

**KOSTNADSGRUNNLAG
FOR
SMÅ VANNKRAFTANLEGG
(opp til 10.000 kW)**

Prisnivå 01.01.2005

Norges vassdrags- og energidirektorat

2005

Håndbok nr 1/2005

KOSTNADSGRUNNLAG FOR SMÅ VANNKRAFTANLEGG

(opp til 10.000 kW)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Jan Slapgård

Forfatter: SWECO Grøner AS

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto: NVE

ISSN: 1502-3664

ISBN: 82-410-0571-7

Sammendrag: Håndboka er utarbeidet for beregning av gjennomsnittelig påregnelige entreprenørutgifter (bygningmessige arbeider) og leverandørutgifter (mekanisk og elektrisk utstyr) for mindre vannkraftanlegg i området opp til 10.000 kW 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 for vannkraftanlegg. Håndboka supplerer vårt kostnadsgrunnlag utarbeidet for større vannkraftprosjekter (Håndbok nr. 3/2005).

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

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95

Telefaks: 22 95 90 00

Internett: www.nve.no

KOSTNADSGRUNNLAG FOR SMÅ KRAFTVERK OPP TIL 10.000 kW

INNHALDSFORTEGNELSE

SKILLEARK

1.	FELLESKAPITTEL	1 ¹
1.1	Generelt	1 ¹
1.2	Forventet ny teknologi	1 ¹
2.	BYGNINGS- OG ANLEGGSTEKNISKE ARBEIDER	2 ¹
2.1	Generelt	2 ¹
2.2	Dammer	3 ¹
2.3	Inntakskonstruksjoner	4 ¹
2.4	Kraftstasjoner	5 ¹
2.5	Rørgater, kanaler	6 ¹
2.6	Fjellarbeider	7 ¹
2.7	Transportanlegg	8 ¹
3.	MASKINTEKNISKE ARBEIDER	1 ²
3.1	Generelt	1 ²
3.2	Turbiner	2 ²
3.3	Luker	3 ²
3.4	Varegrind	3 ²
3.5	Løfteutstyr	3 ²
3.6	Grindrensker	3 ²
3.7	Rør	4 ²
4.	ELEKTROTEKNISKE ARBEIDER	5 ²
4.1	Generelt	5 ²
4.2	Generatorer	6 ²
4.3	Transformatorer	7 ²
4.4	Kontrolanlegg	8 ²
4.5	Koplingsanlegg	9 ²
4.6	Kraftledning	9 ²
5.	MIKRO AGGREGATER	10 ²
5.1	Generelt	10 ²
5.2	Mikro-aggregater	10 ²

1 FELLESKAPITTEL

1.1 Generelt

1.1.1 Orientering

I 1982 ble det utarbeidet et hjelpemiddel til bruk for beregning av påregnelige anleggsomkostninger for vannkraftanlegg, "Kostnadsgrunnlag for vannkraftanlegg". Denne har senere vært revidert i 1987, 1990, 1995 og 2000.

SWECO Grøner har fått i oppdrag av NVE å revidere kostnadsgrunnlaget for små vannkraftanlegg og justering til kraftverkstørrelser fra 0 kW – 10.000 kW.

Mikrokraftverk betegner kraftverk med størrelse opp til 100 kW
Minikraftverk betegner kraftverk med størrelse 100 kW til 1 MW
Småkraftverk betegner kraftverk med størrelse 1 MW til 10 MW

1.1.2 Rapportens innhold og bruk

Rapporten er inndelt i tre hovedkapitler; Bygnings- og anleggstekniske leveranser, maskintekniske leveranser og elektrotekniske leveranser.

Rapporten angir "normale" omkostninger, og er ment å brukes til overordnet planlegging for raskt å kunne finne tilnærmet riktig kostnadsnivå på prosjekter.

De fleste omkostninger er presentert i form av kurver med tilhørende tekst.

1.1.3 Prisnivå

Rapporten angir priser pr. 1. januar 2005. Alle priser er oppgitt i norske kroner, NOK.

1.2 Forventet ny teknologi

1.2.1 Strategi for små kraftverk

Som et ledd i Regjeringens målsetting om økt etablering av små kraftverk, la OED fram sin strategi i 2003. Ett av tiltakene i strategiplanen er økonomisk støtte til forskning og utvikling som kanaliseres gjennom NVE. Det er igangsatt prosjekter på temaene hydrologi, miljø, ressurskartlegging, informasjon og teknologiutvikling.

Det er viktig å sikre god kvalitet på det tekniske utstyret da dette vil være store investeringer for den enkelte utbygger. Dette vil gi utstyr med lengre levetid og færre tilfeller med teknisk svikt. Med ny teknologi vil kraftverkene i større grad utnytte potensialet, og utbygningene vil bli mer lønnsomme.

Av teknologiutviklingsprosjekter kan nevnes ny boreteknologi (se kap. 1.2.2), utvikling av ny vannkraftmaskin, brakettarrangement for rørgate og pelton skovler til mikromaskiner laget av nylon.

Rapport blir lagt ut på NVE sin hjemmeside www.nve.no/smaakraft etter hvert som prosjektene ferdigstilles. Her er også informasjon innenfor veiledning, lover og regler, saksbehandling, ressurskartlegging med videre.

1.2.2 Boring i fjell

Med utgangspunkt i landbaserte og oljerelaterte boreteknikker er man i ferd med å utvikle en ny boremaskin ved Sira Kvina kraftselskap. Anvendelsen av maskinen vil spesielt være i forbindelse med bygging av små kraftverk.

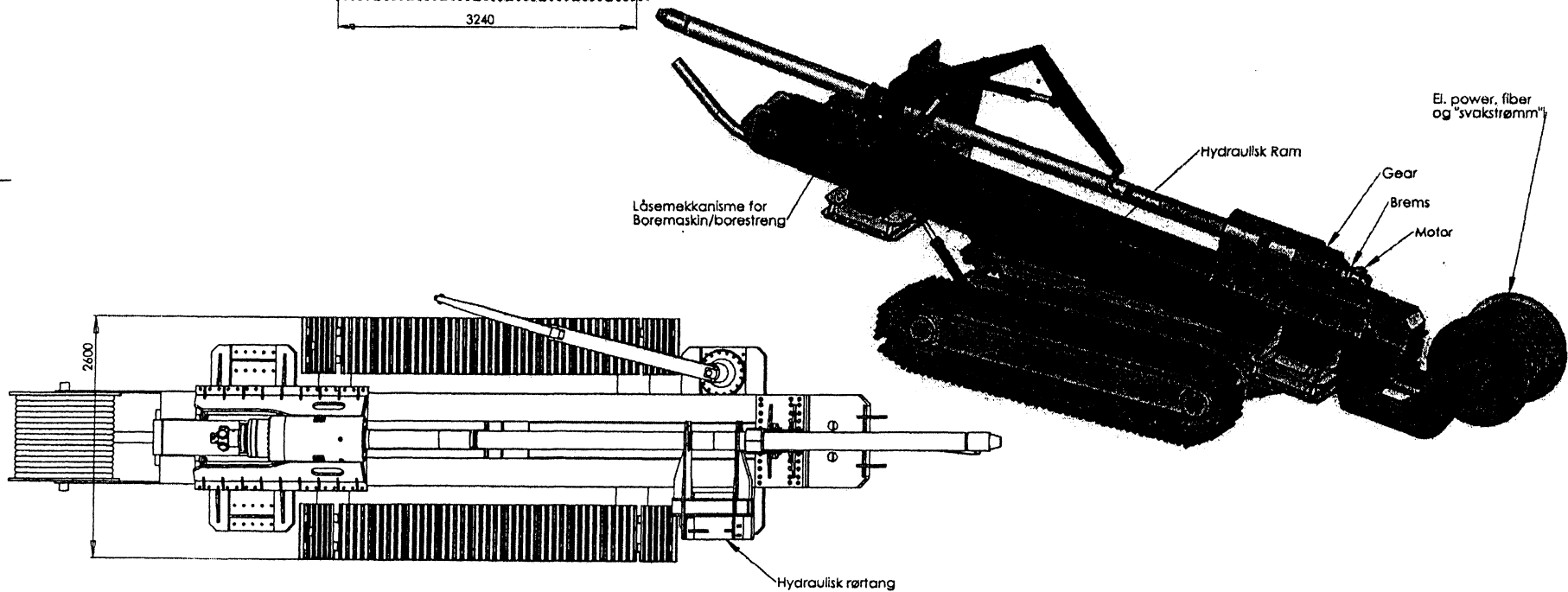
Under utviklingen har det vært lagt vekt på at maskinen skal ha kort riggetid med boring nedenfra og opp slik at transport til toppen kan unngås. Et viktig aspekt er innmating av foringsrør. Maskinen bygges for å kunne bore retningsstyrte hull i lengder opp til ca. 500 m. Diameteren på prototypen er valgt til 700 mm. Et viktig aspekt i utviklingen er at borekostnadene skal være konkurransedyktige, og som måltall for en enhetspris pr løpemeter hull har man satt 4000 – 5000 kr.

En målsetning er at det rundt årsskiftet 2005/2006 skal gjennomføres en testboring, og man ser konturene av en kommersialisering av maskinen i 2006/2007.

Figuren på neste side gir en illustrasjon av maskinen.

Vekt:	15 Tonn
Max. Skyvekraft:	150tonn
Rotasjonsmoment (Fra El. Borekrone):	16 kNm
Effektiv rørlengde:	3m
Borediameter:	670mm

Vekt:	15 Tonn
Max. Skyvekraft:	150tonn
Rotasjonsmoment (Fra El. Borekrone):	16 kNm
Effektiv rørlengde:	3m
Borediameter:	670mm



NS-ISO 2768-1-Middels	
lineære Måt:	Utvendige rødder og faser:
3 l.o.m.6: +/- 0,1	0,5 l.o.m.3: +/- 0,2
6 l.o.m.30: +/- 0,2	3 l.o.m.6: +/- 0,5
30 l.o.m.120: +/- 0,3	Over 6: +/- 1
120 l.o.m.400: +/- 0,5	
400 l.o.m.1000: +/- 0,8	

[illegible]

1.2.3 Numeriske beregninger

I moderne teknologi brukes det numeriske beregninger på strømningsene for å forbedre ytelsen på turbiner. Beregningene viser hvordan strømmingen skjer internt i turbinen. Hastigheter og trykkfordelinger visualiseres slik at en kan gjøre geometriske endringer i en datamodell for å oppnå bedret ytelse på turbiner. For mikroturbiner er utviklings kostnader svært lave og derfor er ikke slike metoder mye brukt. For små og store turbiner er bruk av numeriske strømningsberegninger aktuelt for å optimalisere ytelsen.

Andre numeriske beregningsverktøy finnes også. Alab er et slik dataprogram. Programmet regner på deltap i turbinen for hver enkelt komponent som påvirker strømmingen gjennom turbinen og gir dermed en relativt nøyaktig beregnet virkningsgrad, i tillegg til turbinmodellering kan det lages modell av vannveien slik at kraftverkets dynamiske oppførsel kan beregnes. Programmet beregner virkningsgrad for nye turbiner, og turbinens geometri kan legges inn slik at en hurtig får svar på hvordan endringer på løpehjul, ledeskovler og andre komponenter i turbinen påvirker turbinvirkningsgraden. Bruk av Alab kan særskilt være til stor nytte for utbyggere for å dokumentere muligheter og begrensninger på aggregat og vannvei ved bygging av nye kraftverk eller dersom en ønsker å øke slukevnen i eldre kraftverk. Programmet brukes i dag blant annet til å beregne deltap i eldre turbiner for å finne ut hvilke komponenter det er mest lønnsomt å endre eller bytte ut i en turbin.

2 BYGNINGS- OG ANLEGGSTEKNISKE ARBEIDER

2.1 Generelt

2.1.1 Leveranseomfang

Kostnadsgrunnlaget omfatter kostnader som oppgitt for hver enkelt bygnings- og anleggsteknisk del.

I kostnadsgrunnlaget for små vannkraftanlegg er rigg- og driftskostnader inkludert i alle bygningsmessige kostnadskomponenter. Som en trend siden siste utgave av kostnadsgrunnlaget i 2000, kan man se at de prisene på sprengningstekniske arbeider ikke har steget nevneverdig. Andre bygningstekniske arbeider har hatt en beskjeden økning i linje med bygningsindeksen for perioden.

Det er generelt inkludert 20% i riggkostnader.

Riggposten kan variere mye, normalt vil kostnadene for mindre vannkraftanlegg ligge i størrelsesorden 10-30% av totale bygg- og anleggstekniske kostnader, og i spesialtilfeller enda høyere. Ved tilfeller med avvik av riggkostnader på 20% må dette korrigeres.

Generelt er følgende omkostninger ikke medtatt hvis ikke annet er oppgitt.

- Transport og anleggsveier.
Kostnader for transport og anleggsveier er ikke inkludert. Dette må vurderes for hvert enkelt prosjekt.
- Uforutsett
Uforutsette kostnader er ikke medtatt (10% brukes vanligvis).
- Avgifter
Kostnadene omfatter ikke merverdiavgift eller investeringsavgift.
- Byggherreutgifter
Byggherreutgifter er ikke medtatt i kostnadene. Disse kostnadene kan variere mye og bør vurderes separat for hvert enkelt prosjekt (5-15%).

Av byggherreutgifter kan følgende nevnes:

- Oppmåling
- Hydrologivurderinger
- Grunnundersøkelser
- Planlegging og prosjektering
- Administrasjon, byggeledelse, kvalitetskontroll
- Landskapspleie, rydding
- Grunnnerverv, skjønn, erstatninger
- Finansieringsutgifter

2.1.2 Betraktninger rundt verdien av egeninnsats fra utbygger

Egeninnsats.

Med egeninnsats forstås muligheten til å gjøre en personlig innsats for å utføre deler av prosjektarbeidet og redusere behov for innleid assistanse og redusere kostnader. Egeninnsats kan ha mange former, og forbindes normalt med forberedende og bygningsmessige arbeider, mens turbin og annet utstyr vanligvis må komme fra en eller flere leverandører.

I offentlige kraftverksprosjekter vil egeninnsats være lite egnet i dagens Norge. Store private kraftverk vil heller ikke være særlig egnet for personlig egeninnsats da gjennomføringen krever betydelig kapasitet og organisering over tid. Egeninnsats kan da bli vanskelig å samordne med entreprenørenes arbeider. Private grunneiere og andelshavere kan derimot gjerne delta i prosjektet på vanlig forretningsmessig måte, f.eks. i entreprenørvirksomhet.

I mindre, private prosjekter (mini- og mikrokraftverk) vil det være en større realistisk mulighet for egeninnsats. Disse prosjektene eies gjerne av en eller et fåtall grunneiere, og kraftverket bygges ofte med en god porsjon idealisme. Egeninnsats i mindre prosjekter kan da redusere en betydelig del av de eksterne kostnadene, og kan være et nødvendig tiltak for å klare å gjennomføre prosjektet.

Egeninnsats i ulike prosjektstadier

Idéfase.

Grunneiere og fallrettighetshavere har gjerne en formening om at det burde være mulig å bygge et kraftverk på stedet, og ønsker å utvikle og realitetsvurdere tanken. Første skritt kan være å søke skriftlig informasjon hos NVE om saksgang, og å ta også kontakt med en nøytral og erfaren rådgiver i vassdragsteknikk. Engasjer eventuelt en rådgiver noen få timer for å få et profesjonelt synspunkt på om prosjektet kan være fornuftig eller ikke, hvilken størrelse prosjektet synes å ha, og om det foreligger spesielle restriksjoner (f.eks. vern). Egeninnsatsen kan her bestå i å skaffe frem relevant informasjon, gjøre seg kjent med saksgang, og lære litt om andre prosjekter. Før man går videre bør rettigheter for hele utbyggingen være på plass.

Prosjektutvikling

Grunneier kan gjøre en god del forberedende arbeider; innhente kartgrunnlag, spesifisere eiendomsforhold, informere naboer om de tanker man har gjort seg, og registrere naboenes meninger, orientere kommunale myndigheter om tankene, og registrere de lokale myndighetenes synspunkter. Dersom det er flere grunneiere, kan det være nødvendig å etablere et grunneierlag, og det kan være viktig å bli enige på forhånd om at man skal utrede mulighetene, selv om man ikke nødvendigvis er helt enige om eierforholdene, osv. Dette er tidkrevende aktiviteter som grunneier/e selv kan gjøre (og som de gjør best). I denne fasen er det ofte naturlig å ta kontakt med eksterne interessenter, for eksempel ett eller flere av de mange utbyggingsselskaper som er etablert de siste årene. Dette vil ofte resultere i en uavhengig vurdering av prosjektet, og kan medføre befaringer og møtevirksomhet der grunneiere deltar og medvirker. Dersom prosjektet er utbyggbart vil dette lede til mer konkret planutvikling, og prosjektets hovedløsninger skisseres.

Grunnundersøkelser

Dette er absolutt et område grunneier kan gjøre en egeninnsats, evt. i samråd med rådgiver. Han kan foreta oppmålinger, påvise og anslå grunnforhold ved de steder man mener at dam, rørgate og kraftstasjon kan komme, med angivelse på kart. Grunneier kan skaffe tillatelser fra

myndighetene og foreta graving av prøvegroper eller grøfter for å fastlegge grunnforhold. Grunneier kan bistå med avrenningsmålinger. Grunneier kan fotografere vassdraget ved antatt damsted og sted for kraftstasjon ved ulike vannføringer, fra det tørreste tørre - til stor flom, og ved ulike årstider, med angivelse av dato. (Fotografiene bør være digitale og gjøres fra de samme ståsteder, gjerne på relativt stor avstand, noen hundre meter, avhengig av prosjektets/elvas størrelse. Det er viktig å etablere oversiktsbilder.)

Hydrologivurderinger, teknisk forprosjekt, miljøundersøkelser, konsesjonssøknad

Noe av dette kan nok gjøres av grunneiere som innehar den nødvendige kompetansen, men normalt vil disse aktivitetene gjøres av profesjonelle rådgivere. Det anbefales å ta kontakt med slike eller NVE, Hydrologisk avdeling. For de helt små mini-mikrokraftverkene kan grunneier gjøre utkastet til det meste etter NVE's veileder, evt. med engasjert bistand fra rådgiver for kontroll og supplering.

Utarbeiding av forespørsler og budsjettpriser på turbiner og utstyr er ofte noe av det første en utbygger tenker på, men de ovenstående aktiviteter må som oftest gjennomføres før det er mulig å få realistiske datagrunnlag for reelle tilbud.

Når konsesjon er gitt eller unntak fra konsesjonsplikt er innvilget.

Utarbeiding av forespørsler og anbudsinnsbydelser på utstyr og bygningsmessige arbeider gjøres som oftest av utbygger med hjelp av rådgivende konsulent.

Finansiering

Utbygger eller grunneier må sørge for finansiering.

Gjennomføring og bygging

Dette er virksomheter som normalt forbindes med egeninnsats, og omfanget beror naturligvis på prosjektet dimensjoner. For et mini- eller småkraftverk vil grunneier kunne bistå med egeninnsats til forberedende arbeider, sørge for tilgjengelighet for entreprenører og utstyr ved å sørge for skogsrydding, atkomstveier, grøfter, oppstillingsplasser for midlertidige brakker og verkstedcontainere, osv.

Det vil være nødvendig å sørge for nødvendige tillatelser og oppfølging av administrative saker i forhold til offentlige myndigheter, tilknytning til det offentlige linjenett, mm.

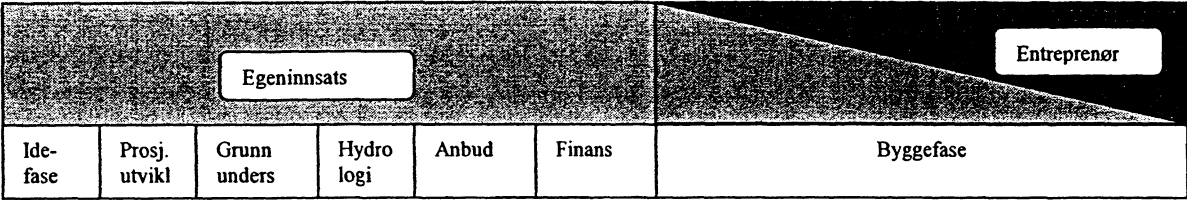
Drift

I driftsperioden er det ofte naturlig at en grunneier har ansvar for det daglige tilsyn. Dette vil først og fremst bestå i å sørge for at inntaket er rent, og eventuelt i regulering av oppstrøms dammer for å tilpasse vannføringen til kraftverket.

Kraftsalg

Kraftsalg til nett må være avklart gjennom avtaler og energimengden måles automatisk. I enkelte tilfeller kan noe av energien gå til eget forbruk, og det kan være perioder med stans da energi trekkes fra nettet. Avtaler og arrangement for slike forhold kan bli individuelle og beroende på eierforhold og størrelse på kraftverket.

Nedenstående figur kan for de minste kraftverkene illustrere egeninnsatsen i de ulike fasene i et prosjekt.



0

10 MW

2.2 Dammer

Det henvises til publikasjonene "Forskrift for dammer", NVE og "veiledning for små dammer", NVE, for typisk utforming av dammer.

Dammene klassifiseres etter skadepotensial ved brudd, og vil få strengere krav til utforming jo større skadepotensial.

2.2.1 Små fyllingsdammer

Priskurvene angir pris pr. løpemeter dam.

Dammens oppgitte høyde gjelder til topp dam målt i dammens senter. Dammens tetningskjerne er forutsatt bygd opp av morenemasse opp til 1 m under topp dam. Utenpå tetningskjernen er det benyttet fiberduk og min. 1 m tykk erosjonshud av sprengstein. Dammens oppstrøms helning er 1:2,5 og nedstrøms 1:2.

Oppstrøms tetningsgrøft er oppgitt med varierende dybder, $D = 1, 2$ eller $3,5$ m og har en bunnbredde på $0,5 (H+D)$, min. 3 m, hvor H = høyden på tetningskjernen i senter dam. Det er også forutsatt en injeksjonsskjerm med dybde lik $0,5 (H + D)$.

Nedstrøms er det forutsatt en drenasjegrøft med dybde D og bunnbredde 2 m.

Dammens bredde i topp er satt til 5 m, med kantstein og oppgrusing beregnet for kjøring.

Dimensjonerende flomvannstand bør settes minst 2 m under topp dam.

Følgende hovedenhetspriser er benyttet:

Tetningsgrøft av stedlige morenemasse	130 kr/m ³
Drenasjegrøft	75 kr/m ³
Injeksjonsskjerm	1.300 kr/m ²
Erosjonshud/skråningsvern	120 kr/m ³
Fiberduk	16 kr/m ²
Kantstein og grusvei på topp dam	220 kr/m
Riggkostnader	20 %

2.2.2 Betongdammer

For små betongdammer er følgende tre damtyper beskrevet; gravitasjonsdam, platedam og buedam. Alle tre damtypene er beregnet for overtopping av vann inntil 0,8 m.

Betong gravitasjonsdam

Kostnadskurven angir pris pr. løpemeter dam med damhøyde opptil 6 m, støpt i seksjoner på 6,1 m. Fjellet i damfoten er forutsatt injisert til en dybde av $0,5 \times H$, hvor H er vanndybden ved HRV. Helning på luftside dam er 1:1. Det er forutsatt fjerning av 1 m løsmasse i damtraseen.

Følgende hovedenhetspriser er benyttet:

Graving, løsmasseavdekning	65 kr/m ³
Injeksjonsskjerm	1.300 kr/m ²
Fundamentpreparering (finrensk)	110 kr/m ²
Forskaling	700 kr/m ²
Armering	13 kr/kg
Betong	1.400 kr/m ³
Riggkostnader	20 %

Betong platedam

Platedammen vil kunne være mer prisgunstig enn gravitasjons dammen over en viss høyde. Spesielt hvor tiltransport av betong er dyr vil platedammen ha et stort fortrinn.

Også for platedammen angir kostnadskurven pris pr. løpemeter dam, støpt i seksjoner på 5 m. Injeksjonsskjermen går til en dybde på 0,5 x H, hvor H er vanndybde ved HRV. Helning på frontplaten er mellom 1:0,80-0,95, og helningen på støtteplaten 1:0,20-1,0. De bratteste helningene gjelder de høyeste dammene. Platedammen er ikke isolert på luftsiden. Det er forutsatt fjerning av 1 m løsmasse i damtraseen.

Følgende enhetspriser er benyttet:

Graving, løsmasseavdekning	70 kr/m ³
Injeksjonsskjerm	1.300 kr/m ²
Fundamentpreparering (inkl. betongfot)	1.100 kr/m ²
Forskaling	700 kr/m ²
Armering	13 kr/kg
Betong	1.550 kr/m ³
Riggkostnader	20 %

Betong buedam

Smale damsteder vil kunne egne seg for en buedam. En betong buedam 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.

Som grunnlag er følgende enhetspriser benyttet:

Graving, løsmasseavdekning	70 kr/m ³
Injeksjonsskjerm	1.300 kr/m ²
Fundamentpreparering (inkl. betongfot)	2.000 kr/m ²
Forskaling	850 kr/m ²
Armering	14 kr/kg

Betong	1.550 kr/m ³
Riggkostnader	20 %

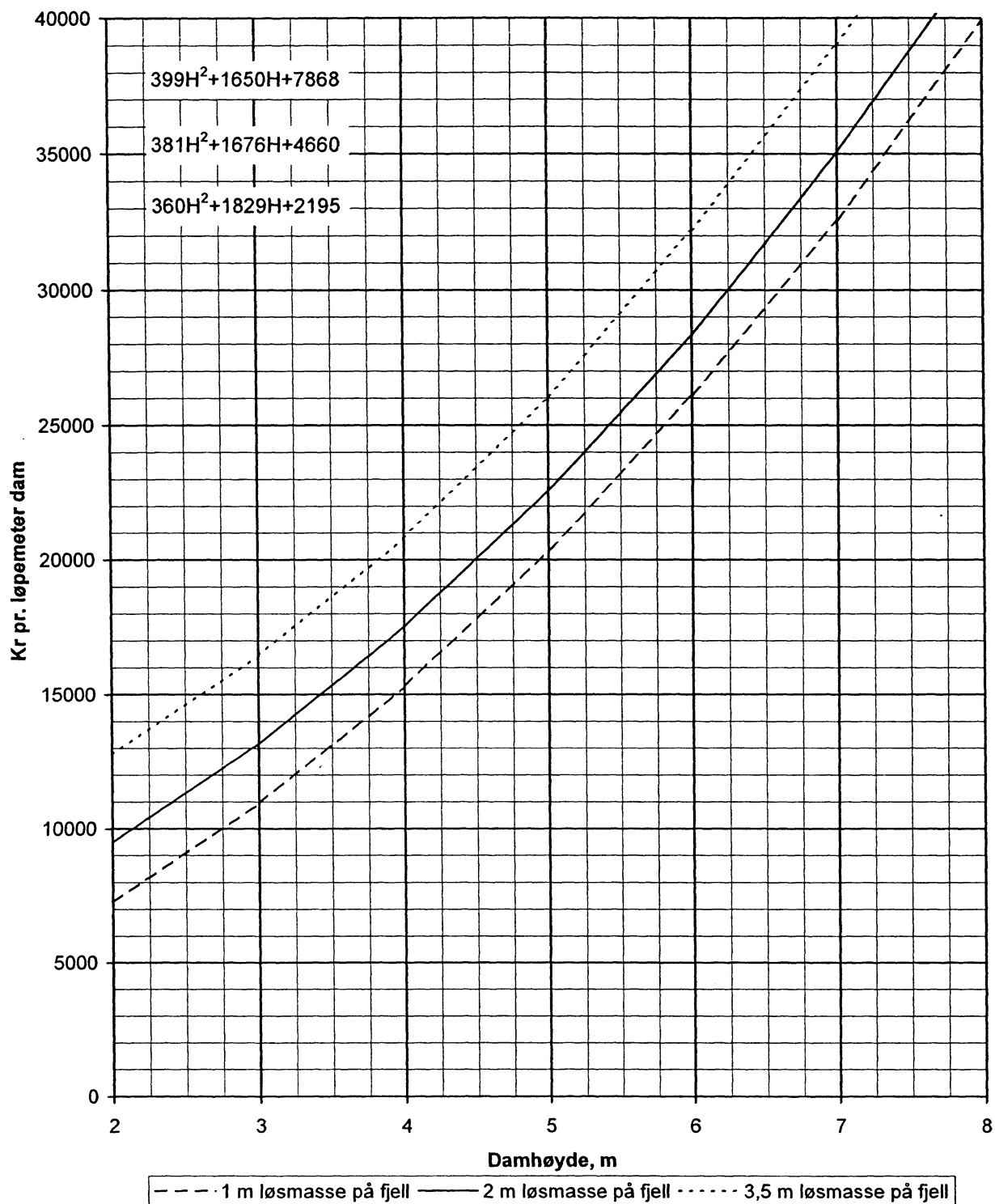
2.2.3 Tømmerkistedam

Tømmerkistedammen kan være mer prisgunstig enn betongdammer og tradisjonelle fyllingsdammer på steder hvor tilgang på stein, tømmer og kvalifisert arbeidskraft er god. Tømmerkistedammen kan også bygges med overløp uten særlig endring i konstruksjonen, noe som er et fortrinn fremfor en tradisjonell fyllingsdam. Derimot vil tømmer som et levende byggemateriale ha en begrenset holdbarhet.

For tømmerkistedammen angir kostnadskurven pris pr. løpemeter dam. Dammen inkluderer tetningsgrøft og planketetning på vannsiden.

