

Bestemmelse av permanentsikring – er det nok å synse?

Hva krever Eurokode 7

Roger Olsson og Arild Palmström

Er det nok å synse?

Hva er det vi synser?

Mener vi virkelige at vi synser når vi bestemmer permanent sikring?

NBG
Høsten 2011



VEILEDER FOR BRUK AV EUROKODE 7
TIL BERGTEKNISK PROSJEKTERING

NORSK BERGMEKANIKKGRUPPE

Tilsluttet: Norsk Jord- og Fjellteknisk Forbund
International Society for Rock Mechanics
International Association for Engineering Geology and the Environment



Eurokode 7

- Geoteknisk kategori
- Grunnundersøkelser
- Dimensjoneringsmetode
- Dokumentere

Er dette å synse?

Eurokode

Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

«Fastsetter grunnleggende prinsipper og krav for konstruksjoners sikkerhet, brukbarhet og bestandighet, beskriver grunnlaget for prosjektering og verifikasjon av konstruksjoner, og gir retningslinjer for relaterte forhold når det gjelder konstruksjonens pålitelighet (omfatter konstruksjonens sikkerhet, bruksegenskaper og bestandighet)»

Eurokode 7-1 Allmenne regler. Geoteknisk prosjektering:

Eurokode 7-2 Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver:

«Fastsette grunnens egenskaper sett i forhold til det aktuelle prosjektet»

Geoteknisk prosjektering

For hver geoteknisk dimensjonerende situasjon skal det kontrolleres at ingen aktuelle grensetilstand som beskrives i EC 0 overskrides.

Dimensjonerende situasjoner:
Lasttilfeller, grunnforhold, etc.

Grensetilstand:
Bruddgrensetilstand (sammenbrudd), bruksgrensetilstand (normalt bruk), ulykkestilstand (stag bortfall).

Grensetilstandene

Grensetilstanden kan forekomme i grunnen eller i konstruksjonen eller ved kombinert brudd i konstruksjonen og i grunnen.

Grensetilstanden bør (skal) kontrolleres ved hjelp av en eller en kombinasjon av følgende metoder:

- bruk av beregninger
- anvendelse av konstruktive tiltak
- (modellforsøk og prøvebelastninger)
- observasjonsmetoden

1. Bruk av beregninger

- Skjæringsstabilitet
- Fundamentering
- Forankringer
- Stabilitet av åpninger (numeriske beregninger per i dag bør ikke gjøre ihht EC7)

Bytte av sikkerhetsfilosofi

Totalsikkerhet = stabiliserende/pådrivende

$$F = N \cdot B / G$$

Nytt tankesett

$$E_d \leq R_d$$

E_d : dimensjonerende verdi av lastvirkning
("dimensjonerende last")

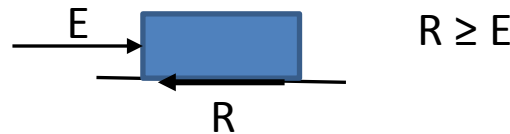
R_d : dimensjonerende verdi av motstand mot en
påvirkning ("dimensjonerende styrke").

1. Bruk av beregninger forts.

Grensetilstandsmetoden sammen med partialfaktorer

Grensetilstand:

Bruddgrensetilstand (sammenbrudd), bruksgrensetilstand (normalt bruk), ulykkestilstand (stag bortfall).



Ulike verdier:

Målt verdi, utledet verdi, karakteristiske verdi og dimensjonerende verdi

$$E_d = E_k \cdot \gamma_F \qquad R_d = R \cdot \frac{\gamma_k}{\gamma_M}$$

Partialfaktorer:

