



Kostnadsgrunnlag for vannkraftanlegg

2
2010

H
Å
N
D
B
O
K



KOSTNADSGRUNNLAG FOR VANNKRAFTANLEGG

Prisnivå 01.01.2010

Norges vassdrags- og energidirektorat

2010

Håndbok nr. 2/2010

KOSTNADSGRUNNLAG FOR VANNKRAFTANLEGG

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Jan Slapgård

Forfatter: SWECO Norge AS

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto: NVE

ISSN: 1502-3664

ISBN: 82-410-0724-8

Sammendrag: Håndboka er utarbeidet for beregning av gjennomsnittelig påregnelige entreprenørutgifter (bygningmessige arbeider) og leverandørutgifter (mekanisk og elektrisk utstyr) for vannkraftanlegg i en tidlig fase. De samme omkostninger vil avhenge av en rekke forhold som kan variere fra anlegg til anlegg, og dette forutsetter at brukeren har gode fagkunnskaper. Dette gjelder særlig de bygningmessige arbeider. Håndboka er utarbeidet for opprusting/utvidelsesprosjekter.

Emneord: Gjennomsnittelige kostnader, vannkraftanlegg, bygningmessige arbeider, maskinteknisk og elektroteknisk utstyr.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

F FELLESKAPITTEL

F0 INNHOLDSFORTEGNELSE

ENTREPRENØRUTGIFTER (Bygningsmessige arbeider)
LEVERANDØROMKOSTNINGER (Maskin og elektro)

Innhold		Side
F	FELLESKAPITTEL	
F.0	Innholdsfortegnelse	
F.1	Generelt	1
F.2	Økonomi for o/u prosjekter	4
B	BYGNINGSMESSIGE ARBEIDER	12
B.0	Generelt	12
B.1	Steinfillingsdam med morenekjerne	15
B.2	Steinfillingsdam med asfaltbetongkjerne	36
B.3	Betongdammer	54
B.4	Sprengte tunneler	68
B.5	Diverse vedrørende sprengte tunneler	73
B.6	Borede tunneler	85
B.7	Sprengte sjakter	87
B.8	Borede sjakter	92
B.9	Rørgater	95
B.10	Kraftstasjoner i fjell	102
B.11	Kraftstasjoner i dagen	111
B.12	Transportanlegg	113
B.13	Kanaler	116
E	ELEKTROTEKNISKE ARBEIDER	119
E.0	Generelt	119
E.1	Generatorer	122
E.2	Transformatorer	126
E.3	Høyspent koplingsanlegg	131
E.4	Kontrollanlegg	137
E.5	Hjelpeanlegg	140
E.6	Kabelanlegg	143
E.7	Kraftlinjer	145
E.8	Totale kostnader	153
E.9	Anleggskraft	158
M	MASKINTEKNISKE ARBEIDER	159
M.0	Generelt	159
M.1	Turbiner	161
M.2	Pumper	170
M.3	Luker	172
M.4	Diverse utstyr	179
M.5	Rørbruddsventiler	181
M.6	Rør	183

ENTREPRENØRUTGIFTER (Bygningsmessige arbeider)
LEVERANDØROMKOSTNINGER (Maskin og elektro)

F.1 GENERELT

F.1.1 Orientering

I 1982 fikk Vassdragsdirektoratet, Avdeling for vasskraftundersøkelser (VU), laget et hjelpemiddel for utarbeidelse av påregnelige anleggsomkostninger for vannkraftanlegg som et ledd i arbeidet med Samlet plan for Forvaltning av vannressursene. Dette arbeidet førte fram til en todelt rapport datert juli 1982.

I 1987 ble det utarbeidet en revidert utgave av 1982-rapporten med angitte priser i prisnivå januar 1986. Det ble også angitt en estimert prisvekst fra januar 1986 til januar 87.

Nye revideringer ble gjort i 1990 til prisnivå 01.01.1990, i 1995 til prisnivå 1.januar 1995, i 2000 til prisnivå 01.01.2000, i 2005 til prisnivå 01.01.2005 og sist, med denne utgaven, i 2010 til prisnivå 01.01.2010.

Rapportens deler er opprinnelig utarbeidet og tidligere revidert av henholdsvis Ingeniør Chr. F. Grøner A.S. (bygningsmessige arbeider), Nybro-Bjerck as (maskinelt utstyr) og Ingeniør A.B. Berdal A/S (elektrisk utstyr).

Oppdatering av rapporten i 1995 er gjort av henholdsvis Statkraft Engineering as (maskinelt- og elektrisk utstyr) og Berdal Strømme A/S (bygningsmessige arbeider). Kap. B.3.4 Betong buedam og B.11 Kraftstasjoner i dagen er hentet fra vårt "Kostnadsgrunnlag for mindre vannkraftanlegg (opp til 10.000 kW), og er utarbeidet av NVK A/S Norsk Vandbyggningskontor. Oppdateringen av rapporten i 2000 ble i sin helhet utført av Norconsult AS og i 2005 av Sweco Grøner AS.

Herværende rapport som er en revisjon av 2005-rapporten med angitte priser i prisnivå 1. januar 2010 er i sin helhet utført av SWECO Norge AS.

F.1.2 Rapportens innhold

Rapporten angir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig påregnelige entreprenørutgifter (bygningmessige arbeider) og leverandørutgifter (mekanisk og elektrisk utstyr). Disse omkostningene vil være avhengig av en rekke forhold som kan variere fra anlegg til anlegg.

De gitte hjelpemidler (priskurver etc) er basert på forutsetninger som kan anses som normale. De viktigste forutsetningene og anmerkningene er angitt på figurene og i tilhørende tekst.

Byggherreutgiftene er ikke inkludert i det angitte prisgrunnlaget.

Rapporten angir også de usikkerhetsmarginer en må regne med ved kostnadsoverslag basert på rapportens hjelpemidler.

F.1.3 Rapportens hensikt

I en tidlig fase i en vannkraftprosjektering vil en veiing av økonomi og konflikt med andre brukerinteresser være viktig. Her kommer påregnelige anleggsomkostninger inn, og det er viktig at omkostningskalkulasjonene utføres på en slik måte at utbyggingsprisen for de enkelte utbyggingsobjekter/alternativer kan sammenliknes uten for store skjevheter som måtte skyldes forskjellige framgangsmåter (inkluderte/ikke inkluderte omkostninger etc).

De omkostningskurver, enhetspriser etc. for forskjellige anleggsdeler (dammer, tunneler, kraftstasjon etc) som finnes i denne rapporten, er ment som hjelpemiddel for omkostningsberegningene, slik at:

1. Omkostningsberegningene kan utføres forholdsvis raskt, og
2. De beregnede omkostninger kan sammenliknes med akseptabel nøyaktighet. (Korrekt relativ forskjell mellom de kalkulerte omkostningene for de enkelte utbyggingsobjekter er i denne sammenheng viktigere enn stor nøyaktighet i forhold til virkelige anleggsomkostninger).

F.1.4 Rapportens oppbygging

Rapporten er bygget opp i 4 avsnitt:

- F Felleskapittel
- B Bygningsmessige arbeider
- M Maskintekniske installasjoner
- E Elektrotekniske installasjoner

Hvert avsnitt har underavsnitt hvor tekst og figurer vedrørende de enkelte anleggsdeler er plassert samlet. Ved bruk av rapporten bør tekst og figurer ses i sammenheng.

Rapporten er samlet i ringperm. Det er dermed mulig å revidere enkelte kapitler separat.

F.1.5 Bruk av rapporten

Rapporten kan benyttes for å omkostningsberegne anleggsdeler på et tidlig stadium i planleggingen.

Rapportens kostnadstall/kurver gir til resultat et gjennomsnittlig påregnelig kostnadstall. Dersom en ønsker et kostnadsoverslag med stor sikkerhet mot overskridelser, må tillegg gjøres. De angitte usikkerhetsmarginer er til hjelp for dette.

En rekke kostnadsbærere er ikke medtatt i det grunnlag som er presentert. Forutsetningene for, og merknadene til, priskurvene må derfor studeres. Ikke medtatte kostnader må selvsagt kalkuleres separat dersom en ønsker et komplett overslag.

Rapporten er ikke ment å være et verktøy/hjelpemiddel under prosjektering til f.eks. optimalisering og valg av konstruksjonstyper.

F.1.6 Prisnivå

Rapporten angir priser i prisnivå 1. januar 2010.

F.2 ØKONOMI FOR O/U PROSJEKTER (OPPRUSTING/UTVIDELSE)

F.2.1 Betragtninger rundt valg av tiltak som medfører driftstans kontra alternative tiltak som unngår driftstans.

F.2.1.1 Generelt om driftstans

Driftstans på grunn av O/U tiltak vil alltid være planlagte og defineres derfor som revisjonsstans, i motsetning til havari. Ved revisjonsstans har man mulighet til å planlegge stansen slik at produksjonstapet blir minimalisert.

Det er viktig å være klar over at turbiner har en konveks virkningsgradskurve med et bestpunkt som er ca. 75 % av full last. Virkningsgradene varierer også med fallhøyden. Produksjon utenfor bestpunktet gir dårligere energiutnyttelse, økt vibrasjon og kavitasjon slik at behovet for vedlikehold øker.

Hvis kraftverket har magasin vil tiltak som medfører kortvarig driftstans ikke gi vanntap så lenge tilsiget kan lagres i magasinet. Dette betyr at planlagt produksjon må forskyves slik at magasinene tappes ned mest mulig i forkant av tiltaket. Under en slik nedtapping vil kraftverket tape produksjon, både på grunn av redusert fallhøyde og redusert turbinvirkningsgrad. Blir driftstansen langvarig stiger vannstanden i magasinet over HRV, noe som resulterer i flom og forbitapping. Produksjonstapet blir da betydelig.

Hvis vannstanden i magasinet er høyere enn ønsket etter at arbeidet er avsluttet, vil kraftverket i en periode gå med høy last inntil magasinet er nede på ønsket nivå. Denne ekstra produksjonen skjer da på større fallhøyde, men gevinsten kan bli oppveid av dårligere virkningsgrad i turbinen på full last.

Hvis magasinet må holdes nede mens arbeidene pågår, vil kraftstasjonen så langt det er mulig bli benyttet for å holde vannstanden nede. Men kraftverket vil da produsere på lavere fallhøyde og dårligere virkningsgrad. Alternativt må tilsiget tappes forbi noe som igjen resulterer i et større produksjonstap. Når arbeidet er avsluttet vil magasin vannstanden være lavere enn ønsket. Kraftverket bør derfor stå i en periode slik at magasinet fylles til ønsket nivå.

Når produksjon blir forskyvet i forhold til planlagt produksjon, vil konsekvensene normalt være at produksjonsinntekten går ned. Men forskuttet produksjon gir tidligere inntekter og dermed også økt renteinntekt. Kraftpriser kan utvikle seg annerledes enn forventet. Det er derfor mulig at produksjonsinntekten i enkelte tilfeller kan øke når produksjonen forskyves.

Kraftverk som har leveringsforpliktelser, vil være avhengig av å kjøpe kraft fra andre produsenter ved en driftstans. Det antas at kostnader til eventuelt kraftkjøp vil være større enn kostnadene ved produksjon i eget verk. Hvis kraftkjøp ikke er mulig, vil kostnadene lett bli betydelige ved en stans i kraftproduksjonen.

For å redusere tapet ved en driftstans er det også viktig å peke på betydningen av at driftspersonellet har en grundig opplæring og at forebyggende vedlikehold er utført.

F.2.1.2 Nedslagsfelt

En utvidelse av nedslagsfeltet vil i seg selv ikke medføre produksjonsstans, men kan bety at kraftverkets kapasitet må økes. Ulike tiltak i magasin, inntak, vannveier og stasjon vil da bli aktuelt. De fleste av disse tiltakene vil medføre produksjonsstans av ulik varighet.

F.2.1.3 Inntak

Ved ombygging av bekkeinntak må tilsiget ledes forbi inntaket i byggeperioden. Dette medfører ikke produksjonsstans, kun redusert produksjon i byggetiden. Produksjonstapet varierer da med mengden vann som må ledes forbi i byggeperioden.

Ved ombygging av inntak må magasinet tappes ned i forkant og holdes nede så lenge arbeidene varer. I en slik situasjon vil kraftstasjonen bli kjørt på full last og på dårligere virkningsgrad/fallhøyde inntil magasinet er tømt. Mens arbeidene pågår vil stasjonen tidvis bli kjørt på lav fallhøyde og dårlig virkningsgrad slik at magasinet holdes nede. Hvis stasjonen ikke klarer å tømme og/eller holde magasinet nede, må tilsiget tappes forbi. Etter at arbeidet er avsluttet vil stasjonen stå stille slik at magasinet kan fylles til ønsket nivå.

Enkle tiltak for å redusere luftmedrivning og virvler i inntakene kan gjennomføres uten nevneverdig stans i produksjonen. Det samme gjelder ombygging av varegrinder.

F.2.1.4 Økt kapasitet i vannveiene, falltapsreduksjon

Glatting av tunneler.

Glatting av tunneler med ulike metoder krever vil kreve at stasjonen stanses og at tunnelen tørrlegges. Kan arbeidet utføres med stengt inntak/revisjonsluke vil magasinet kunne være i bruk i perioden med stans.

Utvidelse tverrsnitt.

Ved strossing av eksisterende tunneler må kraftverket stå mens arbeidene pågår. Hvis angrepspunktet for strossing skjer via eksisterende tverrslag og inntaks/revisjonsluke er stengt, vil arbeidet kunne utføres med magasinet i bruk. Da strossing er en tidkrevende prosess, kan produksjonsstansen fort medføre flomtap fra magasinet.

Hvis ny tunnel drives parallelt med eksisterende vil det kun være nødvendig å stanse kraftverket når ny og gammel tunnel koples sammen. Sammenkoplingen vil vanligvis kunne planlegges til tidspunkter uten nevneverdig økning av risiko for flomtap.

Rør.

Ved utskifting av rør og ved innvendig vedlikehold av rør, vil kraftverket stå eller ha redusert drift mens arbeidene pågår. Magasinet vil kunne brukes mens arbeidene pågår, som bør være nedtappet før arbeidene starter. Rørenes lengde og antall vil påvirke produksjonstapet.

Legges nye rør i parallell med eksisterende rør, er det kun når gammelt og nytt rør koples sammen at kraftverket må stanse. Sammenkoplingen vil vanligvis kunne skje så raskt at risikoen for flomtap ikke øker. Det samme gjelder når en ny sjaktløsning erstatter eldre rør.

F.2.1.5 Forbedre aggregatvirkningsgrad

Opprusting av turbinhjul og ledeapparat samt ombygging av generator er arbeid som krever at aggregatet stanses i 1-2 måneder. For et godt regulert system bør en slik stans kunne innpasses i ordinær drift uten større tap, særlig hvis kraftstasjonen har flere aggregat som kan produsere mens det ene aggregatet er ute av drift. Med synkende reguleringsgrad og aggregatantall blir det viktigere å tilpasse driften ved nedtapping i forkant og magasinere mens arbeidet pågår. Uregulerte verk med ett aggregat må slippe hele tilsiget forbi mens arbeidet pågår.

F.2.1.6 Endringer i manøvreringsreglement

Endringer i manøvreringsreglement vil ikke medføre stans i produksjon. Men det tiltaket kan øke tilsiget til kraftverket, noe som igjen kan føre til at kraftverkets kapasitet ønskes økt. De fleste tiltakene som da blir aktuelle vil i en periode medføre stans i produksjon.

F.2.1.7 Redusere tekniske restriksjoner

Magasin.

De fleste tiltak i magasin vil være å fjerne terskler slik at magasinet kan utnyttes ned til LRV. Mindre terskler som kan fjernes med dykkere/undervannsprengning og vil ikke gi stans av betydning.

Fjerning av større terskler vil kreve at magasinet tappes ned og holdes nede mens arbeidet pågår. Dette betyr nedtapping i forkant, uregulert produksjon på lav fallhøyde og dermed dårligere virkningsgrad. Her vil man ha mulighet til å avbryte arbeidet for å fortsette neste sesong. Forbitapping er derfor ikke aktuelt så lenge kraftstasjonen kan brukes for å holde vannstanden nede. Produksjonstapet vil derfor bli begrenset for denne typen arbeid.

Vannveier.

I vannveiene vil det være aktuelt å redusere større singulærtap. Aktuelle tiltak kan være å gi utstøpninger en bedre hydraulisk utforming og fjerne strupinger i vannveien som luftlommer etc.

Dette arbeidet krever at tunnelen er tørrlagt, og med stengt luke vil magasinet kunne benyttes slik at det totale produksjonstapet blir begrenset.

F.2.1.8 Øke installasjonen

Hvis et eldre aggregat skal byttes ut med et nytt, blir det produksjonsstans mens utskiftingsarbeidene pågår. Dette arbeidet vil ha noen måneders varighet, og varigheten er avhengig av størrelsen på aggregatet. For å begrense produksjonstapet bør arbeidet legges til perioder med lav magasinifylling og lave tilsig og aktuelle magasin bør tappes ned før arbeidene starter. Magasinet vil kunne benyttes mens arbeidene pågår.

I noen kraftverk er det satt av plass til nytt aggregat i eksisterende stasjon. I så fall kan nytt aggregat monteres uten at det er nødvendig å stanse kraftverket.

Hvis det bygges ny stasjon i tilknytning til den gamle, er det sannsynlig at eksisterende aggregat må stanse når det utføres arbeid nær disse aggregatene. Dette gjelder spesielt ved sprengningsarbeider, men forbedrede sprengningsteknikker har redusert rystelsene betraktelig slik at de fleste tilfeller vil drift på eksisterende aggregat tillates også ved sprengning nær aggregatene. Dette betyr at det kun er nødvendig med en kortvarig stans mens gammelt og nytt aggregat koples sammen.

Opprusting og utvidelse av kontrollanlegg vil neppe medføre stans av betydning, særlig hvis det gjøres gjenbruk av eksisterende målepunkter. Hvis nye målepunkter må etableres kan dette medføre kortvarig stans i produksjon.

F.2.1.9 Magasin

Gjennomføring av tiltak av dammer på vannsiden betyr at magasinet må tømmes før arbeidene starter og holdes nede så lenge det er nødvendig. Eventuelt må det også tappes forbi for å holde vannstanden nede.

Gjennomføring av tiltak på dammenes luftside vil vanligvis kunne gjennomføres uten stans i produksjon

F.2.1.10 Nye småkraftverk i eksisterende reguleringsområde

For eksisterende kraftverk kan det være aktuelt å bygge småkraftverk som utnytter fallet mellom overført felt og ned til inntaksmagasinet. Det kan også være aktuelt å bygge småkraftverk som utnytter pålagt slipping av vann fra magasin.

Ved bygging av småkraftverk i overførte felt bygges de enten som separate kraftverk, eller i forbindelse med eksisterende overføringstunneler. Selve kraftstasjonen vil kunne bygges uten at overføringen stanses, men overføringen må stanses når den nye kraftstasjonen skal koples sammen med den eksisterende overføringstunnelen. Hvis kraftstasjonen får separat tilløp og avløp, vil det ikke være nødvendig å stanse overføringen. Produksjonstapet ved å bygge småkraftverk i eksisterende reguleringsområde er derfor minimal, og stansen bør kunne tilpasses den ordinære kraftverksdriften.

F.2.2 Betraktninger rundt verdi av magasinøkning

Kraftverksmagasin benyttes for å utligne forskjeller mellom naturlig vannføring i et vassdrag og behovet for elektrisk energi. Norge har et klima som medfører at tilsig og forbruk er i motfase. Tidligere, med dårligere nettforbindelser mot Europa og større krav til egendekning av elektrisitet, ble vinterkraften vesentlig mer verdifull enn sommerkraften. Dette medførte at magasiner fikk høy prioritet i kraftverksutbyggingen.

Etter at nettforbindelsene mot Europa er blitt forbedret, er prisforskjellene mellom sommer og vinter blitt redusert, men det forventes en større prisvariasjon over døgnet. Dette betyr at det blir mindre verdifullt å lagre tilsiget til vinterproduksjon. Til gjengjeld øker interessen for effektkjøring. Men enkeltsituasjoner har vist hvor viktig det er å ha fulle magasin om høsten (særlig høsten 2002 og vinteren 2003).

Investeringer i økt magasinkapasitet begrunnes i dag vanligvis med:

- Redusert flomtap
- Økt fallhøyde
- Økt reguleringsbehov/effektkjøring
- Økt tørrårsikring

I utgangspunktet genererer ikke magasiner energi, men øker produksjon ved at flomtapet reduseres og at fallhøyden øker. Magasinene gir dessuten bedre muligheter for å produsere på høy turbinvirkningsgrad ved såkalt bestpunktdrift (intermitterende drift). Magasin gir også større frihetsgrader for produksjon når kraftverdiene er høye, enten ved å overføre tilsig fra fylling til tappesesong, eller ved effektkjøring. Som kraftverksmagasin er det naturlig å skille mellom 4 ulike magasintyper:

F.2.2.1 Døgn/ukemagasin

Døgn/ukemagasin utjevner vannføringene slik at lavvannføringer kan samles opp og kjøres ut på god virkningsgrad, og reduserer flomtoppene. Aggregatslitasjen ved å produsere på lave vannføringer blir redusert, men oppveies av økt slitasje på grunn av økt start/stopp kjøring av aggregatene. Magasinene gir muligheter til effektkjøring ved at kraftstasjonen kan stanse om natten og produsere på dagtid.

Denne type magasin er vanlig for småkraftverk og elvekraftverk. Verdien av å øke magasinene for disse kraftverkene er i første rekke å redusere flomtap, gi økt fallhøyde og bedre muligheter for effektkjøring.

F.2.2.2 Høydemagasin

Høydemagasin er utelukkende bygget for å øke fallhøyden. Høydemagasin har som regel beskjedent magasinvolum der magasinnivået øker raskt i forhold til økende damvolum. Dammen får da en høyde bestemt av damkostnader og produksjon.

Magasinene holdes normalt tett oppunder HRV, og tappes kun eventuelt ned i en flomsituasjon hvis reduksjonen i flomtap oppveier tapt fallhøyde. Tapet i fallhøyde reduserer muligheten til effektkjøring. Å utvide denne typen magasin er som regel ikke lønnsomt fordi byggekostnadene øker kraftigere enn en verdiøkningen av produksjonen.

F.2.2.3 Sesongmagasin

Sesongmagasin overfører tilsiget fra en sesong til en annen. Magasinene har kapasitet til å lagre opptil ca. 150 % av midlere årstilsig. Magasinene tømmes vanligvis i løpet av tappesesongen (vinter) og fylles opp i fyllingssesongen (sommer). På denne måten overfører magasinene tilsiget fra sesonger med lav etterspørsel etter elektrisk energi og høye tilsig, til sesonger med høy etterspørsel etter energi og lave tilsig. Kraftstasjonen får som regel en installasjon som gir en brukstid på 3-4000 timer pr år. Dette gir muligheter til effektkjøring innefor de rammer som magasin og installasjon setter.

Magasintypen er vanlig for middels store kraftverk. Verdien av økt magasinkapasitet ligger primært i redusert flomtap. Verdien av økt fallhøyde og bedre muligheter for effektkjøring er noe begrenset for denne type magasin.

F.2.2.4 Flerårsmagasin

Flerårsmagasin har kapasitet til å lagre over 150 % av midlere årstilsig. Magasinene tappes svært sjeldent ned mot LRV, og da kun i ekstreme tørrårsituasjoner. Fordi vannstanden i magasinene vanligvis ligger høyt, vil kraftstasjonen utnytte tilsiget med stor fallhøyde og gode turbinvirkningsgrader. Flerårsmagasin har gode muligheter for effektkjøring.

For denne type magasin er verdien av en magasinøkning begrenset til økt tørrårsikring. Hvorvidt økt tørrårsikring er bedriftsøkonomisk lønnsomt må vurderes svært nøye. Bedre muligheter for effektkjøring kan også være aktuelt, men for flerårsmagasin er det effektkjøring i kombinasjon med pumping som har størst interesse.

F.2.3 Betragtninger rundt verdien av effekt

I kraftsammenheng er det fornuftig å dele effektbegrepet i to typer;

1. Tilstrekkelig effekt – produseres i energiverk
2. Toppeffekt – produseres i effektverk.

Med tilstrekkelig effekt menes den effektytelse som er nødvendig for å kjøre ut et midlere årstilsig med en brukstid i området 3-4000 timer/år. Med toppeffekt er det mulig å kjøre ut tilsiget på en vesentlig kortere brukstid, vanligvis i området 1-2000 timer/år.

Kraftetterspørselen i Norge har vært preget av stor ohmsk last (forårsaket av smelteovner og elektriske varmeovner). Dette gir i sum en liten effektvariasjon. De største effekttoppene i Norge har inntruffet på vintrenes kaldeste dager. Det norske kraftsystemet består av en stor andel vannkraft som har kort responstid. Dette har medført at effektsikringen i det norske systemet har vært god. Dette har medført at interessen for å investere i toppeffekt har vært lav. Dette blir tydelig synliggjort i flere eldre kraftbygginger i forbindelse med industrireisning. Disse kraftverkene har som regel en brukstid i området 6-7000 timer.

I Norge har investeringer i toppeffekt vært begrenset til kraftverk hvor falltapene er lave, fallhøyden er stor, og reguleringsevnen er god.

Siden 1995 har investering i ny kraftproduksjon og spesielt toppeffekt i Norge vært synkende. Etterspørselen etter energi har imidlertid økt jevnt, og etter år 2000 har man sett et økende elektrisitetsunderskudd i Norge. Dette har gitt et høyere prisnivå som er blitt forsterket av kvotehandling med CO₂ (Kyoto-avtalen) og som vil bli ytterligere forsterket ved innføring av elsertifikater. Samtidig vil nettforsbindelsene mot Europa bli forsterket i nær framtid.

Det er derfor grunn til å forvente mer stabile kraftpriser på et høyere nivå i Norge og større prisvariasjon over døgnet. Hittil har døgnprisvariasjonen variert med ca. 5 øre/kWh mellom lav- og høylastperioder. Denne prisforskjellen har vært ikke vært stor nok til å utløse effektutbygging av betydning.

Kostnadene til toppeffekt knytter seg primært til økt aggregatkostnad. Men det vil fort bli aktuelt å utvide kraftstasjonen, øke tverrsnittet i vannveiene og øke magasinkapasiteten.

Effektkjøring medfører økt slitasje på aggregatet slik at driftskostnadene øker. Slitasjen er forårsaket av økt antall start/stopp og økt slitasje fra vibrasjon og kavitasjon. Ved drift på full last vil også energiutbyttet gå ned på grunn av fallende turbinvirkningsgrad.

F.2.4 Elsertifikater

Et felles elsertifikatmarked for Norge og Sverige er planlagt innført innen 2012. Sertifikatene skal være teknologinøytrale og gjelder for de 15 første årene etter idriftsettelse. Dette tolkes slik at vannkraft blir inkludert, men vi vet ikke om det blir begrensninger i henhold til størrelse eller økonomi av prosjektene.

Med elsertifikat forstås et (elektronisk) dokument som godtgjør at en bestemt mengde elektrisk energi er blitt produsert i henhold til et spesielt regelverk. I senere tid har det vært stor interesse for denne typen verdipapirer siden de anses som et egnet virkemiddel for å stimulere til utbygging av elektrisitetsproduksjon basert på fornybar energi.

B BYGNINGSMESSIGE ARBEIDER

B.0 GENERELT

B.0.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet

Kapittelet gir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig påregnelige entreprenør-utgifter for bygningsmessige arbeider. Med "gjennomsnittlig påregnelige" forstås at det er 50 % risiko for at de virkelige kostnader blir høyere, og 50 % risiko for at de blir lavere.

For de enkelte anleggsdeler er det også anslått usikkerhetsmarginer. Vi anser sannsynligheten for at de virkelige kostnader ligger innenfor de angitte marginer å være 90 %.

Generelt sett bør en ved alle kostnadsoverslag angi hvor stor risikoen er for at de virkelige kostnader blir høyere. Eventuelt angi høyeste og laveste sannsynlige anleggskostnad.

B.0.2 Entreprenøromkostninger Medtatte/ikke medtatte kostnadselementer

Det gitte prisgrunnlag omfatter samtlige omkostninger til entreprenør med de unntak som er nevnt under de enkelte anleggsdeler.

Generelt gjelder at følgende er medtatt/ikke medtatt:

- **Anleggsveier:**
Bygge- og vedlikeholdskostnader for hovedvei til anlegget og for vei mellom f.eks. massetak og damkropp er ikke medtatt. Visse retningslinjer for å kalkulere slike kostnader er gitt i pkt B.12. Mindre lokale veier (faringer) er medtatt i kostnadsgrunnlaget for de enkelte anleggsdeler.
- **Transportutgifter:**
I de tilfeller der vei fører fram til anleggsplassen er alle transportutgifter medtatt i kostnadsgrunnlaget for de enkelte anleggsdeler.

Der vei ikke fører fram er ingen ekstrautgifter til anlegg og drift av spesielle transportanlegg medtatt. Således er f.eks. helikopter og taubanetransport ikke medtatt i kostnadsgrunnlaget for de enkelte anleggsdeler. Visse retningslinjer for å beregne slike kostnader er gitt i pkt B.12.

- **Anleggskraft:**
Bygge- og vedlikeholdsutgifter for kraftlinjer og transformatorer er ikke medtatt. Normalt vil entreprenøren bli pålagt å betale for den kraft han forbruker. Kostnader for kraft brukt på anlegget er derfor innkalkulert i enhetspriser og riggekostnader. Visse retningslinjer for å beregne slike kostnader er gitt i kapittel E, Elektrotekniske arbeider.

- Rydding av neddemte områder:
Omkostninger for dette er ikke medtatt og må beregnes separat.
- Rigging og drift av byggeplass:
Kostnadene er inkludert i omkostningskurvene for de enkelte anleggsdeler. Der det er gitt enhetskostnader for f. eks. sprengning, masseflytting, betong, etc. er disse gitt eksklusive rigg og drift. Utgifter til kjøp eller leie av grunn er ikke medtatt. Dersom vannforsynings- eller avløpsforholdene er spesielt vanskelige, bør dette tas hensyn til ved skjønnsmessige RS tillegg.
- Avgifter:
Kostnadene omfatter ikke merverdiavgift eller investeringsavgift.

B.0.3 Byggherreutgifter

Byggherreutgiftene er ikke medtatt i omkostningskurvene og må kalkuleres/vurderes separat for det enkelte anlegg.

Byggherreutgiftene kan variere meget, avhengig av bl.a. anleggets art og beliggenhet, byggetid og rentenivå etc. Det har vært nokså vanlig å kalkulere byggherreutgiftene som prosent av entreprenørutgiftene (og leverandørutgiftene). Dette er ingen god framgangsmåte, idet det ikke er noen regelbundet sammenheng mellom entreprenørutgiftene og byggherrens ofte betydelige og meget variable utgifter knyttet til f.eks. beliggenhet, stedlige forhold og anleggets sammensetning av forskjellige anleggsdeler, forundersøkelser, erstatninger, skjønn, landskapspleie etc.

Byggherreutgiftene bør brytes ned i sine enkelte deler og kalkuleres for seg, evt. vurderes, hvor egentlig kalkulasjon ikke er mulig på det stadium i prosjekteringen man befinner seg.

Separat kalkulasjon/vurdering av følgende kostnadsbærere innenfor byggherreomkostningene bør utføres:

- Oppmåling (kartlegging, profilering, stikking).
- Grunnundersøkelser (seismikk, sjakting, boring, laboratoriearbeider)
- Planlegging, forprosjekter etc.
- Produksjon av anbudsgrunnlag, byggetegninger, oppfølging etc.
- Byggeledelse og kvalitetskontroll (administrasjon lokalt)
- Administrasjon sentralt
- Landskapspleie, tiltak
- Grunnervervelse, skjønn/erstatninger
- Renter i anleggstiden, finansieringsomkostninger
- Fond og ytelser til kommuner o. a.
- Bygging av permanente boliger, verksted
- Terskler, spesiell landskapspleie. (Normal opprydding og istandsetting av anleggsområdet med massetak og tipper er inkludert i kostnadskurvene)
- Magasinrydding (trefelling under HRV).

B.0.4 Entreprenøromkostninger - Prisnivå

Kostnadene er gitt i prisenivå pr januar 2010.

Ved fastlegging av prisenivå har en hatt som siktemål å angi et prisenivå som reflekterer en normal markedsituasjon. Ved variable markedsforhold kan en oppleve markerte prisendringer over kort tid. Vi har ikke funnet det riktig å la slike forhold influere på vårt valg av basispriser. Grunnlaget skal brukes for å kalkulere kostnad for et anlegg hvis faktiske utførelse kan ligge langt fram i tid, og de relative markedsforhold lett kan endre seg.

B.0.5 Anleggsstedets beliggenhet

Kostnadene gitt i rapporten refererer seg til et gjennomsnittlig påregnelig nivå i Norge. For anlegg som ligger usentralt til med lange og/eller vanskelige kommunikasjonsforhold må det beregnes et tillegg.

Anlegg som ligger værhardt til med kort anleggssesong, må en forvente vil bli dyrere enn gjennomsnittet. Dette gjelder spesielt for damarbeider.

Justeringer for slike forhold bør foretas etter skjønn.

Vi vil anslå at variasjoner i pris på mellom +25 % og ÷10 % pga anleggets beliggenhet er innenfor normale rammer.

B.0.6 Planlegging og byggeledelse

Kostnader for prosjektering av anlegg beregnes ofte som en % av byggekostnadene. Prosentpåslaget vil imidlertid være større for de små anleggene enn for de store. Detaljprosjektering av anlegg hvor tunneler utgjør en stor del av omkostningene vil gi et lavere påslag enn anlegg hvor betongarbeider og vanlige bygningstekniske arbeider utgjør den dominerende posten.

Omtrentlige kostnader for prosjektering og byggeledelse vil være:

- Forprosjektering 1-2 %
- Anbudsdokumenter 2-3 %
- Detaljprosjektering, byggetegninger 5-10 %
- Byggeledelse lokal 5-10 %

B.1 STEINFYLLINGSDAM MED MORENEKJERNE

B.1.1 Dammens hoveddimensjoner

Dammens hoveddimensjoner vil, foruten bestemmelsene i *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften)* med underliggende retningslinjer og eventuelle minstemålskrav av beredskapshensyn, være bestemt av naturgitte forhold i damfundamentet, beskaffenhet/kvalitet og tilgjengelighet av materialer, flomstigning (flomdemping), magasinetts overflate og beliggenhet (bølgepåkjenning). Av disse forhold er det oftest bare beliggenheten og *Damsikkerhetsforskriftens* minimumskrav som vil være kjent på et tidlig stadium i planleggingen. De første orienterende mengde- og omkostningsberegningene må derfor baseres på antakelser når det gjelder de andre forholdene.

Dersom det foreligger spesielle forhold som en kjenner til og som vil få uheldig innflytelse på dammens hoveddimensjoner, bør disse fastlegges spesielt.

B.1.1.1 Normalverrsnitt

Vi har valgt to normalverrsnitt som masseberegning kan foretas etter.

Normalverrsnitt A er vist på fig B.1.1. Tverrsnittet kan brukes i de tilfeller løsmassene er så små at hele dammen fundamenteres på fjell. Skråningene er 1:1,5.

Normalverrsnitt B er vist på fig B.1.2. Tverrsnittet kan brukes i de tilfeller løsmassene er så mektige at støttefyllingene fundamenteres på løsmasse. Skråningene er 1:1,7.

Mengdekurver for disse to normalverrsnitt er utarbeidet og vist på fig B.1.3, B.1.4 og B.1.5.

Kronebredde, fribord og bredde på de enkelte indre soner er valgt ut fra en største damhøyde lik ca. 50 m. Ved større dammer vil også disse dimensjonene bli noe større, og vi har derfor på fig B.1.6 vist korreksjonsfaktorer for volumkurvene for dammer med andre maksimalhøyder.

Korreksjonsfaktoren er basert på følgende (angitt i m):

Maks damhøyde	Kronebredde	Bredde filter + overgangssone	Fribord
30	5,5	7,0	3,5
50	6,0	7,5	4,0
100	10,0	9,0	4,5
150	10,0	9,0	4,5

Med fribord menes her avstanden fra topp dam til dimensjonerende flomvannstand. Gjennomsnittlig damhøyde er antatt lik 80 % av maks damhøyde.

Flomstigningen (Q_{1000}) er valgt lik 1,5 m, som i mange tilfeller vil være et rimelig flomdempingsmagasin. Det kan selvsagt være aktuelt med avvikende flomstigning, og i de tilfeller dette er klarlagt, kan mengdene korrigeres for dette. (Ved 2,5 m flomstigning avleses f.eks. volum ved damhøyde lik 20 m ved $H = 21$ m).

Damhøyde er i denne rapporten definert lik høyden fra HRV og ned til gjennomsnittlig høyde på damfundamentet i de enkelte soner.

Normaltverrsnittet må kun betraktes som et grunnlag for en omkostningsberegning på et tidlig stadium i planleggingen. Avhengig av stedlige forhold, materialkvalitet og materialtilgjengelighet må øket tverrsnitt som dammen skal bygges etter bestemmes.

B.1.2 Damfundament

Omkostningene forbundet med damfundament er ordnet i 3 grupper. De angitte kostnadstall omfatter alle gjennomsnittlige, påregnelige entreprenøromkostninger (rigg og drift inkludert).

B.1.2.1 Løsmasseavdekking

Omfanget av løsmasseavdekking må som hovedregel alltid anslås/beregnes separat i hvert enkelt tilfelle. En må benytte alle de tilgjengelige opplysninger en har.

Vi vil gi følgende retningslinjer:

I de tilfeller løsmassemektheten er så liten at hele dammen forutsettes fundamentert på fjell, kan en normalt regne gjennomsnittsavdekking lik 2 m.

Dersom beregning/anslag gir høyere verdi, benyttes dette. Selv i de tilfeller der damfundamentet inneholder minimale løsmasseforekomster, regnes det med en kostnad tilsvarende 0,5 m avdekking av hele damfundamentet som et minimum.

Ved store løsmassemektheter der det forutsettes at støttefyllingene fundamenteres på løsmasse, kan en generelt regne med 1 m gjennomsnittsavdekking. I de tilfeller en har kartlagt myrområder eller andre massetyper som må fjernes, må en ta hensyn til dette og øke avdekkingsvolumet.

Morene og filtersoner skal forutsettes fundamentert på fjell, og løsmassemektheten i disse områdene må anslås/beregnes separat.

Kostnadsbæreren "løsmasseavdekking" settes lik volum løsmasse x 54 kr/m³.

B.1.2.2 Fundament- og damfotbehandling

Omkostningene til alle normalt nødvendige arbeider i damfot er medtatt i fig B.1.7, hvor størrelsen av disse omkostningene som funksjon av damhøyden er gitt.

Hovedelementene i disse kostnadene er følgende:

- a) Fjerning av fjell i fundamentet
- b) Rensk og rengjøring av fundamentet
- c) Utstøping av betong, slamming med sementvelling i fundamentet
- d) Utlekking av første morenelag
- e) Nødvendig sikring av fot for skråningsbeskyttelse

Omfanget av enkelte av disse arbeidene har et meget stort variasjonsområde, men totalt sett viser erfaringsmateriale at disse kostnadene kan settes lik 3.500 kr/lm damfot pluss 870 kr/m² morenesonefundament.

B.1.2.3 Injeksjonsarbeider

Omfanget av og omkostningene ved nødvendige injeksjonsarbeider er vurdert ut fra erfaringer ved norske fyllingsdammer.

Det forutsettes et normalt injeksjonsopplegg ved overflateinjeksjon i 6 m dybde i 2 rader og hullavstand 5 m, og en 1-rads dypinjeksjonsskjerm til dybde lik halve vanntrykket, dog minst 10 m. Dypinjeksjonshull forutsettes boret inntil en tetthet lik 1 Lugeon er oppnådd.

Normalomkostningene kan settes lik 4.260 kr/lm dam pluss 170 kr/m² for injeksjonsskjerm areal dypere enn 10 m.

Kostnadene for injeksjonsarbeidene som funksjon av damhøyden er gitt på fig B.1.7.

B.1.3 Damkroppen

Som øvrige kostnadsbærere for dammen er valgt volumene av de fem hovedsonene i fyllingsdammen: Tetningssone, filter, overgangssone, støttefylling og skrånings-/kronebeskyttelse.

De angitte kostnadstall omfatter alle gjennomsnittlige, påregnelige entreprenør-omkostninger for dambyggingen (inkl. rigg og drift og massetakskostnader). Kostnadstallene gjelder for dam av størrelse 500.000 m³. Enhetskostnadstallene vil erfaringsmessig bli mindre for store dammer og større for små. Dette korrigeres for ved bruk av korreksjonsfaktor gitt i fig B.1.8. I tillegg kommer den effekt at ved store dammer utgjør de billigste sonene en større andel.

B.1.3.1 Tetningssonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.1.3, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av ferdig preparert fundament bør vurderes med basis i de stedlige forhold. Som generell regel kan anbefales å anta ferdig damfundament 1 m lavere enn opprinnelig fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnaden for tetningssonen settes lik 166 kr/m^3 . Forutsetningen for denne prisen er at morenetaket ligger innen en transportavstand av 2 km fra dammen. Dersom transportavstanden overstiger 2 km, kan det regnes med en tilleggskostnad lik $6,00 \text{ kr/m}^3/\text{km}$.

Sikting av morene og steinutskilling for øvrig i morenetak i et normalt omfang er inkludert i prisen.

Kostnadene 166 kr/m^3 består i hovedsak av følgende elementer:

- a) Omkostninger i morenetak til skogrydding, avdekking og arrondering etter endt drift. Nødvendig grøfting under driften og evt. fjerning av ubrukbar masse.
- b) Løsgjøring av morene
- c) Opplasting og transport (2 km)
- d) Utlekking og komprimering

B.1.3.2 Filtersonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.1.4.

Beliggenhet av fundamentet for filtersonen kan antas å være opprinnelig fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnaden for filtersonen kan settes lik 159 kr/m^3 .

Det forutsettes at naturgrus finnes innen en transportavstand av 4 km. Ofte vil det være nødvendig med en viss form for behandling av grusen for å sikre en tilfredsstillende korngradering. Innenfor rammen av den angitte gjennomsnittskostnaden ligger kostnader til f.eks. sikting eller mellomlagring.

Unntaksvis har en så gunstige grustak at tilfredsstillende korngradering oppnås direkte ved opplasting i grustak over vann. I slike tilfeller kan filterkostnaden settes lik 101 kr/m^3 .

Dersom avstanden til grustaket overstiger 4 km, bør det tillegges en kostnad lik $6,00 \text{ kr/m}^3/\text{km}$.

I de tilfeller brukbar naturgrus ikke er tilgjengelig innen økonomisk avstand, må det forutsettes brukt knuste materialer. Kostnaden kan i slike tilfeller settes lik 280 kr/m^3 .

Hovedelementene i normalprisen 159 kr/m³ er følgende:

- a) Omkostninger i grustak til skogrydding, avdekking og arrondering etter endt drift, evt. fjerning av ubrukbar masse.
- b) Opplasting og transport
- c) Sikting og mellomlagring
- d) Utlekking og komprimering

B.1.3.3 Overgangssonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.1.4.

Beliggenhet av fundamentet for overgangssonen kan antas lik fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnad for overgangssonen kan settes lik 166 kr/m³. Denne prisen forutsetter at overgangssonen blir framstilt ved en enkel knuseprosess med sprengt stein som utgangspunkt, og at transportlengden ikke overstiger 2 km.

I enkelte tilfeller vil tunnelstein være tilgjengelig i dammens nærhet. Denne kan da i de fleste tilfeller bli brukbar som overgangssone ved en enklere sikteprosess. Kostnader kan i slike tilfeller settes lik 109 kr/m³.

I de tilfeller der filterets kvalitet og steinmateriale er ugunstig, kan en mer komplisert knuseprosess bli nødvendig. Kostnaden kan i slike tilfeller settes lik 185 kr/m³.

Hovedelementene i normalprisen 166 kr/m³ vil bestå av følgende:

- a) Andel av avdekking og istandsetting av bruddet etter endt drift. Arronderingsutgifter til knuseriggområdet.
- b) Sprengning av stein
- c) Opplasting og transport
- d) Knusing
- e) Transport (2 km).
- f) Utlekking og komprimering

B.1.3.4 Støttefylling

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.1.5, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av fundamentet for støttefylling antas ved fjelloverflate, alternativ 1 m under terreng.

Gjennomsnittskostnad for støttefyllingen kan settes lik 88 kr/m³.

Prisen forutsetter at støttefyllingen blir produsert av bruddstein. Prisen forutsetter at et egnet bruddområde finnes innen en avstand av 1 km fra dammen.

Avdekkingsarbeidene har normalt et beskjedent omfang. I tilfeller der fjerning av større mengder løsmasse er nødvendig for å komme til fjell, må ekstrakostnader for dette legges til.

Dersom tunnelstein er tilgjengelig i dammens nærhet, vil denne normalt bli benyttet til støttefylling og til en lavere pris. I slike tilfeller kan kostnaden settes lik 54 kr/m³.

Hovedelementene i normalprisen 88 kr/m³ vil bestå av følgende

- a) Avdekking og arrondering av steinbrudd
- b) Sprengning
- c) Opplasting og transport
- d) Utlekking og komprimering

B.1.3.5 Skrånings- og kronebeskyttelse

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.1.4.

Beliggenhet av fundament for skråningsbeskyttelse antas ved fjelloverflate alternativt 1 m under terrengoverflate.

Gjennomsnittskostnad for skrånings- og kronebeskyttelse kan settes lik 169 kr/m³.

Denne prisen forutsetter at støttefyllingen produseres i bruddet og at grovsteinen i hovedsak framkommer som et produkt i denne prosessen. En viss utstrekning av salvene beregnet spesielt på grovsteinsproduksjon må anses normalt, og er innbefattet i prisen.

Da behovet for grovstein relativt sett er størst under bygging av damtoppen, er en viss grad av mellomlagring av grovstein også normalt, og er innbefattet i prisen.

Dersom støttefylling bygges av tunnelstein, vil det føre til at eget brudd for produksjon av grovstein må etableres. I slike tilfeller kan prisen settes lik 227 kr/m³.

B.1.4 Prisnivå

Det har vært bygget noen få større fyllingsdammer på 2000-tallet, men storparten av de større damjobbene har knyttet seg til fornying av eksisterende store dammer.

Siden 2005-oppdateringen har NVE gitt ut nye *Retningslinjer for fyllingsdammer*, der blant annet filterkriteriene er endret i forhold til de gamle retningslinjene. De nye kravene er strengere og vanskeligere å tilfredsstillere enn de gamle kriteriene, og dette har derfor medført en økning i prisenivå på filter og overgangssone som er noe større enn normaløkningen. Som grunnlag for indeksregulering av prisene er "Byggekostnadsindeks for veganlegg" fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) brukt. Denne indeksen viser en prisstigning på ca. 19 % fra 2005 til 2010. Den generelle prisstigningen i perioden har for øvrig vært 12,6 %.

De angitte priser representerer prisenivå januar 2010.

B.1.5 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Det vises til kapitlene B.0.2 og B.0.3. Spesielt gjelder:

- Bunnløp/omløp/fangdammer:
Kostnader til bunnløp, omløp og fangdammer er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.
- Flomløp og evt. nødtappeanordninger:
Kostnader til dette er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.
- Instrumenteringskostnader:
Kostnader er ikke medtatt.
- Luker, rister, varegrinder:
Kostnader er ikke medtatt. For lukekostnader, se kapittel M.3.

B.1.6 Usikkerhet i kostnadsberegningen

Usikkerheten i beregning av damfundamentkostnadene vil vi anslå lik +70 % til ÷30 %.

Usikkerheten i beregning av damkroppkostnadene vil vi anslå lik ±25 %.

B.1.7 Økt høyde på eksisterende dammer

Det kan vanskelig gis generelle retningslinjer for hvor stor påbygging som er tilrådelig. I de fleste tilfeller vil forhøyningen være begrenset til noen få meter. De forskjellige sonene er dimensjonert etter materialkvalitet og vanntrykk, og avtrappet mot toppen av dammen. En økning av vannstanden gir økt gradient gjennom morenekjernen, og det må kontrolleres om materialkvalitet og dimensjoner tåler dette.

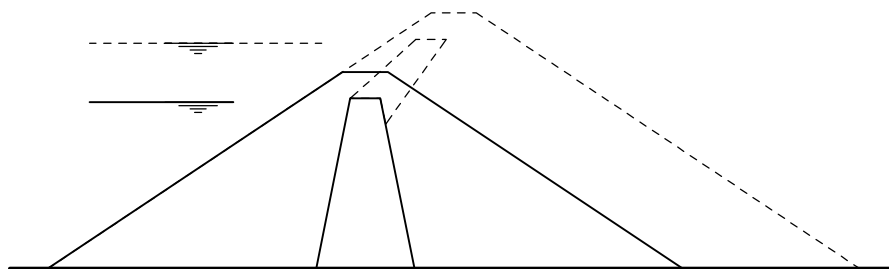
En slik kontroll gir også svar på hvor langt ned de avtrappede sonene må fjernes før påbyggingen kan starte.

Spesielle forhold som tilgjengelighet og mektighet av masser, transportavstander o.l. kan ha gjort at dammens soner er gitt en utforming som ikke er statisk betinget, og dette har også betydning for hvilke muligheter det er til å øke damhøyden.

Påbyggingen vil i de fleste tilfeller foregå på nedstrøms side og på topp dam. Det kreves derved ingen spesielle reguleringsrestriksjoner i anleggstiden.

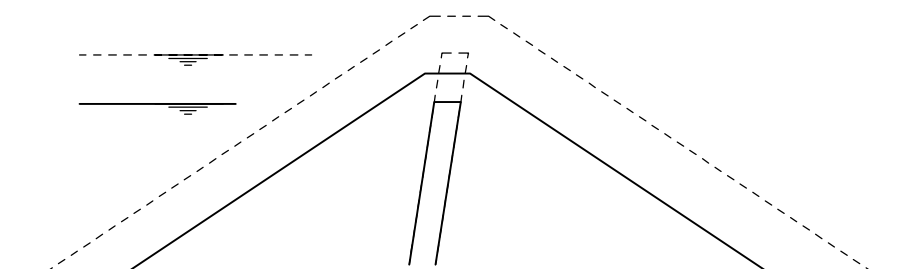
Kostnadene kan regnes ved å benytte enhetspriser som angitt i det foranstående, pkt B.1.2.6, mens mengder må regnes separat for hvert enkelt tilfelle.

Det skal bemerkes at i de tilfeller der påbyggingen for det meste består av skråningsbeskyttelse, skal det tas hensyn til andelen av stor stein i relasjon til utsprengt volum. Prisen for skråningsbeskyttelse vil således kunne økes med inntil 100 % - men må vurderes i hvert enkelt tilfelle.



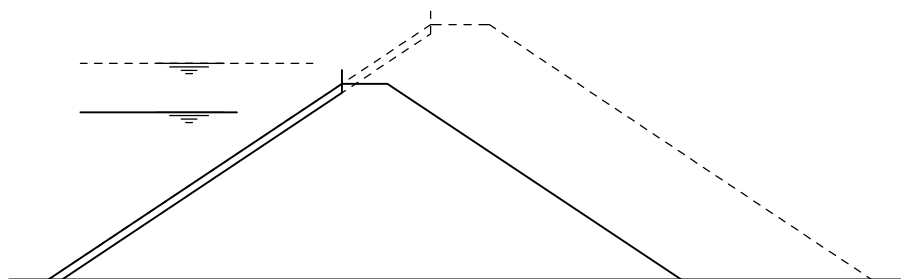
1. STEINFYLLINGSDAM MED MORENETETNING

Forhøyelse på noen meter vil som regel være teknisk mulig.



2. STEINFYLLINGSDAM MED SENTRAL ASFALTTETNING

Forhøyelse vil som regel være teknisk mulig. En forhøyelse som ikke berører oppstrøms side av dammen vil sannsynligvis begrense seg til 2-3 meter.



3. STEINFYLLINGSDAM MED FRONTAL TETNING

Denne damtypen gir mulighet til forhøyelse uten vesentlige restriksjoner i anleggstiden med hensyn til vannstanden i magasinet.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

EKSEMPLER PÅ FORHØYNING
AV STEINFYLLINGSDAMMER

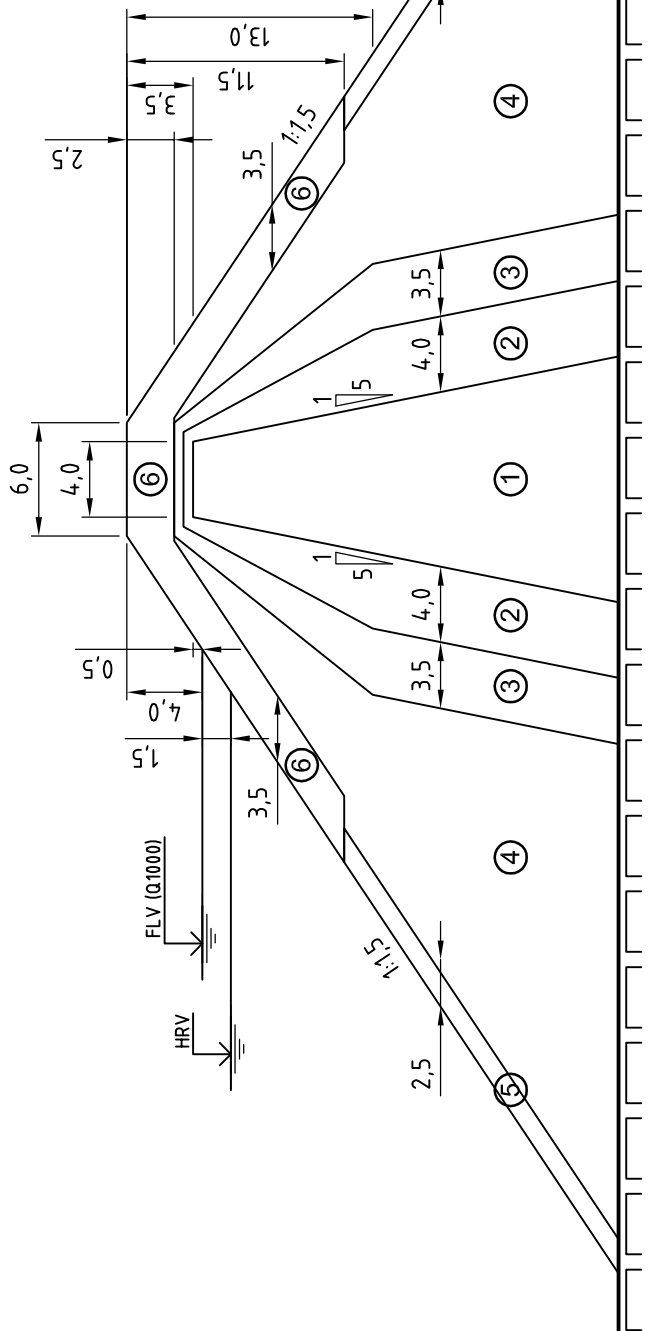


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FYLLINGSDAM M/ SENTRAL MORENETETNING
DAMTVERRSNITT FORUTSATT FOR
MENGE- OG OMKOSTNINGSKOSTNADER
SIDESKRÅNING 1:1,5

FIG. B.1.1

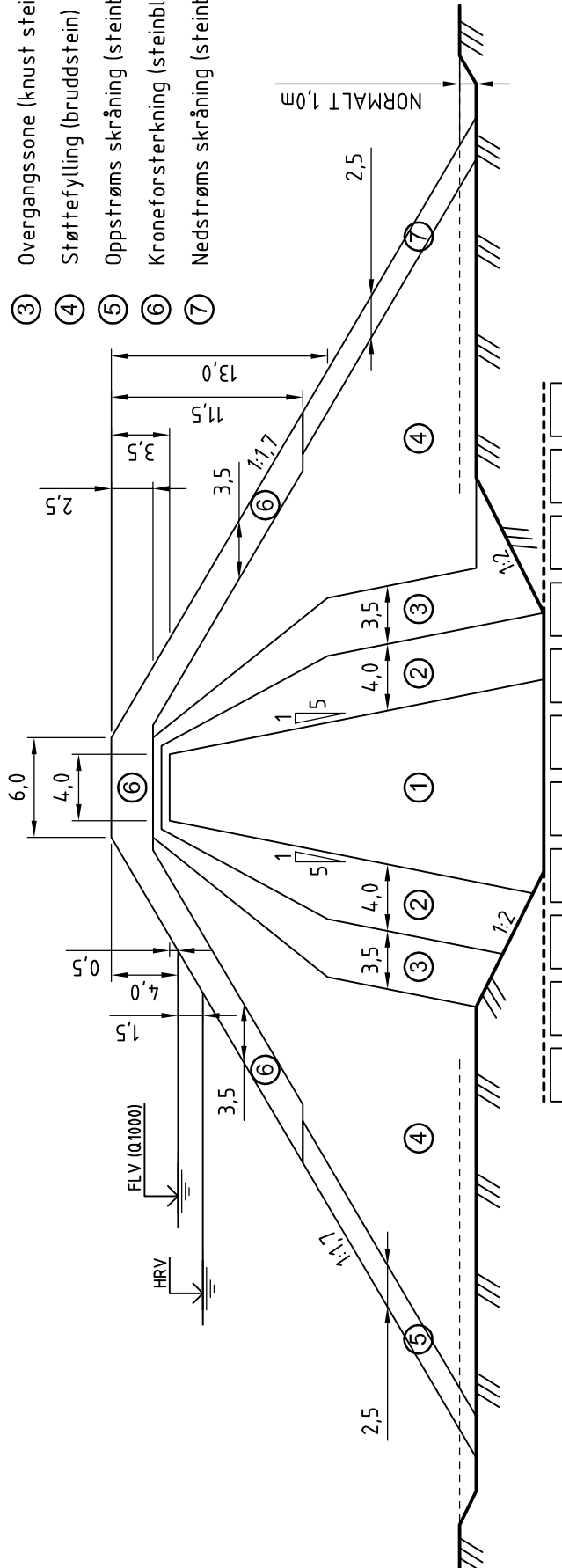
- ① Tetningskjerne (morene)
- ② Filter (forutsatt naturgrus)
- ③ Overgangssone (knuust stein)
- ④ Støttefylling (bruddstein)
- ⑤ Oppstrøms skråning (steinblokk)
- ⑥ Kroneforsterking (steinblokk)
- ⑦ Nedstrøms skråning (steinblokk)



ANMERKNINGER

1. Valgt høyde mellom HRV og topp morene avhenger av flomstigning (Q1000 og PMF) og magasinets funksjon også til flomdemping.
2. Damhøyde tillagt 1% som kompensasjon for setning i mengdeberegningene.
3. Kroneforsterkingsmålingene vil kunne fravike fra de angitte (KSFNs vurdering).
4. Gyldig kun som grunnlag for mengdeberegning for mengdeberegning for omkostningsoverslag.

- ① Tetningskjerne (morene)
- ② Filter (forutsatt naturgrus)
- ③ Overgangssone (knust stein)
- ④ Støttefylling (bruddstein)
- ⑤ Oppstrøms skråning (steinblokk)
- ⑥ Kroneforsterkning (steinblokk)
- ⑦ Nedstrøms skråning (steinblokk)



ANMERKNINGER

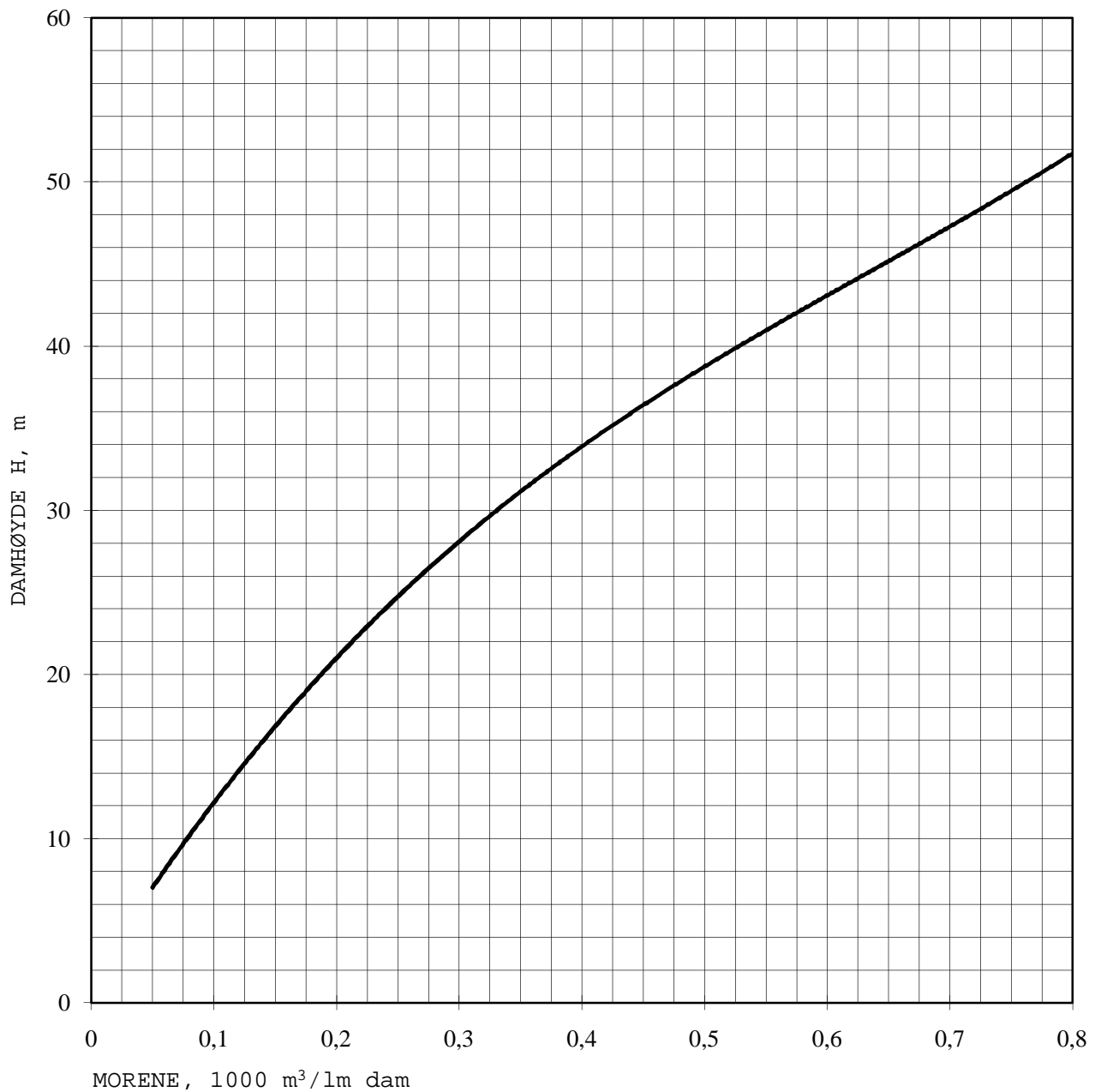
1. Valgt høyde mellom HRV og topp morene avhenger av flomstigning (Q1000 og PMF) og magasinets funksjon også til flomdemping.
2. Damhøyde tillagt 1% som kompensasjon for setning i mengdeberegningene.
3. Kroneforsterkningsmålingene vil kunne fravike fra de angitte (KSFNs vurdering).
4. Gyldig kun som grunnlag for mengdeberegning for mengdeberegning for omkostningsoverlag.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

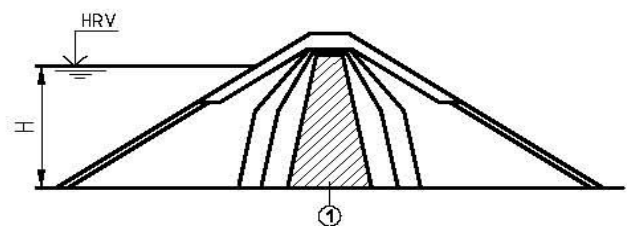
FYLLINGSDAM M/ SENTRAL MORENETETNING
DAMTVERRSNITT FORUTSATT FOR
MENGE- OG OMKOSTNINGSKOSTNADER
SIDESKRÅNING 1:1,7

FIG. B.1.2



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damverrsnitt, se fig. B.1.1 og B.1.2.

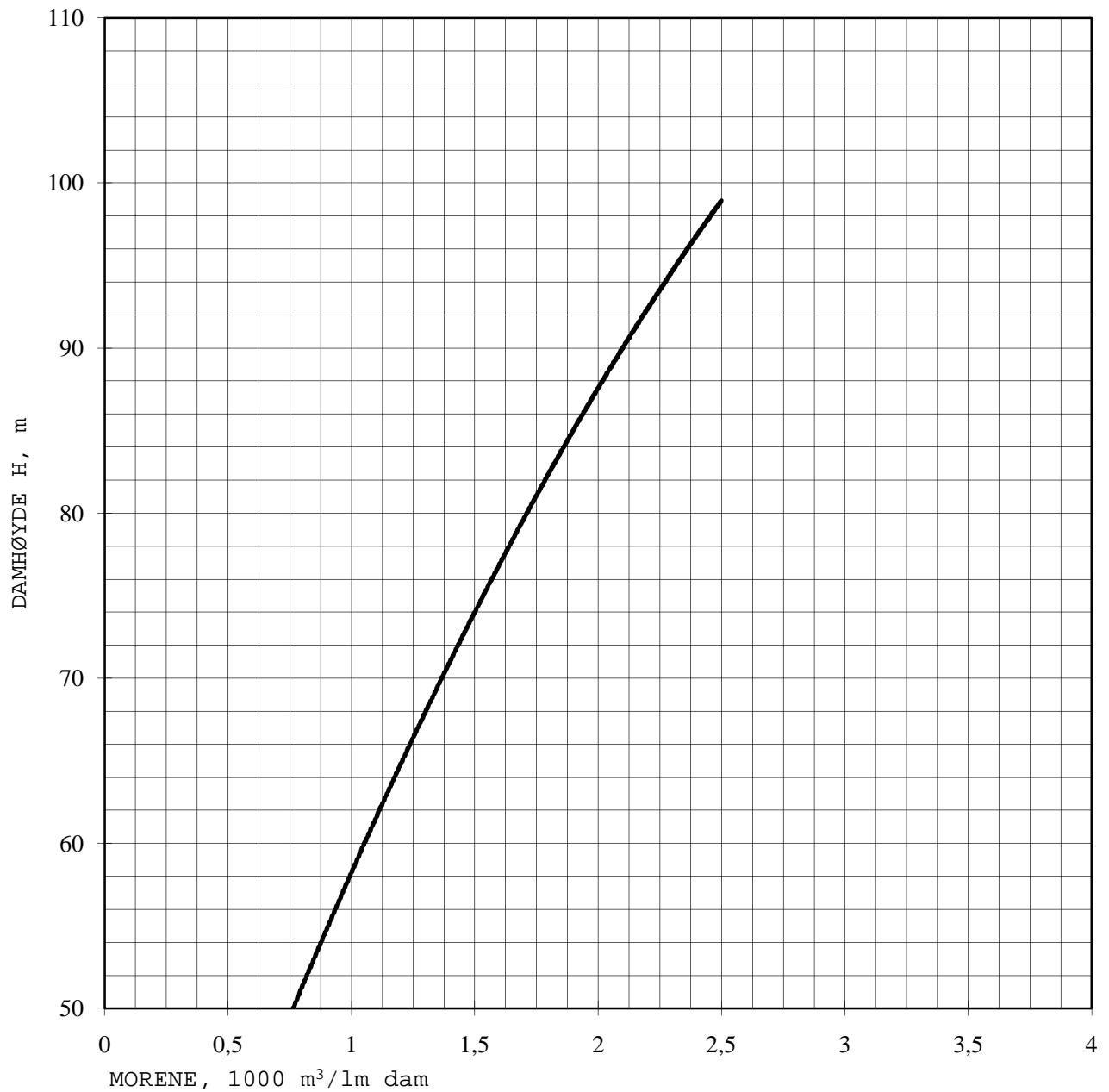


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE MORENE

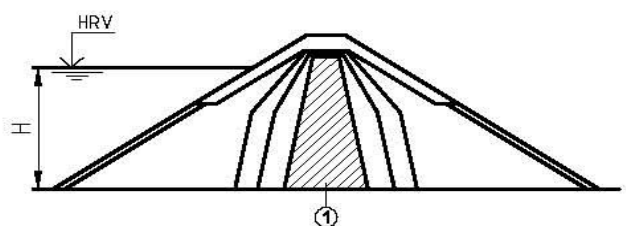
Fig. B.1.3
del 1

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damverrsnitt, se fig. B.1.1 og B.1.2.