Tømmerkistedammen er priset uten overløp, men vil ha tilnærmet samme kostnadsutvikling med planket overløp. Kurven er basert på erfaringstall med normale enhetspriser for de forskjellige bygnings- og anleggstekniske arbeider.

Riggkostnader på 20 % er inkludert.



Kostnader små fyllingsdammer

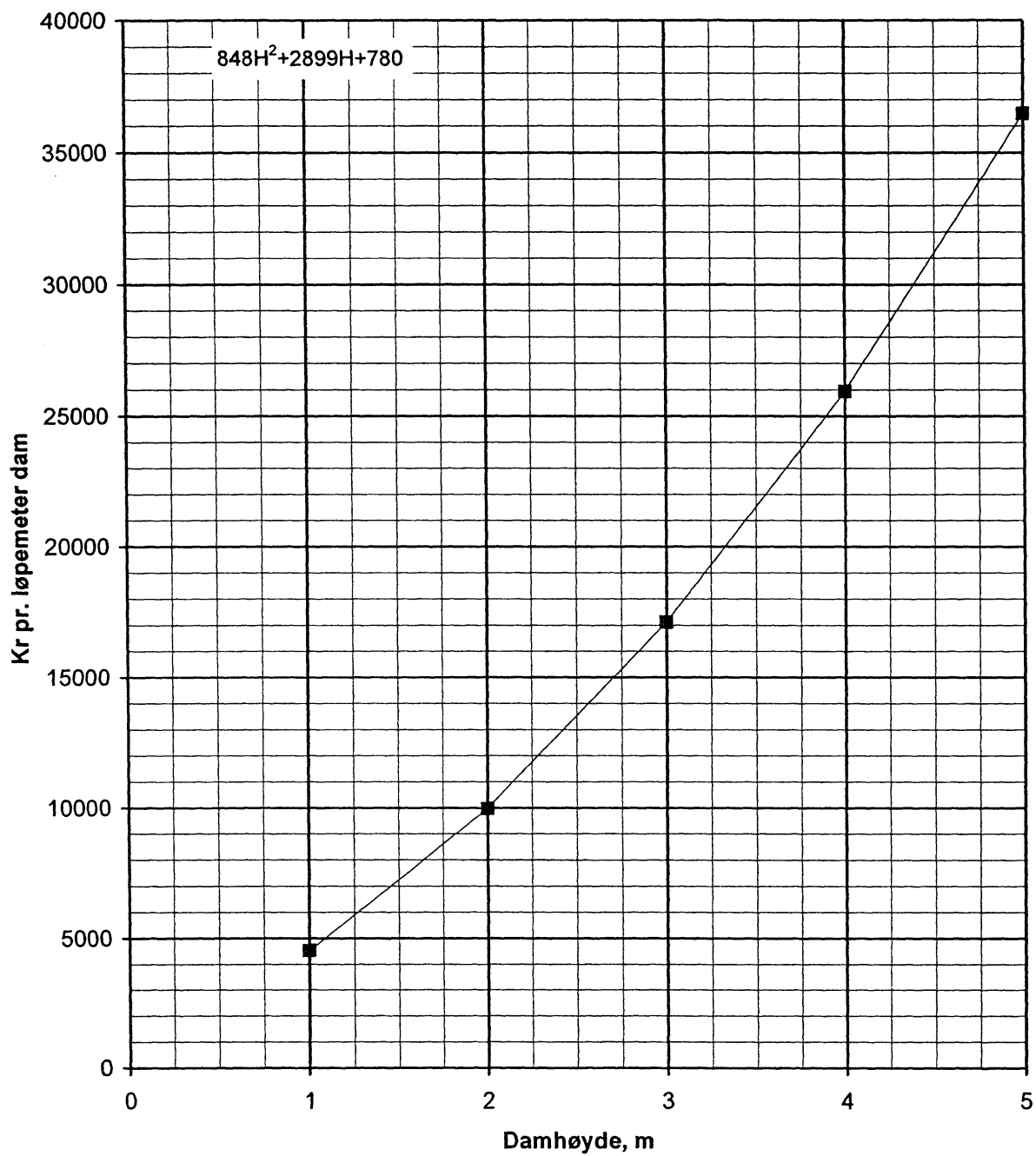
Gjelder fyllingsdammer med morene tetningskjerne
Kjørevei på toppen
Inklusiv 20% riggkostnad

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.2.1



Kostnader betong-gravitasjonsdam

Beregnet som overløpsdam med nedstrøms helning 1:1

Pris betong: 1400 kr/m³ forskaling: 700 kr/m²

Pris armering: 13 kr/kg, fjellbolter 650 kr/stk

Evt. tillegg for injeksjonsskjerm: 1300 kr/m²

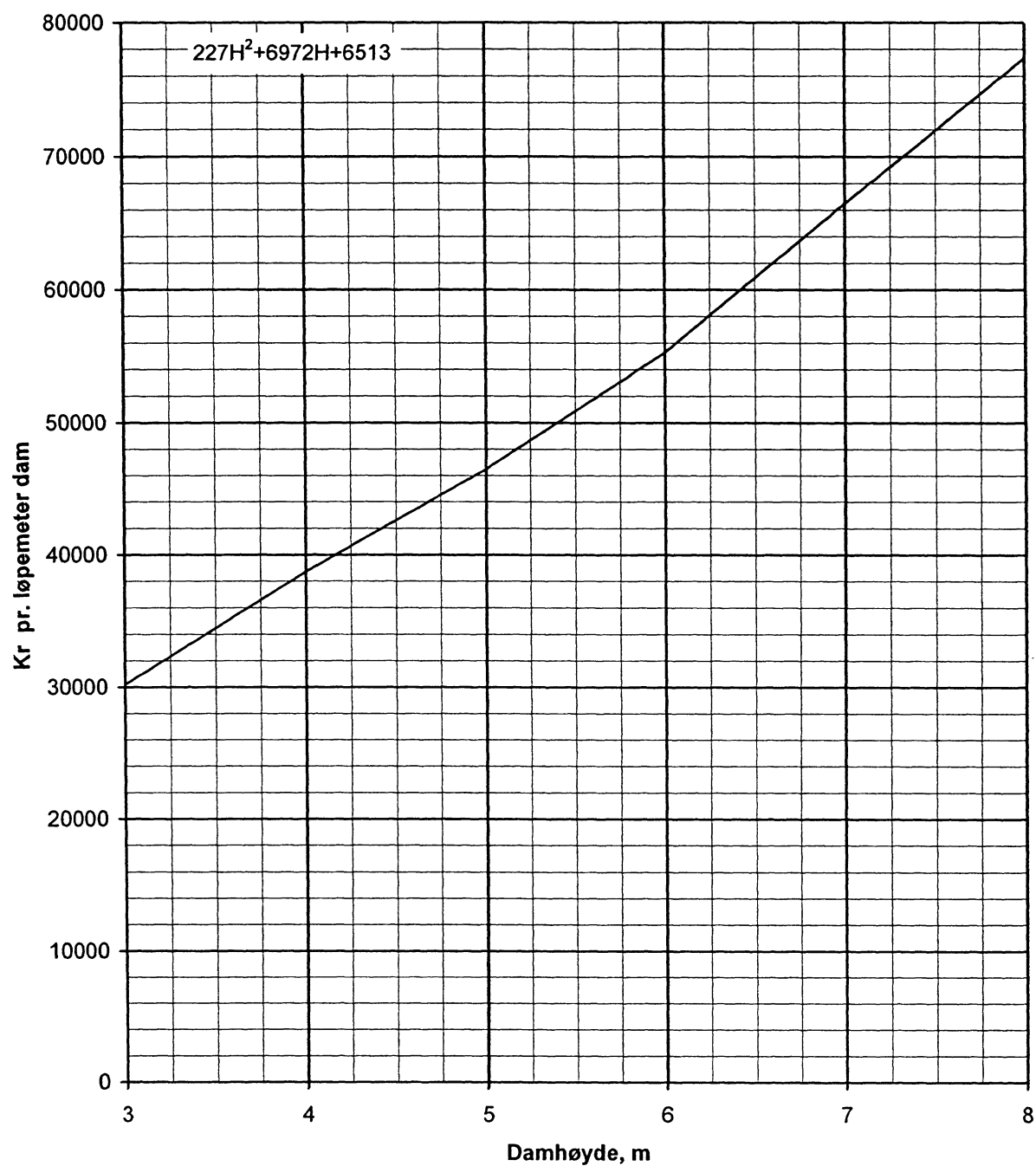
Inklusiv 20% Riggkostnad

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.2.2



Kostnader betong-platedam

Prisnivå pr. jan. 2005

Pris betong: 1550 kr m³

Pris forskaling: 700 kr/m²

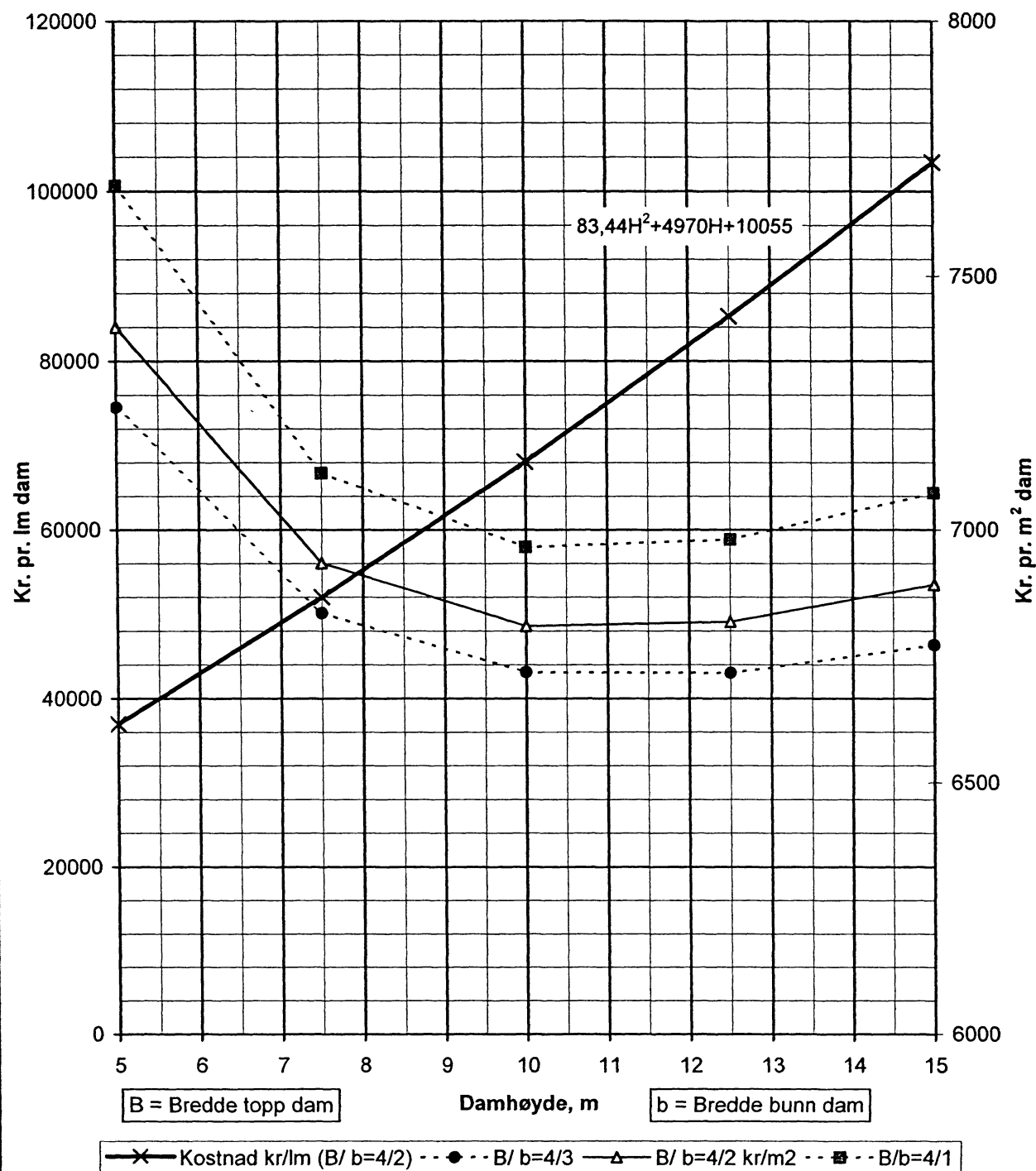
Pris armering: 13 kr/kg

Inklusiv 20% Riggkostnad



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.2.3



Kostnader betong-buedam

Område innenfor angitte kurver dekker de fleste aktuelle damtverrsnitt.

Pris betong: 1550 kr/m³

Pris forskaling: 850 kr/m²

Pris armering: 14 kr/kg

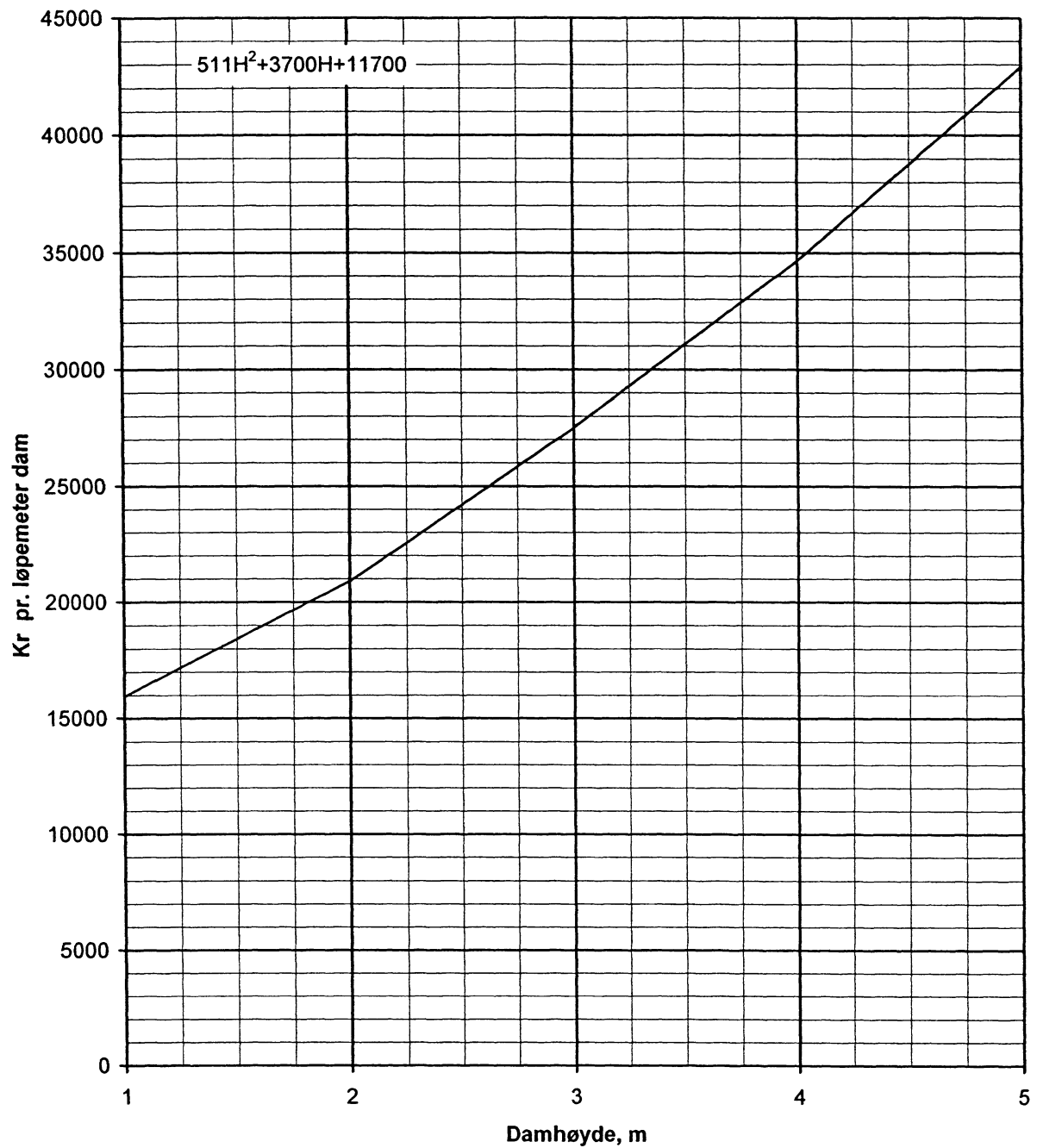
Inklusiv 20% riggekostnad

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.2.4



Kostnader tømmerkistedam

Bygningsmessige kostnader
 Forutsatt relativt lett tilgang til materialer
 Inklusiv 20% riggekostnad

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
 vassdrags- og
 energidirektorat

FIG. 2.2.5

2.3 Inntakskonstruksjoner

For små anlegg, og spesielt mini-/mikroanlegg, er det viktig å redusere utbyggingskostnadene mest mulig. Derfor vil det være aktuelt å bygge inntakskonstruksjoner som er betydelig enklere og billigere enn for større vannkraftanlegg. Generelt er valg og utforming av inntakskonstruksjon svært avhengig av de lokale forhold, og varierer mye.

Et inntak inkluderer et inntaksmagasin, en inntaksrist/sil, og en stengemulighet. Magasinet/inntakskonstruksjonen bør utformes slik at problemer med islegging/sarr, flytende rusk og rask i vannspeilet og sedimenttransport blir holdt på et minimum. Dette kan eventuelt avledes fra inntaket, samtidig med at gode innstrømningsforhold blir forsøkt ivaretatt. Typisk bør inntaket være minimum 2 m under vannspeilet. Et lite magasin kan bygges ved å grave ut/sprenge ut masser for å senke bunnen eller ved hjelp av en dam som demmer opp vannspeilet. For større dammer vises til dammer i kapittel 2.2. Generelt vil et inntak øke i omfang jo større vannføring som skal ivaretas og jo større driftssikkerhet som bygges inn i konstruksjonen. Dammen kostnadsberegnes separat.

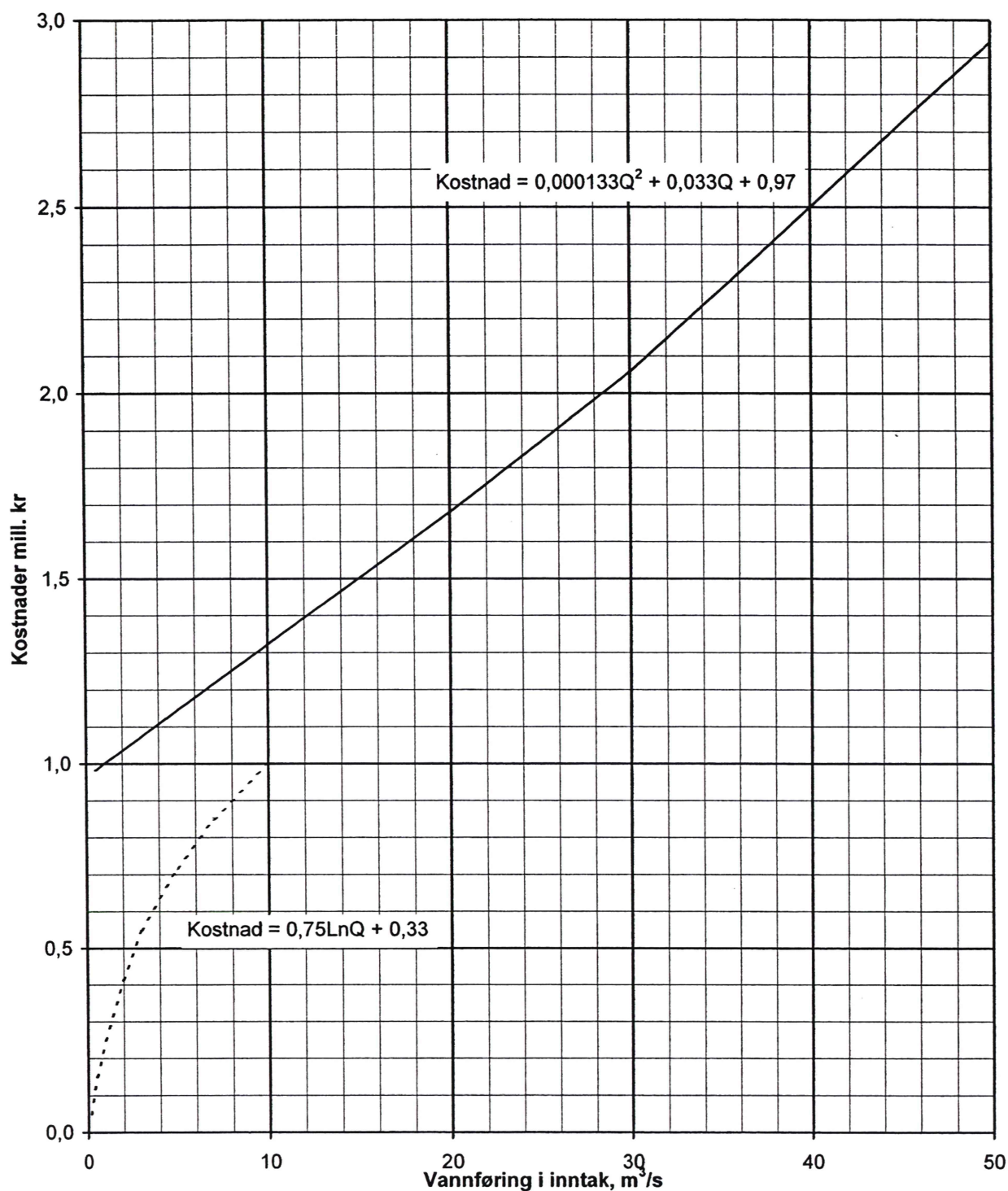
I området opp til 1 MW blir det et prinsipielt valg om det skal bygges et inntak som skal fungere i lang tid uten tilsyn (god dykking, men godt over bunn og selvrensende) eller om man skal bygge et inntak som krever hyppigere omtanke under driften (fjerning av løv og hakking av is for hånd osv). De førstnevnte gir en inntakskonstruksjon med en minimum høyde på 3,5-4 m. Sistnevnte gir en lavere inntaksdam og er dermed mye billigere.

Inntakskonstruksjoner bygges ofte i ett med inntaksdammen. For svært enkle inntak har disse lav byggehøyde, og kan ha en lav sikkerhet mot brudd. Byggherren kan finne økonomi i å ta en større reparasjon/vedlikehold av dammen/inntaksmagasinet etter hver flom, såfremt selve vannmassene ikke medfører skader nedstrøms inntaket. En svært enkel inntaksdam kan f.eks bygges av stedlige fyllingsmasser og en tetningsduk, som en trebukkdam, som en overløpsterskel av betong, eller bruke en naturlig terskel ut av en kulp/vann. Noen damtyper kan ikke overtoppes, slik at flomavledning må skje på annen måte. Mini- og småkraftverk vil ha behov for noe mer robuste og større inntak for sikring av driften, og tradisjonelle dammer som beskrevet i kapittel 2.2 vil ofte bli en del av konstruksjonen.

Selve inntaket kan i de enkleste former bare bestå av en sil, mens ved et litt større anlegg med større slukeevne vil det være mest hensiktsmessig å bygge et inntak av betong. Et slikt inntak vil ofte ha en inntaksrist, en mulighet for å sette bjelkestengsel/revisjonsstengsel, en inntakskonus, og en luke/ventil for å stenge vannveien. Ofte vil et lukehus være nødvendig for å beskytte lukearrangementet. Det kan også være aktuelt å supplere med en grindrensker, installere en rørbruddsventil i tilfeller hvor forskriftene krever det, instrumentering/overvåkning, etc.

Kostnadskurve for inntakskonstruksjoner er knyttet til vannføring, og gjelder bygnings- og anleggstekniske arbeider. Det er forutsatt minimal/liten reguleringshøyde fordi reguleringshøyden vil gi store kostnadmessige utslag.

Kostnader for varegrind, luker, grindrensker etc. inngår ikke i de bygningsmessige kostnadene, men finnes i kap. 3, maskintekniske arbeider. Derimot er kostnader for inntakskonus og enkelt overbygg inkludert. Kostnadskurven er basert på erfaringstall med normale enhetspriser for de forskjellige bygnings- og anleggstekniske arbeider.



Kostnader inntakskonstruksjoner

Bygningsmessige kostnader

Forutsatt minimal reguleringshøyde

Inkludert enkelt lukehus for inntak over 1 MW

For inntak til kraftverk under 500 kW: neglisert krav til dykking, ingen konus og evt. kun føringer for bjelkestengsel (ingen luke)

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.3.1

2.4 Kraftstasjoner

Bygnings- og anleggstekniske kostnader for kraftstasjoner er presentert i to kurver, en for kraftstasjon i dagen og en for kraftstasjon i fjell.

2.4.1 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.

Kostnadene varierer også ved valg mellom kranbane/demonterbart tak, vertikal/horisontal-akslet aggregat, antall aggregat, fundamentering på fjell/løsmasser. Generelt er det valg av turbin-type som er viktigst og førende for utforming av kraftstasjon. Kraftstasjonskostnadene er derfor presentert som en funksjon av trykkehøyde og slukeevne.

I området rundt 1 MW blir det et prinsipielt valg om det skal bygges en kraftstasjon som skal fungere uten daglig tilsyn (typisk kraftselskap) eller eksempelvis om man skal bygge en kraftstasjon der eieren bor like ved. For kraftstasjoner rundt 1 MW bygget av et kraftselskap vil kostnadene starte på ca 1,2-1,5 mill.kr.

For oppgitte priser er 20 % i riggekostnader inkludert.

2.4.2 Kraftstasjon i fjell

For mini- og mikrokraftverk og småkraftverk under 2-3 MW er det lite aktuelt med kraftstasjon i fjell. For småkraftverk med større ytelse baseres kostnadene på volumberegning fra kostnadsgrunnlaget for store kraftverk. 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.