Last og material

1. Bruk av beregninger forts.

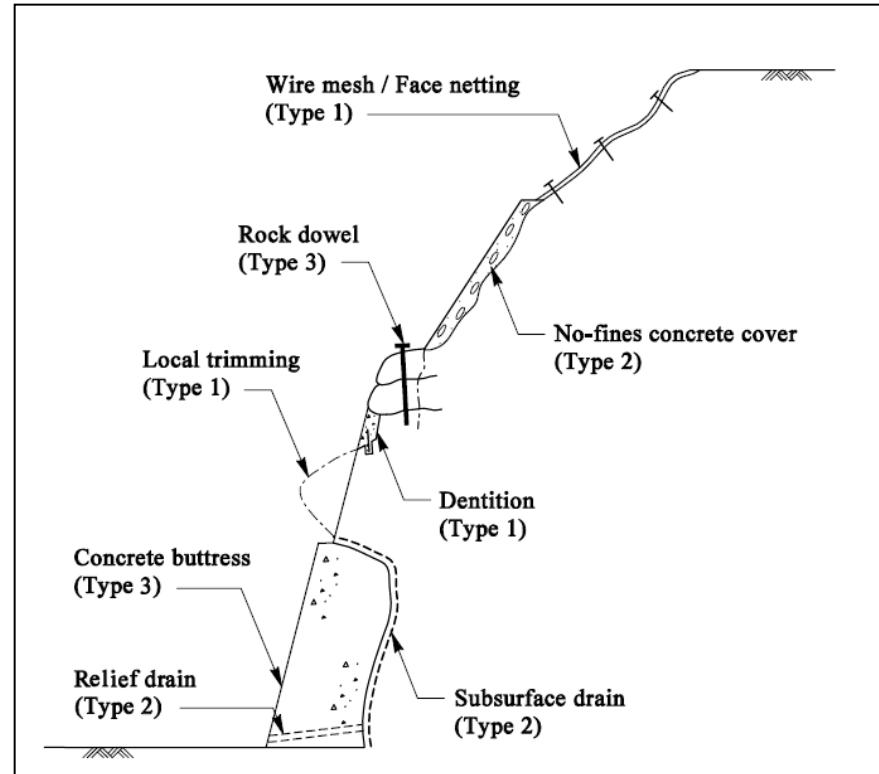
Numeriske beregninger med partialfaktorer?

EC7 bygger på lastvirkning. Hva med last fra bergmassen, som kommer fra en deformasjon?