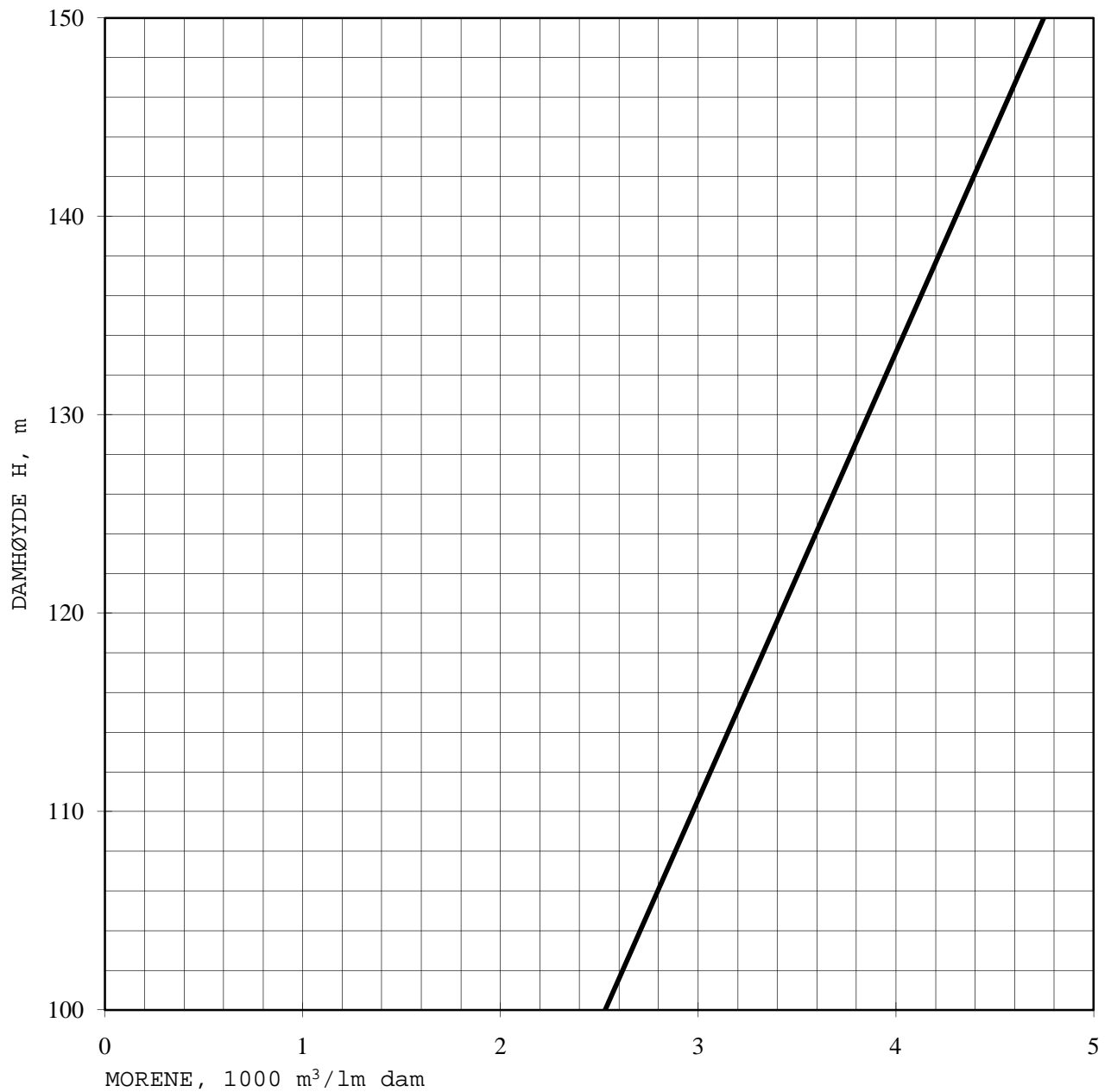


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE MORENE

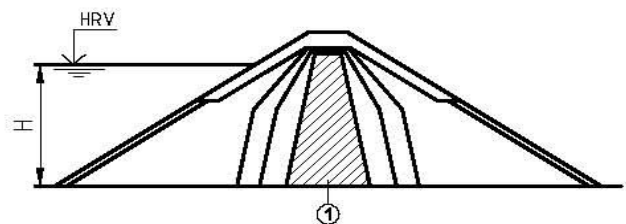
Fig. B.1.3
del 2

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.1.1 og B.1.2.

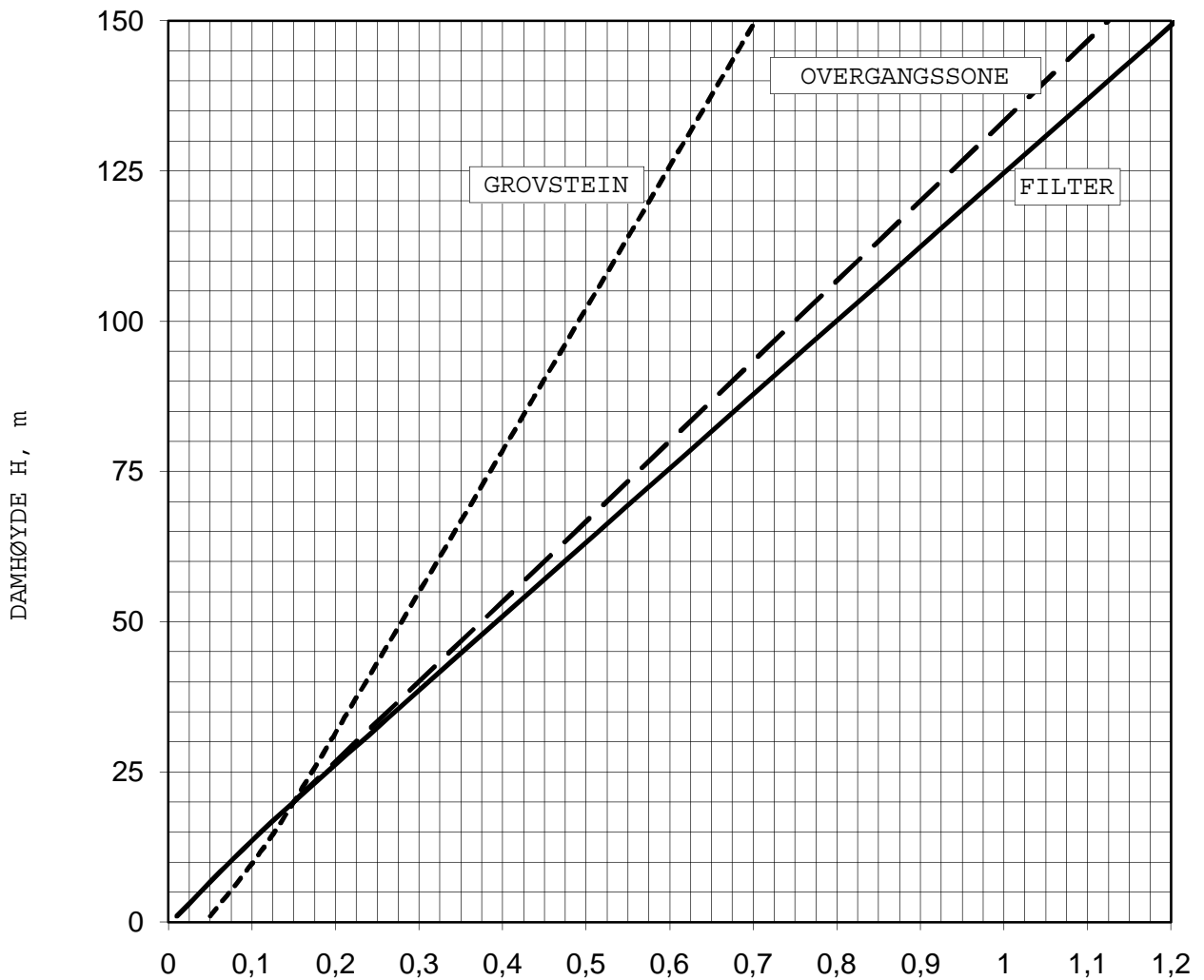


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS
DAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE MORENE

Fig. B.1.3
del 3

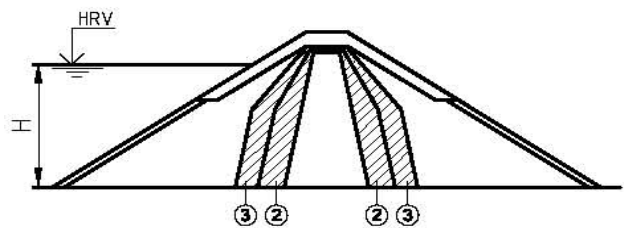
01.01.10



FILTER, 1000 m³/lm dam
 OVERGANGSSONE, 1000 m³/lm dam
 GROVSTEIN, 1000 m³/lm dam

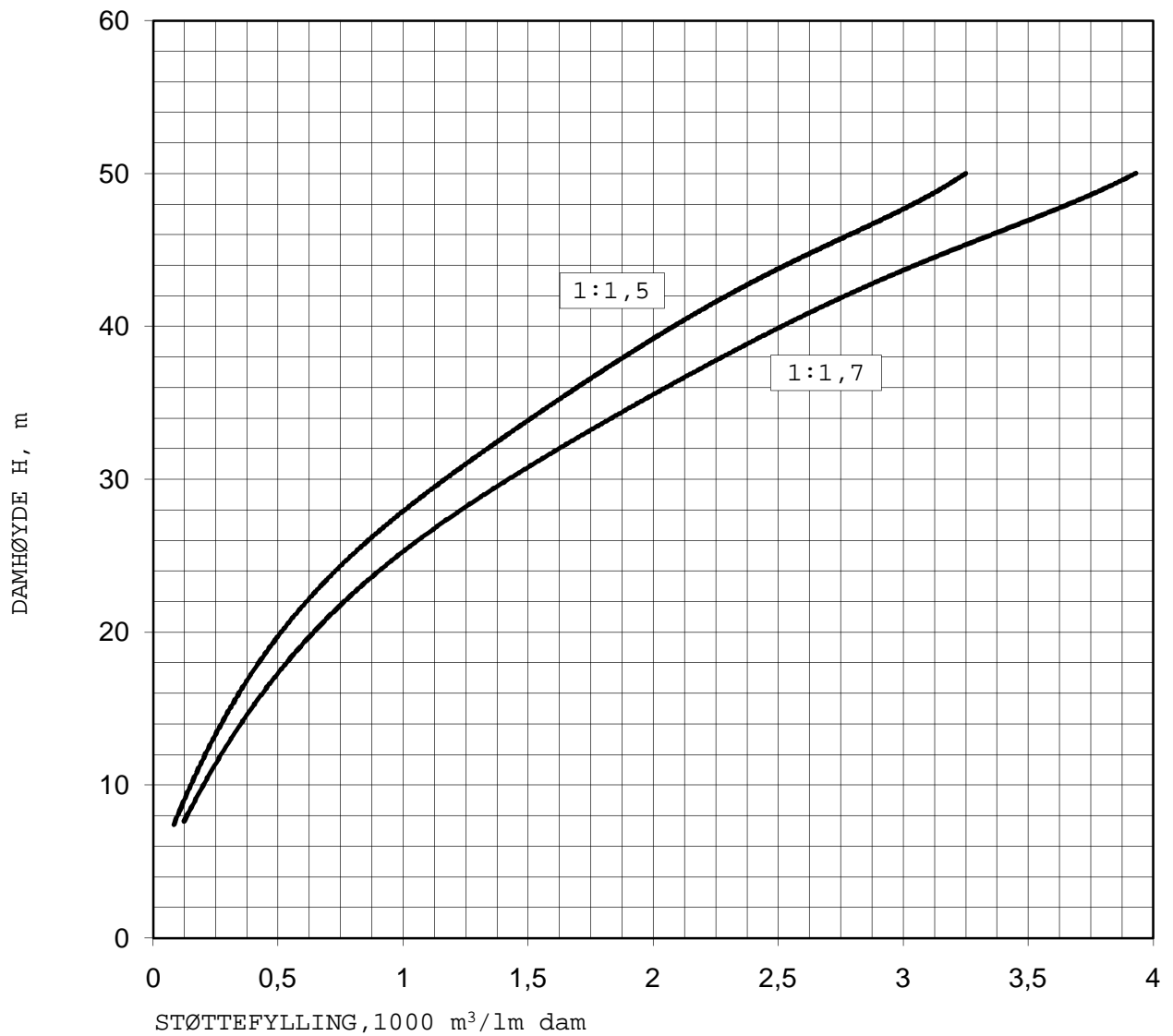
ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.1.1 og B.1.2.
3. Volum av overgangssone og filter korrigeres etter figur B.1.6.



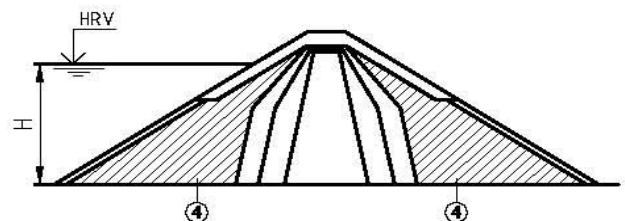
STEINFYLLINGSDAM
 M/MORENEKJERNE
 MENGDEKURVE, FILTER
 OVERGANGSSONE OG GROVSTEIN

Fig. B.1.4
 01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.1.1 og B.1.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter fig. B.1.6.

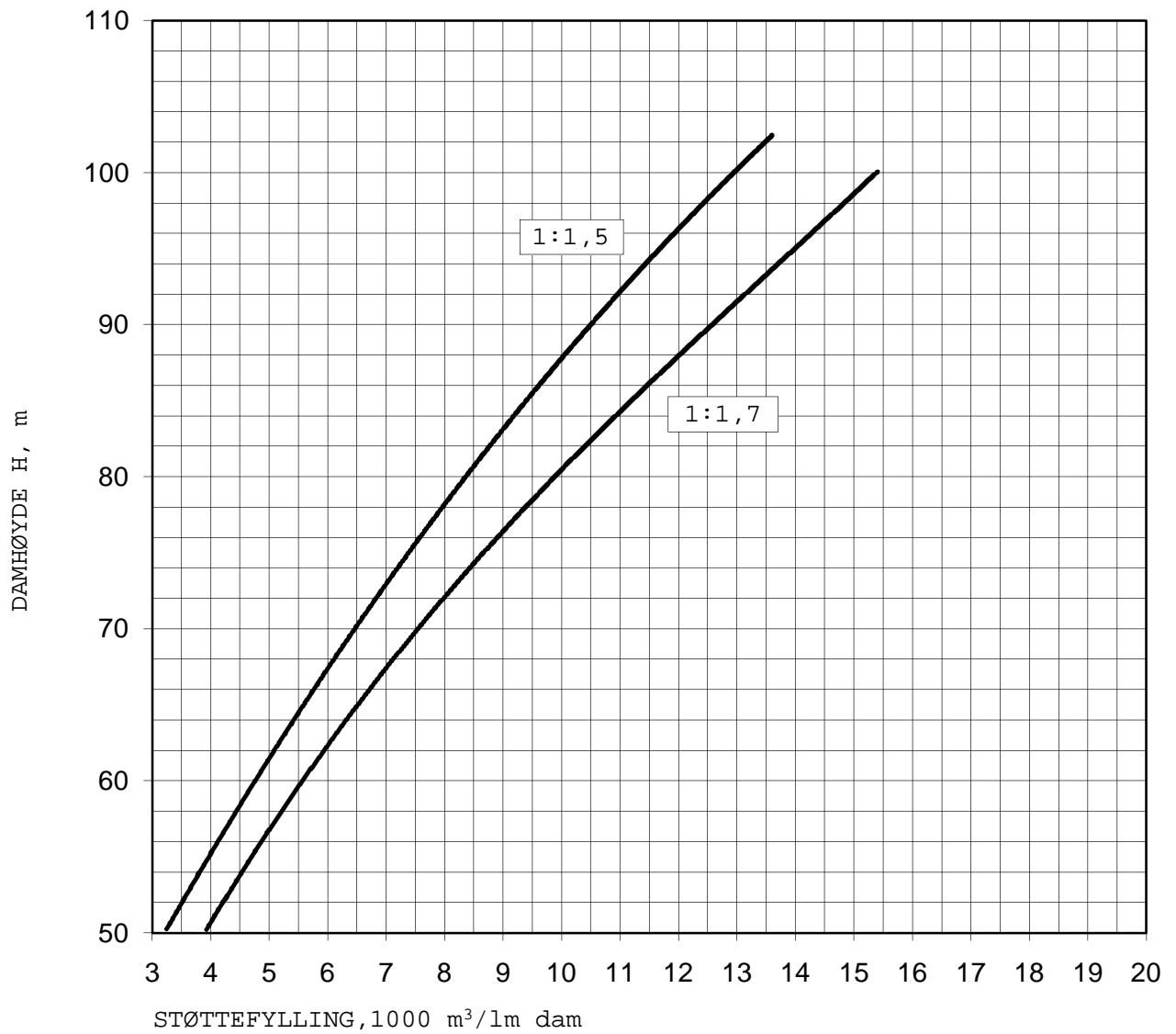


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS
DAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE FOR
STØTTEFYLLING 1:1,5 OG 1:1,7

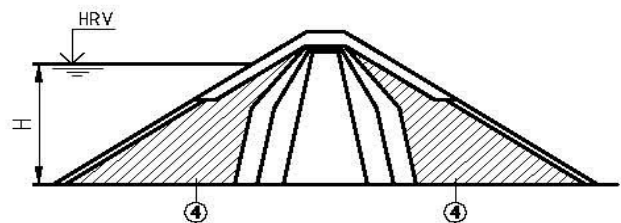
Fig. B.1.5
del 1

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.1.1 og B.1.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter fig. B.1.6.

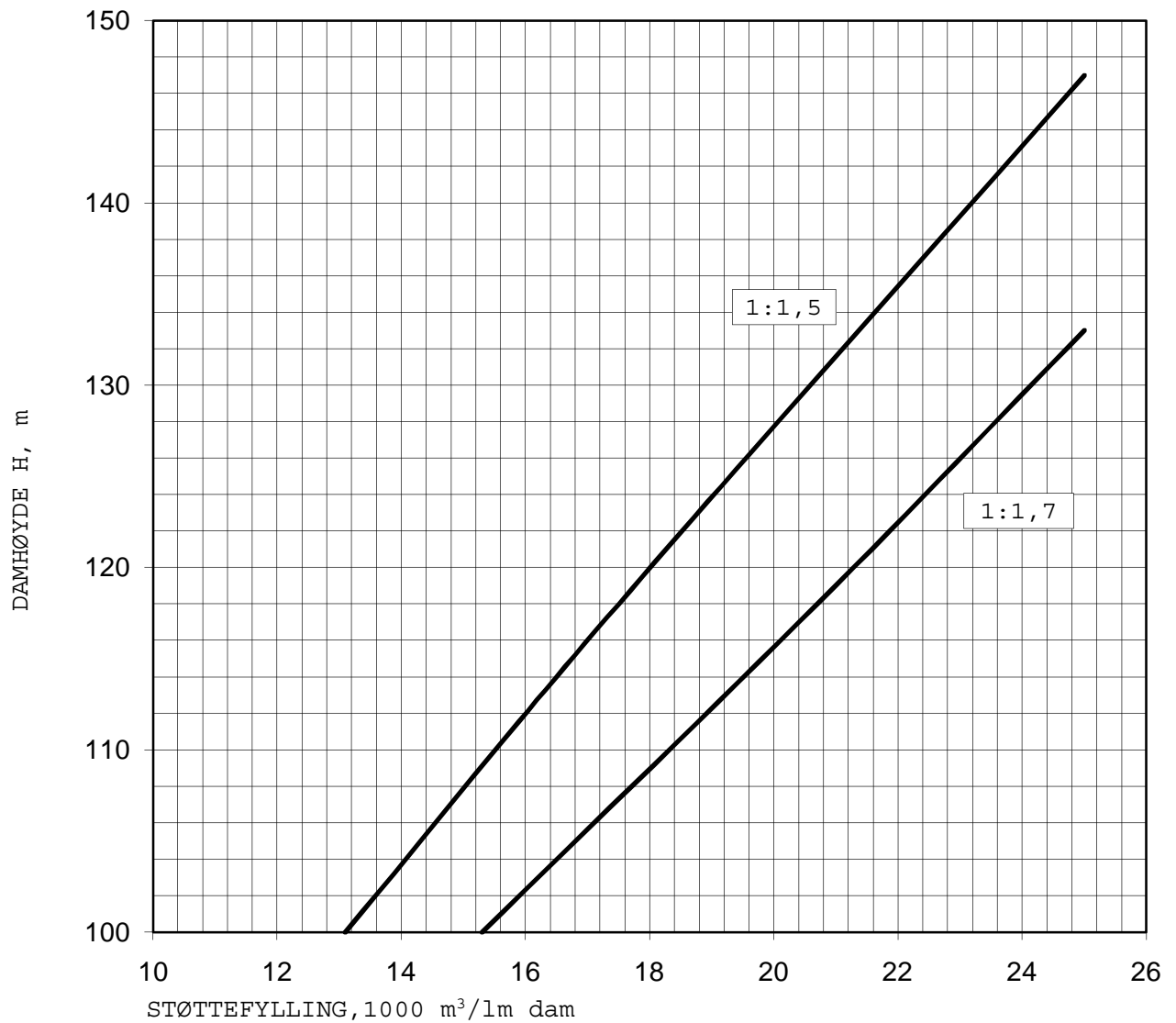


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS
DAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE FOR
STØTTEFYLLING 1:1,5 OG 1:1,7

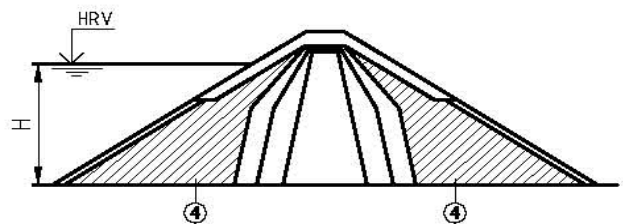
Fig. B.1.5
del 2

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.1.1 og B.1.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter fig. B.1.6.

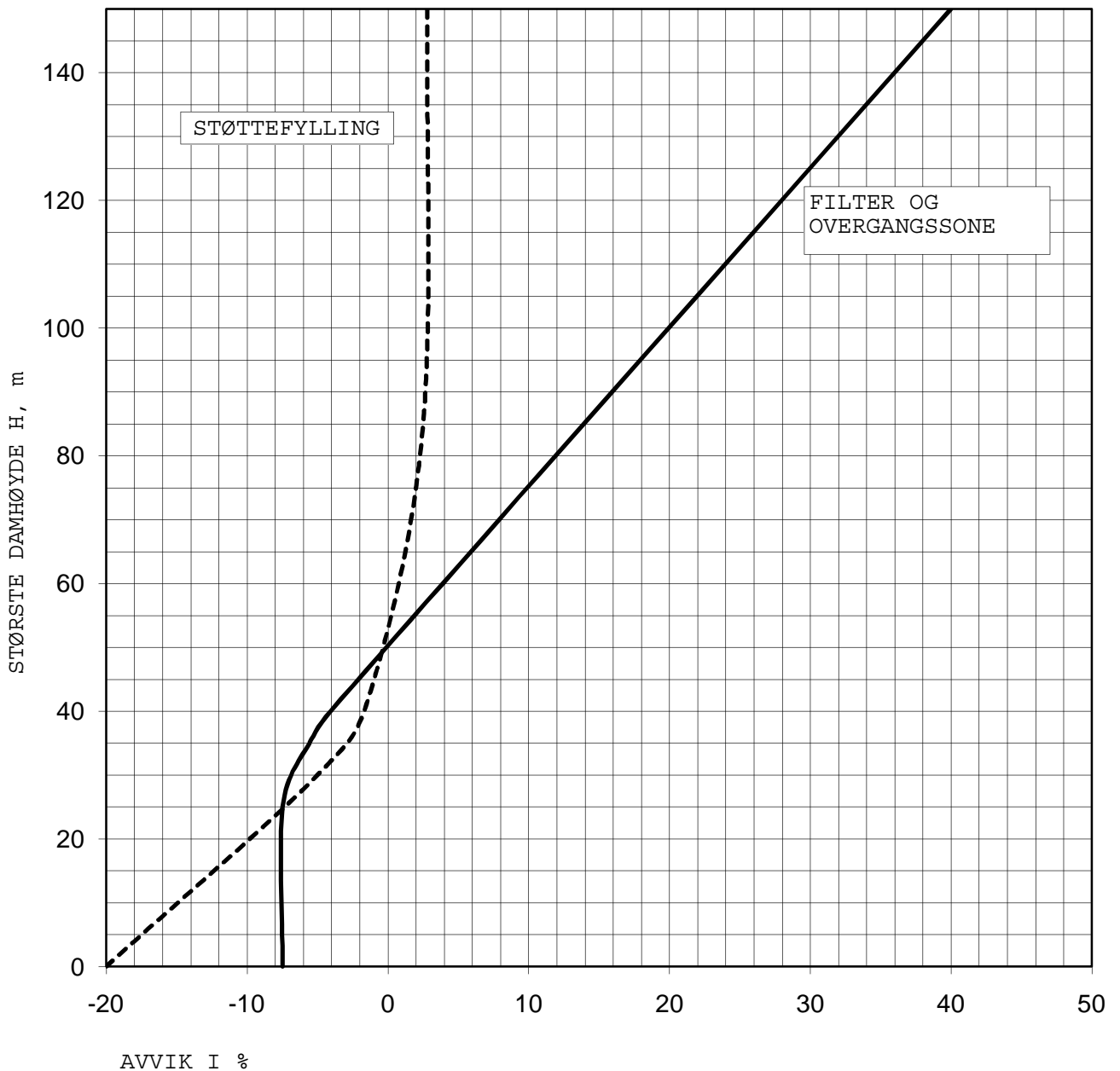


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS DAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE FOR
STØTTEFYLLING 1:1,5 OG 1:1,7

Fig. B.1.5
del 3

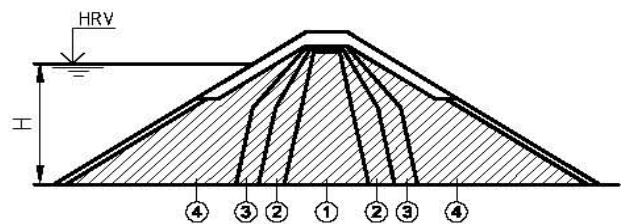
01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Figuren angir korreksjonsfaktor for totalt volum av overgangssone og støttefylling som funksjon av største damhøyde.

2. Kfr. kap. B.1.1.1.

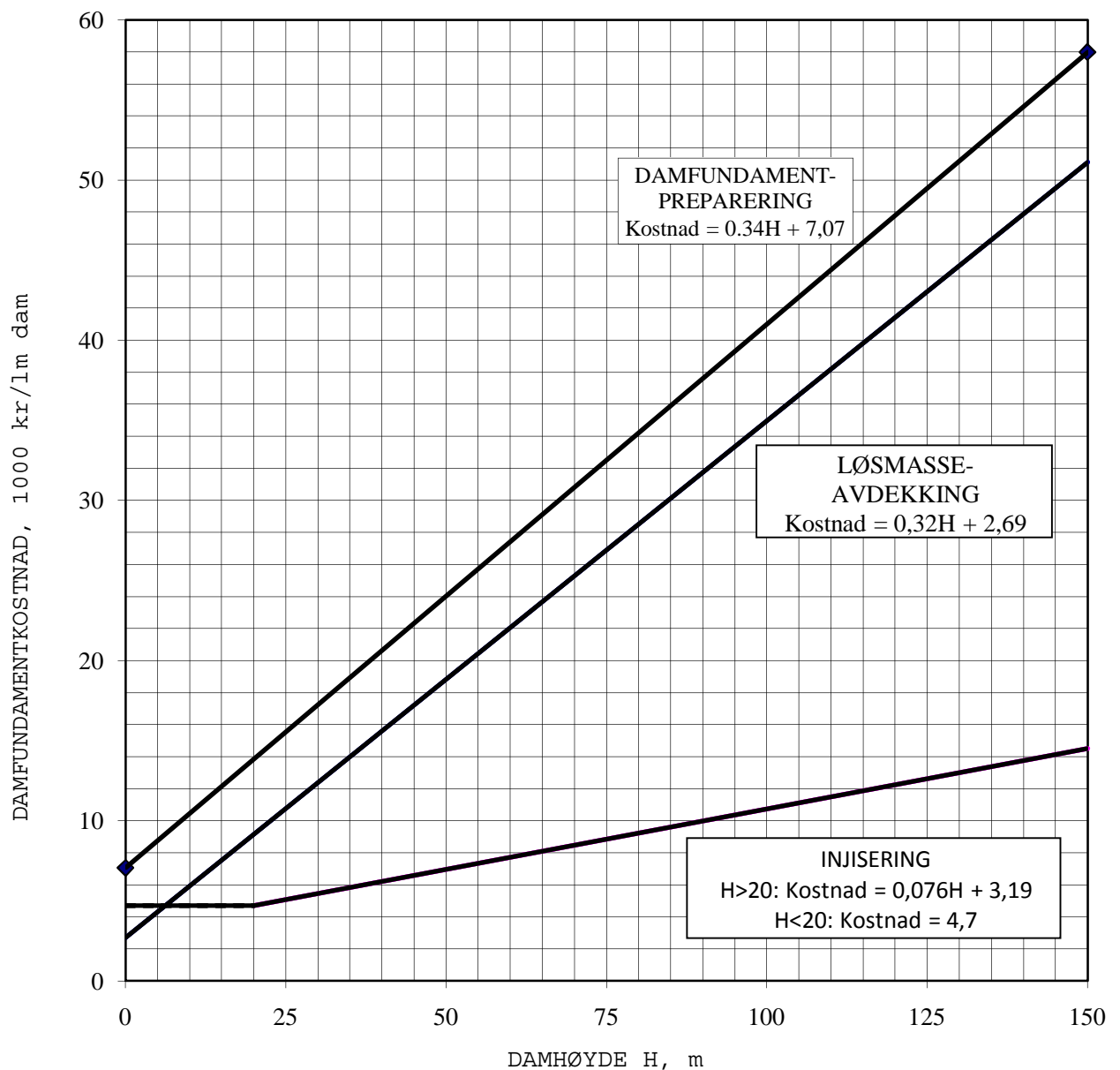


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS DAM
M/MORENEKJERNE, STØTTEFYLLING,
FILTER OG OVERGANGSSONE
KORREKSJONSFAKTOR FOR VOLUM

Fig. B.1.6

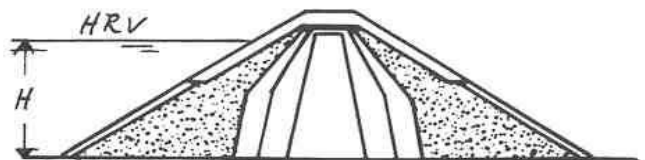
01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Kostnad for løsmasseavdekking er angitt for løsmassedybde 2 m.
3. Kostnadene er angitt for damtverrsnitt gitt på fig. B.1.1.
4. Entreprenørens rigg og driftskostnader er medregnet.

5. Damhøyde H regnes fra HRV.

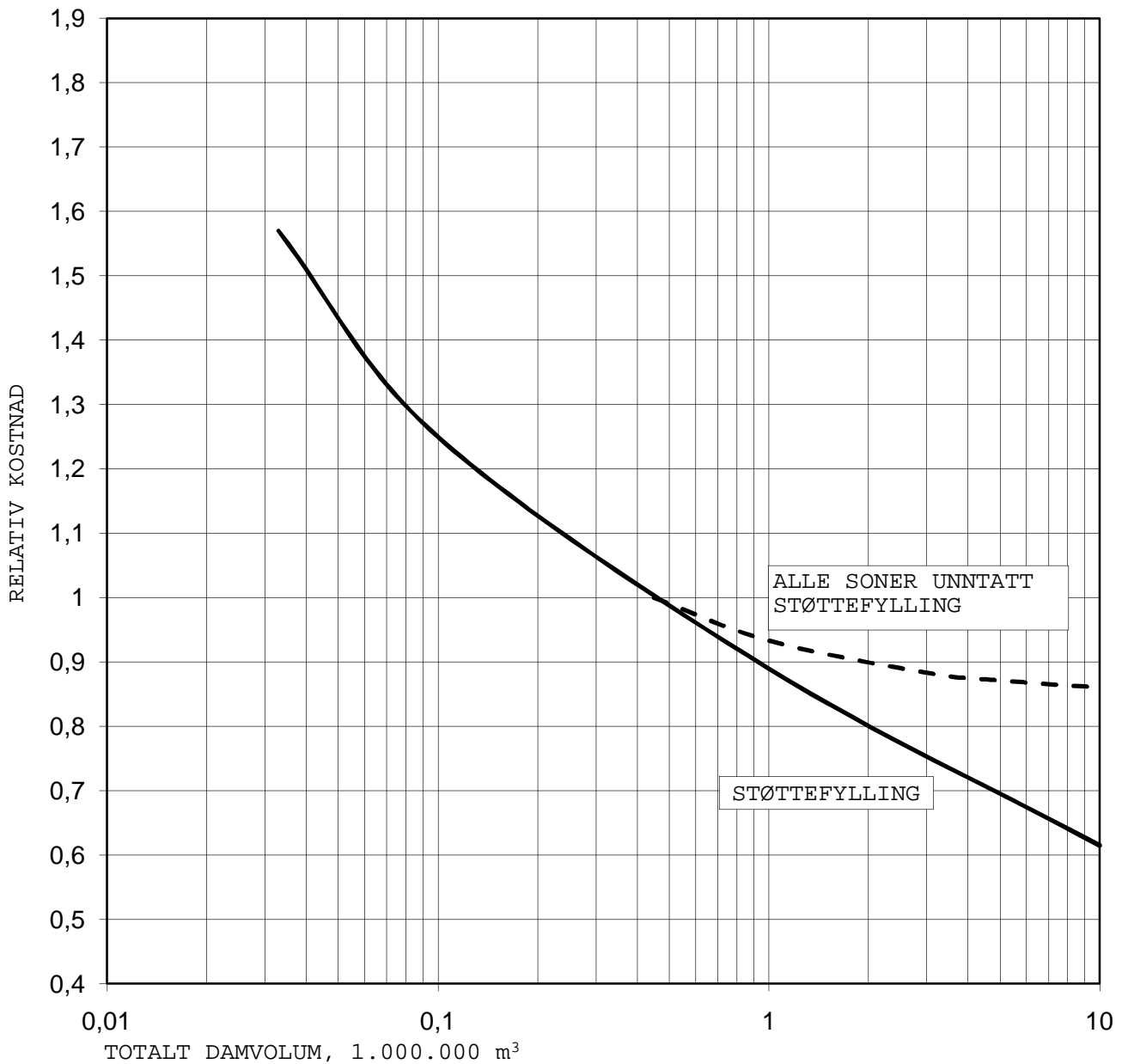


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE
DAMFUNDAMENTKOSTNAD

Fig. B.1.7

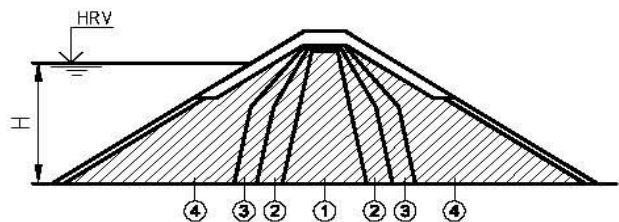
01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Figuren angir korreksjonsfaktor for kostnadene av damsonene avhengig av totalt damvolum.

2. Kfr. kap. B.1.3



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS DAM
M/MORENEKJERNE
KORREKSJONSFAKTOR FOR KOSTNAD
I FORHOLD TIL TOTALT DAMVOLUM

Fig. B.1.8

01.01.10

B.2 STEINFYLLINGSDAM MED ASFALTBETONGKJERNE

B.2.1 Dammens hoveddimensjoner

Dammens hoveddimensjoner vil, foruten bestemmelsene i *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften)* med underliggende retningslinjer og eventuelle minstemålskrav av beredskapshensyn, være bestemt av naturgitte forhold i damfundamentet, beskaffenhet/kvalitet og tilgjengelighet av materialer, flomstigning (flomdemping), magasinets overflate og beliggenhet (bølgepåkjenning). Av disse forhold er det oftest bare beliggenheten og *Damsikkerhetsforskriftens* minimumskrav som vil være kjent på et tidlig stadium i planleggingen. De første orienterende mengde- og omkostningsberegningene må derfor baseres på antakelser når det gjelder de andre forholdene.

Dersom det foreligger spesielle forhold som en kjenner til og som vil få uheldig innflytelse på dammens hoveddimensjoner, bør disse fastlegges spesielt.

B.2.1.1 Normalverrsnitt

Vi har valgt to normalverrsnitt som masseberegning kan foretas etter.

Normalverrsnitt A er vist på fig B.2.1. Tverrsnittet kan brukes i de tilfeller løsmassene er så små at hele dammen fundamenteres på fjell. Skråningene er 1:1,5.

Normalverrsnitt B er vist på fig B.2.2. Tverrsnittet kan brukes i de tilfeller løsmassene er så mektige at støttefyllingene fundamenteres på løsmasse. Skråningene er 1:1,7.

Mengdekurver for disse to normalverrsnitt er utarbeidet og vist på fig B.2.3 og B.2.4.

Kronebredde, fribord og bredde på de enkelte indre soner er valgt ut fra en største damhøyde lik ca. 50 m. Ved større dammer vil også disse dimensjonene bli noe større, og vi har derfor på fig B.2.5 vist korreksjonsfaktorer for volumkurvene for dammer med andre maksimalhøyder.

Korreksjonsfaktoren er basert på følgende (angitt i m):

Maks damhøyde	Kronebredde	Bredde filter + overgangssone	Fribord
30	5,5	4,5	3,5
50	6,0	4,5	4,0
100	10,0	6,0	4,5
150	10,0	6,0	4,5

Med fribord menes her avstanden fra topp dam til dimensjonerende flomvannstand. Gjennomsnittlig damhøyde er antatt lik 80 % av maks damhøyde.

Flomstigningen (Q_{1000}) er valgt lik 1,5 m, som i mange tilfeller vil være et rimelig flomdempingsmagasin. Det kan selvsagt være aktuelt med avvikende flomstigning, og i de tilfeller dette er klarlagt, kan mengdene korrigeres for dette. (Ved 2,5 m flomstigning avleses f.eks. volum ved damhøyde lik 20 m ved $H = 21$ m).

Damhøyde er i denne rapporten definert lik høyden fra HRV og ned til gjennomsnittlig høyde på damfundamentet i de enkelte soner.

Normaltverrsnittet må kun betraktes som et grunnlag for en omkostningsberegning på et tidlig stadium i planleggingen. Avhengig av stedlige forhold, materialkvalitet og materaltilgjengelighet må øket tverrsnitt som dammen skal bygges etter bestemmes.

B.2.2 Damfundament

Omkostningene forbundet med damfundamentet er ordnet i 3 grupper. De angitte kostnadstall omfatter alle gjennomsnittlige, påregnelige entreprenøromkostninger (rigg og drift inkludert).

B.2.2.1 Løsmasseavdekking

Omfanget av løsmasseavdekking må som hovedregel alltid anslås/beregnes separat i hvert enkelt tilfelle. En må benytte alle de tilgjengelige opplysninger en har.

Vi vil gi følgende retningslinjer:

I de tilfeller løsmassemektheten er så liten at hele dammen forutsettes fundamentert på fjell, kan en normalt regne gjennomsnittsavdekking lik 2 m.

Dersom beregning/anslag gir høyere verdi, benyttes dette. Selv i de tilfeller der damfundamentet inneholder minimale løsmasseforekomster, regnes det med en kostnad tilsvarende 0,5 m avdekking av hele damfundamentet som et minimum.

Ved store løsmassemektheter der det forutsettes at støttefyllingene fundamenteres på løsmasse, kan en generelt regne med 1 m gjennomsnittsavdekking. I de tilfeller en har kartlagt myrområder eller andre massetyper som må fjernes, må en ta hensyn til dette og øke avdekkingsvolumet.

Tetnings-, filter- og overgangssone skal forutsettes fundamentert på fjell, og løsmassemektheten i disse områdene må anslås/beregnes separat.

Kostnadsbæreren "løsmasseavdekking" settes lik volum løsmasse x 54 kr/m³.

B.2.2.2 Fundament- og damfotbehandling

Omkostningene til alle normalt nødvendige arbeider i damfot er medtatt i fig B.2.6, hvor størrelsen av disse omkostningene som funksjon av damhøyden er gitt.

Hovedelementene i disse kostnadene er følgende:

- a) Fjerning av fjell i fundamentet
- b) Rensk og rengjøring av fundamentet
- c) Støping av betongsokkel som fot for tetnings- og filtersone
- d) Nødvendig sikring av fot for skråningsbeskyttelse

Omfanget av enkelte av disse arbeidene har et meget stort variasjonsområde, men totalt sett viser erfaringsmateriale at disse kostnadene kan settes lik 28.700 kr/lm damfot for damhøyder inntil 50 m, og lik 30.800 kr/lm for damhøyde lik 100 m. For damhøyder inntil 150 m kan kostnadene settes lik 32.800 kr/lm.

B.2.2.3 Injeksjonsarbeider

Omfanget av og omkostningene ved nødvendige injeksjonsarbeider er vurdert ut fra erfaringer ved norske fyllingsdammer.

Det forutsettes et normalt injeksjonsopplegg ved overflateinjeksjon i 6 m dybde i 2 rader og hullavstand 5 m, og en 1-rads dypinjeksjonsskjerm til dybde lik halve vanntrykket, dog minst 10 m. Dypinjeksjonshull forutsettes boret inntil en tetthet lik 1 Lugeon er oppnådd.

Normalomkostningene kan settes lik 4.660 kr/lm dam pluss 170 kr/m² for injeksjonsskjerm areal dypere enn 10 m.

Kostnadene for injeksjonsarbeidene som funksjon av damhøyden er gitt på fig B.2.6.

B.2.3 Damkroppen

Som øvrige kostnadsbærere for dammen er valgt volumene av de fem hovedsonene i fyllingsdammen: Tetningssone, filter, overgangssone, støttefylling og skrånings-/kronebeskyttelse.

De angitte kostnadstall omfatter alle gjennomsnittlige, påregnelige entreprenør-omkostninger for dambyggingen (inkl. rigg og drift og massetakskostnader).

Kostnadstallene gjelder for dam av størrelse 1.000.000 m³. Enhetskostnadstallene vil erfaringsmessig bli mindre for store dammer og større for små. Dette korrigeres for ved bruk av korreksjonsfaktor gitt i fig B.2.7. I tillegg kommer den effekt at ved store dammer utgjør de billigste sonene en større andel.

B.2.3.1 Tetningssonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.2.3, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av ferdig preparert fundament bør vurderes med basis i de stedlige forhold. Som generell regel kan anbefales å anta ferdig damfundament (topp av betongsokkel) 1 m lavere enn opprinnelig fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnaden for tetningssonen settes lik 3.690 kr/m^3 .

B.2.3.2 Filtersonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.2.3, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenheten av fundamentet for filtersonen kan antas å være 1 m under opprinnelig fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnaden for filtersonen kan settes lik 282 kr/m^3 . Filteret blir lagt ut i samme operasjon som tetningssonen, og disse kostnadene må ses i sammenheng.

Det er forutsatt brukt knust stein til filteret, og dette vil normalt være nødvendig pga. strenge kvalitetskrav. Transportlengden er forutsatt lik 2 km.

Hovedelementene i normalprisen 282 kr/m^3 er følgende:

- a) Andel av avdekking og istandsetting av bruddet etter endt drift. Arronderingsutgifter til knuseriggområdet.
- b) Sprenging av stein
- c) Opplasting og transport
- d) Knusing
- e) Transport (2 km)
- f) Utlekking og komprimering

B.2.3.3 Overgangssonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.2.3, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av fundamentet for overgangssonen kan antas lik 1 m under fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnad for overgangssonen kan settes lik 166 kr/m^3 . Denne prisen forutsetter at overgangssonen blir framstilt ved en enkel knuseprosess med sprengt stein som utgangspunkt, og at transportlengden ikke overstiger 2 km. I enkelte tilfeller vil tunnelstein være tilgjengelig i dammens nærhet. Denne kan da i de fleste tilfeller bli brukbar som overgangssone ved en enklere sikteprosess. Kostnader kan i slike tilfeller settes lik 109 kr/m^3 .

Hovedelementene i normalprisen 166 kr/m^2 vil bestå av følgende:

- a) Andel av avdekking og istandsetting av bruddet etter endt drift. Arronderingsutgifter til knuseriggområdet.
- b) Sprengning av stein
- c) Opplasting og transport
- d) Knusing
- e) Utlegging og komprimering

B.2.3.4 Støttefylling

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.2.5, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av fundamentet for støttefylling antas ved fjelloverflate, alternativ 1 m under terreng.

Gjennomsnittskostnad for støttefyllingen kan settes lik 86 kr/m^3 .

Prisen forutsetter at støttefyllingen blir produsert av bruddstein, og at et egnet bruddområde finnes innen en avstand av 1 km fra dammen.

Avdekkingsarbeidene har normalt et beskjedent omfang. I tilfeller der fjerning av større mengder løsmasse er nødvendig for å komme til fjell, må ekstrakostnader for dette legges til.

Dersom tunnelstein er tilgjengelig i dammens nærhet, vil denne normalt bli benyttet til støttefylling og til en lavere pris. I slike tilfeller kan kostnaden settes lik 54 kr/m^3 .

Hovedelementene i normalprisen 86 kr/m^3 vil bestå av følgende:

- a) Avdekking og arrondering av steinbrudd
- b) Sprengning
- c) Opplasting og transport
- d) Utlegging og komprimering

B.2.3.5 Skrånings- og kronebeskyttelse

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på fig B.2.3, del 1, del 2 eller 3.

Beliggenhet av fundament for skråningsbeskyttelse antas ved fjelloverflate alternativt 1 m under terrengoverflate.

Gjennomsnittskostnad for skrånings- og kronebeskyttelse kan settes lik 174 kr/m³.

Denne prisen forutsetter at støttefyllingen produseres i bruddet og at grovsteinen i hovedsak framkommer som et produkt i denne prosessen. En viss utstrekning av salvene beregnet spesielt på grovsteinsproduksjon må anses normalt, og er innbefattet i prisen.

Da behovet for grovstein relativt sett er størst under bygging av damtoppen, er en viss grad av mellomlagring av grovstein også normalt, og er innbefattet i prisen.

Dersom støttefylling bygges av tunnelstein, vil det føre til at eget brudd for produksjon av grovstein må etableres. I slike tilfeller kan prisen settes lik 227 kr/m³.

B.2.4 Prisnivå

Det har bare vært bygget noen få fyllingsdammer med asfaltbetongkjerne på 2000-tallet. Alle disse er relativt små (< 20 m).

Siden 2005-oppdateringen har NVE gitt ut nye *Retningslinjer for fyllingsdammer*, der blant annet filterkriteriene er endret i forhold til de gamle retningslinjene. De nye kravene er strengere og vanskeligere å tilfredsstille enn de gamle kriteriene, og dette har derfor medført en økning i prisnivå på filter og overgangssone som er noe større enn normaløkningen. Som grunnlag for indeksregulering av prisene er "Byggekostnadsindeks for veganlegg" fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) brukt. Denne indeksen viser en prisstigning på ca. 19 % fra 2005 til 2010. Den generelle prisstigningen i perioden har for øvrig vært 12,6 %.

De angitte priser representerer prisnivå januar 2010.

B.2.5 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Det vises til kapitelene B.0.2 og B.0.3. Spesielt gjelder:

- Bunnløp/omløp/fangdammer:
Kostnader til bunnløp, omløp og fangdammer er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.
- Flomløp og evt. nødtappeanordninger:
Kostnader til dette er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.
- Instrumenteringskostnader:
Kostnader er ikke medtatt.
- Luker, rister, varegrinder:
Kostnader er ikke medtatt. For lukekostnader, se kapittel M.3.

B.2.6 Usikkerhet i kostnadsberegningen

Usikkerheten i beregning av damfundamentkostnadene vil vi anslå lik +70 % til ÷30 %.

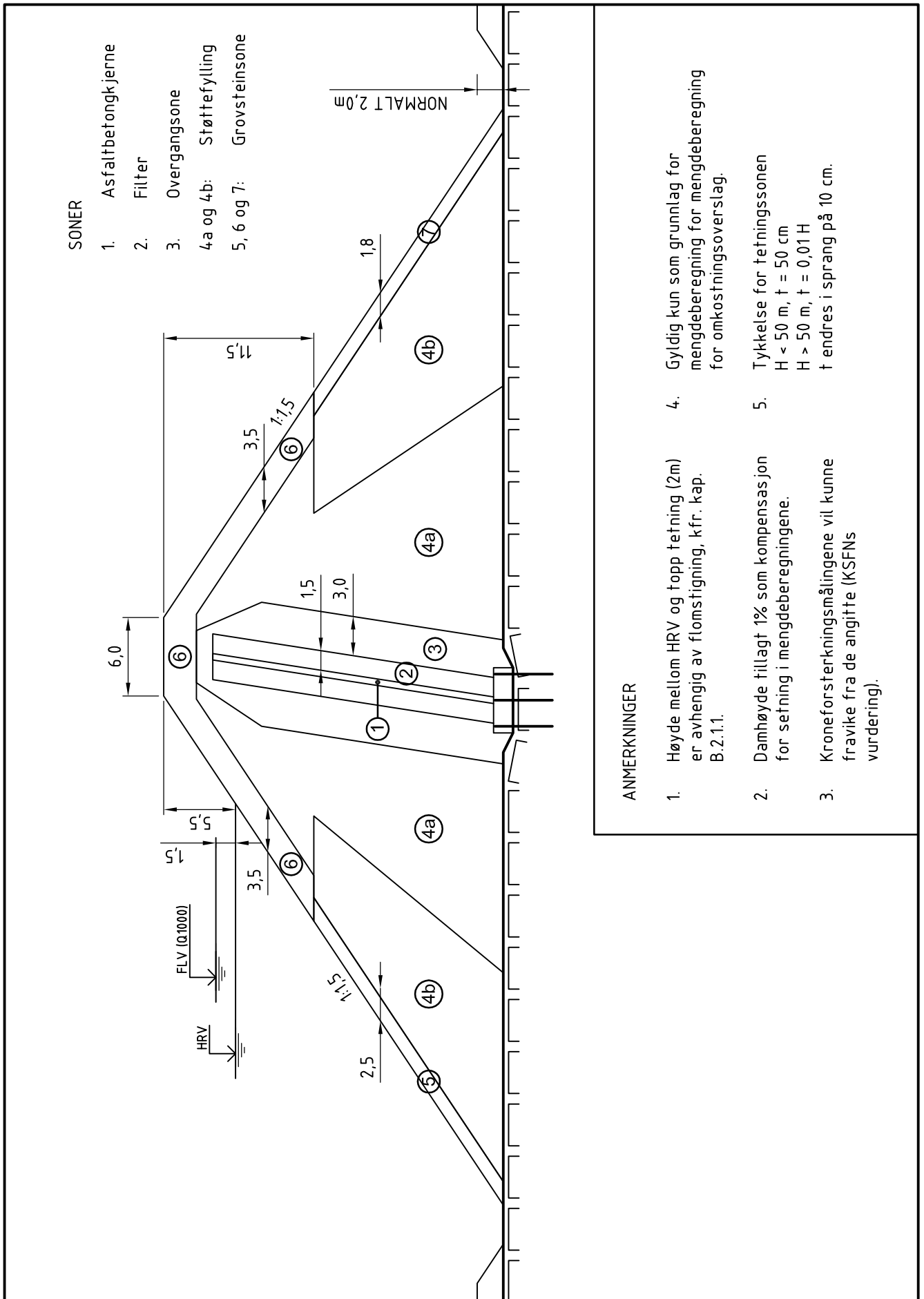
Usikkerheten i beregning av damkroppkostnadene vil vi anslå lik ±25 %.

B.2.7 Økt høyde på eksisterende dammer

Det kan vanskelig gis generelle retningslinjer for hvor stor påbygging som er tilrådelig. Bestående dam er dimensjonert etter nåværende vanntrykk, og utførelse av forhøyelsen vil avhenge av om de deler av dammen som ikke lar seg forsterke, tåler den økte belastningen. Injeksjonskjernens dybde avhenger av damhøyden, og med økt damhøyde vil dette forholdet endres. Lekkasje vil øke med økt vanntrykk, og det må vurderes om arrangement for lekkasjemåling og dammen for øvrig kan ivareta dette på en forsvarlig måte. Tetningskjernen er anbefalt å ha en tykkelse på minst 1 % av høyden, og ikke mindre enn 50 cm. For damhøyder over ca. 50 m vil en økning av høyden etter dette medføre at anbefalt minstetykkelse overskrides, og det må vurderes nøye om den aktuelle utførelsen tillater dette.

Kostnadene regnes ved å benytte enhetspriser som angitt i det foranstående, pkt B.2.2.6, mens mengder må regnes separat for hvert enkelt tilfelle.

Ref. kommentar om skråningsbeskyttelse pkt. B.1.7.



SONER

- 1. Asfaltbetongkjerne
- 2. Filter
- 3. Overgangssone
- 4a og 4b: Støttefylling
- 5, 6 og 7: Grovsteinsone

ANMERKNINGER

- 1. Høyde mellom HRV og topp tetning (2m) er avhengig av flomstigning, kfr. kap. B.2.1.1.
- 2. Damhøyde tillagt 1% som kompensasjon for setning i mengdeberegningene.
- 3. Kronerforsterkningsmålingene vil kunne fravike fra de angitte (KSFNs vurdering).
- 4. Gyldig kun som grunnlag for mengdeberegning for mengde- og omkostningsberegning for omkostningsoverslag.
- 5. Tykkelse for tetningssonen
 $H < 50 \text{ m}, t = 50 \text{ cm}$
 $H > 50 \text{ m}, t = 0,01H$
 t endres i sprang på 10 cm.



Norges vassdrags- og energidirektorat

FYLLINGSDAM M/ ASFALTBETONGKJERNE
 DAMTVERRSNITT FORUTSATT FOR
 MENGDE- OG OMKOSTNINGSKOSTNADER
 SIDESKRÅNING 1:1,5

FIG. B.2.1



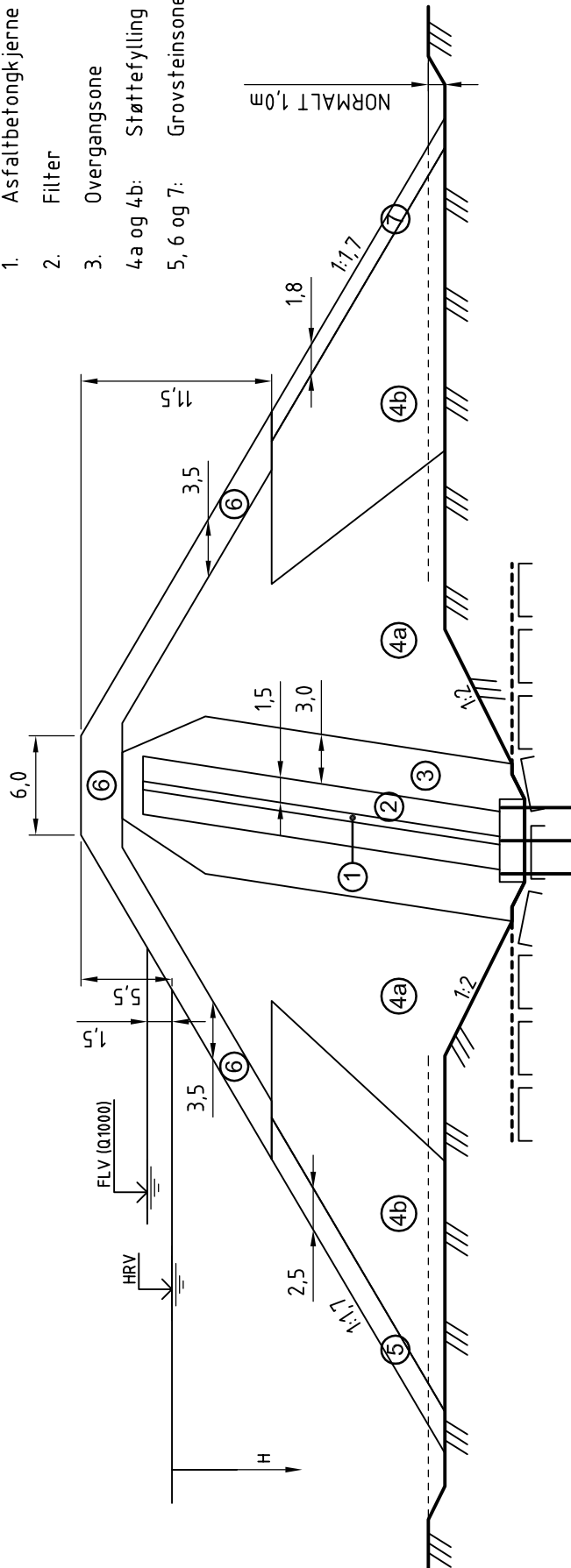
Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FYLLINGS DAM M/ ASFALTBETONGKJERNE
DAMTVERRSNITT FORUTSATT FOR
MENGE- OG OMKOSTNINGSKOSTNADER
SIDESKRÅNING 1:1,7

FIG. B.2.2

SONER

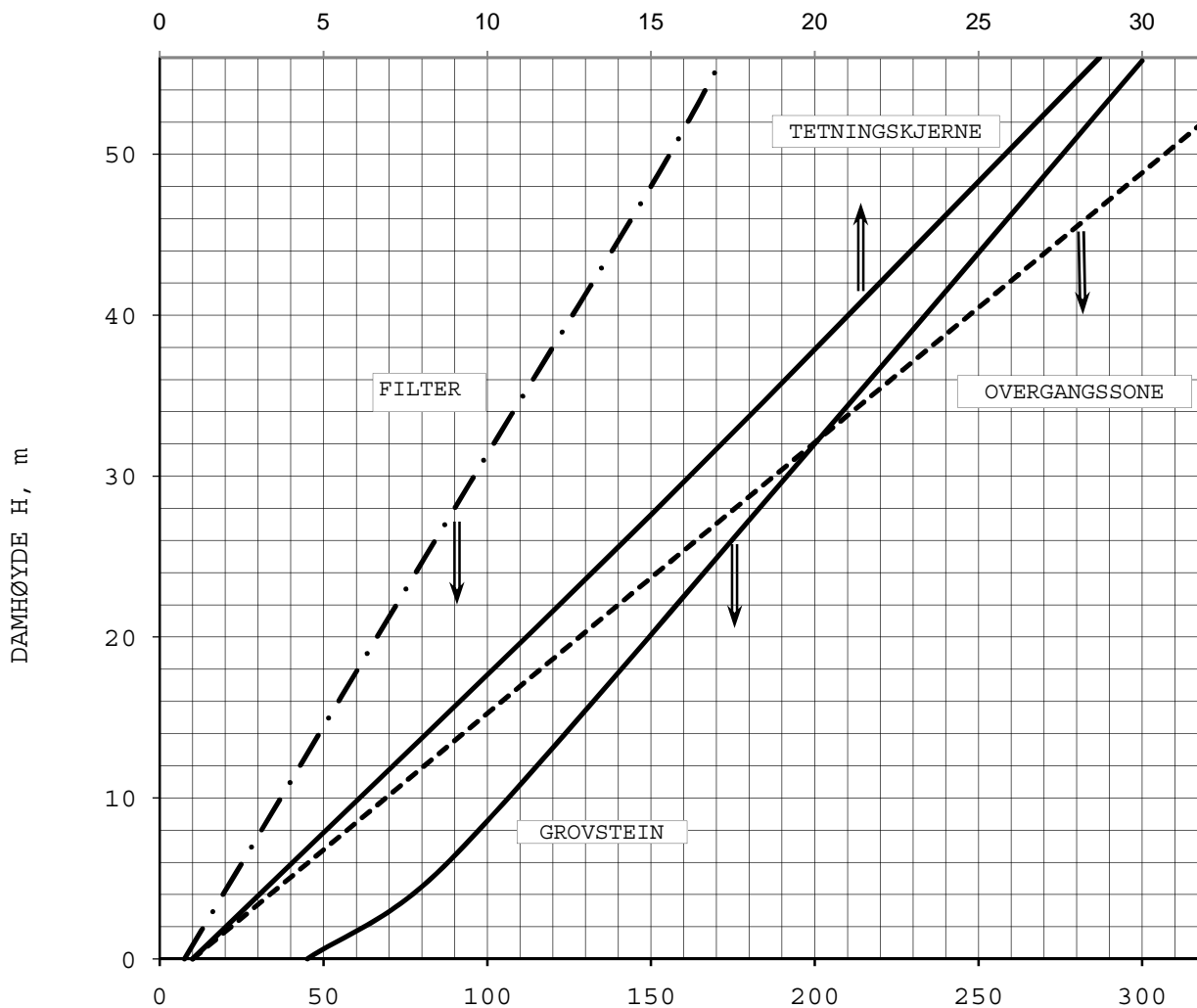
1. Asfaltbetongkjerne
2. Filter
3. Overgangssone
- 4a og 4b: Støttefylling
- 5, 6 og 7: Grovsteinsone



ANMERKNINGER

1. Høyde mellom HRV og topp tetning (2m) er avhengig av flomstigning, kfr. kap. B.2.1.1.
2. Damhøyde tillagt 1% som kompensasjon for setning i mengdeberegningene.
3. Kronerforsterkningsmålingene vil kunne fravike fra de angitte (KSFNs vurdering).
4. Gyldig kun som grunnlag for mengdeberegning for mengdeberegning for omkostningsoverslag.
5. Tykkelse for tetningssonen
 $H < 50 \text{ m}, t = 50 \text{ cm}$
 $H > 50 \text{ m}, t = 0,01 H$
 t endres i sprang på 10 cm.

TETNINGSKJERNE m³/lm dam



FILTER, m³/lm dam
 OVERGANGSSONE, m³/lm dam
 GROVSTEIN, m³/lm dam

ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.2.1 og B.2.2.
3. Volum av overgangssone og støttefylling korrigeres etter figur B.2.5.



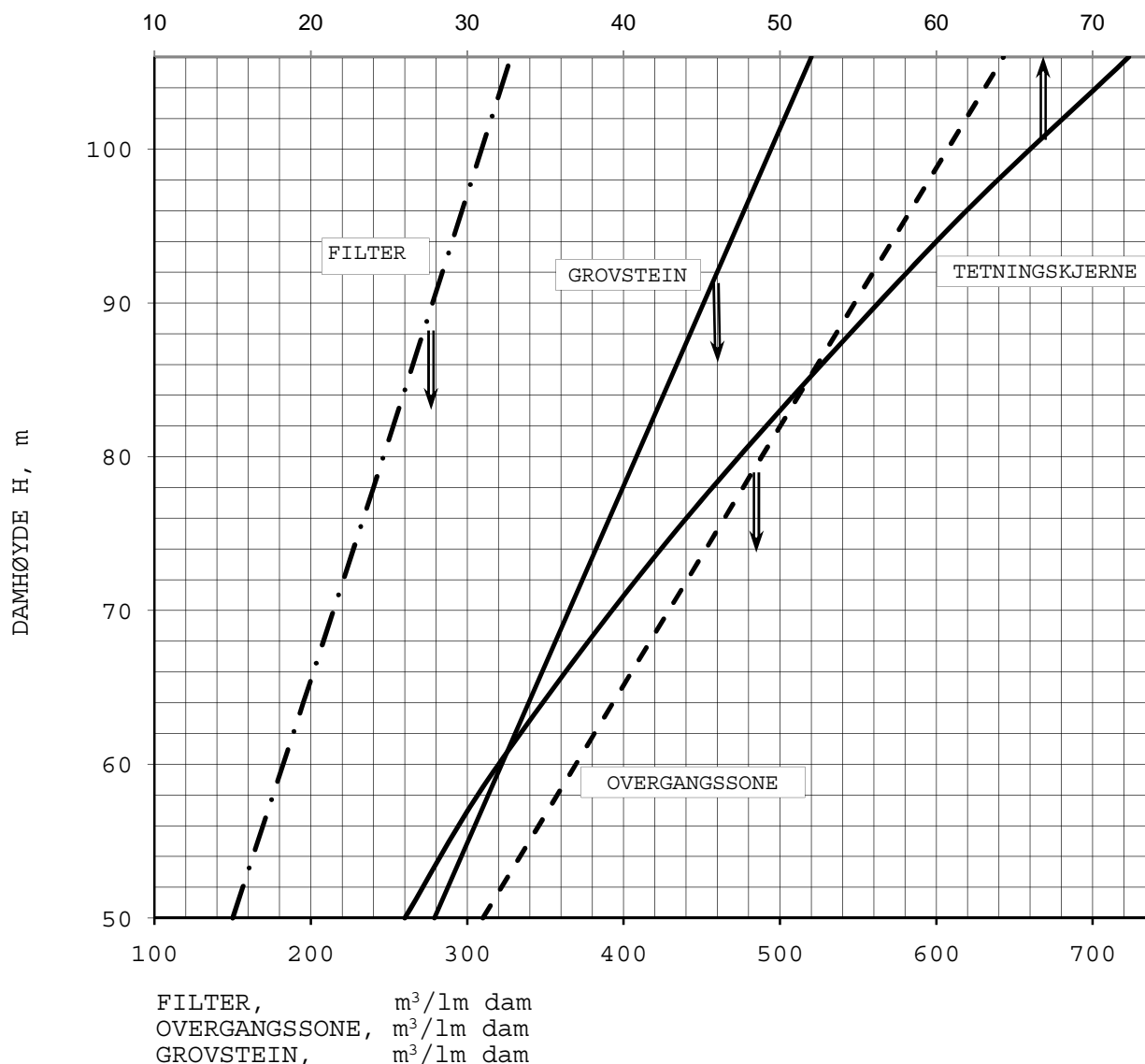
Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS DAM
 M/ASFALTBETONGKJERNE
 MENGDEKURVER FOR TETNING, FILTER,
 OVERGANGSSONE OG GROVSTEINSONE

Fig. B.2.3
del 1

01.01.10

TETNINGSKJERNE m³/lm dam



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.2.1 og B.2.2.
3. Volum av overgangssone og støttefylling korrigeres etter figur B.2.5.

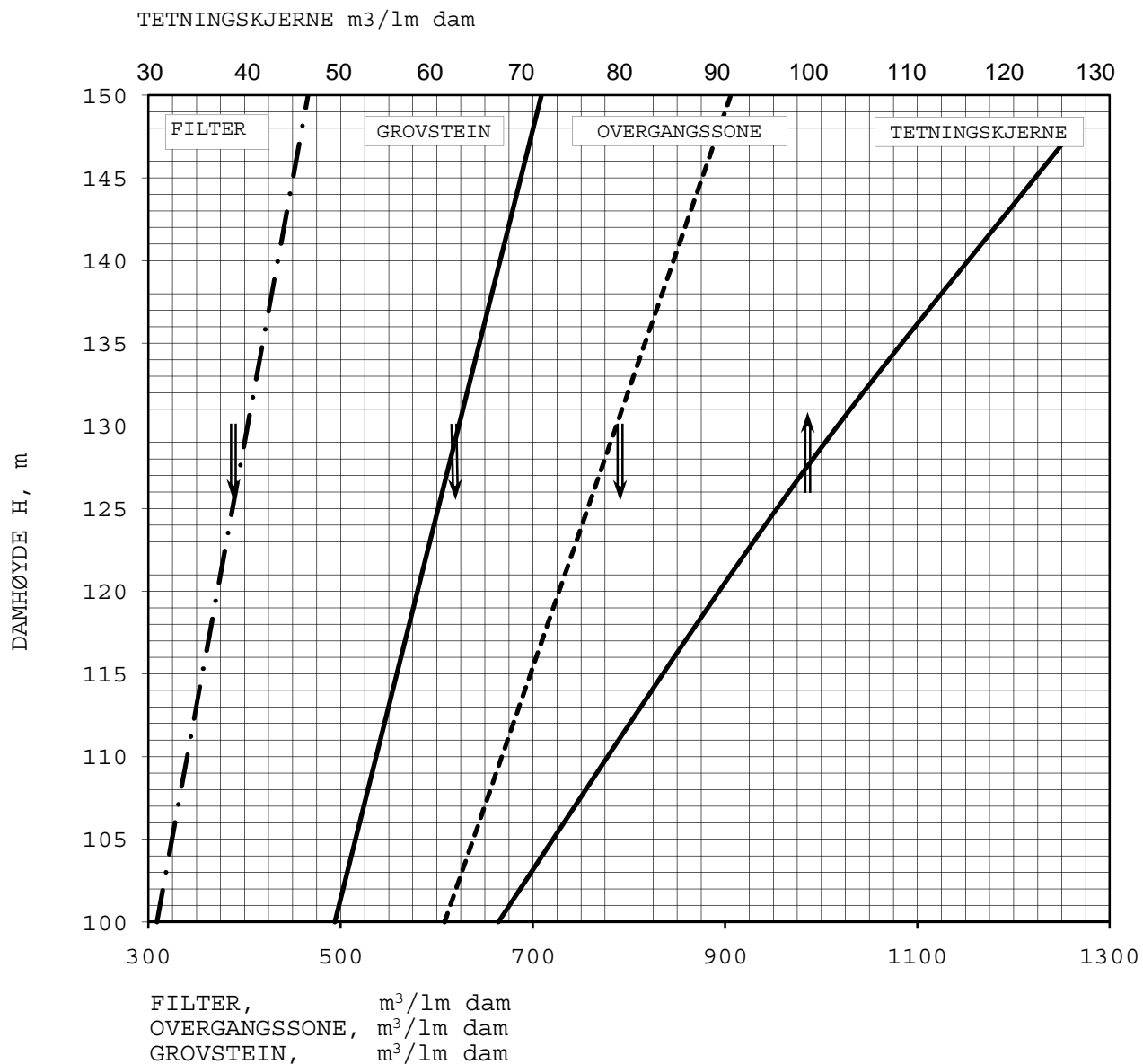


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS DAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR TETNING, FILTER,
OVERGANGSSONE OG GROVSTEINSONE

Fig. B.2.3
del 2

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.2.1 og B.2.2.
3. Volum av overgangssone og støttefylling korrigeres etter figur B.2.5.