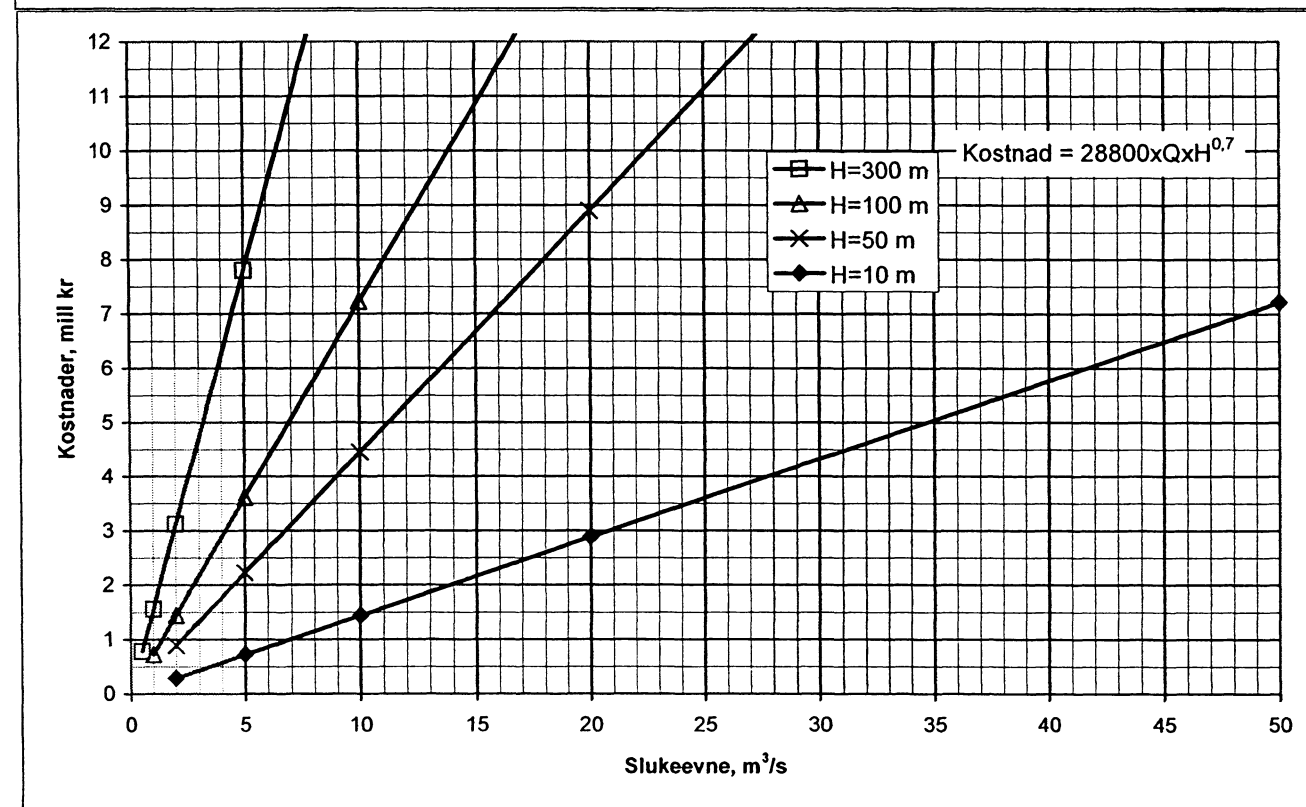
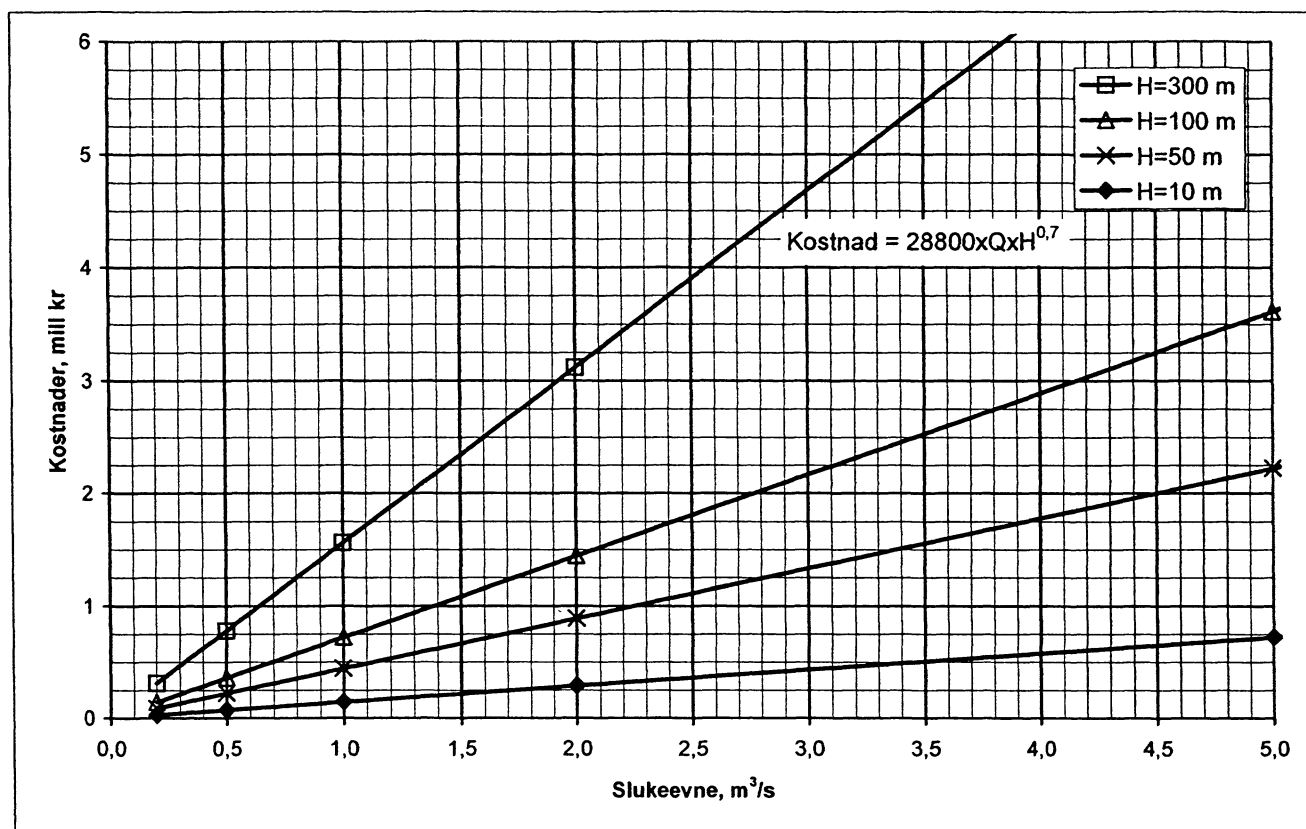
Følgende enhetspriser er benyttet:

Sprengning:	270 kr/m ³
Betongvolum, 20% av utsprengt volum:	1.600 kr/m ³
Forskaling, 1,8 m ² /m ³ betong	680 kr/m ²
Armering, 60 kg/m ³ betong	13 kr/kg
Sikringsarbeider for fjell:	30 % av sprengningskostnader
Mur, puss, innredning, VVS, diverse:	20 % av sprengnings- og betongarbeider
Riggkostnader:	20 %

Uforutsette kostnader er ikke inkludert.

Total enhetspris for de totale bygningsmessige entreprenørutgiftene kan settes lik 1.500 kr/m³ utsprengt volum. Prisnivå januar 2005.

For kraftstasjoner i fjell kommer det adkomsttunnel med kabelkulvert, evt. redningsrom i tillegg som kostnadsregnes separat, se kostnadsgrunnlaget for store kraftverk.



Kostnader kraftstasjon i dagen

Gjelder bygnings- og anleggstekniske kostnader ekskl. kran
 Angitt vannføring i kurvene gjelder stasjonens slukeevne.
 og ett aggregat. Inklusiv 20% riggekostnader.
 Tillegg for to aggregater: 10%
 Tillegg for fundament på løsmasser: 10%

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.4.1

2.5 Rørgater, kanaler

Rør og stengeorganer klassifiseres etter skadepotensial ved brudd, og vil få strengere krav til utforming jo større skadepotensial. Det henvises til gjeldende forskrift for rør og lukke-/stengeorganer angående krav.

Aktuelle rørtyper er spiralsveiste stålrør, glassfiberarmerte umettede polyesterrør (GRP), polyetylenrør (PE), betongrør, duktile støpejernsrør og trerør.

Fundamentering av rør kan i prisnippet enten være nedgravd eller på fundamentblokker. De ulike rørtypene har ulikt krav til fundamentering, grunnet blant annet materialtype, skjøtemetode og hvordan kreftene overføres. De vanligste kombinasjonene er vist i tabellen nedenfor.

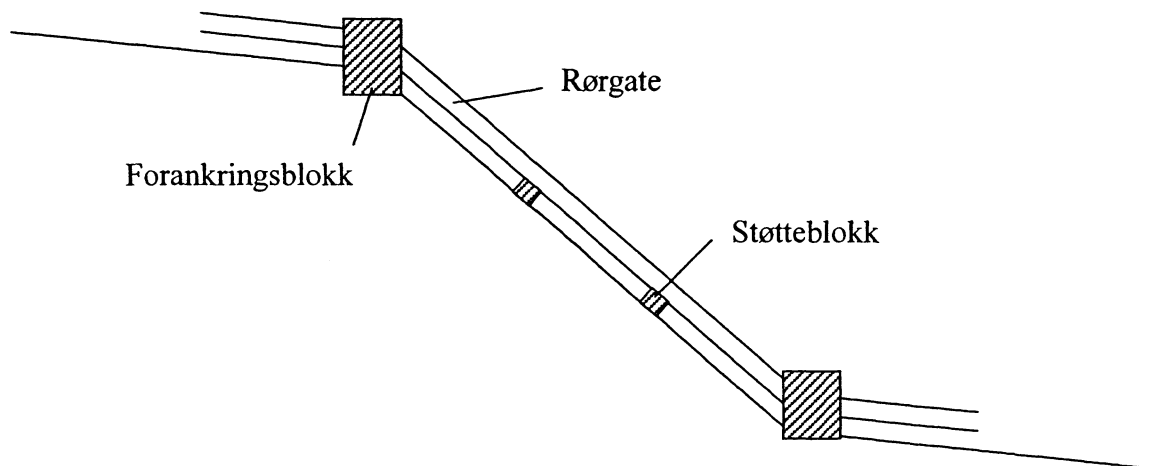
Rørtype	Nedgravd	På fundament
Stålrør		X
GRP-rør	X	X
PE-rør	(X)	
Betongrør	X	
Duktile støpejernsrør	X	X
Trerør		X

For mini- og mikroanlegg kan det være aktuelt å legge røret på bakken og klamre røret til fjell. Dette er en enkel anleggsteknisk metode som først og fremst benyttes ved små rørdiametre for PE-rør og stålrør.

2.5.1 Rørgatefundamenter

Rørgater fundamenteres frittliggende, opplagt på fundament eller nedgravd.

Betongfundamenter har ulik utforming etter hvilke krefter de skal ta opp, rørtype, om det er en støttebukk eller om de opptar krefter i en vinkelendring i rørgaten.



Kostnader for de forskjellige rørtypene finnes i kap. 3.6, maskintekniske arbeider. Utforming av rørfundamenter vil variere mellom rørtypene, men her er regnet en midlere kostnad. Fundamentutforming finnes i leverandørens montasjeanvisninger eller assistanse kan gis av erfarne rådgivere / entreprenører.

Beregnete bygnings- og anleggstekniske kostnader for rørgater omfatter her fundamenter for frittliggende rørgate med følgende forutsetninger:

Rydding i trasé:	22 kr/m ²
Graving	60 kr/m ³
Sprenging	200 kr/m ³
Forankringsbolter	600 kr/stk
Forskalning (ensidig)	1000 kr/m ²
Armering	13 kr/kg
Betong (småstøper)	2.800 kr/m ³
Riggkostnader	20 %

I tillegg er følgende forutsetninger lagt til grunn:

Avstand mellom fundamenter:	9 m (stål) / 6 m (GRP)
Avstand mellom forankringsklosser:	60 m
Gjennomsnittlig fundamenthøyde fra terreng til underkant rør:	1 m

Kostnadskurve beregnet for moderate fall og gode grunnforhold.

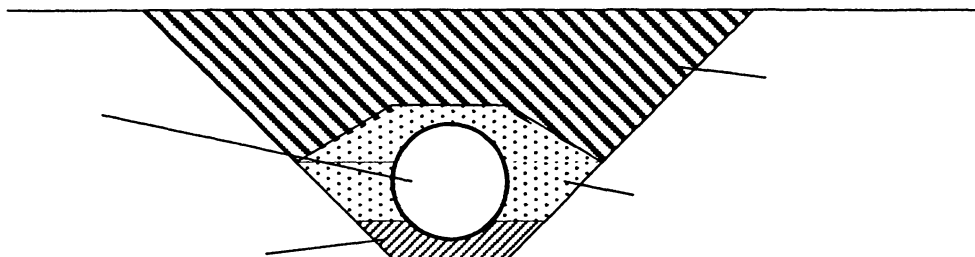
Kostnader for rørgatefundamenter er svært avhengig av forankringsklossenes størrelse som dimensjoneres iht. vanntrykk, retningsendringer og rørdiameter. Legges forankringsklossen ved horisontalbend i fjellskjæring/fjellgrøft kan betongvolumet reduseres betydelig.

2.5.2 Rørgrøfter

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

For nedgraving er de mest aktuelle rørene betongrør, støpejernsrør og GRP-rør. Polyetylen-rør kan også være aktuelt, 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 0,5 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 er ikke medtatt.

Omfylling rundt rør kostnadsberegnes separat med en enhetspris lik 50-100 kr/m³ dersom stedlige masser benyttes og 300 kr/m³ dersom stedlige masser ikke kan benyttes, begge inkl. rigg og drift.

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 ± 30 %.

Enhetspriser som er benyttet:

-	Løsmasser	160 kr/m ³
-	Fjellgrøft, 1 m bunnbredde	600 kr/m ³
-	Fjellgrøft, 2 m bunnbredde	500 kr/m ³

Grøftekostnad (kr/lm). Grøftebredde lik 1,0 m i bunn.

Total grøftedybde:	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m
Jordgrøft	720	1150	2300	3840
Fjellgrøft eller kombinerte jord/fjellgrøfter	1400	2020	3460	5190

Prisene inkluderer 20% påslag for rigg og drift av byggeplass

Grøftekostnad (kr/lm). Grøftebredde lik 2,0 m i bunn

Total grøftedybde:	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m
Jordgrøft	1000	1540	2880	4610
Fjellgrøft eller kombinerte jord/fjellgrøfter	2070	2880	4680	6720

Prisene inkluderer 20% påslag for rigg og drift av byggeplass

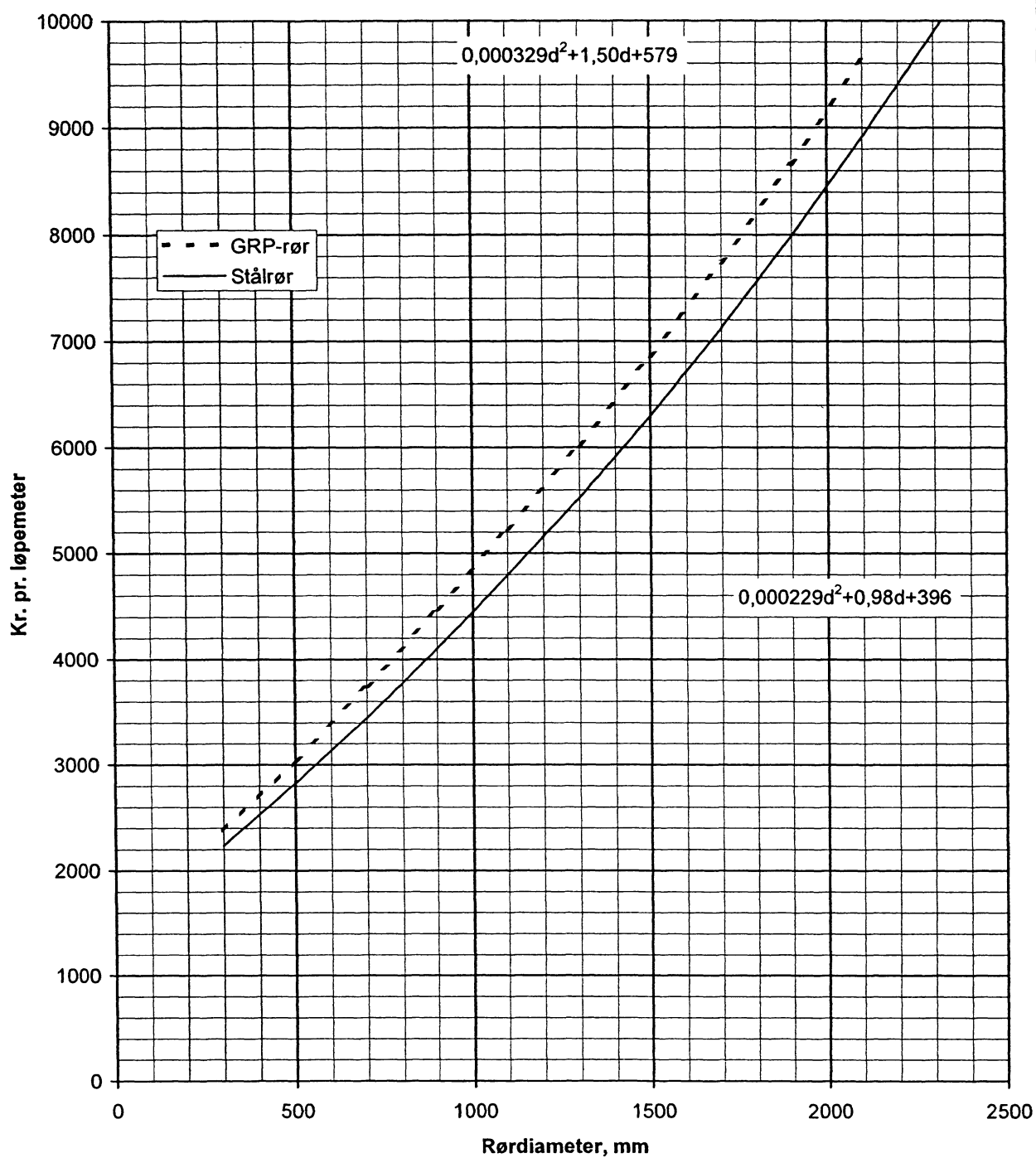
2.5.3 Kanaler

Hvor forholdene tilsier det kan kanaler være et gunstig alternativ til f.eks. rør. Det er her forutsatt at massene er tette og at foring/erosjonshud ikke er nødvendig.

Beregnet kostnadskurve er basert på arbeid i lett/moderat terreng og med følgende enhetspriser.

Rydding	25 kr/m ²
Graving	65 kr/m ³
Sprenging	200 kr/m ³
Riggkostnader	20 %

Uforutsett er ikke medtatt i kostnadsgrunnlaget.



Fundamentkostnader for frittliggende rørgate

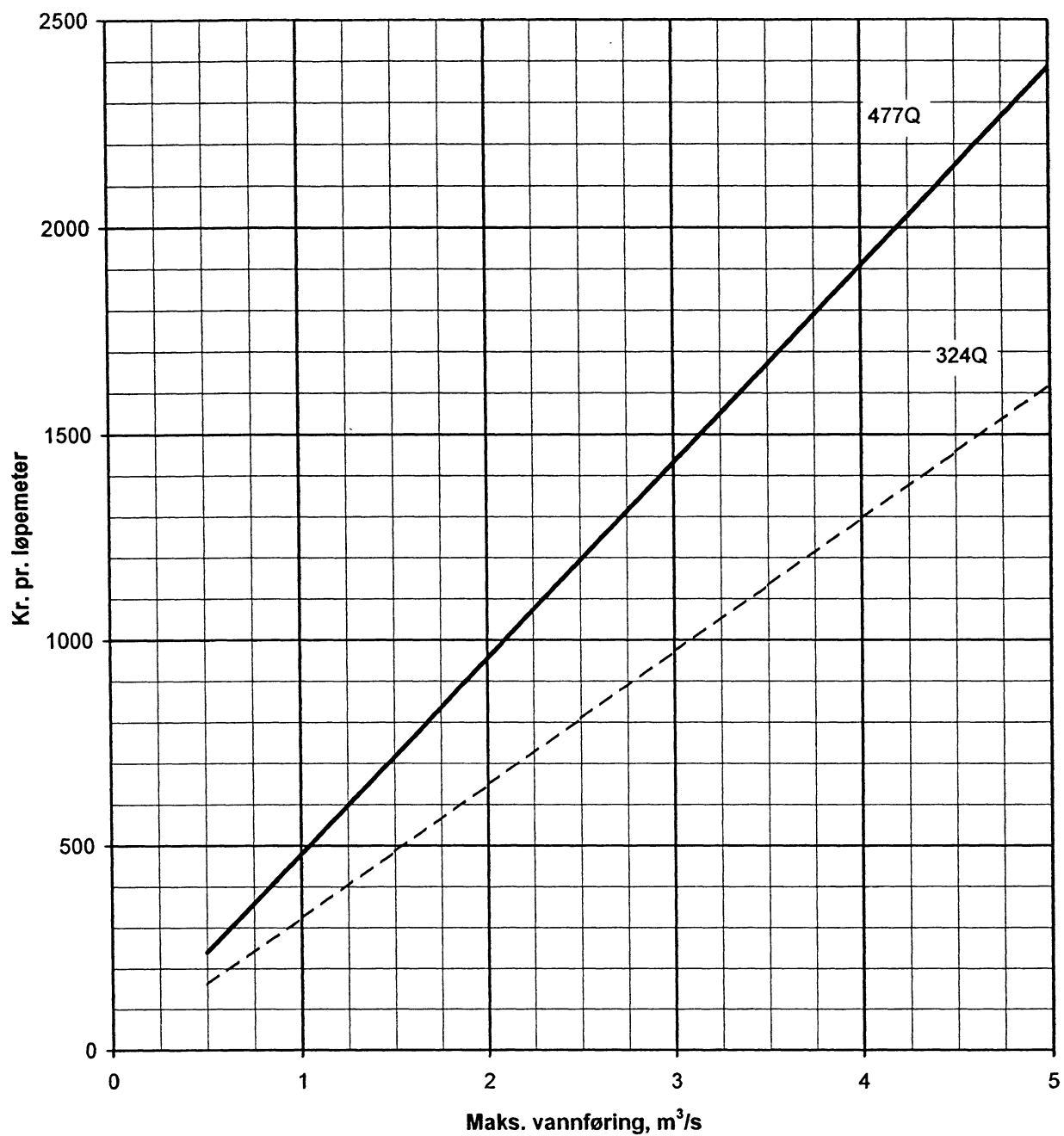
Avstand mellom fundamenter: stål: 9 m og GRP: 6 m
 Avstand mellom forankringsklosser: 60 m
 Gjennomsnittlig fundamenthøyde uk. rør: 1 m
 Beregnede kostnader gjelder moderate fall og gode grunnforhold. Inklusiv 20% riggekostnad

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.5.1



Bunnbredde kanal: 1-2 m

--- Løsmasse — Fjell — Lineær (Fjell)

Kostnader kanaler

Forutsatt maks. vannhastighet i løsmassekanal: 0,5 m/s
 Forutsatt maks. vannhastighet i utsprengt kanal: 0,7 m/s
 Enhetspris rydding, graving og sprenging: henholdsvis:
 25 kr/m², 65 kr/m³ og 200 kr/m³
 Ekskl. plastring/tetting. Inklusiv 20% riggkostnad

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.5.4

2.6 Fjellarbeider

Fjellarbeider for små kraftverk forekommer og det er derfor sett på kostnadene for såkalte "minstetverrsnitt", rimeligste tunneltverrsnitt knyttet til tunnellengde.

Det er også beregnet kostnader for råsprengte sjakter, samt grovhulls boring.

Kostnader på fjellarbeider er veldig avhengig av fjellkvaliteten og de geologiske forholdene, som kan variere mye innenfor små avstander. Kostnadene for fjellarbeider i vanskelig fjell kan fort bli 3-4 ganger så kostbart som i godt fjell og lokalt enda høyere. I Norge har vi stort sett godt fjell, men forkastninger og sprekker som vanligvis viser seg som forsenkninger i terrenget har ofte dårligere kvalitet, og man bør unngå å legge tunneler eller borhull i samme retning som disse. Se også kapittel 1.2.

2.6.1 Tunnel minstetverrsnitt

Tunnelkostnader for små kraftverk ligger generelt lavere enn for store prosjekter. Dette skyldes at det er flere små aktører på markedet for små kraftverk.

Kostnader er beregnet for tverrsnitt fra ca. 12 - 22 m². Det fremgår av kurven hvilke drivemetoder som er aktuelle knyttet til tunneltverrsnitt. Skinnedrift er for tiden ikke tilgjengelig teknikk i Norge.

I tunnelkostnadene inngår 20% for fjellsikring, noe som er normalt i godt fjell. For små kraftanlegg vil dårlig fjellkvalitet kunne utelukke tunnel som alternativ vannvei.

Rigg- og driftskostnader er inkludert med 20 %, men kan variere fra 15 % til 30 %.

2.6.2 Råsprengte sjakter

Priskurven for råsprengte sjakter dekker pulkdirift 50-150 m og langhulls boring 0-50 m.

Drift ved bruk av Alimak er tatt ut av dette kostnadsgrunnlaget, da det sjelden blir benyttet for små kraftverk til fordel for borede sjakter. Kurve for Alimakdrift er imidlertid inkludert i "Kostnadsgrunnlaget for større vannkraftanlegg".

Kostnader for fjellsikring er inkludert med 20%.

Rigg og drift vil kunne variere svært mye avhengig både av tidspunkt/ tilgjengelighet og adkomst. Rigg- og driftskostnader er inkludert med 20 %, men kan variere fra 15 % til 50 %.

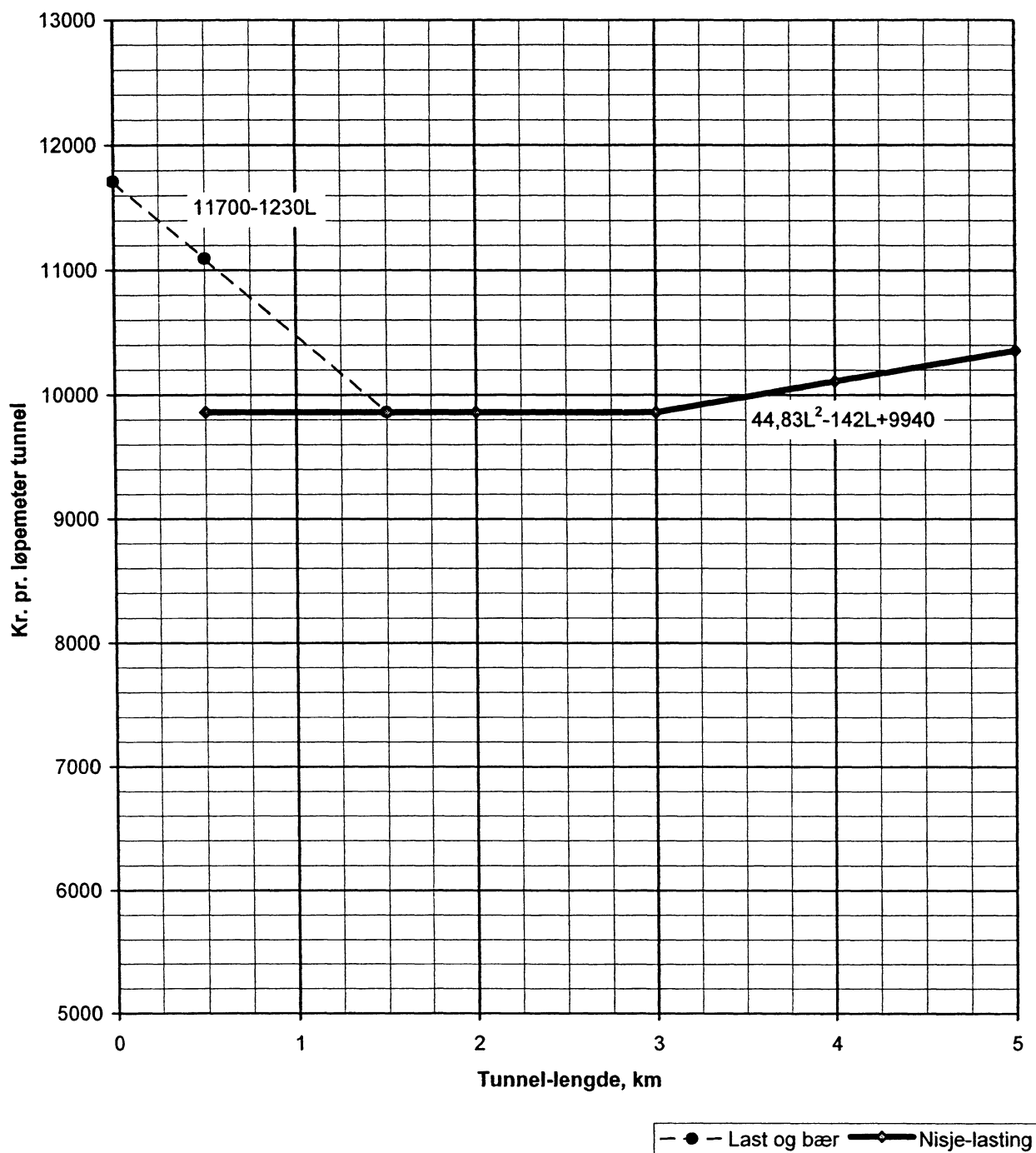
2.6.3 Grovhullsboring

For grovhullsboring er det angitt to kurver, en for fjell med god borbarhet og en for fjell med dårlig borbarhet. Grovhullsboring innebærer boring av pilothull som utvides (oppømmes) med opptrekking av borkrone.

Her er det ikke medtatt kostnader for fjellsikring. Dette gjøres normalt ikke i godt fjell, men bør vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Rigg- og driftskostnader er inkludert med 20 %, men kan variere fra 15 % til 30 %. Det er mer kostbart og bore et langt hull enn et kort hull, så fra en borelengde på ca 200 m opp til 500 m bør kostnaden korrigeres med en faktor lineært økende fra 1,0 til 1,25.

På grunn av usikkerhet knyttet retningen av pilothullet bores det sjelden mer enn 500 m ved denne metoden. Maksimal borelengde er opp til 3.500 m i dag, men dette er et område under rask utvikling og slike lengder krever retningstyring av borhodet.