2. Konstruktive tiltak

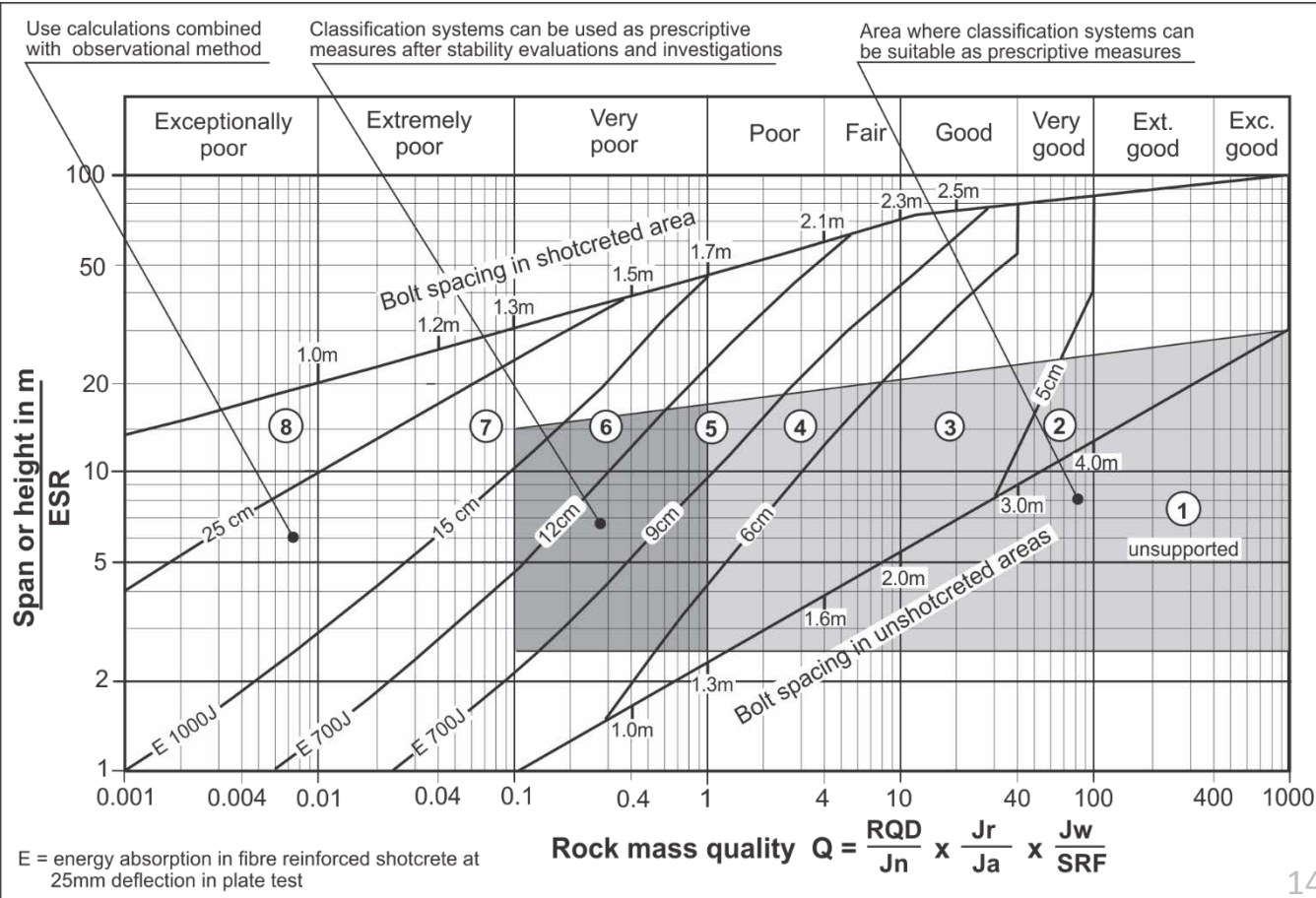
- Standarden tillater bruk av slike prosjekteringsmetoder dersom beregningsmodeller;
"ikke er tilgjengelig" eller "ikke er nødvendig"
- Med konstruktive tiltak forstås tiltak som, dokumentert gjennom erfaring og normal praksis, gir tilfredsstillende stabilitet.
- Klassifiseringssystemer basert på erfaringer hører til denne kategorien.
- Sikringstiltakene er vanligvis ikke basert på beregninger, men hovedsakelig erfaringer (empiri).