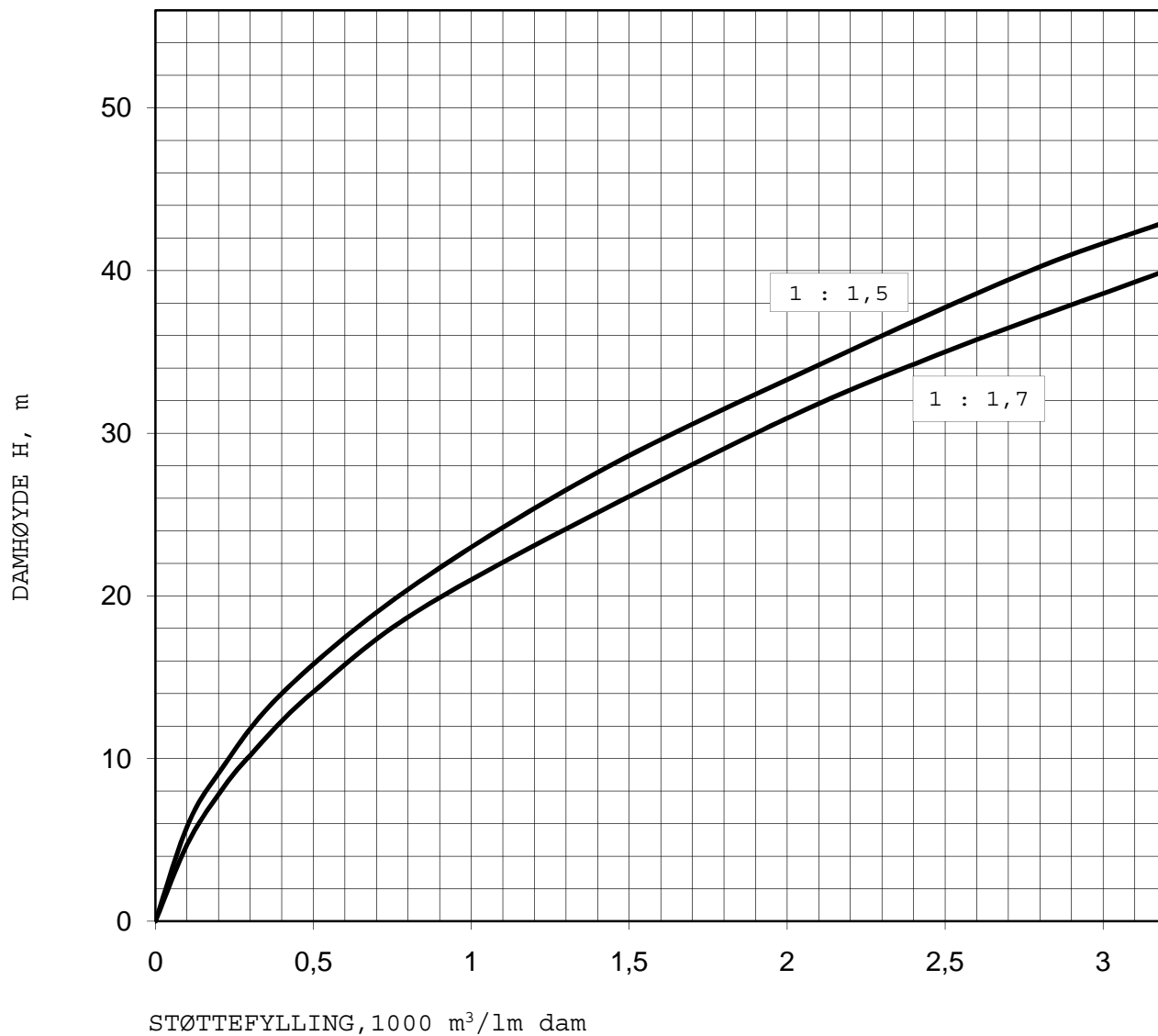


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**STEINFYLLINGS DAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR TETNING, FILTER,
OVERGANGSSONE OG GROVSTEINSONE**

Fig. B.2.3
del 3

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.2.1 og B.2.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter fig. B.2.5.

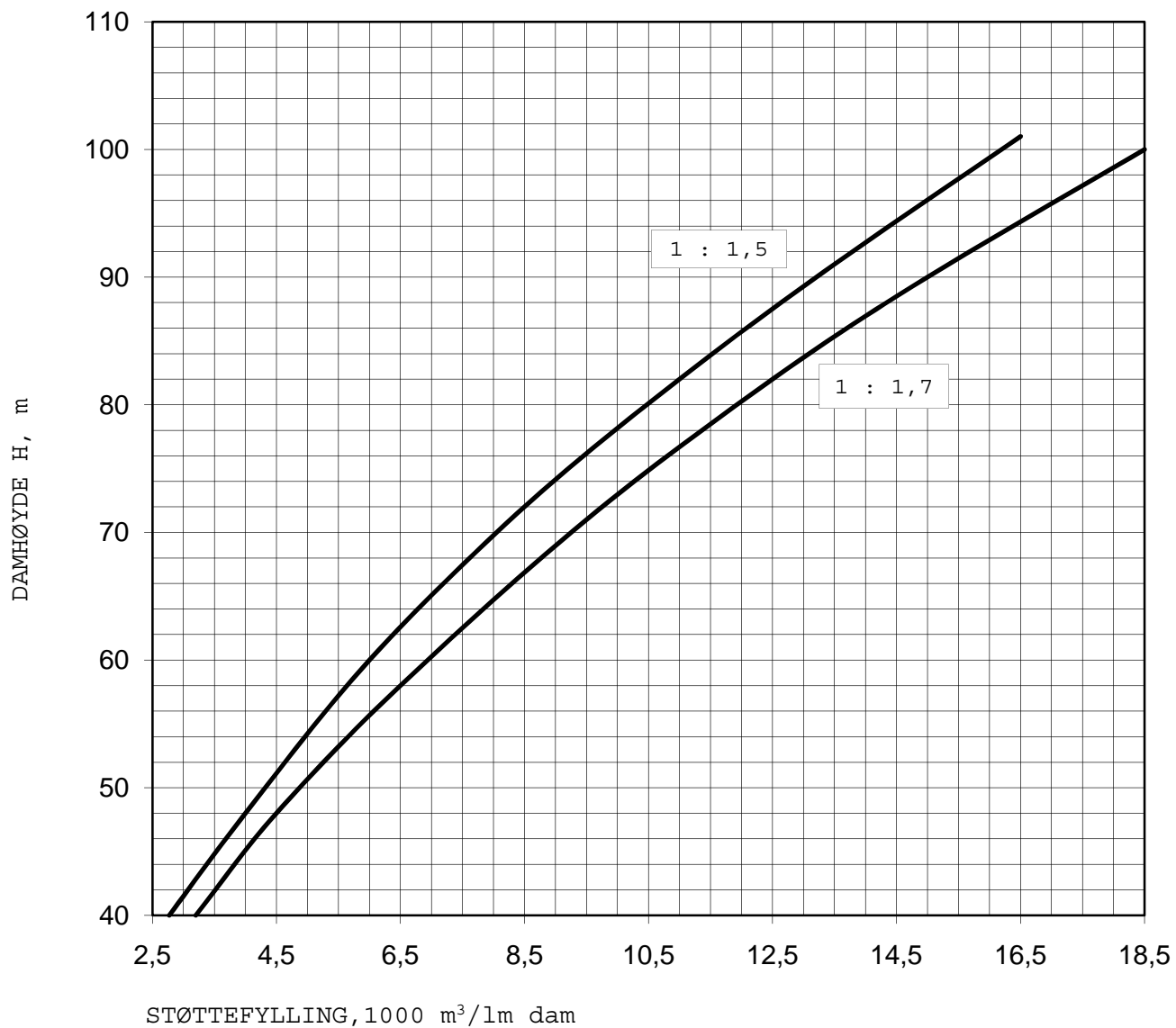


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS DAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR STØTTEFYLLING

Fig. B.2.4
del 1

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.2.1 og B.2.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter fig. B.2.5.

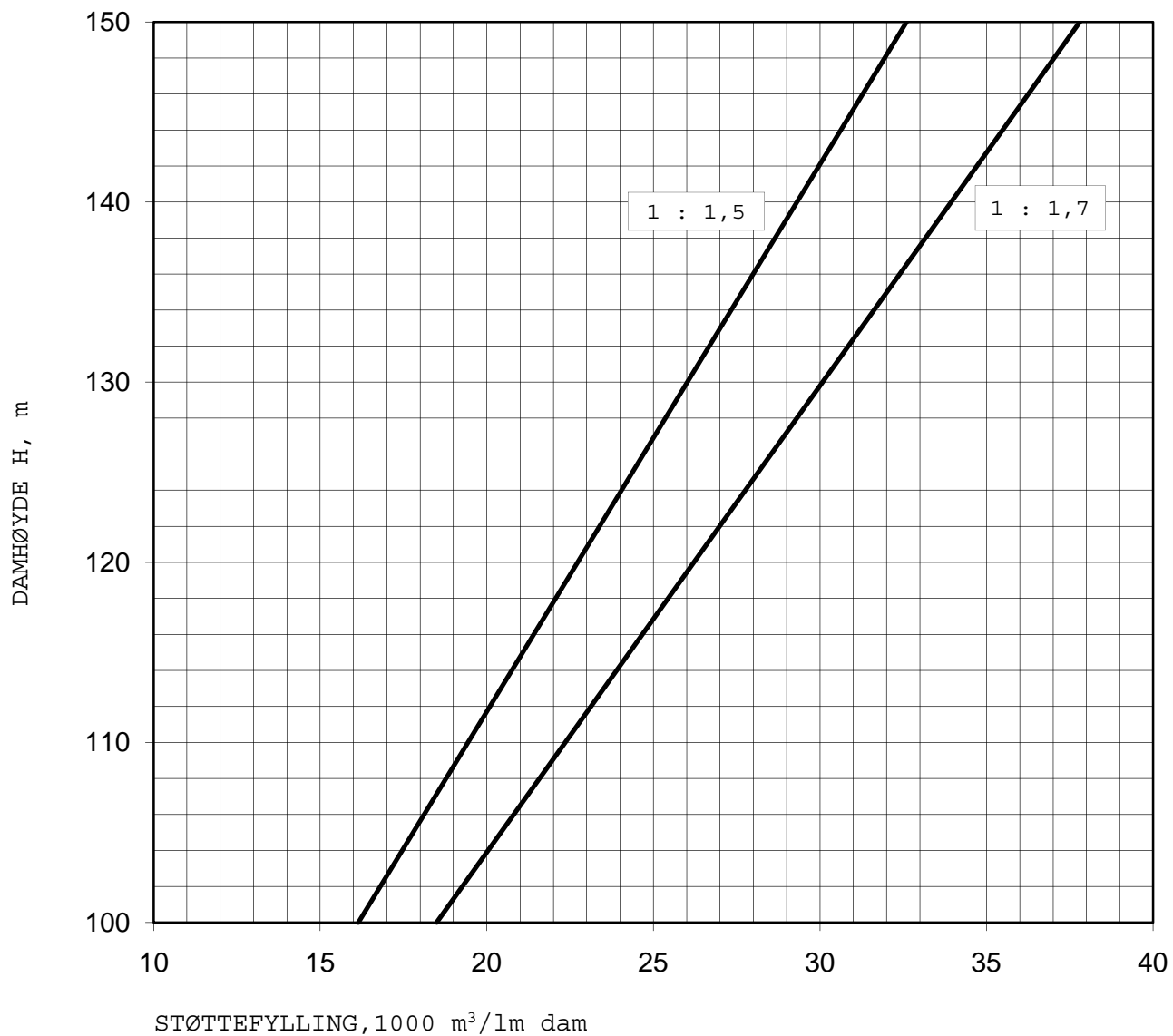


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS DAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR STØTTEFYLLING

Fig. B.2.4
del 2

01.01.10



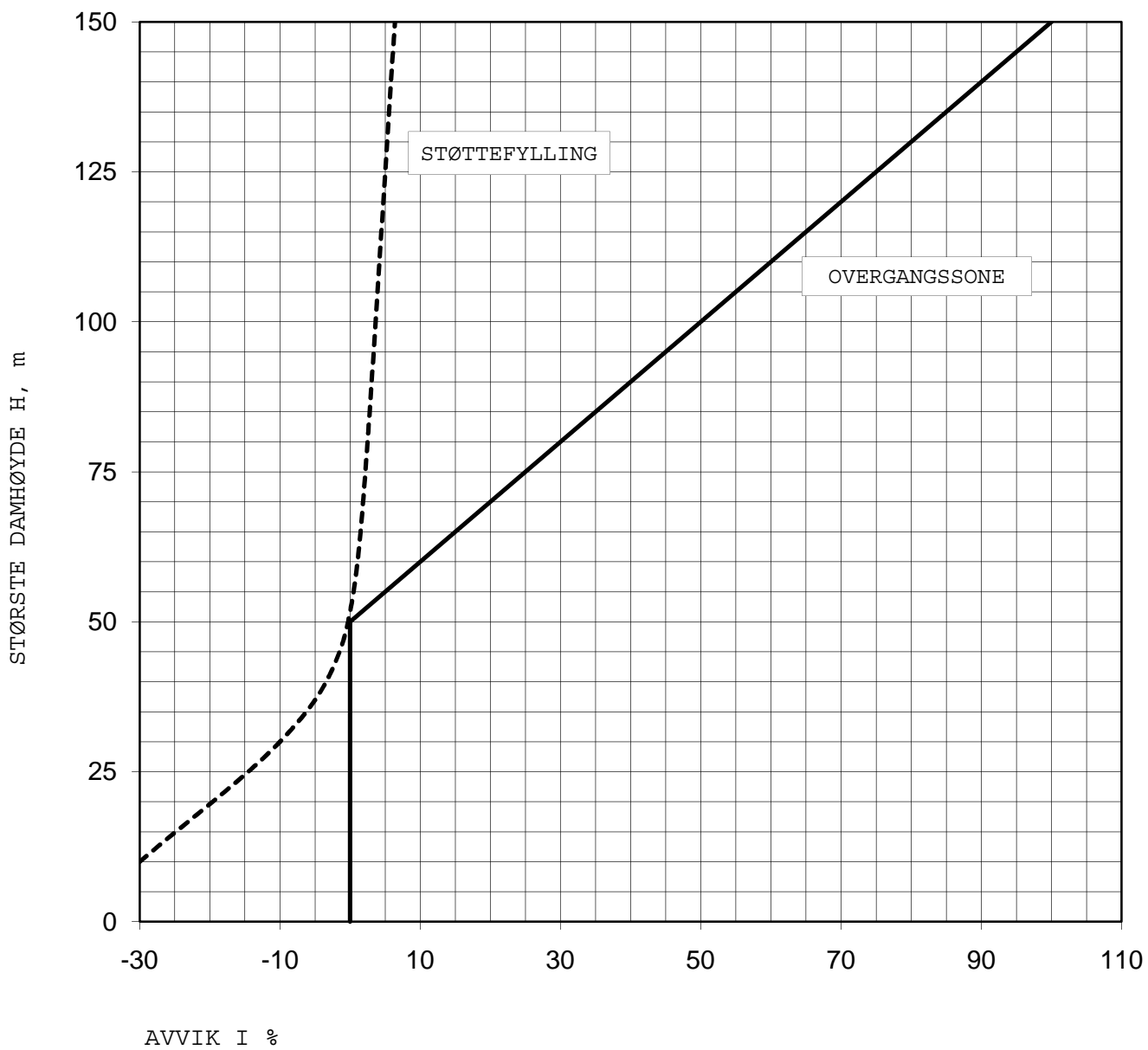
ANMERKNINGER:

1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se fig. B.2.1 og B.2.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter fig. B.2.5.



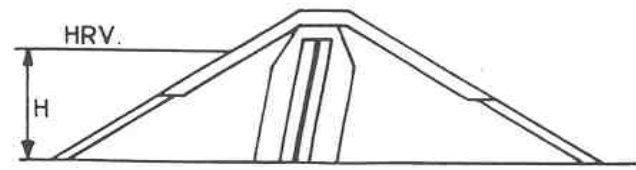
STEINFYLLINGS
M/ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR STØTTEFYLLING

Fig. B.2.4
del 3
01.01.10



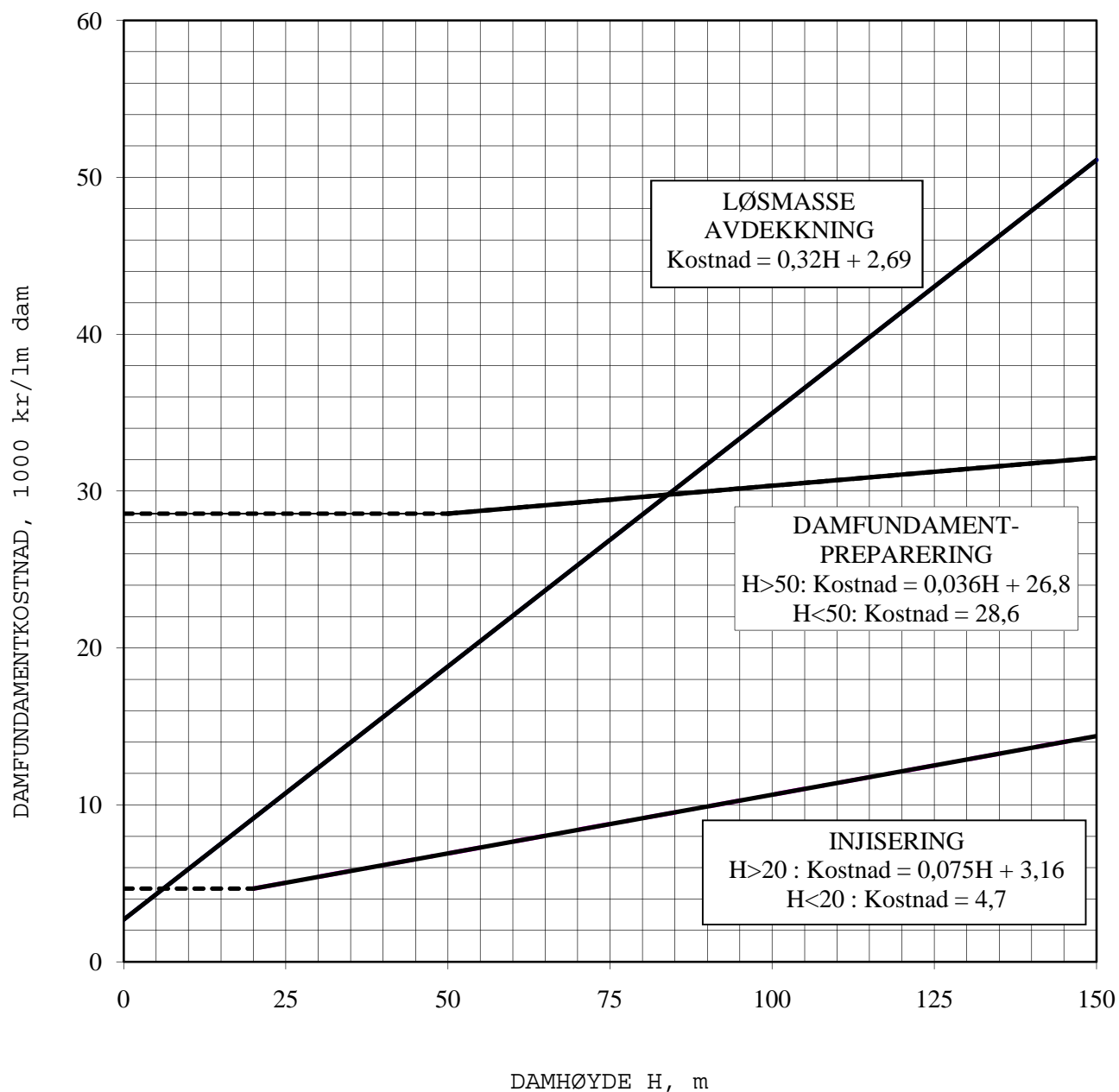
ANMERKNINGER:

1. Figuren angir korreksjonsfaktor for totalt volum av overgangssone og støttefylling som funksjon av største damhøyde.
2. Kfr. kap. B.2.1.1.



STEINFYLLINGS DAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
STØTTEFYLLING OG OVERGANGSSONE
KORREKSJONSFaktor FOR VOLUM

Fig. B.2.5
01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Kostnad for løsmasseavdekking er angitt for løsmassedybde 2 m.
3. Kostnadene er angitt for dam- tverrsnitt gitt på fig. B.2.1.
4. Entreprenørens rigg og drifts- kostnader er medregnet.

5. Damhøyde H regnes fra HRV.

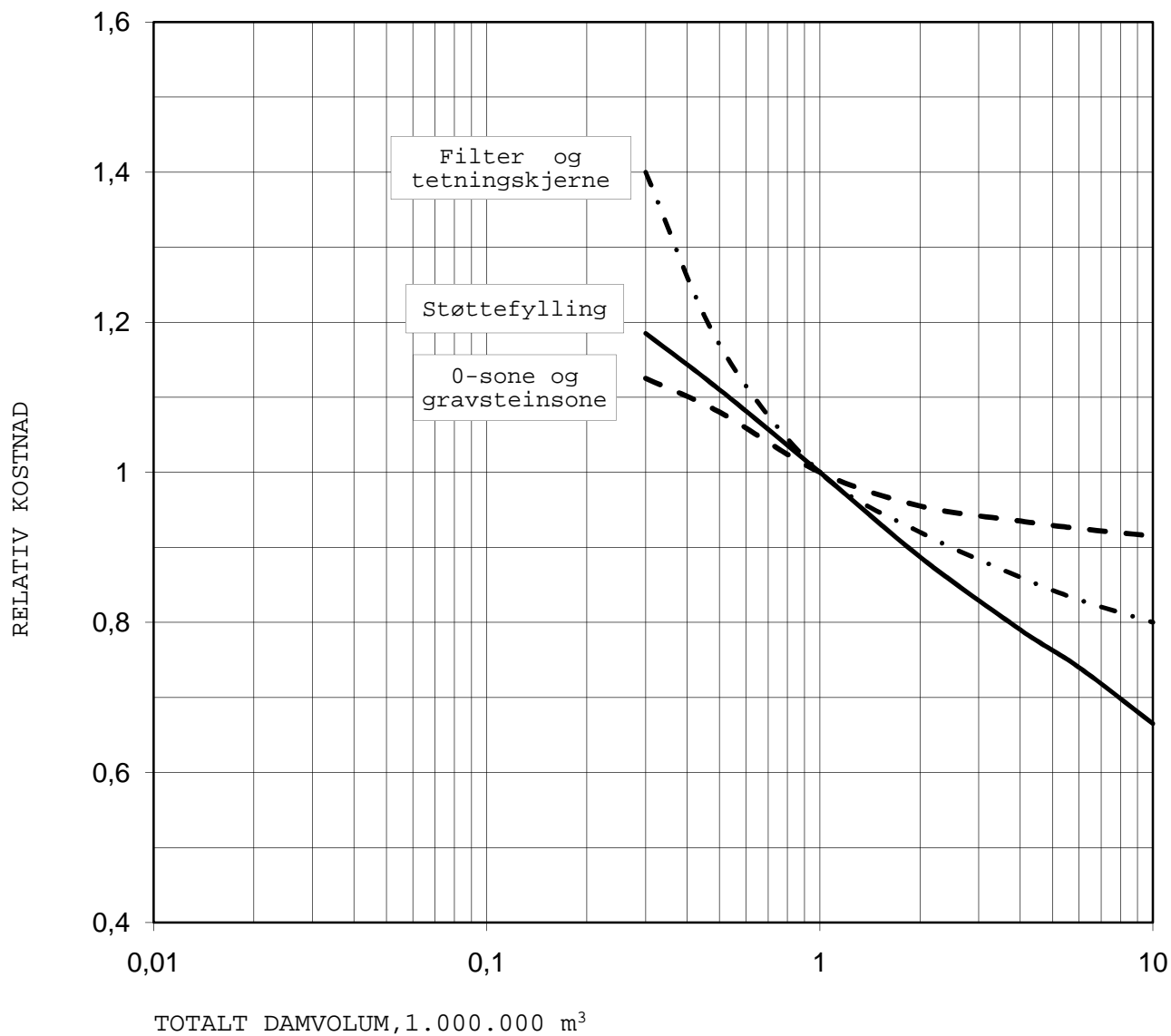


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGS
DAM/ASFALTBETONGKJERNE
DAMFUNDAMENTKOSTNAD

Fig. B.2.6

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Figuren angir korreksjonsfaktor for kostnadene av damsonene avhengig av totalt damvolum.

2. Kfr. Kap. B.2.3



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STEINFYLLINGSDAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
KORREKSJONSFaktor FOR KOSTNAD
I FORHOLD TIL TOTALT DAMVOLUM

Fig. B.2.7

01.01.10

B.3 BETONGDAMMER

B.3.1 Generelt

B.3.1.1 Vurderinger

Flere typer betongdammer kan være aktuelle. De forskjellige damtypenes aktualitetsområder overlapper hverandre.

De forskjellige damtypene overlapper hverandre kostnadsmessig. For enkle damsteder med dammer av moderat høyde er det derfor ikke av avgjørende betydning for kostnadene at endelig damtype fastlegges når prosjektmuligheter undersøkes. Det er her utarbeidet kurver for følgende fire damtyper: Gravitasjonsdammer, platedammer og buedammer i normalbetong, samt gravitasjonsdammer i RCC betong. Lukedammer kan også være aktuelle, men slike dammer egner seg dårlig for skjematiskerte omkostningsberegninger og bør kalkuleres separat i det enkelte tilfelle. RCC dammer er et spesialtilfelle av gravitasjonsdam i betong som kan være aktuelt for større dammer, og konkurrerer da prismessig også med steinfyllingsdammer.

I en sammenligning mellom fyllingsdam og betongdam bør det bemerkes at flomløp ikke koster noe for betongdammer om flomvannet kan avledes i fast overløp over dammen. Videre bemerkes at betongdammer som regel gir betydelig rimeligere omløp i byggetiden enn steinfyllingsdammer, da det ikke kreves omløpstunnel fordi vannet i første etappe kan gå i elveleiet og neste etappe gjennom bunnløp i dammen ved å lede vannet dit ved hjelp av fangdammer. Endelig bemerkes at betongdammene oftest gir de billigste anleggsveiene.

I mange tilfeller kan av disse grunner en betongdam bli rimeligere enn en fyllingsdam for damhøyder opp til 18-20 m. Dette forhold forsterkes ytterligere dersom dammen klassifiseres som viktig i forsvarsmessig sammenheng.

B.3.1.2 Hovedforutsetninger

- Prisnivå januar 2010.
- Ved utarbeiding av kurver for RCC dammer ble det i 1995 benyttet priser fra internasjonale anbud og opplysninger fra norske entreprenører. Etter dette har en kun oppdatert enhetsprisene som ligger til grunn for kurvene.
- Kurver og enhetspriser gir påregnelige entreprenørutgifter (bygningstekniske arbeider) ekskl. merverdiavgift/investeringsavgift, med unntak som nedenfor spesifisert. For RCC dammer gjelder kurvene for de angitte totale damvolum. Ved volum under 30 000 m³ er trolig ikke RCC dam konkurransedyktig.
- Forutsetninger vedrørende stedlige forhold fremgår av prinsippskissene av tverrsnittene som vist på kurvene, samt tekst andre steder i pris-/omkostningsmaterialet.

- Hovedplan for damanlegget utarbeides slik at grunnlaget foreligger for omkostningsberegning av anleggsveier, bunnløp/omløp og flomtap.
- Damhøyde er for alle betongdammer definert lik høyden fra HRV og ned til gjennomsnittlig høyde på damfundamentet i de enkelte soner. Dette gir aktuell damhøyde for seksjoner i overløpspartiet for dammer med fritt overløp. Normalt vil damtverrsnittet i overløpsseksjoner og ikke overløpsseksjoner være identiske. Det vil for ikke overløpsseksjoner kun være gjort en påbygning på damkronen med bredde som gang-/veibane eller som en brystning. Kostnader som avlest på kurvene vil da med den nøyaktighet det normalt er mulig å oppnå bli tilnærmet like enten det dreier seg om en overløpsseksjon eller en ikke overløpsseksjon. Ved store flomstigninger bør man legge til flomstigning ut over 0,5-1 m på damhøyden for både overløps- og ikke overløpsseksjoner.

B.3.1.3 Medtatte/ ikke medtatte omkostninger

Det vises til kapitlene B.0.2 og B.0.3. Spesielt gjelder:

Medtatte omkostninger:

- Kun kostnader til bygging av selve betongdamkroppen og damfundamentarbeider inkl. 2 m avdekking er inkludert i kostnadskurve.
- Det er regnet med 150 km transportlengde for sement.
- Damfundamentarbeidene er medtatt i kostnadene i fig. B.3.1, B.3.3, B.3.4, B.3.5 og B.3.6. Kostnadene vedrørende løsmasseavdekking og beliggenhet av fremtidig ferdig preparert løsmasseavdekking og beliggenhet av fremtidig ferdig preparert damfundament bør fastlegges ved en vurdering av de stedlige forhold. Selv ved de gunstigste forhold anbefaler vi at en medtar kostnader tilsvarende 1 m avdekking, og at ferdig preparert damfundament antas 1 m under terreng.
- I totalkostnadene gitt i figurene er det normalt medtatt kostnader for 2 m avdekking.

Ikke medtatte omkostninger:

- Bunnløp/omløp/fangdammer:
Kostnader til bunnløp, omløp og fangdammer er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.
- Flomløp og evt. nødtappeanordninger:
Ved overløp direkte på dammen er alle kostnadene medtatt
Ved andre flomløpsarrangementer må kostnader for disse kalkuleres separat.
- Kostnader knyttet til eventuell bro langs damkronen er ikke medtatt.

- Kostnader for instrumentering er ikke medtatt.
- Luker, rister, varegrinder:
Kostnader er ikke medtatt. For lukekostnader, se kapittel M.3.

B.3.1.4 Bruk av omkostningskurvene

Påregnelige entreprenøromkostninger pr. 1 m dam for gravitasjonsdammer og platedammer i betong kan avleses direkte på henholdsvis fig B.3.1 og fig B.3.3. Basert på lengdeprofil i damaksen av antatt ferdig preparert damfundament oppdeles dammen i passende seksjoner, og omkostningene for hver seksjon beregnes.

For buedammer beregnes dammens areal som multipliseres med en kostnad pr m^2 gitt av kurven. Dammens form, forholdet mellom bredde i topp og bunn av dammen, og dammens høyde i forhold til bredde bestemmer betongvolumet og dermed prisen pr. m^2 .

Sum omkostninger for hver seksjon gir påregnelige entreprenørutgifter for dammen. Omkostninger som ikke er inkludert i kurven beregnes/anslås for seg og legges til omkostningene funnet ved hjelp av kurvene.

B.3.1.5 Kostnadsbærere

Kostnadskurven i figurene er basert på følgende hovedkostnadsbærere.

- | | |
|--|---------------------|
| - Løsmasseavdekking, markrydding og masseflytting: | 80 kr/ m^3 |
| - Fundamentpreparering : | 700 kr/ m^2 |
| - Fundamentpreparering, buedam (inkl. betongfot) | 2.600 kr/ m^3 |
| - Forskaling: | 1.100 kr/ m^2 |
| - Forskaling, buedam systemforskaling av lemmer | 1.100 kr/ m^2 |
| (Forskaling, buedam krum bordforskaling | 1.200 kr/ m^2) |
| - Forming av RCC dammens ytterflater | 900 kr/ m^2 |
| - Armering: | 16.000 kr/tonn |
| - Betong: | 2.000 kr/ m^3 |
| - Betong til RCC dam: | |
| Tilslag: fremstilling transport, lagring. blanding | |
| utlegging og komprimering i dammen, | |
| (avhenging av dammens totale volum) | 150 – 550 kr/ m^3 |
| innkjøp av sement | 700 kr/ m^3 |
| innkjøp av pozzolan | 400 kr/ m^3 |
| - Diverse og uforutsett: | 10 % |
| - Rigg og drift av byggeplass: | 30 % |

Prisene er gitt med normalt variasjonsområde.

B.3.1.6 Usikkerhet i kostnadsberegningen

Usikkerhet i beregningen av kostnadene anslås til $\pm 25\%$.

B.3.2 Betong gravitasjonsdam

Entreprenørutgifter knyttet til bygging av gravitasjonsdammer i betong er vist på figur B.3.1. Mengdekurver for de sentrale kostnadsbærere er vist på fig. B.3.2. For å redusere riss som har sin opprinnelse i tidlig herdefase vil valg av betongkvalitet være avgjørende. Betongen må være bestandig og kvaliteten velges ut i fra gjeldende standarder for dimensjonering og utførelse av betongkonstruksjoner (NS 3473/Eurocode 2 og NS3465). Seksjonering av gravitasjonsdammer vil også være avgjørende for grad av opprissing. I det senere er seksjonene blitt mindre, og en seksjonsbredde på ca 6 meter er i dag anbefalt. Eventuelle andre tiltak for å begrense rissdannelse, f.eks. kjølerør i damkroppen, er ikke medtatt i kostnadsberegningene.

B.3.3 Betong platedam

Entreprenørutgifter knyttet til bygging av platedammer i betong er vist på fig. B.3.3. Mengdekurver for de sentrale kostnadsbærerne er vist på fig. B.3.4. En platedam av betong vil tilpasses mot vederlagene ved en overgang bestående av en betong gravitasjonsdam. Kostnadene for dette finner man ved å benytte kostnadskurven konstruert for betong gravitasjonsdammer. I kostnadstallene som her er presentert er det forutsatt en pilaravstand på 6 meter, mens det i praksis er blitt benyttet avstander mellom 4.5 og 6.5 meter. Utforming av pilarer og seksjonering ved hjelp av pilaravstand er primært bestemt av det statiske system man velger å dimensjonere frontplaten etter. Mellom pilarene er det og forutsatt konstruert en isolasjonsvegg. Eventuelle andre tiltak for å unngå isdannelse er ikke medtatt i kostnadskurven på fig. B.3.3.

Betongdammer skal i henhold til Prosjektering av betongkonstruksjoner og NS 3465 dimensjoneres etter gitte bestandighetsklasser og eksponeringsklasser . Dette har særlig innflytelse på krav til betong som benyttes.

B.3.4 Betong buedam

Smale damsteder vil kunne egne seg for en buedam. En buedam i betong kjennetegnes ved lite massevolum i forhold til høyden og er derfor svært gunstig ved egnede damsteder.

I kostnadskurven for buedam er minste tykkelsen satt til 0,6 m og dammen er uisolert og fungerer som flomløp. Det er ikke medregnet andre tilstøtende kostnader som for tappeluke, gangbane, større vederlag el.

Bortrensket fjell i damfot erstattes med betong. Da det for buedammer er store variasjonsområder både med hensyn til damsted og utforming generelt som f.eks. hvelvtype, krumningsradius og slankhet, er det vanskelig å lage enkle kurver der dammene kommer opp i en viss størrelse. For større dammer, med høyde over 15 m, anbefales derfor at man foretar en egen dimensjonering.

B.3.5 Dam av valsebetong (RCC)

B.3.5.1 Generelt

Valsebetong eller *Roller Compacted Concrete dams* (RCC), har i utlandet fått økt innpass i markedet for gravitasjonsdammer i betong og fyllingsdammer. Utviklingen av damtypen fra ca. 1980 har ført til at valsebetongdammen er en fullt akseptert damkonstruksjon. Man skiller i hovedsak mellom to prinsipper, en svært mager betong i damkroppen med oppstrøms tettemembran eller bruk av fetere betong slik at hele damkroppen fungerer som tettemedium.

Valsebetongen karakteriseres av et normalt til lavt sementinnhold (35 - 200kg/m³). Betongens vanninnhold tilpasses (80 - 130 l/m³) slik at den ferske betongen får en fast konsistens som sikrer at den kan transporteres med, og kjøres på, av tungt anleggsutstyr. Betongen legges ut i horisontale lag opp til 30 cm og komprimeres. Tilslagsmateriale av forskjellig type og korngradering benyttes. Det finnes et utall variasjoner med hensyn på damtyper og egenskaper.

Vannsiden på dammen er tilnærmet vertikal. Her kan benyttes sementanrikt RCC, konstruksjonsbetong mot forskaling, betongelementer eller paneler som avslutning. Tilsvarende benyttes på nedstrøms side som har en helning på 1,0: 0,7 - 0,9, eller den avsluttes som en ubehandlet skråning. Nedstrøms side utformes oftest som trappetrinn. Deler av dammen som flomløp, damkrone og inspeksjonsgallerier bygges ofte i armert betong.

Dammene kan i dag konstrueres i henhold til de krav som i hvert tilfelle stilles med hensyn på stabilitet, vanntetthet, temperatur og rissutvikling, betongproporsjonering, støpekjøter og tilgjengelig anleggsutstyr.

- Betongkvalitet B25 - B35, antatt sammensetning:
- v/c forhold = 0,45 (vann/semment og pozzolan)

semment	150 kg/m ³ betong
pozzolan	80 kg/m ³ betong

B.3.5.2 Valsebetongdammer i norsk klima

Forutsetningene for kostnadene gitt nedenunder er at det produseres en betong av god kvalitet for hele damkroppen. Denne betongen vil være motstandsdyktig mot de fleste miljøpåvirkninger og laster. Frostbestandighet vil normalt sikres med frostsikker betong med egnet luftporevolum.

Utlegging av valsebetong er betinget av at den ferske betongen ikke fryser det første døgnet etter utlegging. Dette begrenser byggetiden til noen få måneder hvert år de fleste steder i Norge.

Sterkt regnvær vil umuliggjøre utlegging, men en nedbørsintensitet på 2 til 4 mm/time vil normalt ikke være et problem; unntaksvis er større intensiteter blitt tillatt på eksisterende dammer.

B.3.6 Økt høyde på eksisterende dammer

B.3.6.1 Generelt

Det kan vanskelig gis generelle retningslinjer for kostnadene ved å øke høyden på en eksisterende betongdam. Forhøyelsen må tilpasses den eksisterende damtypen, og behovet for forsterkning av eksisterende konstruksjoner vil variere fra dam til dam. Det anbefales derfor at dammene planlegges og kalkuleres separat i det enkelte tilfelle.

B.3.6.2 Betong gravitasjonsdam

Betong gravitasjonsdam er nok den damtype som enklest lar seg forhøye. Det må etableres samvirke mellom eksisterende og ny betong, og dammen kan forhøyes uten at det går ut over magasinutnyttelsen. Se fig. B.3.7.

For et overslag over kostnadene kan kostnadskurven fig. B.3.1 benyttes, ved at kostnader for dam med "gammel" høyde trekkes fra kostnader for dam med "ny" høyde.

Sannsynligvis vil utforming av eksisterende dam avvike nokså mye fra det som ligger til grunn for kostnadskurven. Det anbefales derfor at kostnadene regnes ved at dammen masseberegnes, og at det så benyttes enhetspriser som gitt i kap. 3.1.5. Det må i tillegg tas med kostnader med å klargjøre dammen for påbygging. Kostnadene må omfatte riving av brystning og rekkverk, etablering av samvirke og behandling av gammel betongoverflate. For overslagsberegning kan kostnadene settes til 2.300 kr/lm + 290 kr/m² betongoverflate som skal prepareres (kontaktflaten mot ny betong).

B.3.6.3 Betong platedam

En betong platedam er generelt ikke godt egnet for forhøyelse, og det må kontrolleres i hvert enkelt tilfelle om dammen tåler de økte belastningene.

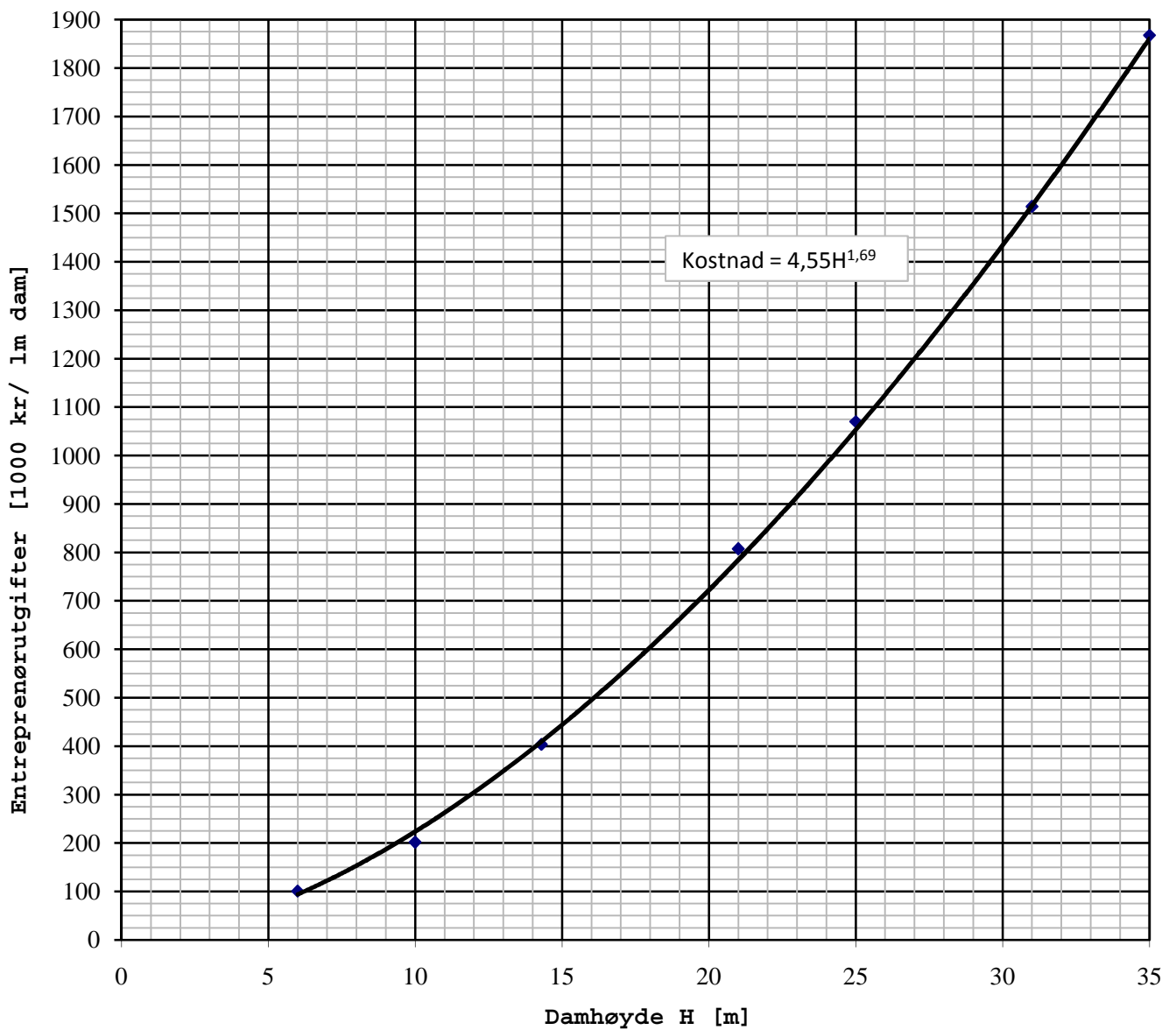
Utførelsen må planlegges og kostnadsregnes separat i det enkelte tilfelle.

B.3.6.4 Betong buedam

En buedam er generelt ikke godt egnet for forhøyelse, og utførelsen må planlegges og kostnadsregnes separat i det enkelte tilfelle.

B.3.6.5 Øvrige damtyper

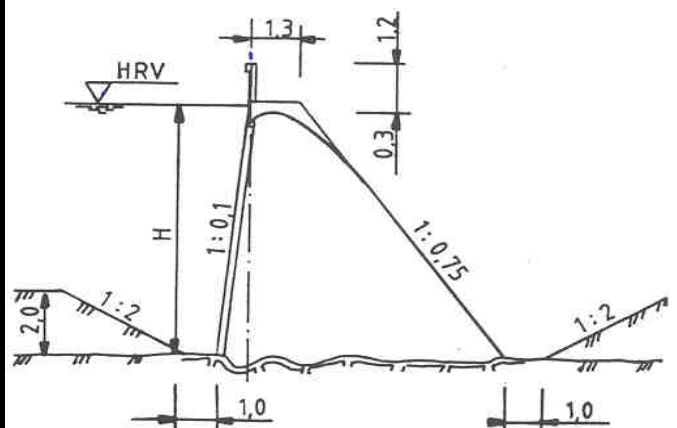
Utførelsen må planlegges og kostnadsregnes separat i det enkelte tilfelle.



ANMERKNINGER:

1. Prisenivå januar 2010. For lavere dammer, se kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for damlegeme og damfundament.
3. Det er medtatt kostnader for fjerning av 2 meter løsmasse over fjell.
4. Utgifter til bunnløp, forbiledning av vann i byggetiden, flomløp og bygnings-elementer knyttet til beredskapskrav (f.eks. sprengbart felt) er ikke medtatt.

5. Damhøyde H regnes fra HRV.

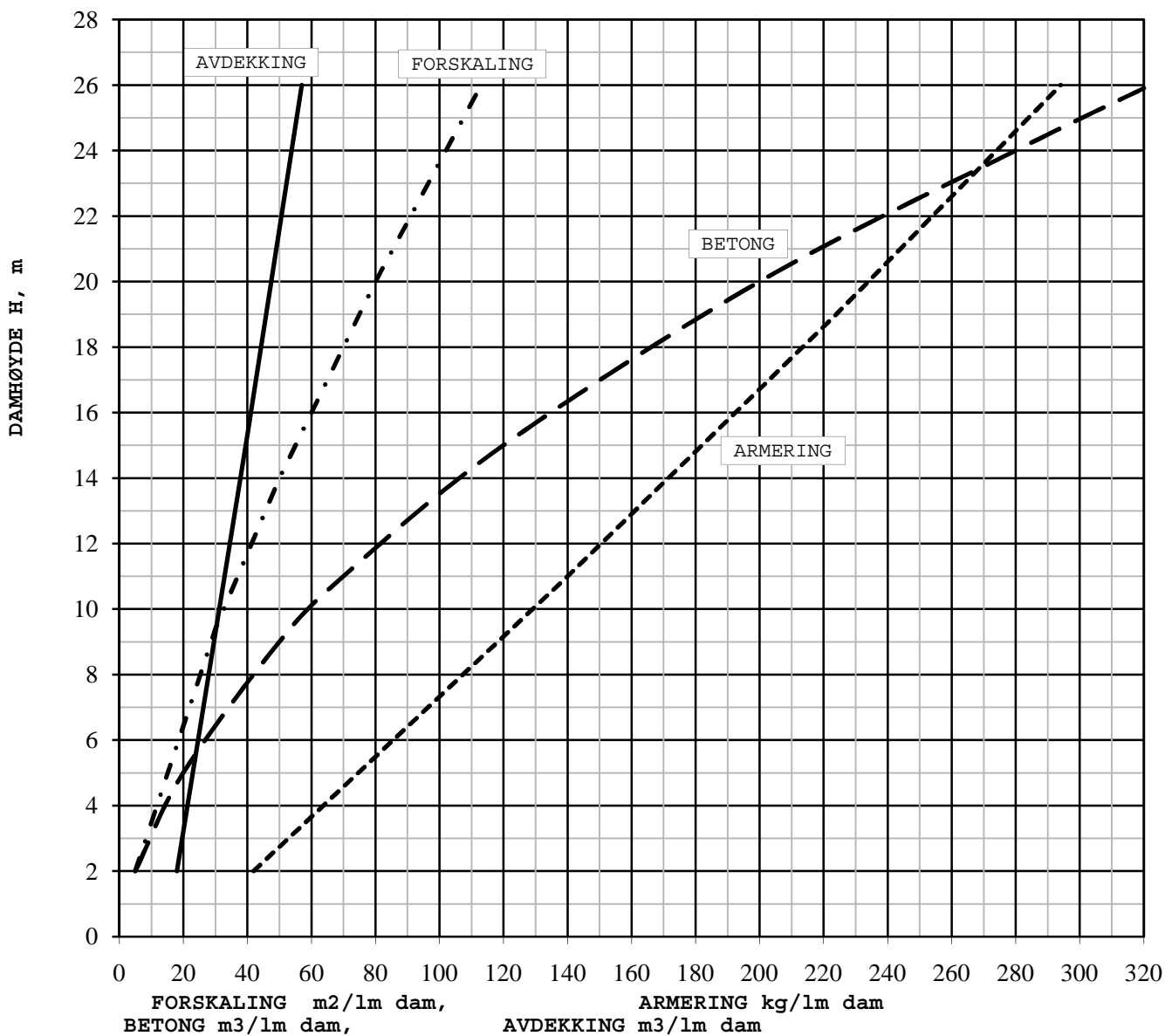


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GRAVITASJONSDAM
ENTREPRENØRUTGIFTER FOR
STORE DAMMER, H = 6 - 35 m

Fig. B.3.1 a

01.01.10



ANMERKNINGER:

Mengder er gitt pr. 1m dam. Seksjonslengde er forutsatt lik 6,1 m. Armering K 400 TS c 300 på vannside.

Tillegg for brystning

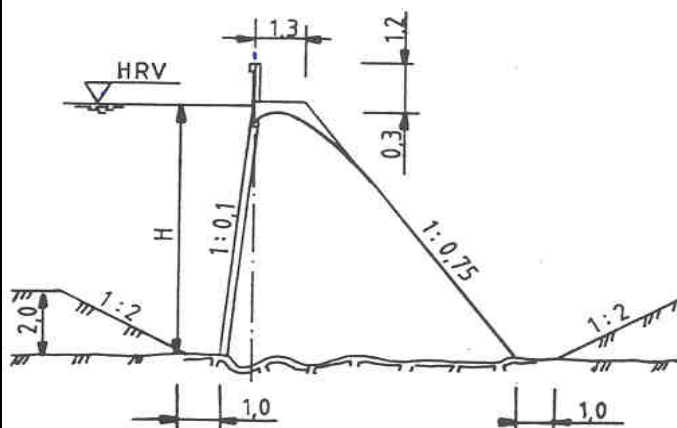
Forskaling 2,55 m^2/lm dam

Armering 20 kg/lm dam

Betong 0,273 m^3/lm dam

Tillegg for flomoverløp

Intet tillegg inntil overløpshøyden større enn 1,5 m.



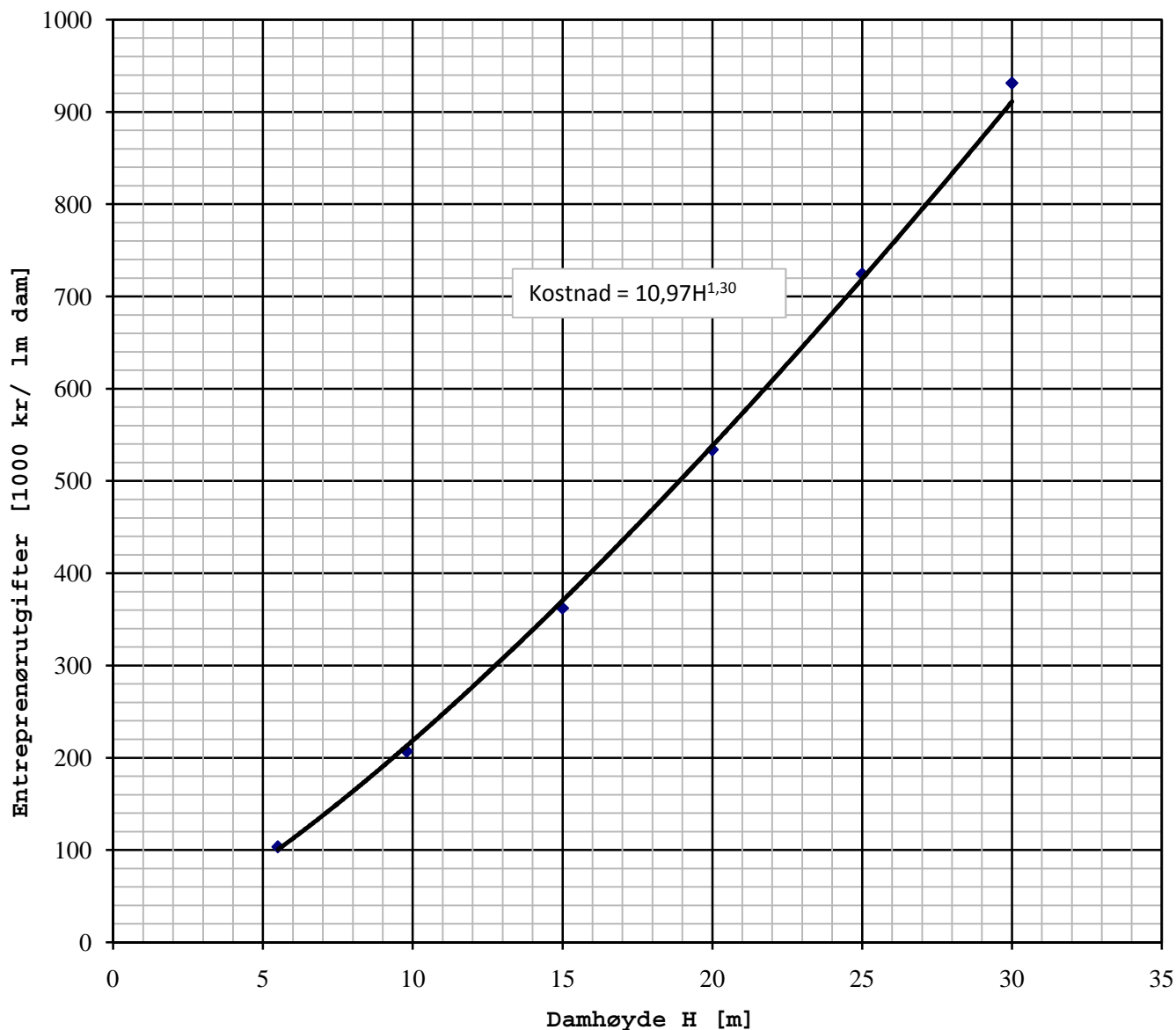
Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GRAVITASJONSDAM (BETONG)

MENGDEKURVER

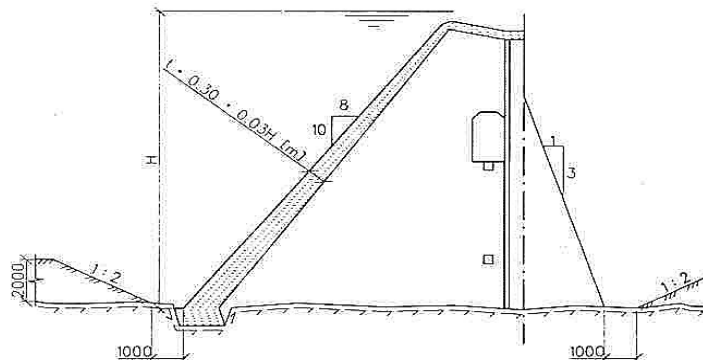
Fig. B.3.2

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for damlegeme og damfundament.
3. Det er medtatt kostnader for fjerning av 2 meter løsmasse over fjell.
4. Utgifter til bunnløp og forbiledning av vann i byggetiden er ikke medtatt.
5. Damhøyde H regnes fra HRV

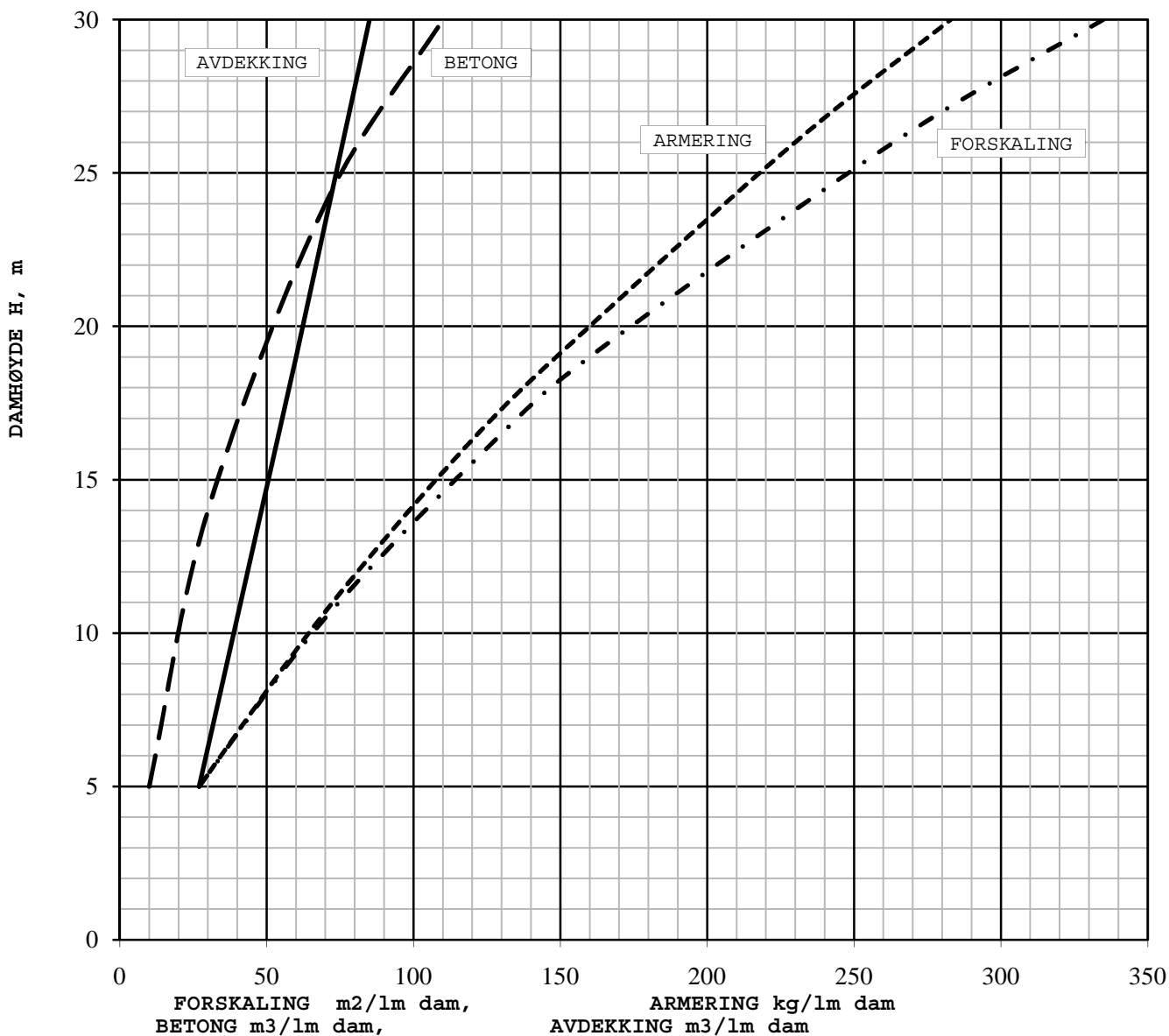


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

PLATEDAM BETONG
ENTREPRENØRUTGIFTER

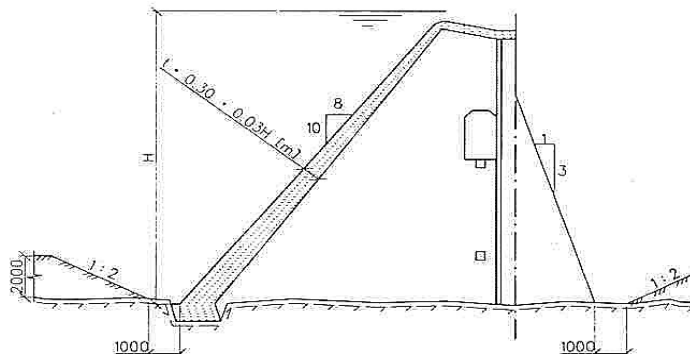
Fig. B.3.3

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Mengder er gitt pr. 1m dam. Seksjonslengder/pilaravstand er forutsatt lik 6 m.
2. Pilarer er forutsatt å ha en bredde på 0,3 m i toppen, økende med 0,03 m pr. vertikal meter.
3. Damhøyde H regnes fra HRV.

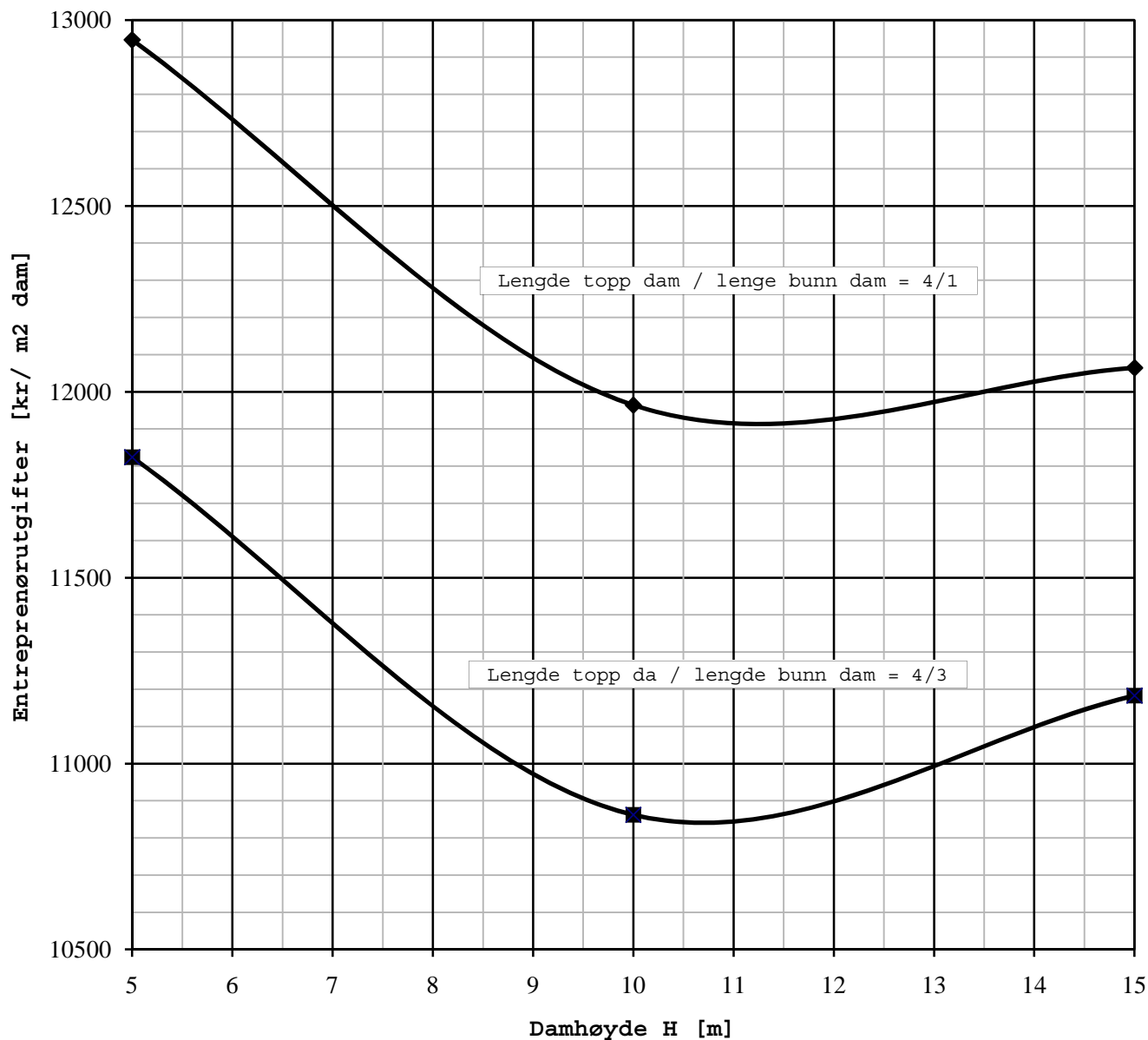


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

PLATEDAM (BETONG)
MENGDEKURVER

Fig. B.3.4

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for damlegeme og damfundament.
3. Minste tykkelse 60 cm. Tykkelsen økes med avstand fra krone.
4. Området mellom kurvene dekker de fleste aktuelle damtverrsnitt.
5. Damhøyde H regnes fra HRV



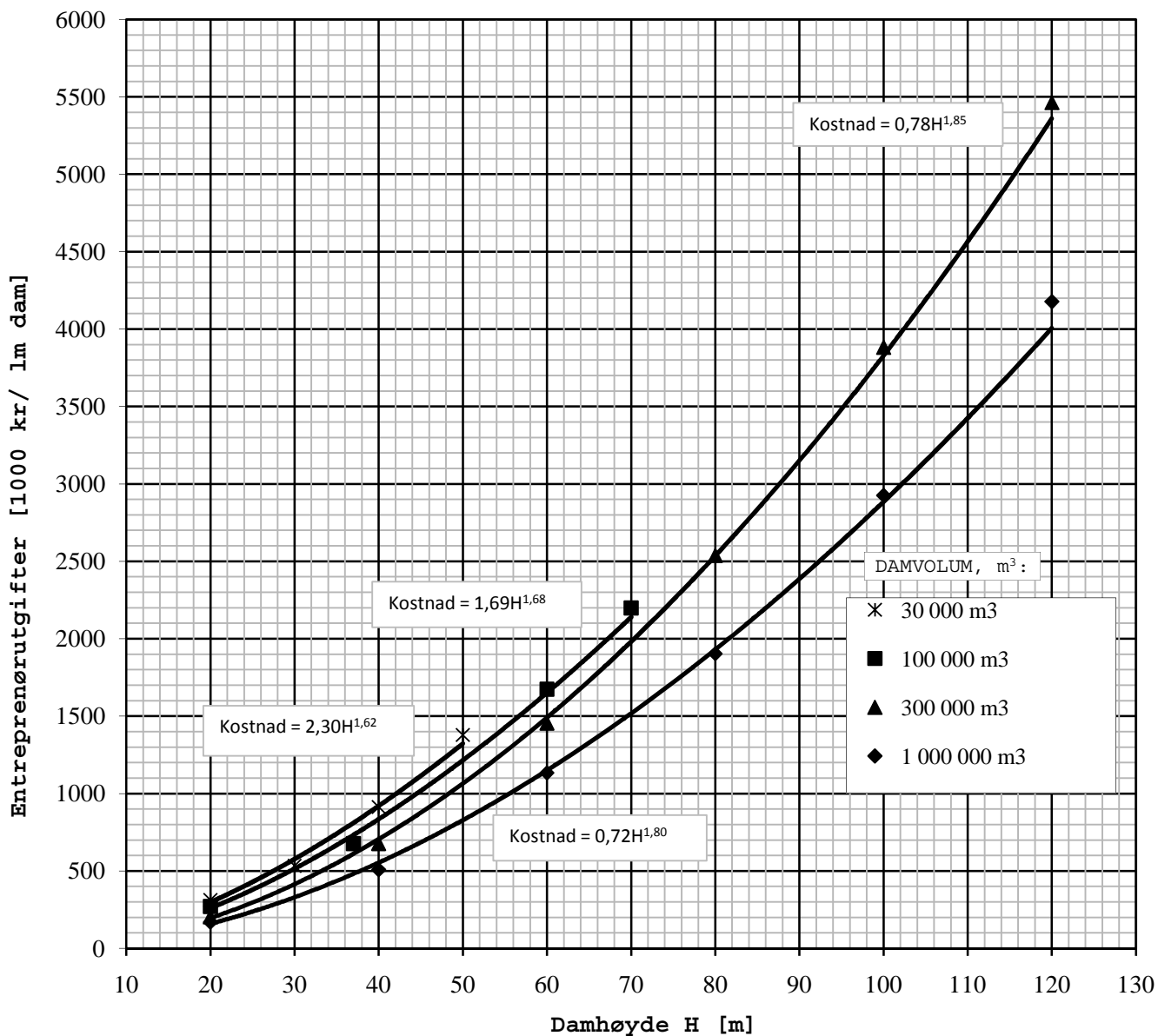
NVE

**Norges
vassdrags- og
energidirektorat**

**BETONG-BUEDAM
ENTREPRENØRUTGIFTER**

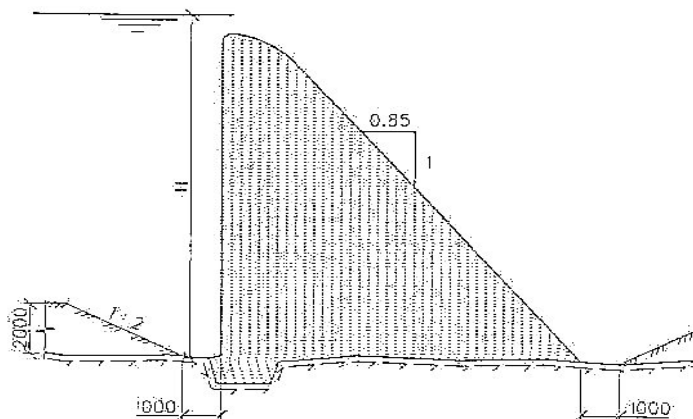
Fig. B.3.5

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for damlegeme og damfundament. En løsmassedybde på 2 m er forutsatt.
3. Entreprenørens rigg og driftskostnader er inkludert.
4. Damhøyde H regnes fra HRV

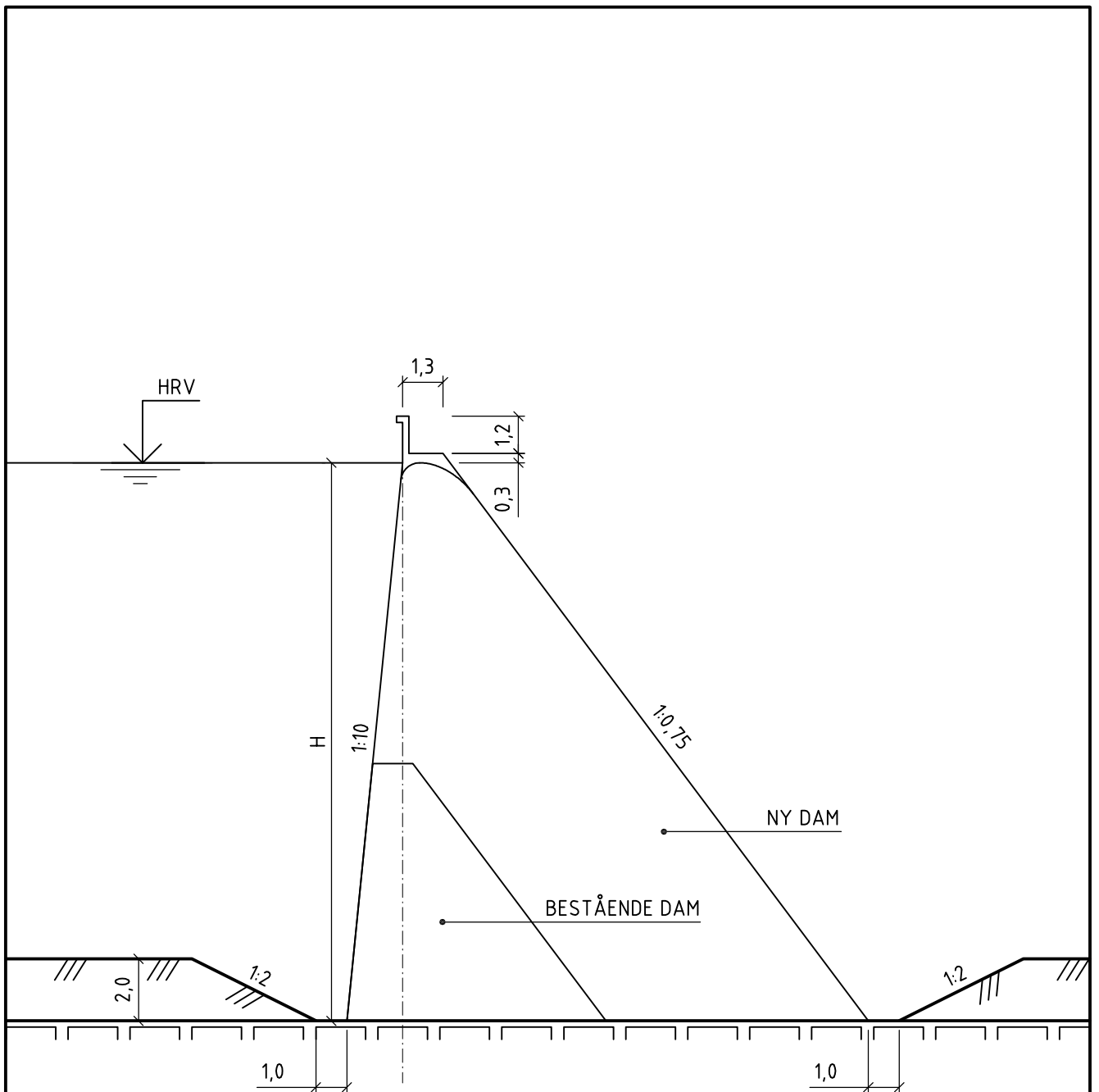


Norges vassdrags- og energidirektorat

RCC - DAM
ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. B.3.6

01.01.10



Det må etableres samvirke med bestående dam ved at vannsidearmeringen frimeisles, eller ved forankringsbolter. Fugebånd frimeisles og skjøten til nytt fugebånd sveises.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

GRAVITASJONSDAM (BETONG)
PRINSIPP FOR FORHØYELSE

FIG. B.3.7

B.4 SPRENGTE TUNNELER

B.4.1 Generelt

Entreprenøromkostningene for en tunnel vil dekke omkostningene for følgende deler:

- **Forskjæring:**
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for dette finnes i kapittel B.5.1.
- **Påhugg med eventuell portal:**
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for dette finnes i kapittel B.5.1.
- **Tunneldriving:**
Er medtatt i omkostningene i dette kapittel for tunneler.
- **Sikring og eventuell injisering:**
Er medtatt i omkostningene i dette kapittel for tunneler.
- **Tverrslag:**
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for dette i kapittel B.5.2.
- **Utslag:**
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for dette i kapittel B.5.4.2.
- **Propper, porter, luker, bjelkestengsel:**
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for propper finnes i kapittel B.5.2.2. Grunnlag for porter finnes i kapittel B.5.1. Grunnlag for luker finnes i kapittel B.5.3 (bygningmessige) og i kapittel M. Bjelkestengsel må omkostningsberegnes på eget grunnlag.
- **Rigg og generell drift:**
Er medtatt i omkostningene i dette kapittel for tunneler.