Kostnader tunnel-minstetverrsnitt

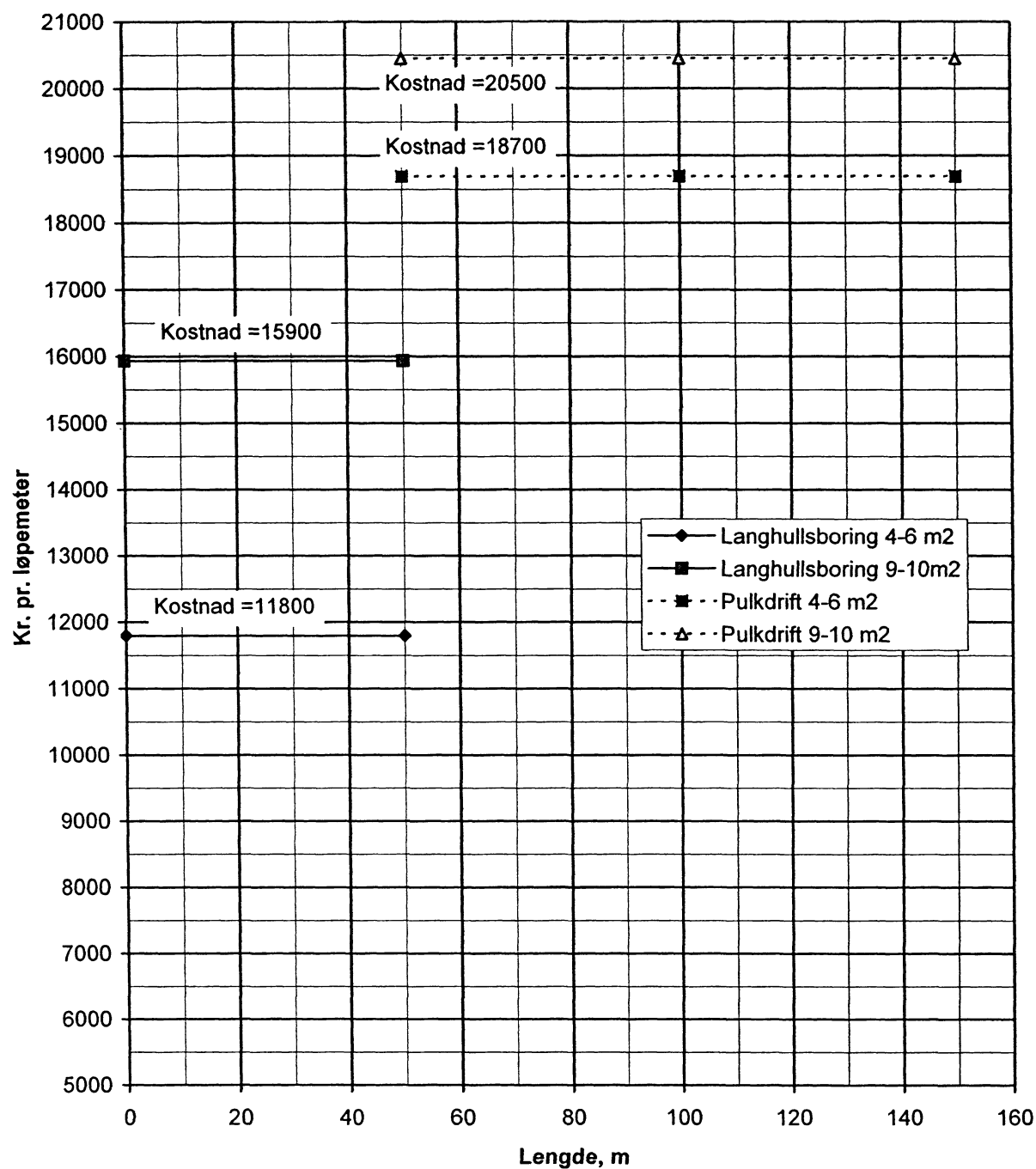
Last og bær: 12-16 m², max stigning 1:5
 Nisje-lasting: 18-22 m², max stigning 1:6,5
 Tunnelkostnadene inkluderer 20% fjellsikring
 Inklusiv 20% riggekostnader

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.6.1



Kostnader råsprengte sjakter

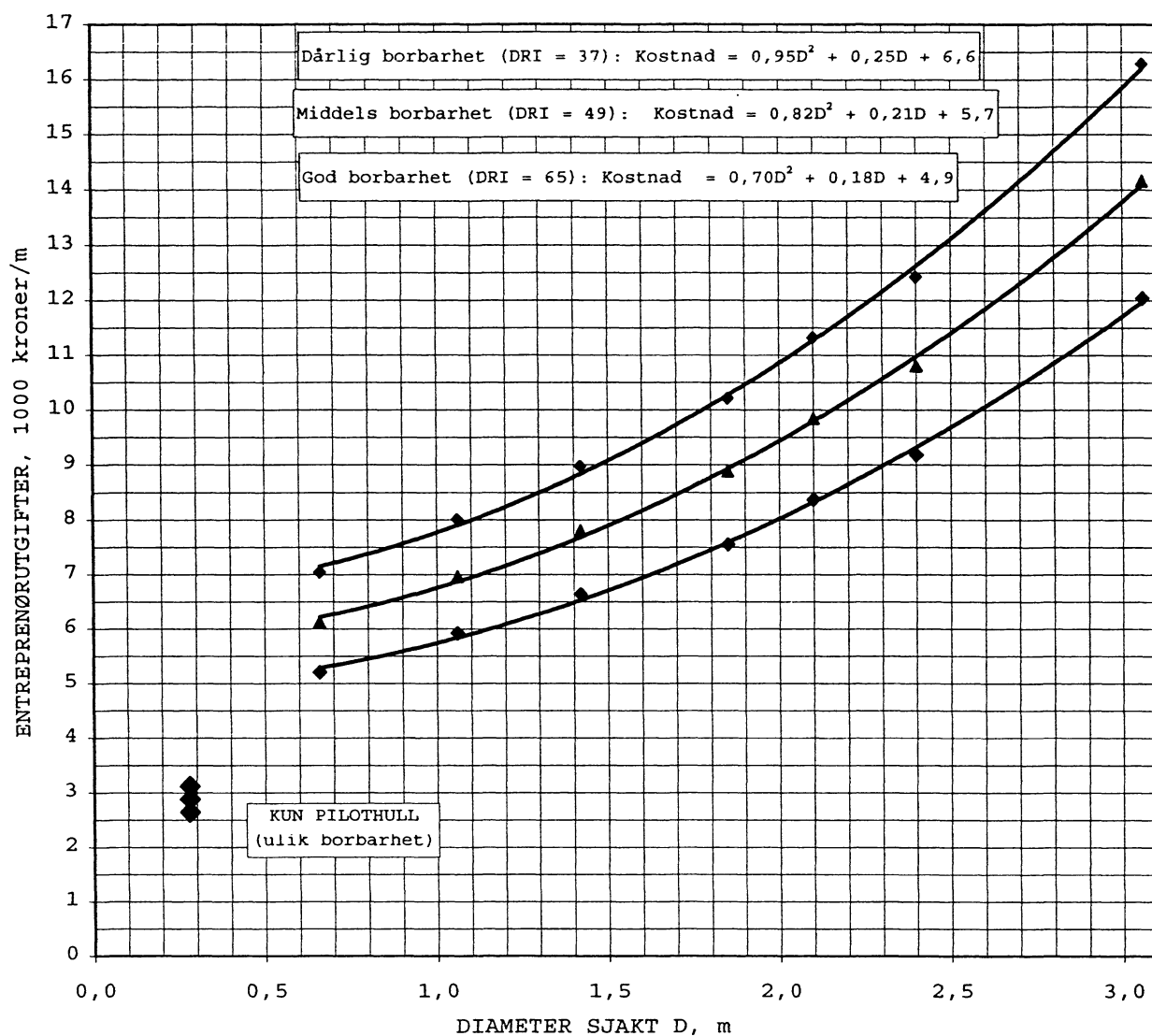
Sjaktkostnader inkl. 20% fjellsikring
Inklusiv 20% riggkostnad

Prisnivå pr. jan. 2005



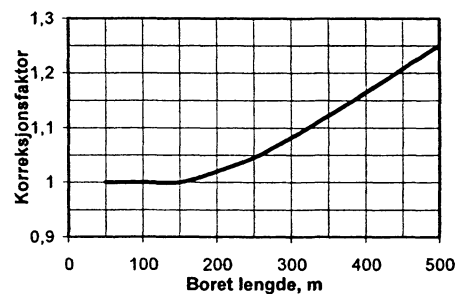
Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.6.2



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2005
2. Forutsatt sjaktlengde: 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. 2.6.3

01.07.05

2.7 Transportanlegg

2.7.1 Anleggsveier

Som grunnlag for beregning av kostnader for bygging av anleggsveier er det i tillegg til erfaringstall fra vannkraftanlegg benyttet erfaringstall fra skogbruket.

Kostnadene vil naturlig variere mye avhengig av topografi og tilgjengelighet av masser, samt standard på anleggsveien.

Vi har forutsatt at opparbeidet anleggsvei holder en standard tilsvarende skogsbilvei kl.3. Kostnadene omfatter ferdig opparbeidet vei med planlegging, utstikking, graving, sprenging, stikkrenner, utlegging av bærelag og oppgrusing. Omfanget av de enkelte delene som f.eks. sprenging og tilkjøring av masser vil ha stor innvirkning på prisen.

Kostnader for ferdig opparbeidet anleggsvei:

- Anleggsvei i lett til moderat terreng: 200-500 kr/løpemeter vei.
- Anleggsvei i moderat til vanskelig terreng: 500-1000 kr/løpemeter vei.

For vedlikehold av anleggsveien i anleggsperioden antas dette å ligge på ca. 10 % av anleggsveikostnadene.

For mindre og enkle broer ligger kostnadene i størrelsesorden 2000,- kr/m² kjørebane (broflate).

2.7.2 Helikoptertransport

2.7.2.1 Generelt

Utgifter til helikoptertransport vil variere med en rekke forskjellige forhold og bruk av helikopter må vurderes nøye i forbindelse med små kraftverk.

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 2.7.2.A. Betongtransport m/helikopter. Gjennomsnittlig transportkapasitet

Avstand i km (en vei)	Transportvolum, m ³ betong/ time	
	Helikopter med lasteevne 3 tonn	Helikopter med lasteevne 1 tonn
1	9	2,8
5	4,5	1,4
10	2,8	0,9
15	2,0	0,6

Tabell 2.7.2.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.

2.7.2.2 Transportpriser for helikopter

Helikoptertransport benyttes både til transport av materialer og personell. Pris for et transportoppdrag fremkommer som sum av pris for flygning tur og retur mellom helikopterbasen og utgangspunktet for oppdraget pluss flygninger innen anleggsområdet. Hastigheten ved langdistanseflyging uten last kan settes til 200 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 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 800 kr/m³
- Armering 16.000 kr/tonn
- Betong 6000-8000 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 2.7.2.C. Helikopterleiekostnad

Type	Leiekostnad kr/ driftstime	Lastekapasitet
Liten maskin	9.500	1,0 t
Stor maskin	31.000	3,0 t

Timepris for helikoptertransport ca. kr 10.000 pr tonn

Tabell 2.7.2.D. Transportpriser pr km og tonn km ved bruk av helikopter

	Priser	
	Helikopter med lastekapasitet 1 tonn	Helikopter med lastekapasitet 3 tonn
Tilflygning	50 kr/km	170kr/km
Transport	50 kr/tonn km	55 kr/tonn km

Det må regnes reelle distanser tur og retur samt tillegg for start og landing

3 MASKINTEKNISKE ARBEIDER

3.1 Generelt

3.1.1 Leveranseomfang

Leveranser av maskintekniske arbeider omfatter generelt utstyr komplett montert, hvor annet ikke er oppgitt i kommentaren til hver enkelt priskurve.

Leveransen omfatter derimot ikke:

- Bygge- og anleggsmessige arbeider
- Transport
- Reservedeler
- Merverdiavgift
- Byggherreutgifter
- Uforutsett

3.1.2 Prisgrunnlag

Prisene er basert på anlegg bygget de siste fem årene, samt på generell priserfaring omfattende også eldre anlegg.

Siden den siste oppdateringen av Kostnadsgrunnlaget i januar 2000 har det vært generelt lite prisstigning. Noen komponenter som rør og luker og Kaplan turbiner har noe økte priser. For turbinprisene ellers har det vært en nedgang i prisene. Dette skyldes dels en presset marked, dels at det brukes mer forenklede løsninger tilpasset til småstasjoner.

Budsjettpriser fra leverandører har vist seg å sprike, med både langt høyere og lavere priser enn prisnivået fra utbygget anlegg. Generelt bør man være forsiktig med budsjettpriser innhentet på en tidlig fase av et prosjekt. Priskurvene vil som regel gi et riktigere bilde. En har i perioden etter januar 2005 hatt en prisstigning på alle komponenter grunnet en kraftig prisøkning på material priser. Dette kan gi og har gitt prisøkninger på 5 til 15 % for alle typer maskintekniske komponenter.

3.2 Turbiner

Turbinprisene er oppgitt som kr/kW nominell effekt, og som funksjon av maksimal slukeevne og maksimal effektiv fallhøyde.

Det er laget priskurver for hver av de mest vanlige turbintypene på markedet for turbiner i effektområde fra 500 – 10.000 kW. For turbiner i effektområdet opp til 500 kW se kapittel 5, Mikro- og Miniaggregater.

Omdreiningstall inngår i priskurvene for turbiner i effektområdet 500 – 10.000 kW. Ved lave turtall benyttes det ofte gir for turbiner mindre enn 2 – 3 MW.

Fallhøydekurvene som er tegnet inn på prisdiagrammene, tilsvarer et vanlig område for småturbiner av respektive Pelton, Francis og Kaplan type. De øverste kurvene representerer på ingen måte noen grense for bruk av en turbin av denne typen.

Turtallskurvene er kun indikative, tilsvarende en bestemt forseringsgrad (dykking/sugehøyde). Hvis det velges en turbin med et annet turtall enn det som er angitt av diagrammet for den aktuelle vannføringen, brukes fortsatt fallhøydekurven som referanse for å definere prisen pr. kW. Man kan ta hensyn til turtallet på følgende måte: hvis man velger en turbin med lavere turtall enn det som er vist på diagrammet for den gitte vannføringen og fallhøyden, vil turbinprisen generelt bli noe høyere enn vist på diagrammet (utfra verdi på vannføring og fallhøydekurve), og omvent hvis turtallet velges høyere enn vist i diagrammet.

Det må også sies at oppgitt prisnivå for turbiner gjenspeiler hva man kan kalle et normalt prisnivå. Det finnes turbiner på markedet til priser både lavere og høyere enn angitt i priskurvene.

Det er laget priskurver for følgende turbintyper:

- Pelton
- Francis
- Kaplan/rør

Følgende er inkludert i de enkelte kurvene:

Turbiner fra 1 – 500 kW

Se under kapittel 5, Mikro- og Miniaggregater.

Turbiner fra 500 – 10 000 kW

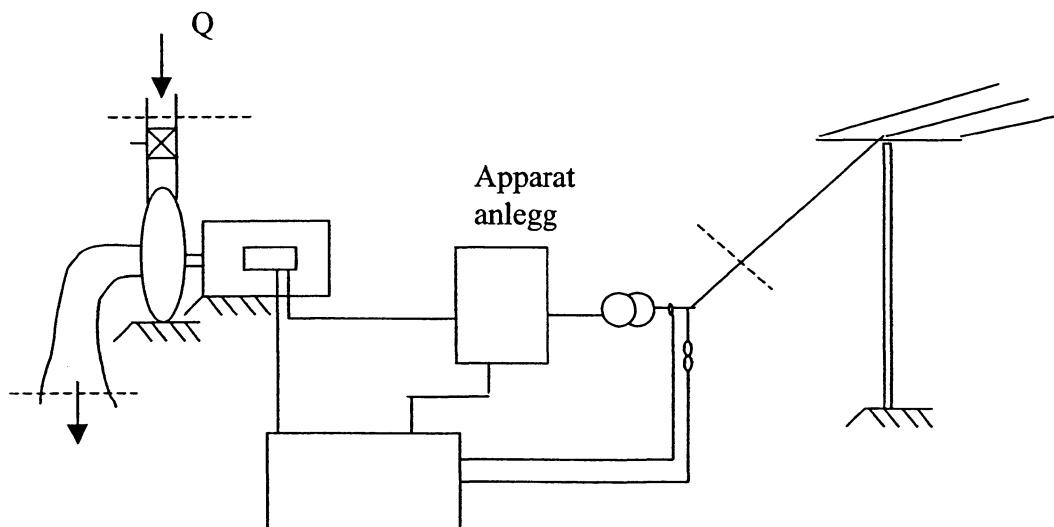
Oppgitt priskurve gjelder for Turbin + Turbinstyring + Innløpsventil (ikke på Kaplan-turbiner).

For priser på elektroutrustning til anlegg større enn 500 kW, se priskurver under kapittel 4, elektrotekniske arbeider.

Generelle tips ved valg av turbinleverandør

- Følgende punkter i tillegg til prisen bør vurderes ved valg av turbinleverandør:
- Referanser. Ta kontakt med andre utbyggere som har brukt den samme leverandøren.
- Automatiseringen av stasjonen. Viktig mht hvor mye arbeid som kreves til daglig drift.
- Reguleringsområde til turbinen. Viktig mht å utnytte mest mulig av vannføringen.
- Virkningsgrad. Vær kritisk til oppgitte virkningsgrader som mangler pålitelig dokumentasjon.
- Er alt med i leveransen (prisen). Sjekk om alt nødvendig utstyr/arbeid er medregnet i oppgitt pristilbud.

Prinsippskisse:



3.2.1 Pelton-turbiner

Bruksområde

For større installasjoner er Pelton-turbiner benyttet ved store fallhøyder. For mindre installasjoner kan det være aktuelt å bruke Pelton-turbiner også for relativt små fallhøyder. Området for bruk av Pelton-turbiner overlapper området for Francis-turbiner.

Fordeler og ulemper med Pelton- kontra Francis-turbiner

Fordeler:

- Reguleringsområde er stort, fra ca. 10 % av maksimalvannføring. Francis fra ca. 40 % av maksimalvannføring.
- Flat virkningsgrad kurve, dog med en lavere topp enn den spissere kurven for en Francis-turbin.
- Ingen problem med trykkstøt i tilløpsrøret ved avslag.

Ulemper :

- Løpehjulet må ligge med en viss avstand over høyeste undervann, som gjør at man mister en del av fallhøyden.
- Pelton-turbiner har tradisjonelt sett vært dyrere enn Francis-turbiner.

Det store reguleringsområdet kan ofte være grunnen til å velge en Pelton turbin: det gjør det mulig å klare store variasjoner i vannføringen med kun ett aggregat.

Forskjellige tekniske løsninger på Pelton-turbiner.

- Antall dyser/nåler. Bruk av flere dyser gir et større reguleringsområde, samtidig som det gir muligheten for bruk av høyere turtall med påfølgende mindre dimensjoner på turbinen. Bruk av flere dyser åpner dermed muligheten for å bruke Pelton-turbiner ved høyere vannføringer og effekt i forhold til fallhøyden.
- Den mest vanlige løsningen for små Pelton-turbiner har vært en oppstilling med horisontal aksel og en eller to stråler. Vertikal oppstilling med flere stråler benyttes ved store installasjoner. Flere leverandører tilbyr nå små vertikaloppstilte Pelton turbiner til et prisnivå som ofte er like lavt som de tradisjonelle horisontale aggregatene.
- Det fleste små Pelton-aggregatene bygges med løpehjulet festet direkte på generatorakselen.

3.2.2 Francis-turbiner

Bruksområde

Francis-turbinen er den mest brukte turbintypen i Norge, med et utstrakt bruksområde mellom Pelton og Kaplan-turbinen.

Fordeler og ulemper med Francis- kontra Kaplan-turbiner

Fordeler.

- Virkningsgrad: Francis-turbinen har en høyere toppvirkningsgrad, mens Kaplan-turbinen har en lavere, men flatere virkningsgradskurve.
- Pris: Francis-turbinen er billigere enn Kaplan-turbinen.

Ulemper.

- Francis-turbinen har et mindre reguleringsområde enn en dobbeltregulert Kaplan-turbin.
- En Kaplan-turbin vil generelt kreve større dykking enn en Francis-turbin.

For en vurdering mot Pelton-turbinen se kommentar til Pelton-turbiner.

Forskjellige tekniske løsninger på Francis-turbiner

- Horisontal/vertikal rotasjonsakse: Horisontal oppstilling er brukt på de aller fleste Francis-turbiner i dette effektområdet. Dette kommer av mye enklere og billigere bygningsarbeider ved en horisontal oppstilling. I tillegg er tilgjengelighet for vedlikehold enklere ved horisontal oppstilling.
- En konvensjonell spiraltromme representerer den mest vanlige løsningen for små Francis-turbiner. (Trommeløsninger er neppe aktuelle i dag unntatt for de minste turbinene. Vertikalt aggregat med kumturbin kan være aktuell for de laveste fallhøydene.)
- Det fleste små Francis-aggregatene bygges med løpehjulet festet direkte på generatorakselen. Løsninger med gir kan være lønnsomt når turtallet blir for lavt.
- For å unngå kavitasjon må løpehjulet installeres slik at det får et bestemt minste trykk, enten ved at sugeshøyden begrenses, eller ved at løpehjulet dykkes under undervannet. En "forsert" turbin vil ha høyere turtall og mindre dimensjoner men vil tillate mindre sugeshøyde / kreve mer dykking enn en mindre "forsert" turbin. Mindre anlegg bygges ofte slik at maskinsalgulv og generator holdes over høyeste undervann for å unngå risikoen for drukning av stasjonen. Det vil i praksis si at løpehjulssenter må plasseres 2 til 3 meter over normalt undervann. Turtallskurvene som er angitt på prisdiagrammene er laget for en forseringsgrad som tilsvarer en slik sugeshøyde.

3.2.3 Kaplan/Rør-turbiner

Bruksområde

Mens store Kaplan-turbiner kan brukes opp mot 60 m, brukes små Kaplan-turbiner sjeldent over 25 m. For nedre grense for fallhøyden er det ofte kostnadene kr/kWh som er bestemmende.

Kaplan-turbiner er forholdsvis kostbare kr/kWh p.g.a de blir brukt ved store vannføringer og liten fallhøyde, som gir store dimensjoner på turbinen i forhold til avgitt effekt.

Fordeler og ulemper med Kaplan-turbinen.

Se samme avsnitt for Francis-turbinen.

Forskjellige tekniske løsninger

- Horisontal/vertikal rotasjonsakse: Turbiner med Kaplan løpehjul lages med en rekke forskjellige oppstillinger både med vertikal og horisontal rotasjonsakse. Vertikale Kaplan-turbiner har vært relativt vanlige i Norge. En horisontal oppstilling med aksial strømning har imidlertid fordelen å redusere bredden på stasjonen og vil generelt gi lavere bygningskostnader. Rørturbiner/ bulbturbiner har en horisontal eller skrå/horisontal oppstilling. S-turbiner er en variant av rørturbinen, forskjellen er i hovedsak at generatoren ligger utenom vannveien, mens den for bulbturbiner ligger i vannveien.
- Dobbel og enkel regulert Kaplan/Rør/S-turbin: det er tre hovedmåter å regulere disse turbin typene på.
 1. Dobbelregulert turbin hvor både løpehjulsskovler og ledeskovler er regulerbare, dette er den dyreste løsningen som gir en flat og vid virkningsgradskurve.
 2. Enkeltregulert turbin med kun regulerbare løpehjulsskovler, dette er en billigere løsning med en noe spissere virkningsgradskurve. Aggregatet sakner ledeapparat og start, synkronisering og stopp, må skje ved hjelp av inntaksluken.
 3. Enkelregulert turbin med kun regulerbare ledeskovler og faste løpehjulsskovler(også kalt propeller-turbin). Dette vil generelt gi den billigste løsningen, men virkningsgradskurven er meget spiss.
- Det lave turtallet for Kaplan-type turbiner gjør at det oftest vil være aktuelt å bruke giroverføring mellom turbin og generator. Et annet alternativ som er aktuelt for små effekter, men som er mindre brukt enn gir, er removerføring. Felles for gir og rem er at de må være riktig dimensjonert for å sikre problemfri drift. Selv med riktig dimensjonering representerer både gir og rem sliteelementer som har en kortere levetid enn andre hovedkomponenter i en vannkraftstasjon. Det vil ikke være uvanlig at giret, eller mekanismen i giret må skiftes ut etter ti års drift. Levetiden for en rem kan være enda kortere (men prisen vil normalt være lavere). Andre aspekter som bør tas i betraktning når det gjelder gir, er støy og tapt effekt (ca 2-3%). Gir brukes sjelden på turbiner med en effekt på mer enn 2-3 MW.

Kommentar til priskurvene

Priskurvene gjelder for dobbeltregulerte turbiner, en enkelt regulert turbin vil gi en lavere pris. Normalt vil det være små prisvariasjoner på maskinkostnadene på vertikale og skrå/horisontal turbiner, men de bygningsmessige arbeidene vil kunne variere mye avhengig av maskinoppstilling.

3.2.4 Andre løsninger og turbintyper

Turbintypene og løsningene som er omtalt (i de forrige kapitlene), representerer det som er mest vanlig i Norge i dag.

Det finnes en rekke andre turbintyper og løsninger som er brukt mere sjeldent, men som har vært vanlige tidligere, eller som kan være vanlige i andre land.

Noen typiske eksempler er beskrevet her.

«Doble» turbiner

En dobbel turbin har to turbiner for en og samme generator.

En løsning er å installere en komplett turbin på hver side av generatoren. Denne løsningen er blitt brukt både for Francis og Pelton-turbiner.

En annen løsning er å ha en dobbelturbin på den ene siden av generatoren. Denne løsningen ble tidligere ofte brukt på Francis-turbiner, enten med et felles innløp, dobbelt løpehjul og to separate sugerør, eller med to ledeapparater i en felles tromme eller kum, og et felles sugerør. Fordelen med en dobbelturbin er først og fremst at den gjør det mulig å øke turtallet på turbinen (med roten av 2) i forhold til en enkel turbin, uten å øke forseringsgraden og dykkingen. Bruk av gir har gjort at den løsningen blir sjeldent brukt i dag.

Cross-flow turbiner

Cross-flow turbinen overlapper deler av bruksområdet for Kaplan, Francis og Pelton-turbiner; i de fleste praktiske tilfeller brukes den i området til Francis-turbinen.

Cross-flow-turbiner er blitt brukt med fremgang for små, enkle anlegg i utviklingsland.

Løpehjulet ligner et vannhjul, vannet kommer på tvers av hjulet, men vannet angriper skovlene to ganger, først på vei inn i løpehjulet, og deretter når vannet kommer ut fra hjulet.

Cross-flow turbiner bygges ofte med et delt innløp som gir et stort reguleringsområde.

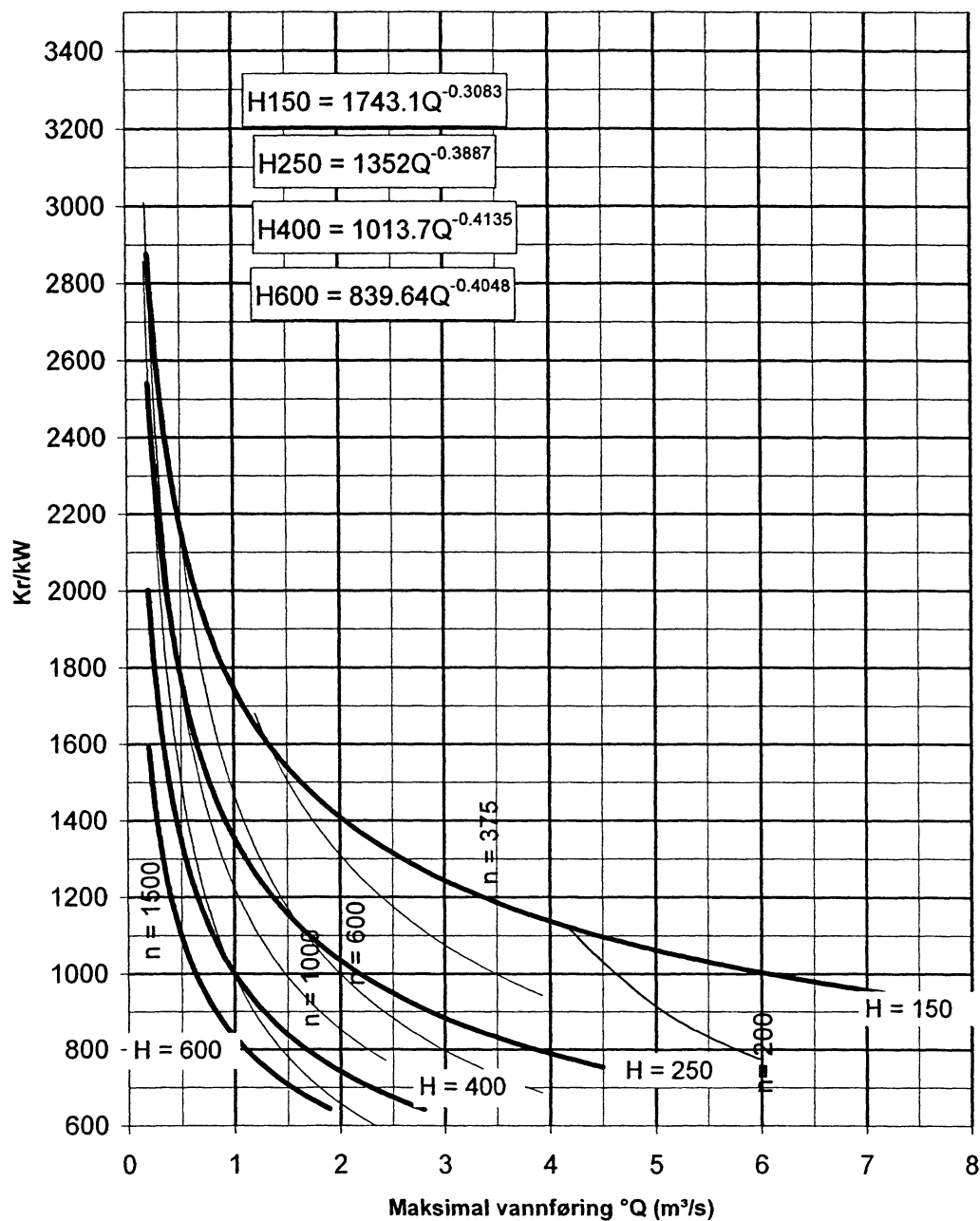
Virkningsgraden ligger imidlertid lavere enn for konvensjonelle turbintyper, og det har ofte vært vanskelig å få tilstrekkelig dokumentasjon for virkningsgraden.

Prisen varierer en del mellom forskjellige leverandører. Sammenligninger utført for spesifikke anlegg har vist at prisreduksjonen som man skulle få sammenlignet med en Francis-turbin ofte er svært liten når alle elementer tas i betraktning.

Turgo turbiner

Turgo turbinen er en partial turbin som Pelton turbinen. Den er godt egnet i mellomtrykksområdet fra 100 til 300 m. Den har særskilt gode egenskaper dersom en har problemer med sandslitasje. Den har høyt spesifikt fartstall som gjør at en kan ha høyere

turtall og at man får en mer kompakt turbin enn for en sammenlignbar Pelton. Generatorkostnadene kan da reduseres. Virkningsgraden er på ca 85 %. Turbinen produseres bl.a. i England.