2. Konstruktive tiltak forts.



Brukes i Hong Kong

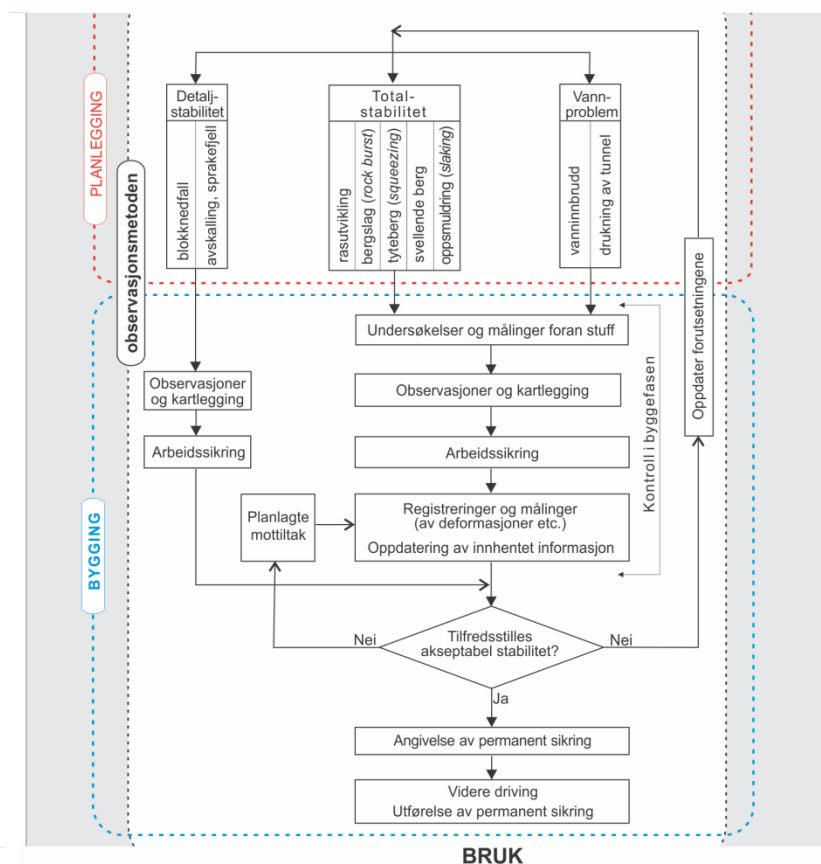
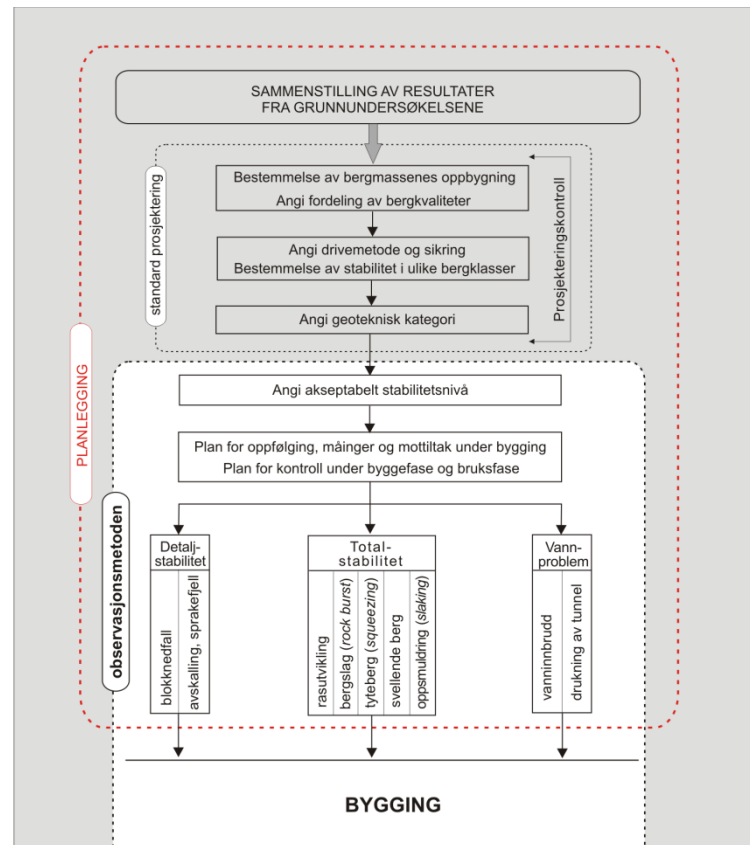
2. Konstruktive tiltak forts.