Av de forskjellige deler er det egentlig bare selve tunnelen med tverrslag som egner seg for skjematisk omkostningsberegning. Men omkostningene også for disse deler er påvirket av flere parametre som varierer med bl.a. naturgitte forhold som man oftest har begrenset kjennskap til når de første overslag skal utarbeides.

Den enkeltfaktor som kan ha størst betydning for omkostningene er sikringsarbeidene; spesielt eventuelle utstøpninger og injisering ved stor vanninntrengning. Behovet for sikring blir ikke sjelden undervurdert i omkostningskalkylene. Ikke bare påvirker sikringsarbeidene entreprenøromkostningene (bl.a. tilleggsregninger og eventuelt forseringstillegg), men også byggherreutgiftene (bl.a. renteutgiftene dersom tunnelen er bestemmende for anleggstiden). Det er viktig at behovet for sikringsarbeider ikke vurderes for optimistisk, og det er viktig for bruk av omkostningskurvene å ha i minne at kurven gjelder normale til gunstige forhold hva sikringsbehovet angår. En ingeniørgeologisk kartlegging tilpasset formålet vil i alle tilfeller være nyttig.

Løpemetereisen for tunneldriving er under ellers like forhold avhengig av tunneltverrsnittet. Økende tverrsnitt muliggjør overgang til en mer rasjonell drift ved bruk av mer effektivt utstyr og andre drivemåter.

I tidligere utgaver av dette kostnadsgrunnlaget har det vært med priser på tunneler drevet med skinnedrift. I dag ansees dette som en lite aktuell driveform siden det ikke fins utstyr for dette i landet. Det ventes å bli billigere å drive minimumstverrsnitt med hjuldrift enn å drive små tverrsnitt med skinnedrift.

I praksis er det en tendens til at tunneler blir drevet med større tverrsnitt enn angitt i anbudspapirene, ofte også i kontrakten. Situasjonen kan beskrives med følgende eksempel:

Anbudspapirene ber om pris på f.eks. en 20 m² tunnel, mens entreprenøren gir en så gunstig pris for en 25 m² tunnel at kontrakten blir basert på 25 m² tunneltverrsnitt. Byggherren kan imidlertid få andre omkostninger hvis han gjør denne avtalen, f.eks. ved større sikringsomfang, økte tipparealutgifter etc.

Det er atskillig flere forhold enn her berørt som påvirker løpemetereisen for tunneler og som kunne vært drøftet. Det kan nevnes at priskurven gir for lav pris for korte tunneler, og at anbud gir betydelig prisspredning for kortere tunneler (noen hundre meter). Dette skyldes bl.a. at det sjelden oppnås rytme i arbeidet i starten, mulighet/ikke mulighet for vekseldrift på 2 stuffer etc. Forholdet kan det grovt tas hensyn til i omkostningsberegningene ved å korrigere for lengden i henhold til korreksjonskurvene.

Grunnprisen, her kr/lm ekskl. sikring, rigg og drift samt diverse og uforutsett, kan leses ut fra en figur B.4.1. De samme verdier er angitt i tabellform nedenfor:

Tverrsnitt m ²	Grunnpris kr/lm (ca.)	Anmerkninger	
18	7.950	18-35 m ²	Hjullastere tas i bruk
35	8.900	35-70 m ²	Grovere transportutstyr er aktuelt
70	11.850	70 m ² og >	Større dumpere, boggie
85	12.800	85 m ² og >	Palling vil være aktuelt når tunnelhøyden overstiger 7,5 m

Tabellen viser løpemetereiser og anmerkninger for aktuelle utstyrsskift.

Grunnprisen må justeres for forhold som avviker fra forutsetningen. Der kjennskap til de stedlige forhold er beskjedne, må justeringen i mange tilfeller skje på skjønnsmessig grunnlag.

På fig B.4.1 er det vist kostnadskurver for grunnpris og totalpris. Tunnelen er forutsatt drevet på stigning. Følgende forutsetninger inngår i kostnadskurven:

1. Grunnpris

- a) Tunnellengde 3 km (korreksjon for avvik i henhold til egen figur).
- b) Kontursprengning, hullavstand 0,7m.
- c) Transportlengde antatt til totalt 600 m (300 + 300 m)
- d) Middels sprengbarhet og borbarhet (DRI = 49). Korreksjon for tungsprengt eller tungboret fjell maksimalt 5 % for mindre tverrsnitt, 10 % for større tverrsnitt).
- e) Tunnelen er drevet på moderat stigning (3-6 ‰) og med moderat vanninntrenging (< 500 l/min).
Vanninntrenging > 500 l/min vil typisk kunne gi 550 kr/lm i tilleggskostnad.
Ved synkedrift tillegges 5 % ved forutsatt vanninntrenging < 500 l/min.
Dersom tunnelen drives på stigning, men har et tverrslag på synk, økes tunnelgrunnprisen med 1 %.
- f) Normal, representativ beliggenhet.

2. Sikring

Sikringen vil være delt mellom stuffsikring og bakstuffsikring, og vil bestå av ekstra rensk, bolting, sprøytebetong, utstøping og noe injeksjon. Tillegg for sikring er beregnet etter 20 % av grunnprisen for mindre tunneltverrsnitt og 30 % av grunnprisen for større tunneltverrsnitt. Dette gjenspeiler normale til gunstige forhold. Det er tendenser i den senere tid til en mer utbredt bruk av sprøytebetong som arbeidssikring på bekostning av ekstra rensk. I tillegg har den økende fokuseringen på HMS og krav til sikkerhet på arbeidsplassen gjort at omfanget av arbeidssikring har øket.

3. Diverse, uforutsett

Inngår i kurvene med 10 % av grunnpris + sikringsarbeider (1+2).

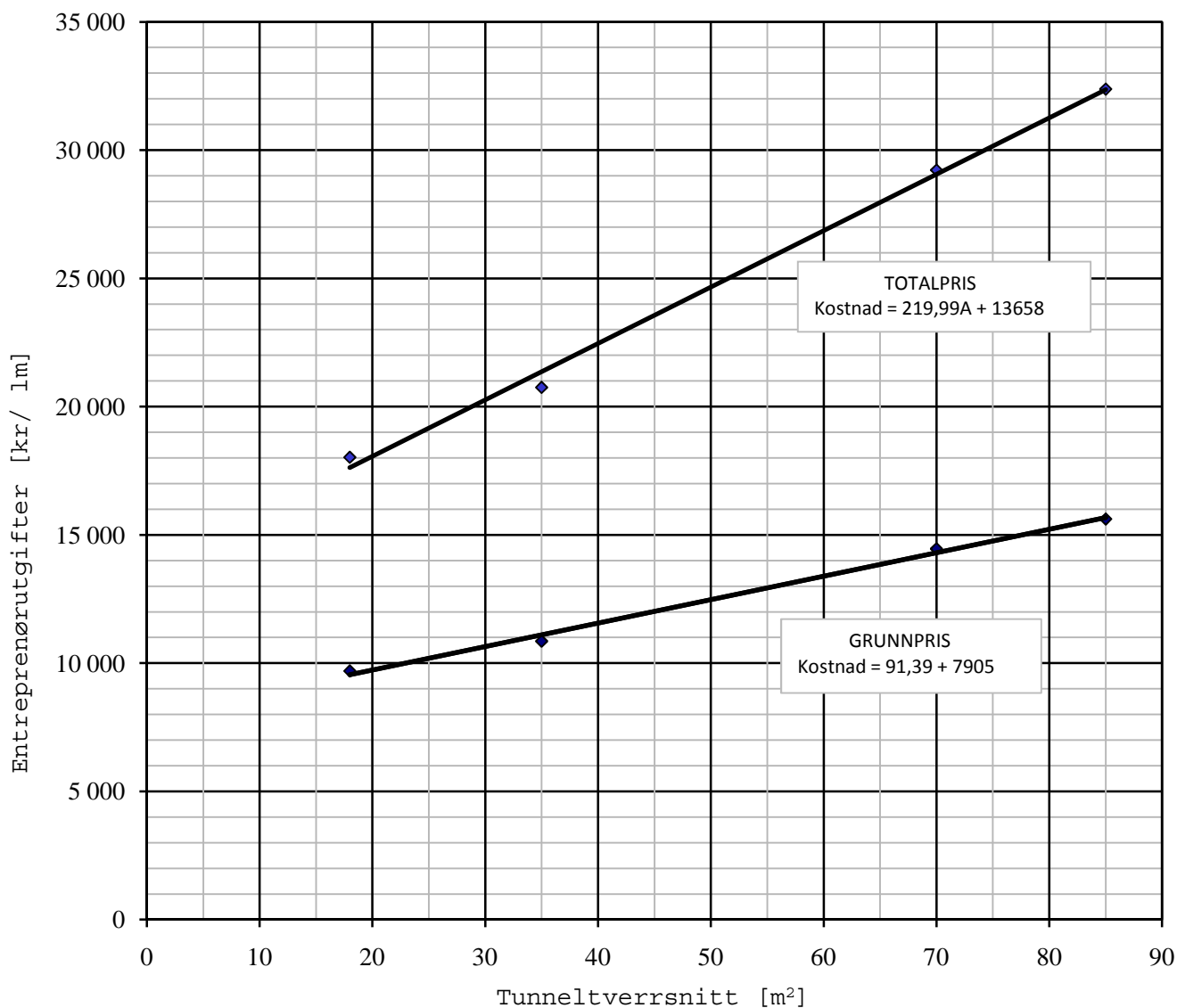
4. Rigg og drift

Entreprenørens kostnader for rigg og drift av anleggsplassen er medtatt med 30 % av grunnpris + sikringsarbeider (1+2). Selv om denne er øket i forhold til tidligere utgaver kan dette fortsatt være snaut for mindre anlegg og anlegg med ugunstig beliggenhet f.eks. høyt til fjells eller med vanskelige transportforhold. Under slike forhold kan en komme borti riggprosjenter på over 45 %.

B.4.2 Prisnivå og usikkerhet i overslaget

De angitte priser er i prisnivå januar 2010.

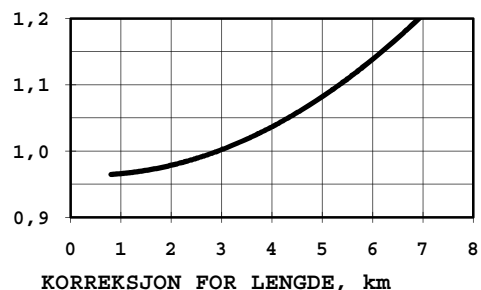
Usikkerhet i overslag basert på dette kapittel vil vi anslå lik + 30 % til ÷ 20 %.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Forutsatt fjell av middels borbarhet og sprengbarhet.
3. Tunnellengde (stufflengde) 3 km ekskl. tverrslag. Korreksjon for avvikende lengde ifølge figur.
4. Tverrslag av lengde 300 m ikke inkludert i kurve.
5. Avstand påhugg tverrslagstipp 300 m.
6. Sikringsarbeider inkludert i kurvene for totalpris med 30% av grunnpris for små tverrsnitt og 45% for store tverrsnitt.

7. Rigg og drift er inkludert med 30% av grunnpris og sikring.
8. Diverse og uforutsett er inkludert med 10% av grunnpris og sikring.
9. Korreksjon for driving på moderat synk: 5%.



Norges vassdrags- og energidirektorat

SPRENGTE TUNNELER
ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. B.4.1
01.01.10

B.5 DIVERSE VEDRØRENDE SPRENGTE TUNNELER

Alle priser er gitt i prisnivå januar 2010.

B.5.1 Forskjæring

Forskjæring med påhugg og vegg med port medtas under post for tverrslag (dersom tunnelen har tverrslag) eller direkte under tunnelposten.

Omkostningene for forskjæring m.v. er sterkt avhengig av de stedlige forhold. Kostnad for forskjæring bør baseres på mengdeoverslag med grunnlag i befaring/kart/profiler. Følgende totalenhetspriser (alle entreprenørkostnader inkludert, også rigg og drift) kan benyttes:

Sprenging, opplasting og transport til tipp: 240 kr/m³
Masseflytting: 110 kr/m³

Til orientering er utført omkostningsberegning forutsatt at terrenget stiger 1:1 på påhuggstedet, at fjellet har 2 m løsmasseoverdekning og at påhugg oppnås ved fjelldekning 4 m.

Det er videre forutsatt to raster med bolter over påhugget og en bolt pr. lm i veggene. Det er også forutsatt 10 cm sprøytebetong på flaten over påhugget.

Endelig er forutsatt 20 cm betongvegg med port 2,5 x 2,5 m og sjalusirist i påhugget. Det er ikke tatt med kostnad for ekstra beredskapssikring (ekstra betongvegg med gitterport). Slik kostnad kan settes lik kostnad for vegg m/port.

Forskjæringsomkostningene framgår av fig B.5.1. Det er angitt separate kostnadskurver for forskjæring og for vegg m/port som funksjon av tunneltverrsnitt.

Kurvene gir de normalt påregnelige entreprenørutgifter (inkl. rigg og drift) for forskjæring.

Kostnader til veier, anleggskraft og byggherreutgifter generelt er ikke medtatt.

B.5.2. Tverrslag

B.5.2.1 Tunnel

Tverrslagets tverrsnitt kan variere både med hovedtunnelens tverrsnitt og dens lengde. Videre kan transport av f.eks. luke og lukedeler være bestemmende for tverrslagets størrelse. Omkostningene pr lm kan variere med tverrslagets lengde (høyere pris pr. lm for kort tverrslag).

I en tidlig planleggingsfase antas det hensiktsmessig å forenkle dimensjonering og omkostningsberegning av tverrslag slik:

1. For tunneltverrsnitt opp til ca. 25 m² regnes tverrslaget å utgjøre en del av hovedtunnelen, dvs. tverrslagets lengde medtas i tunnallengden.
2. For tunneltverrsnitt over ca. 25 m² søkes tverrslagstverrsnittet holdt på ca. 25 m² og det omkostningsberegnes etter følgende enhetspriser inkl. sikring, uforutsett/diverse og rigg og drift:

Kostnad: 20 000 kr/ lm

3. Kostnad for å oppnå påhugg medtas med kr. 210.000

Forskjæring etc: Se pkt B.5.1.

B.5.2.2 Tverrslagspropp

Entreprenøromkostningene for tverrslagspropp er beregnet under disse forutsetninger:

1. Propplengde 1/20 av vanntrykket, men minst 4 m.
2. Stålport 2,5 x 3 m (porten ikke inkludert i kurven).
3. Lengde av stålforing 4 m, som kan være lite for høyt trykk (foring ikke inkludert i kurven).
4. Betongtykkelse mot fjell oppstrøms for stålforingen 1,0 m (som kan være snaut for høye trykk dersom det er mulig å tømme tunnelen raskt).

Bygningsmessige omkostninger framgår av fig B.5.2.

I tillegg kommer kostnad til port med stålforing. Disse kostnadene kan finnes av kurveblad M.3.E.

B.5.3 Lukesjakt, bekkeinntak, lukehus

B.5.3.1 Sjakter

Mens lukesjakter er vertikalsjakter, er bekkeinnføringssjakter nesten alltid skråsjakter av hensyn til utluftingen. Bekkeinntakssjakter har som regel en kort stoll mellom tunnelen og sjakten slik at tunnelarbeidene kan drives mest mulig uhindret av arbeidene med sjakten (og bekkeinntaket). Råsjakten kan omkostningsberegnes etter priskurve for sprengte eller borede sjakter (kap B.7 og B.8).

Den horisontale stollen kan omkostningsberegnes etter priskurve for sprengte tunneler (kap B.4).

B.5.3.2 Lukeinnstøping

Lukeinnstøpingen kan omkostningsberegnes etter priskurve for tverrslagspropper dersom ikke nøyaktigere beregninger basert på mengdeberegninger utføres. Velges mengdeberegning, kan disse totalpriser brukes:

Stross	360 kr/m ³
Rensk	370 kr/m ²
Bolter	600 kr/stk
Forskaling	1.000 kr/m ²
Armering	16.000 kr/tonn
Betong	2.500 kr/m ³
Injisering	70.000 kr for lite tverrsnitt
"	170.000 kr for stort tverrsnitt
Rigg og drift av byggeplass	30 % tillegg.

Kostnad for luke m/platekledning regnes separat (avsnitt M).

B.5.3.3 Bygningsmessige arbeider i lukesjakten

Bygningsmessige arbeider i lukesjakten (støttelagre for opptrekkstang, leiderfester, reposer etc) vil omkostningsmessig være avhengig av utførelsen som velges (pakkbokutførelse eller opptrekkstang til lukehus over HRV). Arbeidene bør derfor omkostningskalkuleres separat på mengder og enhetspriser. En grov orientering om omkostningene fås ved å regne 15.000 kr/lm sjakt (fra topp lukeføring til HRV + 2 m).

B.5.3.4 Lukehus, lukekammer

Lukehusomkostningene kan variere mye avhengig av bl.a. terrenget, transportforholdene og evt. krav om forsvarsmessig forsterkning. Omkostningene bør derfor kalkuleres basert på mengdeoverslag og enhetspriser. Enhetspriser, som angitt i neste avsnitt for bekkeinntak, kan benyttes for lukehus.

For utsprengning og sikring av lukekammer kan regnes med følgende priser:

- Sprengning, opplasting og transport til tipp 240 kr/m³.
- Sikring påslag på prisen over 30 %
- Rigg og drift av byggeplass påslag 30 %

B.5.3.5 Bekkeinntak

Kurve Fig. B.5.3 gir forenklete normalkostnader for bekkeinntak ved norske vannkraftanlegg.

Det er tatt utgangspunkt en inntakskonstruksjon i betong over sjakten-/bekkeløpet hvor det monteres en inntaksrist og eventuelt en lufferist hvis det er fare for luftutblåsninger. Videre er det forutsatt muligheter for tørrlegging av inntaket, ved at det monteres stengeorgan slik at bekken kan føres rundt inntaket.

Stedlige forhold har stor betydning for kostnadene. Det er derfor gjort gjennomsnittsbetraktninger for forhold som riggmuligheter, klima og topografi, grunnforhold, terrenghelning, bekkeløpets karakter, sedimenttransport, løsmasser eller fjell o.l.

Kostnadene framgår som en funksjon av årsmiddelvannføring, men det er skilt på om inntaket må bygges ved hjelp av helikopter eller ikke.

Entreprenørkostnadene inkluderer riggomkostninger, grunnarbeider og betongarbeider inkl. montasje av stengeorgan og rister.

Ved større inntak med Q_{middel} større enn $3 \text{ m}^3/\text{s}$ vil lokale forhold ha så stor betydning at usikkerheten blir stor. Kurvene er ført ut til ca $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kostnad for inntakssjakt er ikke medtatt.

Som nevnt har vannføring og stedlige forhold stor betydning for kostnadene, og kurvene forutsetter gjennomsnittsbetraktninger. Dersom påregnelige omkostninger kan kalkuleres basert på mengdeanslag, er det nedenfor satt opp grunnlag til enhetspriser.

Da transport- og terrengforholdene ofte er vanskelige, bør det benyttes høye totalenhetspriser, for eksempel:

Sprenging, opplasting og transport til tipp	450 kr/m ³
Fundamentbearbeiding :	500 kr/m
Fjellbolter:	900 kr/stk
Forskaling:	1.200 kr/m ²
Armering:	19.000 kr/tonn
Betong:	3.000 kr/m ³
Rigg og drift av byggeplass	30 % tillegg

Rister, luker, bjelkestengsler: 85.000 kr + 40.000 kr pr m^3/s dimensjonerende vannføring, som et meget grovt anslag.

Prisene over er gitt under forutsetning av at det kan kjøres frem til anlegget. Dersom det må benyttes helikopter vil prisene stige betydelig. Spesielt gjelder dette betong hvor transporten betyr mye for prisen. Betongprisen vil lett kunne stige til 6000 – 9000 kr/m³. Pris på arbeider hvor timeverk utgjør en vesentlig faktor øker betydelig dersom både mannskapet og materialene må fraktes til arbeidsstedet i helikopter.

B.5.4 Tunnelinntak, utslag under vann

B.5.4.1 Tunnelinntak

Vannførende tunneler har selvsagt alltid inntak, nesten alltid stengeanordning (bjelkestengsel som enklere utførelse) og som oftest varegrinder. Omkostningene er avhengig av flere forhold som dimensjonerende vannføring og trykk, om arbeidene kan utføres fra dagen med eller uten fangdammer eller via tunnelen m.v.

Omkostningene for tunnelinntak vil gjerne være forskjellig for en overføringstunnel og en driftstunnel (tilløpstunnel eller avløpstunnel), og er avhengig av om gjennomslaget skjer mot luft eller mot vann (som utslag under vann). Omkostningene for tunnelinntak må ses i sammenheng med lukesjakt og anordninger i forbindelse med denne.

Omkostningene vil, spesielt for lengre tunneler, utgjøre en beskjeden del av totalomkostningene for tunnelen slik at betydelig feil i omkostningskalkylen for inntak som regel gir seg beskjedent utslag i totalomkostningene.

Omkostningene for tunnelinntak egner seg dårlig for skjematisk omkostningsberegning. Omkostningene bør kalkuleres på grunnlag av mengder og enhetspriser i hvert enkelt tilfelle etter at hovedprinsippene for utformingen er fastlagt.

B.5.4.2 Utslag under vann

Omkostningene (i tillegg til vanlige tunnelomkostninger) vil være avhengig av en rekke faktorer som vanntrykk, tunneltverrsnitt, fjellets beskaffenhet, løsmasseoverdekningen over fjellet etc. Heller ikke utslag under vann egner seg for skjematisk omkostningsberegninger.

Omkostningene bør anslås i hvert enkelt tilfelle basert på trykk, tverrsnitt, tilløpstunnel eller overføringstunnel og vurdering av de naturgitte forhold. Som for tunnelinntaket (munningen) vil utslaget ved lengre tunneler utgjøre en beskjeden del av totalomkostningene.

Som en meget grov orientering om anleggsomkostningene for utslag under vann angis disse kostnadene: (kroner)

Små tunneler, beskjedent vanntrykk	1.100.000
Middels tunnel (15-20 m ²) 40-70 m trykk	2.400.000
Stor tunnel (70 m ²) 40-70 m trykk	4.800.000

Særlig for store tunneler kan sonderingsboringene den siste del av tunnelen mot utslaget, og omfang av nødvendig injisering foran stoff, få betydelig virkning på tiden og dermed omkostningene, ikke bare direkte, men indirekte, ved at idriftsettelsen kan bli forsinket dersom tilløpstunnelen er bestemmende for anleggstiden.

B.5.5 Fordelingsbasseng

B.5.5.1 Generelt

Utførelse både som konvensjonelt sjaktbasseng med pådrags- og avslagskammer og som trykkluftbasseng kan være aktuelt. Eventuell svingesjakt (evt. m/kamre) i undervannet regnes også som fordelingsbasseng.

Valget mellom sjaktbasseng og trykkluftbasseng vil være bestemt av anleggets topografiske forhold og om fjellet er brukbart for trykkluftløsningen. Forut for beslutning om trykkluftbasseng er det nødvendig med ingeniørgeologiske forundersøkelser tilpasset formålet.

Omkostningene er for begge løsninger påvirket av flere variable parametre som fallhøyde, vannføring, tunneldimensjoner, verkets beliggenhet i nettet, sjakter på tilløpstunnelen, avstand mellom vannflate i fordelingsbasseng og inntak (også sjakter for evt. bekkeinntak).

Skjematisering av omkostningsberegninger for fordelingsbasseng krever derfor forenklinger eller omfattende beregningsarbeid, og det anses tvilsomt om arbeidsmengden som trengs vil stå i rimelig forhold til det som oppnås. Orienterende omkostningsberegning for fordelingsbasseng bør utføres på grunnlag av forhåndsdimensjonering og enhetspriser.

B.5.5.2 Sjaktbasseng

Sjaktverrsnitt (F) kan settes til:

1,3 x Thomatverrsnittet

$$F = 1,3 \times 12,3 \times f^{5/3}/H$$

f = tunneltverrsnitt

H = minste netto fallhøyde

Enhetspris i henhold til priskurve for sjakter. Evt. øvre kammer og evt. stross for nedre kammer omkostningsberegnes etter total enhetspris 360 kr/m³.

B.5.5.3 Luftputebasseng

Nødvendig luftvolum kan tilnærmet settes til $V_{\text{luft}} = 1,2 \times 17,2 \times f^{5/3}$ og fjellvolum $V_{\text{fjell}} = 1,35 \times V_{\text{luft}}$.

Kammeret kan omkostningsberegnes etter løpemeterpris i henhold til priskurve for tunneler ($V = \text{tverrsnitt} \times \text{lengde}$) eller etter total enhetspris lik 360 kr/m^3 (forutsatt tverrsnitt av kammer omkring 80 m^2).

Omkostninger til injeksjon og luftfylling samt driftskostnader er ikke inkludert. Slike omkostninger kan bli betydelige. Det bør i det hele tatt være svært god økonomi i et luftputeprosjekt før det velges foran en konvensjonell svingesjakt som i regel vil være vedlikeholdsfri.

B.5.6 Strossing av tunneler

B.5.6.1 Generelt

Økning av vannføringskapasiteten i et kraftverk kan gjøres på to måter:

- Utvide eksisterende tunneltverrsnitt
- Drive en parallell tunnel

Valg av metode vil være avhengig av en mengde ulike faktorer. Først og fremst vil tidsplanleggingen være av betydning. Ved enhver driftsstans vil det være mulighet for produksjonstap, og i verste fall tap av vann ved overløp. Lokale forhold vil avgjøre om en skal velge strossing eller ny parallell tunnel fordi en ved driving av ny tunnel vil stå friere i forhold til eksisterende kraftproduksjon. En strossing vil imidlertid kunne fordeles over flere sesonger, men må alltid vurderes mot alternativet parallell tunnel.

Utvidelse av tunneler vil i de aller fleste tilfeller foregå ved hjelp av konvensjonell sprengning. Andre metoder som maskinell strossing (fresing) eller glatting av overflaten (uten egentlig utvidelse) er enten anleggsteknisk ikke godt nok løst, eller kan kostnadmessig ikke konkurrere med konvensjonell strossing.

I prosjekteringsfasen bør tunnelen tømmes og inspiseres. Det er viktig å kontrollere tilstanden av eksisterende sikring og lokalisere eventuelle ras og større nedfall, for å unngå forsinkelser i en kort anleggsperiode.

Ved valg av strossing av tunneler er det en del anleggstekniske momenter som må vurderes:

Tilrigging og inndrifter

Tilrigging for konvensjonell strossing er enkel når tverrslaget har atkomstvei. Sprengningsarbeidene i tunnelen kan starte umiddelbart etter at atkomst i tverrslaget er etablert. Tidsforbruket ved nedrigging er også kort.

Ved strossing av eksisterende tunneler, kan en forvente gode inndrifter, kanskje dobbel produksjon, i forhold til normal tunneldrift, dersom forholdene ligger godt til rette.

Tverrslag

Størrelsen på tverrslaget og tverrslagsporten må vurderes med tanke på moderne anleggsmaskiner for strossejobben. En løsning vil være å sprengte bort eksisterende port, utvide tverrslaget tilsvarende og sette inn en ny tverrslagsport. Det er viktig for kostnadene om tverrslaget har veiforbindelse og muligheter for tipplassing.

Strossemetoder

Sidestross er mest aktuell for store og mellomstore tverrsnitt, for å få en god utnyttelse av boreriggens kapasitet. I store tverrsnitt (høyde ca. 10 m) vil sidestross være nødvendig på grunn av boreriggens rekkevidde.

Geologiske forhold kan gjøre sidestross aktuell. I tunneler med anisotrope spenningsforhold ("dalsidespenninger") og mye sikring i deler av tverrsnittet er det mest praktisk med sidestross.

Rundstross egner seg godt for alle tverrsnittstørrelser med unntak av de ekstra store, der boreriggen setter begrensninger. Rundstross setter strenge krav til utførelsen fordi så stor del av tverrsnittet blir fornyet, og dermed må renskes og sikres.

Bunnstross egner seg best i store og mellomstore tverrsnitt. Strossen kan utføres som ligger- eller stenderstross. Liggerstrossen har knapt noen begrensninger, mens stenderstrossen stiller krav til strossehøyden og tunnelhøyden for at arbeidene skal fungere driftsteknisk. Anbefalt pallhøyde er minimum 3 m, og for at boringen skal fungere godt, bør eksisterende tunnelhøyde være 1,5 - 2 m høyere enn høyden på strossen. For å få til en effektiv stenderstross er det fordelaktig med to atkomster; en for boring og lading, og en for opplasting og utkjøring.

Eksisterende sikring

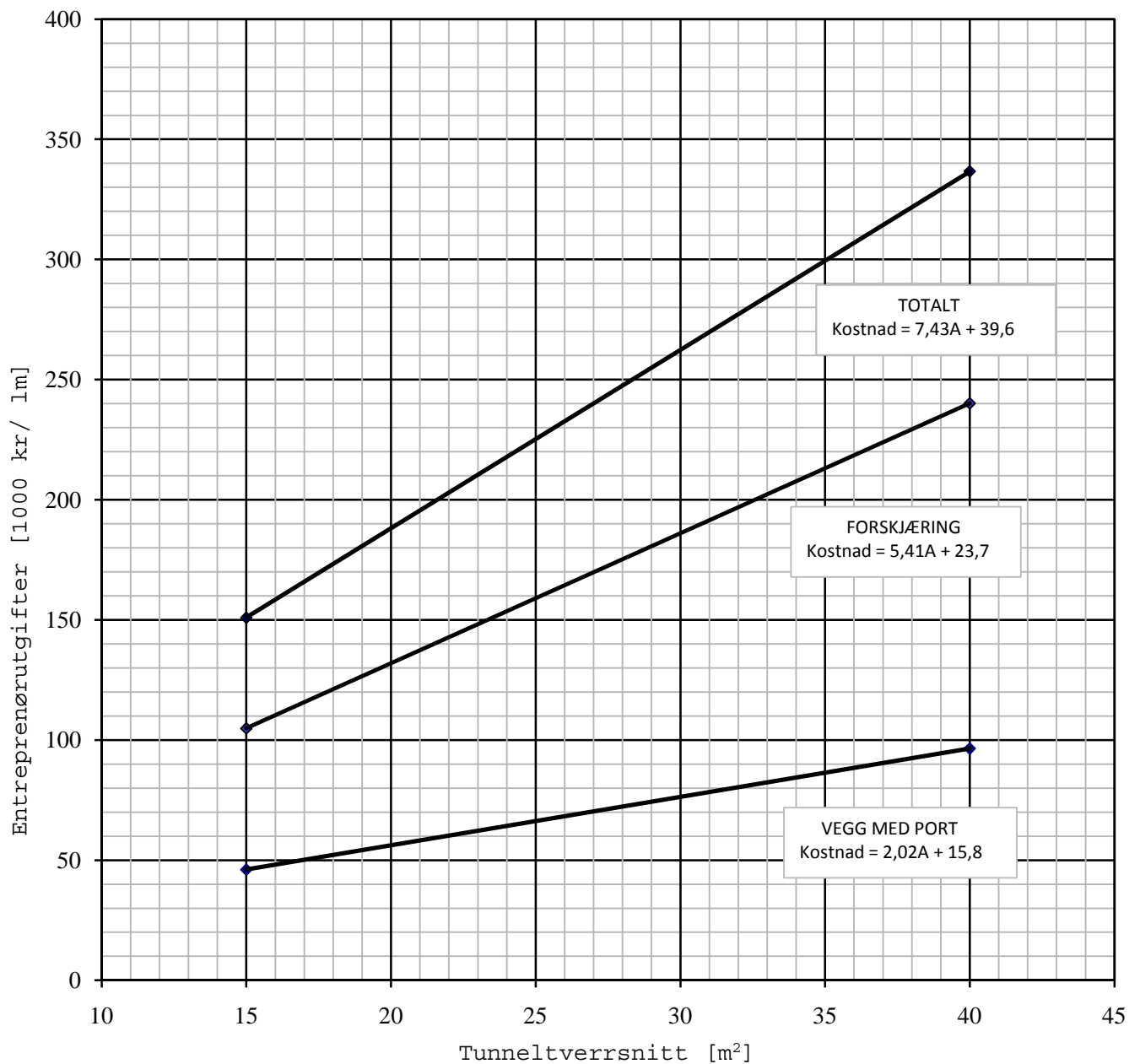
Eksisterende sikring er en ulempe for strossingen, der det kan bli problemer med boring på bolter og fjerning av utstøpninger og nettarmert sprøytebetong. Av drivemessige grunner er i slike tilfeller oftest bunnstross å foretrekke. I tunneler med lite eksisterende sikring og dermed lite behov for ny sikring, vil valg av strossemetode være fritt.

Funksjonskrav

Erfaringsmessig gir dagens sprengningsteknikk større ruhet enn tidligere. Årsaken er som regel av anleggsmessig og kontraktsmessig karakter. Kostnadene for en ønsket falltapsforbedring ved hjelp av nøyaktig sprengning bør alltid vurderes opp mot kostnadene for et noe større tverrsnitt. Forutsetningene for å oppnå glattere tunnelvegger ved strossing er imidlertid de aller beste. Eksisterende tunnel kan betraktes som en stor kutt, og det kan foretas en forsiktigere sprengning enn ved driving av ny tunnel.

B.5.6.2 Kostnader

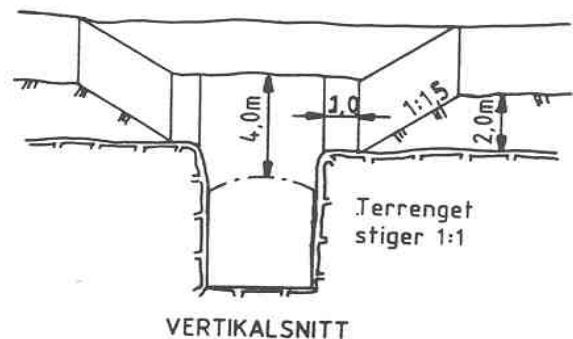
Det har ikke vært utført strossearbeider i et slikt omfang at en kan dokumentere tilstrekkelige erfaringer og resultater i generelle kostnadskurver. Kostnadene vil variere med strosseareal, fjellforhold, tunnallengde, stedlige forhold osv. Som en indikasjon kan antydes at drivekostnaden (sprengning og utkjøring, ekskl. rigg og drift) vil variere mellom ca. 400 kr/fm³ for små utvidelser (ca. 10 m²) og ca. 200 kr/fm³ for større utvidelser (>30 m³).



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Forutsatt fjell av middels borbarhet og sprengbarhet.
3. Kurven omfatter forskjæring med vegg med tobladet port 2,5x2,5 m + dør ferdig montert.
4. Evt. ekstra gitterport (beredskapskrav) er ikke medtatt. Kostnad kan settes lik vegg med normal port.

5. Entreprenørens rigg og driftskostnader er inkludert med 30%.

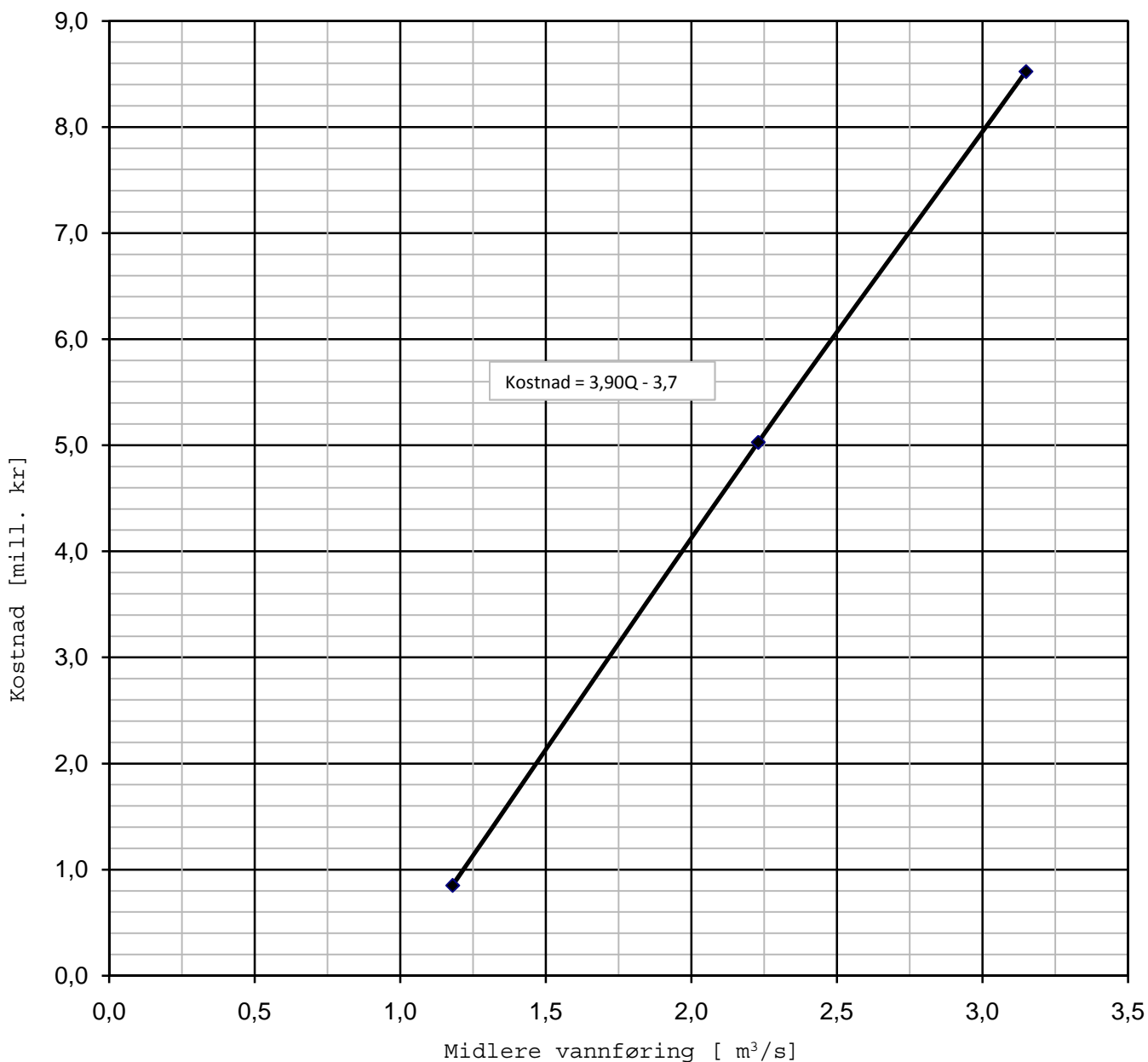


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FORSKJÆRING MED PORT
ENTREPRENØRKOSTNAD

Fig. B.5.1

01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Kurven angir kostnader for bekkeinntak. Sjakt eller tunnel samt eventuelt damanlegg må beregnes separat.
3. Rigg og drift er inkludert.
4. Helikoptertransport.
For små inntak hvor kostnaden i stor grad utgjøres av timekostnader vil helikoptertransport øke kostnadene med 30-50%.

Helikoptertransport, forts.:

For anlegg hvor materialkostnader dominerer vil helikoptertransport øke kostnadene med 100 - 300%.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

BEKKEINNTAK FOR
VANNKRAFTANLEGG

Fig. B.5.3

01.01.10

B.6 BOREDE TUNNELER

B.6.1 Fullprofilboring

B.6.1.1 Generelt

Fullprofilboring er en form for roterende, knusende boring, Borhodet presses med stor kraft mot stoffen samtidig som det roterer. For hver omdreining trenger borhodet et lite stykke inn i stoffen, fra 1 til 15 mm. Resultatet er et sirkulært tunnelprofil med jevne vegger.

Begrunnelsen for å velge fullprofildrift i stedet for konvensjonell drift kan være flere.

Fullprofildrift har sine fordeler og ulemper. Det tunge TBM-maskineriet kan synes tregt og tungvindt, men det har alltid sine fordeler i arbeidsmiljøet, og når de fjelltekniske og geometriske forholdene ligger til rette, vil fullprofildrift også være økonomisk gunstig.

Kostnadsoverslag over tunnelanlegg hvor det forutsettes fullprofilborede tunneler, må baseres på en plan hvor fullprofilboringens fordeler og ulemper gjenspeiles. Spesielt kan det framheves at optimal stofflengde ved fullprofildrift vil være lengre enn ved konvensjonell drift, og tverrsnittet kan ved vanntunneler være mindre fordi falltapet blir mindre i en fullprofilboret tunnel på grunn av glattere vegger. Regelen er at man kan redusere arealet med ca. 40 %; hvilket også betyr at ved en fullprofilboret tunnel blir steintippen mindre.

For beregning av tidsforbruk og kostnader i forbindelse med fullprofilboring kreves det en ingeniørgeologisk kartlegging som er tilpasset formålet. Noen fjelltekniske parametre er av større betydning for fullprofildrift enn for konvensjonell drift. I et systematisk oppsprukket fjell vil en få høyest inndrift, og her teller egentlig alle typer sprekker.

Bergartens borbarhet er uttrykt ved borsynkindeksen DRI, og er en medbestemende faktor for inndriften. Det samme gjelder bergartens sliteegenskaper som har betydning for matekraft og kutternes levetid. Kutterbytte betyr driftsstans og dermed reduksjon av effektiv driftstid. Bergtrykk og bergartens porøsitet er parametre som har betydning for utformingen av selve maskinen. I de fleste tilfeller "skreddersys" maskinen til oppgaven.

På grunn av den gunstige formen et sirkulært tverrsnitt representerer, blir behovet for sikring mindre.

Feilanslag i borbarhet, oppsprekingsgrad og slitasjeverdi kan gi store avvik i forhold til inndrifts- og kostnadsprognoser. Kostnadsoverslag for fullprofilborede tunneler må derfor baseres på en vesentlig grundigere ingeniørgeologisk kartlegging enn ved konvensjonelt sprengte tunneler.

Under beslutningsprosessen hvorvidt man skal velge konvensjonell eller fullprofil-drevet tunnel, er det viktig å foreta sammenliknende stabilitetsvurderinger og

svingeberegninger for kraftverket. De glattere tunnelveggene ved fullprofildrift vil gi andre resultater bl.a. med tanke på svingegrenser enn ved konvensjonell drift.

Det vil være forskjeller i TBM kostnadene mellom nye og brukte maskiner. Pr 2010 fins det ingen brukte maskiner i Norge. Dersom ny maskin kjøpes inn for et prosjekt vil den avskrives med 85 – 90 % grunnet strenge gjenkjøpsavtaler med leverandører. En entreprenør som eier en maskin vil avskrive den med ca. 40 % på en jobb. Prisen på en TBM med diameter 3,5 m koster i størrelsesorden 40 mill. kr., hvilket betyr 18 mill. kr. i forskjell på avskrivningen mellom ny og brukt maskin. Er tunnallengden 10 km betyr det 1.800 kr pr meter i forskjell. En kortere tunnel gir større forskjell. For en TBM med 7 m i diameter gir samme betraktning en forskjell på 3.400 kr. pr meter tunnel over 10 km.

B.6.1.2.4 Grunnlag og usikkerhet

Grunnlaget for revisjon av kostnadskurver for tunneler drevet med tunnelboremaskiner i Norge er tilnærmet ikke eksisterende. Siste gang tunnelboremaskiner ble benyttet ved vannkraftutbygging her til lands var ved byggingen av Meråker kraftverk i 1994. Dersom det skal bygges lange tunneler for vannkraft vil det være aktuelt å vurdere bruk av tunnelboremaskiner.

På bakgrunn av manglende erfaringstall, er det valgt å ta ut kostnadskurvene for tunneler drevet med tunnelboremaskiner fra denne revisjonen.

B.7.0 SPRENGTE SJAKTER

B.7.1 Generelt

Det som herunder sies er ment å skulle gi en grov orientering om påregnelige entreprenørutgifter og leverandørutgifter for sjakter, råsprengte og stålførede. Prisene er ment å skulle kunne brukes både for 1:1-sjakter og loddsjakter. Prisene forutsetter at sjaktene drives med heis på skinne montert i hengen (Alimak), og gjelder ikke for korte sjakter. For stålførede sjakter er forutsatt skinnegang på sålen, men rørmontasjen kan også skje ved å bruke geideren for stigortheisen.

Med en Alimak vil man normalt kunne drive sjakttverrsnitt på opptil 16 m². Sjakttverrsnitt opp mot 20 m² kan drives i ett under gunstige forhold. Ved driving av større tverrsnitt vil man måtte drive med to opprigginger, samt ta spesielle hensyn til personellens sikkerhet. Ved f.eks. to opprigginger vil det være mulig å drive sjakttverrsnitt opp mot 40 m². Ved større sjakttverrsnitt enn 40 m² vil man strosse. Det må påregnes vesentlige sikringsomkostninger ved større sjakttverrsnitt.

Omkostningene for sjakter er, som anmerket for tunneler, påvirket av stedlige forhold som bor- og sprengbarhet, sjakttverrsnitt og -lengde, transportlengder og ikke minst behov for sikring. Skjematisering av omkostningsberegning for sjakter må derfor baseres på forenklete forutsetninger om ikke "skjemaet" skal bli for komplisert i bruk.

Hovedforutsetningen er angitt som anmerkninger på figur B.7.1. Det bemerkes spesielt at sikring er inkludert i kurvene med 20 % av grunnprisen for sjakter med lite tverrsnitt (4-8 m²) og 35 % for store tverrsnitt (30 m²).

Det er verdt å merke seg at det har vært gjort undersøkelser av arbeidsmiljøet ved Alimak-drift. Verdiene på målingene har ligget over de anbefalte etter dagens HMS-krav. Dette vil kanskje føre til at sjakter i større grad i fremtiden vil drives med raiseboring om ikke en miljøforbedring ved bruk av Alimak skjer.

B.7.2 Råsprengt sjakt

Priskurven (B.7.1) gir påregnelige entreprenørutgifter inklusive forutsatte sikringsarbeider (20-35 %), diverse og utforutsett (10 %) og entreprenørens rigg og drift (30 %).

I tillegg til omkostningene ifølge kurven, kommer for trykksjakter den utvidete, uforede del oppstrøms for den stålførede delen, samt propp med tverrslagsport.

Den råsprengte delen kan medtas i omkostningene ved å inkludere ekstrakostnaden ved utvidelsen inn i den totale sjaktlengden, eller ved å anslå volumet (m³) og regne 720 kr/m³ som enhetspris inkl. rigg og drift.

Omkostningene for proppen med port kan avleses av omkostningskurven for tverrslagspropp for tunneler.

Betongkonusen i oppstrøms ende av den stålførede delen henregnes omkostningsmessig til den stålførede delen av sjakten.

B.7.3 Stålførede trykksjakter

Som stålforet trykksjakt regnes foruten forede 1:1-sjakter også den stålførede del av vannveien på oppstrøms side av kraftstasjonen for stasjoner med råsprengt eller trykktunnel.

Omkostningene for stålforet trykksjakt sammensettes av omkostninger for bygningsmessige arbeider (entreprenøromkostninger) og for stålrørene (leverandøromkostningene). I tillegg til omkostninger som kan beregnes etter lm-pris kommer omkostninger til innløpskonus(er) med varegrind samt grentunneler (om man har 2 aggregater eller mer).

Omkostninger for de bygningsmessige arbeider kan avleses av:

1. Kurve B.7.2 som gir pris pr lm sjakt avhengig av rørdiameter.
2. Kurve B.7.3 som gir pris for innløpskonus avhengig av tunnelverrsnitt og trykkehøyde. Kurven kan brukes for konuser både for innstøpte rør og frittliggende rør nedstrøms for konusen.

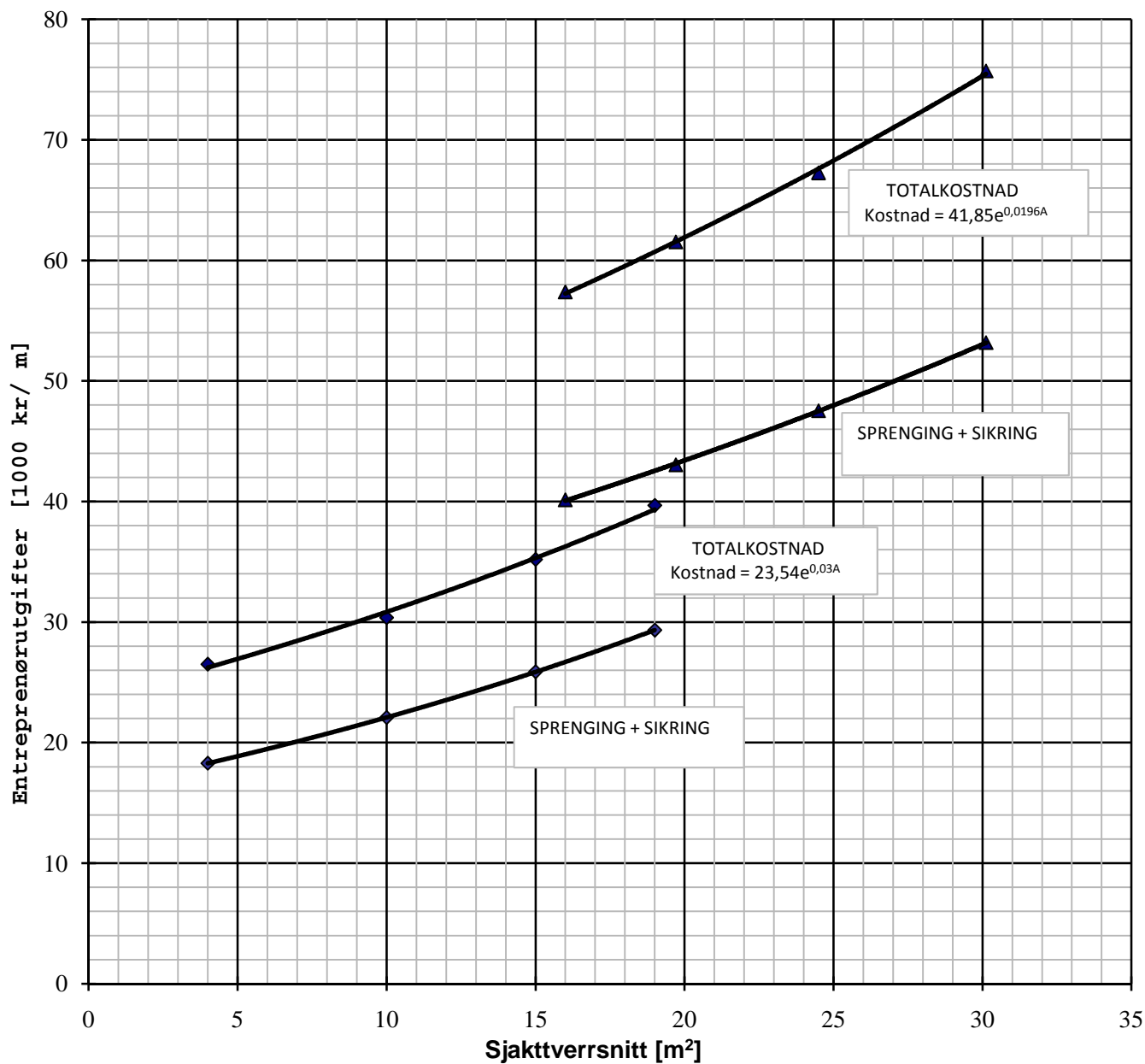
Trykkehøyden kommer inn som parameter for propplengden bare i sistnevnte tilfelle. For innstøpte rør avleses konusomkostningene etter den kurve som gir de laveste omkostningene inklusive den stiplede delen. Det bemerkes at konuslengden vil være bestemt av geometriske krav (strømningsforhold) for beskjedne trykkehøyder. Dette er innarbeidet i kurven.

Leverandøromkostningene framgår av kapittel M, Maskintekniske arbeider.

B.7.4 Usikkerhet

Usikkerheten i kostnadsoverslaget for sjakter kan settes lik ± 25 %.

Generell prisstigning på fjellarbeider siden 2005 er ca 20 %. Det må også nevnes at grunnlaget for revisjon av dette kapittelet er noe tynt, da det drives få råsprengte sjakter i Norge i dag.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Forutsatt fjell av middels borbarhet og sprengbarhet.
3. Forutsatt sjaktlengde L = 400 m.
Ca. 5% høyere lm-pris hvis L=150 eller 700 m.
4. Fjellsikring er medtatt med 20% for mindre tverrsnitt til 35% for større tverrsnitt

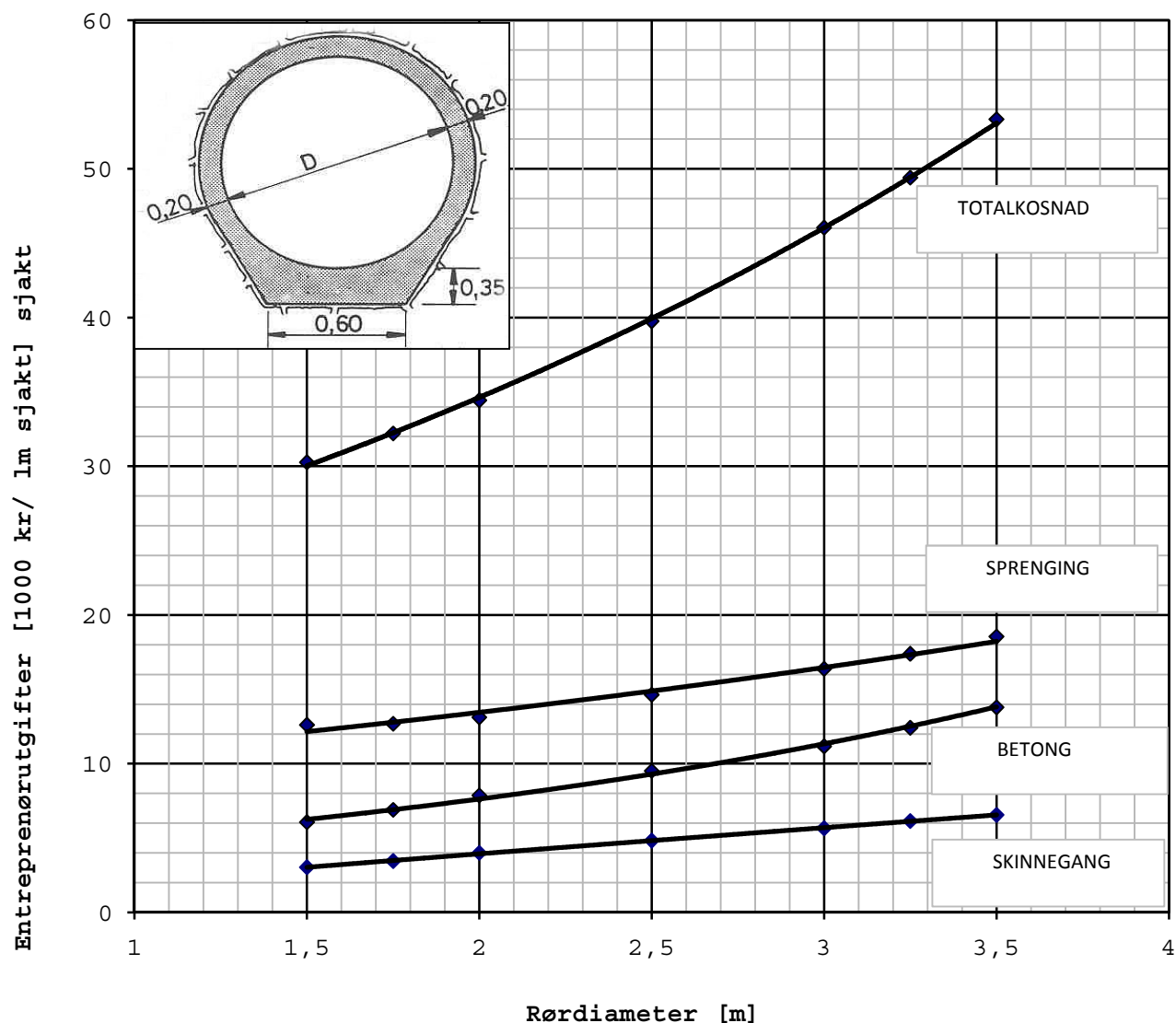
5. Diverse uforutsatt er medtatt med 10 %.
6. Entreprenørens rigg og drift er medtatt med 30 %.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

RÅSPRENGT SJAKT
ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. B.7.1
01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider. Delkostnadene sprengning, betong og skinnegang er angitt uten andel av fellesutgifter og div. uforutsett. Leverandørkostnadene for stålforingen finnes av egen kurve.
3. Forutsatt fjell av middels borbarehet og sprengbarhet.
4. Forutsatt sjaktlengde L= 400 m. Ca. 5% høyere lm-pris hvis L=150 m eller 700 m

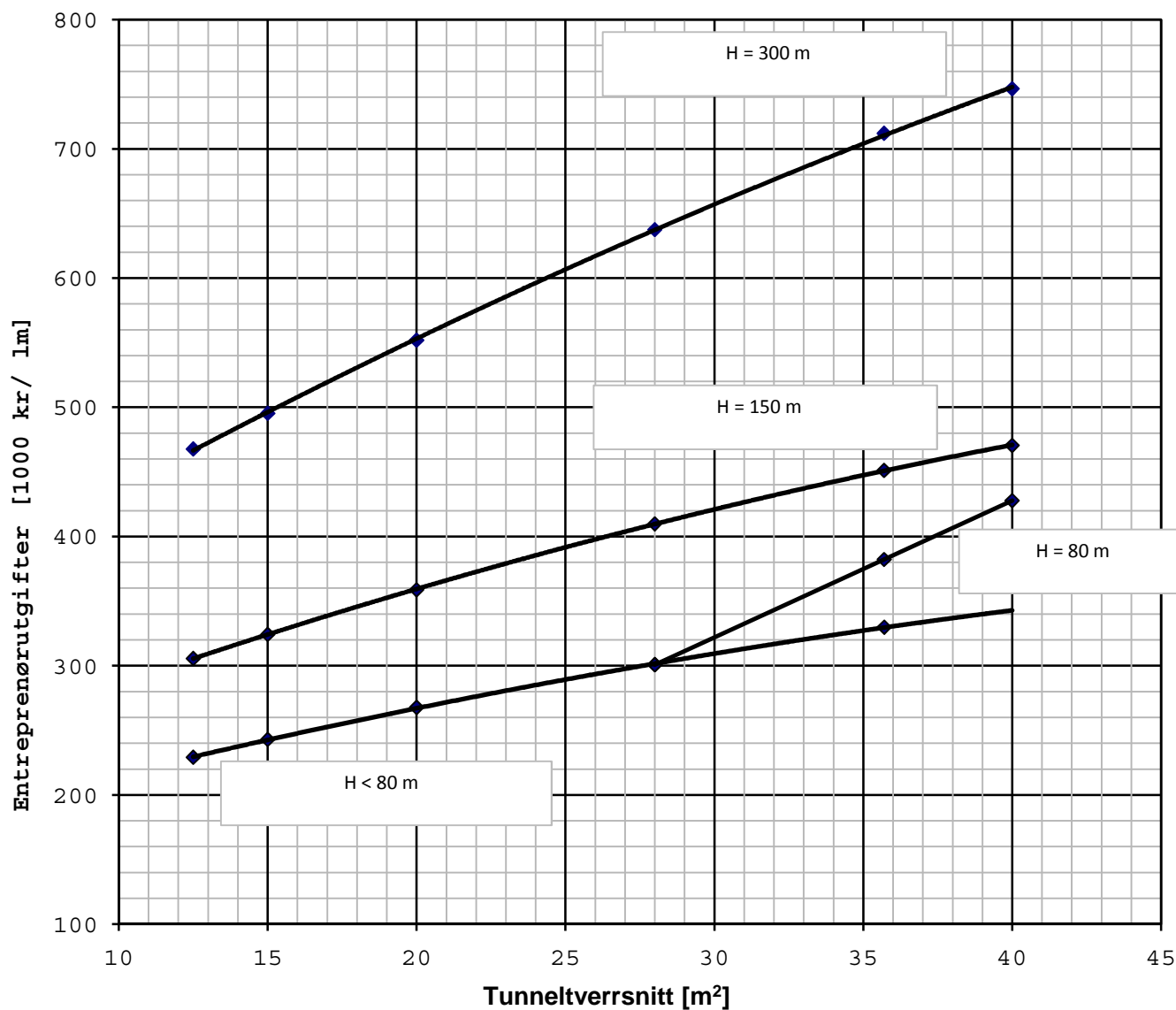
5. Fjellsikring er medtatt med 15% av utgiftene.
6. Kostnadskurvene omfatter ikke kostnader vedr. konus; finnes av egen figur. De øvrige elementer må kostnadsberegnes på eget grunnlag.
7. Diverse og uforutsett er medtatt med 10 %.
8. Entreprenørens rigg og drift er medtatt med 30 %.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

STÅLFORET TRYKKSJAKT
ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. B.7.2
01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for inntakskonuser til trykksjakter.
3. Kostnadskurvene omfatter ikke sprengningsarbeidene i konusområdet.
4. Kostnadene omfatter ikke evt. forgrening / grenrør.
5. Kurven for H = 80 m er brukket pga. en satt max. tverrsnittsendring i konus.

6. H angir vanntrykket i meter.

Rørtverrsnitt regnet ca 1/4 av tunnel-tverrsnitt. Konus forutsatt forskallet, men kan være stål. Kurven gyldig også om røret nedstrøms konusen er frittliggende. Kurven kan også brukes for lukeinnstøping i tunnel om ikke nøyaktigere beregninger utføres. Sammenlign også Fig. B.5.2.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

INNTAKSKONUSER
ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. B.7.3
01.01.10

B.8 BOREDE SJAKTER

B.8.1 Generelt

Entreprenøromkostningene for en sjakt boret ved hjelp av pilothull og opprømming omfatter:

- Transport av utstyr
- Opp- og nedrigging av nødvendig utstyr samt drift av rigg (inkl. forlegning for mannskap og verksted)
- Borekostnader
- Opplasting og transport av borkaks
- Felleskostnader (sentraladministrasjon, fortjeneste m.v.)

Kostnader ved boring av sjakter med pilothull og opprømming er, i likhet med kostnadene for fullprofilboring av tunnel, svært avhengig av fjellforholdene. For pilothull/ opprømming er det fjellets borbarhet som først og fremst er avgjørende, men også fjellets oppsprekking bidrar noe. For at kostnadsberegningene skal bli mest mulig nøyaktig er det derfor viktig å kjenne fjellforholdene på det stedet boringen skal foregå, eventuelt gjennomføre ingeniørgeologiske undersøkelser tilpasset formålet.

I tillegg til fjellforholdene er kostnaden for en sjakt boret ved pilothull og opprømming avhengig av sjaktens tverrsnitt, lengde, helning (dersom helningen er mindre enn 45°) og beliggenhet av arbeidssted. Metoden er i utgangspunktet tenkt for mindre tverrsnitt, i praksis opp til 3,1 m i diameter, og lengden bør ikke være større enn 500-600 m.

Ved behov for stor treffsikkerhet kan styring av pilothullet være aktuelt, men det er dyrere. En metode er å bore hullet først og så logge det for å finne nøyaktig plassering. Driving av tilsluttende tunnel rettes så inn mot hullet.

