

Underjordsanlegg Designprinsipper i Norge og internasjonalt

Øyvind Engelstad



Temaoversikt

- Designfilosofi
- Sikringsfilosofi
- Sikringselementer
- Forundersøkelser → Design → Kontrakt → Utførelse → Drift
- Er vi i ferd med å fjerne oss fra vår tradisjonelle tilnærming?



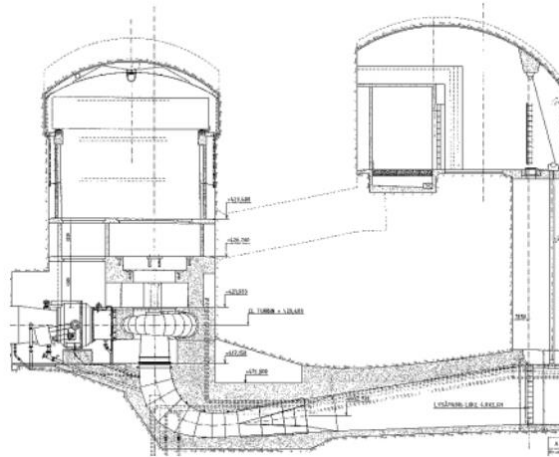
Designtilnærming



Designtilnærming

BERGMASSEN = RESSURS

Tradisjonelt har vi i Norge sett på berget som en ressurs som kan anvendes som byggematerialet

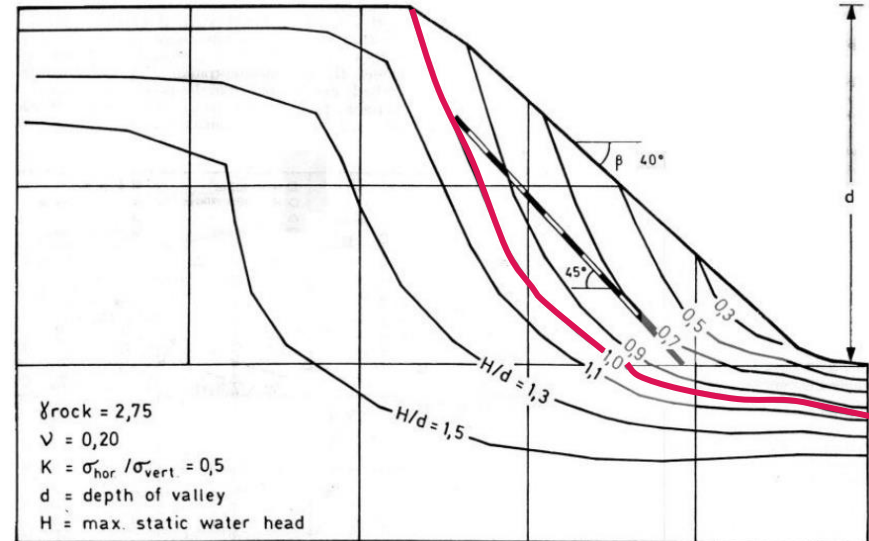
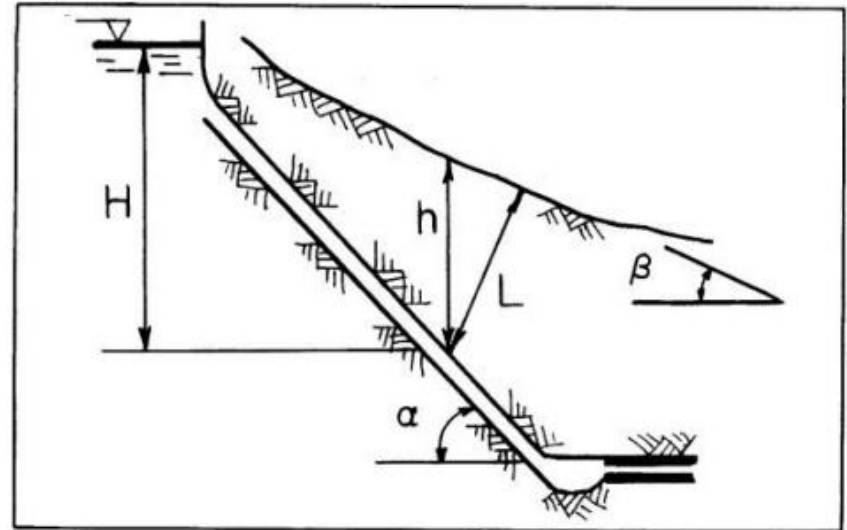
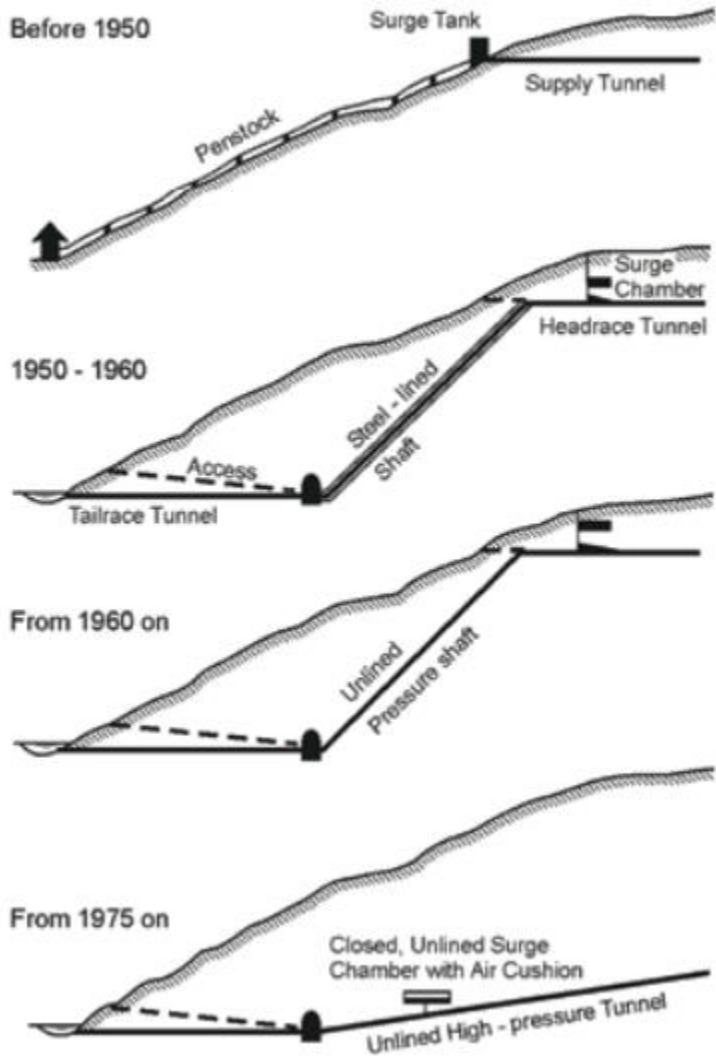