3. Observasjonsmetoden

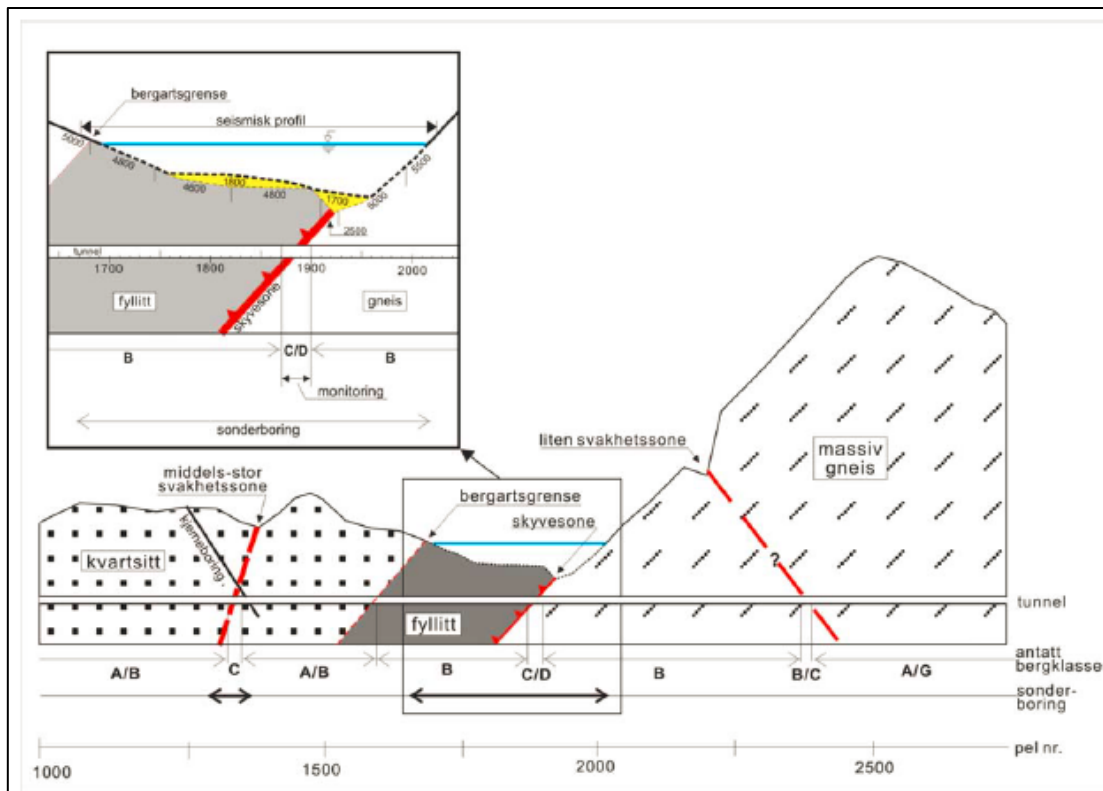
- Observasjonsmetoden går i prinsippet ut på at forutsetninger og utført prosjektering verifiseres ved målinger og iakttakelser under bygging
- Det skal utarbeides planer som inkluderer effektive mottiltak dersom foreskrevet, akseptabel stabilitet ikke er tilfredsstilt under byggingen
- Planleggingen skal formaliseres/dokumenteres før bygging startes, bl.a. ved å angi:
 - Akseptabel stabilitet
 - Type instabilitet
 - Effektive mottiltak – ekstra forsterkning/tetting
 - Plan for oppfølging av sikringsarbeidene, kartlegging og dokumentasjon av bergforhold

Design ifølge NBGs veileder



BRUK

Eksempel i NBGs veiledning



Figur C-1 Forenklet snitt langs vanntunnelen. Bergklasseinndelingen er definert i den geotekniske prosjekteringsrapporten.

Tabell C-1 Forenklet utdrag/sammenstilling av resultatene av grunnundersøkelsene.

SEKSJON	ANTATTE BERGFORHOLD				Bergklasse / type stabilitet (se Fig. C-1)
	Pel nr.	Oppsprekningsgrad/ bergart eller sone	Relativt spenningsnivå ¹⁾	Stabilitetsforhold ²⁾	
				Mulighet for:	Potensielle lekkasjer
1000-1250	Liten – moderat /kvartsitt	Moderat	Blokkfall	Stedvis vannsig fra enkeltsprekker	A / B
1250-1300	Knust /omvandlet sone	Moderat	Rasutvikling	Enkeltlekkasjer	C
1300-1600	Liten – moderat /kvartsitt	Moderat	Blokkfall	Lekkasjer	A / B
1600-1850	Moderat – stor /fyllitt	Moderat	Blokkfall	Uønskede lekkasjer	B
1885-1900	Knust/omvandlet sone	Moderat	Blokkeringsras, muligens i kombinasjon med vanninnbrudd	Vanninnbrudd	C / D
1900-2200	Liten – moderat /gneis	Moderat	Blokkfall	Mindre lekkasjer	A / B
2200-2700	Liten – moderat /gneis	Høyt - meget høyt	Sprakefjell og blokkfall	Lekkasjer	B / G

¹⁾ I forhold til bergmassestyrke; ²⁾ Under driving (uten sikring)

Tabell C-3 Planlagt kontroll, oppfølging og målinger for vanntunnelen, basert på Tabell C-4 (Gjelder tunneldriving fra pel 1000)

