

TUNNELBYGGETID 2021

NFFs Temakveld
16. juni 2022

Agenda

- Bakgrunn og mandat
- Rammeverk
- Kapasiteter
- Beregningsmodell
- Status og videre arbeid

Bakgrunn for prosjektet

(Kontaktmøte EBA-SVV mars 2018)

- «EBA og Statens vegvesen har i kontaktmøte blitt enige om å utforme et mandat for å utvikle en bransjeomforent modell for byggetid i tunnel.
- Modellen skal gjelde for fastsettelse av tid til driving, sikring og vann/frost frem til oppstart for elektroarbeider.
- Modellen må ivareta det grunnleggende prinsippet om at byggherre har risikoen for grunnforholdene.
- Modellen skal brukes i alle konkurransegrunnlag.
- Den samlede tunnelbransjen i Norge har den erfaring og kunnskap som er nødvendig for å kunne lage en slik modell.
- EBA og Statens vegvesen skal i felleskap sette sammen og styre en tverrfaglig gruppe.
- EBA tar ansvar for igangsetting og framdrift av prosjektet.»

Mandat

(Kontaktmøte EBA-SVV mars 2018)

- Gruppen skal utforme et forslag til en modell for tidsplanlegging under usikkerhet for tunnelaktiviteter.
- Gruppen må ta hensyn til at modellen skal ha overføringsverdi til andre fagområder på samferdsels-prosjekter utover tunnelaktiviteter.
- Modellen skal bygge på realistiske erfaringstall og skal legge til rette for at det kan gjøres en skjønnsmessig vurdering på den enkelte kontrakt.
- Det er en forutsetning at ekvivalenttidsregnskapet skal bestå som verktøy for regulering av tidsfrister for tunnelarbeider etter at kontrakt er inngått.

«2018-systemet»

- Ikke tydelig at byggherrens byggetid skal være «velfundert» ved kontraktinngåelse.
- Regulering av kontraktens byggetid skjer ofte gjennom et ekvivalenttidsregnskap.
- Noen ekvivalenttider er medgått tid, «time for time».
- Driving/uttak av berg har ikke ekvivalenttid (NS3420 kan ha).
- Byggherren «bestemmer» ekvivalenttidene, gjerne i samråd med bransjen.
- Noe av risikoen overføres til entreprenøren gjennom et «bunnfradrag» bestemt av byggherren.

Arbeidsgrupper

- Statens vegvesen
- Bane Nor
- Nye Veier AS
- Fornebubanen

- NCC
- Skanska
- Veidekke
- Implen
- Hæhre
- AF Gruppen
- Cowi

- NTNU
- EBA

- Bever Control AS
- Arbeidsmandsforbundet

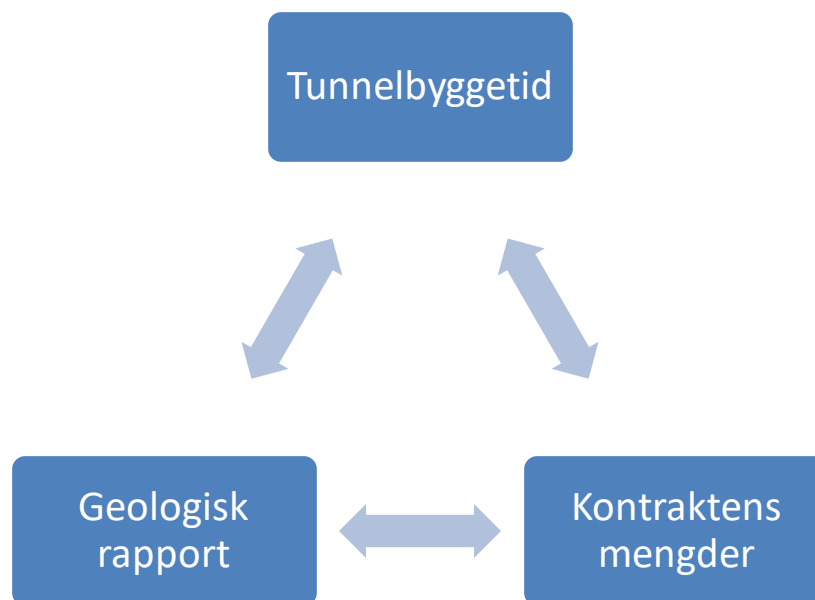
- Bachelor- og masterstudenter NTNU

Avgrensning - oppdeling

- Utvalget har valgt å se på tunnelbyggetid som fire (fem) faser
 - forberedende arbeider
 - driving og sikring
 - vann/frost/kjøreveg
 - elektro/tekniske installasjoner
 - (testing/godkjenning).
- Startet med driving og sikring av ettløpstunneler.
- Versjon 1.0 omfatter driving og sikring av ett- og toløpstunneler, med enstuffs- og vekseldrift, mengdebasert ihht R761.
- Versjon 2.0 er versjon 1.0 utvidet med sikringsklassebasert oppgjørsform. Klar til testing.
- Startet på versjon 3.0 som vil inkludere grunnarbeider og vann- og frostsikring.