B.8.2 Kostnadskurve

Kostnadskurven for pilothull/ opprømming er satt opp som en funksjon av sjaktens tverrsnitt og fjellets borbarhet. Det er videre forutsatt en sjaktlengde på minimum 150 m, og at sjakten har en helning mellom 45° og 90° . Korreksjon for sjaktlengde er gitt i egen figur, mens en for sjakter med helning fra 45° og nedover til 0° kan regne med en jevnt økende kostnad opp til 30 %.

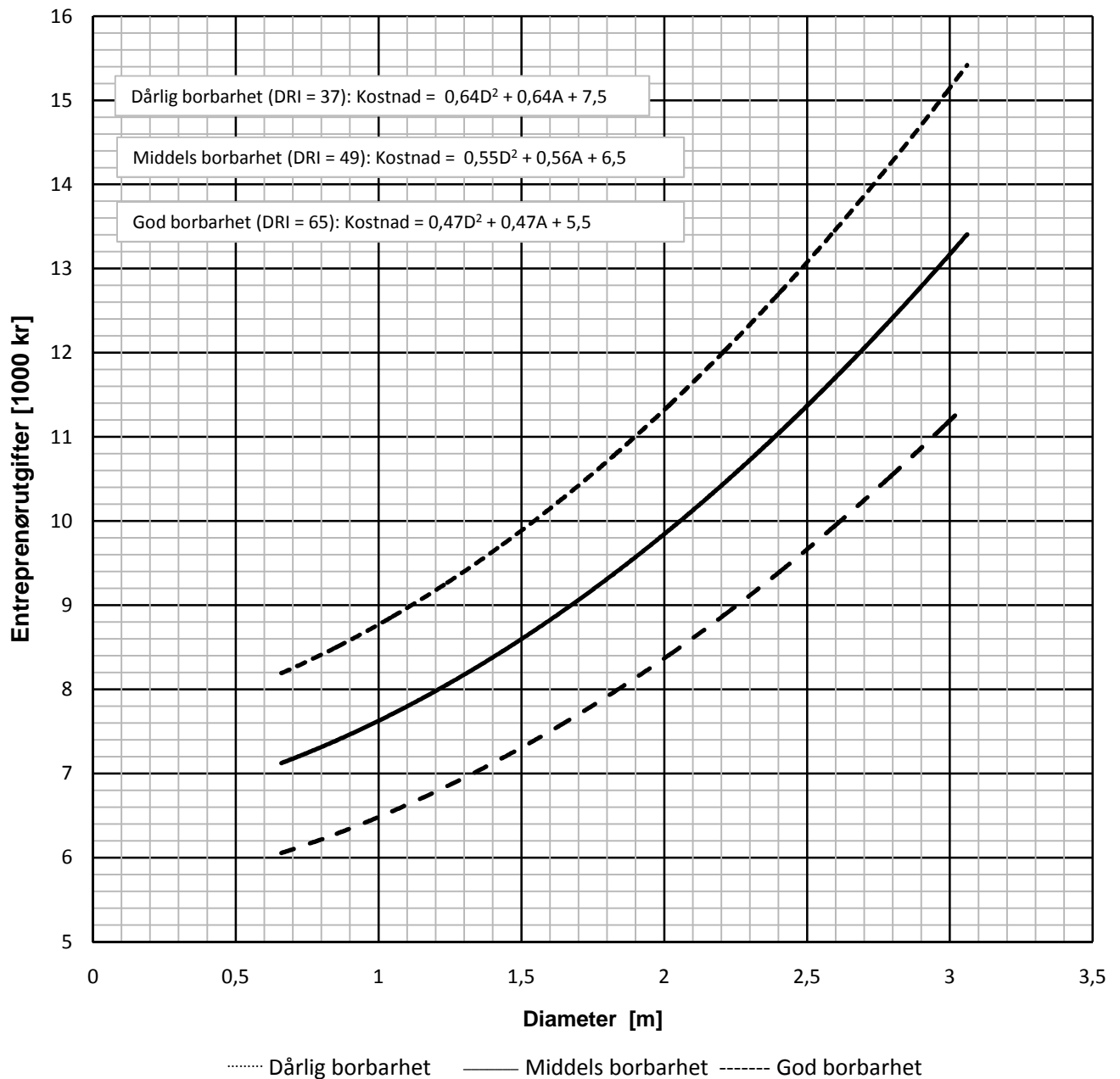
I kostnaden er det regnet inn 20 % tillegg for rigg og drift for diametre under 2,1m og 15 % tillegg for diametre fra og med 2,1m. Uforutsette kostnader er ikke inkludert, men de bør settes høyt fordi en erfaringsmessig får en del uforutsette kostnader både i forbindelse med selve boreoperasjonen og fordi arbeidsstedene ofte er vanskelig tilgjengelige og ligger utsatt til ved dårlig vær.

Eventuell veibygging eller helikoptertransport i forbindelse med boring av sjakt er ikke medregnet. Dersom arbeidsstedet ligger spesielt vanskelig til slik at rigg og transportkostnader blir ekstra høye, bør kostnadene økes noe.

B.8.3 Usikkerhet

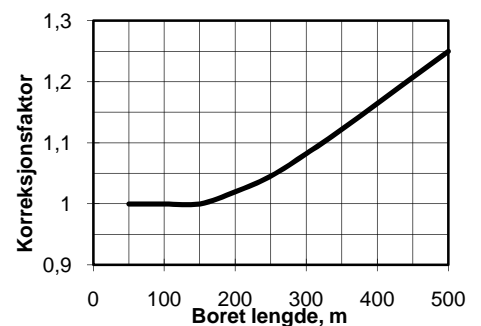
Usikkerheten i kostnadsoverslag basert på dette materialet vil være avhengig av hvor godt man kjenner fjellforholdene på det aktuelle sted. Normalt bør kostnadsoverslaget ligge innenfor $\pm 30\%$.

På grunn av en utvikling av metoder og utstyr ligger prisene generelt på samme nivå for boring av sjakter, men forventes å stige framover. Begrensninger i diameter og lengde flyttes og det er mulig å bore sjakter med diameter fra 3,5 til 4,0 m. Internasjonalt fins også utstyr i dag for å kunne bore opptil 1300 m lange sjakter med diametre opp til 6 m.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Forutsatt sjaktlengde: min. 150 m og sjakthelning: 45° - 90°. Korreksjon for sjakter med helning < 45°: jevnt økende til +30% med helning på 0°.
3. Transport (veg), rigg og drift er inkl. Ved vegløs boring kan prisen øke mot 100%
4. Kostnad for store hull inkluderer prisen for både pilothull og opprømming.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

BORET SJAKT
(PILOTHULL/OPPRØMMING)
ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. B.8.1
01.01.10

B.9 RØRGATER

B.9.1 Generelt

Rørgater utføres enten i dagen eller nedgravd. Rørgate i tunnel kan enten utføres tilsvarende som rørgate i dagen, eller nedgravd. Rørgater i dagen legges opp på pendelbukker/ glidesadler, med forankringsklosser av betong i knekkpunktene (tradisjonell rørgate). Nedgravde rørgater utføres med nødvendige omfyllingsmasser og forankringsklosser av betong i knekkpunktene. Ved legging av rørgate i/ på fjell, kan deler av forankringen utføres med klamring.

De mest benyttede rørtypene er stålrør, glassfiberarmerte, umettede polyesterrør (GRP-rør), polyetylenrør (PE-rør) og duktile støpejernsrør. Kostnader for disse rørtypene er angitt i kap M.6. Trerør og betongrør benyttes også i enkelte tilfeller. Spesielt GRP-rør og duktile støpejernsrør kan utføres nedgravd, dersom stedlige forhold tilsier det. Et interessant alternativ til rørgater kan være sjakter boret i fjell med frittliggende rør i tunnel det siste stykket oppstrøms for kraftstasjonen. Det vises til kap B.8 for borede sjakter.

Omkostningene for de bygningsmessige arbeidene i forbindelse med rørgater er sterkt avhengig av terrengforholdene (kupert eller jevnt terreng, fjell eller løsmassefundamentering, evt. løsmassenes bæredyktighet), og om det blir bygget vei både til bunn og topp av rørgaten. Det understrekes derfor at omkostningene man kommer fram til ved herværende hjelpemiddel er rent orienterende, og omkostningene forutsetter gunstige stedlige forhold.

Omkostningene for rørgater kan deles i 3 hovedgrupper:

1. Leverandøromkostninger

Finnes i kap M.6.

2. Entreprenøromkostninger (bygningmessige arbeider)

Rydding, masseflytting, sprengning i trasé for rør og trallebane. Eventuell bruk av trallebane m/ spill og tralle, spillkjører. Forankringsklosser og fundamenter for pendelbukker/ glidesadler, stillaser. Sjauer- og håndlangerhjelp for rørmontasjen. Lokaltransport innen anleggsområdet. Rigg og drift av byggeplass.

Omtrentlige entreprenørutgifter for rørgate i dagen avleses på fig B.9.1

Omtrentlige entreprenørutgifter for rørgate i tunnel avleses på fig B.9.2

Kostnader for grøfter for nedgravde rør finnes i kap B.9.3

3. Byggherreomkostninger

Beregnes separat.

B.9.2 Tradisjonell rørgate

Grove omkostningskalkyler for de bygningsmessige arbeider for rørgater er utført basert på forenklete forutsetninger:

1. Rydding i trasé: 130-140 kr/ lm for lite/ stort rør.
2. Masseflytting: 0,5 m dybde som gjennomsnitt over trasélengden.
3. Sprengning: 0,5 m dybde som gjennomsnitt over trasélengden (som er snaut dersom terrenget er kupert).
4. Avstand mellom pendelbukker/ glidesadler: 12 m
5. Avstand mellom forankringsklosser: 90 m i gjennomsnitt (som er langt dersom terrenget er kupert).
6. Forankringsklosser: 40 m³/ stk for lite og 80 m³/ stk for stort rør som gjennomsnitt størrelse.
7. Enhetspriser
 - Masseflytting 80 kr/m³
 - Sprengning 200 kr/m³
 - Forskaling 1.100 kr/m²
 - Armering 16.000 kr/tonn
 - Betong 2.500 kr/m³

Følgende kommer i tillegg:

- Transport i traséen:
For vanskelig terreng bør det regnes med 50 % høyere lm-pris
- Diverse og uforutsett: 15 %
- Rigg og drift av byggeplass: 30 %

Omkostningene for de bygningmessige arbeider (entreprenørutgiftene) avleses av kurven for midlere rørdiameter i kr/ lm.

Lm-prisen x rørlengden gir påregnelige utgifter inkl. diverse, uforutsett og entreprenørens rigg og drift for rørtrasé med relativt enkle terrengforhold. Ved sterkt kupert terreng i traséen eller hvor en større del av traséen går i løsmasseterreng, bør det beløp som framkommer ved hjelp av kurven gis et skjønnsmessig tillegg, antydningssvis opp til 50 %.

Priser er gitt i prisnivå januar 2010.

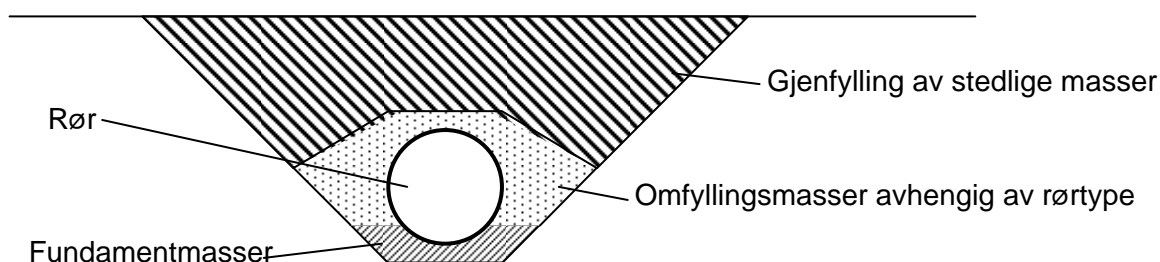
Usikkerhet i kostnadsoverslag + 60 % til ÷ 40 %.

B.9.3 Grøfter

Til bruk i kostnadsberegning for nedgravde rør er det utarbeidet kostnadstabeller for jordgrøfter, fjellgrøfter og kombinerte jord-/fjellgrøfter. Tabellene gjelder rørgøfter i relativt lett terreng.

For nedgraving er de mest aktuelle rørene GRP-rør og duktile støpejernsrør. Polyetylenrør og betongrør kan også være aktuelle, med da ved lave trykk og i lett terreng.

Typisk grøftesnitt for nedgravd rør kan være som vist i skissen nedenfor.



Helning av grøfteskråningen er satt til 1:1 for jordgrøfter og 5:1 for fjellgrøfter. Bunnbredde av grøft settes lik rørdiameter pluss 1,0 m.

Til bruk for kostnadsberegning for nedgravde rør angis kostnadstall for jord og fjellgrøfter samt kombinert jord/fjellgrøft.

Kostnadene i tabellene omfatter alle entreprenørkostnader (også rigg og drift av byggeplass) for graving, sprengning og tilbakefylling fra 30 cm over rør. Kostnader til eventuell avstivning av grøftene og forankringsklosser er ikke medtatt.

Omfylling rundt rør er inkludert i prisene, basert på bruk av stedlige masser. Dersom stedlige masser ikke kan benyttes, må det regnes et tillegg på ca 150 kr/m³ for levering av omfyllingsmassen.

Det er inkludert 30 % rigg og drift i prisene.

Anleggsveg som må bygges i forbindelse med graving av grøft og legging av rør, er ikke inkludert i prisen, men må regnes separat. Kostnadene med veg kan bli betydelige, spesielt ved terreng brattere enn 1:5.

Kostnaden for kombinerte jord/fjellgrøfter settes lik kostnaden for fjellgrøfter.

For å kunne kostnadsregne rørgøfter er det nødvendig med en terrengprofil og en grundig vurdering av de stedlige forholdene. Ulendt og eller bratt terreng og vanskelig adkomst har stor innflytelse for de totale kostnadene.

Ved spesielt ulendt terreng økes prisene fort med 50 %. Ved bratt terreng kan prisen bli 2-3 ganger prisen for relativt lett terreng.

Usikkerhet i kostnadsangivelse for relativt lett terreng kan settes lik $\pm 30\%$.

Enhetspriser som er benyttet:

- Vegetasjonsrydding 40 kr/m²
- Graving 50 kr/m³
- Fjellrensk 60 kr/m²
- Sprenging 500 kr/m³
- Omfylling 150 kr/m³
- Tilbakefylling 110 kr/m³

Tabell B.9.3.A. Grøftkostnad (kr/lm). Grøftbredde lik 1,5 m i bunn.

Total grøftedybde:	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m
Jordgrøft	1470	1940	2200	2820
Fjellgrøft eller kombinerte jord/fjellgrøfter	2170	2830	4080	5660

Prisene inkluderer 30 % påslag for rigg og drift av byggeplass

Tabell B.9.3.B. Grøftkostnad (kr/lm). Grøftbredde lik 2,5 m i bunn

Total grøftedybde:	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m
Jordgrøft	2050	2730	3170	3800
Fjellgrøft eller kombinerte jord/fjellgrøfter	3160	4210	6290	8910

Prisene inkluderer 30 % påslag for rigg og drift av byggeplass

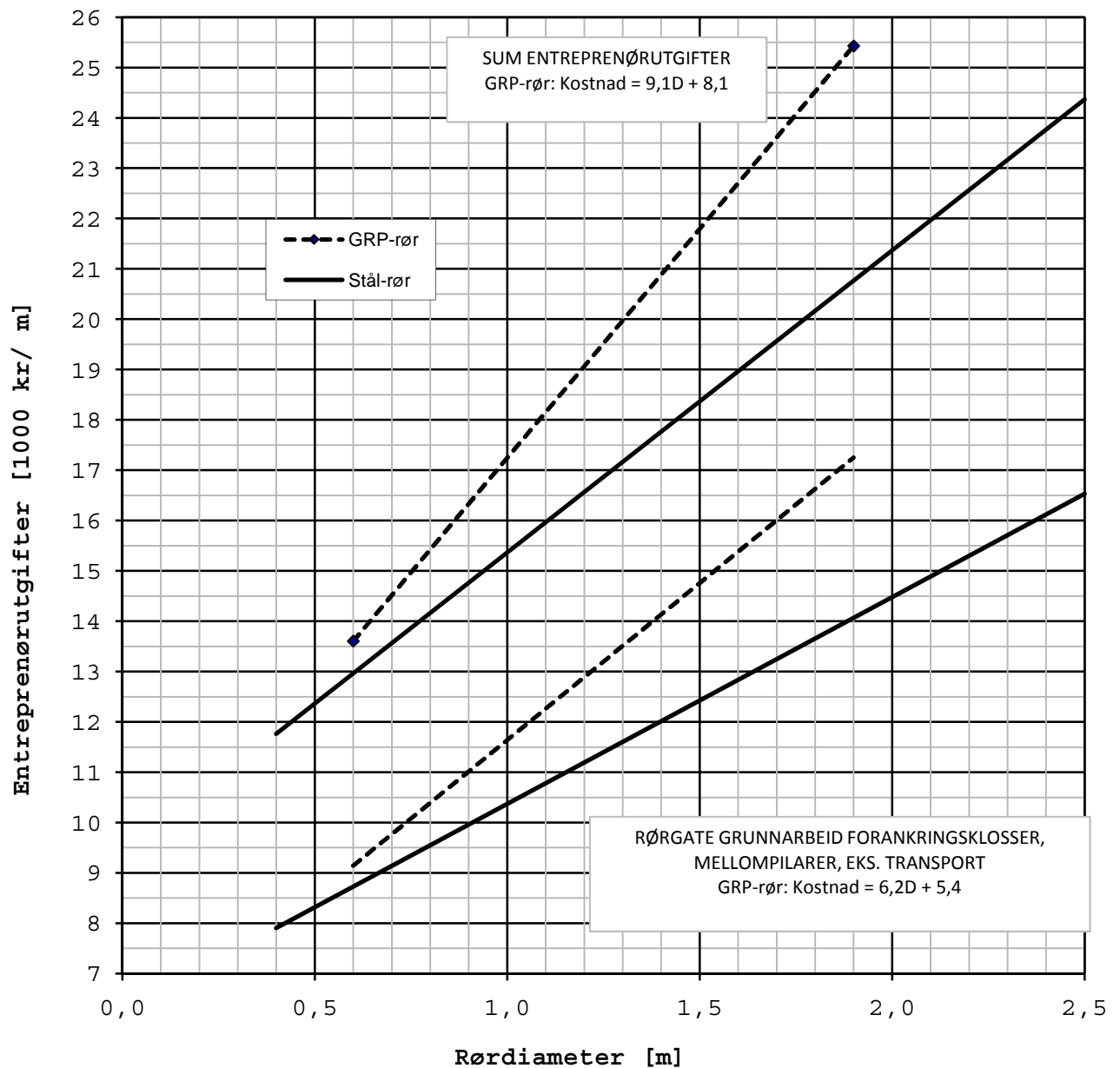
B.9.4 Rørgate i tunnel

Omkostninger for bygningstekniske arbeider for rør lagt i tunnel er vist i fig. B.9.2.

I figuren er det regnet med det samme prisgrunnlaget som i B.9.2, tradisjonell rørgate.

For GRP rør er det regnet med støtte for hver 6m mens det for stålrør er regnet med støtte varierende fra 6 til 12 m avhengig av rørdiameter. I oversikten er det medtatt en enkel bunnrensk av tunnelen og oppbygging av en gang/ kjørebane på den ene siden av røret. Det er også medtatt en enkel drengroft i en av tunnelsidene. Selve tunnelen med sikring er ikke medtatt, se B.4. Propp i tunnelen der røret starter er heller ikke med og det vises til fig B.5.2, tverrslagspropper.

Det er forutsatt at røret legges i rettstrekk i tunnelen. For rør med liten diameter vil det uten merkbar kostnadsøkning kunne anordnes støtte for bendkrefter. For store rør bør det gis et tillegg ved retningsendringer.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Graving og sprengning satt til gjennomsnittlig 0,5 m. Avstand mellom glide-sadler/mellomsadler 6 -> 12m (GRP->stål) og forankringsklosser 90 m. Stedlige forhold kan medføre betydlige avvik fra dette.
3. Transportkostnader i traseen satt til 50% av enhetskost. Stedlige forhold kan medføre betydelige avvik. Kurve for sum utgifter er inkl. transportkost.

4. Kurve for grunnarbeid forankringsklosser og mellompilarer er iberegnet diverse uforutsett, samt entreprenørens fellesutgifter.
5. Forankringsklosser utgjør ca 5600 kr/m.
6. GRP-rør kan kun benyttes ved lave trykk. Se begrensninger på fig. M.6.A.

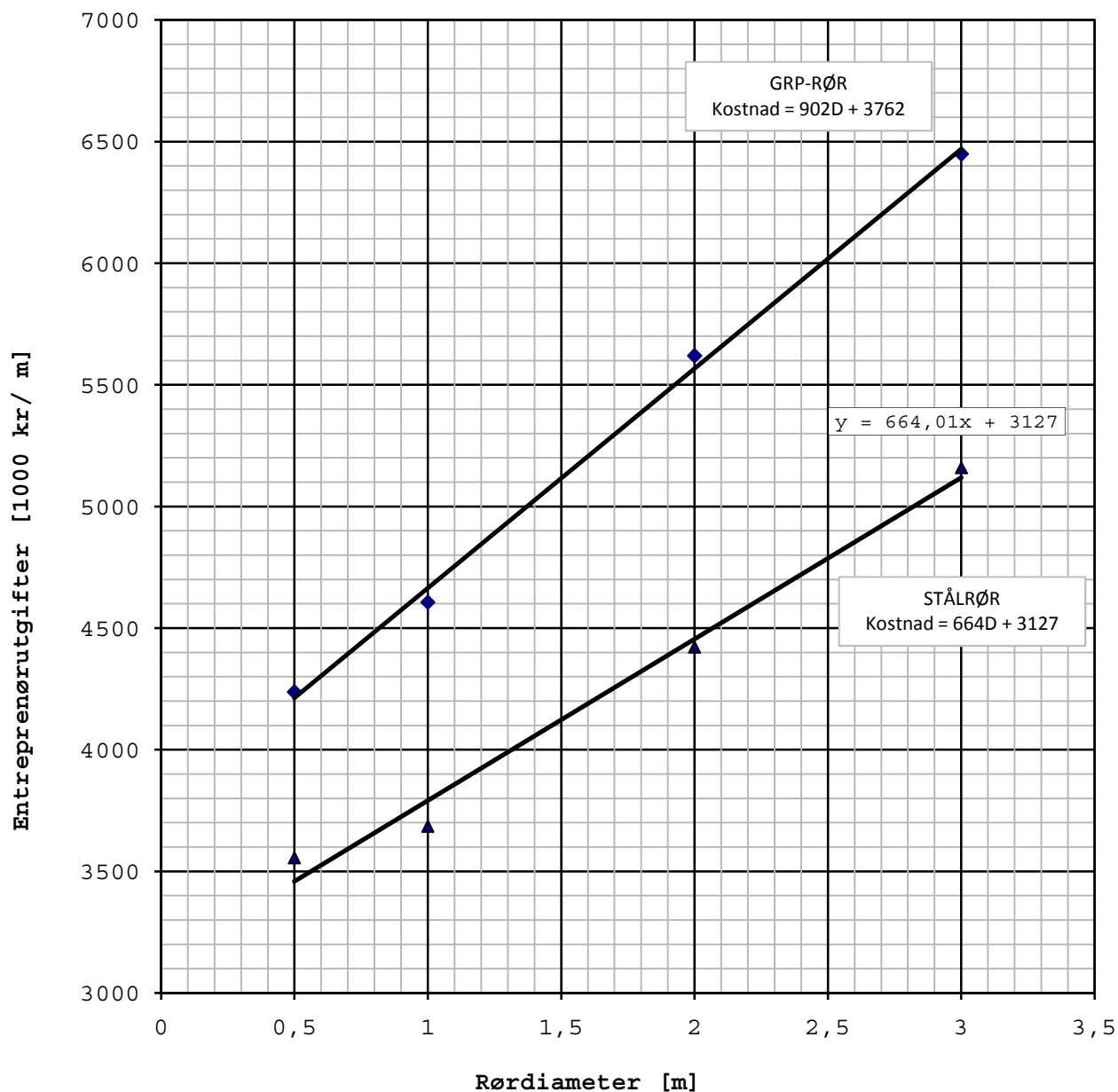


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

RØRGATE I DAGEN
ENTREPRENØRUTGIFTER
BYGNINGSMESSIGE ARBEIDER

Fig. B.9.1
01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Kurven viser entreprenørkostnader for rør lagt fritt i tunnel. Klosser, pukk på såle og gangbane er medtatt.
3. For GRP-rør er det regnet med 6 m c/c støtte.
4. For stålrør er det regnet med støtte c/c fra 6 - 12 m avhengig av rørets diameter.
5. Tunnel med sikring og sålerensk er ikke medtatt.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

RØRGATE I TUNNEL
ENTREPRENØRUTGIFTER
BYGNINGSMESSIGE ARBEIDER

Fig. B.9.2
01.01.10

B.10 KRAFTSTASJONER I FJELL. KRAFTSTASJONSOMRÅDET

B.10.1 Generelt

Bygningsmessige anleggsomkostninger i kraftstasjonsområdet for anlegg i fjell settes sammen av omkostninger for:

- Atkomsttunnel med veibane og eventuell kabelkanal samt eventuelt portalbygg.
- Avløpstunnel (U-tunnel) med eventuelt svingekammer.
- Eventuelt transformatorrom
- Eventuell kabelsjakt/kabeltunnel
- Eventuelle hjelpetunneler for utspregning av stasjonshall og avløpstunnel. (Hjelpetunnel for driving av trykksjakt/trykktunnel tas med i omkostningsberegningen for trykksjakten).
- Kraftstasjon
- Koplingsanlegg/bryteranlegg (friluftsanlegg)
- Eventuelt eget bygg for kontrollanlegg/verksted/driftssentral/administrasjon

I dette kapittel er det gitt grunnlag for å omkostningsberegne selve kraftstasjonen og atkomsttunnelen.

Andre kostnadselementer som avløpstunnel og hjelpetunneler for utspregningen, må beregnes separat. Hjelpetunneler og ramper, som i hovedsak er innenfor stasjonshallen, er inkludert i omkostningene angitt i dette kapittel.

For elektro/mekanisk utrustning vises til separate avsnitt i kapittel E og M.

B.10.2 Kraftstasjon

Formålet med dette kapittel er å angi en forenklet framgangsmåte som raskt kan gi anslag om påregnelige anleggsomkostninger for en kraftstasjon i fjell.

Framgangsmåten benyttet er i grove trekk forklart nedenfor. Framgangsmåten bygger på forenklete forutsetninger basert på en forholdsvis grov analyse av en rekke utførte høytrykks kraftstasjoner i fjell.

Det understrekes at resultatet man kommer fram til er av orienterende natur, og at det må regnes med at omkostningene for utført anlegg kan vise betydelige avvik fra omkostningsoverslaget utført på forprosjektstadiet ved bruk av herværende hjelpemiddel. Årsakene til dette er flere, men drøftes ikke her i detalj.

B.10.2.1 Grunnlag, forutsetninger nye anlegg

Det er i utgangspunktet valgt å knytte anleggsomkostningene (bygningmessige arbeider) til utsprengt volum i kraftstasjonene. Ut fra en mer detaljert gjennomgåelse av et begrenset antall kraftstasjoner er det utført forenklede omkostningsberegninger basert på følgende vurderte forutsetninger og priser.

- Sprengning: Midlere enhetspris: 230 kr/m³
- Betongvolum = 20 % av utsprengt volum: 2.500 kr/m³
- Armering: 60 kg/m³ betong: 16.000 kr/tonn
- Forskaling: 2,1 m²/m³ betong: 1.000 kr/m²

- Sikringsarbeider (fjell): 15 % av sprengningsomkostningene.

- Mur- og pussarbeider: 5 % av omk. for sprengnings- og betongarbeidene.

- Innredning (gulvbelegg, maling, stål, glass, m.v.): 15 % av omkostningene for sprengnings- og betongarbeidene.

- Uforutsett: 10 % av foran nevnte omkostninger.

- Rigg og drift av byggeplass: 25-30 % av foran nevnte arbeider.

- VVS, (ventilasjon, vann og avløp): 2-6 mill kr for en middels stor stasjon.

- Elektriske installasjoner lys og varme etc.: 1,0 -2,5 mill kr for en middels stor stasjon

B.10.2.2 Grunnlag, forutsetninger ved utvidelse av kraftstasjoner

I forbindelse med kapasitetsøkning av en kraftstasjon kan det være aktuelt å utvide selve stasjonen. Det må i det enkelte tilfelle vurderes om driften av eksisterende stasjon kan stanses over lengre tid.

Kun et fåtall stasjoner er bygget med tanke på utvidelse, og da er det som regel ferdig utsprengt volum for det antallet turbiner som utvidelsen skal representere, og det vil bli stillet strenge krav i forbindelse med slike arbeider.

En forlengelse av en stasjon i drift uten forberedelser vil ikke være akseptabelt grunnet sprengningsrystelser, støvplager og andre anleggsmessige ulemper gjennom stasjonen. Det man da må vurdere er om det er mulig å bygge en ny stasjon gjennom en ny atkomsttunnel som eventuelt kan være en avgreining fra eksisterende atkomsttunnel. Maskinteknisk utstyr i eksisterende stasjon må vurderes mot sprengningsrystelser, og sprengningsarbeidene må planlegges i henhold til rystelseskravene.

Omkostningene beregnes i henhold til ny stasjon med unntak for sprengningsarbeider som beregnes etter en midlere sprengningspris på 340 – 420 kr/m³.

B.10.2.3 Volumbehov, sprengningsbehov

Volumbehovet i en kraftstasjon er påvirket av en rekke parametre som dels er objektive (teknisk basert) og dels er subjektive (byggherrens ønsker, planleggerens meninger etc). Volumbehovet har trolig også endret seg over tid.

For å søke å kartlegge sammenhengen mellom på den ene side aggregatantall og størrelse, og på den annen side utsprengt volum i kraftstasjonen for ulike turbintyper, er dette plottet opp for eksisterende kraftstasjoner på fig B.10.1, fig B.10.2 og fig B.10.3.

Av diagrammene ses at det er betydelig spredning i volum sammenholdt med installasjon.

Til tross for den betydelige spredning i volum har man våget å uttrykke rombehovet i en enkel formel med netto fallhøyde, total maks vannføring for stasjonen og antall aggregater som parametre.

En orientering om utsprengt volum for kraftstasjoner i fjell fås ved beregning etter følgende formel:

$$\text{Sprengningsvolum } V = 78 \times H^{0,5} \times Q^{0,7} \times n^{0,1}$$

- V = utsprengt volum, m³
- H = netto fallhøyde, m
- Q = total maks vannføring, m³/s
- n = antall aggregater

Anslag etter denne formel vil være svært omtrentlig og det anbefales derfor at det for det enkelte anlegg skisseres et arrangement som benyttes som grunnlag for beregning av utsprengt volum.

B.10.2.4 Påregnelige anleggsomkostninger

Orienterende anslag over påregnelige anleggsomkostninger (byggentreprenøren) ekskl. byggherreutgifter for kraftstasjon i fjell, kan fås ved i rekkefølge å:

1. Kalkulere stasjonens installasjon [$N = 8,5 \times Q \times H_n$ (kW)] og velge aggregatantall og -type.
2. Forhåndsdimensjonere kraftstasjonen ved forprosjekt slik at utsprengt volum kan kalkuleres. For en grovere orientering kan sprengningsvolumet beregnes på grunnlag av formelen ovenfor.
3. Total enhetspris for de totale bygningsmessige entreprenørutgiftene kan settes lik 2.250 kr/m³ for små stasjoner og 2.000 kr/m³ for større stasjoner. Prisnivå januar 2010.

B.10.2.5 Usikkerhet i omkostningsberegningene

Kostnadsoverslag basert på individuell forprosjektdimensjonering og total enhetspris: ÷ 30 % til + 70 %.

Kostnadsoverslag basert på gitte kurver for volum og kostnad: ÷ 50 % til + 100 %.

B.10.3 Atkomsttunneler

Atkomsttunnelene består i hovedsak av selve tunnelen med kontinuerlig sikret heng, kjørbart dekke, drenasje, lys, kabelgrøft og eventuelle bygningsmessige installasjoner til f.eks. ventilasjon.

Atkomsttunnelens tverrsnitt vil variere sterkt. Absolutt minste tverrsnitt kan anslås til 18 m², men normalt vil imidlertid tverrsnittet være i størrelsesorden 30-40 m². Det vil være størrelsen på det maskinelle utstyret som skal monteres inne i kraftstasjonen som vil være dimensjonerende for tunneltverrsnittet. For Francis-turbinen er det normalt transformatoren som vil bestemme høyden i tunnelen. Likeledes vil det være turbintrommen som vil bestemme den permanente bredden i atkomsttunnelen.

Portalen eller inngangspartiet til kraftstasjonen vil variere både i størrelse og i utførelse generelt. Portalen kan bl.a. bygges sammen med andre bygningsmessige funksjoner som kontorer, møterom, garderober, dusj og vaskeanlegg etc. Portalen er ikke med i kostnadskurvene på fig B.10.4.

Ventilasjon tilknyttet kraftstasjonen kan prosjekteres enten gjennom en eventuell rømningssjakt/kabelsjakt eller i forbindelse med atkomsttunnelen. Det vil i det siste tilfellet være flere mulige løsninger. En kombinert løsning sammen med f.eks. kabelføring er en aktuell løsning. Et annet alternativ er enkel opphenging av ventilasjonsrørene i hengen. Kostnadene tilknyttet ventilasjon er meget varierende, avhengig av valg (evt. pålegg) av løsningsalternativ, og er således ikke inkludert i kostnadskurvene.

Det er ofte bygget en skjermet gangbar kabelkulvert. En ca. 3 m høy og 1,5 - 2 m bred kulvert vil grovt kunne kostnadsberegnes til ca. 12.000 kr/lm. Den gangbare kulverten vil foruten å gi anlegget to adskilte adkomster også kunne brukes til ventilasjon.

Kabler legges ofte i kabelkulvert lagt som fortauet i atkomsttunnelen. Dette er en enklere og billigere løsning som grovt er kostnadsberegnet til 3 500 kr/lm. Kraftkablene og andre strømførende kabler legges i kanalen mens signalkabler legges på kabelbro i heng eller langs vegg. Normalt vil det i tillegg i eget kabelrør legges kommunikasjonskabler til redningsrom og eventuelt andre nødsamband.

I fig B.10.4 er det grovt skjematisk en kostnadskurve for atkomsttunneler. Det er angitt en kurve for totalpris og tunneldrift på moderat stigning, og en kurve for

totalpris for tunneldrift på moderat synk (slakere enn 1:10). I kostnadskurven for tunneldrift på synk er det ilagt en tilleggskostnad på 4,2 % av grunnprisen. Følgende forutsetninger inngår i kostnadskurvene:

1. Grunnpris

- a) Tunnellengde 3 km (korreksjon for avvik i forhold til egen figur).
- b) Kontursprengning, hullavstand 0,7m.
- c) Transportlengde totalt 600 m fra tunnelmunning til tipp.
- d) Middels sprengbarhet og borbarhet (DRI = 49). Korreksjon for tungsprengt eller tungboret fjell maksimalt 5 % for mindre tverrsnitt, 10 % for større tverrsnitt.
- e) Tunnelen er drevet på moderat stigning (3 – 6 ‰). Korreksjon for driving på moderat synk og mindre vanninntrengning er satt til 5 %.

2. Sikring

Sikringen vil være delt mellom stuffsikring og bakstuffsikring, og vil bestå av ekstra rensk, bolting, sprøytebetong og utstøpning. Tillegg for sikring er beregnet etter 35 % av grunnprisen for mindre tunneltverrsnitt, og 50 % av grunnprisen for større tunneltverrsnitt siden disse tunnelene sikres hele veien med sprøytebetong. Dette gjenspeiler normale til gunstige forhold.

3. Lys

Lysarmaturer og andre installasjoner er kostnadsberegnet til 200 kr/lm tunnel, hvilket gir en meget enkel men likevel akseptabel løsning.

4. Kjøredekke

Et fullt oppbygget kjørbart asfaltdekke er inkludert i kostnadskurvene med 600 kr/lm.

5. Drenasje

Dobbelsidig drenasjegrøft med drensledning er inkludert i kostnadskurvene med 550 kr/lm for begge sider.

6. Diverse, uforutsett

Inngår i kurvene med 10 % av grunnpris + sikringsarbeider (1+2).

7. Rigg og drift av byggeplass

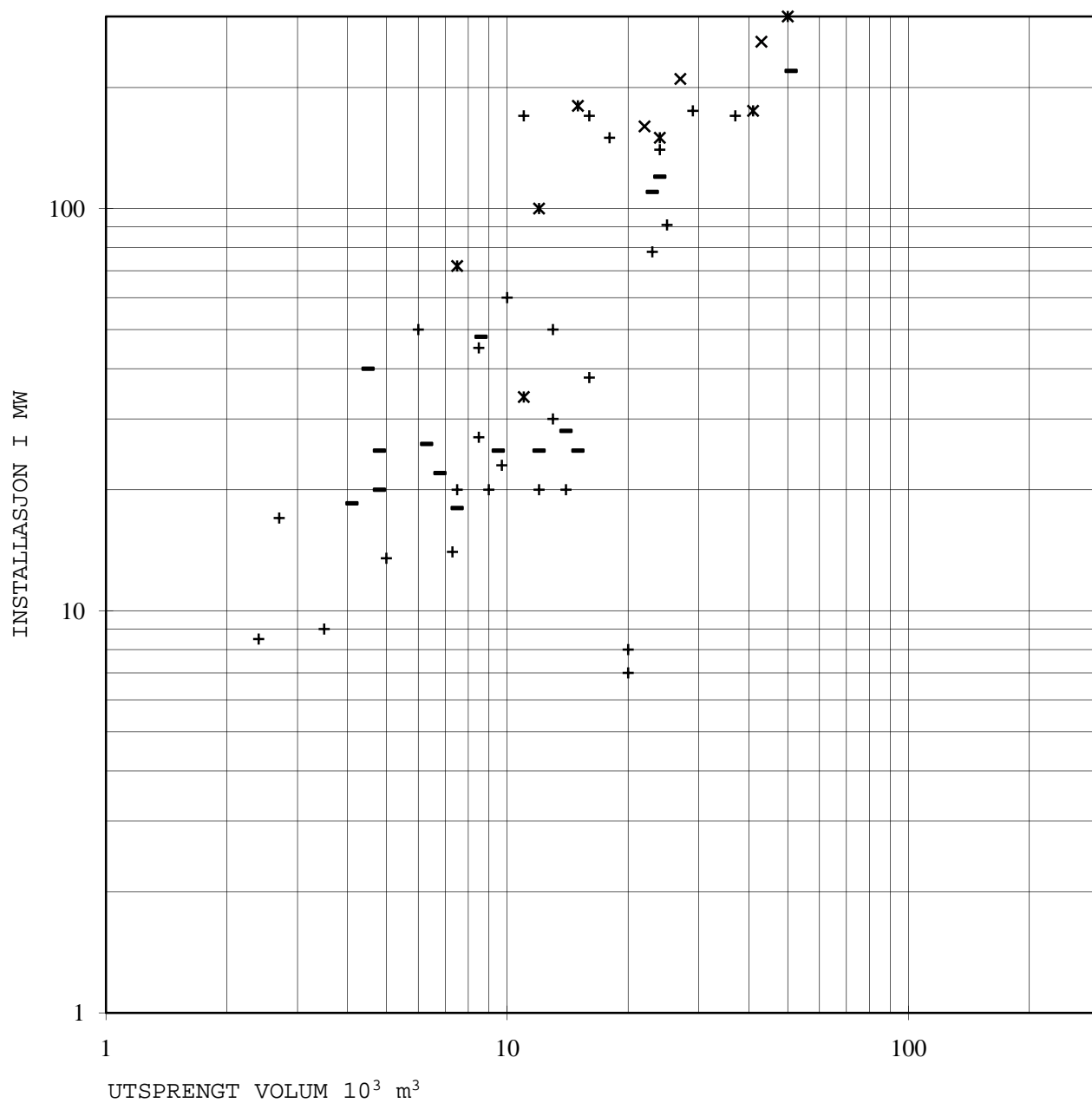
Rigg og drift av byggeplass medtatt med 30 % av (1+2+3).

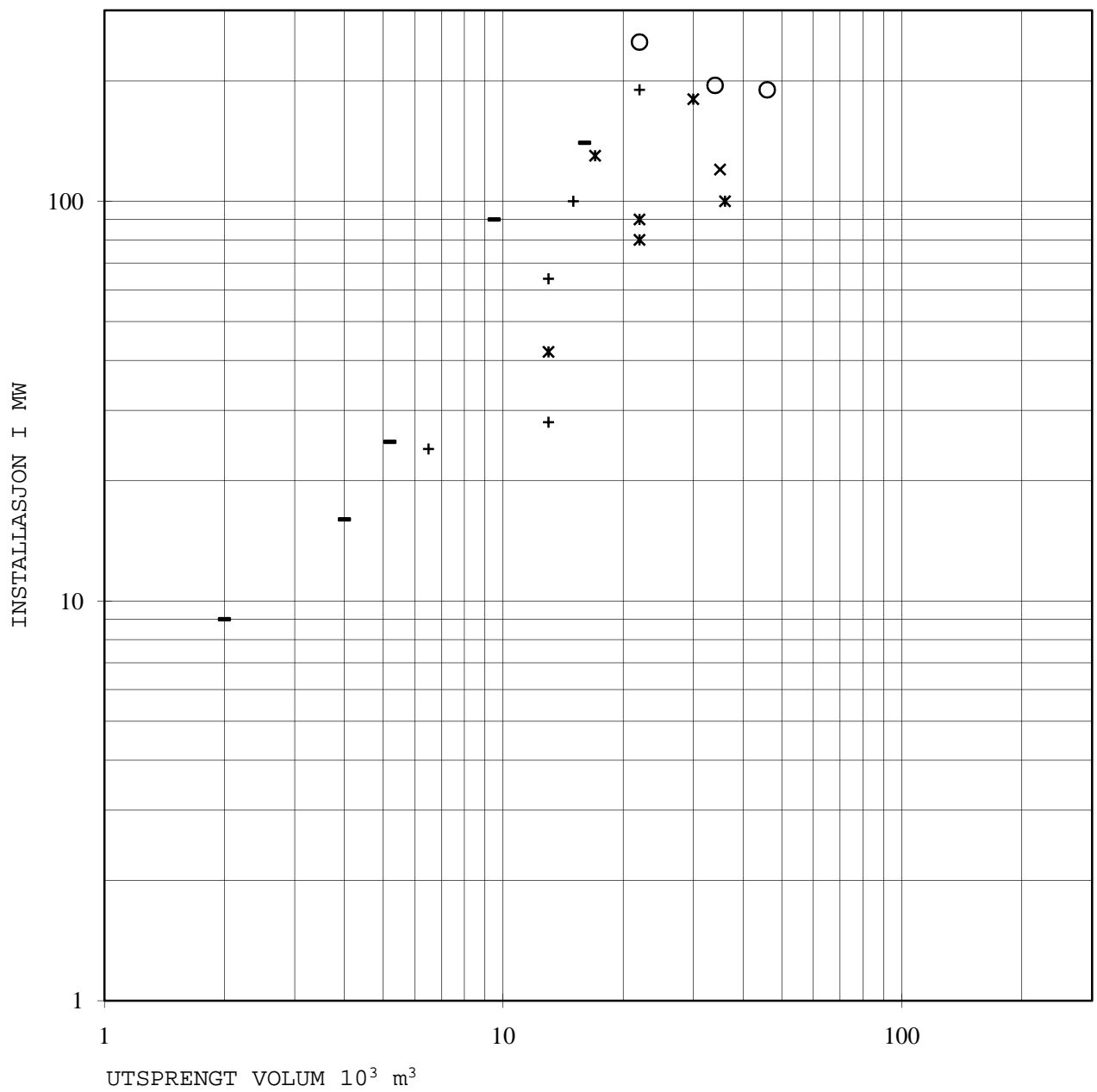
8. Prisnivå

Kostnadene er gitt i prisnivå januar 2010.

9. Usikkerhet

Usikkerhet i kostnadene kan settes lik $\pm 30\%$.





ANMERKNINGER:

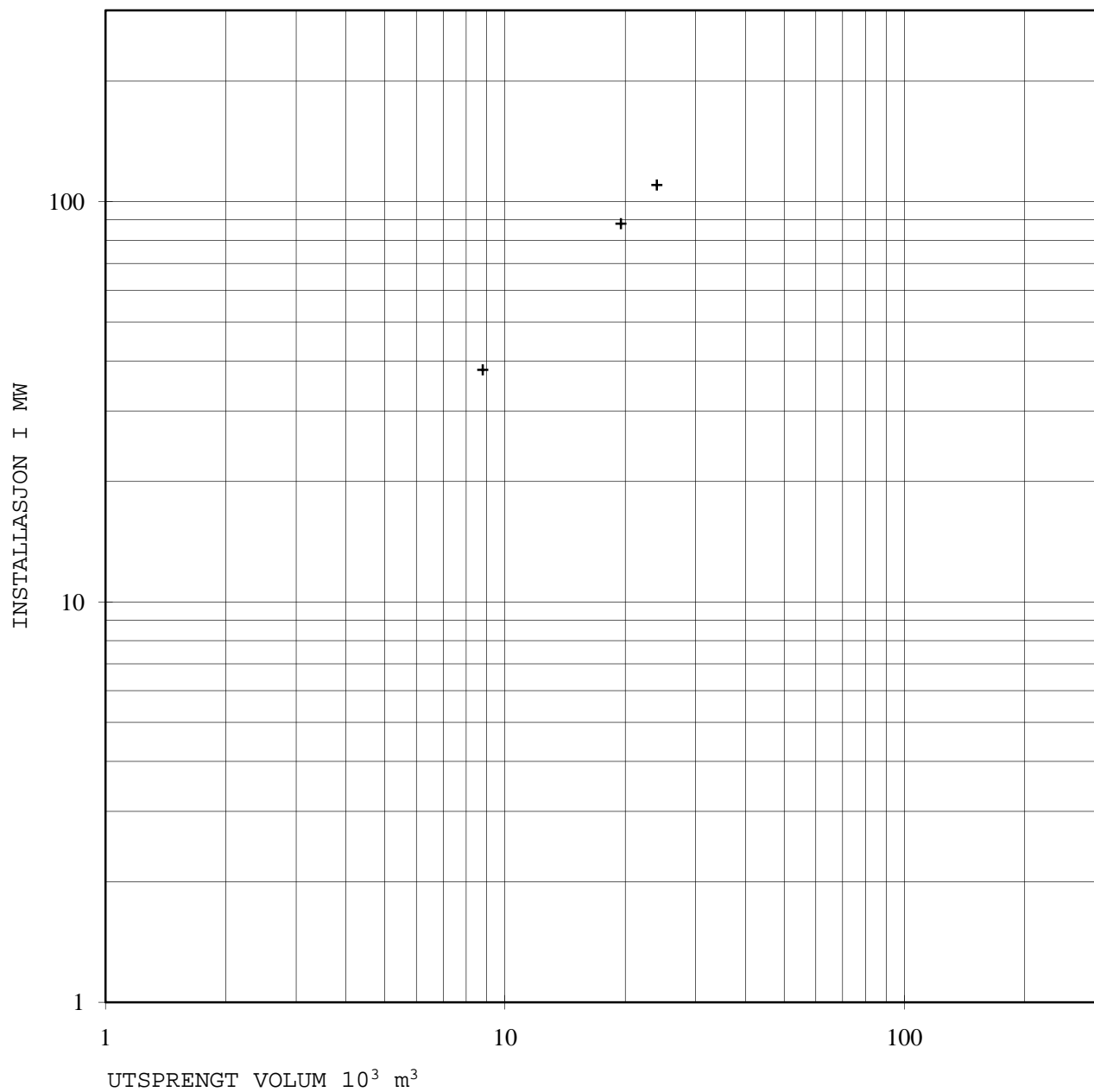
- 1 aggregat
- + 2 aggregat
- * 3 aggregat
- x 4 aggregat
- o over 4 aggregat



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

PELTON AGGREGAT
SPRENGNINGSVOLUM MOT YTELSE

Fig. B.10.2
01.01.10



ANMERKNINGER :

+ 2 aggregat

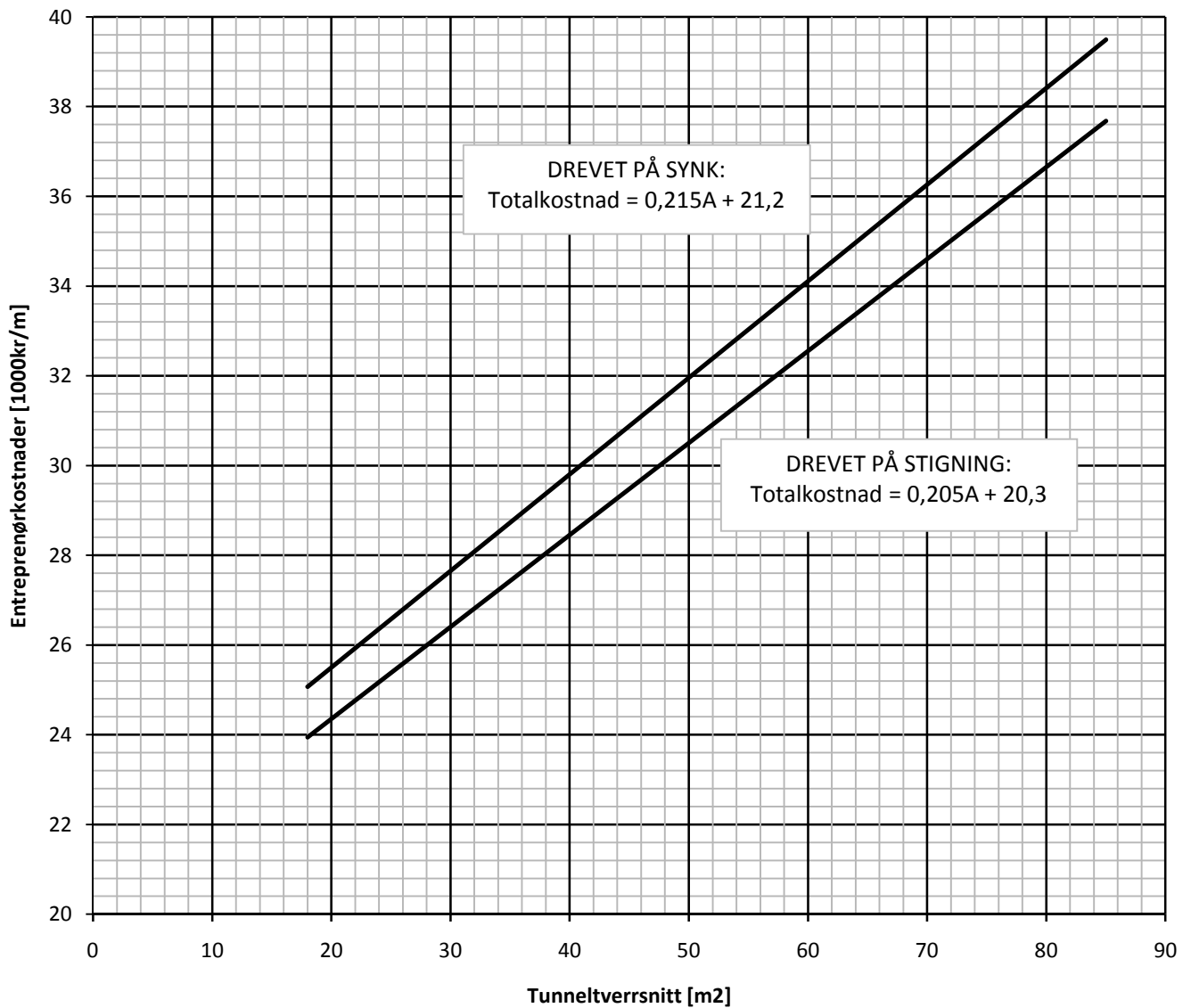


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

KAPLAN AGGREGAT
SPRENGNINGSVOLUM MOT YTELSE

Fig. B.10.3
01.01.10

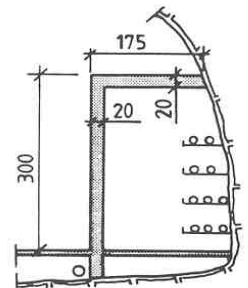


ANMERKNINGER:

1. Prisenivå januar 2010
2. Forutsatt fjell av middels borbarhet.
3. Avstand påhugg-tipp: 600m.
4. Sikringsarbeider inkludert (sprutbetong hele veien).
5. Rigg og drift er inkludert med 30% av grunnpris og sikring.
6. Diverse og uforutsett er inkludert med 10% av grunnpris og sikring.
7. Kabelkanal i betong lagt som forttau er inkludert med kr 3500 kr/lm.

8. Evt. tillegg for gangbar skjermet kabel og ventilasjonskulvert vil grovt sett koste 12 000 kr/lm.

Gangbar skjermet kabel- og ventilasjonskulvert:



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**ADKOMSTTUNNEL OG KABELKULVERT
ENTREPRENØRUTGIFTER**

**Fig. B.10.4
01.01.10**

B.11 KRAFTSTASJONER I DAGEN

B.11.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet

Kapitlet gir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig påregnelige kostnader for de bygningsmessige arbeider for kraftstasjon i dagen.

Omkostningene for kraftstasjoner i dagen er i all hovedsak basert på erfaringstall. Det må sies at disse erfaringstall spriker mye. Dette fordi det er stor forskjell på kraftstasjoner både av hensyn til beliggenhet, størrelse og generell bygningsmessig standard.

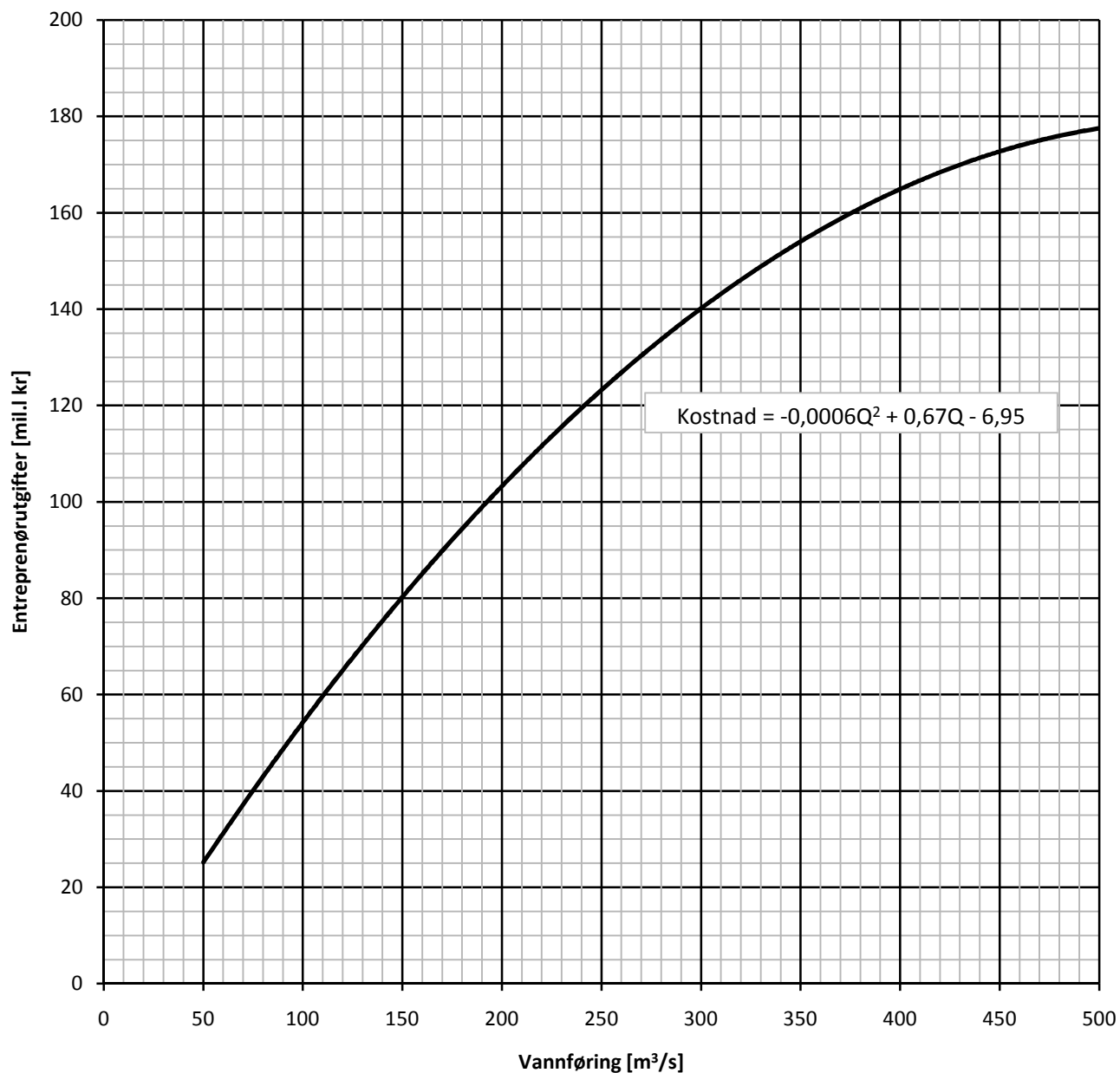
Det er for kurven i figur B.11.1 tatt utgangspunkt i kraftstasjoner med ett kaplanaggregat. Fallhøyde vil være i området 10-30m. Bestemmende for bygningstekniske kostnader vil for slike anlegg være slukeevne i mye større grad enn ytelse i MW da trykket spiller liten rolle for de bygningstekniske konstruksjoner. Det er inkludert en kort tilløps- og avløpskanal. Eventuelle tillegg for fangdammer damkonstruksjoner etc. er ikke medtatt.

B.11.2 Kostnadselementer

Prisgrunnlaget omfatter entreprenørens utgifter ved de bygningsmessige arbeider.

Grovt sett er følgende enhetspriser lagt til grunn i kalkulasjonen:

- Masseflytting	80 kr/m ³
- Sprengning, opplasting og transport	150 kr/m ³
- Forskaling	1.100 kr/m ²
- Armering	16.000 kr/tonn
- Betong	2.000 kr/m ³
- Innredning etc. (av overstående poster)	20 %
- Rigg og drift av byggeplass	30 %



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Inkludert inntak og betongtromme for vertikal kaplanturbin.
3. Forutsetter:
 - Fall på 15 - 40 m
 - 1 stk. aggregat
 - stasjon i dagen
 - rigg og drift inkludert
 - eksklusiv kostnader for damanlegg



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

LAVTRYKKSANLEGG I DAGEN
BYGGNINGSTEKNISKE KOSTNADER

Fig. B.11.1

01.01.10

B.12 TRANSPORTANLEGG

B.12.1 Anleggsveier

Byggekostnadene for anleggsveier vil ha et meget stort variasjonsspekter avhengig av terrengforhold.

Som rettesnor for vurdering av slike kostnader angir vi følgende totalkostnader for anleggsveier (kr/lm):

	Høy standard	Lav standard
Lett terreng	1.000	500
Normalt terreng	1.500	1.000
Vanskelig terreng	2.000	1.500

Broer er ikke medregnet i disse kostnadene. Kostnaden for normale, mindre broer (spennvidde opp til 6 m) kan settes lik 20 000 kr/m² kjørebane (broflate).

Årlige vedlikeholdskostnader for anleggsveier under anleggets drift kan settes lik 10 % av byggekostnadene.

Usikkerheten i kostnadsoverslaget bør settes lik ÷ 50 % til + 100 %.

B.12.2 Betongtransport på vei

Inkludert i de normale betongkostnadene er transport fra blandeverk til støpede innen en avstand lik 5 km.

Ved avstand utover 5 km økes kostnadene med 8 kr/km/m³ betong.

B.12.3 Helikoptertransport

B.12.3.1 Generelt

Utgifter til helikoptertransport vil variere med en rekke forskjellige forhold.

I det følgende er det oppgitt både gjennomsnittskostnader og en del nøkkeldata slik at kostnadene kan beregnes på et felles grunnlag der en kjenner anleggsforholdene mer i detalj.

De angitte kostnadene er totale ekstrakostnader som påløper pga. helikoptertransport.

Tabell B.12.3.A. Betongtransport m/helikopter. Gjennomsnittlig transportkapasitet

Avstand i km (en vei)	Transportvolum, m ³ betong/ time	
	Helikopter med lasteevne ca 3 tonn	Helikopter med lasteevne ca 1 tonn
1	12	6,5
5	7,5	3,1
10	4,0	1,7
15	3,0	1,3

Tabell B.12.3.B. Helikopter flytider

T/R-tider ved normale transportforhold

Avstand i km (en vei)	Normal last (min.)	Betongtransport (min.)	Brakketransport (min.)
1	3	4	6
5	7	8	10

Ved lengre avstander økes flytiden med 1 min/km.

Høydedifferanse inntil 15 % av avstand er inkludert i tabellen. Ved større høydedifferanser kan flytid beregnes ved å legge 0,5 km til avstand pr ekstra 100 m høyde.

B.12.3.2 Transportpriser for helikopter

Helikoptertransport benyttes både til transport av materialer og personell. Pris for et transportoppdrag fremkommer som sum av pris for flygning tur/ retur helikopterbasen og utgangspunktet for oppdraget, pluss flygninger innen anleggsområdet. Hastigheten ved langdistanseflygning uten last kan settes til 200 km/t. Ved betongflygning kan hastigheten settes til 60 km/t.

Prisen angis i kr pr. time effektiv flytid og er i prinsippet lik for tilflygning og for flygning innen anleggsområdet. Ofte vil det være mulig å oppnå rabatt på tilflygningen.

Det benyttes normalt helikopter med lasteevne fra ca. 1 tonn til ca 3 tonn. De forskjellige selskaper tilbyr forskjellige maskiner fra forskjellige baser. Det er også flere typer maskiner som tilbys med lastekapasitet mellom de som er angitt her. Generelt blir prisen pr tonn relativt lik uansett valg av maskin.

Arbeider som utføres med bruk av helikopter vil normalt bli betydelig mer kostbare. Avsides beliggenhet med transport av både mannskap og materialer med helikopter gir høye enhetspriser. Prisene øker normalt vesentlig mer enn transportprisen oppgitt av helikopterselskapet.

Det foreslås benyttet følgende enhetspriser for slike arbeider:

- Forskaling 2000 kr/m³
- Armering 20.000 kr/tonn
- Betong 8.000 – 10.000 kr/m³
- Rigg og drift 30 % i tillegg på mengdeposter

Priser på ren helikoptertransport som oppgitt av helikopterselskap uten entreprenørens påslag er gitt i tabellen nedenfor.

Tabell B.12.3.C. Helikopterleiekostnad

Type	Leiekostnad kr/ driftstime	Lastekapasitet
Liten maskin	13.000	ca 1,0 t
Stor maskin	48.000	ca 3,0 t

B.13 KANALER

B.13.1 Generelt

Kanaler benyttes normalt der det ikke ligger til rette for tunneldrift. Det er i liten grad benyttet kanaler i større omfang ved norske kraftanlegg. Det benyttes både kanaler i fjell og i løsmasser samt også i kombinasjon fjell/løsmasser.

Avgjørende for om kanal er et aktuelt alternativ vil være kanalenes totale dybde fra terrengoverflate til bunn. For kanaler i løsmasse hvor det forsiktig er regnet med kanalskråninger med helning 1:2 vil kanalbredden fort bli betydelig dersom kanalen er dyp. I fjell hvor det er regnet med steile (5:1) sider får dybden liten betydning for bredden. For kanaler i løsmasse kan sideskråningen strammes opp, men dette kan føre til økte krav til plastring.

For kanaler i løsmasser vil vannhastighet og krav til plastring være av betydning for utførelsen. Her er det forutsatt en 0,5 m tykk plastring i hele kanalen, dvs. både bunn og sideskråninger.

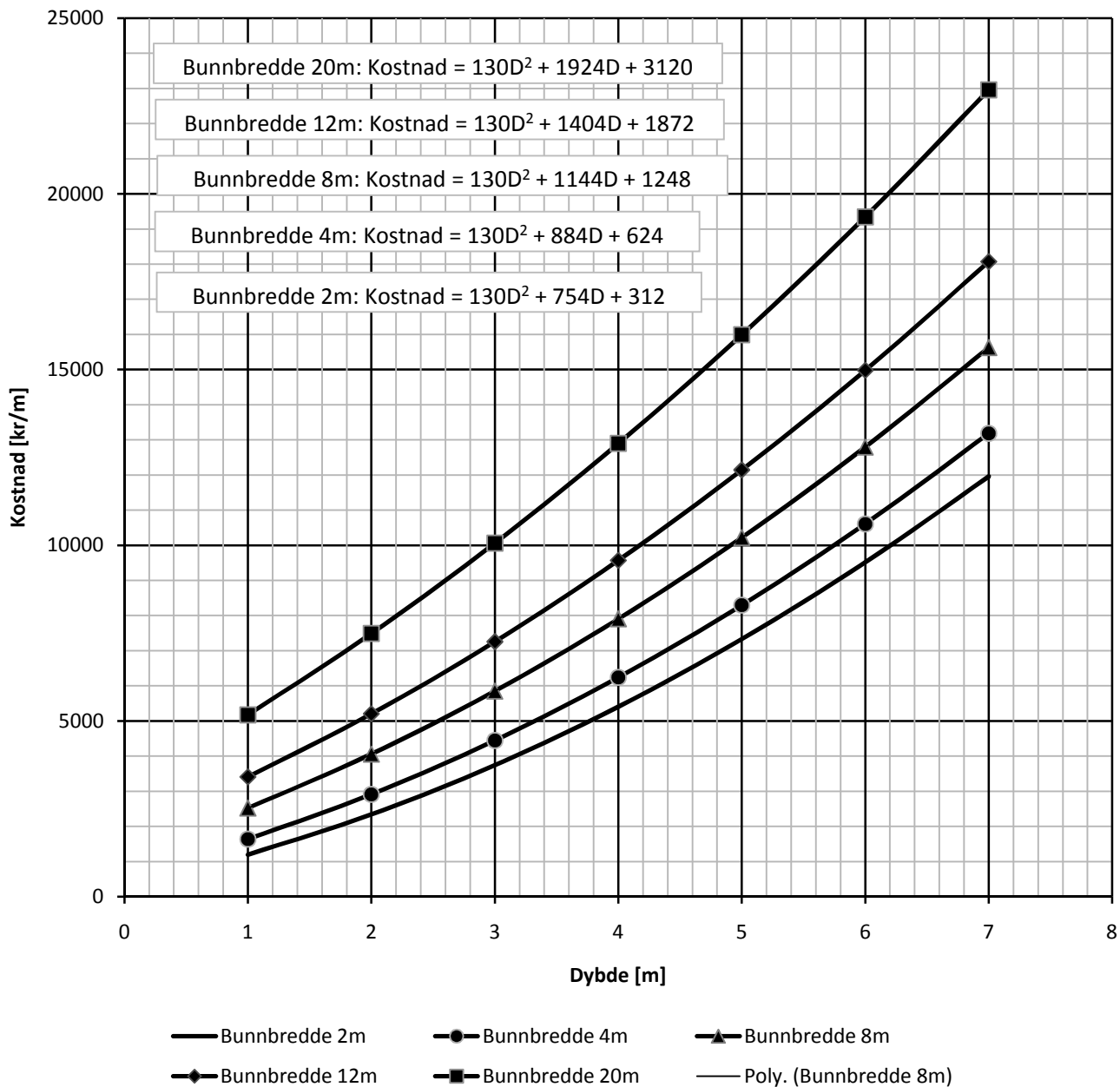
For kanaler i fjell er det i praksis ingen begrensning på hastigheten. Av hensyn til falltapet når kanalen er en del av vannveien til et kraftverk, bør imidlertid kanalen dimensjoneres slik at hastigheten blir liggende i området 1,5-1,0 m/s.

Priser på kanaler vil i stor grad være avhengig av kanalens størrelse og entreprenørens muligheter til å få en rasjonell produksjon på sitt utstyr. Det er her regnet med priser for utførelse av et større kanalanlegg med tipp i rimelig nærhet.