Seksjon pel nr.	Antatt bergklasse / type stabilitet	Planlagt oppfølging / målinger under driving ²⁾	Planlagte tiltak under driving (utover vanlig stabilitetssikring ¹⁾)
1000-1250	A / B stabilit/blokkfall	Ingeniørgeologisk kartlegging før tildekking av sprøytebetong	
1250-1300	C ras	- Observasjon og kartlegging av bergforholdene etter hver salve før tildekking med sprøytebetong - Oppfølging av driving og av utførelse av sikringsarbeider - Oppfølging av måleresultater - Konvergensmålinger	- Sonderboring (begynner ved pel 1300) - Evt. forinjeksjon for bedring av stabiliteten - Forbolter m/ytte ende festet - Evt. redusert salvelengde og/eller oppdeling av salven - Sprøytebetong hurtig utført etter sprengning, også om nødvendig på stoffen - Evt. ekstra forsterkning med for eksempel installasjon av buer/ribber eller betongutstøpning (avh. av resultat av konv.målinger ³⁾) - Evt. sålestøp
1300-1600	A / B stabilit/blokkfall	Ingeniørgeologisk kartlegging før tildekking av sprøytebetong	
1600-1885	B blokkfall	Ingeniørgeologisk kartlegging før tildekking av sprøytebetong	
1885-1900	C / D ras/vann-innbrudd	- Observasjon og kartlegging av bergforholdene etter hver salve før tildekking med sprøytebetong - Oppfølging av driving og av utførelse av sikringsarbeider - Konvergensmålinger - Oppfølging av måleresultater ³⁾ - Registrering av lekkasjer på stoff - Registrering av lekkasjer i sonderborehull - Utarbeide og oppdatere prognoser for videre driving	- Sonderboring/kjerneboring (begynner ved pel 1650) - Forinjeksjon m/kontrollhull - Drenering - Redusert salvelengde og/eller oppdeling av salven - Sprøytebetong hurtig etter sprengning, også om nødvendig på stoffen - Ekstra forsterkning med for eksempel installasjon av buer/ribber eller betongutstøpning - Forbolter m/ytte ende festet i sprøytebetongbue - Sålestøp
1900-2200	A / B stabilit/blokkfall	Ingeniørgeologisk kartlegging før tildekking av sprøytebetong	- Sjekk av bergforhold og utført sikring før prosjektet tas i bruk
2200-2750	B / G blokkfall/sprakefjell	Ingeniørgeologisk kartlegging før tildekking av sprøytebetong, evt. etter hver salve	- Sprøytebetong etter hver salve, evt. også på stoffen - Spenningsmålinger

¹⁾ I forhold til bergmassestyrken. ²⁾ I tillegg kommer sjekk av bergforhold og utført sikring før prosjektet tas i bruk. ³⁾ Det må

Geoteknisk kategori

EC 7 gir prinsipper for valg av GK

1. Pålitlighetsklasse for type konstruksjon velges
2. Grunnforholdenes kompleksitet

Utdrag fra tabell NA.A1 i Nasjonalt Tillegg til NS-EN 1990

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitlighetsklasse (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller ¹⁾		(x)	x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i enkle og oversiktlige grunnforhold ¹⁾	x	(x)		
¹⁾ Ved vurdering av pålitlighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk				

CC = konsekvensklasse
RC = pålitlighetsklasse

**Pålitlighetsklasse gir
krav til kontroll ihht
EC0!**

Definisjon av Geoteknisk Kategori

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC 1	1	1	2
CC/RC 2	1	2	2/3
CC/RC 3	2	2/3	3
CC/RC 4*	*	*	*

* Vurderes særskilt

Lav:	Oversiktlige og enkle grunnforhold eller et prosjekt som er lite påvirket av grunnforholdene. Ingen eller bare enkle grunnundersøkelser kreves for å fastlegge eventuelle nødvendige geotekniske parametere. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Middels:	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av grunnforhold og for dimensjonering er godt utviklet. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Høy:	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av pålitelige parametere eller for dimensjonering er lite utviklet. Bare begrensede erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.