Rammeverk

- Før kontrakt
 - Tilbudsgrunnlaget skal inneholde en beregnet byggetid som er basert på tilbudsgrunnlagets mengder, som igjen skal være sporbare med basis i geologisk rapport og byggherrens planer.
 - Byggetiden beregnes vha. en omforent modell - «byggetidsmodell»



Rammeverk

- Under bygging
 - Byggetiden reguleres ved endring/økning i mengder, basert på omforent beregningsmodell - «ekvivalenttidsmodell»
 - Endring i byggetid skjer fra første mengdeøkning, dvs. uten «bunnfradrag»
 - Byggetiden reduseres ikke ved reduserte mengder.
- Det er et mål at kapasitetene for byggetid og ekvivalenttid skal være like, evt. forskjeller håndteres med faktorer eller liknende.

Rammeverk og forutsetninger for driving og sikring

- Ekvivalenttidskapasiteter og ekvivalenttider relateres til 101 h/uke.
- Endret ukentlig arbeidstid som følge av ytre restriksjoner (f.eks. skytetid, støyende arbeider eller annet) vil ha innvirkning på kapasiteter og ekvivalenttider, noe som må vises i tilbudsgrunnlaget og kunne håndteres i modellen.
- Det forutsettes sikring på stuff, med liten grad av ettersikring (bør spesifiseres som en andel av totalmengden, foreslått 90/10).
- Systemet må ivareta ulike byggherrers preferanser/praksis.
- Framtidig oppdatering av kapasiteter og ekvivalenttider gjøres av bransjen i fellesskap, gjerne med involvering av «nøytral» part.

