum, se tabell 5.

Forundersøkelsene skal danne det geologiske grunnlaget for valg av veglinjealternativ og kunne angi potensialet for bruk av eventuelle overskuddsmasser. Forundersøkelsene skal baseres på utførte forundersøkelser i tidlig planfase, og skal som et minimum omfatte punktene beskrevet i tabell 5.

Tabell 5: Anbefalte undersøkelser og vurderinger i kommunedelplan og/eller fylkesdelplan. Tekst i kursiv er hentet direkte fra Statens vegvesens «Håndbok N500» [1]. Uthevet skrift er prosjektet *Kortreist stein* sine tilleggsanbefalinger for å sikre optimal bruk av overskuddsmasser.

Hva	Hvordan	Hvorfor
<i>Geologisk kartlegging i målestokk 1:1000</i>	<i>Geologisk kartlegging av bergarter og bergartsgrenser med beskrivelse av bergarter og struktur³</i>	For å kunne utarbeide prognoser for bergartskvalitet i anleggsområdet / langs trasé For mulig optimalisering av vegtrasé med hensyn til bergmassekvalitet
Prøvetaking og analyser av bergartskvalitet	Prøvetaking og testing av mekaniske egenskaper gjennom testmetoder som Los Angeles og kulemølle⁴ Petrografisk analyse for å identifisere bestanddeler Metoder for å vurdere andre egenskaper må vurderes ut fra hva massene skal brukes til.	For å få oversikt over de mekaniske egenskapene slik at man kan utarbeide prognoser for bergartskvalitet
<i>Identifisere bergarter som kan føre til sur/giftig avrenning (høyt kisinhold, alunskifer, annet)</i>	Bergartsprøver i passende størrelse Analyser for å identifisere kisinhold (for eksempel DTA)	For å kunne analysere og identifisere mulige bergarter og kisinhold som kan gi sur avrenning
Kost-/nytte-analyse ved bruk av LCA	Bruk av SteinLCA, et verktøy utviklet i prosjektet <i>Kortreist stein</i> [26]	For å få en oversikt over mulig nytteverdi ved massebalanse og optimal bruk av overskuddsmasser

³ Struktur: bergartens eller fjellets utseende slik det framtrer for det blotte øyet.

⁴ Los Angeles og kulemølle bør minimum gjennomføres. Kulemølleverdien gir en indikasjon på slitasjeegenskapene ved bruk i vegfundamentet. Det er en rimelig god korrelasjon mellom testmetodene kulemølle og Micro-Deval.

Rapportering

Etter at forundersøkelsene er utført, skal det utarbeides en geologisk rapport basert på både tidligere undersøkelser og grunnundersøkelser/feltarbeid i forbindelse med dette plannivået.

Forundersøkelsene skal sammenstilles i en rapport som skal inneholde:

- Geologiske kart i målestokk 1:1000 i A3 med en oversikt over områdets geologi. Kartet skal vise data fra feltkartlegging med geologiske observasjoner (...) og **lokalisering av prøvepunkt for innsamling av typeprøver for å vurdere bergartskvalitet.**
- Steinmaterialet bør klassifiseres i tre klasser etter hvor egnet det er som byggeråstoff: god, middels og ikke egnet. Det bør også utarbeides et prosentvis estimat av volum for hver klasse, basert på tilgjengelig informasjon. Estimaten er ment å gi en pekepinn på hvor mye av materialet som er egnet til ulike bruksformål.
- Oversikt over områder som krever spesielle tiltak, i første rekke der det er mulig fare for miljøforurensning.

4.5 Forundersøkelser i reguleringsplan

Reguleringsplan

Sammen med forundersøkelsene fra tidligere planfaser danner forundersøkelsene i reguleringsplanen grunnlaget for prosjektering og utarbeidelse av konkurransegrunnlaget.

Anbefalte undersøkelser og vurderinger

Alle undersøkelser skal være utført i løpet av dette planstadiet. Tabell 6 viser hva som bør undersøkes og vurderes i reguleringsplan. Alle disse anbefalingene er utarbeidet i prosjektet *Kortreist stein*.