Geoteknisk kategori - alternativ

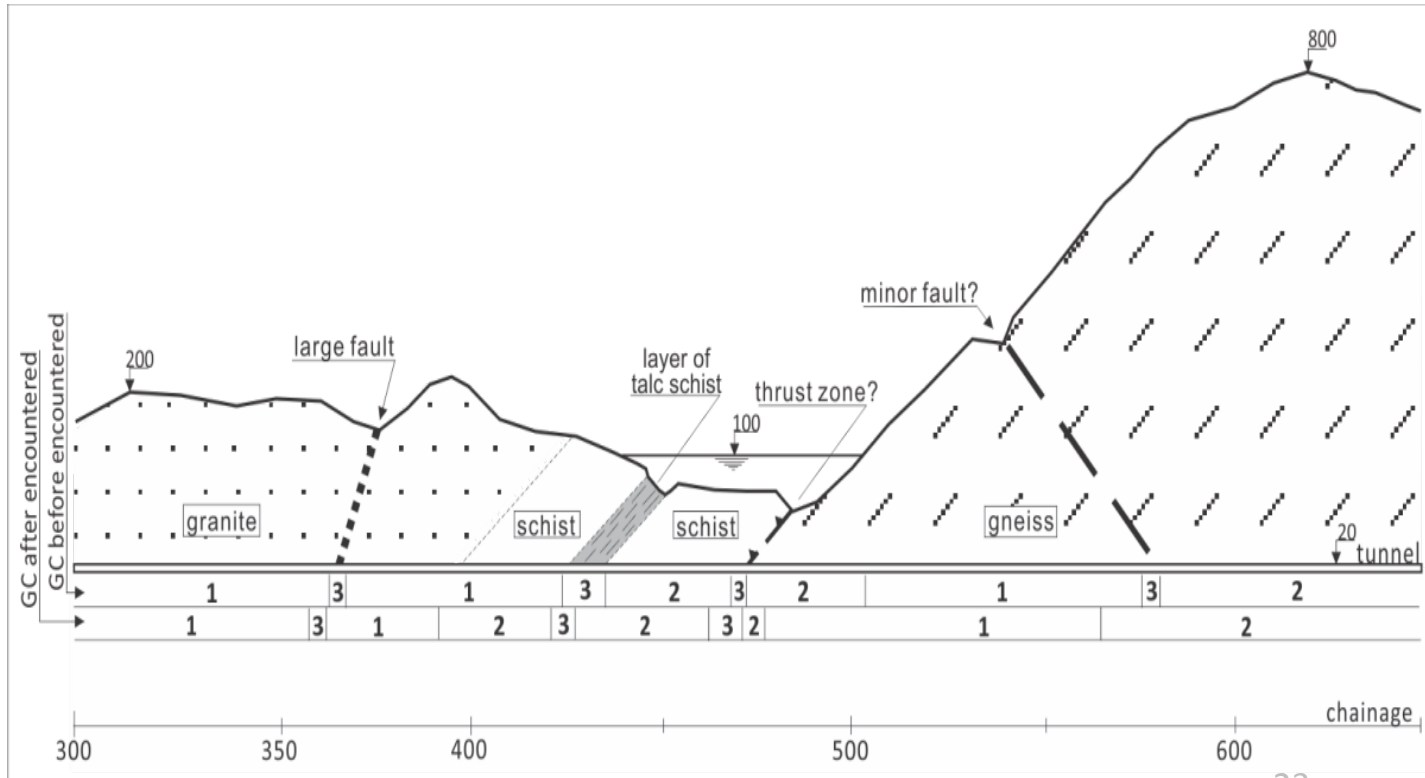
- Under bygging (grunnforhold, risk ved bygging)

Consequences of failure	Related to types of construction. Examples	Ground uncertainty (before encountered)		
		Low	Medium	High
Low	- Foundations - Simple rock cuttings	1	1 / 2	2
Medium	- Foundations where blasting is involved - Moderate - high rock cuttings - Tunnels	1 / 2	2	2 / 3
High	- Undersea tunnels - Caverns with large span - Low rock cover of underground excavations in susceptible areas - Very high rock cuttings - Excavation may influence on nearby settlements	2	2 / 3	3