Følgende priser er benyttet:

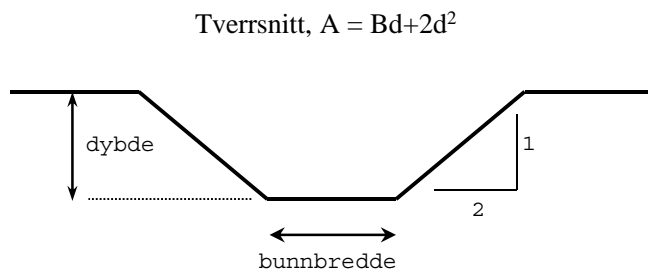
- Masseflytting	50 kr/m ³
- Sprengning, opplasting og transport	240 kr/m ³
- Plastring	120 kr/m ²
- Rigg og drift	30 %

Figurene B.13.1 og B.13.2 viser kanalpriser pr. m for kanaler med forskjellig bunnbredde og dybde målt fra terrengoverflaten. For kanaler i fjell er det regnet med sideskråninger 5:1 og for løsmassekanaler sideskråninger 1:2.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010.
2. Inkludert enkel plastring av bunn og side skråning med et 0,5 m tykt lag plastringsstein.
3. Forutsetter:
 - Sideskråninger 1:2
 - Rigg og drift inkludert

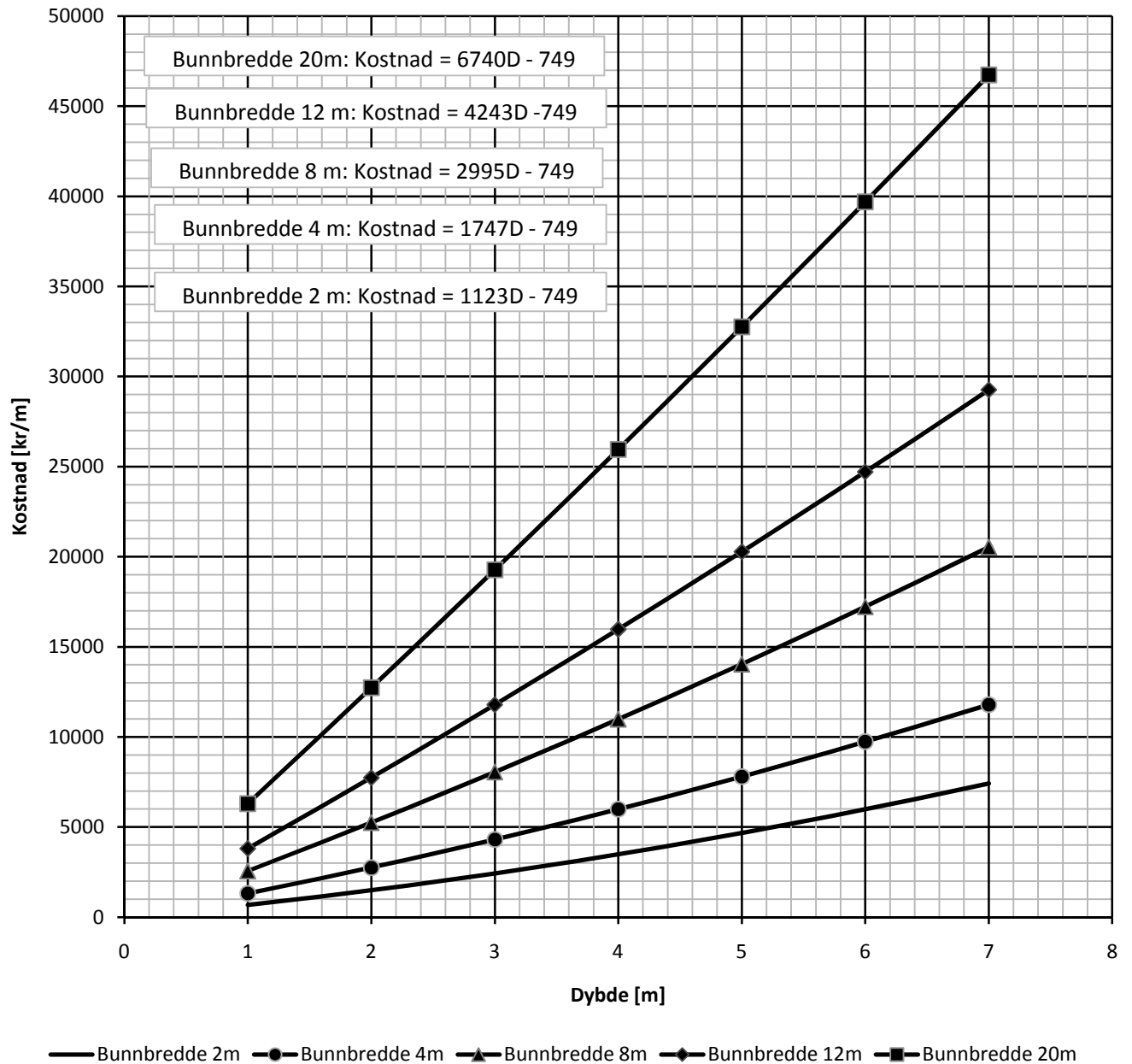


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KANAL I LØSMASSE
ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. B.13.1

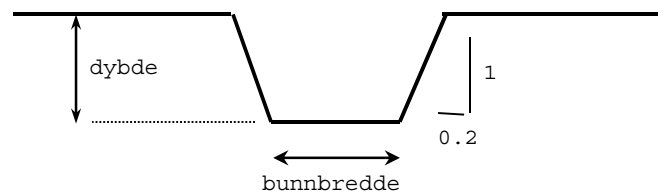
01.01.10



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Forutsetter:
 - Sideskråninger 5:1
 - Rigg og drift inkludert

Tverrsnitt, $A = Bd + 0,2d^2$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KANAL I FJELL
ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. B.13.2

01.01.10

E ELEKTROTEKNISKE ARBEIDER

E.0 GENERELT

E.0.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet

Kapitlet gir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig påregnelige kostnader for elektrotekniske installasjoner i kraftstasjoner og transformatorstasjoner.

Med "gjennomsnittlig" menes at de virkelige kostnader kan avvike fra estimatet med $\pm 10-20\%$.

Ved innhenting av tilbud på komponenter som generatorer, transformatorer, apparat og kontrollanlegg samt høyspenningsapparater, kan prisene fra ulike leverandører variere med 0 -15 % på samme tidspunkt. I tillegg kan prisene variere over tid pga. markedsforhold og endringer i lønn, råvarer og valuta. Til sammen danner dette et nokså komplisert bilde. Vi har benyttet budsjettpriiser og priser for oppnådde kontrakter i perioden 2005 - 2010, dvs. de mest konkurransedyktige prisene i markedet.

E.0.2 Forutsetninger for bruken av prisunderlaget

De oppgitte priser skal være en støtte for planleggere i en tidlig prosjektfase, der en foretar en grovvurdering av lønnsomheten, og utreder alternative tekniske løsninger.

Prisunderlaget må ikke oppfattes som fasitsvar; da det enkelte anlegg vil ha sine særegenheter som vanskelig kan dekkes av en generell kalkyle. Før det tas beslutning om utbygging, må en foreta en nøyaktigere kostnadsvurdering av det enkelte prosjekt, der oppdaterte priser hentes inn fra markedet. Markedsprisen har frem til 2010 vært preget av generell usikkerhet i verdensøkonomien, men de innkommende tilbudene viser at prisen på elektrotekniske komponenter er stigende.

E.0.3 Kostnadselementer

Prisgrunnlaget omfatter generelt leverandørens materiellpris levert fra fabrikk, inkludert ingeniørarbeid og rutinemessige overleveringsprøver.

Videre inkluderes:

- Kostnader for transport og forsikringer til vilkårlig anleggssted i Norge
- Kostnader for montasje av utstyret
- Kostnader for utprøving på anlegg og idriftsettelse

I de følgende kapitler presenteres kostnader for følgende anleggsdeler:

- Generatorer
- Transformatorer
- Høyspent koplingsanlegg
- Kontrollanlegg
- Hjelpeanlegg
- Kabler
- Kraftlinjer

I hvert kapittel er det gjort nærmere rede for grunnlaget for kostnadsestimatene.

I kapittel 8 har en framstilt de totale kostnader for elektrotekniske anlegg som funksjon av generatorytelse, basert på forenklete forutsetninger om anleggets utførelse.

E.0.4 Kostnader som ikke er med

Følgende kostnader er ikke med i underlaget, men må tas med i samlet overslag:

- Merverdiavgift (24 %)
- Renter i byggetiden. Denne posten vil avhenge av rentenivået, byggeperiodens lengde og utbetalingstidspunktene. Renter i byggetiden kan være en betydelig post på 10-15 % av totalkostnaden for utbyggingen.
- Planlegging og administrasjon
- Montasjeoppfølging og kvalitetskontroll.

Følgende mer beskjedne byggherreutgifter er heller ikke med:

- Fri kraft til montasjearbeidene
- Plass for mellomlagring av materiell
- Sjauerhjelp og leie av mobilkran og lignende under montasjen

Dersom det er ønskelig å inkludere de nevnte tilleggene i kalkylen, har vi søkt å tallfeste tilleggene som prosentvise påslag til sum komponentpris. Prisene som finnes fra de etterfølgende kapitler multipliseres med en faktor på ca. 1,12 som består av:

- Renter i byggetiden 9 % (5-6 % rente, jevn utbetaling over 3 år)
- Planlegging, administrasjon og oppfølging på anlegget: 3-5 % avhengig av anleggets størrelse. For store anlegg regnes 3 %, for små anlegg 5 %.
- Diverse mindre byggherreutgifter: ca. 2 %

E.0.5 Prisnivå

Kostnadene er gitt i prisnivå pr. januar 2010. Oppdatering av priser fra nivået i januar 2005 er basert på budsjettpriser og oppnådde kontraktspriser i samme perioden, samt indeksregulering.

Vi har i denne utgaven valgt å indeksregulere inngåtte kontraktsummer frem til januar 2010.

E.0.6 Effektfaktor ($\cos\Phi$)

Ytelsen for elektrotekniske komponenter som generatorer, transformatorer og apparater angis i MVA. I kapitlene for bygningstekniske og maskintekniske installasjoner brukes MW som mål for ytelsen. Av hensyn til sammenhengen mellom kapitlene brukes MW også for elektroteknisk materiell. Vi har antatt en fast effektfaktor ($\cos \Phi$) på 0,85. Dette medfører at den elektriske ytelsen i MVA er 18 % høyere enn den som er angitt i MW.

E.1 GENERATORER

E.1.1 Generatorer med ytelse under 10 MW

For mindre generatorer vil tekniske krav samt mengde og krav til tilleggsutstyr utgjøre en vesentlig større prismessig konsekvens enn for større generatorer. Som eksempel kan nevnes asynkron utførelse, samt helstøpt stator-utførelse. Derfor vil toleransen være tilsvarende større.

Avhengig av ytelse og turtall, vil mindre generatorer kunne bli levert i standardisert utførelse med utgangspunkt i motor-produksjon, hvor konkurransen er meget sterk fordi det er mange leverandører, hvor kostnadsnivået kan ligge opptil 1/3 lavere, men hvor kvalitetsnivået også vil være lavere, selv om det i mange tilfeller likevel er tilstrekkelig.

Ofte inngår slike generatorer i en totalleveranse, og prisen blir ikke nødvendigvis representativ selv om den er spesifisert separat.

E.1.2 Generatorer med ytelse over 10 MW

De fleste generatorene over 10 MW vil være i vertikal utførelse. De minste og hurtigste kan leveres horisontal-akslet, med et prisnivå ca. 15 % lavere.

For øvrig er prisene basert på vanlige tekniske kriterier og krav. Spesielle verdier for svingmoment eller for spenning vil få heller marginale utslag.

Prisene er basert på vanlig leveringsomfang, dvs. levert på anlegget, ferdig montert, prøvet og idriftsatt, inklusive magnetiseringsutrustning, reservedeler og tilleggsutstyr som for eksempel overvåkingsutstyr.

E.1.3 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå januar 2010. Selv om prisene til en viss grad følger inflasjonsutviklingen, vil markedets innflytelse dog være avgjørende. Det er satt en erfaringsmessig toleranse på $\pm 15\%$.

Lavt prisnivå i 2005 medfører en relativ stor prisøkning på generatorer den siste 5 års perioden. For generatorer med ytelse 10 MW til 50 MW er prisøkningen på ca. 45 %, og for generatorer over 50 MW er prisøkningen ca. 55 %.

E.1.4 Kostnader for bedre vikningsgrad

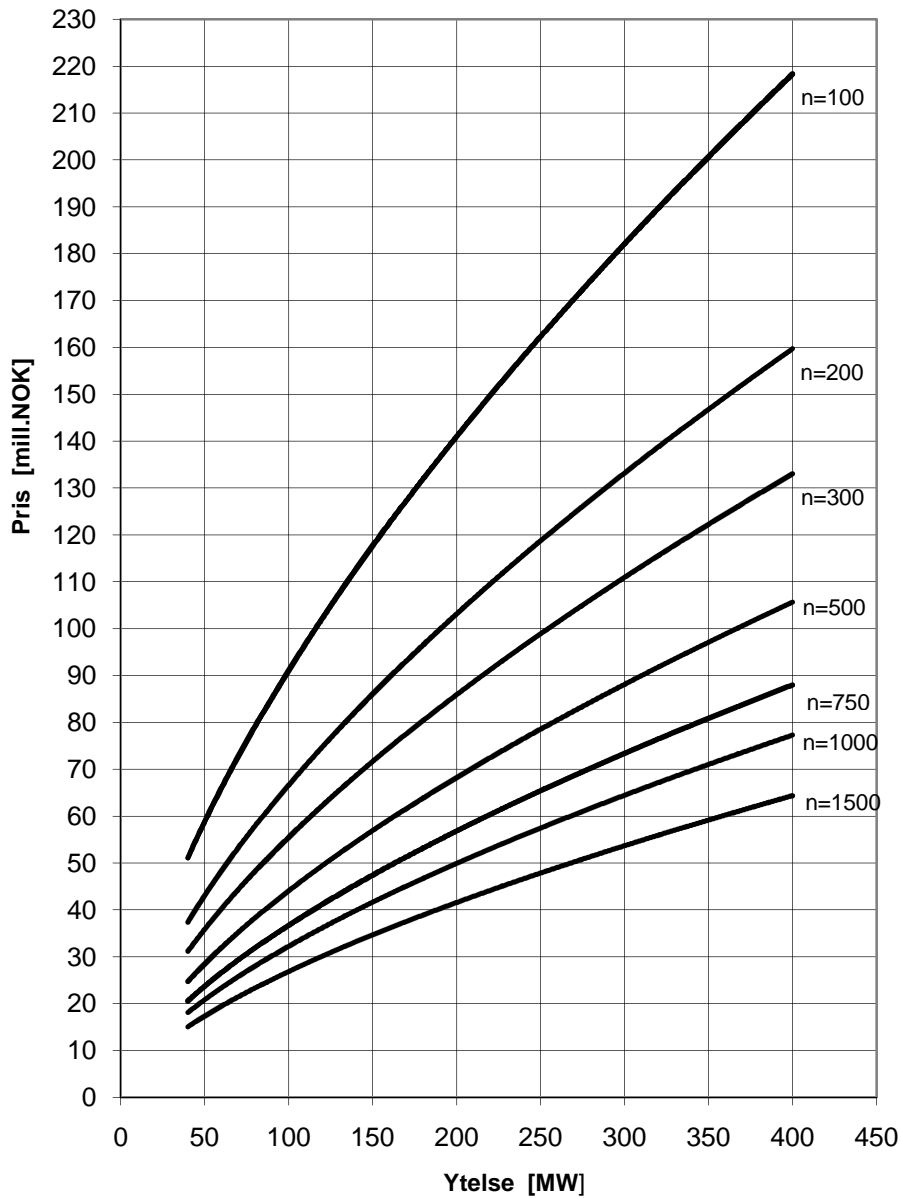
Generatorvirkningsgraden kan hovedsakelig forbedres vha. følgende to punkter:

1. Omvikling
2. Rehabilitering/ nytt kjøleanlegg

Kostnadene for omvikling av generator ligger omtrent på 10 % av kostnaden for en ny generator. Det er i dag lite aktuelt å vikle om generatorer for å forbedre virkningsgraden, da forbedringen blir marginal og kostnader ved produksjonsstans og omvikling vil være betydelig større enn den lille økningen av virkningsgraden.

Omvikling blir i dag stort sett kun gjennomført ved havari eller når viklingen ikke lenger tilfredstiller elektriske krav p.g.a. aldring.

Å forbedre kjølesystemet (nye kjølere etc.) koster marginalt i forhold til ny generator, men virkningsgradsforbedringen vil være i promilleområdet, og vil derfor gi en meget liten gevinst.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisene gjelder generator ferdig montert og idriftsatt på anlegget.
3. Toleranser + /- 15%.
4. $\cos(j) = 0,85$

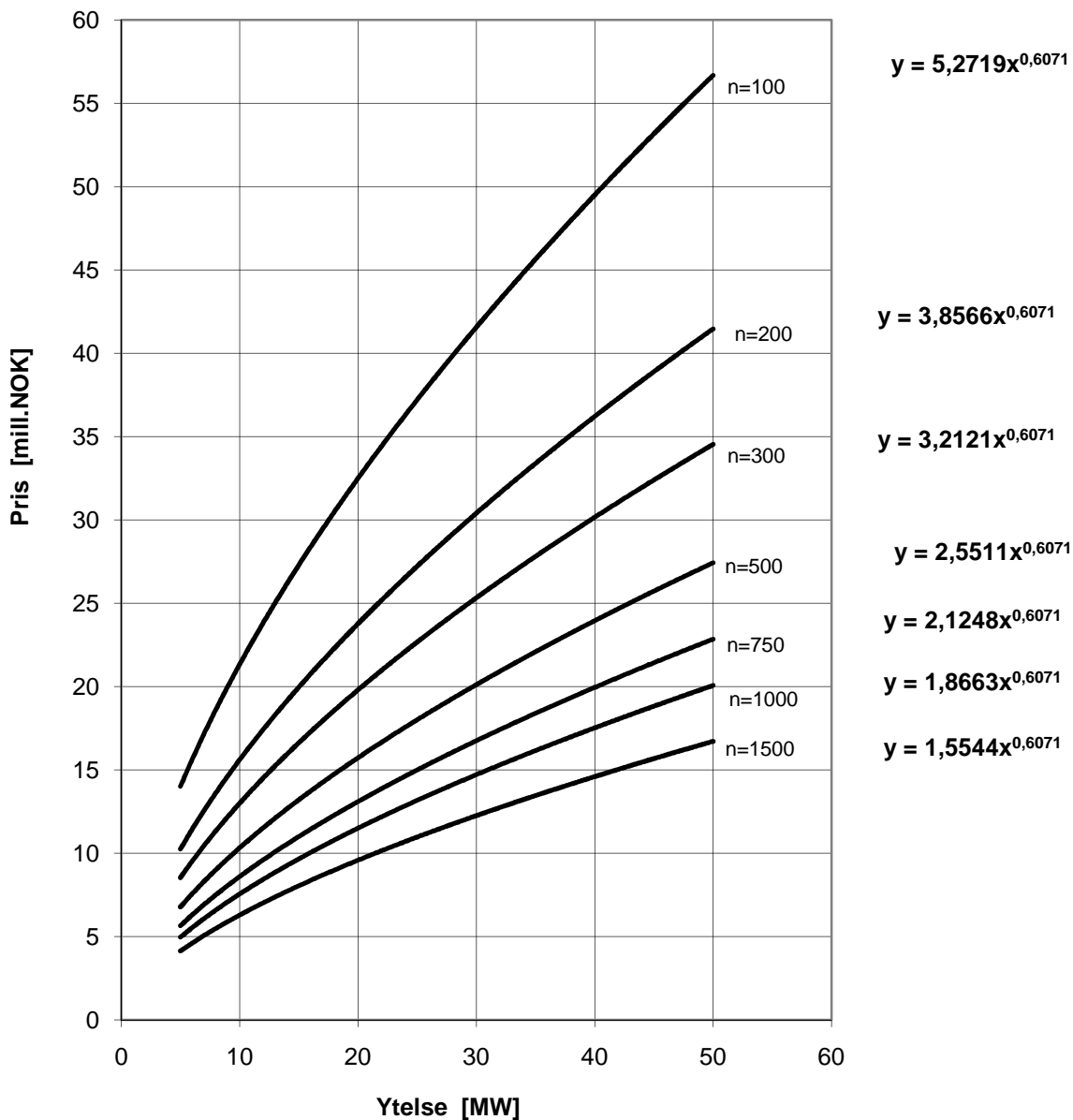


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GENERATORPRISER

Fig: E.1.1a
01.01.2010

NVE



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisene gjelder generator ferdig montert og idriftsatt på anlegget.
3. Toleranser + /- 15%.
4. $\cos(j) = 0,85$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GENERATORPRISER

Fig:E.1.1b
01.01.2010

N V E

E.2 TRANSFORMATORER

E.2.1 Omfang

Prisene gjelder for kraftransformatorer/generatortransformatorer for alle verdier for høyspenningsuttaket, fordi den verdien ikke alltid er kjent. Erfaringsmessig følger dette noenlunde enhetsytelsen og utgjør mindre enn den øvrige toleransen som skyldes markedsforholdene.

Tilleggsutstyr er inkludert i rimelig grad med for eksempel lastkobler. For større enheter vil likevel også tilleggsutstyret utgjøre mindre enn den øvrige toleransen som skyldes markedsforholdene.

E.2.2 Prisnivå

Her gjelder de samme betraktninger som for generatorers prisnivå, med unntakelse av følgende:

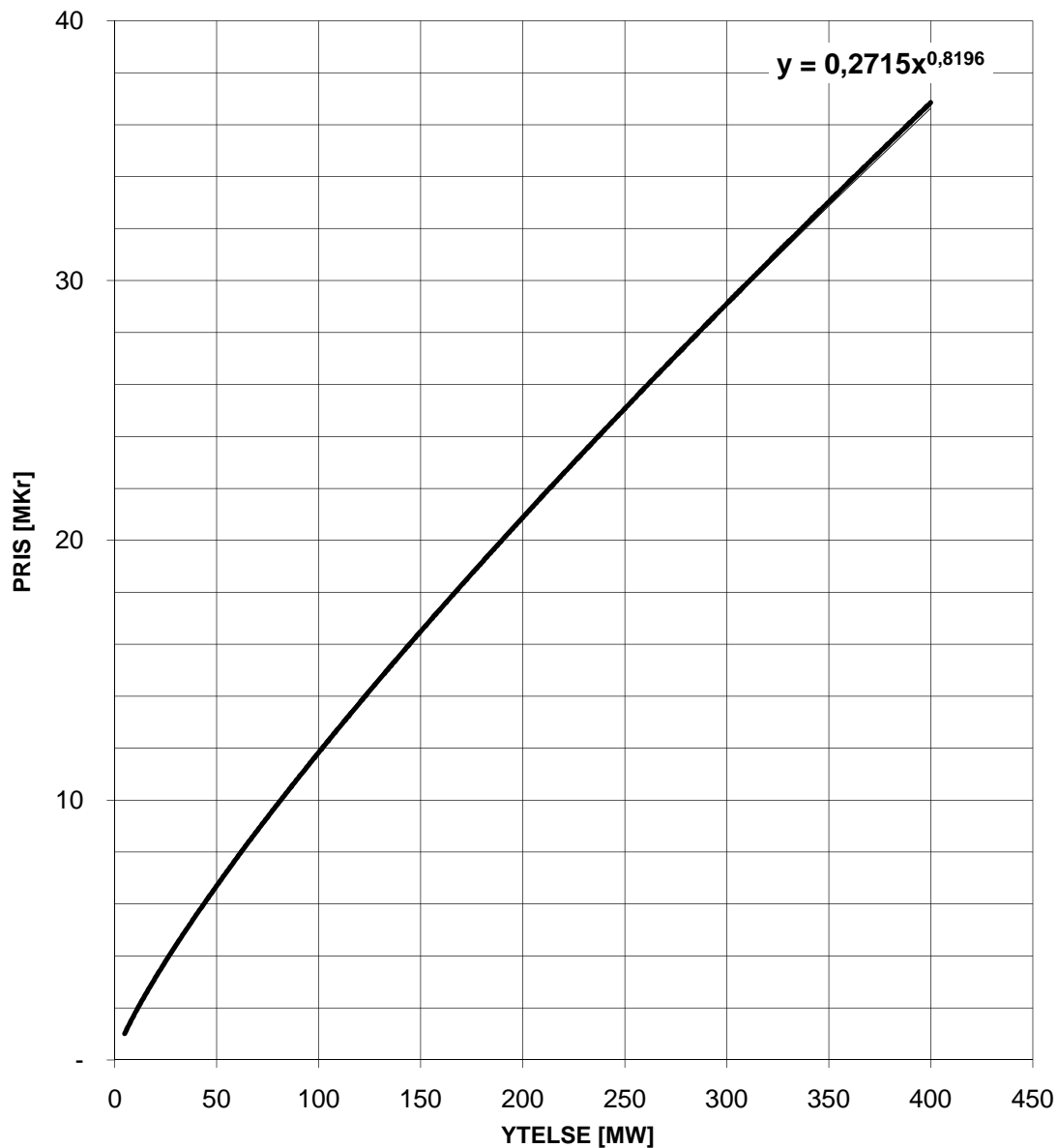
Krafttransformatorers priser er i noe større grad enn for generatorer avhengige av leverandørvalg, fordi leverandørene har spesialisert seg noe mer. Fordi det også er større forskjeller mellom leverandører når det gjelder kvalitet, og det gjerne blir et utvelgelseskriterium, bør man regne med en litt større pristoleranse enn for generatorer ($\pm 20\%$).

E.2.3 Kostnader ved å bedre virkningsgraden

Transformatorvirkningsgraden kan hovedsakelig forbedres ved hjelp av omvikling.

Kostnadene for omvikling av transformatorligger ligger omtrent på 60 – 80 % av kostnaden for en ny transformator. Det er i dag lite aktuelt å vikle om transformatorer for å forbedre virkningsgraden, siden virkningsgraden på en transformator i dag allerede er meget høy og en eventuell forbedring blir marginal. Kostnader ved produksjonsstans og omvikling vil være betydelig større enn den marginale økningen av virkningsgraden.

Omvikling blir i dag stort sett kun gjennomført ved havari eller når viklingen ikke lenger tilfredsstillende elektriske krav p.g.a. aldring.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisen gjelder transformatoren ferdig montert, prøvet og idriftsatt på anlegget
3. Toleranse +/- 20 %.
4. For 3 stk. enfasetransformatorer regnes et tillegg på ca. 20%

5. $\cos(j) = 0,85$

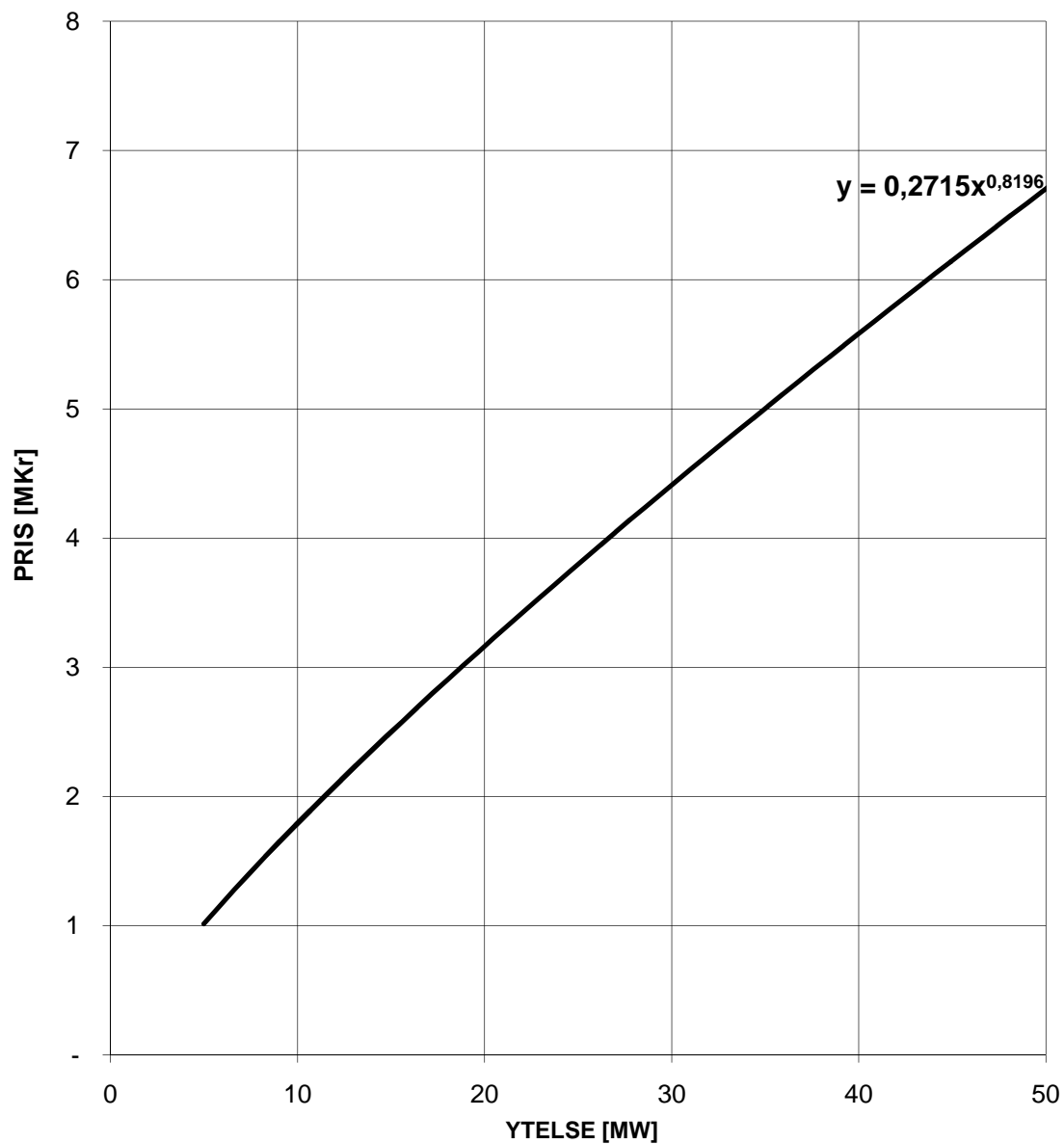


NVE

**Norges
vassdrags- og
energidirektorat**

TRANSFORMATORPRISER

Fig. E.2.1.1a
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisen gjelder transformatoren ferdig montert, prøvet og idriftsatt på anlegget
3. Toleranse +/- 20 %.
4. For 3 stk. enfasetransformatorer regnes et tillegg på ca. 20%

5. $\cos(\varphi) = 0,85$

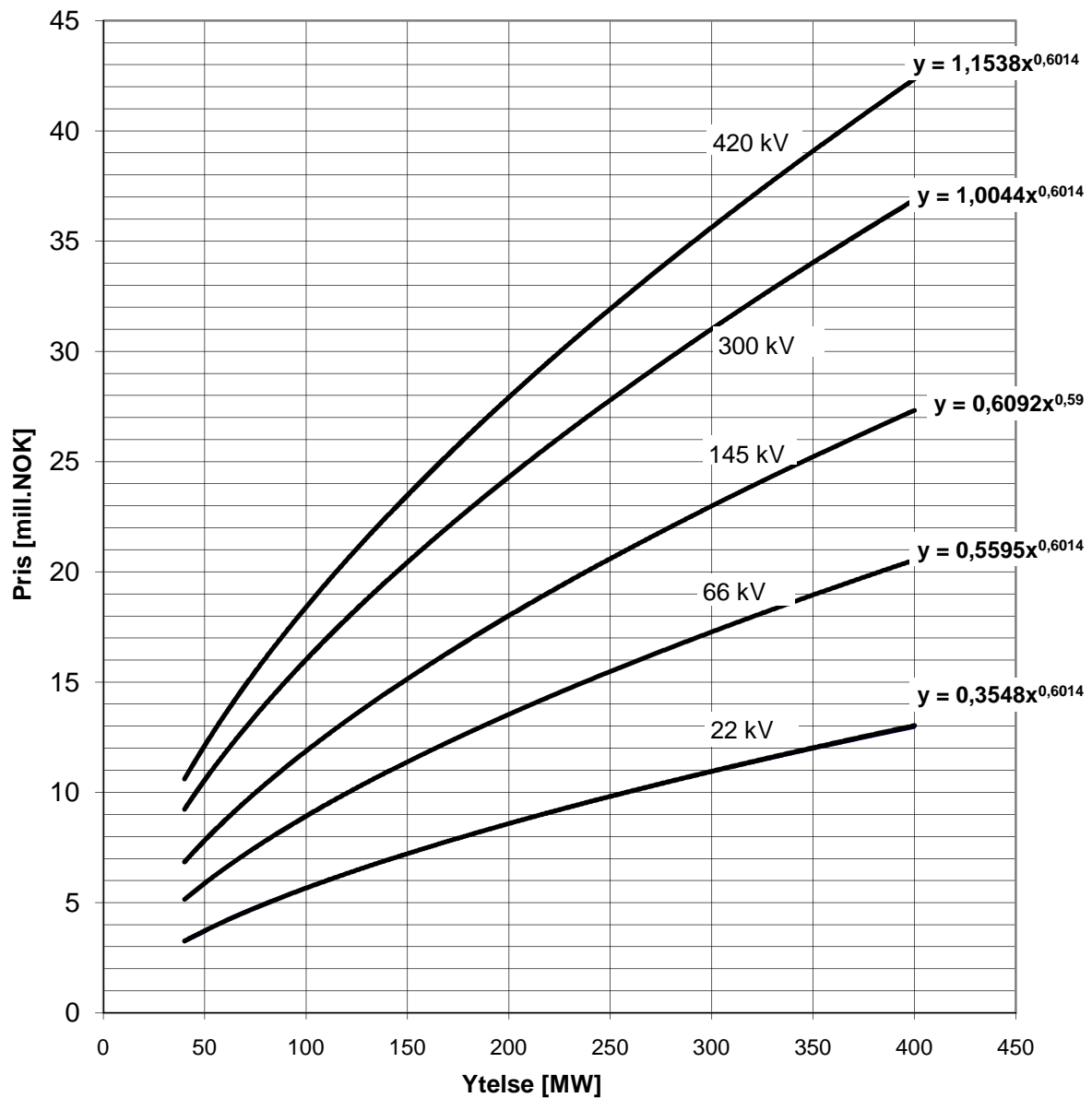


NVE

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TRANSFORMATORPRISER

Fig. E.2.1.1b
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisen gjelder transformatoren ferdig montert, prøvet og idriftsatt på anlegget
3. Toleranse +/- 20 %.
4. For 3 stk. enfase transformatorer regnes et tillegg på ca.10%

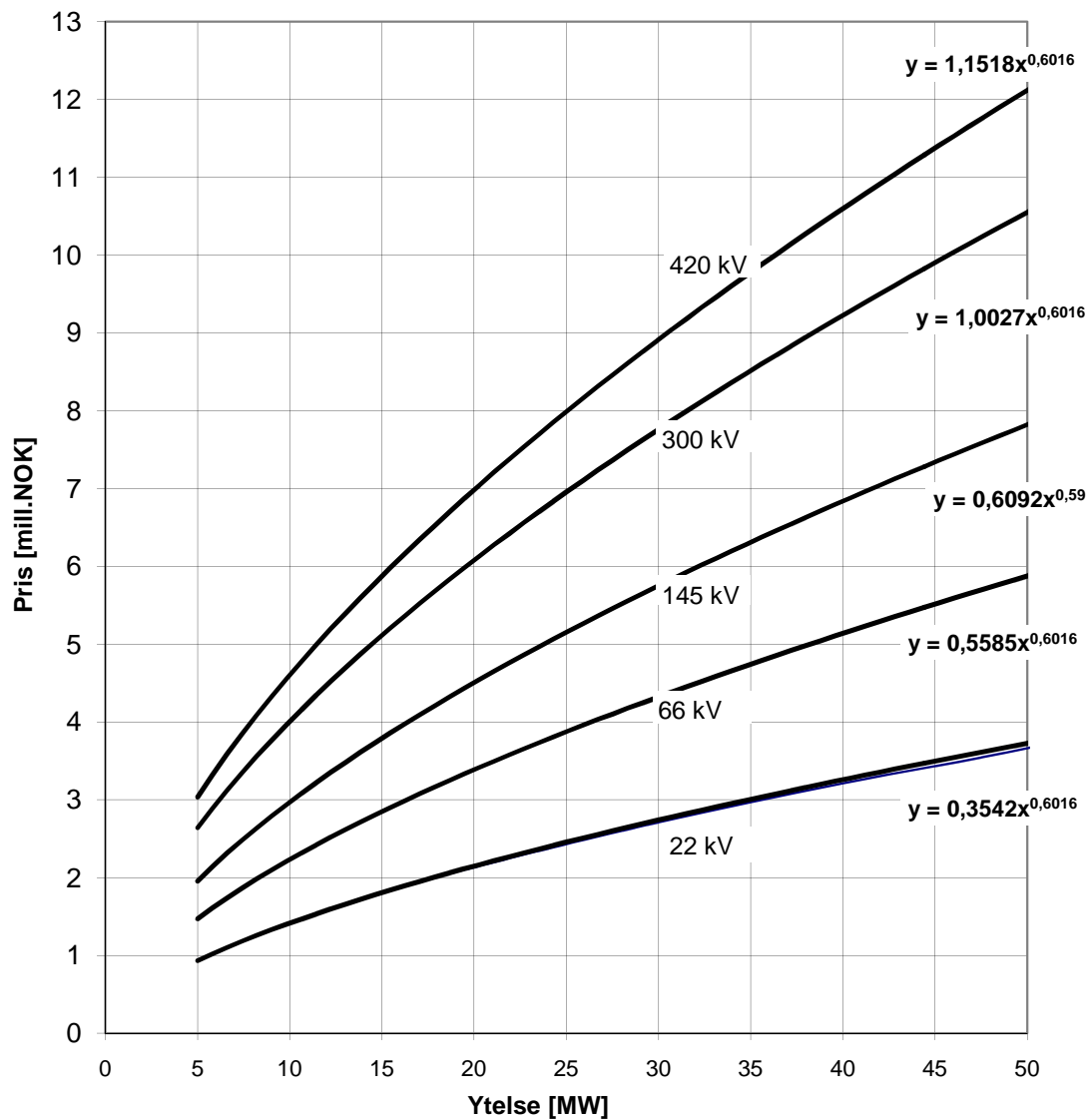
5. Cos(j) = 0,85



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TRANSFORMATORPRISER

Fig. E.2.1.2a
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisen gjelder transformatoren ferdig montert, prøvet og idriftsatt på anlegget
3. Toleranse +/- 20 %.
4. For 3 stk. enfase transformatorer regnes et tillegg på ca.10%

5. $\cos(j) = 0,85$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TRANSFORMATORPRISER

Fig. E.2.1.2b
01.01.2010

E.3 HØYSPENT KOPLINGSANLEGG

E.3.1 Omfang

Omfanget, og dermed kostnadene, for det høyspente koplingsanlegget ved en kraftstasjon kan ikke angis uten kjennskap til behovet for utgående linjer og antall aggregater. Spenningsnivå og type av koplingsanlegg innvirker også på prisen.

Koplingsanlegget kan leveres i ulike varianter tilpasset kundens behov og anleggets beskaffenhet. Rapporten inneholder priser for de viktigste hovedtypene innen hvert spenningsnivå.

E.3.2 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå januar 2010.

Prisene baseres på oppdaterte kontrakter i perioden 2005 - 2010, samt innhentede budsjettpriser fra leverandører. Videre baserer prisene seg på bestykningen i.h.t. prinsippskjema for mindre til middels stor stasjon vist på fig. E3.1.

En nøyaktig sammenlikning av priser er vanskelig, da leveringsomfanget varierer fra anlegg til anlegg. Det kan være en eller to effektbrytere pr felt, egne koplingsbryterfelt, varierende antall skillebrytere, avledere og måletransformatorer. Varierende grunn- og terrengforhold kan også slå ut på bygningsmessige grunninvesteringer, som er inkludert i feltprisene. Prisene for konvensjonelle anlegg er justert opp bortsett fra 66 kV anlegg, hvor det ikke er registrert endring i pris. For SF6 anlegg er pris på 132 kV redusert og 300/400 kV beholdt uforandret i forhold til prisnivå for 2005.

E.3.3 Medtatte/ikke medtatt kostnader

Pristabellene gjelder for ett komplett felt med effektbryter, skillebryter, måletransformatorer og overspenningsavledere, ferdig montert, prøvet og idriftsatt på anlegget. Spenningstransformatorer og jording på samleskinner er inkludert. Bygningsmessige og elektrotekniske grunninvesteringer er inkludert.

E 3.4 Valg av koplingsanlegg

Innendørs/utendørs konvensjonelt koplingsanlegg

For spenningsnivå fra 11 kV og opp til 66 kV vil det være praktisk og økonomisk å benytte standardiserte høyspentceller for innendørs montasje.

Fra 132 kV og oppover er det vanlig å bygge koplingsanlegget som konvensjonelt friluftsanlegg.

Enkel/dobbel samleskinne

Dobbelt samleskinne vil koste noe mer, men gir mulighet for mer fleksibel drift. Ved reparasjoner kan en også legge driften over til den andre samleskinnen, og foreta reparasjoner og vedlikehold på den spenningsløse samleskinnen.

Effektbrytere

En kan videre velge mellom en og to effektbrytere pr felt.

To-brytersystem er mye brukt for de høyere spenningsnivåer. Dette er en kostbar løsning, som blant annet gir mulighet for momentan reserve dersom en samleskinne faller ut. Denne løsning er illustrert i prinsippkjema for store stasjoner, fig E.3.2.

Er det over 3-4 felt i koplingsanlegget vil dobbel samleskinne med en effektbryter pr felt samt koplingsbryter gi en rimeligere løsning som gir mulighet for fleksibel drift.

Effektbryterne har blitt mer driftsikre de senere år, og serviceintervallene lengre, slik at en i dag regner med å kunne ha høy tilgjengelighet med en effektbryter pr felt og dobbel samleskinne.

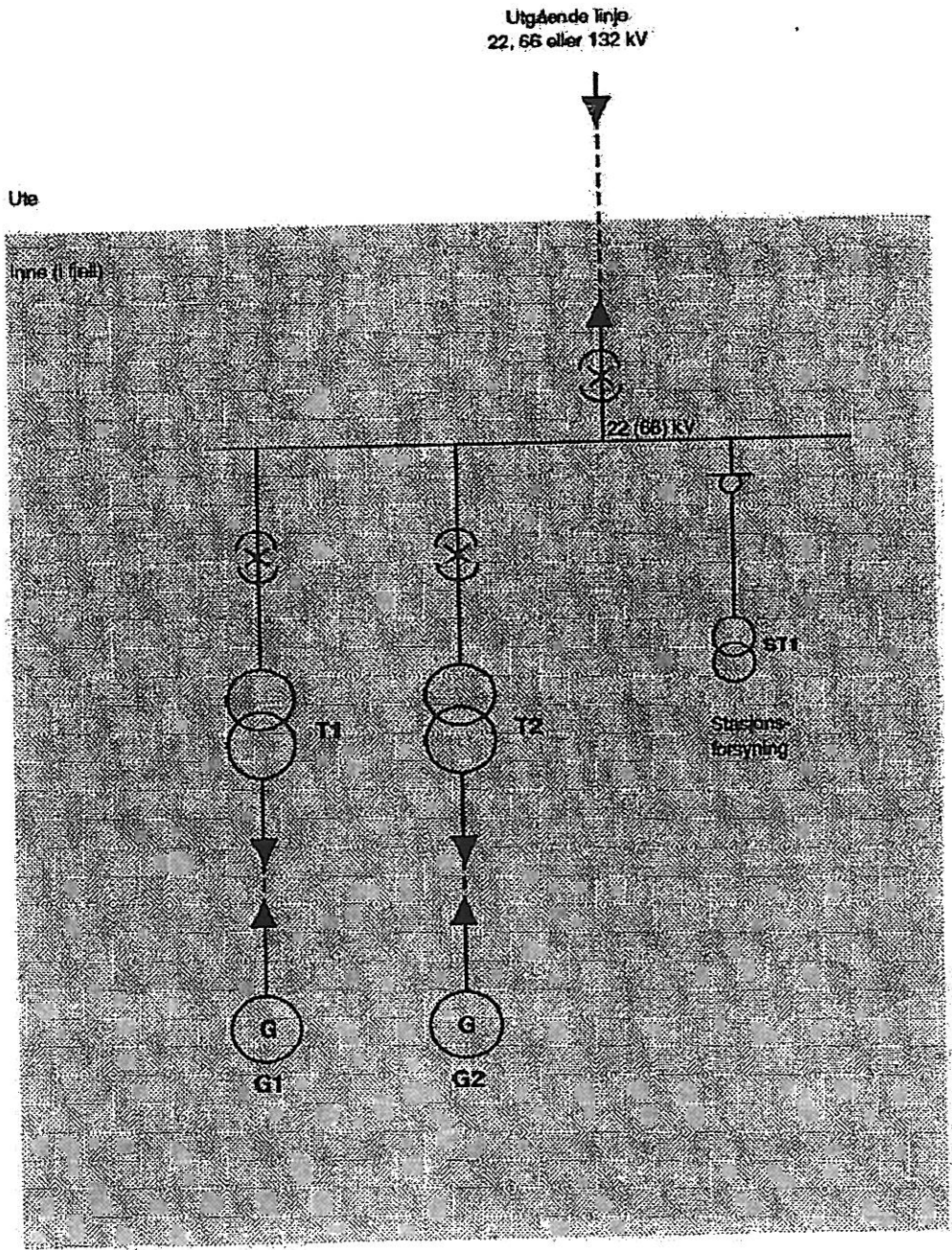
SF₆-anlegg

Dersom det er lite plass for et friluftsanlegg, eller hvis atmosfæriske forurensninger skaper driftsproblemer, kan en velge SF₆-isolert koplingsanlegg. Disse er i dag meget driftsikre, men kostnadene for SF₆-anleggene ligger over kostnadene for konvensjonelle anlegg.

E3.5 Forklaring av begreper

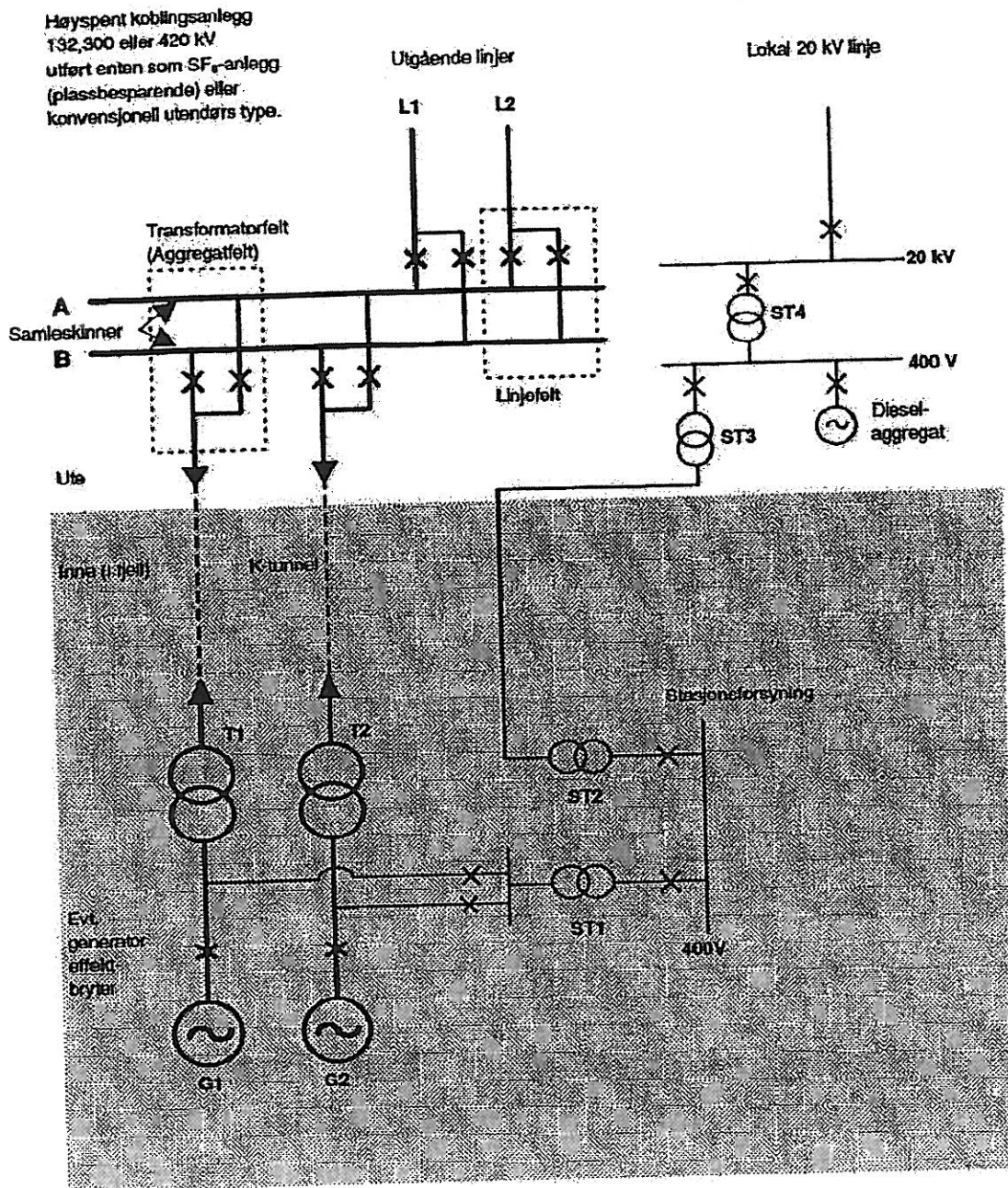
Begreper merket med * er hentet fra heftet "Kraftuttrykk" utgitt av Statkraft.

Aggregat*:	Produksjonsenhet for elektrisk energi. Omfatter turbin og generator.
Apparat og kontrollanlegg:	Omfatter høyspent koblingsanlegg, kabler, lokalkontroll, likestrømsanlegg, lavspentanlegg, stasjonsforsyning, brannvarsling og slukkeanlegg.
Bryterfelt:	Del av koblingsanlegg. Sørger for inn/utkobling av linje, transformator eller aggregat til en samleskinne.
Hjelpeanlegg:	Deler av apparatanlegget; bla likestrømsanlegg, lavspentanlegg, stasjonsforsyning, brannanlegg. Dessuten lys & varme, ventilasjon, pumper og andre "støttefunksjoner" i kraftstasjonen.
Høyspent koblingsanlegg*:	Anlegg for elektrisk sammenkobling / adskilling av generatorer, transformatorer og/eller ledninger. Hovedelementer i et koblingsanlegg er samleskinner og bryterfelt.
Maksimal stasjonsytelse*:	Den ytelse (effekt) stasjonen (aggregatet) kan gi i et bestemt tidsrom uten påviselige skadevirkninger på lengre sikt. Maksimal stasjonsytelse kan være begrenset av turbiner, generatorer og/eller vannveier.
Merkeytelse*:	Ytelse (effekt) stemplet på navneplaten, faller gjerne sammen med full-lastytelse.
Midlere årsproduksjon*:	Beregnet, gjennomsnittlig årlig produksjon over en årrekke.
Nett-tap*:	Energitalp i overførings- og fordelingsnett.
Nominell effekt*:	Den effekt som er angitt i turbinens, generatorens eller transformatorens påstemplede data. Denne kan overskrides under spesielle forhold.
Overføringskapasitet*:	Overføringsevne - i forbindelse med kraftoverføring, den last som tillates, hensyn tatt til varmeutvikling, (temperatur), stabilitet og spenningsfall.
Samleskinne:	Del av koblingsanlegg. Benevnes ofte A, B eller C, alt etter om en har én, to eller tre samleskinner. Forbinder ulike bryterfelt med hverandre. Strømmen kan feks gå inn på samleskinnen fra transformatorens bryterfelt, via samleskinnen og ut på kraftlinjen. Se også prinsippkjemaet for kraftstasjoner.



**PRINSIPPSKJEMA FOR MINDRE TIL MIDDELS STOR STASJON
 KOBLINGSANLEGGET I FJELL
 OG UTGÅENDE LINJE PÅ 22, 66 ELLER 132 kV**

Fig. E.9.1



**PRINSIPSKJEMA FOR MIDDELS / STOR KRAFTSTASJON
I FJELL MED 2 AGGREGAT OG 2 UTGÅENDE LINJER**

Fig. E.3.2

HØYSPENTE KOBLINGSANLEGG

TOTALE PRISER PR. FELT (1000 KR):

	KONVENSJONELLE ANLEGG:		SF ₆ anlegg:
	Innendørs:	Utendørs:	
22 kV			
Enkel samleskinne:	350		---
Dobbel samleskinne:	700		---
66 kV			
Enkel samleskinne:	1 100	1 300	---
Dobbel samleskinne:	2 200	2 400	---
132 kV			
Enkel samleskinne:		2 520	2 880
Dobbel samleskinne:		5 040	3 840
300 kV			
Enkel samleskinne:		4 800	9 000
Dobbel samleskinne:		8 400	12 000
420 kV			
Enkel samleskinne:		8 400	10 500
Dobbel samleskinne:		10 800	14 000

Prisnivå pr. januar 2010

Toleranse +/- 20%.

Prisene er pr. felt, ferdig montert og idriftsatt på anlegget.

Med dobbel samleskinne menes her dobbel samleskinne og to effektbrytere pr. felt.

Prisene inkluderer kontrollanlegg

Forutsetter at kostnaden for enkel samleskinne ligger på ca. 75% av dobbel ssk.

Kostnad for 22 kV felt vil variere mere med feltets kapasitet enn for de andre spenningsnivå.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

HØYSPENT
KOBLINGSANLEGG

Fig. E.3.3
01.01.2010

E.4.0 KONTROLLANLEGG

E.4.1 Analysens omfang

I kostnadskurven for kontrollanlegg inngår lokalanlegg, pumper og pumpeaggregater, samt fellesanlegg, objektdatamaskin, skjermssystem og fjernkontroll. Lokalkontroll for bryterfelt er inkludert under bryterfelt. Lokalkontroll for felt i hjelpeanlegg er inkludert under hjelpeanlegg.

Det gjøres oppmerksom på at kraftstasjoner vil være høyst forskjellige som følge av ulik alder, størrelse, tekniske løsninger og grad av påkostning. Derfor vil de angitte kostnader for kontrollanlegg være av generell karakter.

E.4.2 Priskurvene

I priskurvene er det angitt pris for komplett kontrollanlegg når aggregatytelse er gitt. Prisene inkluderer montasje og prøving/idriftsettelse.

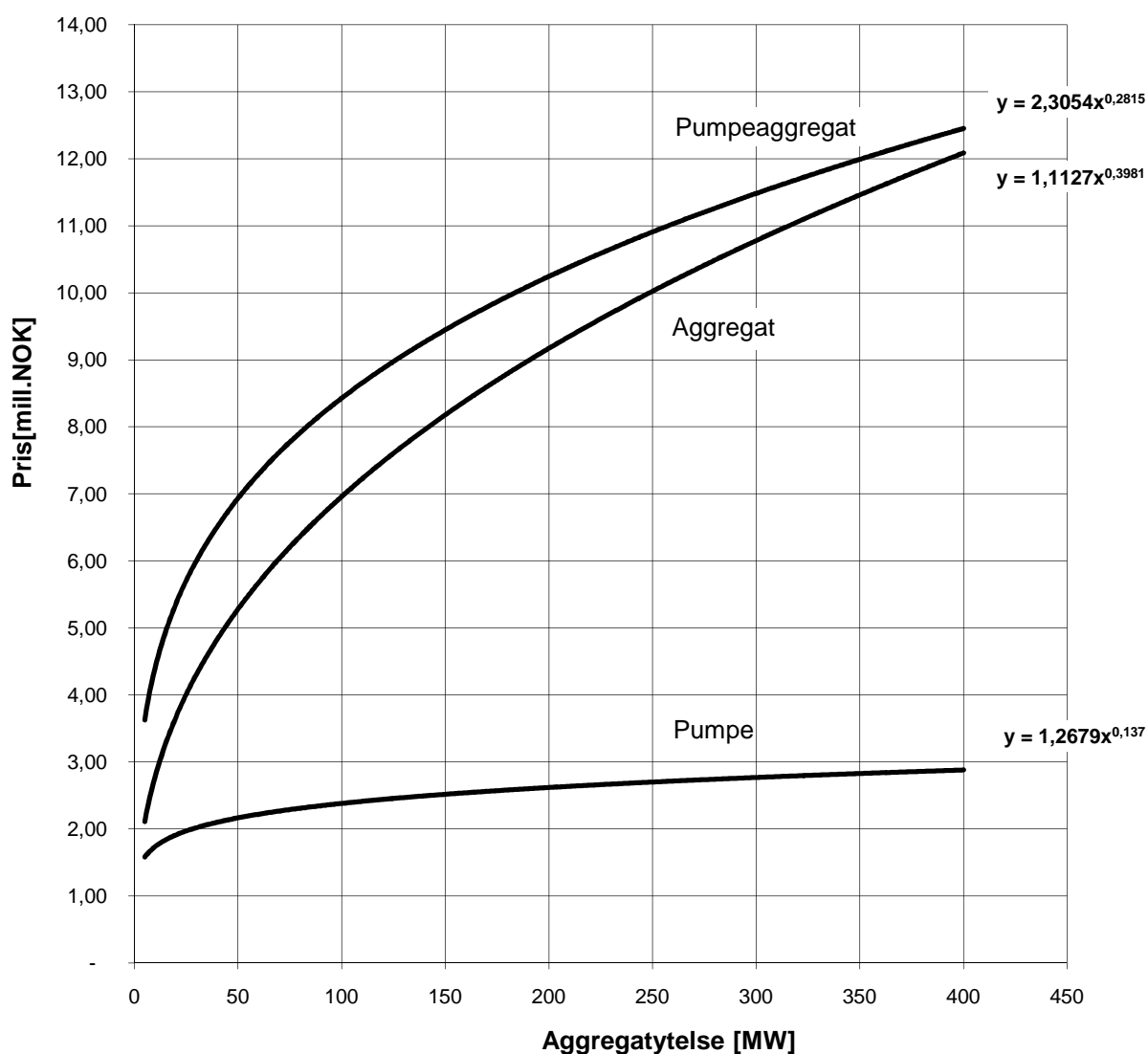
E.4.3 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå januar 2010.

E.4.4 Stasjoner med flere enn 2 aggregater

I de tilfeller hvor ytelsen er fordelt på flere enn to aggregater benyttes 50 % av kostnaden på kontrollanlegg for et aggregat for hvert installert aggregat mer enn to aggregater.

Basiskostnader for kontrollanlegg



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010

2. Korrigjer kostnadene fra kurven ved å legge til følgende (tall i 1000 NOK):

For hver lukestyring med fjernoverføring	:250
For hver vannstandsregulering med fjernoverføring	:350
For hver 100 meter (signalkabeltrace) mellom fjellanlegg og daganlegg	:100

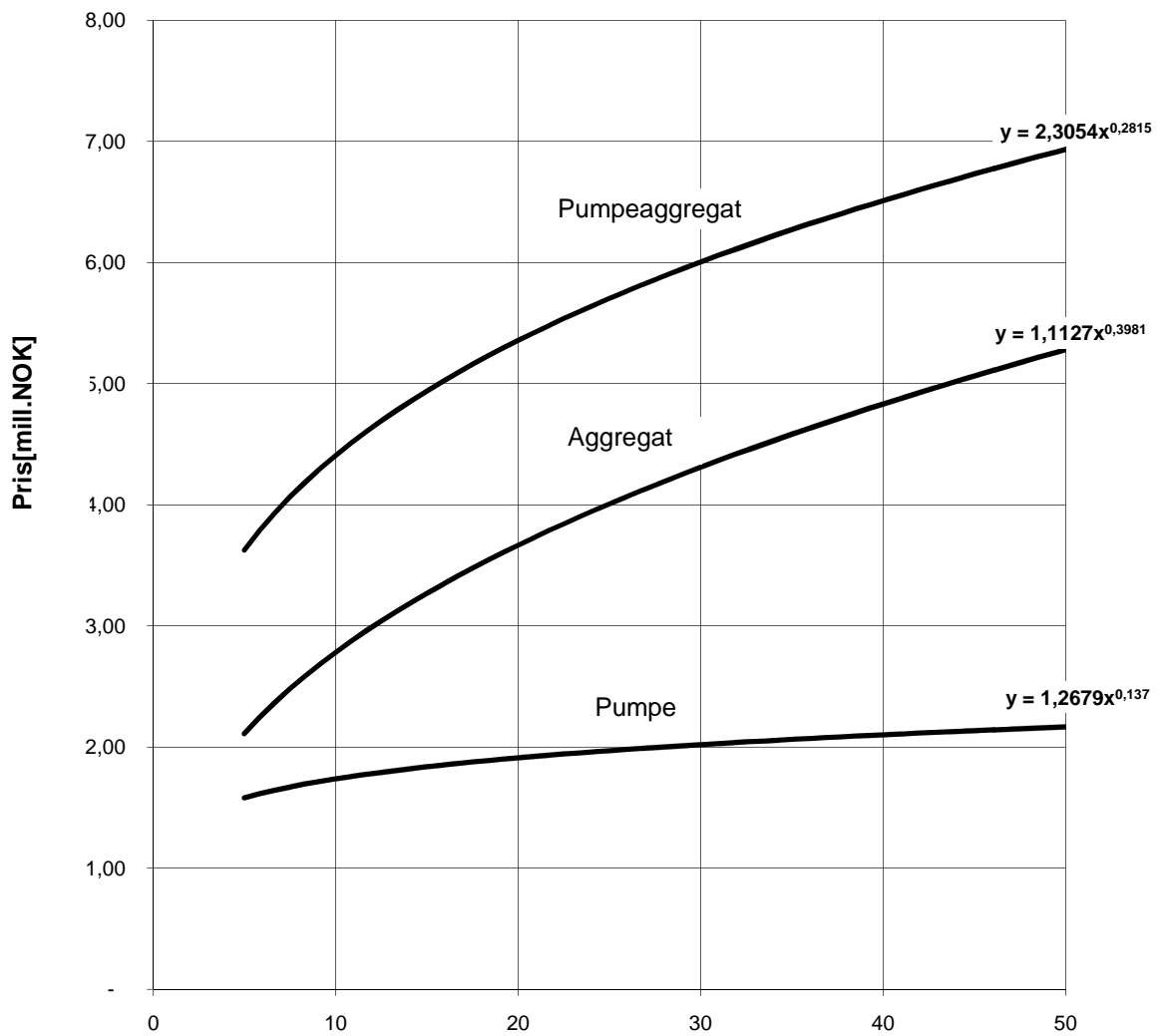


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KONTROLLANLEGG

Fig. E.4.1
01.01.2010

Basiskostnader for kontrollanlegg



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010

2. Korrigjer kostnadene fra kurven ved å legge til følgende (tall i 1000 NOK):

For hver lukestyring med fjernoverføring	:250
For hver vannstandsregulering med fjernoverføring	:350
For hver 100 meter (signalkabeltrace) mellom fjellanlegg og daganlegg	:100



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KONTROLLANLEGG

5 - 50MW

Fig. E.4.1b
01.01.2010

E.5 HJELPEANLEGG

E.5.1 Analysens omfang

I kostnadskurven for hjelpeanlegg inngår høyspent og lavspent stasjonsforsyning, stasjonstransformator, høyspent og lavspent kabel, dieselaggregat, batterianlegg med DC-forsyning, jording, brannvarslings- og slukkeanlegg, brannmerking og tetning, samt telefonanlegg.

Det gjøres oppmerksom på at kraftstasjoner vil være høyst forskjellige som følge av ulik alder, størrelse, tekniske løsninger og grad av påkostning. Derfor vil de angitte kostnader for kontrollanlegg være av generell karakter.

E.5.2 Priskurvene

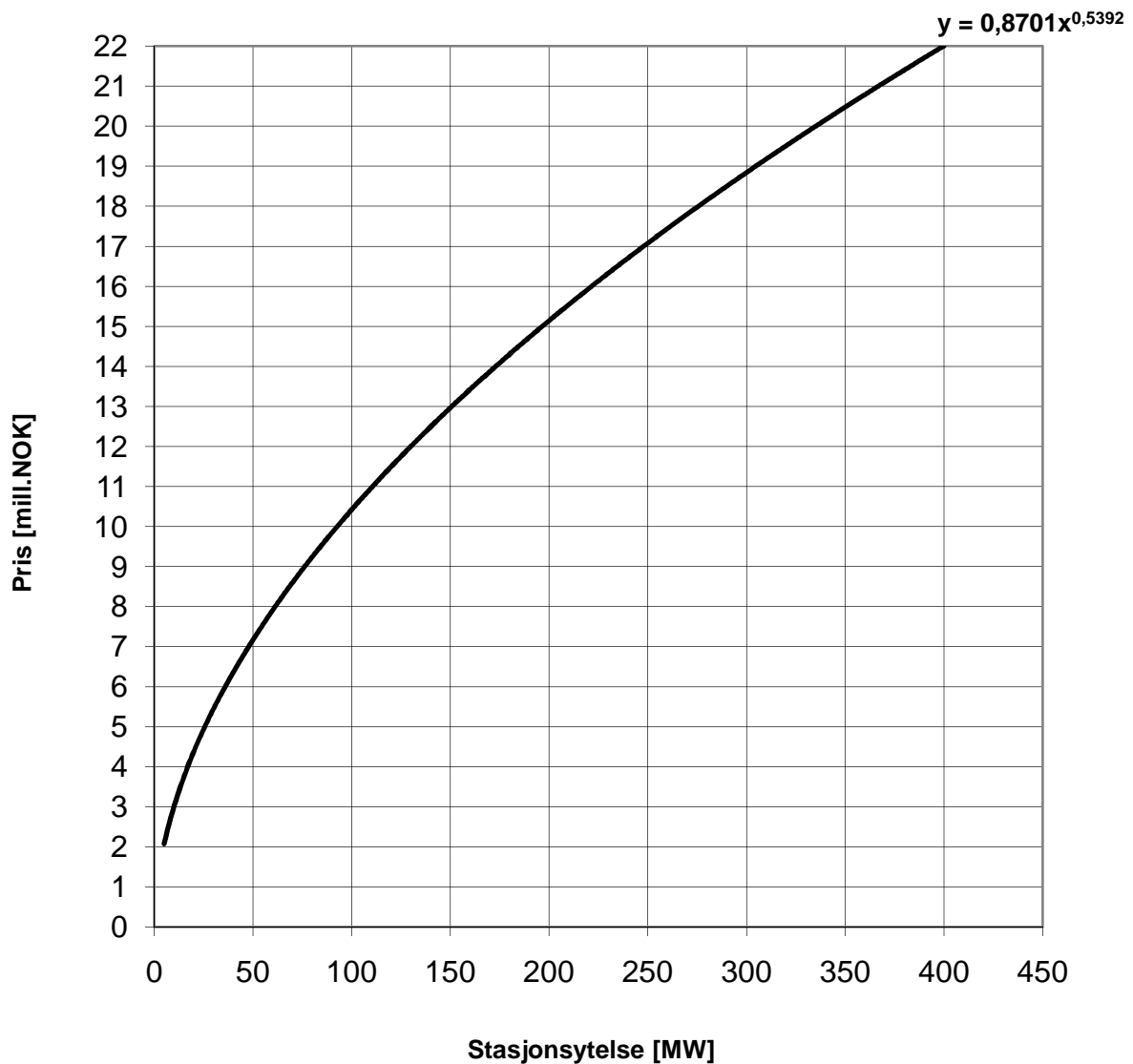
I priskurvene er det angitt pris for komplett hjelpeanlegg når kraftstasjonens totale ytelse er gitt. Prisene inkluderer montasje og prøving/idriftsettelse.

E.5.3 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå pr januar 2010. Prisene fra 2005 er ikke justert.