Mengdebaserte kapasiteter - arbeid foran stuff

- Følger R761

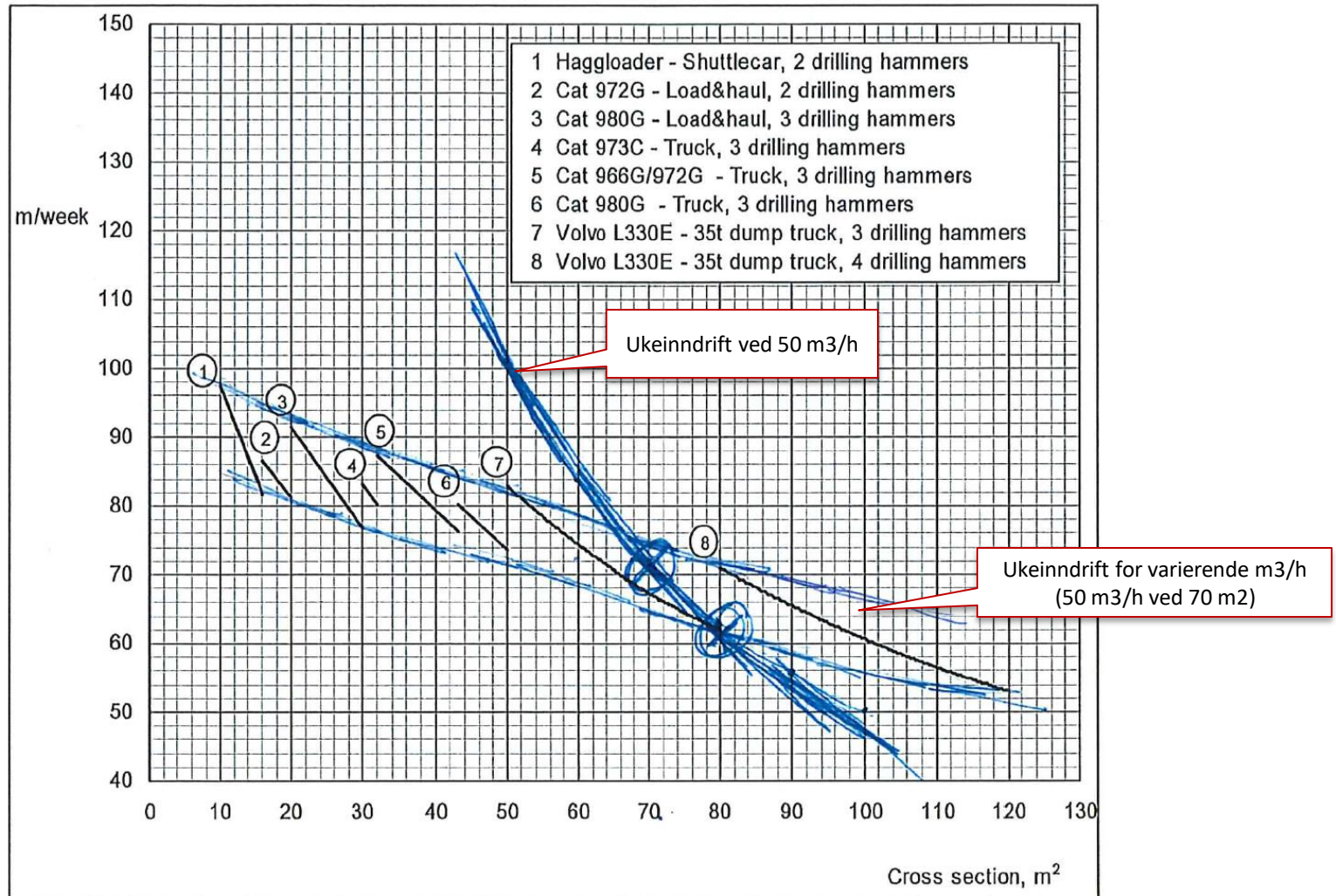
	Foreslått		Eksisterende
ARBEID FORAN STUFF	kapasitet		kapasitet
Sonderboring inkl. lekkasjemåling, avh. av antall hull, her antas 4	60 bor-m/h		60
Kjerneboring (time for time, inngår i ventetid)			
Seismikk (time for time, inngår i ventetid)			
Sporadisk injeksjon			
Rigg inkl. herdetid, stk = opp- og nedrigg pr skjerm	1 stk/h		1
Boring (alle hull bores og pakkes før injeksjon starter)	60 bor-m/h		60
Injeksjon (pumping), type sement, antall linjer, her antas 4	1,5 tonn/h		-
Kontrollhull inkl. lekkasjemåling	60 bor-m/h		60
Systematisk injeksjon			
Rigg inkl. herdetid	1 stk/h		1
Boring (alle hull bores og pakkes før injeksjon starter)	90 bor-m/h		60
Injeksjon (pumping), type sement, antall linjer, her antas 4	1,5 tonn/h		-
Kontrollhull inkl. lekkasjemåling	60 bor-m/h		60

Mengdebaserte kapasiteter - sprengning og utlasting

- Følger R761
- Gjelder for både ver. 1.0 og 2.0

	Foreslått	Eksisterende
SPRENGNING OG UTLASTING	kapasitet	kapasitet
Normal salve, tverrsnittsavhengig h/m ³ . T5,5 – T12	50 m ³ /h	-
Ikke avhengig av geologi		
Ikke tillegg for synk		
Nisjer, teknisk rom, med mer, kapasitet som for normal salve	50 m ³ /h	-
Halv salvelengde eller todelt salve	25 m ³ /h	35
Halv salvelengde, todelt tverrsnitt	15 m ³ /h	25

Kapasiteter - sprengning og utlasting



Mengdebaserte kapasiteter - stabilitetssikring

- Følger R761

	Foreslått	Eksisterende
STABILITETSSIKRING	kapasitet	kapasitet
Manuell driftsrensk	1 h/h	1
Geologisk kartlegging (bygeherrens halvtime), brukes sjelden fullt ut, bygger opp «bunnfradrag» for entreprenør holdes utenfor ekvivalenttidsregnskapet?		
Sluttrensk legges til start etterarbeider		
Bolter alle typer, <= 4 m (ikke bak stuff forutsatt «all» sikring på stuff)	15 stk/h	12
Bolter alle typer > 4 m (ikke bak stuff forutsatt «all» sikring på stuff)	7,5 stk/h	6
Bergbånd	25 m/h	25
Nett	10 m ² /h	10
Sprøytebetong, all bruk	8 m ³ /h	6
Buer (omfatter radielle bolter, braketter, armering)	4 bue-m/h	4
Sikringsstøp med fundament (for 1., 2. og 3. støp)	0,03 m/h	0,1
Sikringsstøp med fundament (for 4. og etterfølgende støper)	0,1 m/h	0,1

Sikringsklassebaserte kapasiteter

- Sikringsklassene må spesifiseres/kvantifiseres før byggetid kan beregnes.
- Regulering av byggetid skjer gjennom endret sikringsklasse og evt. endret mengde innen sikringsklassene.
- Inkluderer ikke arbeider foran stuff (!).