Kostnader Pelton 500-10000 kW

Prisnivå pr jan 2005

Angitt turtall gjelder for 2 strålers maskin

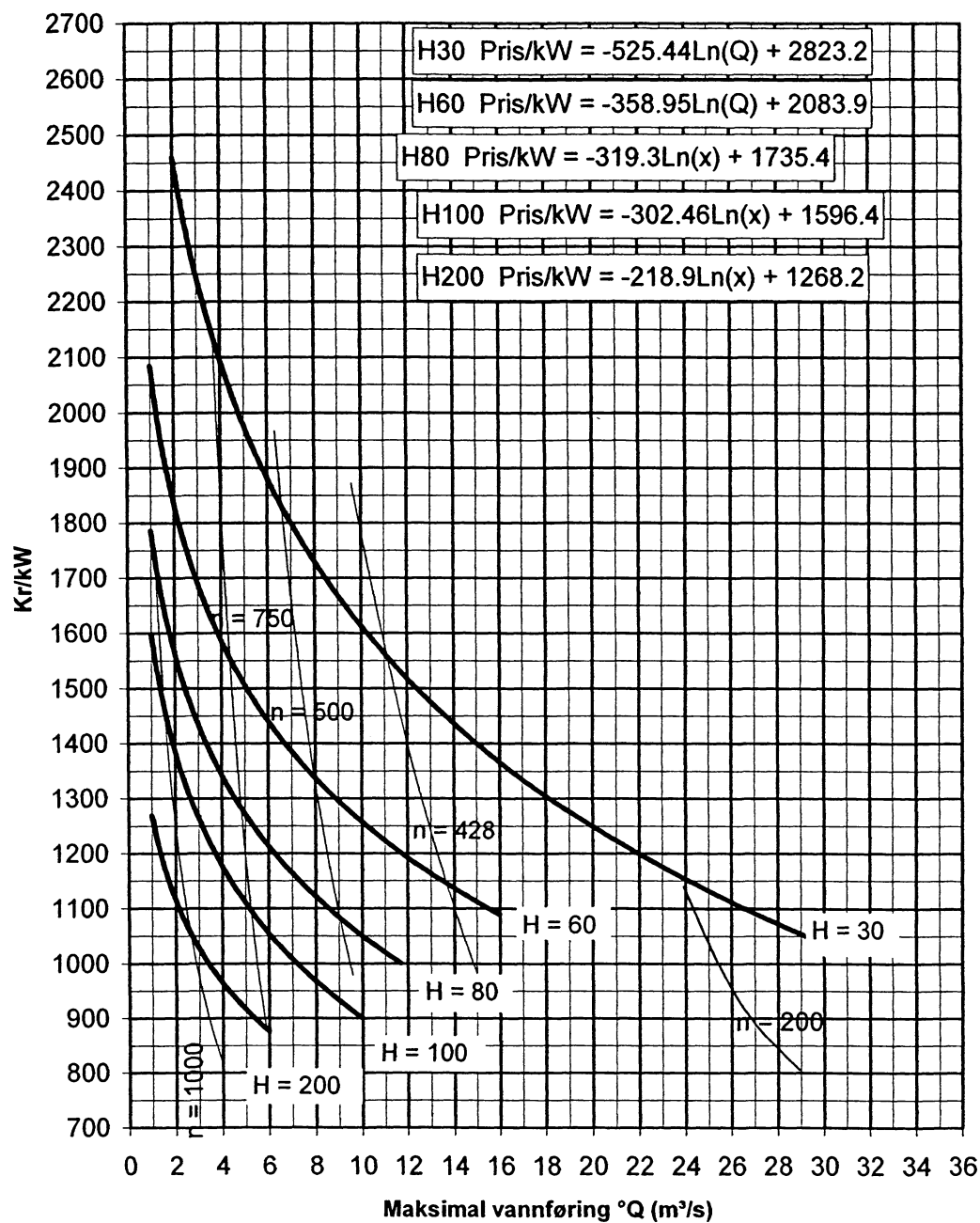
Kurvne forutsetter horisontale aggregater

Priskurvne inkluderer: turbin + turbinstyring + innløpsventil



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.2.1



Kostnader Francis 500-10000 kW

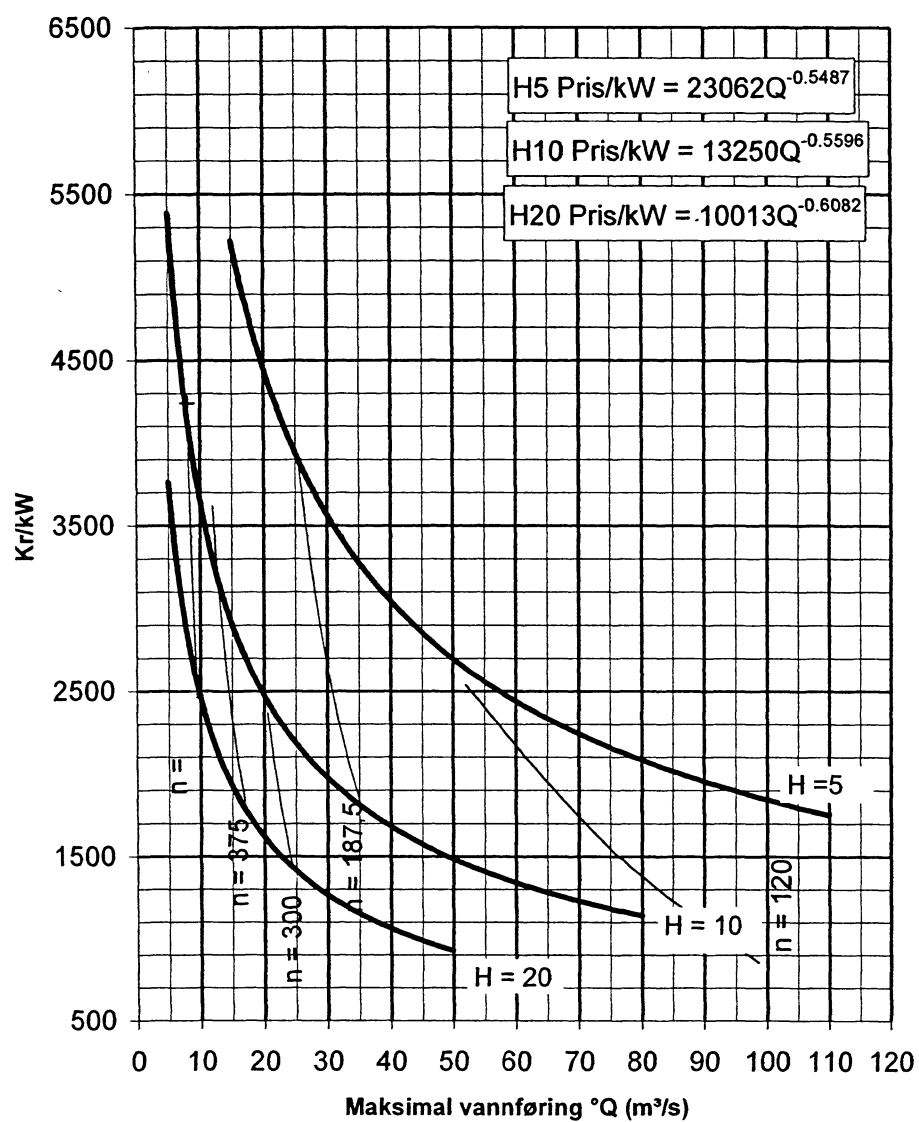
Prisnivå pr. jan. 2005

Kurvene forutsetter horisontale aggregat med turbinsenter
2-3 meter over laveste undervann ved fullast
Løpehjul direkte på generator aksel
Priskurvene inkluderer: turbin + turbinstyring + innløpsventil



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.2.2



Kostnader Kaplan 500-10000 kW

Kurvene gjelder for dobbeltregulert Kaplan/rør-turbiner

Ved omdreiningstall lavere enn 375 er gir inkl.

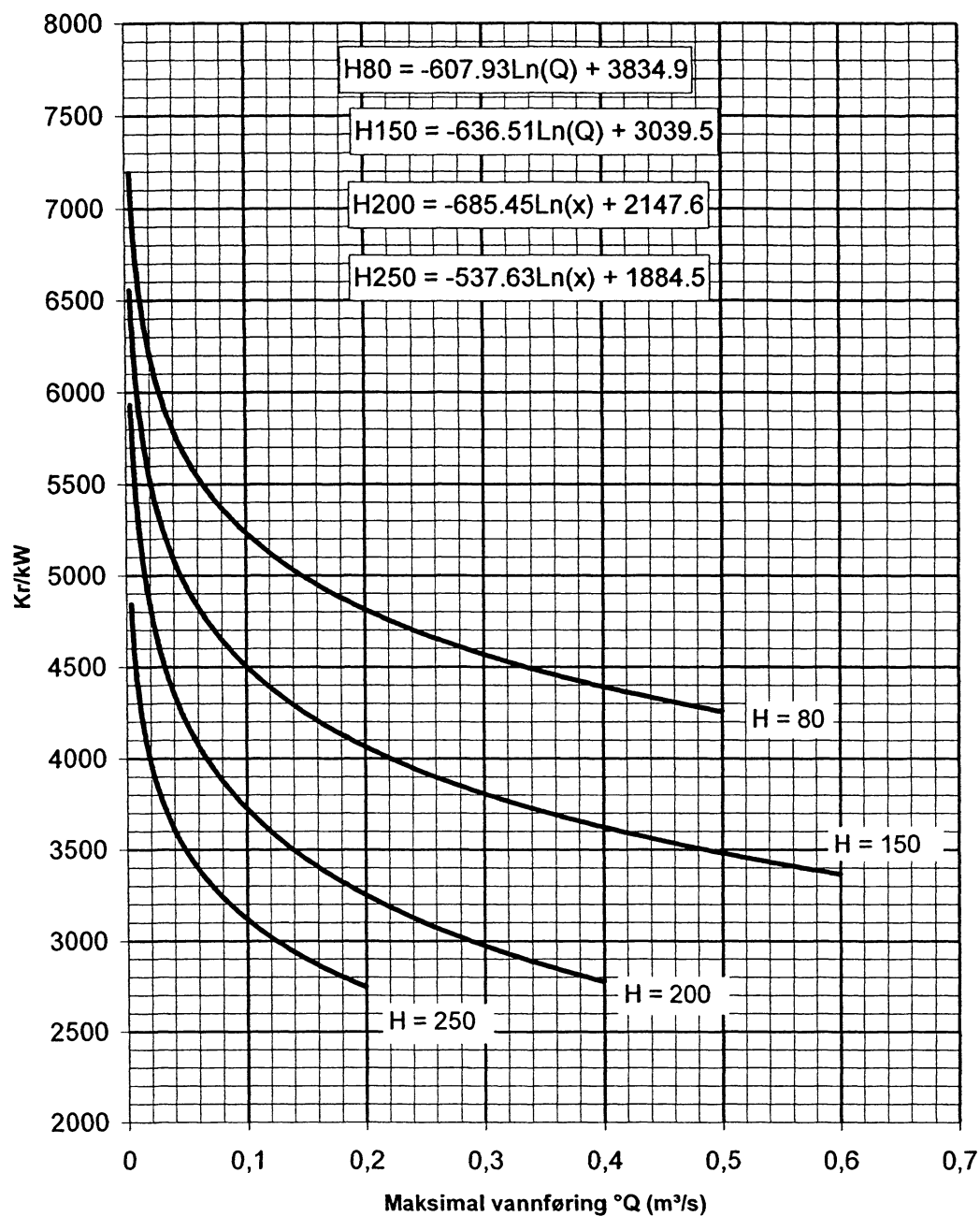
Priskurvene inkluderer: turbin + turbinstyring + (gir)

Prisnivå pr.jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.2.3



Kostnader el/mek pakke Pelton 1-500 kW

Prisnivå pr. jan. 2005

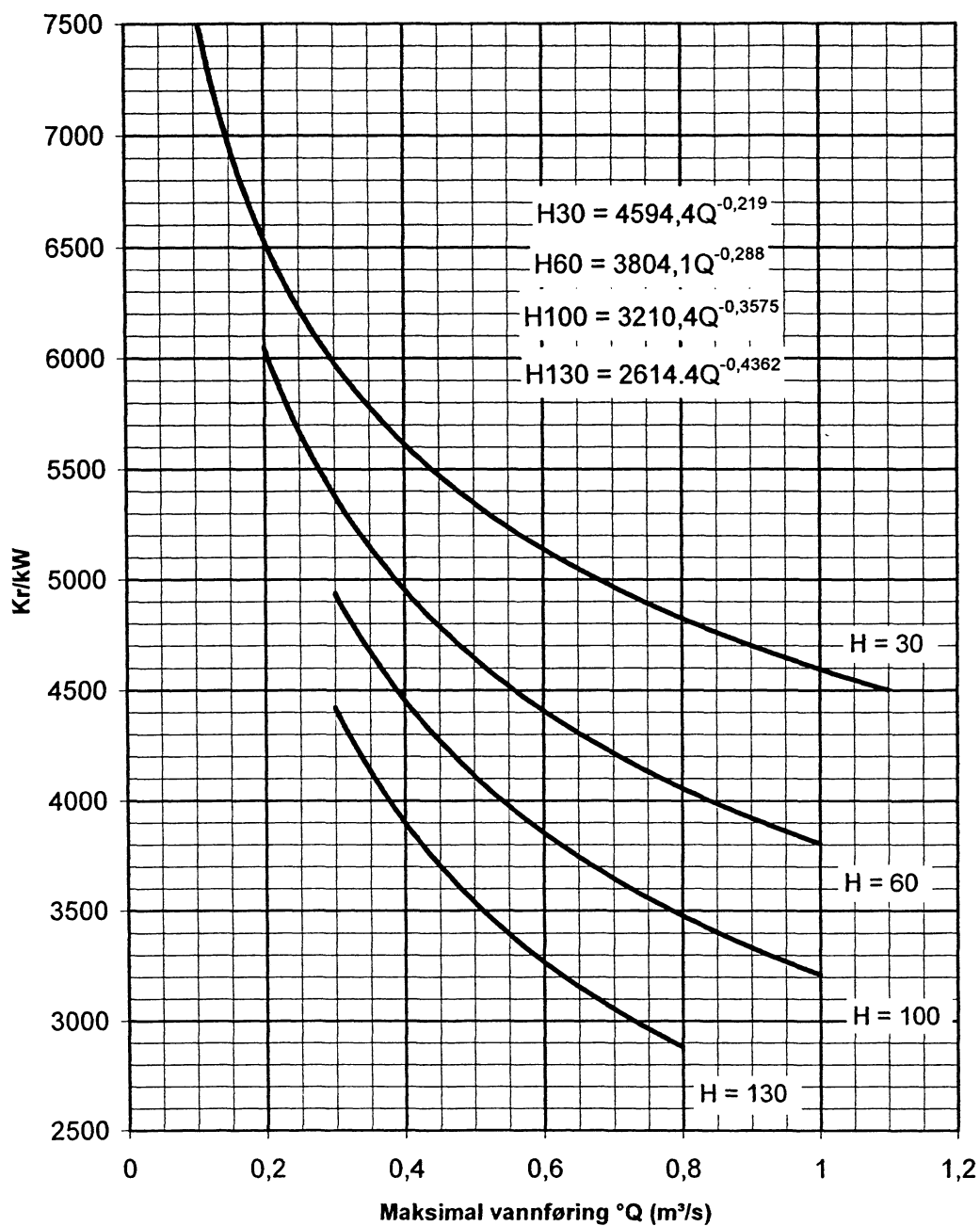
Kurvene gjelder for komplett montert leveranse

Priskurvene inkluderer: turbin + turbinstyring + innløpsventil + generator + kontrollanlegg + apparatanlegg + (transformator)



Norges
vannkraft- og
energilaksator

FIG 5.2.1



Kostnader el/mek pakke Francis 20-500 kW

Prisnivå pr. jan. 2005

Kurvene forutsetter horisontale aggregat med turbinsenter

2-3 meter over laveste undervann ved fullast

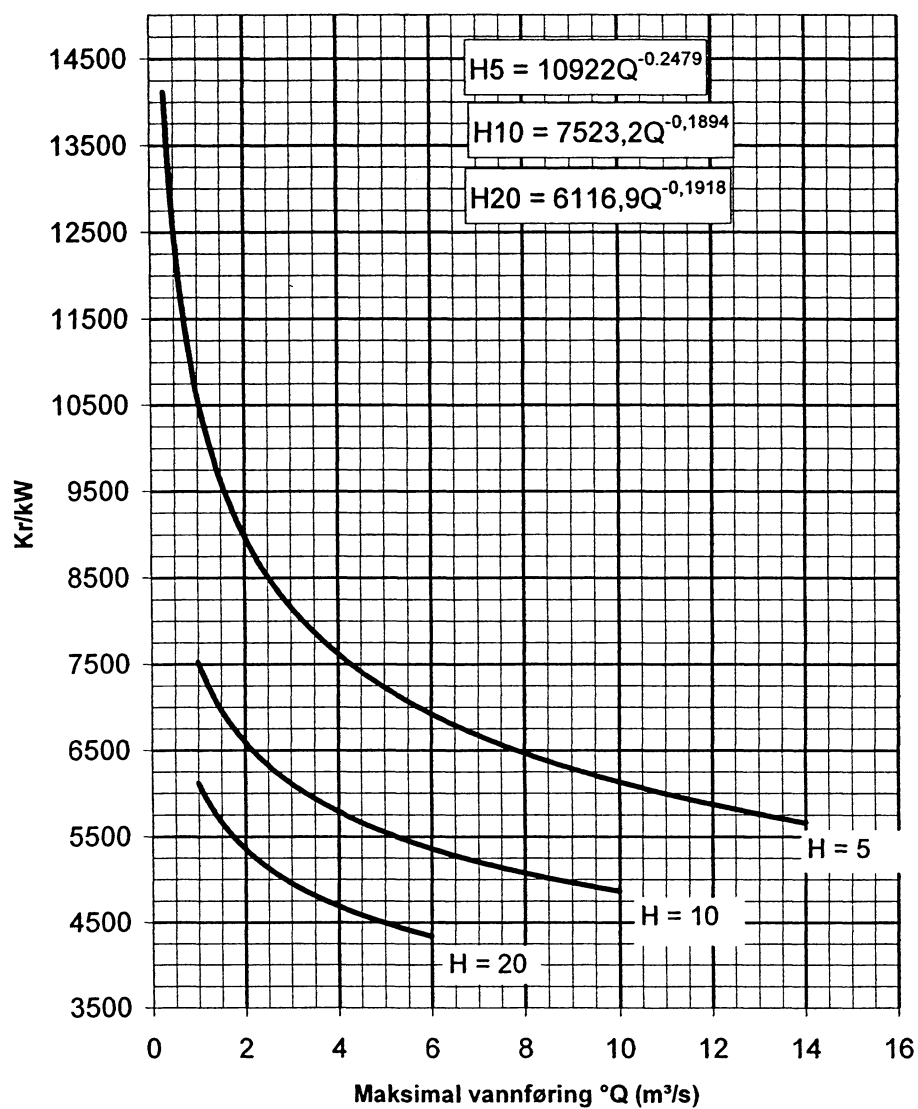
Prisene gjelder komplett montert leveranse

Priskurvene inkludere: turbin + turbinstyring + innløpsventil + generator + kontrollanlegg + apparatanlegg + (transformator)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 5.2.2



Kostnader el/mek pakke Kaplan 20-500 kW

Prisnivå pr. jan. 2005

Prisene gjelder for komplett montert leveranse

Kurvene gjelder både for rør- og Kaplan-turbiner

Priskurvene inkluderer: turbin + turbinstyring + generator +
kontrollanlegg + apparatanlegg + eventuelt transformator



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 5.2.3

3.3 Luker

Lukeprisene er oppgitt i mill. kroner, og som funksjon av lukeareal. Sjakthøyde, lukehøyde og konstruksjonstrykk er satt til en konstant verdi for hver enkelt priskurve og luketype.

Det er laget priskurver for de luketyper som er mest aktuelle på små anlegg:

- Rulleluke
- Glideluke
- Klappeluke
- Gummiluke

Damluker

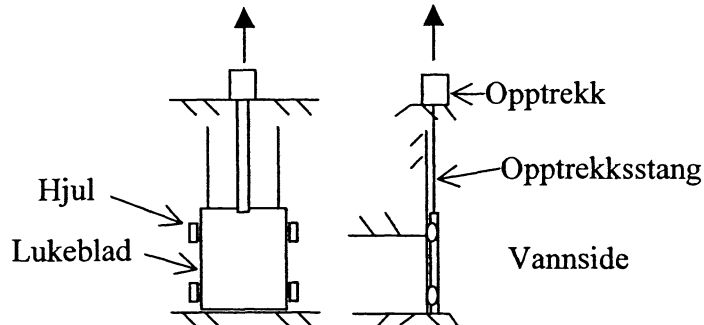
Damluker omfatter luker som er plassert i dammen. På større dammer har man som oftest flomluker og bunnluker. Navnet på luken kommer av funksjonen eller passeringen til den aktuelle luken

Inntaksluker

Inntaksluker omfatter luker som er plassert i inntaket til vannveien for turbinen.

3.3.1 Rulleluke

Prinsippskisse:



Bruksområde

Rulleluker brukes mest som inntaksluker.

Opptrekk

Opptrekket er en enkelt virkende hydraulisk sylinder, dvs luka er selvlukkende. Ved bruk av selvlukkende luke oppstår det bare strekkrefter i opptrekkstanga.

Lukeblad

Lukebladet lages av en massiv stålplate ved små dimensjoner og lavt vanntrykk. Ved større dim/trykk blir lukebladet laget av frontplate avstivet med ribber.

Lukking skjer ved hjelp av en enkeltvirkende hydraulikksylinder, festet enten til toppen av luka eller til lagerakse. Klappeluker er selvåpnende med vanntrykk.

3.3.4 Gummiluker

Bruksområde

Gummiluker blir ofte brukt som en erstatning for dammen på små anlegg, eller ved litt større anlegg kan deler av dammen være en gummiluke. Ved en flom slippes luften/vannet ut av luka og vannet renner over dammen (gummiluka).

Regulering/opptrekk

Gummiluker reguleres enten ved hjelp luft eller vann.

3.4 Varegrind

Priskurvene for varegrinder er gitt i tusen.kr som funksjon av grindareal. Vanntrykk, Høyde på grind og senteravstand mellom grindstaver er satt til en fast verdi.

Bruk

Varegrinden brukes for å hindre at rusk og rask kommer inn i vannveien for turbinen.

Dimensjonskriterier

Maksimal vannhastigheten gjennom grinda bør ikke overstige ca 1 m/s. Grinda dimensjoneres for planking ved revisjonsarbeid.

Forskjellige materialer brukt i varegrind

Tradisjonelt har det vært vanlig å lage varegrinden i sort stål som varmforsinkes og males. Alternativt kan varegrinda lages i rustfritt stål eller kunststoff.

Fordeler/ulempes med rustfritt og kunststoff grinder

Rustfritt stål:

Fordeler

- Godt utprøvd løsning, liten utbøyning, rustet ikke, stor slitestyrke, større avstand mellom støtte punktene (flyndrer) .

Ulemper

- Høy pris.

Kunststoff:

Fordeler

- Unngår ising, rustet ikke, reduserer falltapet, pris

Ulemper

- Lite utprøvd på det Norske markedet, stor utbøyning, lavere slitestyrke, liten avstand mellom støtter (flyndrer).

3.5 Løfteutstyr

3.5.1 Traverskran

Traverskraner har stort dekningsområde og er nesten alltid brukt på litt større vannkraftanlegg hvor det settes store krav til løfteutstyret.

Kostnadskurvene for traverskraner gir prisen i 1.000-kr som funksjon av løftekraft.

Spennvidde, løftehøyde og løfteevne, er faste verdier i priskurven.

3.5.2 Elektrotalje m/el-løpekatt

Dekningsområdet for elektrotalje er begrenset langs kranbanen. Elektrotaljen kan leveres med kjetting eller wire. Kjettingtalje egner seg ved liten løftekraft og liten løftehøyde. Lengde kranbane og løftehøyde er faste verdier i priskurven.

3.5.3 Alternativt løfteutstyr

På de minste kraftverkene kan det være et alternativ å bruke en manuelt betjent kjettingtalje, fastmontert eller med løpekatt. Det er ikke laget priskurver for kjetting taljer.

3.5.4 Mobilkran

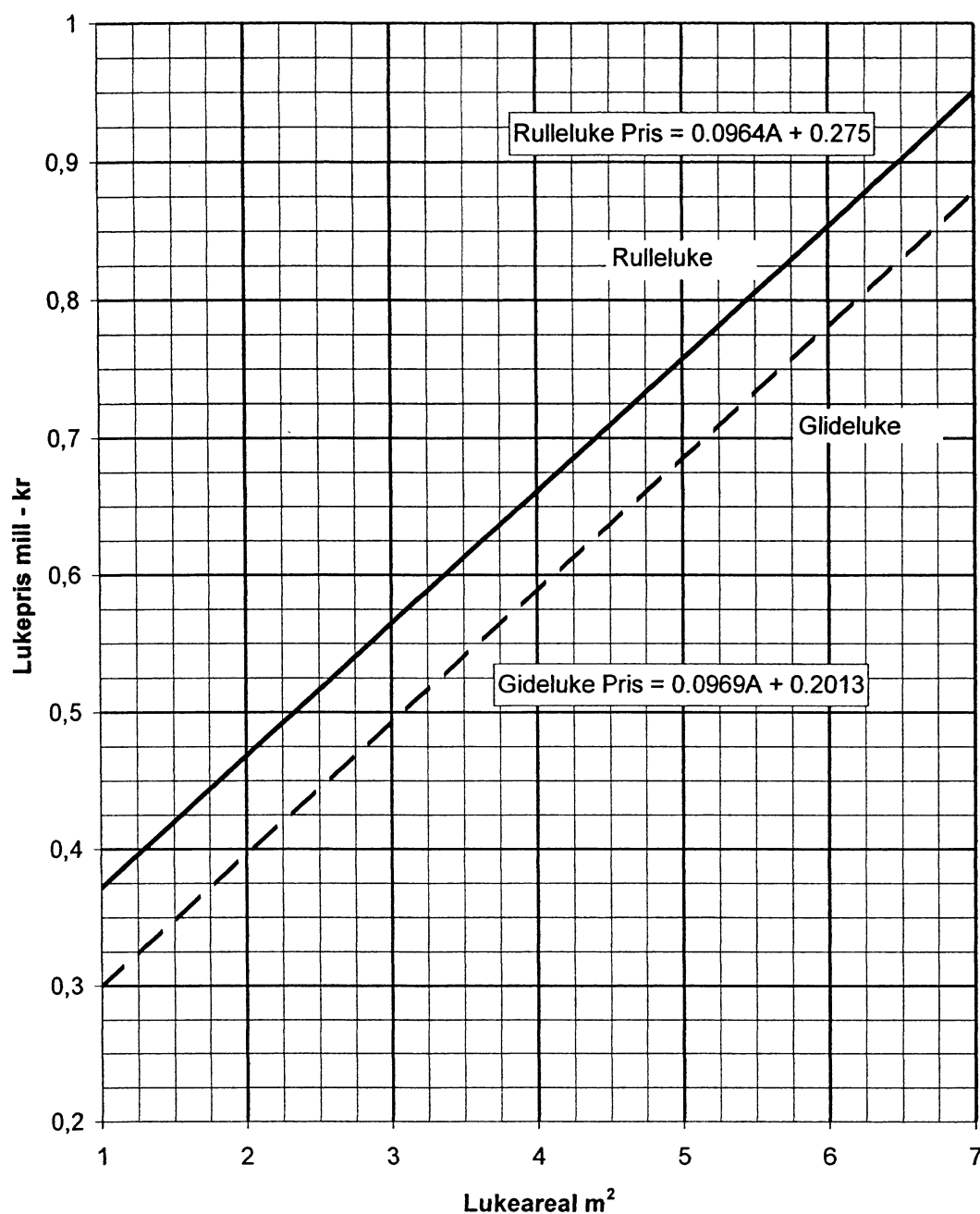
Bruk av mobilkran er et alternativ til permanent løfteutstyr i kraftstasjonen. Forutsetningen for bruk av mobilkran er tilstrekkelig god adkomst via bilvei og et kraftstasjonsbygg med for eks. demonterbart tak. Det er ikke laget priskurver for leie av mobilkran.

3.6 Grindrensker

Bruk

Grindrenskeren brukes til å renske varegrinda og redusere falltapet. Grindrenskeren kan kjøres manuelt eller automatisk (uten tilsyn), med startsignal fra et tidsur eller fra falltapsmåleutstyr over varegrinda. Grindrenskere vil variere mye i pris avhengig av virkemåte, og grindareal.

For små grindrenskere med grindareal $< 15 \text{ m}^2$, ligger prisen størrelsesorden 150.000 - 500.000 kr.