E.5.4 Stasjoner med flere enn 2 aggregater

I de tilfeller hvor ytelsen er fordelt på flere enn to aggregater benyttes 50 % av kostnaden på hjelpeanlegg for et aggregat for hvert installert aggregat mer enn to aggregater.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010

2. Korrigjer kostnadene fra kurven ved å legge til følgende (tall i 1000 NOK):

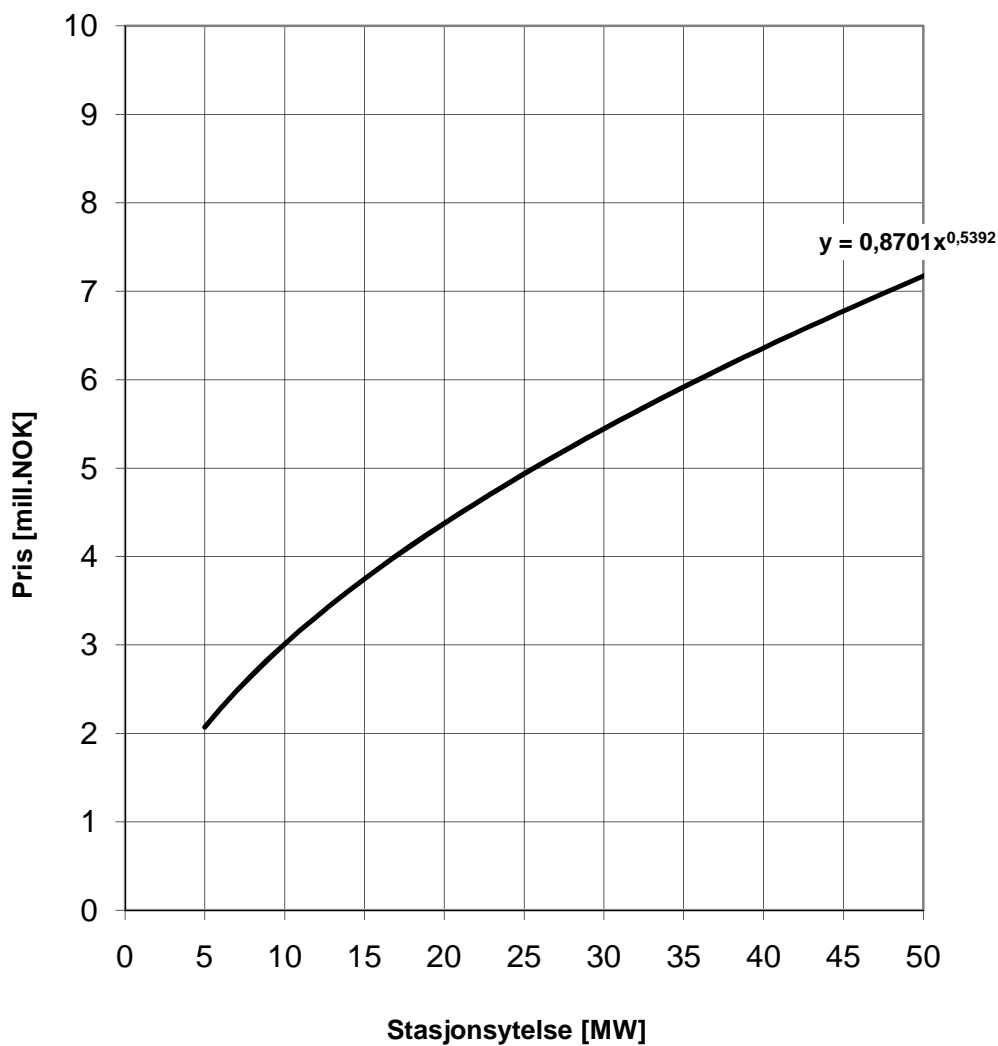
For hver 100 m adkomst- og kabeltunnel	:150
For hver 230/400 V felt inkl. lokalkontroll	:150
For hvert 12/24 kV felt inkl. lokalkontroll	:300
For hvert radiolinjesamband (begge ender)	:1000
For hvert fiberoptisk samband (begge ender)	:300



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

HJELPEANLEGG
Stasjonsytelse 5-400 MW

Fig. E.5.1a
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010

2. Korrigjer kostnadene fra kurven ved å legge til følgende (tall i 1000 NOK):

For hver 100 m adkomst- og kabeltunnel	:150
For hver 230/400 V felt inkl. lokalkontroll	:150
For hvert 12/24 kV felt inkl. lokalkontroll	:300
For hvert radiolinjesamband (begge ender)	:1000
For hvert fiberoptisk samband (begge ender)	:300



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

HJELPEANLEGG
Stasjonsytelse 5-50 MW

Fig. E.5.1b
01.01.2010

E.6 KABELANLEGG

E.6.1 Analysens omfang

Analysen er beregnet til å gjelde kabelanlegg som overfører effekt fra generator til koblingsanlegg i kraft- og transformatorstasjoner. Kabelanlegg som kraftoverføringer i form av jordkabler mellom stasjoner er således ikke med i analysen.

E.6.2 Priskurvene

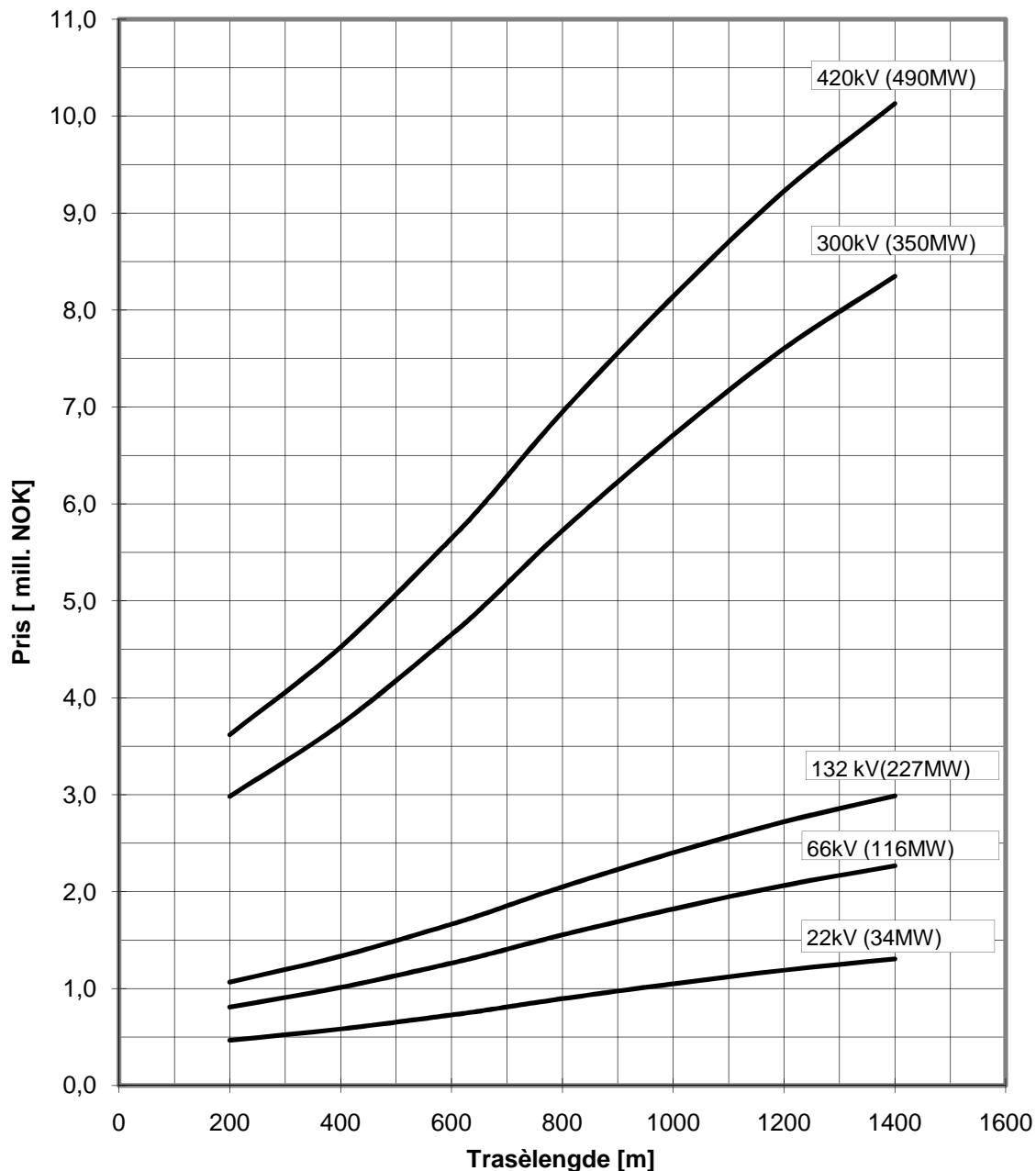
I priskurvene er det angitt pris for komplett kabelanlegg når spenningsnivå og kabelens trasélengde er gitt. Prisene inkluderer montasje og prøving/idriftsettelse. For de ulike spenningsnivå er det angitt omtrentlig effekt i MW som kableen kan overføre med utgangspunkt i et kabelverrsnitt på 800 mm². Det forutsettes da en strømstyrke på hhv. 750 A for PEX - kablene på 300 og 420 kV, og 1000-1100 A for PEX - kablene på 22, 66 og 132 kV.

E.6.3 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå pr januar 2010.
For alle kabelanlegg er prisen basert på PEX-isolert kabel.

E.6.4 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Prisen inkluderer ikke reservekabel eller reservemateriell.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Toleranse +/- 20 %.
3. Prisene gjelder kabelanlegg ferdig montert og prøvet. Kabelverrsnitt 800 mm². Al.
4. For alle spenningsnivåer oppgis pris på PEX-kabel.

5. Omtrentlig belastningsevne i megawatt er angitt forutsatt $\cos(j) = 0.9$.
6. Ved ekstremt korte eller lange traseer bør en innhente tilbud hos leverandør. Dette gjelder også 300 og 420 kV anlegg.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KABELANLEGG
Kabelverrsnitt 800 mm² Al

Fig. E.6.1
01.01.2010

E.7 KRAFTLINJER

E.7.1 Analysens omfang

Analysen omfatter linjer for systemspenning 24, 72,5, 145 og 300/420 kV. For disse spenningsnivåene kan en finne kostnadene for henholdsvis linjer med master av tre og av stål.

Figurene (E.7.1 til E.7.4) viser de totale kostnader som må påregnes når et elverk bygger linjer i egen regi. Det vil si at såvel materiell- og lønnskostnader er inkludert.

E.7.2 Kostnadsvariasjoner

Figurene gjenspeiler kostnadsvariasjonene fra lette til vanskelige terrengforhold. Linjetraséen må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Diagrammene viser total pris for 1 km ferdig montert og driftsklar linje. Dersom linjelengden er vesentlig kortere eller lengre, kan kostnadsestimatet ekstrapoleres ved å anta at 90 % av prisen varierer proporsjonalt med linjelengden, mens 10 % er fast. Med vanskelig terreng menes store høydeforskjeller og ulendt terreng. Med lett terreng menes bygging i lavlandet og i nærheten av veg.

E.7.3 Prisnivå

Det er en markant prisøkning på 22 kV luftlinjer fra 2005 til 2010, som i hovedsak skyldes økte personal og materialkostnader. Prisøkningen på 300 kV og 420 kV linjer er moderat. Dette kan blant annet skyldes en økende internasjonal konkurranse om oppdragene på de høyeste spenningsnivåene. De angitte priser representerer prisnivå januar 2010.

E.7.4 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Kostnader for nødvendig koplingsanlegg i linjens fjernende er ikke inkludert.

Grunnerstatninger er ikke inkludert.

E.7.5 Økonomisk belastning

Økonomisk belastning er vurdert ved å kalkulere reduksjonen i kapitaliserte tap ved å øke linetverrsnittet og sammenlikne dette med de tilsvarende økte anleggskostnader.

Resultatet er avhengig av linjens brukstid og kalkulasjonsrenten. En har valgt å ta utgangspunkt i EFI-TR 1975 "Kostnader av elektriske tap i overførings- og fordelingsnett". Økning av anleggskostnader er tatt ut av fig E.7.1-E.7.4 under forutsetning av at bare linetverrsnittet varierer. Betraktningssmåten gir store usikkerhetsmarginer, men en kan likevel konkludere med at økonomisk strømbelastning overslagsmessig kan settes til 40-60 % av termisk grenselast, dvs. strømtettheter i området 1,0-1,5 A/mm² regnet i forhold til totalverrsnittet. De laveste tallverdiene brukes for de minste tverrsnittene og vice versa.

E.7.6 Valg av spenning og linjetverrsnitt.

Som line anvendes i dag praktisk bare stålaluminium (FeAl). Tverrsnittet angis med et tall, og tallet angir det kobbertverrsnittet i mm² som har samme motstand. Eksempel: FeAl nr. 95 har samme motstand pr. m som en Cu-tråd med tverrsnitt 95 mm².

Figur E.7.5 viser omtrentlig overføringsevne som funksjon av overføringslengden for ulike spenninger og linjetverrsnitt og med spenningsfall ca. 5 %. Hvis det kan aksepteres høyere spenningsfall, vil overføringslengden øke tilsvarende. Ved en dimensjonering av nye linjeer vil den økonomisk riktige belastning være lavere enn det figuren angir.

Vanligvis står man ikke fritt til å velge den optimale overføringsspenning for den aktuelle effekt da det må tas hensyn til det overføringsnett som allerede er for hånden i området.

E.7.7 Overføringsevne for kraftlinjer 300-420 kV.

Generelt om dimensjoneringskriterier for større linjer:

Ved planlegging av kraftlinjer over lengre strekninger er det mange forhold å ta hensyn til. Utgangspunktet vil alltid være en gitt effekt [MW] som skal overføres.

For det første må en velge spenningsnivå på overføringen. Jo høyere spenning en velger, desto lavere strøm vil det gå ved samme effekt, og følgelig blir også tapene mindre. Effekttapet i linjen er proporsjonalt med kvadratet av strømmen, derfor er det om å gjøre å holde så lav strøm som mulig.

Ved høyere spenning (særlig 300 og 420 kV) oppstår det problemer med coronastøy dersom linediameteren er for liten. Dette medfører at 420 kV linjer må bygges som duplex- eller triplexlinje for å oppnå tilstrekkelig ekvivalent ledertverrsnitt og dermed unngå corona.

Maksimal strømstyrke for en kraftlinje avhenger av ledertverrsnittet angitt ved FeAl nr; dette angir ekvivalent kobbertverrsnitt for lederen. Maksimal strømstyrke for et gitt tverrsnitt avhenger videre av hvilken temperatur en kan tillate på lederen. For nye linjer i dag er det vanlig å dimensjonere ut fra +80°C på lederen og omgivelsestemperaturer på +20°C og +5°C for henholdsvis sommer og vinter.

Tverrsnittet kan reguleres ved ulike ledertverrsnitt, eller ved å benytte duplex-linje (2 ledere pr fase) eller triplex-linje (tre ledere pr fase). Ulempen med store ledertverrsnitt og duplex / triplex er at linene blir tunge. Mastene må konstrueres for å tåle de store påkjenninger som oppstår som følge av vekten på linene og ekstrapåkjenninger på grunn av islast og vind.

Overføringsevne, termisk grenselast:

De oppgitte maksimale overføringsevner på kraftlinjene er basert på høyeste tillatte strømmer uten at temperaturen på faselinene overstiger 80°C.

Spenning	Termisk grenselast [MVA]			
	300 kV		420 kV	
Lufttemperatur	5°C	20°C	5°C	20°C
Simplex Parrot	915	820	-----	-----
Duplex Parrot	1830	1640	2440	2190
Duplex Curlev	1435	1280	1900	1710
Duplex Grackle	1560	1400	2080	1870
Triplex Grackle	2340	2100	3120	2800

Tabell 1.

Termisk grenselast for ulike linetverrsnitt avhengig av spenningsnivå og lufttemperatur ved linetemperatur på 80°C. Forutsetninger: 0,6 m/sek vind, termisk absorpsjons- og emisjonskoeffesient lik 0,5, blank line og ingen solbestråling. Kilde: Statnett.

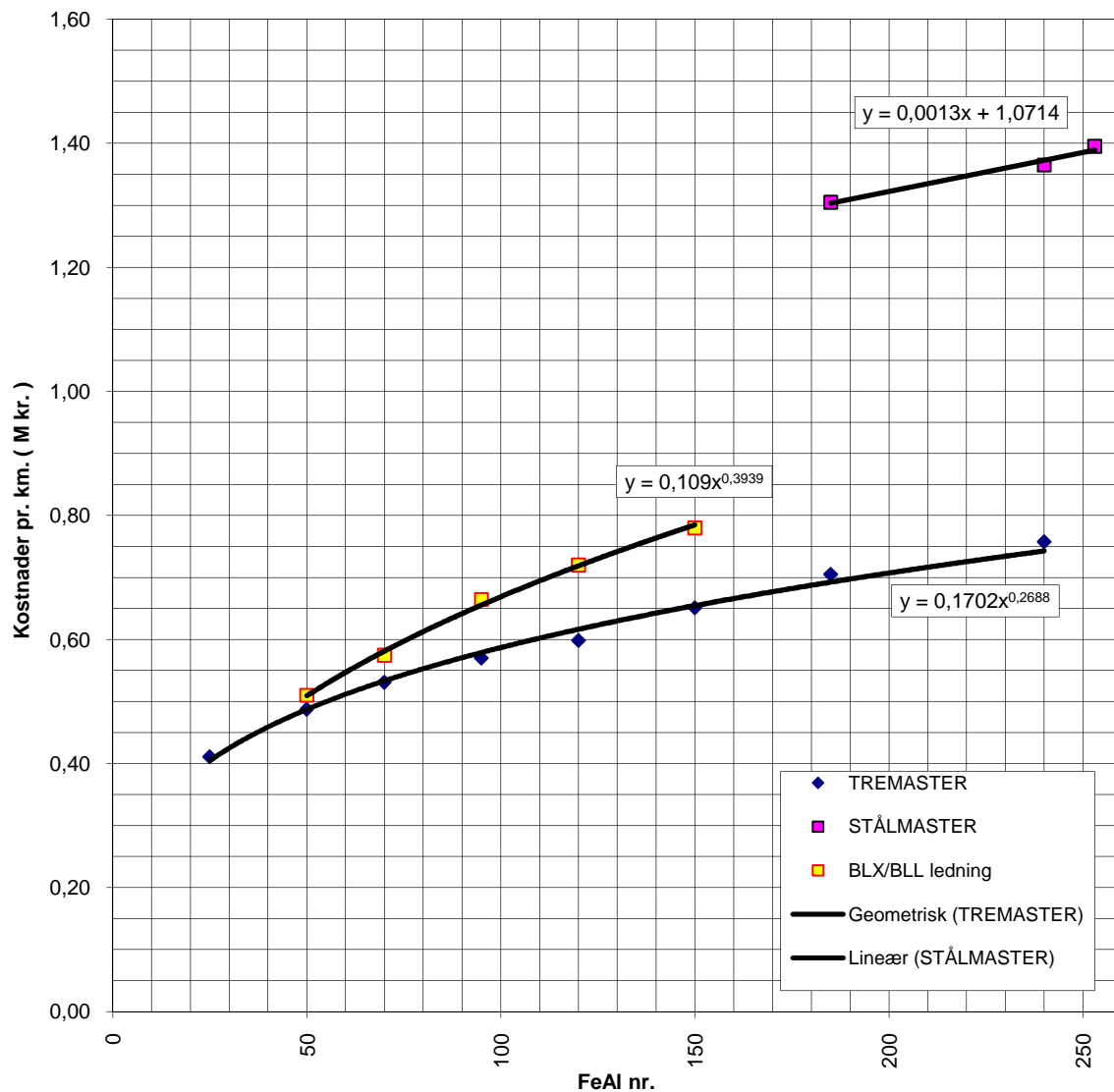
Begrenset overføringsevne pga. spenningsfall:

Kraftlinjer har en serieimpedans som er hovedårsaken til spenningsfall langs linjen. Dette spenningsfallet er den viktigste faktor som begrenser overføringsevnen på linjen.

Seriekompensasjon reduserer linjens serieimpedans, og gjør at spenningsfallet kan reduseres til et minimum på noen få prosent. Behovet for kompensering avhenger mye av lastforholdene i nettet. Ved tomtgående linjer kan spenningen stige i mottakerenden som følge av linjens kapasitive avledning, mens spenningsfall gjør seg gjeldende når belastningen øker. SVC anlegg vil regulere tilførsel av reaktiv effekt etter behov.

Ved planlegging av lengre kraftlinjer er det nødvendig å foreta lastflytanalyser der hele det omkringliggende nett legges inn i en datamodell. Dette vil kunne forutsi hvordan aktiv og reaktiv effekt vil flyte i en planlagt linje under lettlast (sommer) og tunglast (vinter) og spenningsfall og behov for kompensering kan kartlegges på planstadiet.

Overføringsevnen basert på termiske grenselaster (tabell 1) må reduseres dersom det oppstår spenningsfall som følge av manglende kompensering.



ANMERKNINGER:

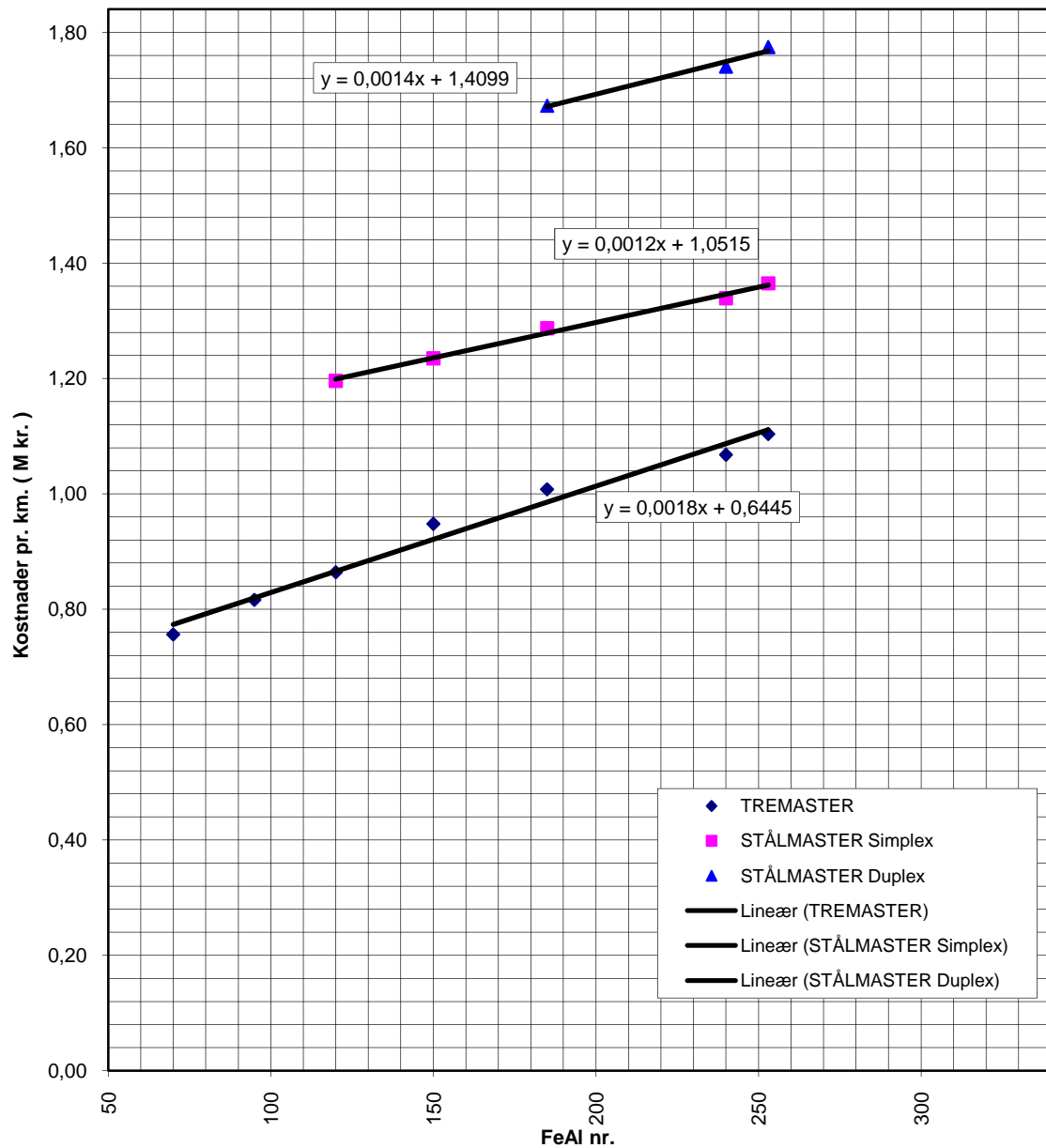
1. Prisnivå januar 2010
2. Totale kostnader
3. Normalt terreng
4. Toleranser: +/- 20%
5. Vanskelig terreng: + 50%



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

LUFTLINJE MED
SYSTEMSPENNING 24 kV

FIG. E.7.1
01.01.2010



ANMERKNINGER:

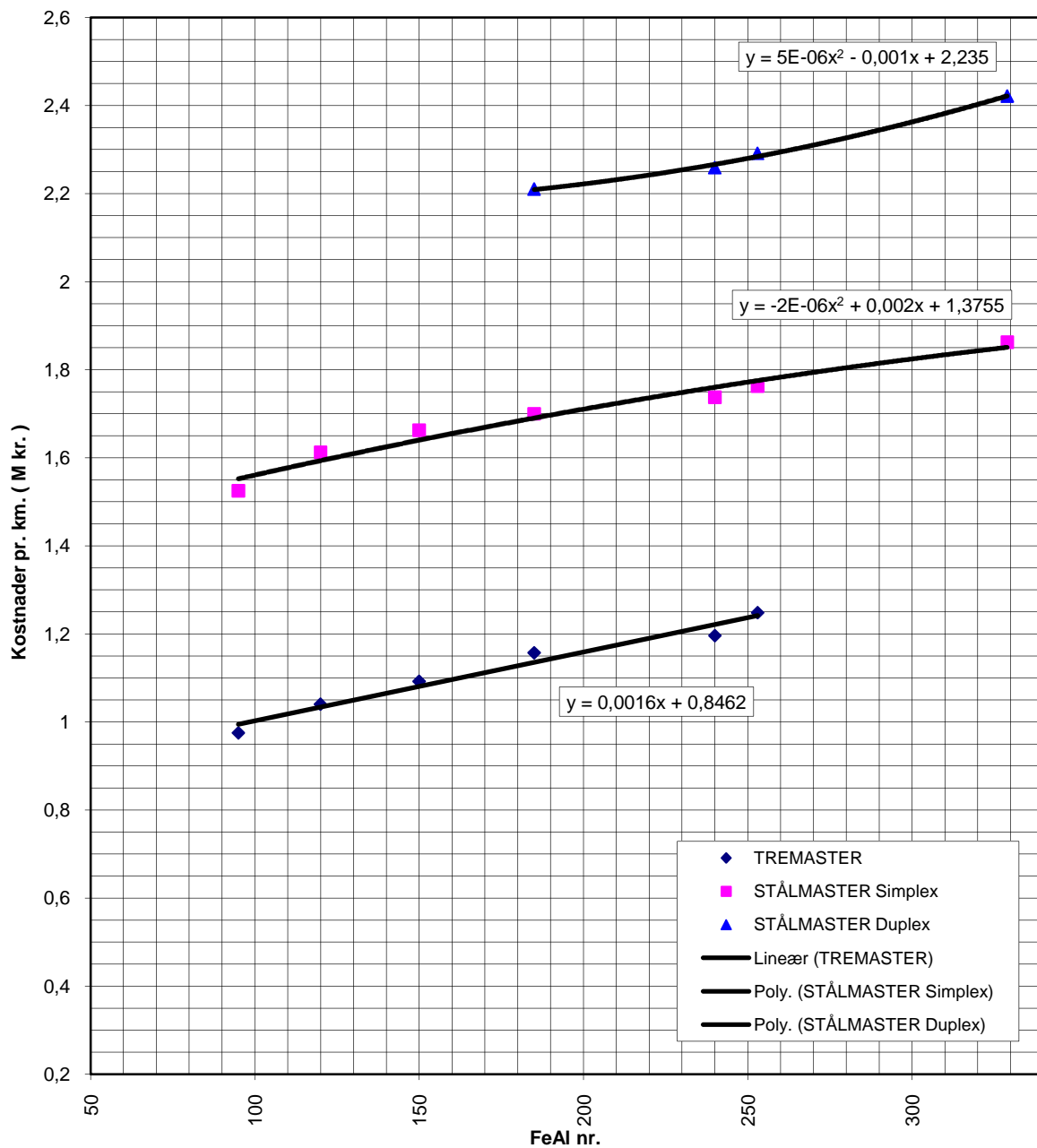
1. Prisnivå januar 2010
2. Totale kostnader
3. Normalt terreng
4. Toleranser : +/-20%
5. Vanskelig terreng: +50%



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

LUFTLINJE MED
SYSTEMSPENNING 72.5 kV

FIG. E.7.2
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Totale kostnader
3. Normalt terreng
4. Toleranser: +/-20%
5. Vanskelig terreng: + 50%

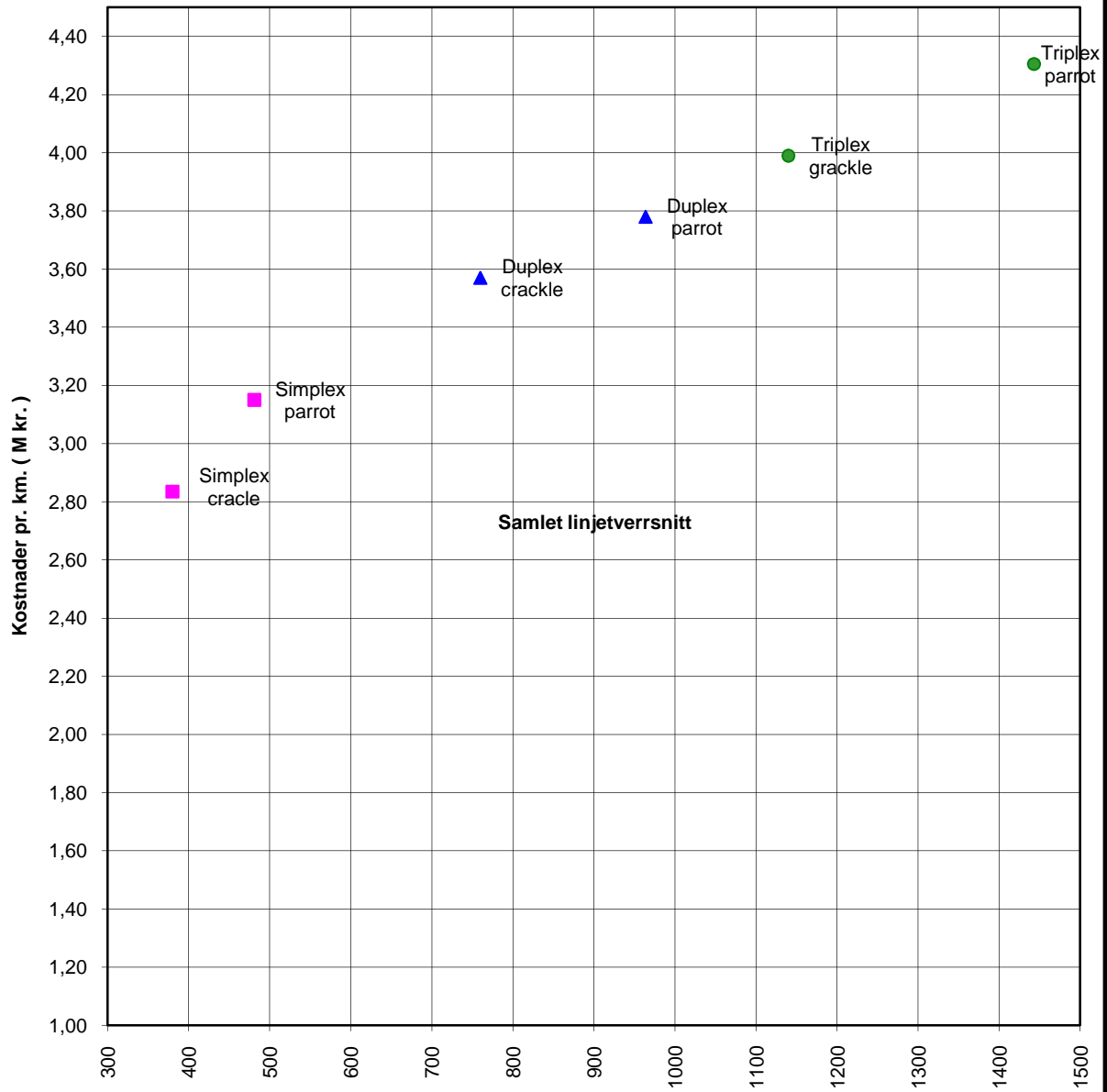


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

LUFTLINJE MED
SYSTEMSPENNING 145 kV

FIG. E.7.3
01.01.2010

**Totale kostnader for luftlinjer
med systemspenning 300/420kV, normalt terreng**



ANMERKNINGER:

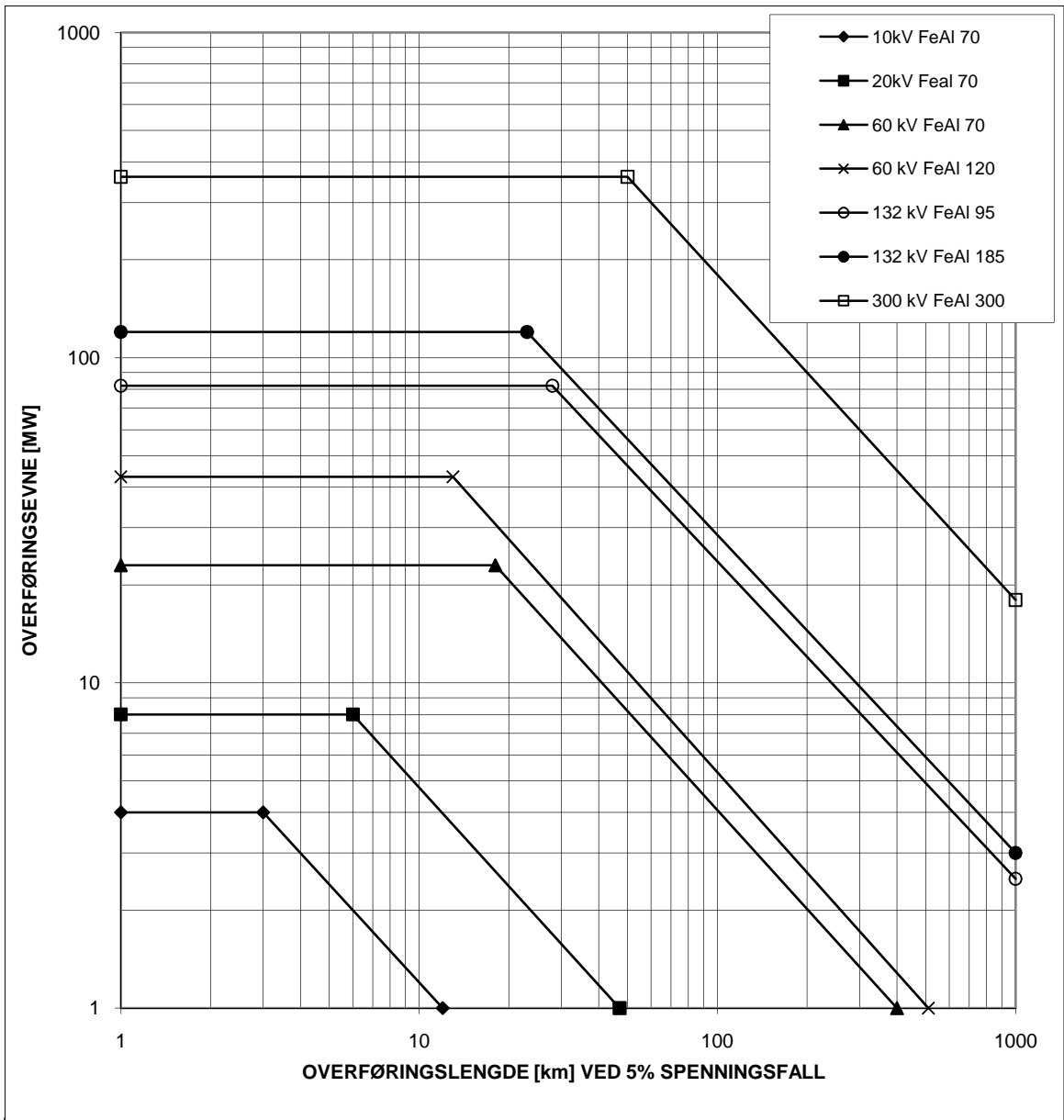
1. Prisnivå januar 2010
2. Totale kostnader
3. Normalt terreng
4. Toleranser: +/- 20%
5. Vanskelig terreng: + 30%



**Norges
vassdrags- og
energidirektorat**

**LUFTLINJE MED
SYSTEMSPENNING 300/420 kV**

**Fig. E.7.4
01.01.2010**



ANMERKNINGER :



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

OVERFØRINGSEVNE PÅ
KRAFTLINJER

Fig. E.7.5

E.8 TOTALE KOSTNADER

E.8.1 Generelt

Kapittelet gir de totale kostnader for elektrotekniske anlegg i kraftverk, basert på forutsetninger som angitt nedenfor. Totalprisen framkommer som summen av kostnadene for enkeltkomponenter som angitt i det foregående.

E.8.2 Stasjoner fra 5 MVA og oppover

Som utgangspunkt har vi valgt et kraftverk med følgende hovedtrekk:

- Stasjon i fjell med 800 m kabeltrasé
- Stasjonsytelsen fordelt på 1 eller 2 aggregat i blokkopling 1)
- Utgående linjer fra stasjonen.
- Koplingsanlegg av konvensjonell type med enkel samleskinne og en effektbryter. Dersom en ønsker SF6-anlegg, må en legge til ekstra kostnader for dette, jfr. fig E.3.3 høyspent koplingsanlegg.
- For stasjoner over ca. 150 MW forutsettes bruk av kapslet skinneføring og generator effektbryter.

1) Blokkopling betyr at det er en transformator til hvert aggregat, slik som vist på prinsippskjemaet fig. E.3.1. I andre tilfeller kan for eksempel to aggregat ha en felles transformator som dekker samlet generatorytelse.

E.8.3 Variasjoner i stasjonsutforming

De faktorer som har størst betydning for kostnadene foruten stasjonsytelse (MW) er:

- Antall aggregater
- Aggregatenes turtall
- Antall linjefelt
- Type koplingsanlegg
- Lengde, type og antall kabler

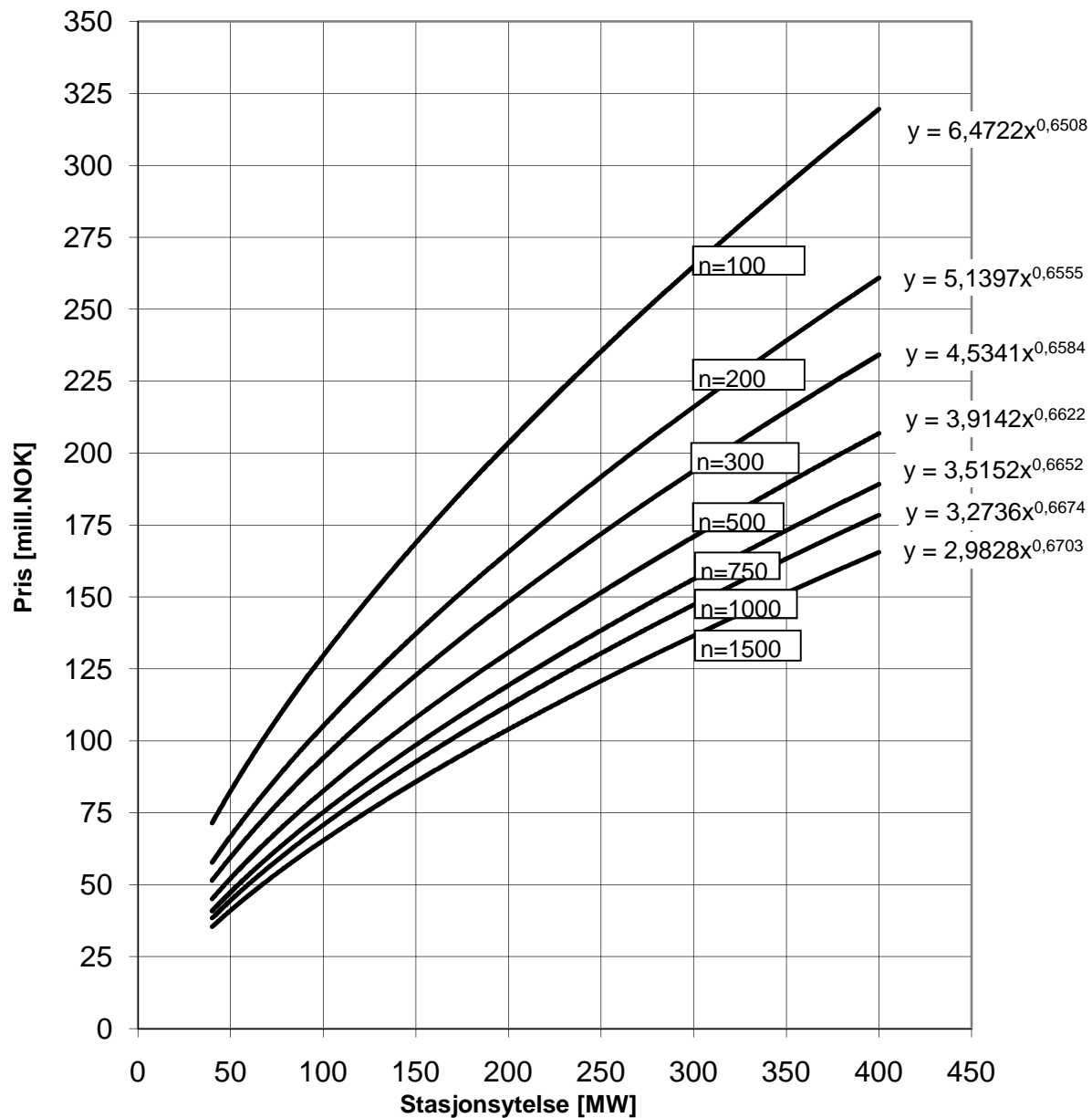
Omfanget av, og dermed prisen for elektroteknisk utstyr i kraftverk vil i prinsippet være det samme om stasjonen er bygget i dagen eller i fjell. For en stasjon i dagen vil det imidlertid ofte være mulig å plassere høyspentanlegget så nær transformatorene, at man kan unngå den lange kabelforbindelsen som er forutsatt for stasjoner i fjell. Dersom stasjonen bygges i dagen, må en trekke fra kostnader for kabel, jfr. priskurve E.6.1.

E.8.4 Anleggsdeler som ikke er inkludert i overslaget

Kostnader til kraftlinjer og telesamband er ikke med. Kraftlinjer kan utgjøre betydelige beløp, jfr. kap E.7. Ved stasjoner med vidstrakte reguleringsområder kan kraftforsyning og samband i reguleringsområdene bli kostbare.

E.8.5 Stasjoner med flere enn 2 aggregater

Det er i Fig. E.8.1 og E8.2 vist kostnader for elektroteknisk utrustning i kraftstasjon hvor ytelsen er fordelt på et og to aggregater. I de tilfeller hvor ytelsen er fordelt på flere enn to aggregater benyttes 50 % av kostnaden på kontrollanlegg og hjelpeanlegg for et aggregat, for hvert installert aggregat mer enn to aggregater, forøvrig benyttes enhetskostnadene som er oppgitt i figurene.



ANMERKNINGER:

- 1. Prisnivå januar 2010
- 2. Beregningene gjelder samlet elektroteknisk utrustning inkl. kontroll/hjelpeanlegg for middels stor stasjon i fjell.
- 3. Toleranser +/- 20%.
- 4. Beregningene inkluderer 800 meter kabel. Spenningsnivå varierer fra 22 kV til 420 kV etter ytelsen [MW]

5. Teleanlegg og kraftlinjer er ikke inkludert, se kap. E.5.0

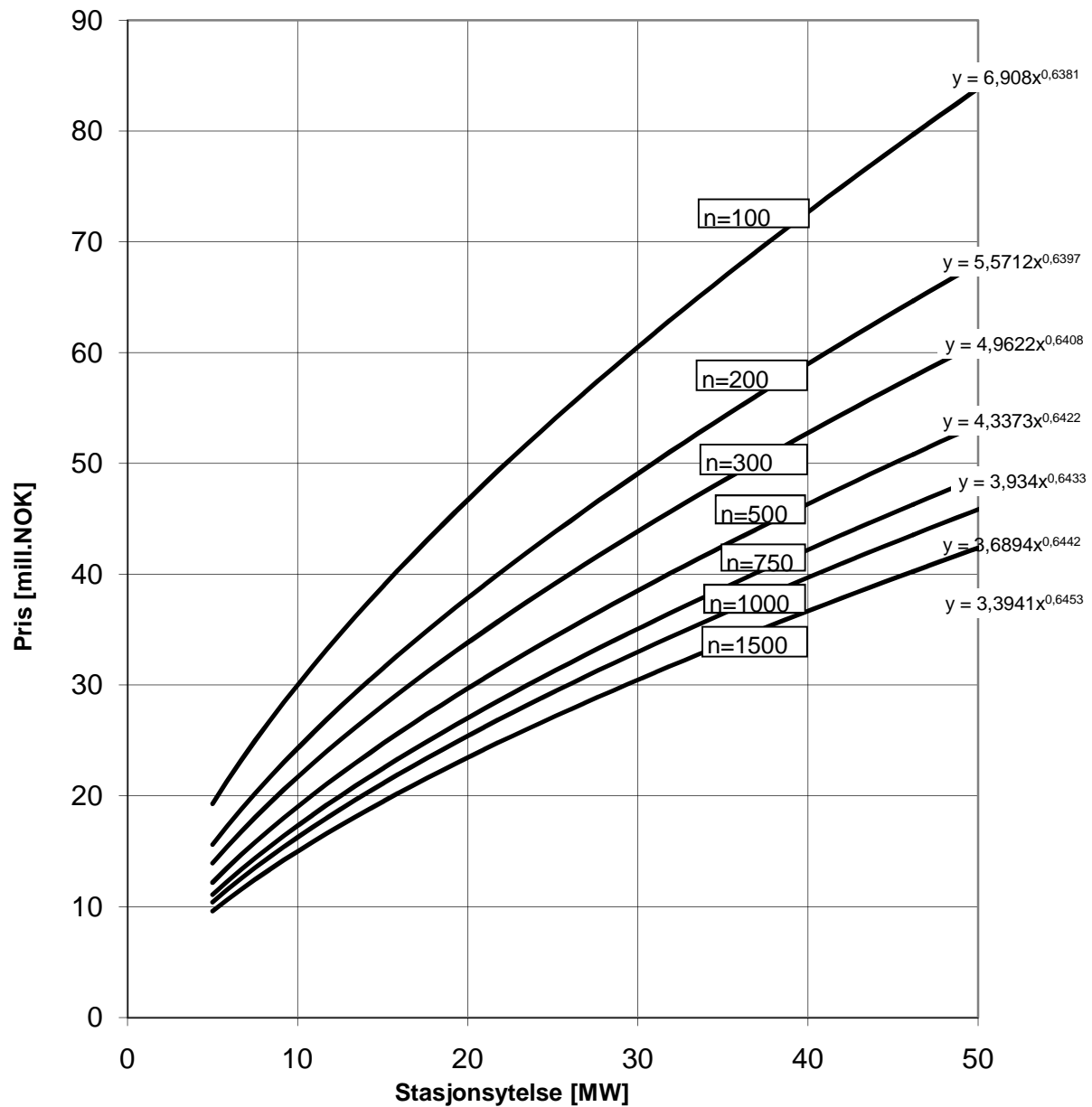
6. Velges SF6-anlegg, må en legge til differansen mellom SF6 og konvensjonelt anlegg jfr.fig.E.3.3.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TOTALE KOSTNADER FOR
ELEKTROTEKNISK UTRUSTNING I
KRAFTSTASJON
YTELSEN FORDELT PÅ ETT
AGGREGAT.

Fig.E.8.1
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Beregningene gjelder samlet elektroteknisk utrustning inkl. kontroll/hjelpeanlegg for middels stor stasjon i fjell.
3. Toleranser + /- 20%.
4. Beregningene inkluderer 800 meter kabel. Spenningsnivå varierer fra 22 kV til 420 kV etter ytelsen [MW]

5. Teleanlegg og kraftlinjer er ikke inkludert, se kap. E.5.0

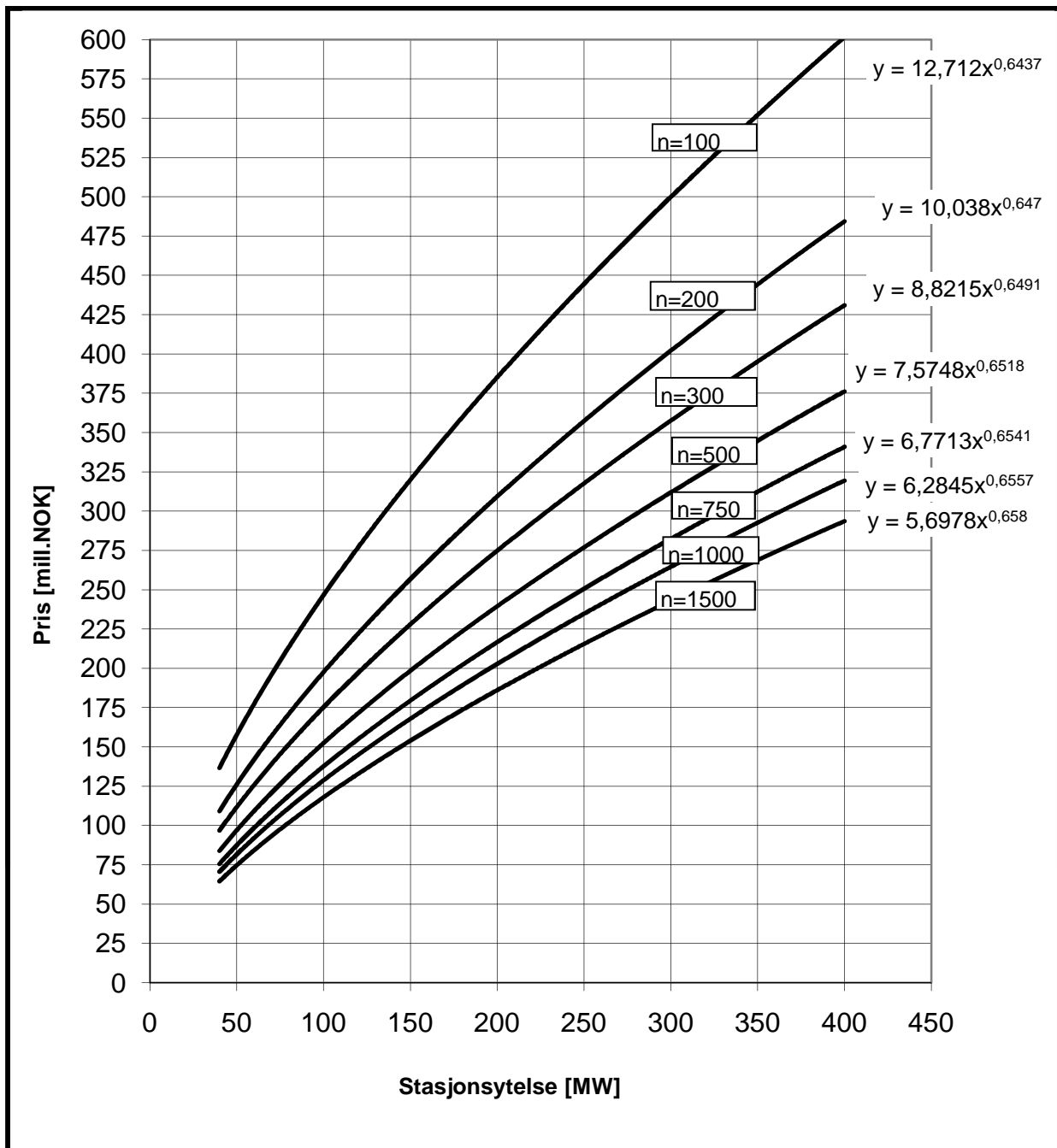
6. Velges SF6-anlegg, må en legge til differansen mellom SF6 og konvensjonelt anlegg jfr.fig.E.3.3.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TOTALE KOSTNADER FOR
ELEKTROTEKNISK UTRUSTNING I
KRAFTSTASJON
YTELSEN FORDELT PÅ ETT
AGGREGAT.

Fig.E.8.1b
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Beregningene gjelder samlet elektroteknisk utrustning inkl. kontroll/hjelpeanlegg for middels stor stasjon i fjell.
3. Toleranser + /- 20%.
4. Beregningene inkluderer 800 meter kabel. Spenningsnivå varierer fra 22 kV til 420 kV etter ytelsen [MW]

5. Teleanlegg og kraftlinjer er ikke inkludert, se kap. E.5.0

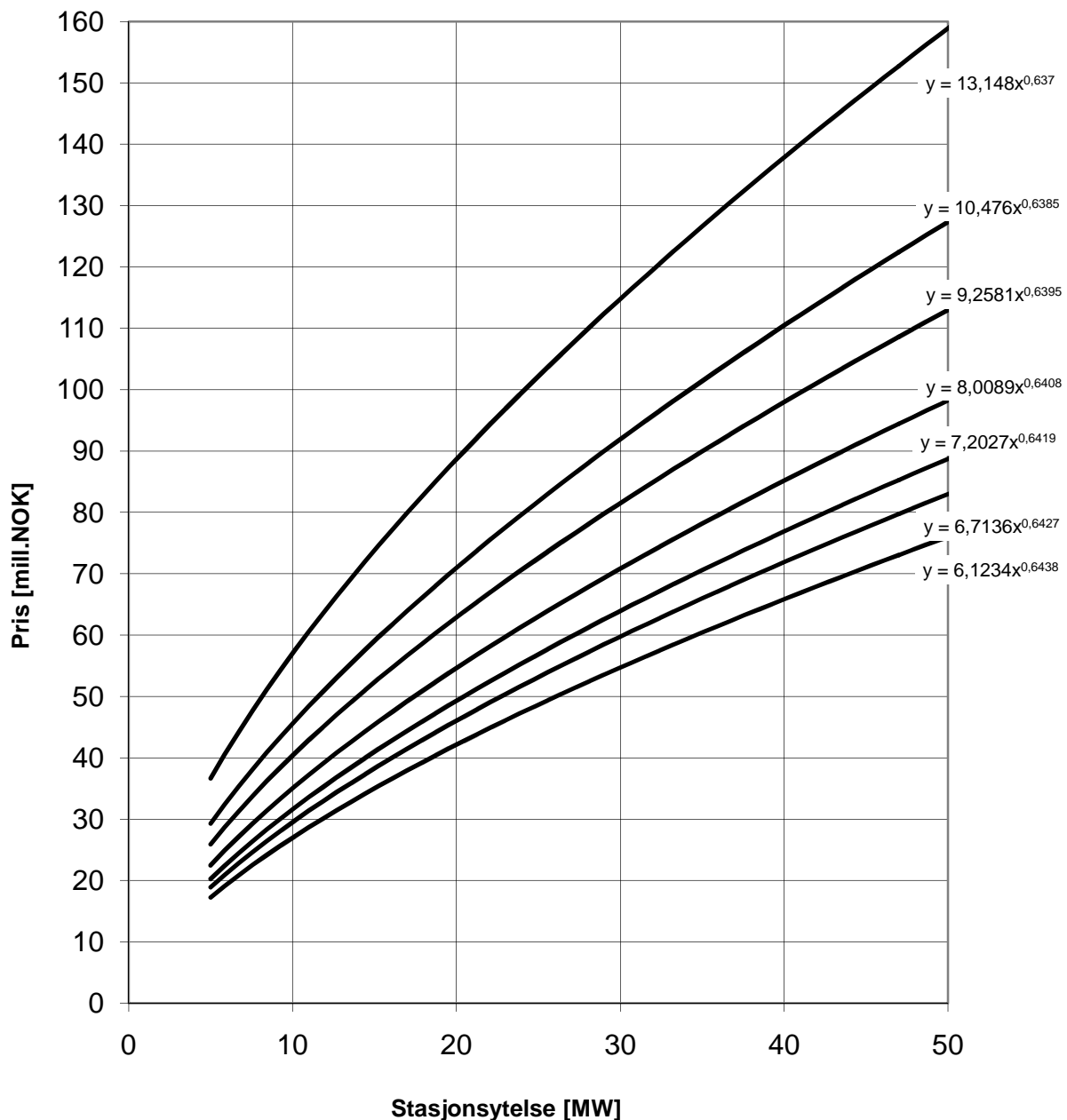
6. Velges SF6-anlegg, må en legge til differansen mellom SF6 og konvensjonelt anlegg jfr.fig.E.3.3.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TOTALE KOSTNADER FOR
ELEKTROTEKNISK UTRUSTNING I
KRAFTSTASJON
YTELSEN FORDELTT PÅ TO
AGGREGATER.

Fig.E.8.2
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
3. Toleranser + /- 20%.
2. Beregningene gjelder samlet elektroteknisk utrustning inkl. kontroll/hjelpeanlegg for middels stor stasjon i fjell.
4. Beregningene inkluderer 800 meter kabel. Spenningsnivå varierer fra 22 kV til 420 kV etter ytelsen [MW]

5. Teleanlegg og kraftlinjer er ikke inkludert, se kap. E.5.0

6. Velges SF6-anlegg, må en legge til differansen mellom SF6 og konvensjonelt anlegg jfr.fig.E.3.3.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TOTALE KOSTNADER FOR
ELEKTROTEKNISK UTRUSTNING I
KRAFTSTASJON
YTELSEN FORDELT PÅ TO
AGGREGATER.

Fig.E.8.2b
01.01.2010

E.9 ANLEGGSKRAFT

E.9.1 Generelt

Kraftforsyningen til anleggsarbeider kan variere mye, avhengig av kraftforbruk og anleggets kompleksitet. En har derfor ikke funnet det mulig å etablere kurver eller tabeller for et entydig kostnadsoverslag.

Ofte er det byggherrens oppgave å sørge for anleggskraft i henhold til entreprenørens behov. I så tilfelle vil kostnadene måtte anses som byggherreutgifter og derfor falle utenfor rammen for denne rapporten. Nedenfor er det angitt priser for enkeltkomponenter som inngår i anleggskraftforsyningen.

E.9.2 Høyspentlinje

Det henvises her til kap. E.7.

E.9.3 Kabelanlegg

Det forutsettes brukt 3 x 50 mm² Al. Ferdig installert kan en anta ca. 250 kr/m. Ved bruk av kabel med bærelinje må en regne et tillegg på ca. 75 kr/m.

E.9.4 Kiosker

En høyspent matekiosk av transportabel type kan anskaffes for kr. 150.000 - 200.000 ekskl. transformator. Prisen varierer med krav til flyttbarhet.

Videre er det behov for en eller flere fordelingskiosker med lavspennuttak. Disse kan koste fra kr 75.000 - 125.000 ekskl. transformator.

E.9.5 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå januar 2010.

M MASKINTEKNISKE ARBEIDER

M.0 GENERELT

M.0.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet

Kapittelet gir grunnlaget for beregning av gjennomsnittlig påregnelige kostnader for maskintekniske leveranser.

De oppgitte kostnader har en anslått nøyaktighet på $\pm 20\%$, med like stor sannsynlighet for at virkelige kostnader blir liggende høyere som at de blir liggende lavere.

M.0.2 Medtatte/ikke medtatt kostnader

De oppgitte prisene inkluderer følgende i tillegg til konstruksjon, produksjon og levering av komplett driftsferdig anlegg:

- Transport til anlegg i Norge, inkl. transportforsikringer
- Reservedeler
- Montasje og ferdigmaling, kost og løst for montører
- Sjau og håndlangerhjelp (5 % av samlet kostnad)
- Leverandørs tekniske service under montasje og idriftsettelse
- Ytelser i garantitiden

De oppgitte prisene inkluderer ikke følgende:

- Lokaltransport på anlegget
- Bygnings- og elektrotekniske utgifter i forbindelse med installasjonen
- Merverdiavgift
- Byggherreutgifter

M.0.3 Byggherreutgifter

Byggherreutgiftene er ikke tatt med i de oppgitte prisene. De mest dominerende byggherreutgiftene for maskintekniske leveranser er vanligvis:

- Planlegging og administrasjon, herunder konsulenthonorar
- Finansiering, renter i byggetiden
- Merverdiavgift
- Lokaltransport på anlegget
- Oppfølging under montasje og idriftsettelse
- "Diverse og utført" er ikke tatt med

M.0.4 Prisnivå

De oppgitte prisene refererer seg til januar 2010. Prisene er hovedsakelig basert på inngåtte kontrakter, budsjettpriser og samtale med leverandører. Det bemerkes at i perioden etter 2005 er det bygd få nyanlegg, og som gir et begrenset underlag for vurdering av prisutviklingen.

I perioden 2005 – 2010 er det en betydelig variasjon i kostnadsøkning for de ulike komponentene.

Produksjon av turbinkomponenter utføres i en rekke land verden over, og er dermed påvirket av prisutviklingen internasjonalt. Spesielt kan nevnes rustfritt stål som har hatt en betydelig prisøkning den siste 5 års perioden.

Turbiner har en generell prisøkning på ca. 30 %, men noe høyere for Kaplan turbiner. Prisøkningen ligger i samme området som for småkraftverk.

Luker og tverrslagsporter har en relativ stor kostnadsøkning. Prisene er sterkt avhengig av bruken av rustfritt stål.

Prisutvikling på stålrør er noe usikkert på grunn av begrenset underlag.

Vær oppmerksom på at utstrakt bruk av underleverandører kan gi problemer med redusert kvalitet på maskintekniske komponenter. Dette gjør at utbyggeren bør bruke mer midler på kvalitets kontroll av det utstyret han kjøper. Dette er ikke medtatt i kostnadsgrunnlaget.

M.1 TURBINER

M.1.1 Generelt

Turbinprisene er gitt som kr/kW maksimal effekt og som funksjon av maksimal vannføring Q , midlere effektiv fallhøyde H og turtall n . Prisene gjelder hovedsakelig i effektområdet 5 - 300 MW.

Mellom 2 turtall i diagrammene må det laveste turtallet benyttes.

For et valgt turtall vil marginalkostnadene ved mindre variasjoner i slukeevne eller fallhøyde være mindre enn kurvene gir inntrykk av.

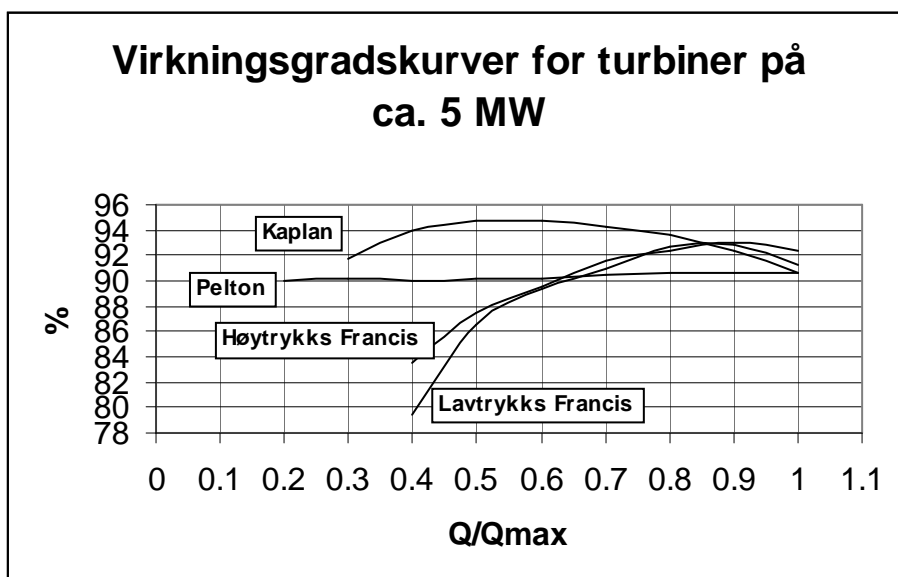
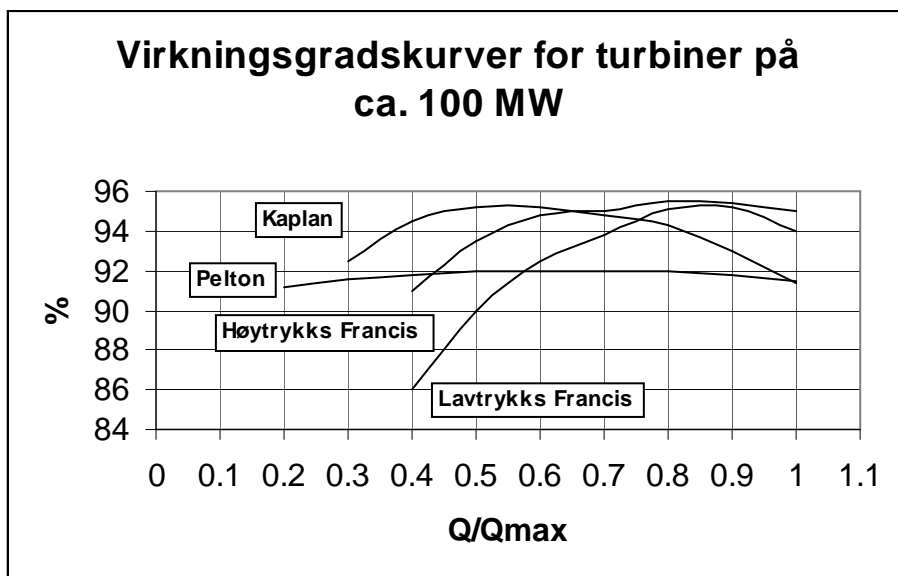
Vi påpeker at ved å sammenlikne kurvene for småturbiner og større turbiner, kan det synes som om det er motsetninger i prisene i overgangen mellom store og små turbiner. Dette er helt naturlige prishopp som ligger i gråsonen mellom 8-12 MW. Disse prishoppene skyldes hovedsakelig størrelse og trykk. Dette gjør seg bl.a. utslag i utformingen av aggregatet. De mindre turbinene er dessuten utført med en del serieprodusert utstyr som gjør dem rimeligere.

Ved to eller flere like turbiner i samme stasjon koster turbin nr 2, hhv. nr 3 osv. ca. 90 % av turbin nr 1, hvis de kan installeres i naturlig rekkefølge.

Reserve turbinhjul er ikke med i prisene. For alle vertikale maskiner er turbinstyrelager med, men ikke bærelager. For horisontale maskiner er verken radial- eller aksiallager med i prisene. De lagre som ikke er med, er vanligvis inkludert i generatorleveransen.

Virkningsgrader

Nedenfor er angitt noen typiske virkningsgradskurver for ulike turbintyper med turbinytelse på ca. 100 MW og ca. 5 MW. Levert effekt vil ligge anslagsvis 3-4 % under turbineffekten pga. tap i generator og transformator.



M.1.2 Peltonturbiner med ytelse over ca. 10 MW, fig. M.1.A

For priskurvene er det forutsatt turbiner med ringledning, ventil og frekvensregulator.

Kurvene er delt i to hovedområder: 2 strålede horisontale turbiner (horisontal aksel) og 6-strålede vertikale turbiner. Områdene vil i praksis overlappe hverandre, avhengig av bl.a. variasjon i driftsvannføring, om stasjonen ligger i dag eller i fjell etc. Enkelte ganger kan også 5- eller 4-strålede vertikale turbiner være fordelaktig.

Peltonhjulet må alltid stå over høyeste undervann, for turbinene i diagrammet ca. 1 til 4 m, avhengig av størrelsen og om det er en horisontal eller vertikal maskin.

Ved fallhøyder under ca. 650 m og store vannføringer kan Francisturbin være aktuelt i stedet.

Prisene er generelt hevet for Pelton turbiner.

M.1.3 Francisturbiner med ytelse over ca. 10 MW, fig M.1.B

For priskurvene er det forutsatt vertikale turbiner med stålspiral, ventil og frekvensregulator.

Prisene gjelder for turbiner med løpehjulsenter moderat dykket i forhold til lavere undervann. Hvis det kreves at turbinen ikke skal være dykket vil det oftest øke prisen; noe avhengig av hvor nært en ligger turtallsgrensene.

Ved lave fallhøyder, høye vannføringer og store variasjoner i vannføring kan Kaplanturbin være aktuelt i stedet. Ved store fallhøyder, små vannføringer og store variasjoner i vannføring kan Peltonturbin være aktuelt.

Prisene er generelt hevet for Francis turbiner.

M.1.4 Kaplanturbiner med ytelse over ca. 6 MW, fig. M.1.C og D

For priskurven er det forutsatt vertikale turbiner med frekvensregulator.

Det er gitt to ulike prisblad; ett for Kaplan med stålspiral, fallhøydeområde ca. 35 m til ca. 50 m, og ett for Kaplan i betongspiral, fallhøydeområde ca. 5 m til 30 m.

I øvre fallhøydeområde kan det, særlig ved liten slukeevne og liten variasjon i vannføring, være aktuelt å benytte Francisturbin i stedet. I nedre fallhøydeområde kan det også, hvis det er stabilitetsmessig forsvarlig, benyttes rørturbiner. Prisene vil da ikke endres vesentlig, men turtallet vil være 10-20 % høyere enn det som framgår av diagrammet.

For Kaplanturbiner i stålspiral med slukeevne under ca. 80 - 100 m³/s kan det være aktuelt med spjeldventil foran turbinen i stedet for inntaksfalluke. Ventilen koster 20-30 % av turbinprisen.

Priskurvene er generelt hevet for Kaplan turbinene

M.1.5 Småturbiner, fig M.1.E, F og G er tatt ut da 10 MW turbiner er omtalt i håndbok 1

M.1.6 Pumpeturbiner

Pumpeturbinprisene regnes ut ved å benytte prisene for en Francisturbin med samme slukeevne og så legge på et prosenttillegg for merkostnadene for en pumpeturbin. Forholdstallet mellom Francisturbiner og tilsvarende pumpeturbiner varierer noe, men har et middel på ca. 1,25.