BERGMASSEN = PROBLEM

Internasjonalt ser man ofte på berget som en hindring som må bort for å gi plass for den permanente konstruksjonen

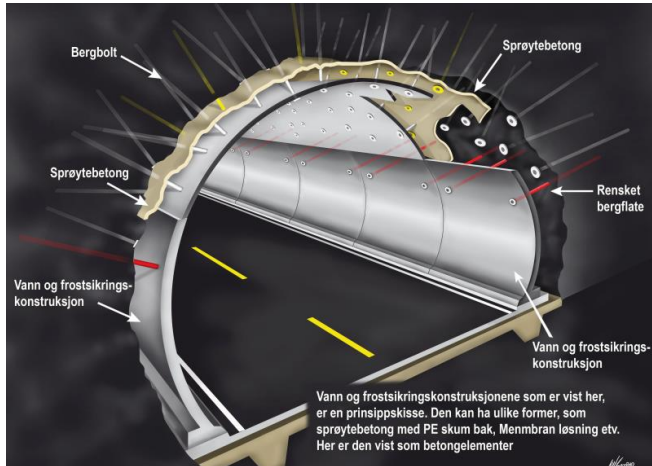


Eksempel: Vannkraft

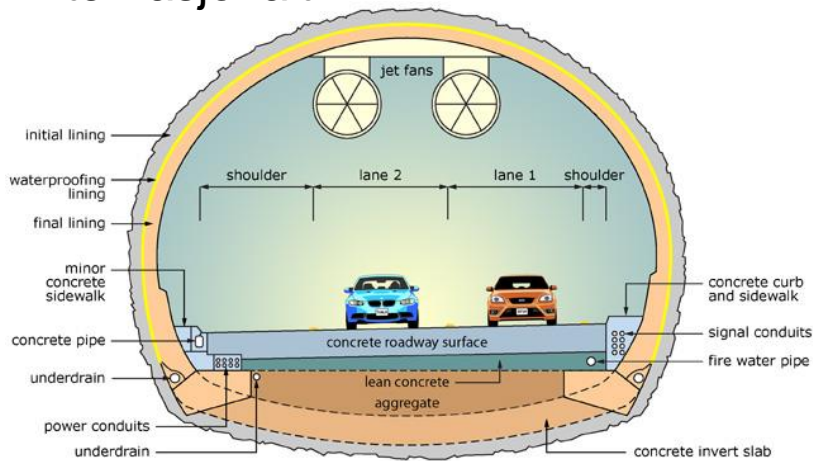


Eksempel: Samferdsel

Norge:



Internasjonalt:



Sikringsfilosofi

Norge (tradisjonelt)	Internasjonalt (tradisjonelt)
Observasjonsmetoden (sikring tilpasses)	Pre-design av sikring (fast sikring i hver klasse)
Erfaringsbasert tilnærming	Analyse og beregningsbasert tilnærming
Ingeniørgeolog sentral i vurderingene av valg av sikring på anlegget	Geologer observerer, mens det i stor grad er rock mechanics, structural eller geotechnical engineers som bestemmer permanentsikring (fra kontoret)
Initiell sikring settes på stoff (av entreprenør)	Permanent sikring settes på stoff basert på "rock class"
Supplerende permanent sikring settes bak stoff basert på kartlegging, observasjoner og analyser	
Utstrakt bruk av fiberarmert sprøytebetong og bolter som permanente sikringsmidler	Utstrakt bruk av betongutforing som permanent sikring (inisiell sikring medregnes ikke)
Klassifiseringssystemer (Q, RMR, RMi etc) anvendes som referanse og basis for diskusjon	Klassifiseringssystemer (særlig Q og RMR) anvendes som "fasit"
Stort sett salvelengder på 5 m og fullt tverrsnitt. 2,5 m og delte tverrsnitt kun ved svært dårlig berg	Som regel maksimalt 3 m salvelengder og avtrapping helt ned til 1-1,5 m og delte salver ved dårlig berg.