Tabell 6: Anbefalte undersøkelser og vurderinger i reguleringsplan. Anbefalingene er utarbeidet i prosjektet *Kortreist stein*.

Hva	Hvordan	Hvorfor
Kartlegging og eventuell kjerneboring	Bør inneholde visuell beskrivelse av bergartens egenskaper	For å ha tilstrekkelig grunnlag for å vurdere bruk av overskuddsmasser for prosjektering og utarbeidelse av konkurransegrunnlag
Prøvetaking og analyser	Etter behov og sluttprodukt (etter plan fra tidlig planfase), se tabell 2	Redusere usikkerhet i tidligere utarbeidede prognoser av bergmassekvalitet
Vurdering av faren for forurensning	Vurdere hvilke skader som kan oppstå og hvilke tiltak som er nødvendige for å sikre omgivelsene (med utgangspunkt i undersøkelser i tidligere planfaser)	Redusere usikkerhet i tidligere vurderinger
Prognose over kvalitet	Lage en prognose som viser hvor store volum man kan forvente for ulike brukskategorier (basert på bruksformål M0–M5, se tabell 3)	For å kunne vite hvor mye av massene man kan forvente å bruke i prosjektet, når disse massene forventes å komme samt hvor store arealer som bør settes av til mellomlagring og bearbeiding

Rapportering

Forundersøkelsene i reguleringsplan skal sammenstilles i en todelt rapport, som skal bestå av en faktadel og en tolkningsdel.

Del 1: Faktadelen i rapport for reguleringsplan skal inneholde:

- *Geologisk kart (målestokk 1:1000 i A3). Alle registreringer skal presenteres på kart og profil sammen med tunneltraseen. Kart skal vise geologiske observasjoner: bart berg/løsmasser, bergarter/bergartsgrenser (...). **Kartet skal også vise lokalisering av prøvepunkt for kvalitetsbestemmelse av steinmaterialet og eventuelle prøver/områder som kan være utsatt for forurensing. Det bør opplyses om det finnes pukkkuttak i tilsvarende bergarter i nærheten, og om det er gjort andre pukkkundersøkelser i tilsvarende bergarter.***
- *Resultater fra utførte undersøkelser:*
 - *Geologisk rapport skal være basert på både tidligere undersøkelser og grunnundersøkelser/feltarbeid. **Rapporten bør opplyse om det finnes masseuttak i tilsvarende bergarter i nærheten, og om det er gjort andre byggeråstoffundersøkelser i tilsvarende bergarter. Videre bør rapporten oppsummere utført arbeid knyttet til bergmassekvalitet og ressursutnyttelse.***
 - *Kvalitetsanalyser av steinmaterialer. **Hvilke analyser som gjøres må vurderes ut fra planlagt bruksformål.***
 - *Spesielle lokale hensyn der det kan være fare for miljøforurensing.*

Del 2: Tolkningsdelen i rapport for reguleringsplan bør inneholde:

- **Sannsynlig bruksverdi hvis overskuddsmassene brukes til ulike bygg- og anleggsformål. Bruksverdien er basert på kvalitetsanalysene av de ulike steinmaterialene innenfor anleggsprosjektet. Kartlagt steinmateriale bør klassifiseres i 5 bruksformål: M0 til M5 (se tabell 3). Det bør også gjøres et estimat av prosentvis volum innenfor hver klasse.**
- *Påpekning av usikkerheter eller spesielle risikoer for innhold av farlige stoffer som kan gi miljøforurensing. Dette omfatter analyser og vurderinger av eksempelvis kjemisk innhold (DTA, XRD, petrografiske analyser).*