SIKRINGSKLASSER (kapasitet og enhetstider genereres fra enkeltkapasiteter)		Kapasitet	Enhetstid
Klasse A		50 m ² /h	0,02 h/m ²
Klasse B		50 m ² /h	0,02 h/m ²
Klasse C		33,33 m ² /h	0,03 h/m ²
Klasse D		20 m ² /h	0,05 h/m ²
Klasse E1		5 m ² /h	0,20 h/m ²
Klasse E2		5 m ² /h	0,20 h/m ²
Klasse F		3,33 m ² /h	0,30 h/m ²
Klasse G		2,5 m ² /h	0,40 h/m ²

Kapasiteter – sikringsklasser

		Sikringsklasse I				Sikringsklasse II	
		Klasse A		Klasse B		Klasse C	
	<i>Sikringsklasse kapasitet</i> h/m^2	0,019	0,026	0,041			
		Egendefinert	Foreslått	Egendefinert	Foreslått	Egendefinert	Foreslått
		Verdier	Verdier	Verdier	Verdier	Verdier	Verdier
Drift informasjon	Salve-informasjon		4,80		4,80		4,80
	Gjennomsnitt salve-lengde i m						
Rensk og kartlegging	Manuell driftsrensk		15,00		24,00		36,00
	Minutter per salve i min/salve						
	Byggherretid / kartlegging		5,00		10,00		15,00
	Minutter per salve i min/salve <small>not good</small>						
Sikrings-bolter	Bolting - Heng og vederlag		3,00		2,50		2,00
	Bolting senteravstand i m						
	Boltelengde fordeling (≤ 4 m) i %	100,0 %		90,0 %		80,0 %	
	Boltelengde fordeling (> 4 m) i %	0,0 %		10,0 %		20,0 %	

Kapasiteter - vekseldrift

- Utvalget ønsker å bruke en «vekseldriftsfaktor».
- Analyser viser stor variasjon i «vekseldriftsfaktoren» i gjennomførte tunnelprosjekter.
- Er sterkt påvirket av stabilitetssikring og injeksjon.
- Vi utvikler en modell for å kunne simulere ulike «mengde-scenarier» og «utstyrs-scenarier».
 - Lite sikring gir lav vekseldriftfaktor (= god effekt av vekseldrift)
 - Mye sikring gir høy vekseldriftfaktor (= liten effekt av vekseldrift)
 - Vekseldriftfaktoren varierer i prinsippet mellom 1,0 og 2,0

Beregningsmodell i Excel (uten makroer)

Tunnelbyggetid 2021

Beregning av byggetid for samferdselstunneler

Institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU



Versjon 1.0 med tilhørende veileder (11.11.2021)

Kontakt: Arne Aakre (aa@eba.no)

Beregningsmodell i Excel

Stuff-informasjon	Løp 1 lengde mangler !	Stuff 1-1	Stuff 1-2	Stuff 1-3	Stuff 1-4
	Stuffnavn / Stufflengde / m Forskjøvet oppstart / uker	<input type="text" value="Stuff 1-1"/> ✓ <input type="text" value="0,0"/> ! <input type="text"/> !	<input type="text" value="Stuff 1-2"/> ✓ <input type="text"/> ! <input type="text"/> !	<input type="text" value="Stuff 1-3"/> ✓ <input type="text"/> ! <input type="text"/> !	<input type="text" value="Stuff 1-4"/> ✓ <input type="text"/> ! <input type="text"/> !
Driftsform	Vekseldrift ✓	Vekseldrift ✓	Vekseldrift ✓	Vekseldrift ✓	
Andel av tunnel med enstuffs drift / m	Enstuffs drift <input type="text"/> Vekseldrift <input type="text" value="!"/> !	Enstuffs drift <input type="text"/> Vekseldrift <input type="text" value="!"/> !	Enstuffs drift <input type="text"/> Vekseldrift <input type="text" value="!"/> !	Enstuffs drift <input type="text"/> Vekseldrift <input type="text" value="!"/> !	
Løp 2 lengde mangler !	Stuff 2-1	Stuff 2-2	Stuff 2-3	Stuff 2-4	
Stuffnavn / Stufflengde / m Forskjøvet oppstart / uker	<input type="text" value="Stuff 2-1"/> ✓ <input type="text" value="0,0"/> ! <input type="text"/> !	<input type="text" value="Stuff 2-2"/> ✓ <input type="text"/> ! <input type="text"/> !	<input type="text" value="Stuff 2-3"/> ✓ <input type="text"/> ! <input type="text"/> !	<input type="text" value="Stuff 2-4"/> ✓ <input type="text"/> ! <input type="text"/> !	
Driftsform /	Vekseldrift	Vekseldrift	Vekseldrift	Vekseldrift	
Andel av tunnel med enstuffs drift / m	Enstuffs drift <input type="text" value="0,0"/> Vekseldrift <input type="text" value="!"/> !	Enstuffs drift <input type="text" value="0,0"/> Vekseldrift <input type="text" value="!"/> !	Enstuffs drift <input type="text" value="0,0"/> Vekseldrift <input type="text" value="!"/> !	Enstuffs drift <input type="text" value="0,0"/> Vekseldrift <input type="text" value="!"/> !	