M.1.7 Tiltak for forbedring av virkningsgrad på turbiner

Pelton:

Tiltak som kan gjøres på turbinen for å bedre virkningsgraden:

- Nytt løpehjul.
- Nytt nåle- og dysesystem med utvidet kapasitet
- Modifisering av turbinhus med reduksjon av ventilasjonstap.

Forbedringspotensial i virkningsgraden er på opp til 3 % for eldre turbiner og 1 % for nyere turbiner (ca.1970 tallet). Ved sterk slitasje er selvsagt forbedringen høyere.

Kostnad for løpehjul utgjør ca. 15 - 30 % av en ny turbin. Prisen påvirkes av tekniske valg. De andre komponentene som er nevnt utgjør ca. 10 % av kostnaden for en ny turbin. Ved økt slukeevne kan det være at turbinen mekaniske reguleringsystem må endres.

Slukevnen kan normalt økes med 5 – 10 %, og begrenses særskilt av krav til ventilasjonstap, oppstuvning i avløpet og generatorens maks. ytelse.

Francis:

Tiltak som kan gjøres på turbinen for å bedre virkningsgraden:

- Nytt løpehjul med endret geometri og bestpunkt.
- Nye labyrinttetninger.
- Nytt og utvidet avløp fra løpehjul og i sugerørkonus gir økt slukeevne.
- Nye ledeskovler og eventuelt ledeskovltetning.
- Justering av stagskovler mhp inn- og avløpsvinkler.

Forbedringspotensial i virkningsgraden er på opp til 3 % for eldre turbiner og 1,5 % for nyere turbiner (ca. 1960 tallet). Ved sterk slitasje er selvsagt forbedringen høyere. Slukevnen kan normalt økes med 5 – 10 %, og begrenses særskilt av krav til dykking, tillatt trykkstingning og generatorens maks. ytelse.

Kostnad for løpehjul utgjør ca. 15 -30 prosent av en ny turbin. Prisen påvirkes av tekniske valg. De andre komponentene som er nevnt utgjør ca. 10 % av kostnaden for en ny turbin. Ved økt slukeevne kan det være at turbinen mekaniske reguleringsystem må endres.

Kaplan:

Tiltak som kan gjøres på turbinen for å bedre virkningsgraden:

- Nytt løpehjul med endret geometri og bestpunkt
- Nye ledeskovler for økt slukeevne og redusert friksjon.
- Nytt og utvidet avløp fra løpehjul og løpehjulsammer gir økt slukeevne. Utvidelse av løpehjulsammer kan være teknisk krevende. Ved økt slukeevne endres som regel turbinhulets geometri og friksjon i tillegg til at bestpunktet forskyves mot høyere effekt.
- Justering av stagskovler mhp inn- og avløpsvinkler.

Forbedringspotensial i virkningsgraden er på opp til 2 % for eldre turbiner og 1,0 % for nyere turbiner (ca. 1960 tallet). Ved sterk slitasje er selvsagt forbedringen høyere. Kaplan turbiner er vanskelig å verifisere med prototypmålinger. Måling av modellturbin kan være den billigste og beste metoden for å verifisere virkningsgraden. Slukeevnen kan normalt økes med 5 – 10 %, og begrenses særskilt av krav til dykking, og generatorens maks. ytelse.

Kostnad for løpehjul utgjør ca. 15 -30 prosent av en ny turbin. Prisen påvirkes av tekniske valg. De andre komponentene som er nevnt utgjør ca. 10 % av kostnaden for en ny turbin. Ved økt slukeevne kan det være at turbinens mekaniske reguleringsystem må endres.

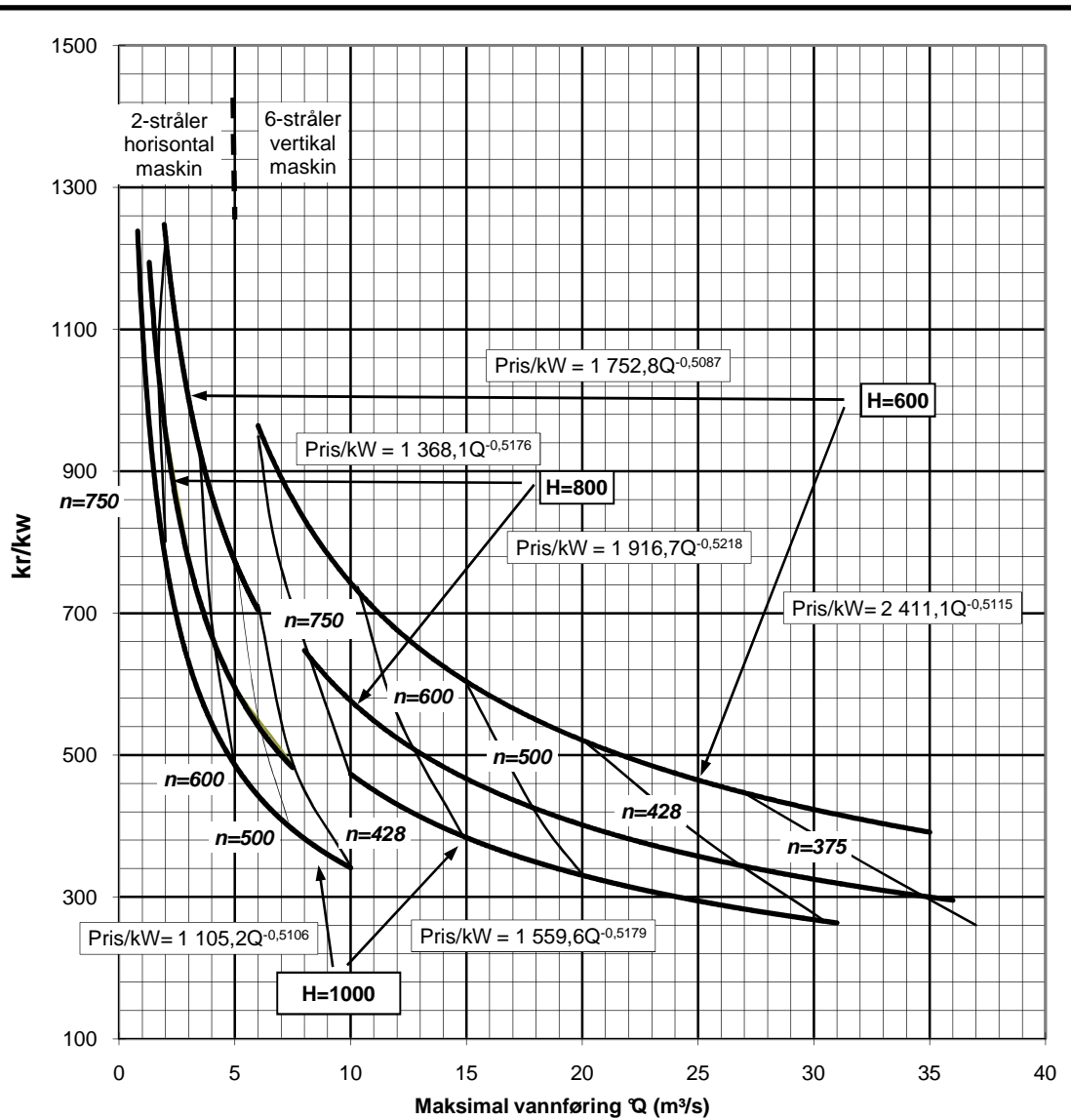
Forbedringer generelt:

Generelt kan forbedringer i turbiner ved opprusting og modernisering gi 1 - 5 % forbedring av virkningsgraden. I enkelte tilfeller kan eldre kraftverk med Pelton turbiner ombygges til Francisturbiner. Gevinsten i dette tilfellet kan være opp til 7 %. Dette medfører selvfølgelig en større ombygging av kraftstasjonen, og er best egnet som tiltak dersom en bygger en ny kraftstasjon ved siden av en den gamle stasjonen. I dette tilfellet kan også slukeevnen økes betraktelig.

Vurdering av tiltakets betydning på elektrokomponenter:

Om turbinens virkningsgrad forbedres med 1 – 5 % , dvs en effektøkning på 1 - 5 % vil i de fleste tilfeller utstyr som generator, transformator og øvrig høyspenningsutstyr allerede være dimensjonert for dette. Spesielt transformator og generator er slik dimensjonert at en økning opptil 10 % kan være akseptabelt. Det er viktig i denne sammenheng å ta hensyn til at dette kan, avhengig av hvordan disse komponentene er dimensjonert, medføre en temperaturøkning som igjen kan redusere levetiden.

Utstyr som spesielt må undersøkes om vil være tilstrekkelig dimensjonert i forhold til en effektoppgradering er skinneføringer, kabler, strømtransformatorer, effekt og skillebrytere.



ANMERKNINGER:

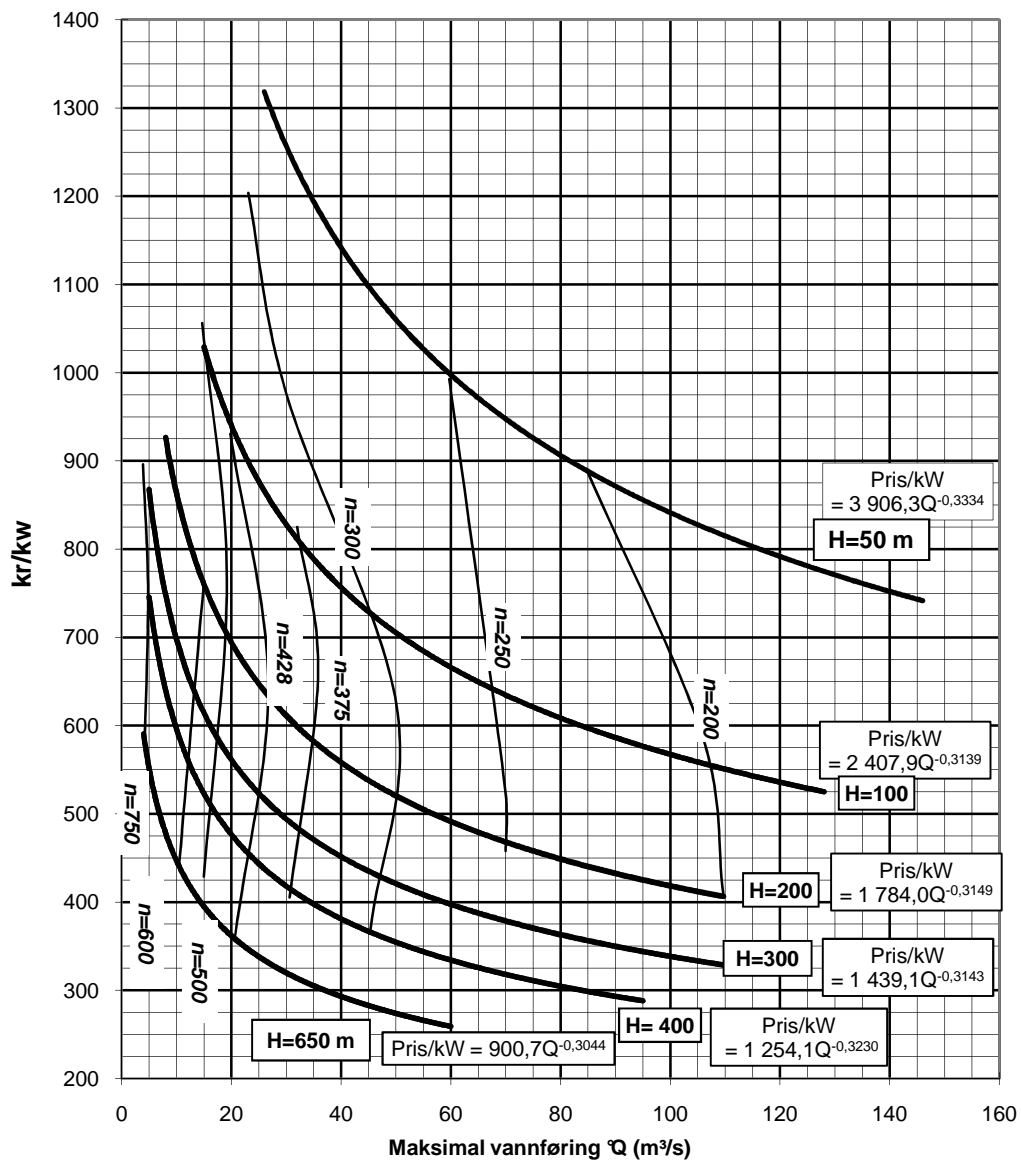
1. Prisnivå januar 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

PELTONTURBIN

Fig. M.1.A
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Turbinsenteret ligger ca.3 m under laveste undervann

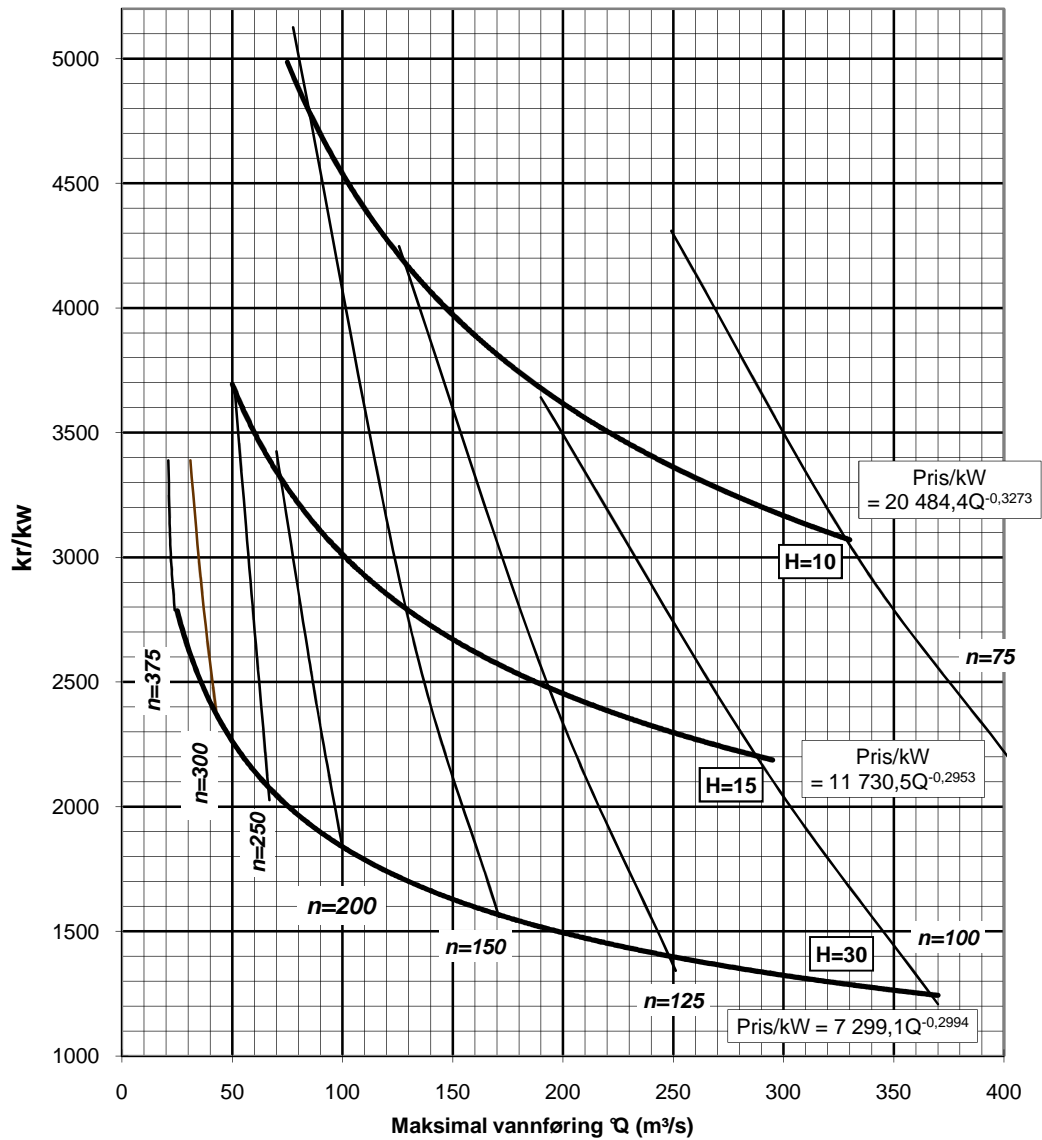


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FRANCIS TURBIN

Fig. M.1.B
01.01.2010

NVE



ANMERKNINGER:

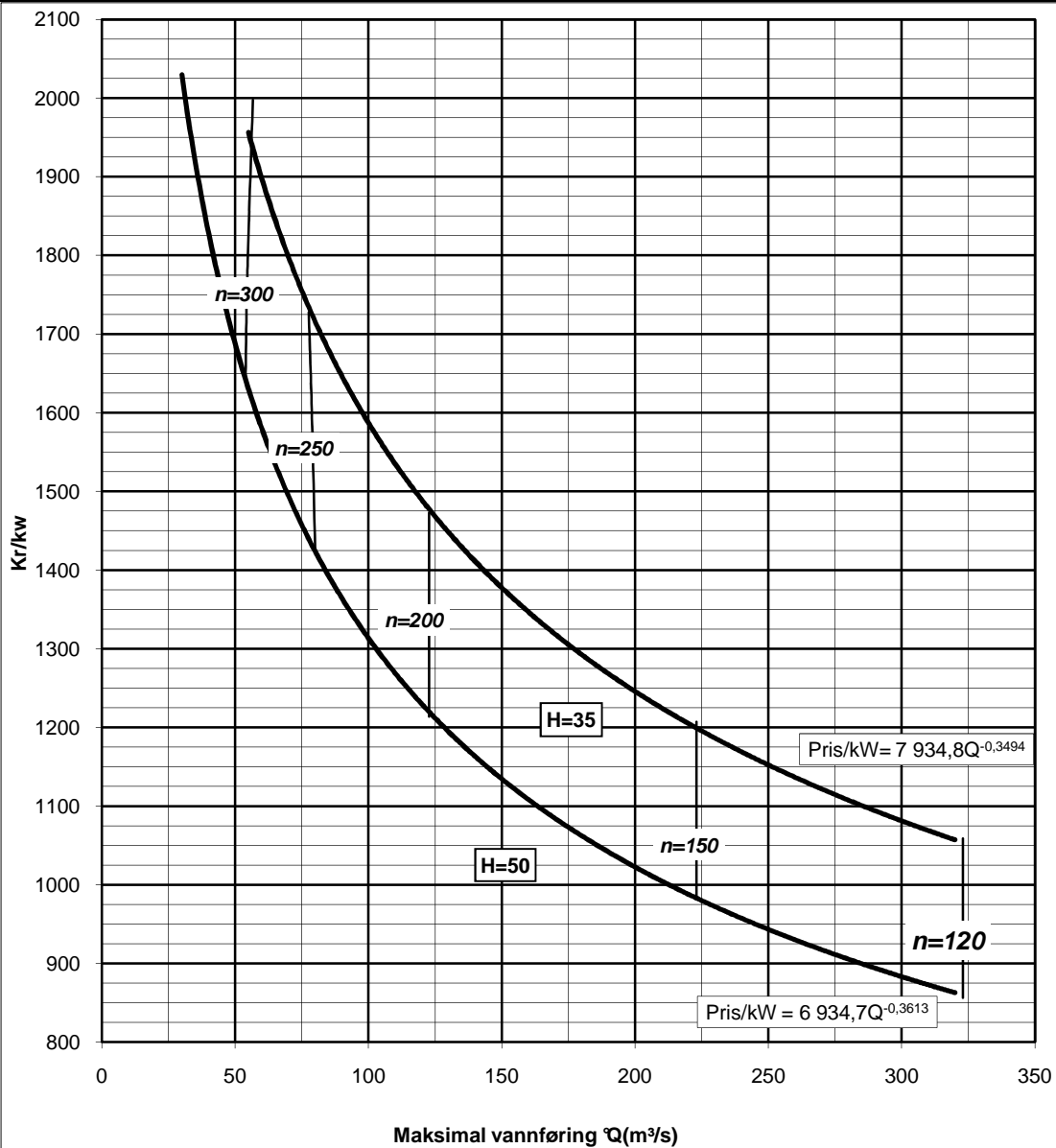
1. Prisnivå januar 2010
2. Kurvene gjelder vertikale aggregat med betongspiral



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KAPLANTURBIN MED
BETONGSPIRAL

Fig. M.1.C
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

**KAPLANTURBIN MED
STÅLSPIRAL**

Fig. M.1.D
01.01.2010

M.2 PUMPER

Pumpeprisene er gitt som kr/kW stemplet motorstørrelse, og som funksjon av maksimal vannføring og løftehøyde H_e . Prisene gjelder i området fra 100 l/s og så langt som kurvene er trukket. Kurvene er trukket så langt til høyre som standardprogrammene til de fleste aktuelle pumpeleverandører rekker.

Virkningsgraden øker med økende vannføring fra ca. 0,75 ved 0,1 m³/s til 0,9 over 2 m³/s.

Turtallene er i høyeste grad retningsgivende, og kan i praksis vise seg å gå både ett og to trinn i vilkårlig retning, avhengig av dykking, løpehjulutførelse og antall pumpetrinn.

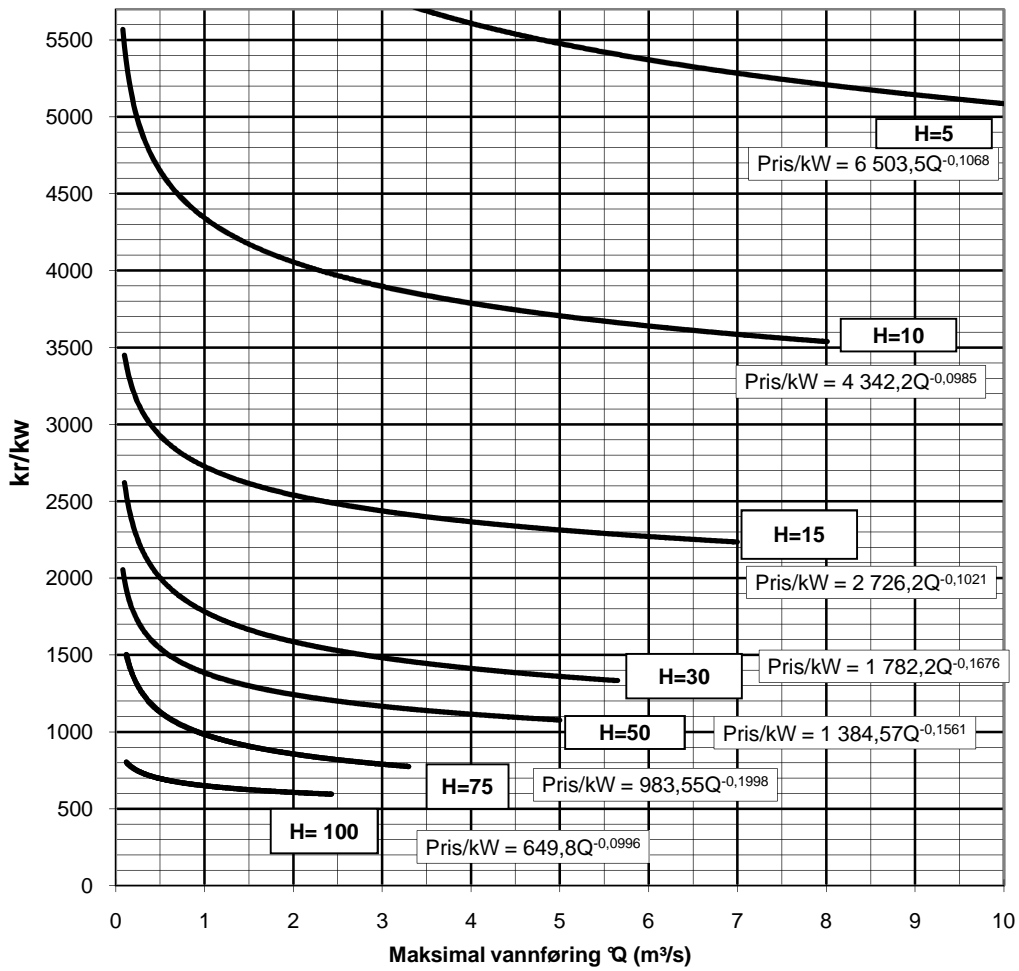
Det kan i praksis ikke gjøres regning med "kvantumsrabatt", med mindre det er snakk om mer enn 3 pumper i samme stasjon.

Pumper og elektroteknisk utrustning vil ofte inngå i en og samme leveranse.

For kostnadskurvene er det forutsatt ensidig sugende pumper med innløp og avløp rettvinklet på hverandre, alternativt tosidig sugende pumper med innløp og avløp langs samme akse.

Utover ca. 100 m trykkhøyde bør priser for sentrifugalpumper innhentes fra leverandør.

HORISONTALE PUMPER



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisene er inkludert motor og el. skap



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

PUMPER

Fig. M.2.A
01.01.2010

M.3 LUKER

M.3.1 Generelt

Lukeprisene er gitt i kroner avhengig av lukestørrelsen i m² og konstruksjonstrykket H i m Vs. Prisene gjelder for lukene ferdig montert. For inntaksluker og tappeluker i tunnel kan prisgrunnlaget for betongpropper i tunnel og sprengte sjakter brukes for å beregne byggekostnader. Det er satt opp priskurver for:

Segmentluker	fig M.3.A
Klappeluker	fig M.3.B
Rulleluker	fig M.3.C
Glideluker	fig M.3.D
Tverrslagsporter	fig M.3.E

Det bemerkes at rulleluker er dårlig egnet som tappeluker.

Det bør regnes med rulleluker hvor det er krav til stenging ved ensidig trykk, og hvor trykk (m) x areal (m²) er større enn 500.

Når det gjelder rulleluker og glideluker, er det ofte man har en revisjonsluke umiddelbart oppstrøms hovedluka med opptreksarrangement i samme sjakta. Dette for enkelt å kunne rehabilitere hovedluka. Revisjonsluka er imidlertid ikke tatt med i priskurvene.

Anslagsvis pristillegg for revisjonsluke er:

For rulleluker	ca. 50 %
For glideluker	ca. 70 %

M.3.2 Gummiluker

Gummiluker vil i noen tilfeller kunne benyttes i stedet for klappeluker, segmentluker, sektorluker og nålestengslør. Anvendelsesområder vil i første rekke være der det ikke ligger store magasiner bak slik at konsekvensene ved evt. havari er små.

Fordelene og ulempene med gummiluker er i første rekke følgende:

Fordeler

1. Prisgunstig ved store lengder
2. Enklere byggearbeid
3. Lite vedlikehold
4. Små driftskostnader

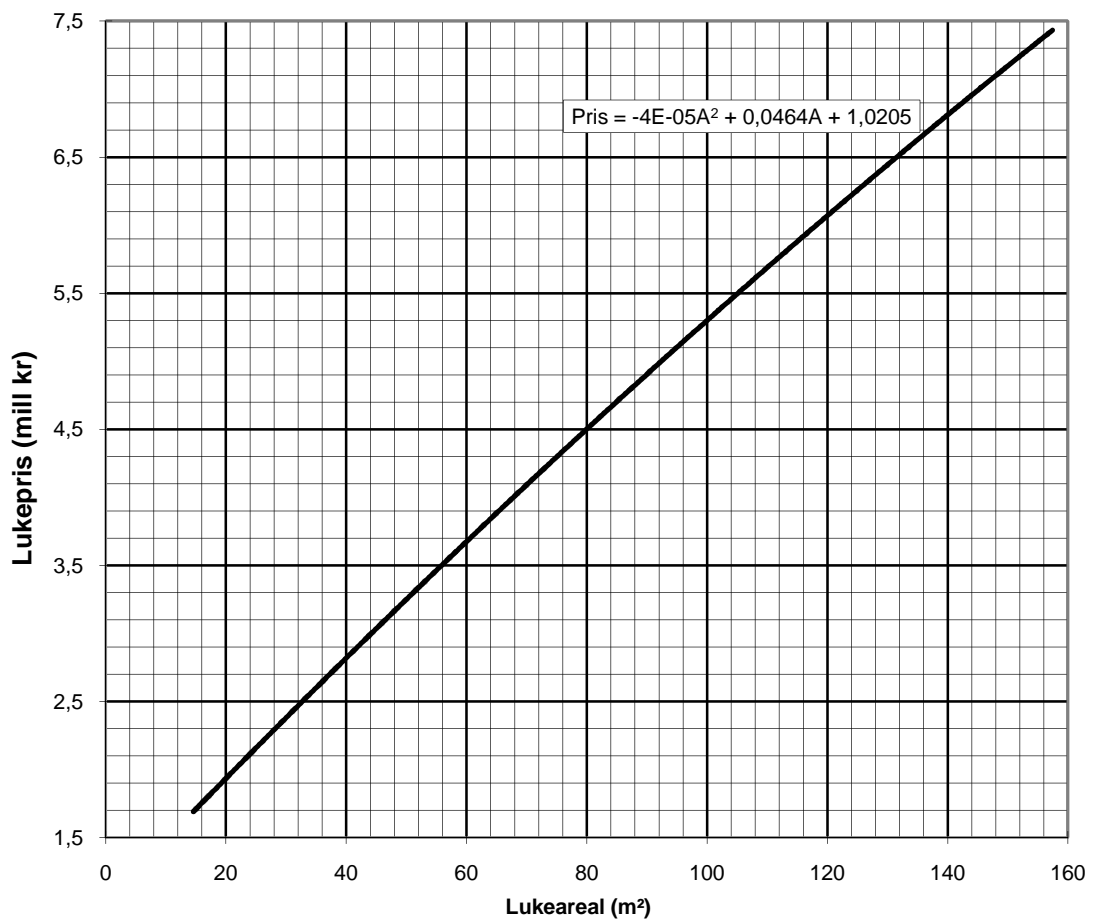
5. Synes lite i terrenget
6. Kan lages i meget lange lengder
7. God tetning

Ulemper

1. Regulering med delåpninger frarådes.
2. Problemer med vibrasjoner kan oppstå ved mer enn 20-30 % overtopping for luftfylte luker og 30-40 % overtopping for vannfylte luker.
3. Kan kun brukes som overflateluker
4. Høydebegrensninger

Når det gjelder prisen, er det klart at gummi ikke kan konkurrere med stål på mindre luker. For overflateluker må lengden sannsynligvis være mer enn 15 m før prisen vil slå noe særlig ut til fordel for gummiluker. Med økende lengde utover ca. 15 m blir prisforskjellen større.

Som et prisanslag kan man regne ca. 26.000 kr/m² lysåpning. Dette er da pris for luke med kompressorlegg, rør, styring, stålforankring etc. ferdig montert. Prisen er ekskl. byggearbeider.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisene gjelder for damluker uten toptetning

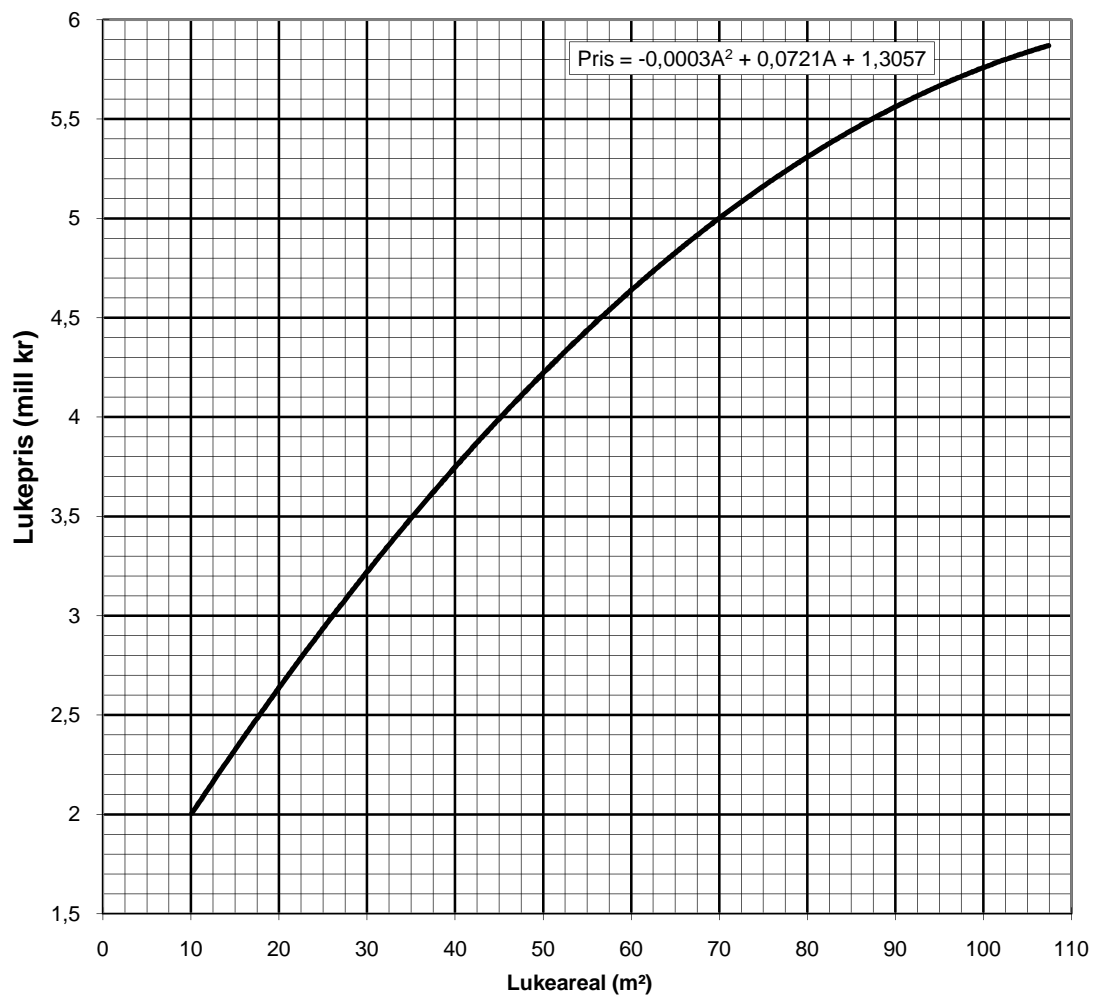


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

SEGMENTLUKER

Fig. M.3.A
01.01.2010

NVE



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Terskeltrykk < 5 m



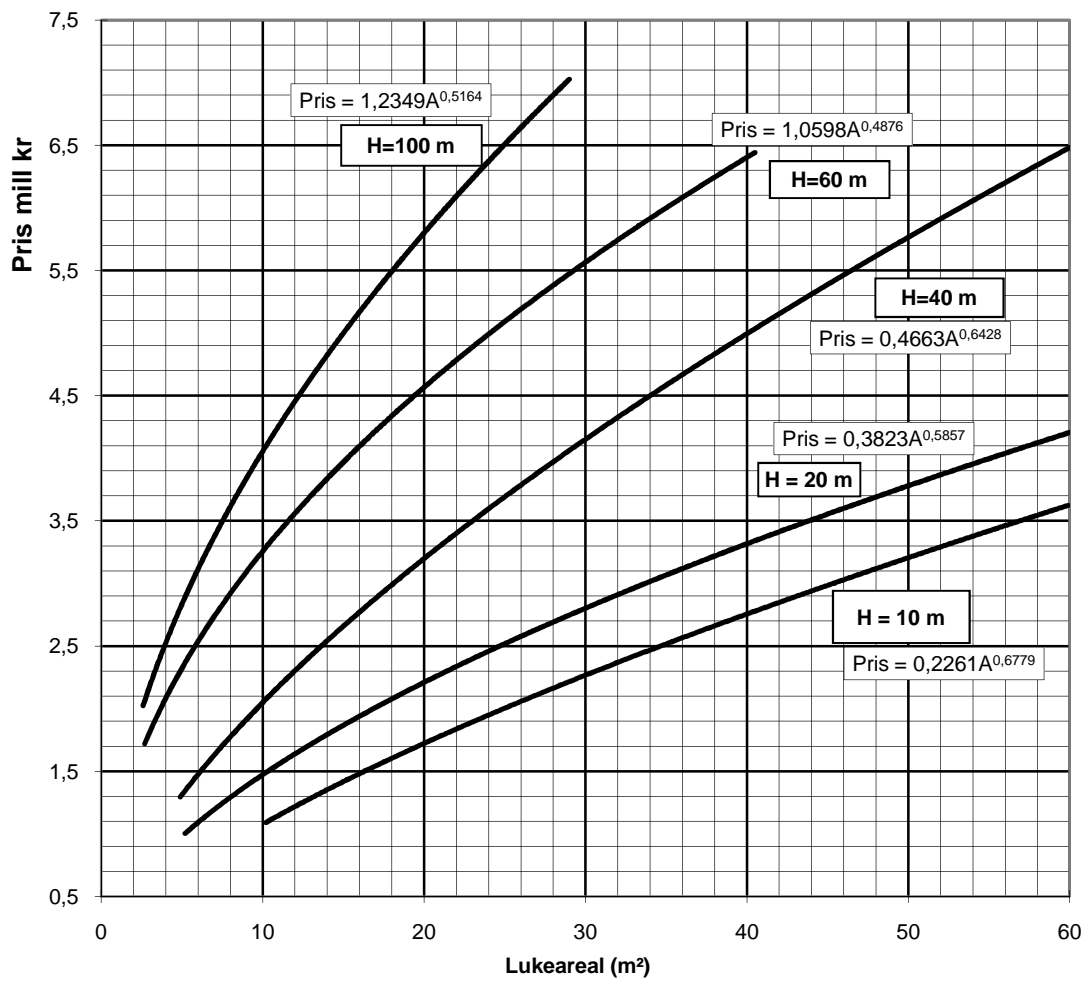
Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

KLAPPELUKER

Fig. M.3.B
01.01.2010

RULLELUKER



ANMERKNINGER :

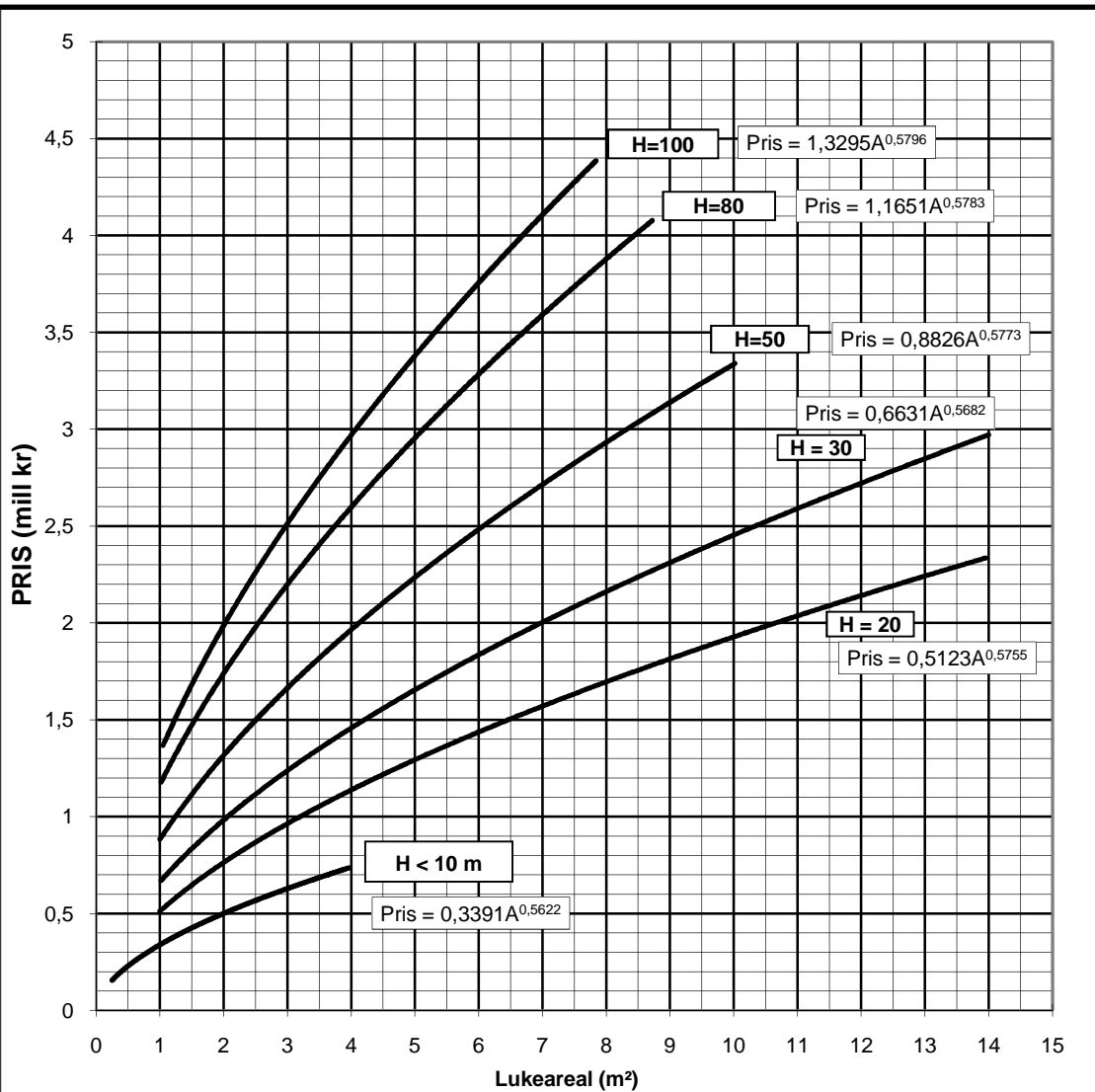
1. Prisnivå januar 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

RULLELUKER

Fig.M.3.C
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Lengde av opptrekkstang er satt lik konstruksjonstrykket.
3. For konstruksjonstrykk < 10 mVs er det forutsatt standardluker

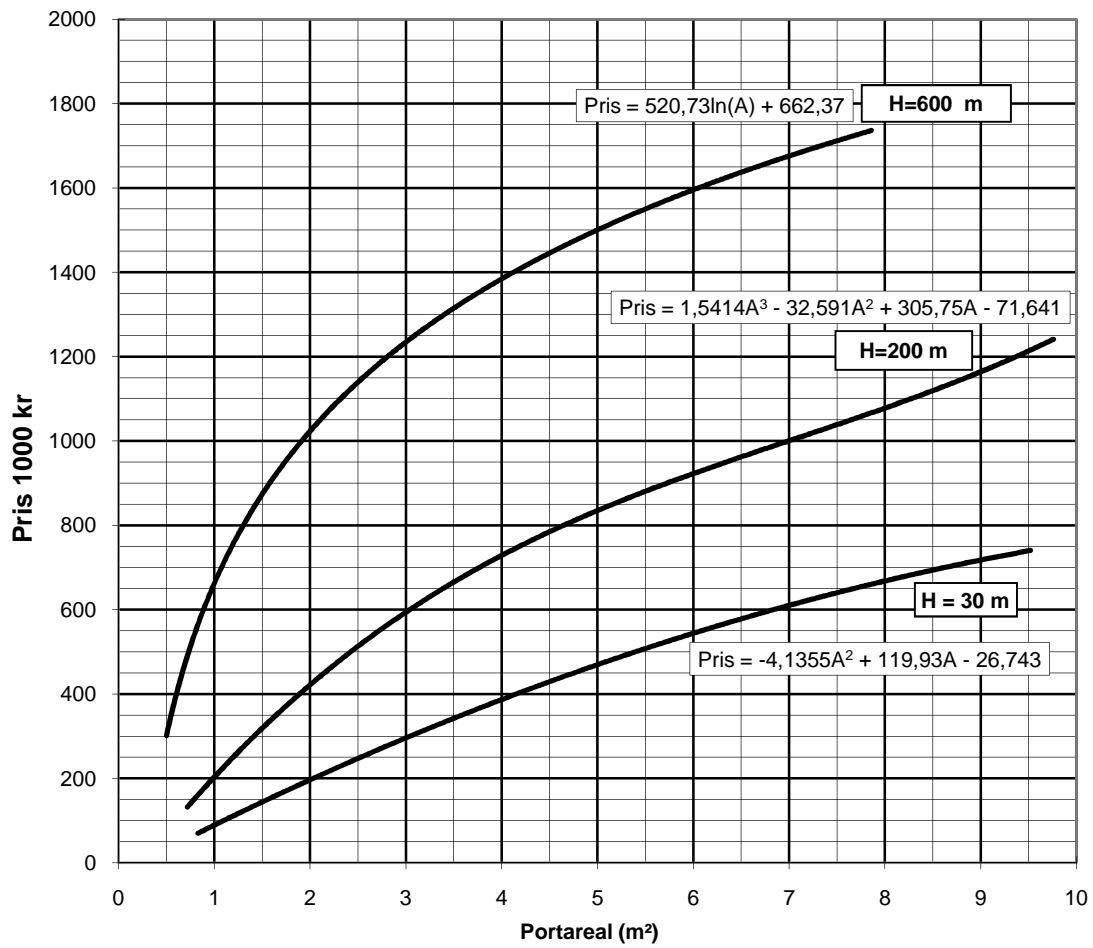


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GLIDELUKER

Fig. M.3.D
01.01.2010

TVERRSLAGSPORTER



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TVERRSLAGSPORTER

Fig. M.3.E
01.01.2010

M.4 DIVERSE UTSTYR, FIG M.4.A

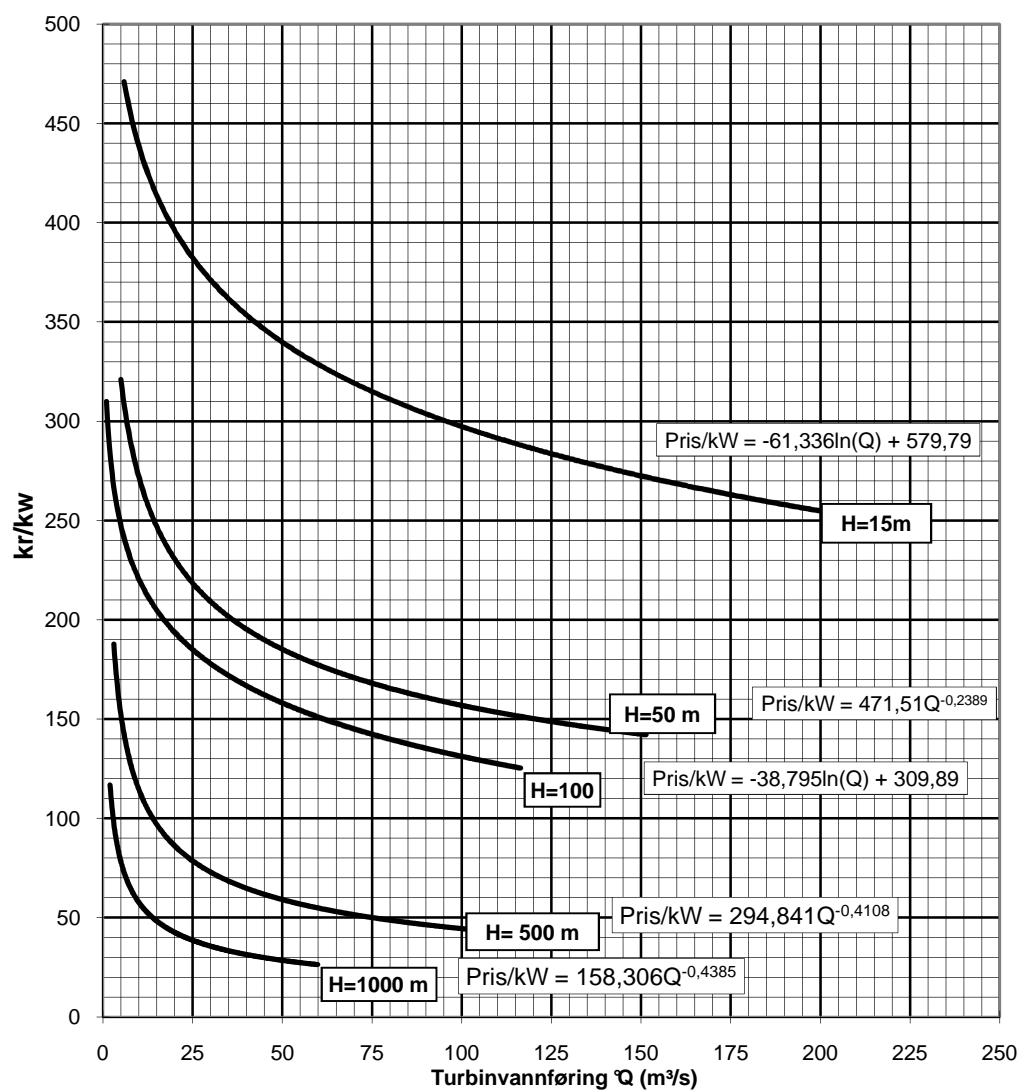
Priskurvene viser i pris kr/kW for diverse utstyr som på et tidlig stadium i prosjekteringen kan summeres, avhengig av turbinvannføringen i Q og fallhøyden H. Med to aggregater i samme stasjon vil prisen pr kW reduseres med ca. 25 %.

Kurvene inkluderer inntaksvaregrind dimensjonert for ca. 10 m differansetrykk, 1 m/s hastighet og lysåpning mellom stavene tilpasset de ulike turbintypene. Oppvarming, grindrensker etc. er ikke inkludert.

Hvor det er aktuelt med Francis- og Kaplan-turbiner, er det inkludert sugerørsluke(r).

Kurvene inkluderer for øvrig maskinsalkran, kjølevanns- og lenseanlegg.

For fallhøyder under 15 m kan prisen pr kW tilnærmet finnes ved å multiplisere prisen for 15 m med $15/H_e$.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. Prisene inkluderer maskin-salkran, kjøle- og lense-anlegg og inntaksvare-grind.
3. For vertikale Francis- og Kaplan-turbiner er suge-rørsluke inkludert.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

DIVERSE UTSTYR

Fig. M.4.A
01.01.2010

NVE

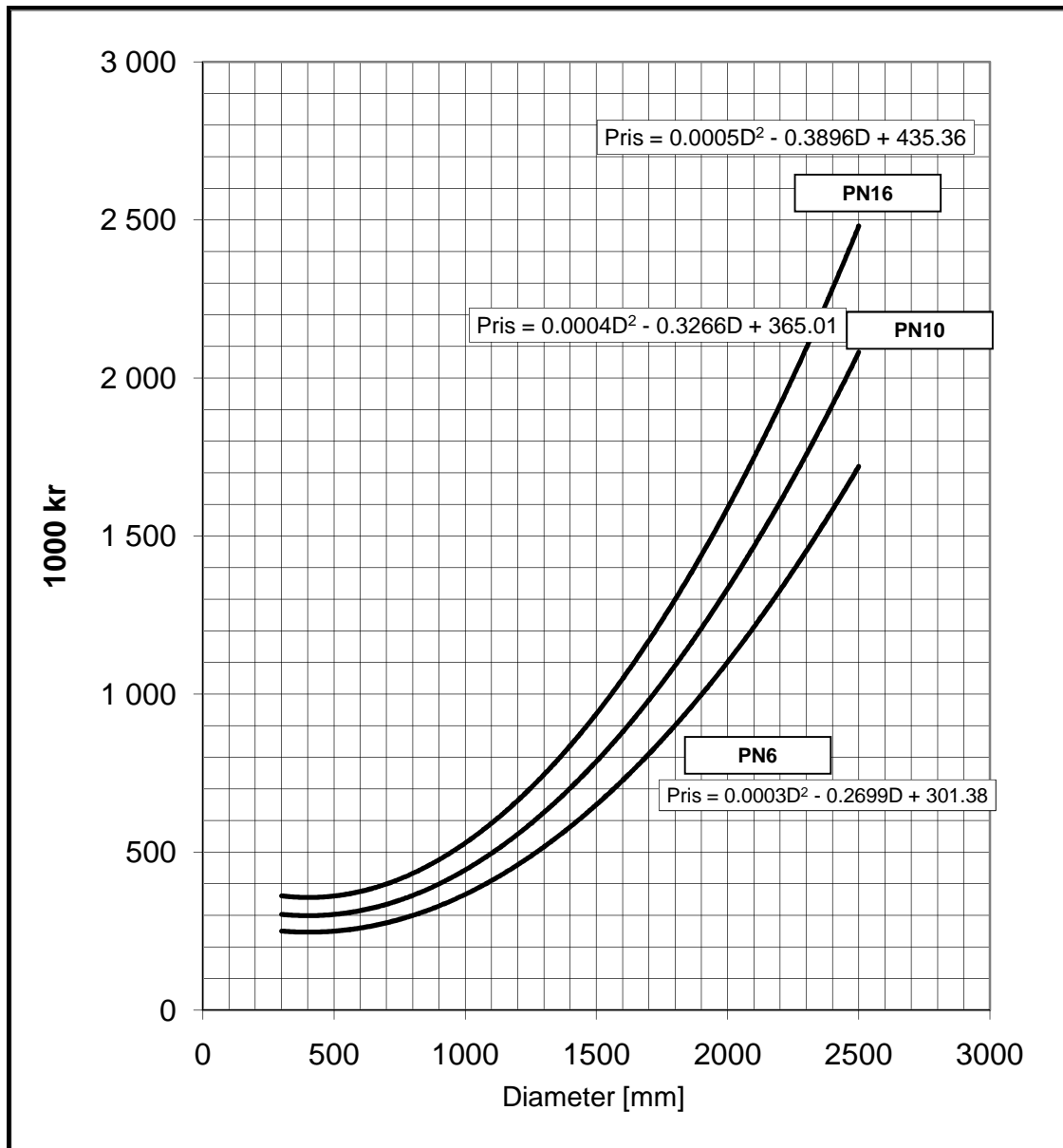
M.5 RØRBRUDDSVENTILER

Kostnadskurvene for rørbruddsventiler er å finne på fig. M.5.A.

Prisene er gitt i kr, avhengig av diameter og konstruksjonstrykk.

Prisene inkluderer rørbruddsutløser og ekspansjonsboks.

Kostnadskurvene fra 2005 er ikke justert.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

RØRBRUDDSVENTILER

Fig. M.5.A
01.01.2010

M.6 RØR

M.6.1 Frittliggende og nedgravde rør, fig M.6.A og B

Priskurvene gir leverandøromkostninger for frittliggende rør, inklusive montering men ekskl. bygningskostnader.

Begrenset underlag på leveranser av stålrør gjør det vanskelig å vurdere prisutviklingen. Kostnadskurvene (Fig. M.6.A og C) for 2005 er derfor ikke justert. Dette medfører en større usikkerhet i kostnadsgrunnlaget for stålrør.

Kurvene er i prinsippet basert på to rørtyper: Glassfiberarmerte, umettede polyester rør (GRP) og stålrør.

Kurvene inkluderer innløpskonus i oppstrøms ende, bend i nedstrøms ende og utløpskonus. Kurvene er satt opp for "lengre" rør, over ca. 150 m, med 1 bend med utstyr pr 150 m. Ved kortere rør, eller flere bend etc. vil kostnadene øke. GRP-rør er tegnet inn i det bruksområdet hvor de har vist seg økonomiske. GRP-rør må ha det dobbelte antall fundamenter i forhold til stålrør, og fundamentene blir dyrere, men fastpunktene billigere. Prisen for GRP-rør følger ikke alltid den ordinære prisutviklingen en har for de øvrige maskinleveransene. Priskurvene for GRP-rørene er basert på en total lengde på minimum ca. 300 m.

Stålrør er delt i 3 grupper:

a) *Område under 700 mm.*

Prisen avhenger noe av hvilken vekt som legges på muligheten for framtidig innvendig korrosjonsbeskyttelse. Under ca. 500 mm og 500 m trykk kan duktile støpejernsrør være et alternativ.

b) *For dimensjon ca. 0,7m < D < ca. 2m avhengig av trykk.*

I dette området er innvendig korrosjonsbeskyttelse ikke noe problem, og det er relativt stor priskonkurrans. Leveransen baseres ofte på spiralsveiste rør.

c) *Store rør,*

hvor det er relativt liten priskonkurrans.

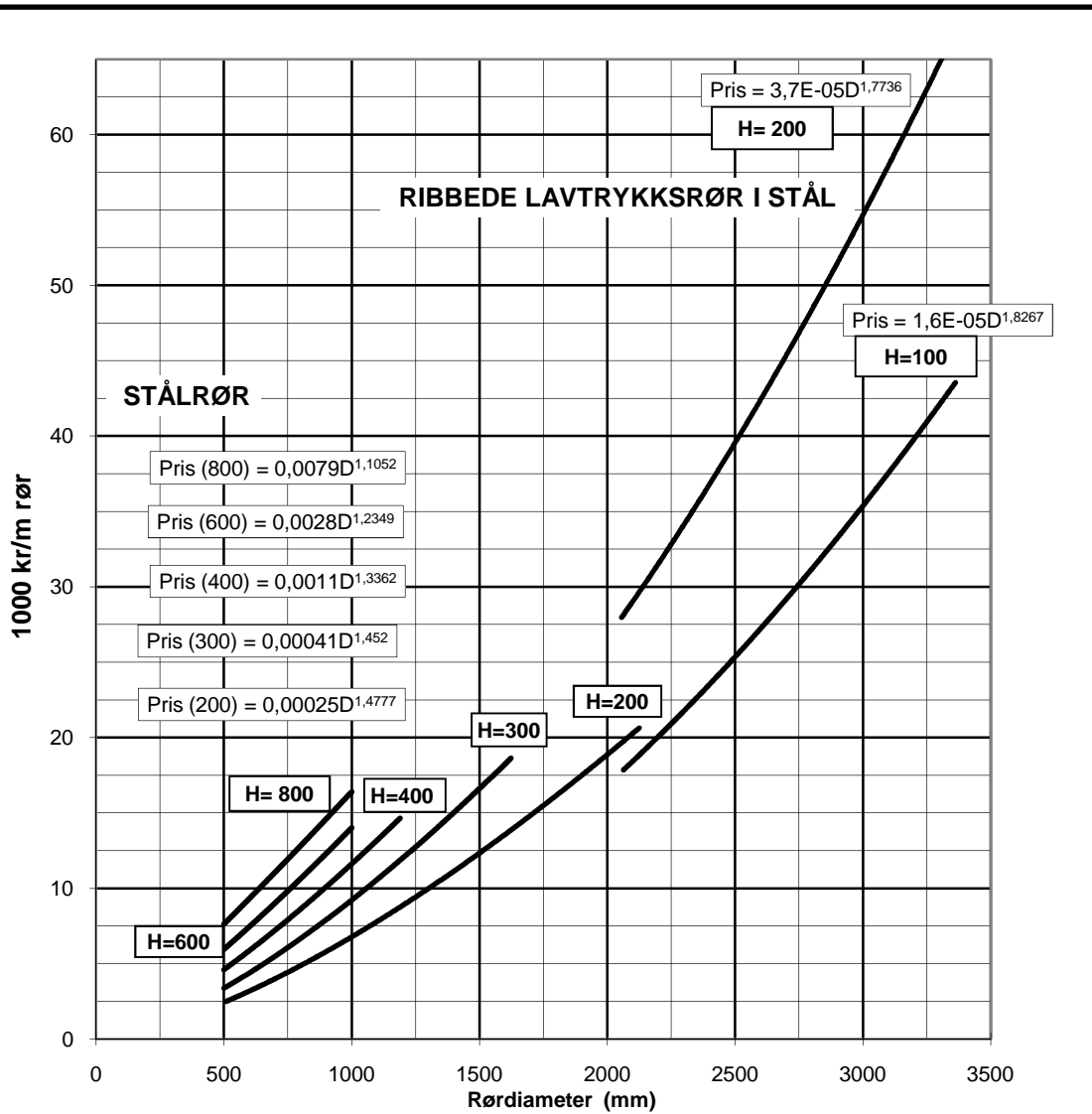
For nedgravde rør kan det benyttes samme priser som for frittliggende rør.

Trerør er tatt ut av kostnadsgrunnlaget i denne revisjonen. Dette fordi denne rørtypen i liten grad blir benyttet, og at prisgrunnlaget derfor vurderes for dårlig.

M.6.2 Stålforedede trykksjakter, fig M.6.C

Priskurvene gir leverandøromkostninger for stålforinger ferdig montert, avhengig av samlet lengde ca. 100 m, fjelloverdekning (i m) ca. 20 % av konstruksjonstrykket og med innvendig vanntrykk som dimensjonerende. Om utvendig vanntrykk blir dimensjonerende eller om fjelloverdekningen blir liten, vil prisene endres.

I priskurven er inkludert innløpskonus med overgang firkant/-rund, bend i nedstrøms ende og utløpskonus foran turbin.



ANMERKNINGER:

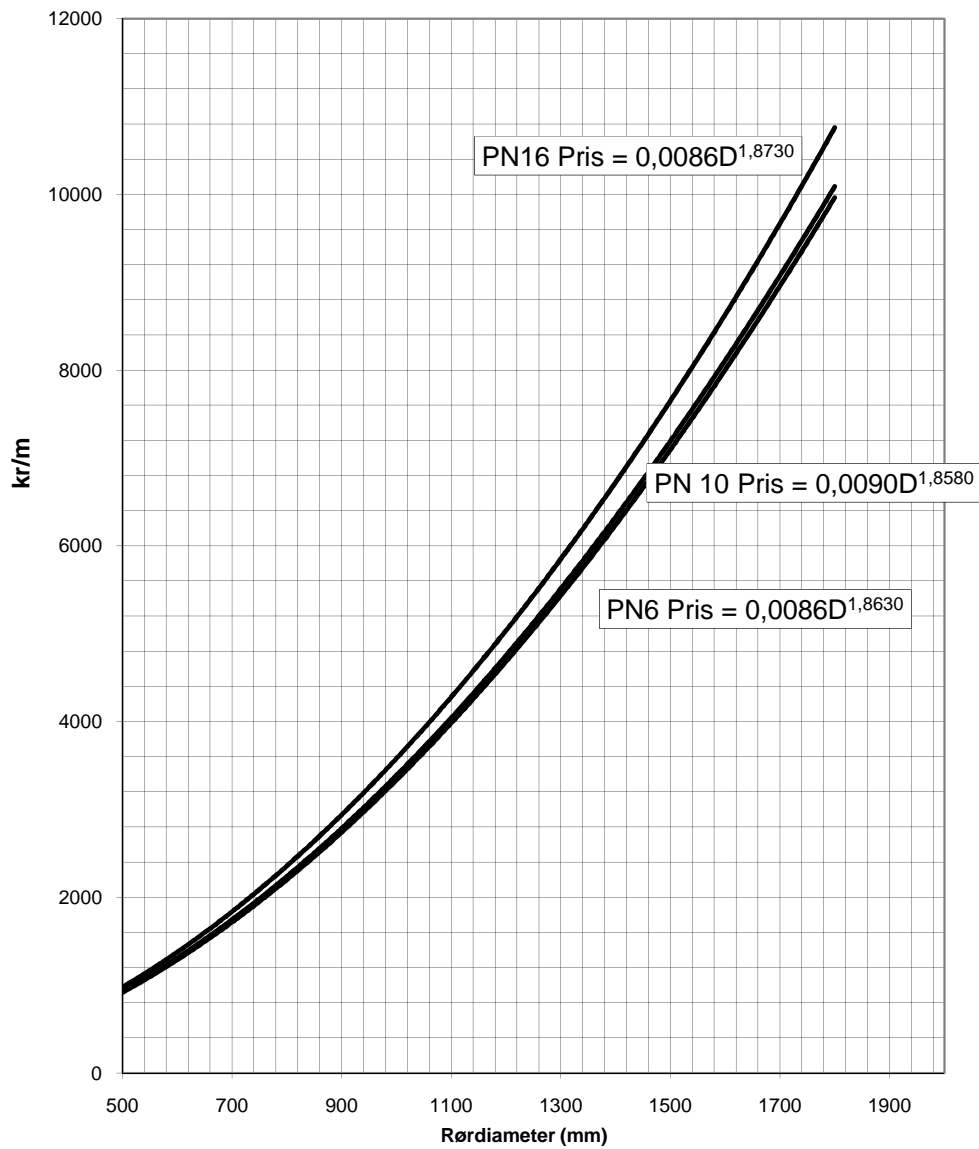
1. Prisnivå januar 2010
2. H er midlere rørtrykk i m



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FRITTLIGGENDE STÅLRØR

Fig. M.6.A
01.01.2010



ANMERKNINGER :

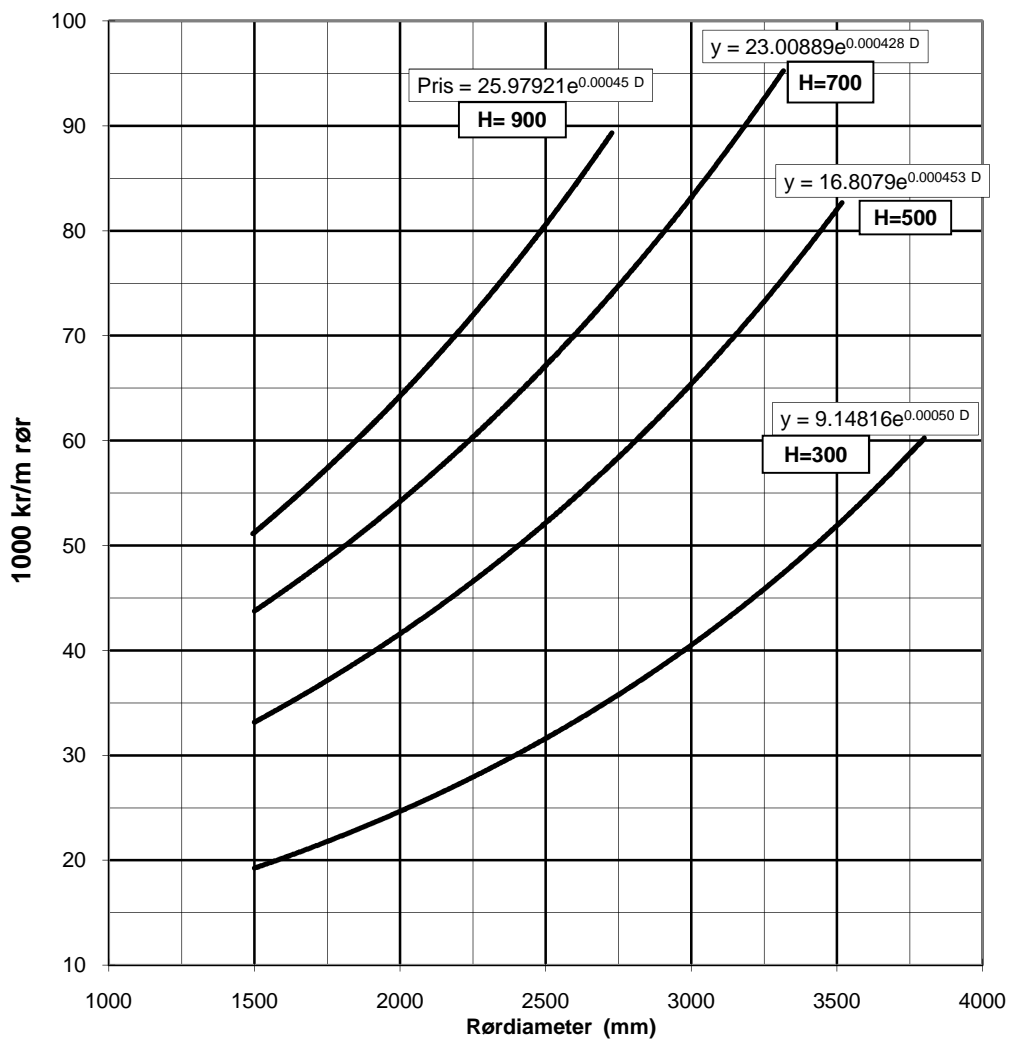
1. Prisnivå januar 2010
2. H er midlere rørtrykk i m



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FRITTLIGGENDE GRP RØR

Fig. M.6.B
01.01.2010



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2010
2. H er midlere trykk
3. Prisen gjelder for samlet rørlengde på ca 100 m. Ved avvikende lengder justeres prisen:

Rørlengde	Prisfaktor
40 m	1,1
600 m	0,9



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

INNSTØPTE STÅLRØR

Fig. M.6.C
01.01.2010

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Håndbokserien i 2010

Nr. 1 Kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg (90 s.)

Nr. 2 Kostnadsgrunnlag for vannkraftanlegg (193 s.)

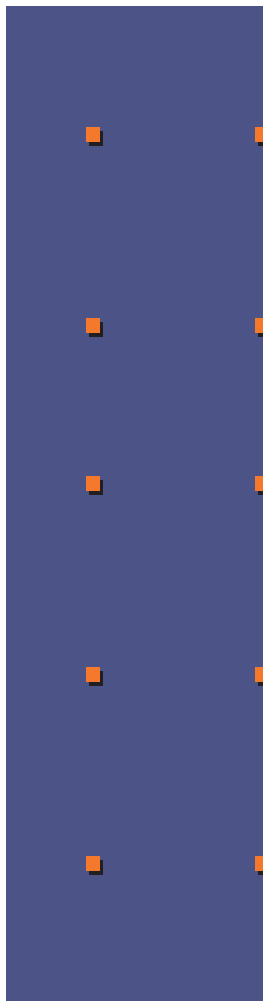


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags-
og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen,
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no





Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