5. Referanser

- [1] Statens vegvesen, «Håndbok N500 Vegtunneler,» 2016.
- [2] Bane NOR, «Bane NORs prosjekteringsveileder (<https://proing.opm.jbv.no/wiki/start>),» 2019.
- [3] Bane NOR, «Teknisk regelverk, Underbygning,» 2019.
- [4] Standard Norge, «NS-EN 13450:2002+NA:2009 Tilslag for jernbaneballast railway ballast,» 2002.
- [5] Standard Norge, «NS-EN 13242:2002+A1:2007+NA:2009 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging,» 2007.
- [6] Standard Norge, «NS-EN 13285:2018 Mekanisk stabiliserte masser – Spesifikasjoner».
- [7] Standard Norge, «NS 3468:19 Grove masser til bruk i bygge- og anleggsarbeid – Spesifikasjon».
- [8] Standard Norge, «NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2016 Tilslag for betong,» 2008.
- [9] Standard Norge, «NS-EN 206:2013+NA:2014 Betong -Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar,» 2014.
- [10] Statens vegvesen / Vegdirektoratet, «Håndbok R672 Prosesskode 2 Standard beskrivelsestekster for bruer og kaier,» 2018.
- [11] Norsk betongforening, «Publikasjon 21: Bestandig betong med alkalireaktivt tilslag,» 2017.
- [12] Norsk betongforening, «Publikasjon nr. 7: Sprøytebetong til bergsikring,» 2011.
- [13] Standard Norge, «NS-EN 13043:2002 + NA 2008, Tilslag for bituminøse masser og overflatebehandlinger for veier, flyplasser og andre trafikkarealer,» 2008.
- [14] Standard Norge, «NS-EN 13108-1:2006 + NA:2007, Bituminøse masser, Materialspesifikasjoner, del 1: Asfaltbetong (AC),» 2007.
- [15] Standard Norge, «NS-EN 13108-21, Bituminøse masser, Materialspesifikasjoner, del 21: produksjonskontroll».
- [16] Standard Norge, «NS-EN 1097-2:2010: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 2: Metoder for bestemmelse av motstand mot knusing,» 2010.
- [17] Statens vegvesen / Vegdirektoratet, «Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser,» 2016.
- [18] Standard Norge, «NS-EN 1097-1:2011: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 1: Bestemmelse av motstand mot slitasje (micro-Deval),» 2011.
- [19] Standard Norge, «NS-EN 1097-9:2014: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 9: Bestemmelse av motstand mot piggdekkslitasje - Nordisk metode,» 2014.
- [20] Standard Norge, «NS-EN 1097-6:2013: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 6: Bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon,» 2013.
- [21] Norsk Betongforening, «Publikasjon nr. 32 Alkalireaksjoner i betong. Prøvmingsmetoder og krav til laboratorier,» 2005.
- [22] Standard Norge, «NS-EN 1744-1:2009, del 11: Prøvmingsmetoder for kjemiske egenskaper for tilslag - Del 1: Kjemisk analyse,» 2009.
- [23] Standard Norge, «NS-EN 933-3:2012: Prøvmingsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag - Del 3: Bestemmelse av kornform – Flisighetsindeks,» 2012.

- [24] Statens vegvesen / Vegdirektoratet, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2018.
- [25] Statens vegvesen, «Planleggingsprosessen». Hentet fra:
<https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/Om+vegprosjekter/Planprosess>.
- [26] H. I. Hov, C. G. Kaas, G. P. Ødegaard & J. S. Galaaen, «LCA-verktøy Kortreist stein (SteinLCA), brukerveiledning,» 2019.
- [27] Standard Norge, «NS-EN 13242:2002+A1:2007+NA:2009 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging,» 2009.

FORUNDERSØKELSER OG BRUK AV KORTREIST STEIN

EN GEOLOGISK VEILEDER

Denne veilederen skal hjelpe planleggere i infrastrukturprosjekter med geologiske og materialtekniske forundersøkelser. Formålet er å bidra til økt bruk av lokale overskuddsmasser for å redusere mengden stein som deponeres og i tillegg redusere transporten av nye masser til anleggsstedet. Slik sparer man både penger, miljø og ressurser.

Veilederen gir klare anbefalinger innen de ulike planfasene av et utbyggingsprosjekt. Den gir også en kort oversikt over bergarter i Norge og egenskaper som er relevante å kartlegge for å vurdere bergartenes egnethet.

Veilederen er utarbeidet av Norges geologiske undersøkelse (NGU) og SINTEF som en del av prosjektet *Kortreist stein*. Prosjektet er finansiert av Forskningsrådet og industripartnere.