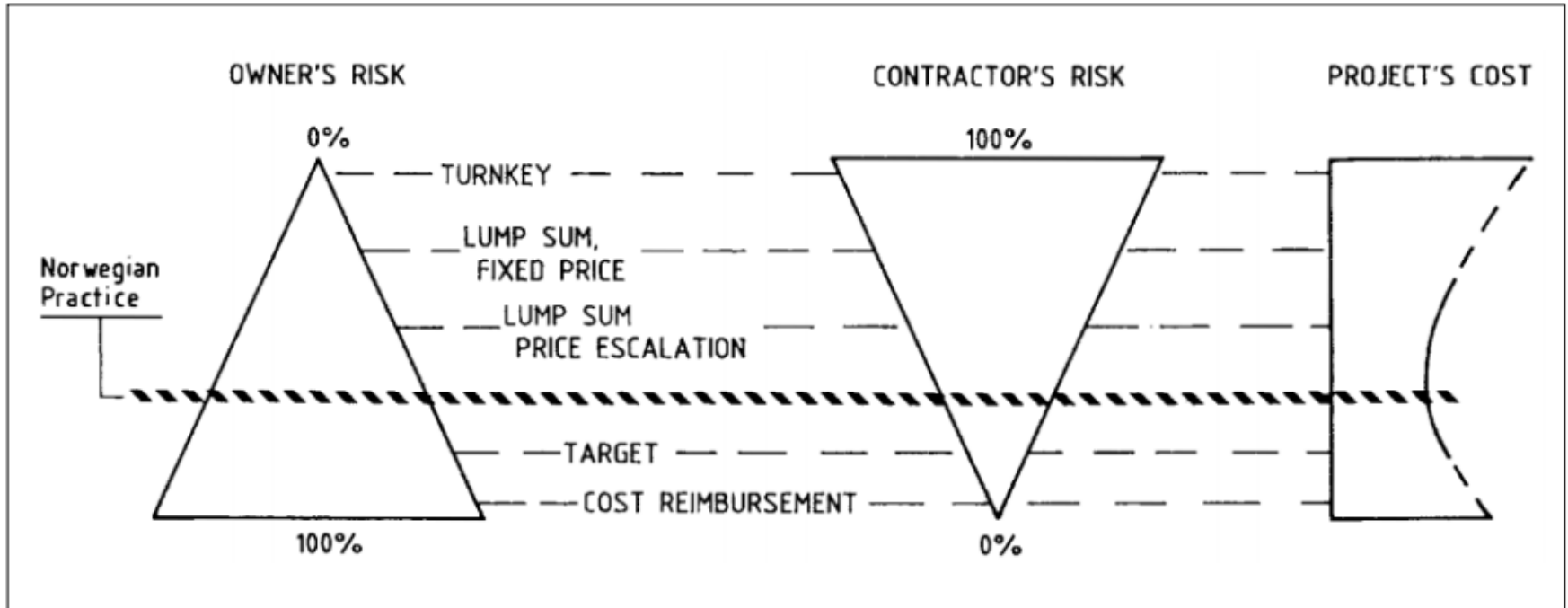
Sikringsmidler

Norge (tradisjonelt)	Internasjonalt (tradisjonelt)
Mekanisk og manuell rensk på stoff, periodisk rensk bakover i tunnelen	Mekanisk og manuell rensk (men av og til i motsatt rekkefølge). Ikke vanlig med periodisk rensk.
Ekspansjonsbolter, polyesterforankrede bolter på stoff. (eller kombinasjonsbolt)	Fullt innstøpte bolter på stoff
Fullt innstøpte bolter bak stoff som supplement til bolter satt på stoff	
Fiberarmert sprøytebetong	Nettarmert sprøytebetong
"Spilling bolter" ved behov for sikring av heng foran stoff ved dårlig berg	"Pipe roof" ved behov for sikring av heng foran stoff ved dårlig berg
Sprøytebetongbuer ved dårlig berg	"lattice girders" og full utstøpning ved dårlig berg
Forinjeksjon ved vannproblemer	Drenasje (stopp) eller etterinjeksjon og membran + betonglining ved vannproblemer
PE plater og betongbuer for vann og frostsikring	Membran og full utstøping for vann og frostsikring

Forundersøkelser →
Design → Kontrakt →
Utførelse → Drift



Tradisjonell riskfordeling i norske anleggsentrepriser



Tradisjonelt:

Hovedentreprise med oppgjør etter medgått mengde


Bergarbeidene kompenseres med enhetspris og enhetstid (ekvivalenttid)