Inndata-fane for justeringer

Justeringer							
Inndata							
		Status	Lop 11 Laupland	Lop 12 Laupland	Lop 11 Kvitsoy	Lop 12 Kvitsoy	Tverrslag
Info. Link		Enhet	Inntastingsverdi	Inntastingsverdi	Inntastingsverdi	Inntastingsverdi	Inntastingsverdi
Generell justering							
Angi totale justeringer i stedet for individuelle nedenfor <i>i</i>	Svar	Individuelle justeringer ✓	Individuelle justeringer ✓	Individuelle justeringer ✓	Individuelle justeringer ✓	Ingen ✓	
	Tidsjustering uker						
	Begrunnelse						
Individuelle justeringer							
Geologi, svakhetssoner, <i>i</i> 🔗	Svar	Ja ✓	Ja ✓	Ja ✓	Ja ✓		
	Tidsjustering uker	2,0 ✓	2,0 ✓	4,0 ✓	4,0 ✓		
	Begrunnelse	Utslag/svakhetsson ✓	Utslag/svakhetsson ✓	Svakhetssoner/tunna silinger ✓	Svakhetssoner/tunna silinger ✓		
Stigning/synk <i>i</i>	Svar	Nei ✓	Nei ✓	Nei ✓	Nei ✓		
	Tidsjustering uker						

Status

- Reviderte ekvivalenttider (dvs. ekvivalenttidskapasiteter) vedtatt (av SVV) (gyldige for ca. T8,5 – T14,5)
- Rammeverk for systemet foreslått (og vedtatt av SVV)
- Prøvd ut mot gjennomførte prosjekter.
- Tatt i bruk i noen SVV-kontrakter.

- Beregningsverktøy i Excel
 - Mengdebasert beregning (R761) i v1.0
 - Sikringsklasse-basert beregning i «v1.99»
 - Testet i mange prosjekter – god overensstemmelse med byggetid basert på andre «metoder»
 - Veileder for mengdebasert beregning i v1.0

- Lastes ned fra <https://www.eba.no/vei-og-jernbane/anlegg/tunnellbyggetid/>

Noen muligheter for ny funksjonalitet

- Modellen kan relativt enkelt utvikles til å håndtere byggetidsberegning fra og med tidlig planfase med varierende grad av kunnskap om forventet geologi og driftsopplegg.
- Modellen kan utvikles mot en usikkerhetsmodell i slektskap med Anslag for kostnadsberegning.
- Modellen kan utvikles til å samle erfaringsdata og prognosere tid for gjennomslag under driving av en tunnel. (Det samme gjelder etterarbeider, elektro og testing.)

Oppsummering

- Ekvivalenttidskapasiteter og byggetidsmodell v1.0, som dekker både beregning og regulering av byggetid
- Kapasitetene og modellen har godt samsvar med utførte prosjekter.
- Modellen finnes i mengdebasert (SVV ++) og sikringsklassebasert utgave (Bane Nor, Nye Veier ++)
- Gode muligheter for å redusere antall konflikter om byggetid.

Noen «aha-opplevelser» (eller: arbeidet ble mer omfattende enn vi trodde)

- At resultater fra modellen skal være del av kontraktgrunnlaget krever transparens i alle detaljer (kapasiteter og beregningsmodeller, tydelige og omforente forutsetninger,
- «Ivareta ulike byggherrers preferanser/praksis» gjør bla. at den må håndtere sikringsklasser og andre måleregler enn R761
- Virkning av «ytre restriksjoner» bør ikke være basert «bare på synsing».



Tunnelbyggetid 2021

Beregning av byggetid for samferdselstunneler

Institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU



Versjon 1.0 med tilhørende veileder (11.11.2021)

Kontakt: Arne Aakre (aa@eba.no)