- Under bruket (risk for brudd)

Consequences of failure	Related to types of usage. Examples	Ground quality (after encountered)		
		Good	Fair	Poor
Low	- Simple foundations - Water tunnels, mine drifts - Moderate rock cuttings	1	1 / 2	2
Moderate	- Partly complicated foundations - Low traffic road- and railway tunnels - High rock cuttings. Storage caverns in rock	1 / 2	2	2 / 3
High	- Complicated foundations. Very high rock cuttings - High velocity railway tunnels and heavy traffic road tunnels - Underground railway and hydropower stations - Areas with potential for severe landslide - The structure may give unacceptable impact on environment	2	2 / 3	3

Ulike geotekniske kategorier i et og samme prosjekt



Valg av dimensjoneringsmetode

Geotechnical Category	Use of calculations	Adoption of prescriptive measures	An observational method
1	No, generally not used	Yes	Yes, based on visual observations of geology*
2	Yes, analytical or numerical calculations are carried out, if required	Yes, often in <u>combination</u> with one of the other design tools	Yes, based on visual observations of geology* and, if required, measurements of behaviour**
3	Yes, numerical calculations are often used in combination with the observational method	Yes, in <u>combination</u> with one of the other design tools	Yes, based on visual observations of geology* and measurements of behaviour**

* Geology here means mainly ground conditions

** Behaviour here includes deformation, convergence, etc. from monitoring and observations

Tabell 1 Kontroll i byggefasen

Kapittel i Eurokode 7	GK 1	GK 2	GK 3
4.2.2 Utførelseskontroll ¹⁾ 4.4 Byggeplasskontroll (Kontroll av byggearbeidet)	<u>Registrering ved inspeksjon/befaring</u> - Enkle, kvalitative kontroller av byggearbeid (sikring, sprengning etc.) - Beskrivelse av grunnforhold - Bestemmelse av type berg	<u>Måling av geotekniske parametere/egenskaper</u> Beskrivelse i GK1 + flere undersøkelser/tester av representative prøver	<u>Målinger av geotekniske parametere/egenskaper</u> GK 2 + tilleggsundersøkelser
4.3 Grunnforhold ¹⁾ 4.3.1 Jord og berg 4.3.2 Grunnvann			
4.5 Overvåking (Kontroll av konstruksjonens oppførsel ²⁾)	Kvalitativ bedømmelse av konstruksjonens ytelse /oppførsel	Målinger av bevegelser/ oppførsel i utvalgte punkter	Målinger av forskyvninger og analyser som tar hensyn til rekkefølgen for utførelsen av byggearbeidene
4.2.3 Vurdering av prosjekteringen ³⁾	Egnethet av prosjektert bygge-/driveprosedyrene mht. grunnforhold / At grunnforholdene i anlegget stemmer med antagelsene/forutsetningene /Vurdering av prosjekteringen		
Rapportering i pkt. 4.2.2 – 4.5:	Enkel rapportering	Regelmessig rapportering	- Regelmessig rapportering - Sluttrapportering
¹⁾ Omfatter særlig: - Viktige trekk ved grunnen og grunnvannet - Arbeider og materialer (utførelse av sikring, sprengning, etc.) - Avvik fra prosjekteringen - Måleresultater med tolkninger (er tatt vare på i pkt. 4.5) - Miljøforhold - Uforutsette hendelser	²⁾ Målinger av betydning for undergrunnsanlegg: - Deformasjoner/forskyvninger - Bergtrykk - Innlekkasjer/grunnvannstrykk	³⁾ Gjennomgang av de mest ugunstige forhold som oppstår mht.: - Grunnen (se pkt. 4.3) - Grunnvannet (se pkt. 4.3) - Belastning på byggverket (berg-/jordtrykk etc.) - Miljøpåvirkninger og endringer inkl. ras	

Dokumentasjon

- Geoteknisk kategori
- Grunnundersøkelser (rene data vs tolket)
- Dimensjoneringsmetode
- Kontroll

Dette er ikke synsing!