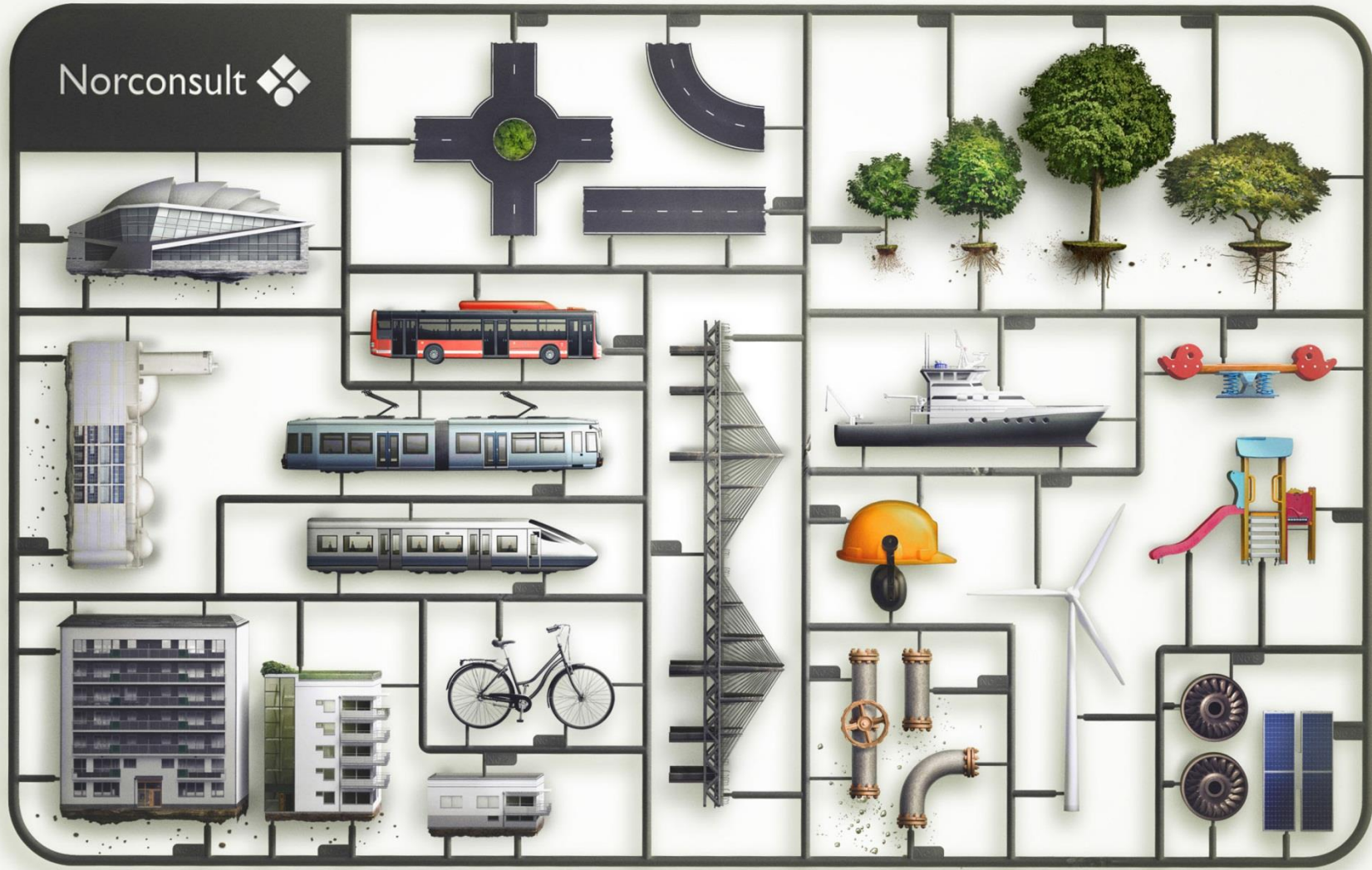
Faser

Fase	Norge	Internasjonalt
Forundersøkelser	Basert på en kost/nytte tilnærming	Ofte omfattende og ikke alltid optimalisert ut fra kost/nytte betraktning.
Design	<ul style="list-style-type: none">• Erfaringsbasert og tilpasset tilgjengelig grunnlag.• Løpende justeringer i byggefasen	<ul style="list-style-type: none">• Fortung, detaljert og teoretisk• Dokumentasjonstung• Rigid i byggefasen
Kontrakt	Primært hovedentreprise med oppgjør basert på endelige sikringsmengder	Utstrakt bruk av totalentreprise (noen ganger med regulering basert på observert "rock class")
Utførelse	<ul style="list-style-type: none">• Kompakte selvgående lag• "Multi function" tunnelarbeidere• Høy kompetanse og erfaring på stuff• Desentraliserte beslutninger• Holdningsbasert SHA	<ul style="list-style-type: none">• Mange folk i tunnellaget• "Single function" tunnelarbeider• Lav kompetanse på stuff• Sentraliserte og trege beslutningsprosesser• Regelbasert SHA
Drift	Design optimalisert mot driftskostnad og vedlikeholdsintervall	Design ofte basert på "0 vedlikehold" filosofi

Er vi i ferd med å fjerne oss fra vår tradisjonelle tilnærming?

- Økende konfliktnivå?
- Mer rigide kontrakter?
- Svakere kommunikasjon mellom aktørene?
- Mer regelstyrt design og utførelse?
- Økt krav til teoretisk dokumentasjon?
- Svakere kompetanse?
- Mindre innovasjon?
- Mindre handlefrihet for prosjektorganisasjonen?
- Innkjøperstyrt anskaffelse?
- Økt bruk av totalentrepriser?
- Økt bruk av full utstøpning?

Norconsult 



Thank you