Kostnader rulleluke og glideluke

Prisnivå pr. jan. 2005

Prisene gjelder for komplett montert luke

Bygnings og anleggsmessige arbeider er ikke inkludert

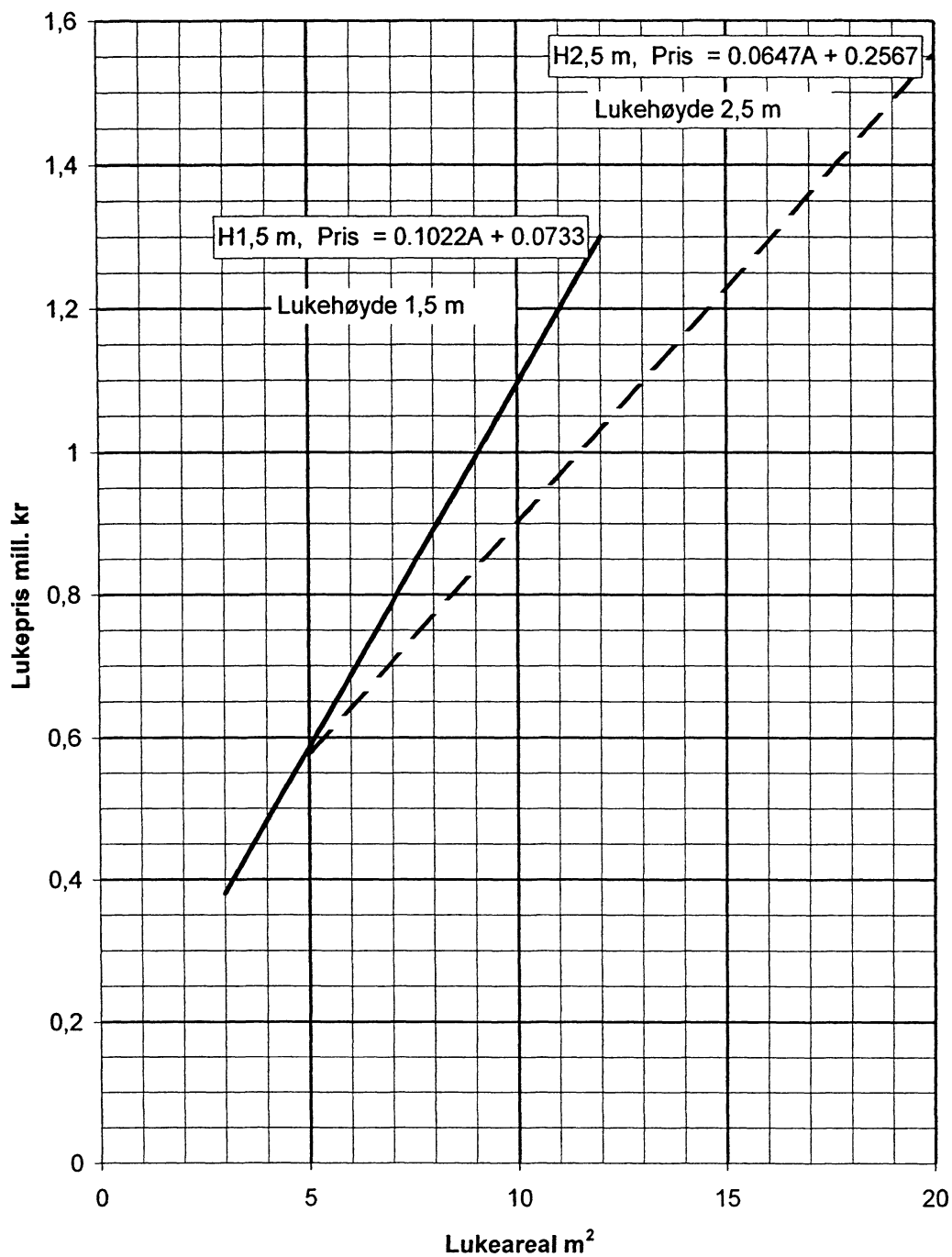
Dimensjonerende vanntrykk 10 mvs

Beregnet sjakthøyde 10 m



Norges
vann- og
energidirektorat

FIG 3.3.1



Kostnader klappeluker

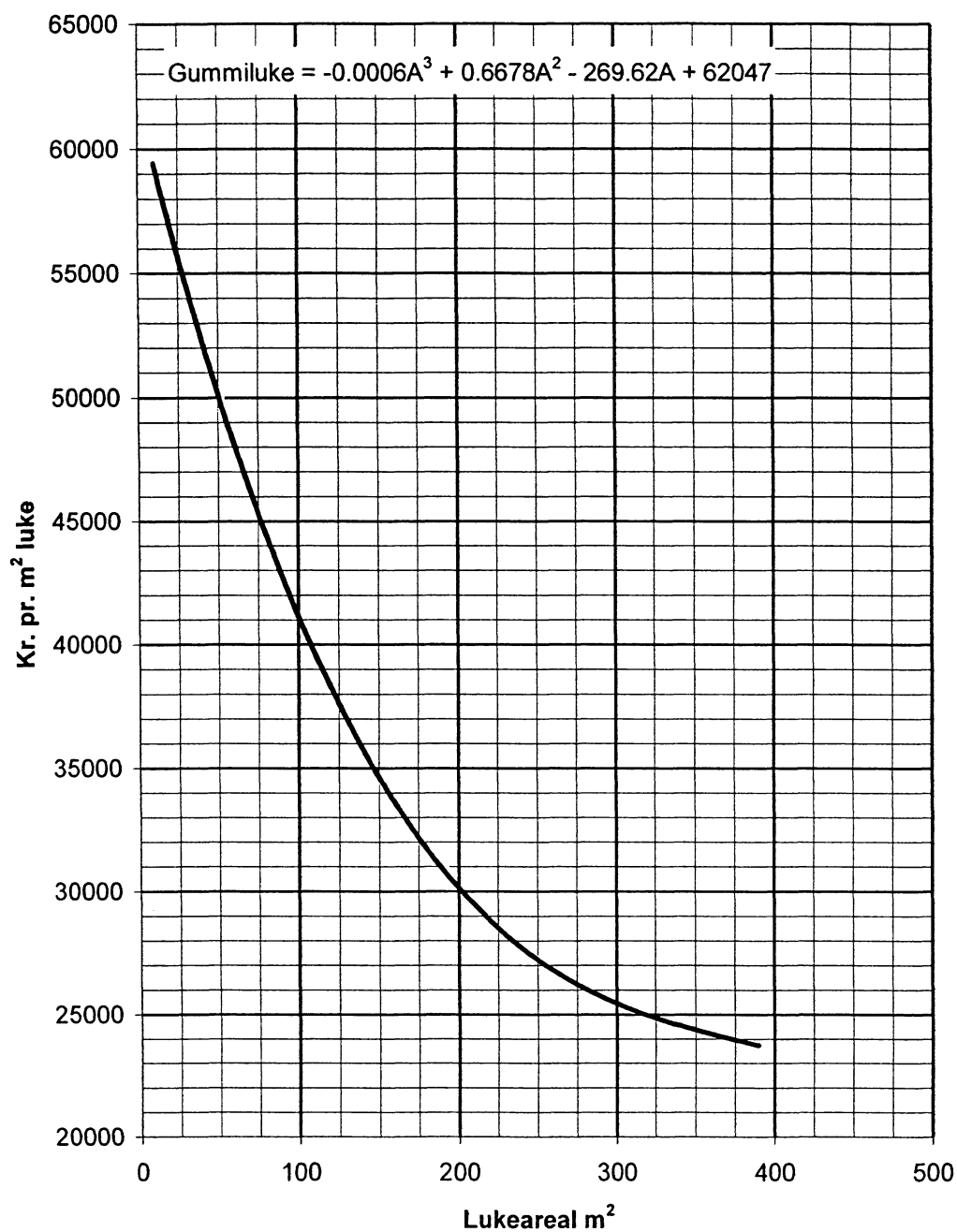
Prisnivå pr. jan. 2005

Prisene gjelder komplett montert luke
Bygningsmessige arbeider er ikke inkludert



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.3.2



Kostnader gummiluke

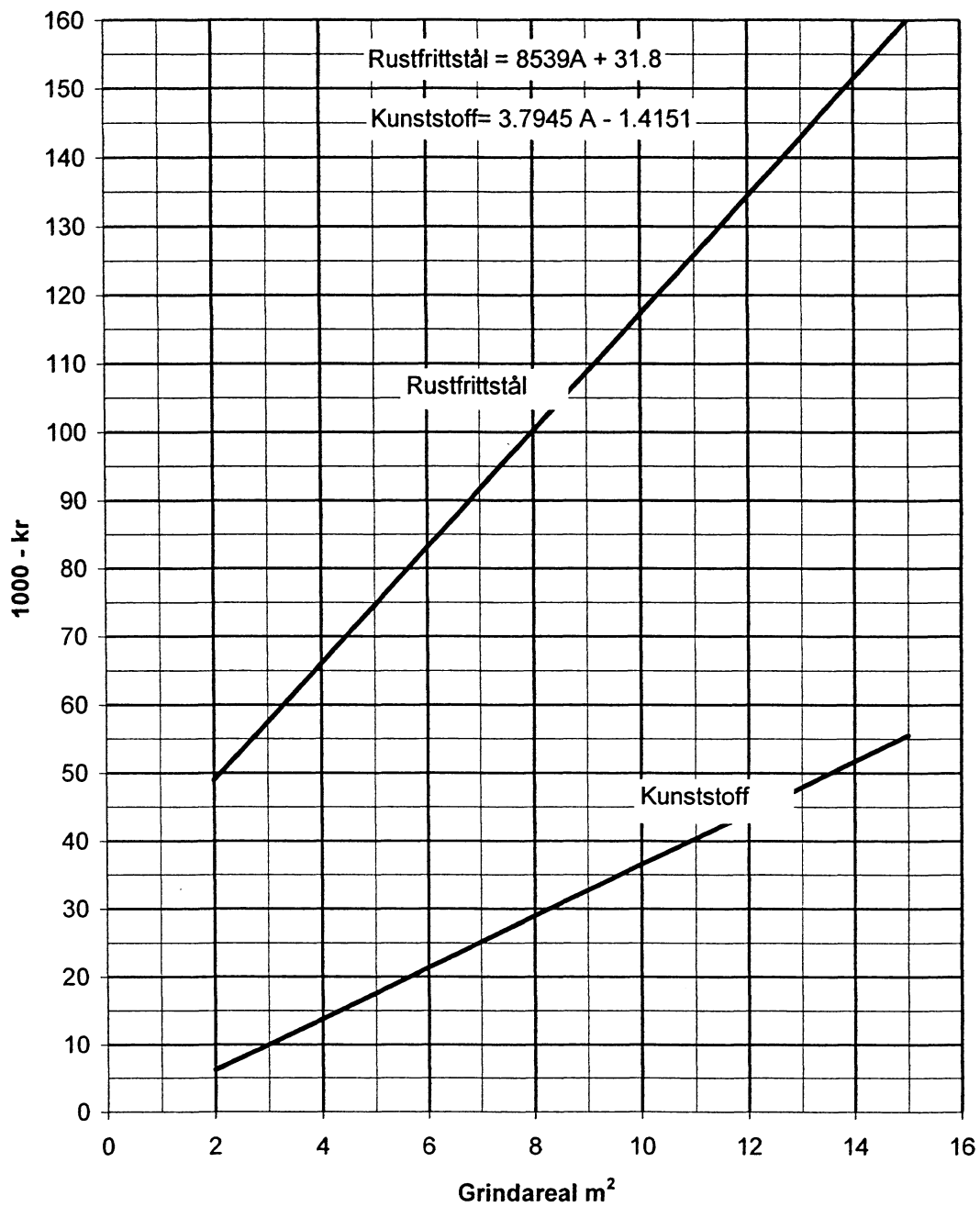
Prisnivå pr.jan. 2005

Priskurven er veiledende både for luftfylte og vannfylte luker
Oppgitt lukeareal gjelder bredde x høyde
Øvrige bygningsmessige kostnader er ikke inkludert



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.3.3



Kostnader varegrinder

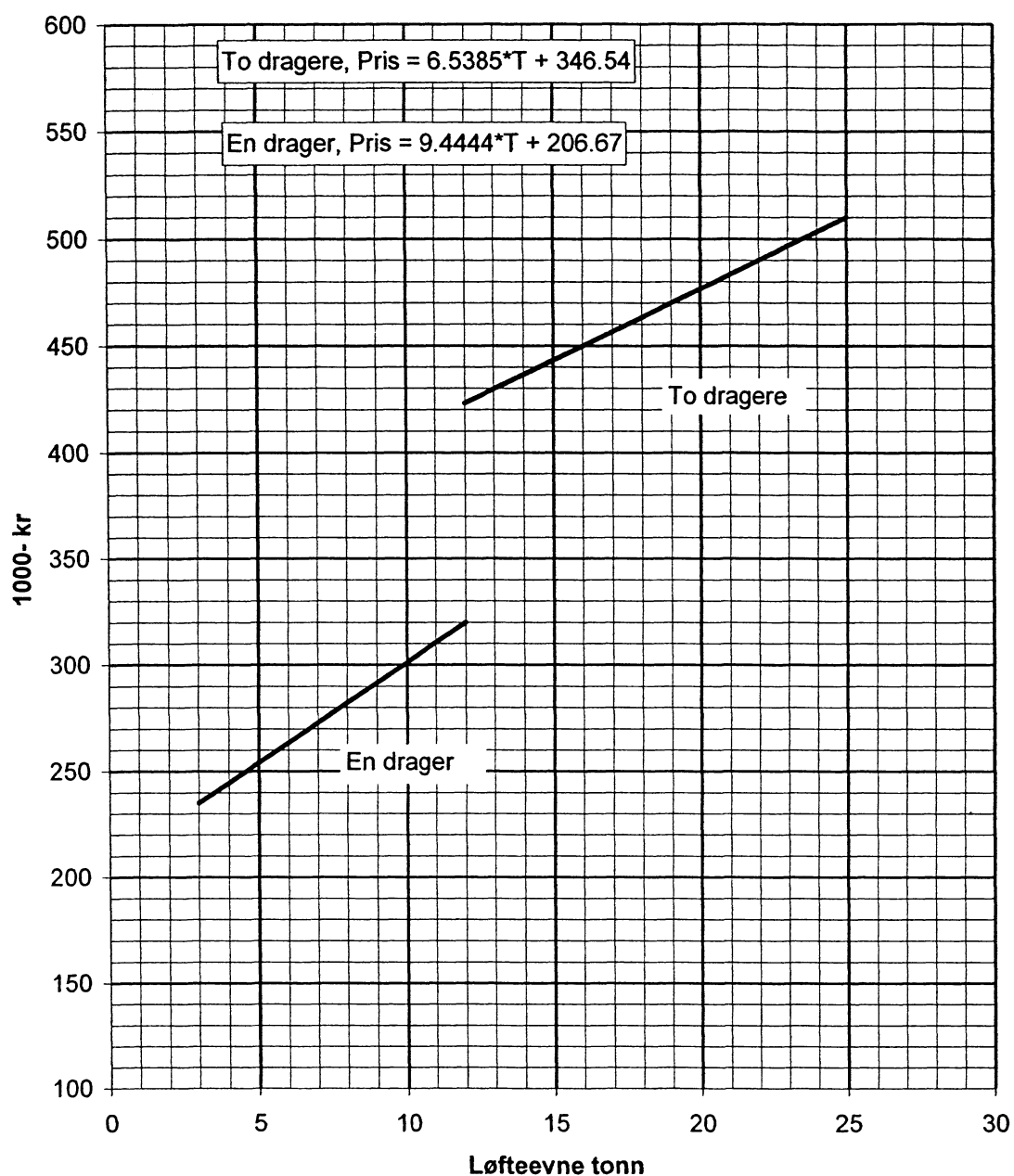
Maks vanntrykk: 10 m
Høyde varegrind 2 m, bredde variabel
Varegrind forutsatt uten flyndre
Senteravstand staver: 50 mm
Gjelder komplett montert varegrind

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.4.1



Kostnader traversskran

Priser gjelder komplett montert leveranse

Spennvidde: B = 10 m

Løftehøyde: H = 7 m

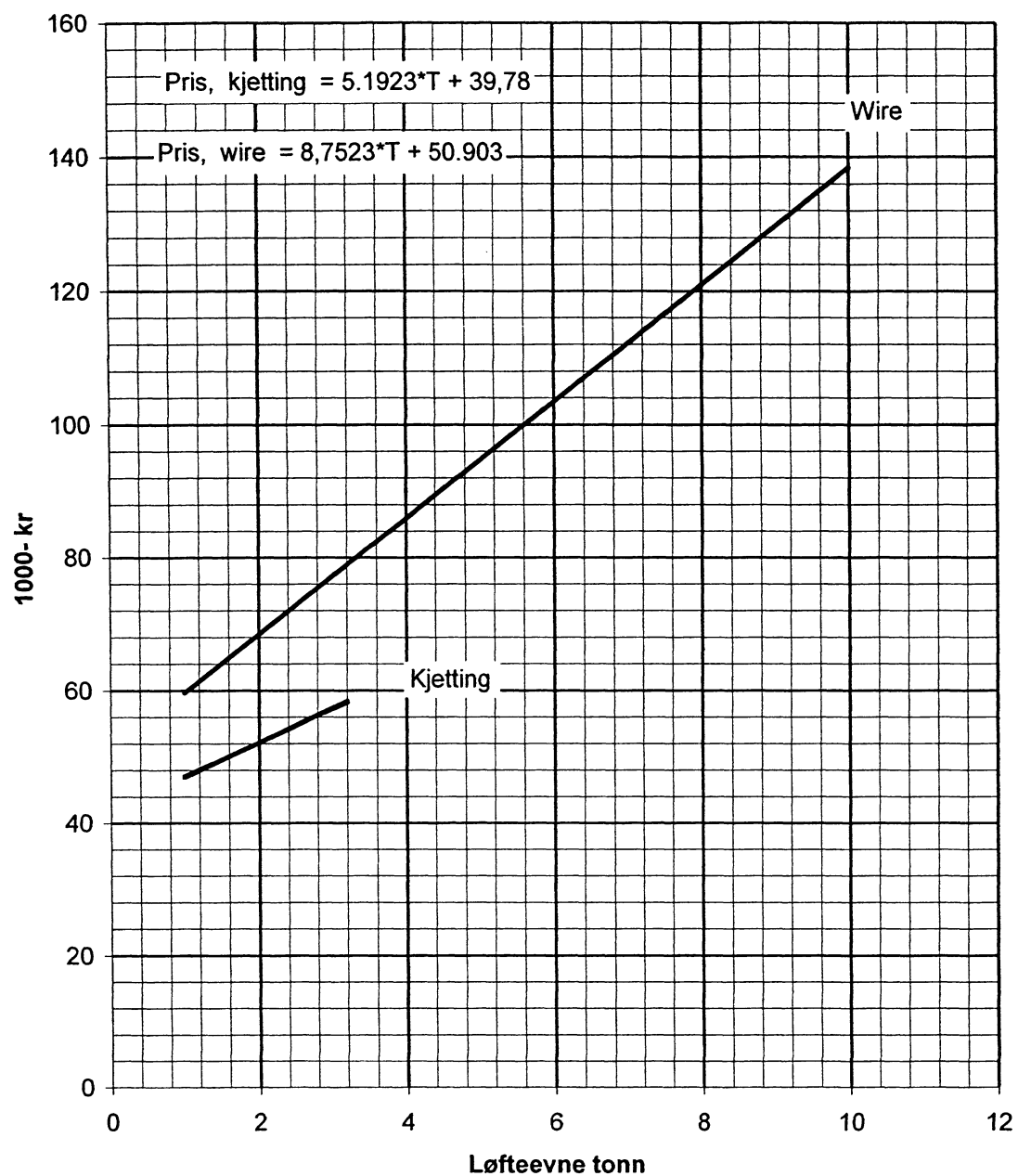
Kranbane: L = 12 m

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.5.1



Kostnader elektrotalje m/el-løpekatt

Prisnivå pr. jan. 2005

Priser gjelder komplett montert

Ant opphengspunkt = 3

Løftehøyde: H = 10 m

Kranbane: L = 10 m



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.5.2

3.7 Rør

Det er utarbeidet priskurver for hver av de mest aktuelle rørtypene.

- GRP
- Spiralsveiste stålrør
- Duktile støpejernsrør
- Spennarmerte betongrør
- Trerør
- PE

Priskurvene angir prisen pr. meter rør, hvor montasjekostnadene er oppgitt i andel av rørkostnaden. For noen rørtypen inngår ikke montasjekostnader i priskurvene. Som et overslag kan da 20-30 % av rør kostnadene benyttes som montasjekostnader.

Montasjekostnadene vil kunne variere mye p.g.a. terreng forhold og transport langs rørgaten.

Oppgitte priskurver er basert på rørgater med minimum 150 meters lengde. Enhetsprisene endres ved kortere og lengre rørgater.

Prisene på de forskjellige rørtypene kan variere mye mellom forskjellige leverandører.

Oppgitte trykkklasser og dimensjoner for de enkelte rørtypene er ikke alltid tillatt brukt i alle vannkraftverk, avhengig av trykk/diameter forholdet og hvilken bruddkonsekvens klasse de aktuelle kraftverket er klassifisert i. Retningslinjene for når man kan bruke de enkelte rørtypene er under utarbeidelse hos NVE.

For stålrør med mindre diameter enn 400 mm vil det kunne være lønnsomt å benytte rustfritt stål. Dette fordi vedlikehold er vanskelig og dyrt for små dimensjoner.

For nedgraving er alle rørtypen aktuelle, unntatt trerør som kun brukes i frittliggende rørgater.

For frittliggende rørgater er alle rørtypen aktuelle, unntatt spennarmerte betongrør som kun brukes i nedgravde rørgater.

3.7.1 PE rør

Trykk klasser og dimensjoner

PE rør lagerføres vanligvis i følgende trykklasser og dimensjoner:

Trykkklasse	Lever i dimensjon [mm]
PN 4, PN6, PN10, PN16	fra Ø 110 – Ø 630
PN25	fra Ø 110 – Ø 315
på bestilling PN4	Opp til Ø 1200

PE rør er oppgitt i ytre diameter ved bestilling, slik at for å få innvendig diameter må godstykkelsen trekkes fra. Godstykkelsen kan variere mellom 4 – 60 mm avhengig av trykkklasse og rørdiameter.

I kostnadsoverslaget er innvendig brukt som parameter.

Egenskaper

Gode:

- Materialet tåler røff behandling ute på anlegget, spesielt i kulde, legges i helsveiste rørstrekk med 100% sikkerhet når det gjelder tetthet, trenger ikke overflatebehandling, lang levetid, lite problemer med på ising.

Dårlige:

- Lav styrke og stivhet i materialet, ved sveising oppstår det ofte en innvendig kant i røret ved hver rørsjøt som gir økt falltap i rørgata.

3.7.2 GRP rør

Glassfiberarmert umettet polyester

Trykklasser og dimensjoner

GRP rør leveres vanligvis i følgende trykklasser og dimensjoner:

Trykkklasse	Lever i dimensjon [mm]
PN 6 og PN 10	fra Ø 300 – Ø 2.000
PN 16	fra Ø 300 – Ø 1.600
PN 25 og PN 32	fra Ø 300 – Ø 1.400

Egenskaper:

Gode:

- Lav vekt, lite problemer med påising, egner seg godt for nedgraving, lite eller ingen vedlikehold, trenger ingen tilleggs overflatebehandling, lavt falltap, kjemikaliebestandig, lang levetid.

Dårlige:

- Krever god fundamentering og forankring for å unngå problemer med skjøten mellom rørene, tåler lite slag, kan lett ødelegges ved at stein raser ut og treffer rørgaten etc.

3.7.3 Spiralsveiste stålrør

Trykklasser og dimensjoner.

Spiralsveiste eller langsømsveiste stålrør leveres typisk i dimensjoner fra Ø 200 – Ø 1.400 mm, mens langsømsveiste rør brukes for diameter under Ø 500/600 mm. Rør etter DIN 2458/1626 standard prøvetrykkes til 50 bar = 500 m vannsøyle. Ved valg av godstykkelse skal det legges til rusttillegg på hver side av røret.

Egenskaper

Gode:

- Stor styrke, krever mindre forankring enn GRP rør.

Dårlige:

- Krever vedlikehold (overflatebehandling), høy vekt, sveiste skjøter krever mye arbeid, særlig ved store veggtykkelser.

3.7.4 Sømløse stålrør

Sømløse stålrør er ikke tatt med i denne prisoversikten p.g.a denne rørtypen nesten ikke er brukt i rørgater til vannkraftanlegg, årsaken til at den brukes lite er høy pris, ca 5 ganger dyrere enn spiralsveiste stålrør.

3.7.5 Duktile støpejernsrør

Dimensjoner og trykklasser

Leveres i diameter opp til Ø1.800 mm, og for et trykk opp til ca 600 m, standard rørlengde 8 meter.

Egenskaper

Gode:

- Lave monteringskostnader og høy korrosjonsbestandighet ved nedgraving, enkle og gode skjøter.

Dårlige:

- Høy vekt.

3.7.6 Spennarmerte betongrør

Dimensjoner og trykklasser

Spennarmerte betongrør leveres i diameter fra Ø 500 – Ø 2.000 mm, kan brukes opp til et innvendig overtrykk på 200 m, men ikke tillatt brukt i frittliggende rørgater. Leveres i standard rørlengder på 5 meter.

Egenskaper

Gode:

- Lang levetid , enkel montering, trenger ingen tilleggs overflatebehandling.

Dårlige:

- Høy vekt, leveres i korte lengder.

3.7.7 Trerør

Dimensjoner og trykklasser

Trerørene bygges/leveres i diameter fra Ø 500 – ca. Ø 3.000 mm, med et maksimalt trykk på 55 m. Design for trerør finnes opp til 4.000 mm.

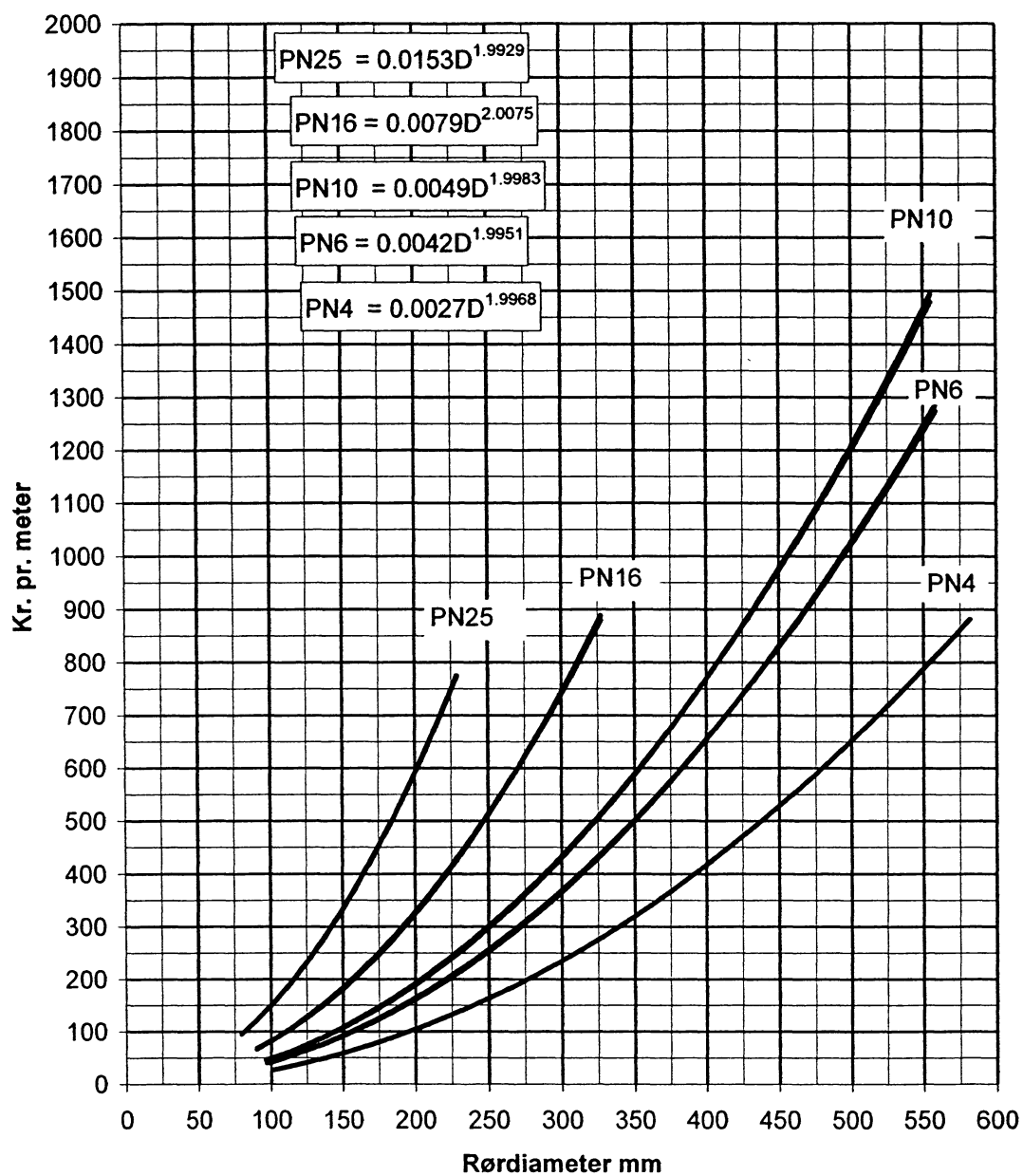
Egenskaper

Gode

- Leveres i store dimensjoner, lav vekt, ingen skjøter.

Dårlige

- Krever mye fundamentering, tåler begrenset trykk.



Kostnader PE rør

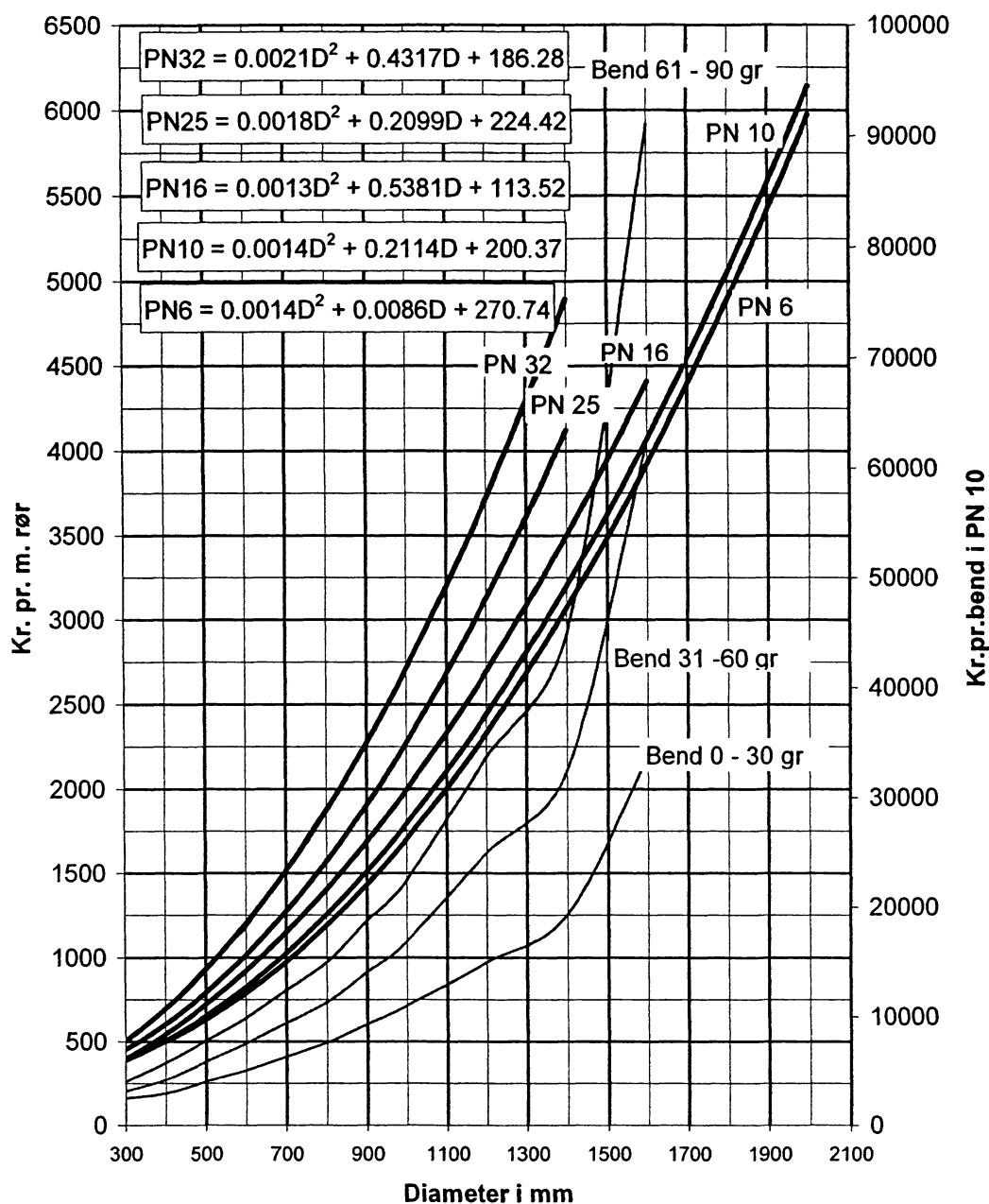
Priser på PE rør ved en leveranse på 150 m
 Montering er ikke inkludert
 Tillegg for montasje ca 20% av rørprisen

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vannregulering- og
energidirektorat

FIG 3.7.1



Kostnader GRP-rør

Prisene gjelder fritt levert anlegg

Priser gjelder for en leveranse på 150 m inkl. rekamuffe

Pris for bend inkluderer en rekamuffe

Montasje er ikke inkludert

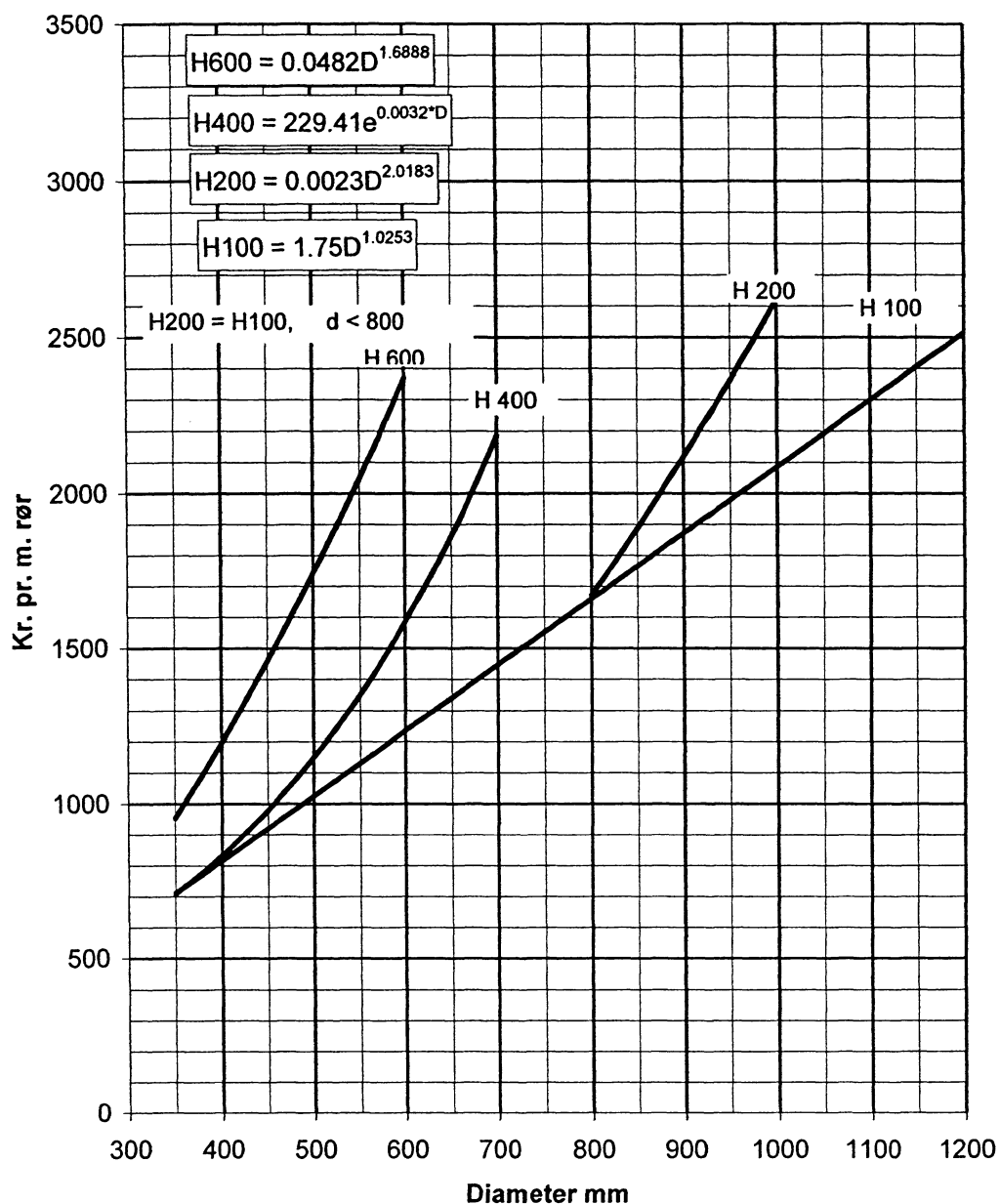
Tillegg for montasje: 20-30 % av rørprisen

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vann- og
energidirektorat

FIG 3.7.2



Kostnader spiralsveiste stålrør

Prisnivå pr. jan. 2005

Pris gjelder leveranse fra fabrikk inkl. overflatebehandling,

Materiale St 37,0 W.

Montasjekostnader er ikke inkl. i priskurvene

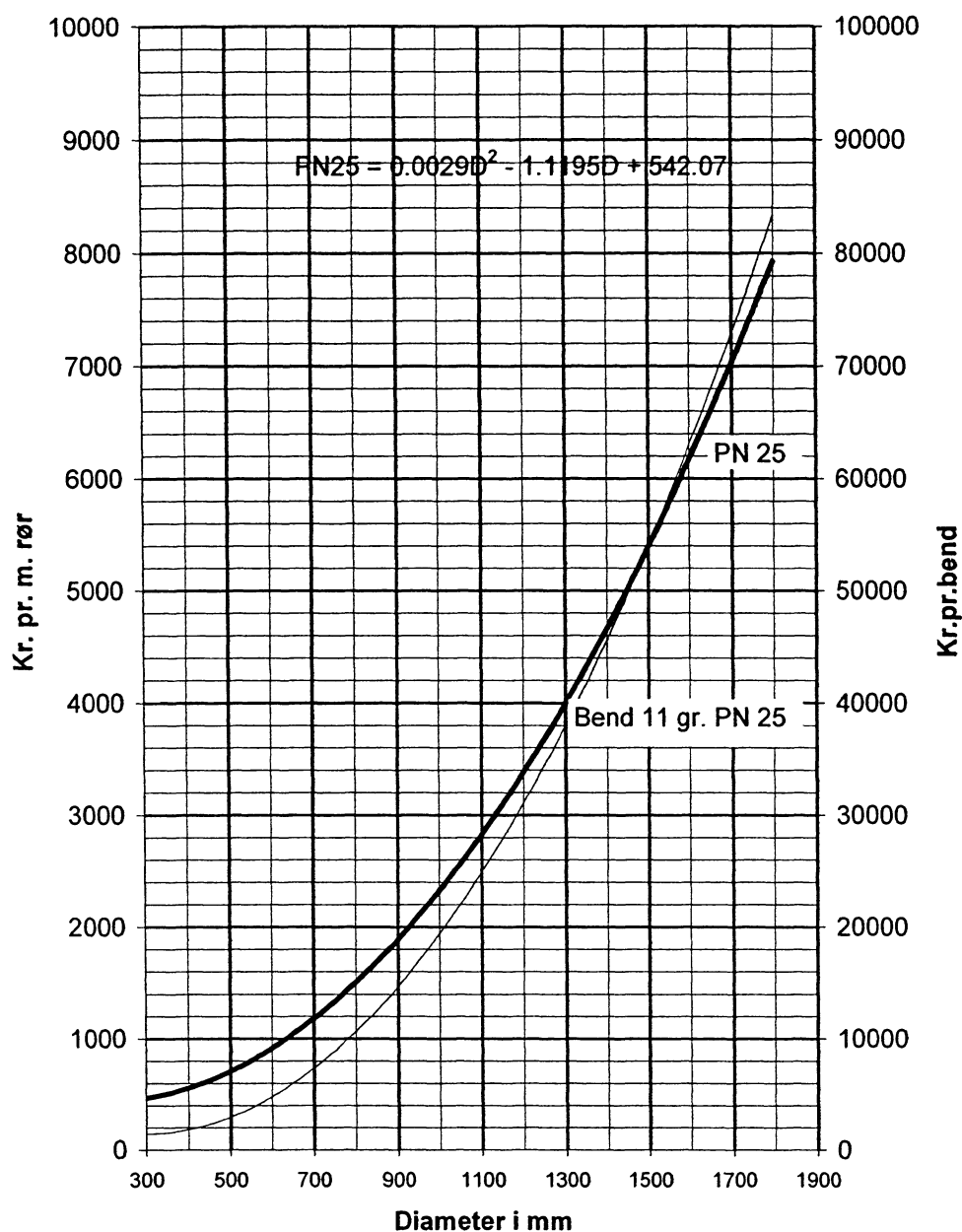
Tillegg for montering ca 25% av rørprisen.

Prisene er basert på leveranse av ca. 500 m rør.



Norges
vannkraft- og
energiregulator

FIG 3.7.3



Kostnader duktile støpejernsrør

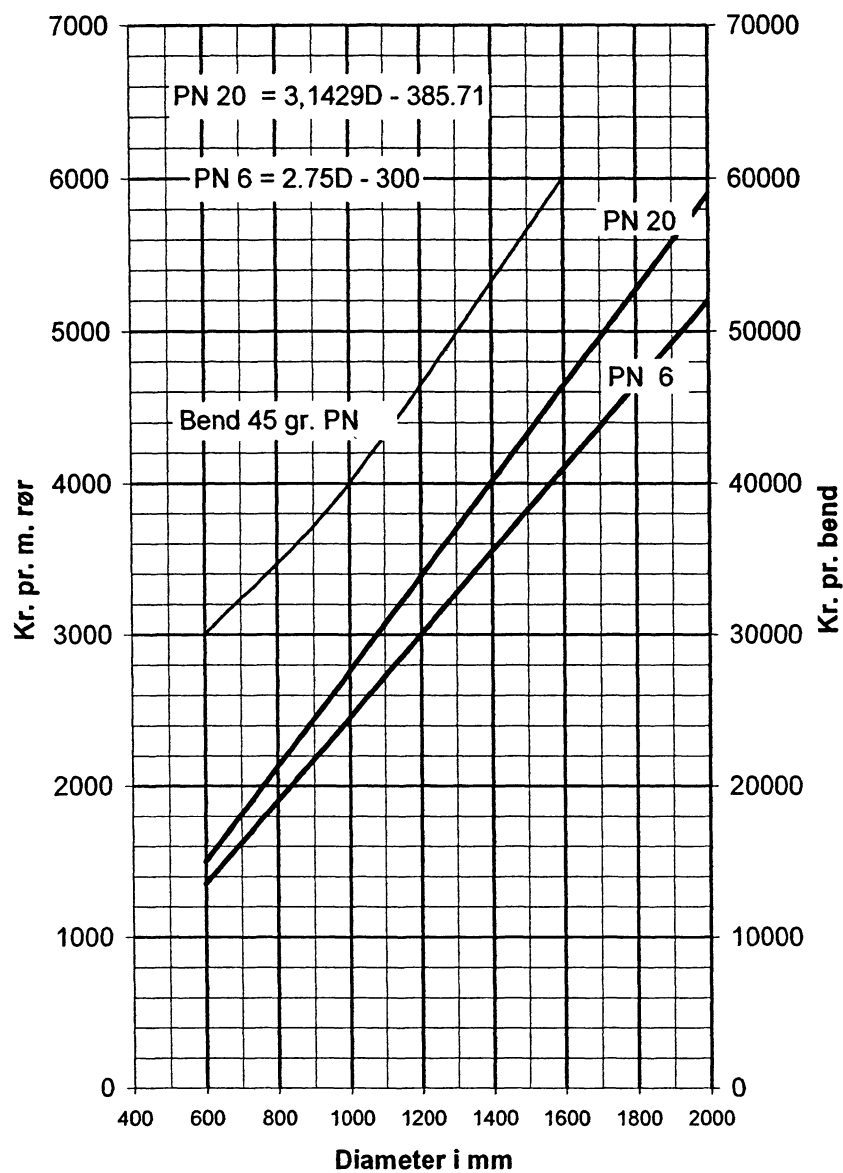
Nødvendige muffepakninger er inkludert
 Oppgitte priser rør/bend gjelder fra leverandør
 Transport og montasje er ikke inkludert
 Montasjekostnadene utgjør normalt 20 - 30 % av rørprisen

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vann- og
energidirektorat

FIG 3.7.4



Kostnader spennarmerte betongrør

Prisnivå pr. jan. 2005

Nødvendige muffepakninger er inkludert

Oppgitte priser rør/bend gjelder fra leverandør

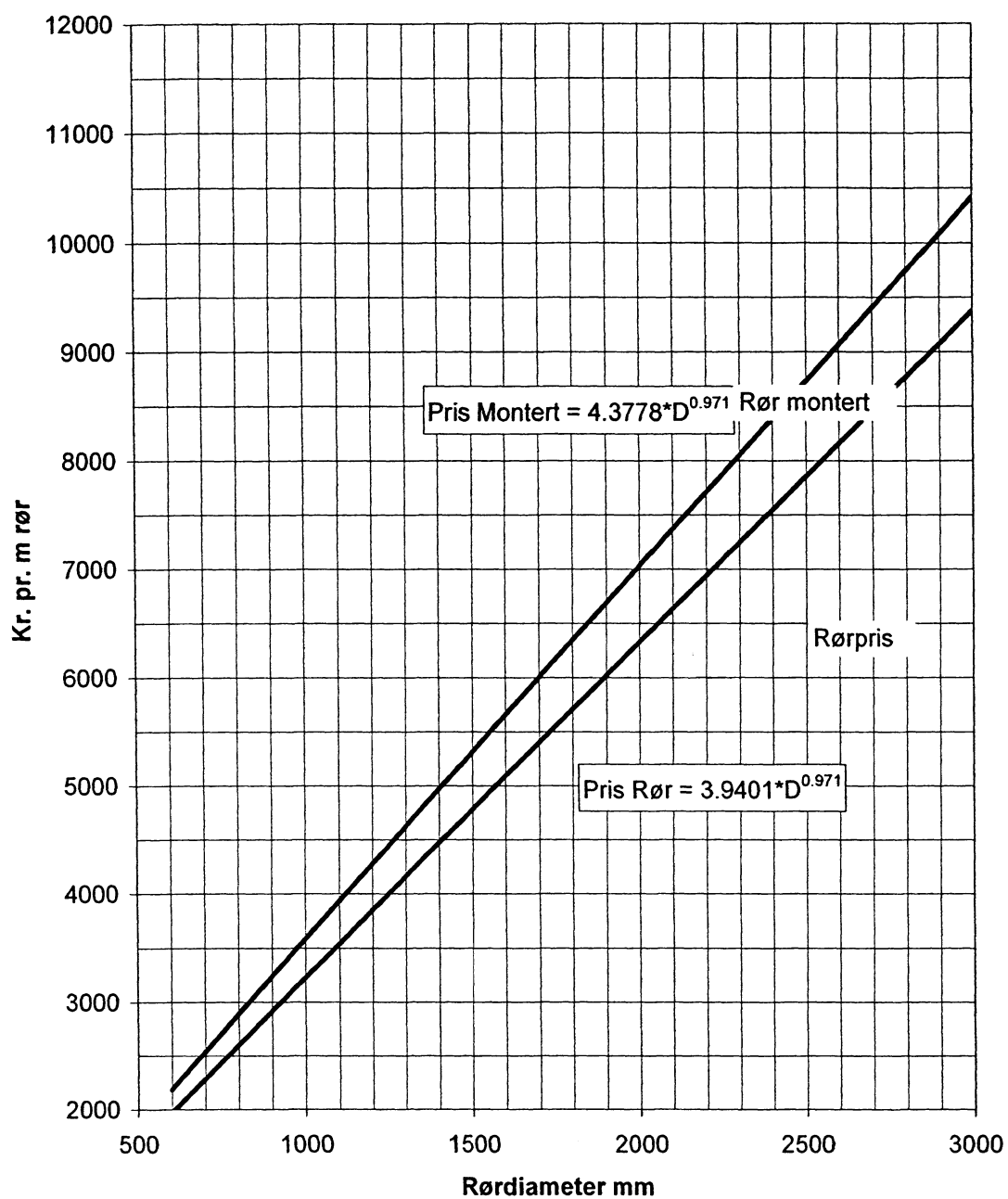
Transport og montasje er ikke inkludert

Montasjekostnadene utgjør normalt 20 - 30 % av rørprisen



Norges
vann- og
energidirektorat

FIG 3.7.5



Kostnader trerør

Prisnivå pr. jan. 2005

Maks. tillatt trykk: 22 m inkl. 10% trykkstøt



Norges
vannregulering- og
energidirektorat

FIG 3.7.6

4 ELEKTROTEKNISKE ARBEIDER

4.1 Generelt

Prisgrunnlaget gir oversikt over elektrotekniske installasjoner i kraftstasjoner, og gjenspeiler prisnivået med normalt leveringsomfang og utstyr. De vedlagte priskurvene reflekterer elektro-utstyr for aggregat større enn 500 kW. For aggregat mindre enn 500 kW inngår som regel det elektrotekniske utstyret som del av turbinleveransen, og er prismessig inkludert i priskurvene for turbin.

For småkraftverk er det viktig at det elektrotekniske utstyret skal være enklest mulig, men allikevel funksjonelt og pålitelig. Prisgrunnlaget forutsetter kontrollanlegg basert på hvilestrømsprinsippet, og asynkrongenerator for aggregat mindre enn 1.000 kW. Videre forutsettes at kraftstasjonen skal levere strøm ut på 22 kV distribusjonsnett.

Prisgrunnlaget er i hovedsak basert på innhentede priser fra nylig gjennomførte prosjekt i Norge. Det har også i forskjellige sammenhenger vært innhentet budsjettpriser fra forskjellige leverandører, men disse viser seg å sprike så mye at vi har valgt å ikke bruke dem i utarbeidelsen av prisgrunnlaget. Noe av forklaringen på sprik i kostnader kan være at noen leverandører ønsker å ta høyde for mulige tillegg og derfor foreslår en noe for dyr løsning, mens andre priser løsninger som kanskje ikke er komplette og derfor framstår som for billig. Dessverre viser det seg også at kvaliteten på enkelte "pakkeløsninger" langt fra er god nok.

Markedet er preget av stor aktivitet både innenlands og utenlands samtidig som antallet leverandører er forholdsvis stort. Dette medfører fortsatt prispress og hard konkurranse om de prosjektene som presenteres. Som en følge av dette er prisnivået omtrent på samme nivå som forrige undersøkelse fra 2000. I tillegg har nok leverandørene valgt å i enda større grad enn tidligere å presentere teknisk enklere og standardiserte løsninger.

Erfaringsmessig vet man at det også presenteres løsninger på markedet som ikke tilfredsstiller de kvalitetsmessige krav som må kunne stilles til anlegg som skal ha en forventet teknisk og økonomisk levetid på flere tiår. Referanser fra tidligere leverte anlegg bør sjekkes før leverandør velges.

Følgende hovedkomponenter presenteres:

- Generatorer
- Kontrollanlegg inkl. hjelpeforsyning
- Koplingsanlegg (apparat-anlegg)
- Kraftledning

4.2 Generatorer

Omfang

Prisgrunnlaget gjelder luftkjølte generatorer med ytelser i området 500-10000 kVA. Aggregat med ytelse mindre enn 500 kVA selges som regel bestandig som del av en pakke sammen med turbin og annet utstyr.

Langt de fleste installasjoner i anlegg av denne størrelse benytter horisontale maskiner. I prisgrunnlaget er det forutsatt en opplagring som kan bære turbinen på fri aksel. Likeledes er det forutsatt naturlig svingmasse, og uten svinghjul. Prisene er videre basert på maskiner med turtall fra 1500-375 o/min (synkront turtall). Saktegående generatorer er i liten grad standardisert og blir derfor blir derfor noe dyrere.

Aggregater med turtall 333 o/min og lavere er ikke omfattet av prisundersøkelsen. Det vil i slike tilfeller ofte være lønnsomt å vurdere gir mellom turbin og generator for å øke turtallet på generatoren.

Ventilasjon

Kraftstasjonens ventilasjonssystem må være dimensjonert for å fjerne tapsvarmen fra generatoren, som typisk utgjør 2-3% av nominell effekt. Vinterstid kan noe av denne varmen utnyttes som maskinsaloppvarming. Ventilasjonsåpninger for innluft bør være utstyrt med hensiktsmessig luftfilter.

Prisnivå

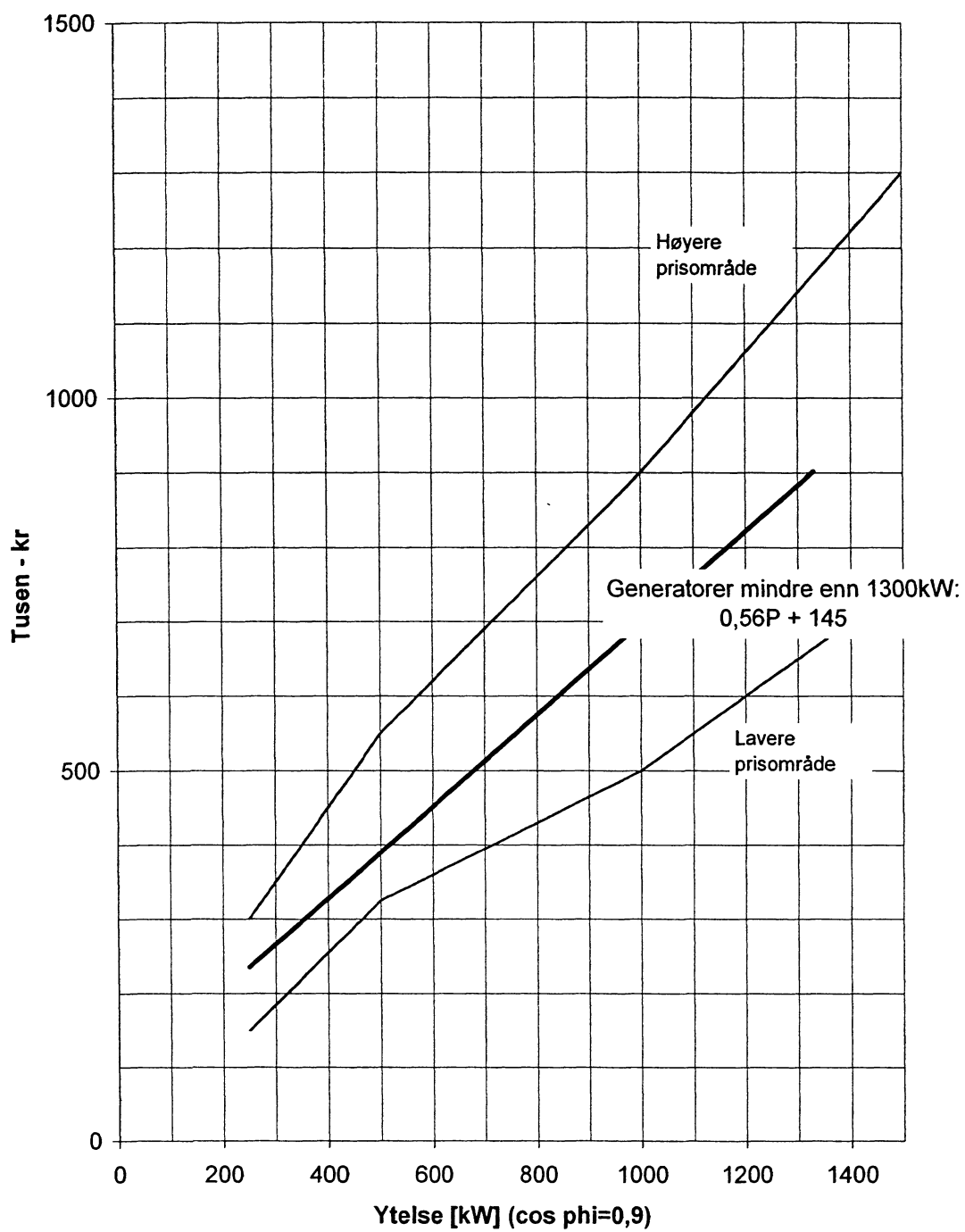
Prisene er basert på innhentede opplysninger om gjennomførte prosjekt og på tilbud fra aktuelle produsenter og leverandører i Norge.

I det følgende angis påregnelige prisavvik for diverse aktuelle endringer/tillegg ut over det omfanget som er skissert som utgangspunkt for de oppgitte priser:

- Tillegg for vertikal oppstilling: +10 %
- Fradrag for asynkrongenerator: -5 %
(lite aktuelt for generatorer større enn ca. 1000 kW)

Generatorspenningen for maskiner med ytelse mindre enn 1500 kVA er gjerne 400 V. Over 2500 kVA er det gjerne høyspenne, mens det for mellomområdet brukes 690 V.

Spenningsregulator leveres som standard komponent som en del av generatoren.



Kostnader generator <1300kW

Generatorspenning som er typisk for ytelse

Opplagring: Turbin på fri akse

Svingmasse: Normal uten svinghjul

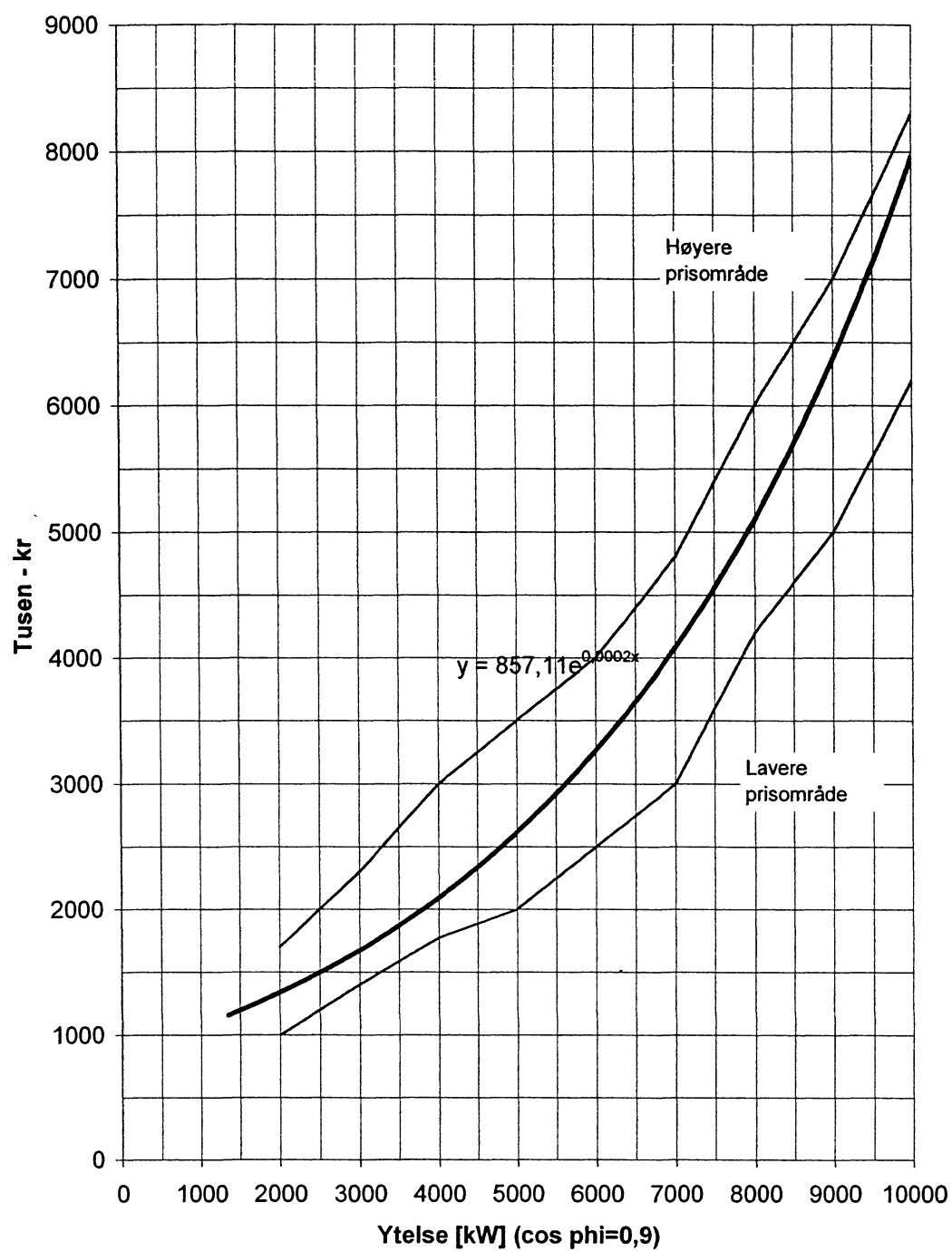
Oppstilling: Horisontalt aggregat



Norges
vannkraft- og
energidirektorat

Prisnivå pr. jan. 2005

FIG 4.2.1a



Kostnader generator 1300kW - 10000kW

Prisnivå pr. jan. 2005

Generatorspenning som er typisk for ytelse

Opplagring: Turbin på fri akse

Svingmasse: Normal uten svinghjul

Oppstilling: Horisontalt aggregat



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 4.2.1b

4.3 Transformatorer

Krafttransformatorer

Prisundersøkelsen omfatter transformatorer for levering av kraft inn på 22 kV distribusjonsnett.

Transformatorer fra 1600 kVA og nedover i størrelse er vanligvis standard oljefylte distribusjonstransformatorer. I mange tilfeller er det også blitt vanligere å benytte tørrisolerte transformatorer for disse ytelsene selv om disse er 0-5% dyrere. Større transformatorer er ikke standardiserte på samme måte og koster derfor forholdsvis mer.

Det vanlige er at transformatorspenningen kan vanligvis justeres i fem trinn ved hjelp av en trinnsplater som er laget for kopling i spenningsløs tilstand. Lastkopplere som kan justere spenningen under drift er svært kostbare og uaktuelle for denne typen anlegg.

Kjøling

De fleste transformatorer for kraftstasjoner i denne klassen (småkraftverk) vil kunne oppstilles i friluft eller i godt ventilerte rom, og er naturlig luftkjølte.

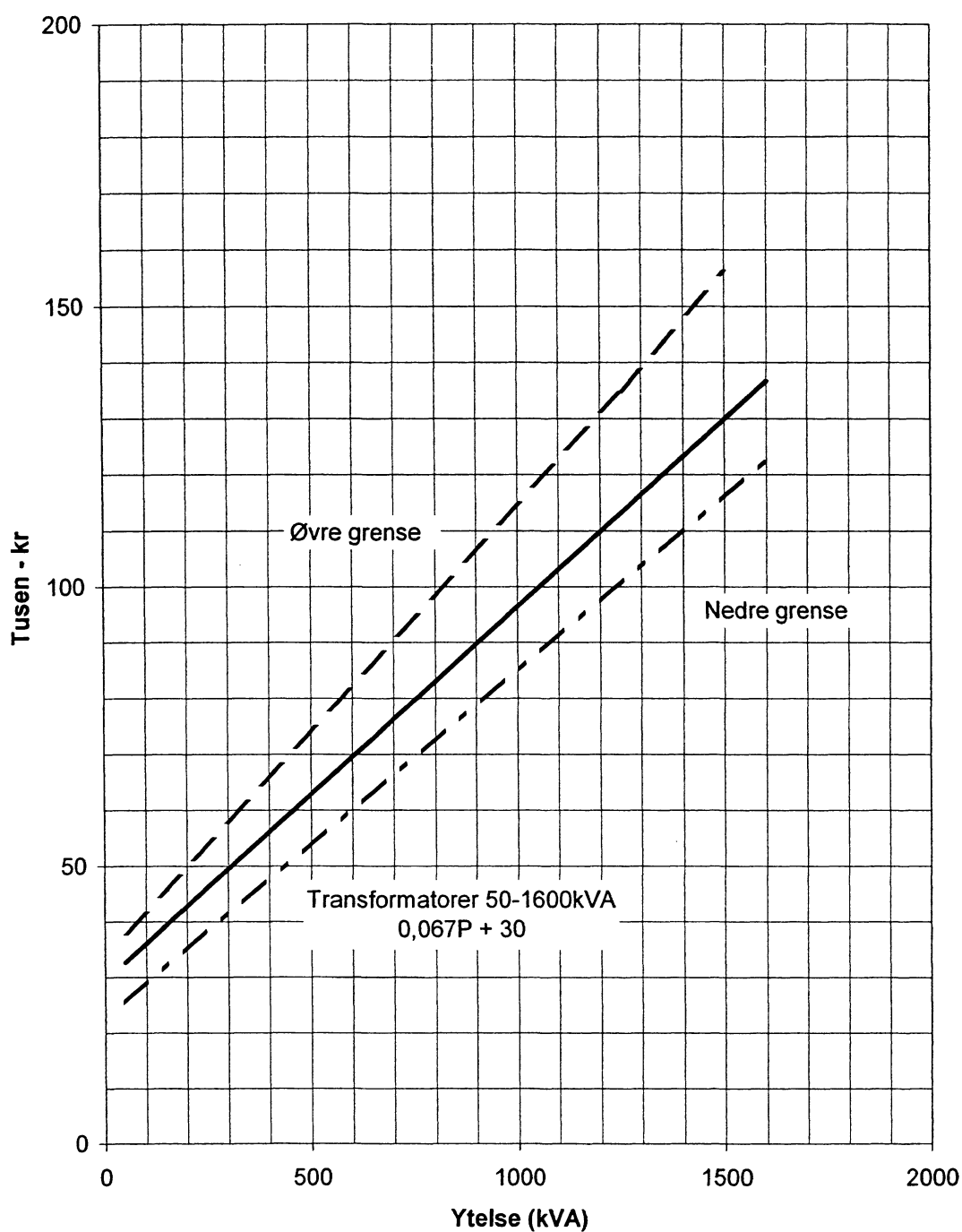
Prisnivå

Prisene er basert på gjennomførte prosjekt og innhentede tilbud for aktuelle prosjekt.

Det er ikke påkrevd med komplisert kontrollutrustning for transformator til småkraftverk. Som regel er det tilstrekkelig med temperaturvakt for beskyttelse mot overbelastning, og for de aller største kan det også være aktuelt med gassvakt.

Stasjonstransformatorer

Kraftstasjoner med generatorspenning større enn 400 V må ha egen stasjonstransformator for forsyning av hjelpestrøm til anlegget. Dette er små transformatorer, ofte tørrisolerte, kun beregnet å forsyne pumpemotorer, viftemotorer, batteriladere og annet hjelpeutstyr. Typiske priser for stasjonstransformatorer er ca. 15 000,- til 30 000,- kr for ytelser mellom 25 og 50 kVA.



Kostnader for krafttransformator < 1600kVA

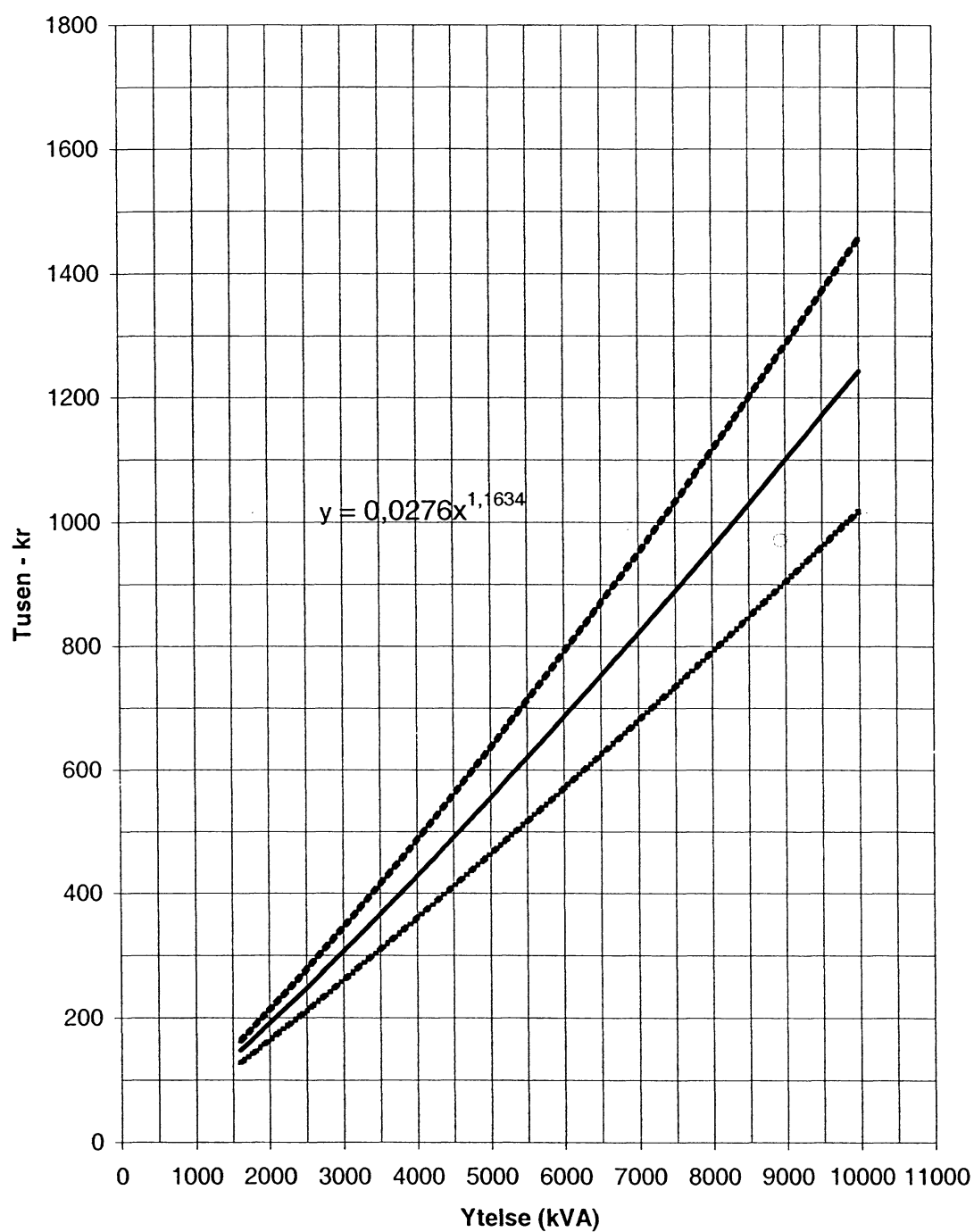
Prisnivå pr.jan. 2005

Lavspenningsside tilpasset generatorspenning



Norges
vasskraft- og
energiinspektatør

FIG 4.3.1a



Kostnader for krafttransformator 1.6MV - 10MVA

Prisnivå pr.jan. 2005

Lavspenningsside tilpasset generatorspenning



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 4.3.1b

4.4 Kontrollanlegg

Kontrollanlegg består normalt av:

- Aggregatkontroll
- Generatorvern
- Øvrig vern for koplingsanlegg og evt. for krafttransformator
- Kontrollfunksjoner for koplingsanlegg
- Vannstandsregulering
- Fjernkontroll (SCADA)
- Batteri med ladelikeretter

De minste og mellomstore anleggene er vanligvis ikke beregnet å kunne forsyne på eget lokalt nett, såkalt øydrift. Det er derfor vanlig å bruke pådragsstyring. Netteier kan kreve at større anlegg skal kunne forsyne lokalt nett, f.eks. ved feil på overliggende nett. Dette innebærer turtallsregulering som er en noe mer kostbar løsning. Både pådragsstyring og turtallsstyring kan integreres i aggregatkontrollen, men er ofte levert som separate enheter for større aggregat.

Aggregatkontroll omfatter start- og stoppfunksjonene til aggregatet og dets hjelpefunksjoner. Som regel er utstyr for automatisk synkronisering og vannstandsregulering integrert i kontrollanlegget. Driften av kraftverket bør være mest mulig automatisert. Det er type vassdrag og driftsfilosofi som bestemmer omfanget av automatikk.

For de fleste småkraftverk kanskje med unntak av de aller minste, vil det være aktuelt med fjernkontroll. Dette kan leveres som enkle systemer velegnet for små anlegg, kun beregnet på overføre et fåtall signaler over vanlig telefonlinje eller annet samband. Kraftverk som leverer kraft inn på samkjøringsnettet er pålagt å ha timeregistrerende kWh-teller som skal kunne fjernavleses av netteier.

Generatorvernet inneholder minimum:

- Overstrøms-/kortslutningsvern
- Retureffektvern
- Jordfeilvern

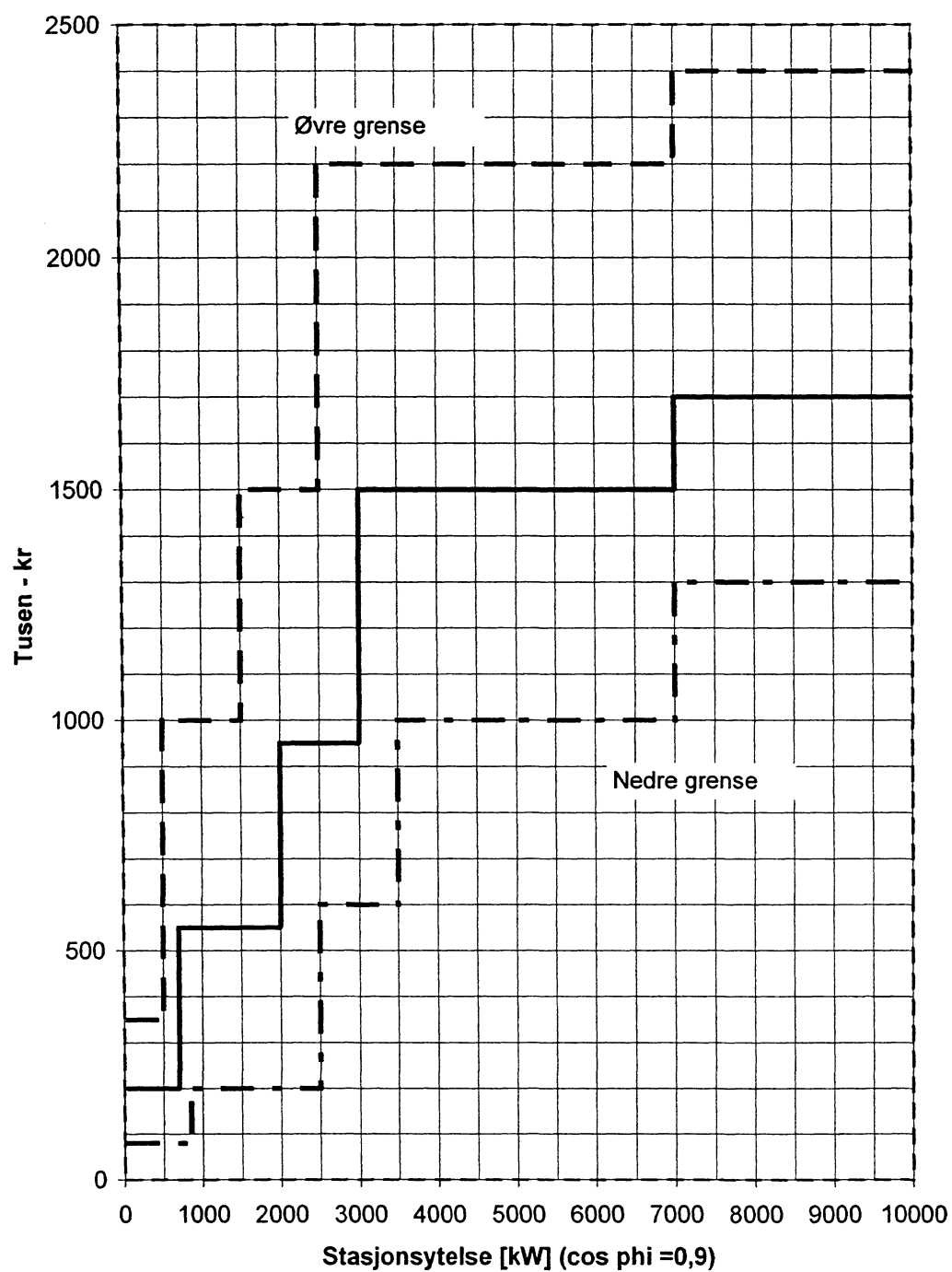
og eventuelt:

- Over-/Underspenningsvern (kun for synkronmaskiner)
- Differensialvern (vanlig på maskiner større enn ca. 2000 kVA)
- osv.

Øvrig vern kan bestå av:

- Overstrøms-/Kortslutningsvern for utgående linjer
- Jordfeilvern for utgående linjer
- osv.

Prisgrunnlaget har vært begrenset, da kontroll- og koplingsanlegg ofte blir levert som en pakke fra leverandør. Priskurven indikerer at det må forventes store sprik i prisene avhengig av kvalitet og kompleksitet. Kontrollanleggets funksjon og utrustning står ikke nødvendigvis i forhold til aggregatets størrelse, men bestemmes av grad av instrumentering, automatiseringsgrad, type fjernkontroll m.m.



Kostnader kontrollanlegg

Følgende utstyr er inkludert:

- Aggregatkontroll
- Generatorvern
- Batterianlegg m/likeretter

Prisnivå pr. jan. 2005



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 4.4.1

4.5 Koplingsanlegg

Koplingsanlegg for kraftstasjoner under 10.000 kVA er vanligvis enkle.

Prisene er basert på nylig leverte anlegg, tilbudte anlegg samt budsjettpriser fra leverandører av aktuelt utstyr. I det følgende er det gitt grafiske oversikter over prisnivået for koplingsanlegg for anlegg med ett aggregat. Priser for anlegg med to eller flere aggregat er ikke beregnet, men man kan stort sett anta at prisen nesten dobles for et kraftverk med to aggregat.

Det er forutsatt at leveransen avsluttes på stasjonsvegg, dvs. inklusive høyspentbrytere men eksklusive kabelforbindelser til høyspent kraftledning.

Netteier vil kreve tilknytningsavgift som skal dekke deres investeringskostnader. De vil stå som eier av høyspentanlegget og ha drifts- og vedlikeholdsansvar for dette, dersom ikke utbygger kan tilfredsstille offentlige krav. Denne kostnaden bør innkalkuleres i totalkostnaden for kraftverket.

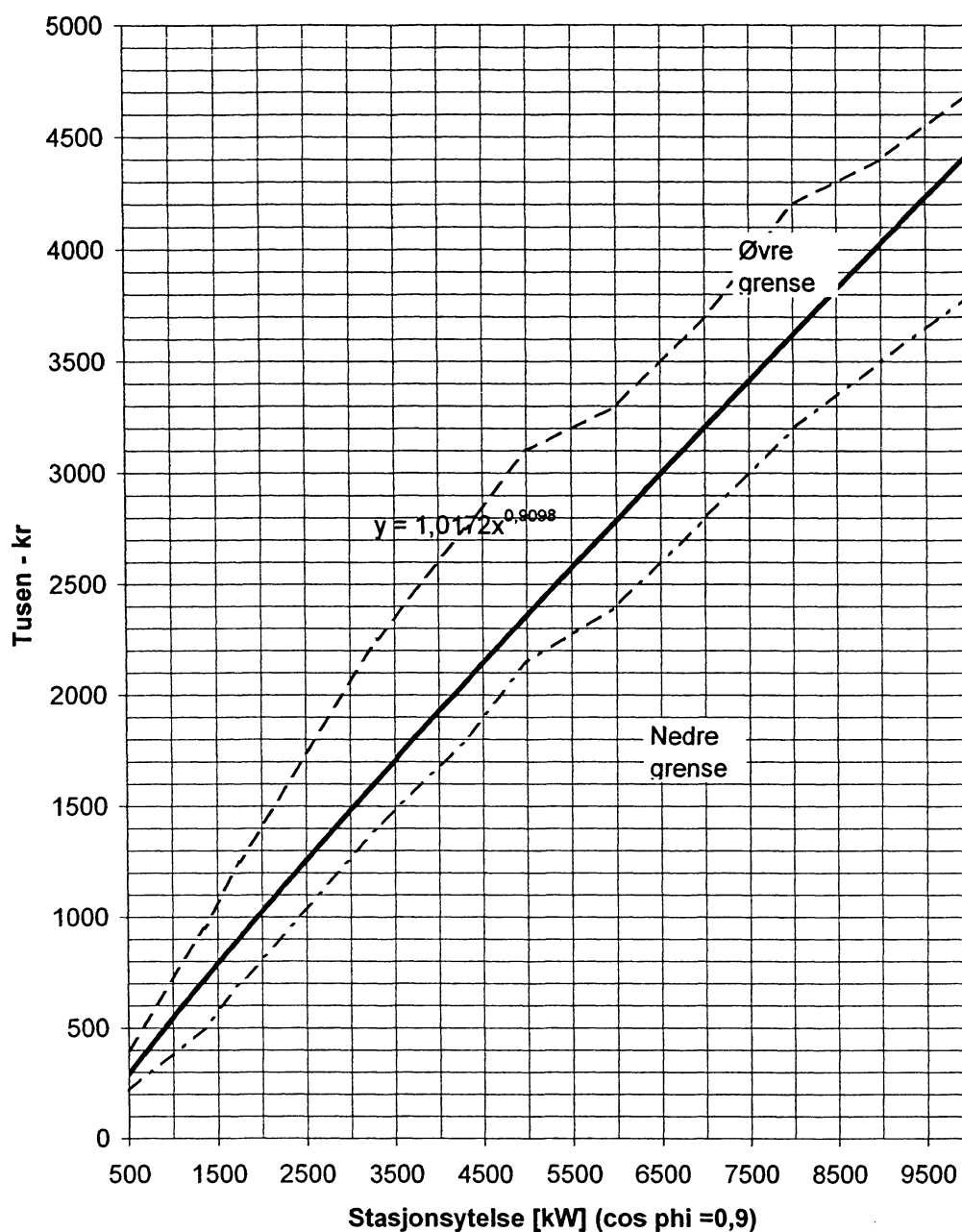
Kondensatorbatteri

Netteier kan kreve at det installeres kondensatorbatteri for fasekompensering på kraftverk med asynkronmaskiner. Dette kan i så fall redusere noe av prisfordelen som asynkronanlegg har kontra synkronanlegg.

4.6 Kraftledning

Av de første ting som må undersøkes når kraftverk planlegges, er hvordan kraften skal kunne overføres inn på det lokale eller regionale elektrisitetsnettet. Et lovende prosjekt kan fort vise seg å være ulønnsomt dersom det betinger bygging av en forholdsvis lang, ny kraftledning eller dersom en eksisterende kraftledning må opprustes.

Priser på kraftledninger (utført både som kabelanlegg og som luftledning) varierer sterkt avhengig av terreng- og klimaforholdene. Det er derfor viktig å innhente råd og prisoverslag fra en linjeentreprenør, konsulent eller den lokale netteieren på et tidlig stadium i forundersøkelsen.



For anlegg mindre enn 500kW inngår som regel koplingsanlegg som del av turbinleveransen.

Kostnader Koplingsanlegg

Følgende utstyr er inkludert:

- Generatorbryter
- Evt. høyspentbryter(-e)
- Evt. stasjonstransformator



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Prisnivå pr.jan. 2005

FIG 4.5.1

5 MIKRO- OG MINIAGGREGATER INNTIL 500 KW

5.1 Generelt

5.1.1 Leveranseomfang

Leveranser av elektromekaniske arbeider omfatter generelt utstyr komplett montert, hvor annet ikke er oppgitt i kommentaren til hver enkelt priskurve.

Leveransen omfatter derimot ikke:

- Bygge- og anleggsmessige arbeider
- Transport
- Reservedeler
- Merverdiavgift
- Byggherreutgifter
- Uforutsett

5.1.2 Prisgrunnlag

Prisene er basert på anlegg bygget de siste fem årene, samt på generell priserfaring omfattende også eldre anlegg.

Siden den siste oppdateringen av Kostnadsgrunnlaget i januar 2000 har det vært generelt lite prisstigning. For turbinprisene ellers har det vært en nedgang i prisene. Dette skyldes dels en presset marked, dels at det brukes mer forenklede løsninger tilpasset til småstasjoner.

Spesielt for mikro turbiner mindre enn 5 kW har en ekstremt høye priser som ikke i tilstrekkelig grad er tatt med i kurvene for turbiner fra 0 til 500 kW. For turbiner < 5kW er det priser på mer enn 30 000 kr/kW. I dette "hobbysegmentet" varierer kW prisen fra 30 000 til 100 000 kr/kW.

5.2 Mikro- og miniaggregater

Turbinprisene er oppgitt som kr/kW nominell effekt, og som funksjon av maksimal slukeevne og maksimal effektiv fallhøyde.

Det er laget priskurver for hver av de mest vanlige turbintypene på markedet. En kurve for turbiner i effektområde 1 – 500 kW. For turbiner mindre enn 10 kW kan prisene være svære høye. Kurvene er ført lengst ned for Pelton turbiner da det er svært vanlig å bruke flerstrålers vertikale Peltoner for mikroturbiner.

Omdreiningstall inngår ikke i priskurvene for turbiner i effektområdet 1 – 500 kW. Ved lave turtall benyttes det ofte gir for turbiner, og det kan det være overføring med reimdrift

Fallhøydekurvene som er tegnet inn på prisdiagrammene, tilsvarer et vanlig område for småturbiner av henholdsvis Pelton, Francis og Kaplan type. De øverste kurvene representerer på ingen måte noen grense for bruk av en turbin av denne typen.

Det må også sies at oppgitt prisnivå for mikroaggregaterer gjenspeiler hva man kan kalle et normalt prisnivå. Det finnes turbiner på markedet til priser både lavere og høyere enn angitt i priskurvene.

Det er laget priskurver for følgende mikroturbintyper:

- Pelton
- Francis
- Kaplan/rør

Andre turbintyper som er aktuelle er crossflow- og Turgo- turbiner.

Følgende er inkludert i de enkelte kurvene

Turbiner opp til 500 kW

Oppgitt priskurve gjelder for komplett elektromekanisk utrustning, dvs turbin + turbinstyring + innløpsventil (ikke på Kaplan-turbiner) + generator + kontrollanlegg + apparatanlegg + eventuelt transformator.

På anlegg som koples direkte til lavspent nettet (240/400V) trengs det ikke transformator, gjelder anlegg med en ytelse mindre enn ca. 100 kW.

5.2 Mikro- og miniaggater

Turbinprisene er oppgitt som kr/kW nominell effekt, og som funksjon av maksimal slukeevne og maksimal effektiv fallhøyde.

Det er laget priskurver for hver av de mest vanlige turbintypene på markedet. En kurve for turbiner i effektområde 1 – 500 kW. For turbiner mindre enn 10 kW kan prisene være svære høye. Kurvene er ført lengst ned for Pelton turbiner da det er svært vanlig å bruke flerstrålernes vertikale Peltoner for mikroturbiner.

Omdreiningstall inngår ikke i priskurvene for turbiner i effektområdet 1 – 500 kW. Ved lave turtall benyttes det ofte gir for turbiner, og det kan det være overføring med reimdrift

Fallhøydekurvene som er tegnet inn på prisdiagrammene, tilsvarer et vanlig område for småturbiner av henholdsvis Pelton, Francis og Kaplan type. De øverste kurvene representerer på ingen måte noen grense for bruk av en turbin av denne typen.

Det må også sies at oppgitt prisnivå for mikroaggaterer gjenspeiler hva man kan kalle et normalt prisnivå. Det finnes turbiner på markedet til priser både lavere og høyere enn angitt i priskurvene.

Det er laget priskurver for følgende mikroturbintyper:

- Pelton
- Francis
- Kaplan/rør

Andre turbintyper som er aktuelle er crossflow- og Turgo- turbiner.

Følgende er inkludert i de enkelte kurvene

Turbiner opp til 500 kW

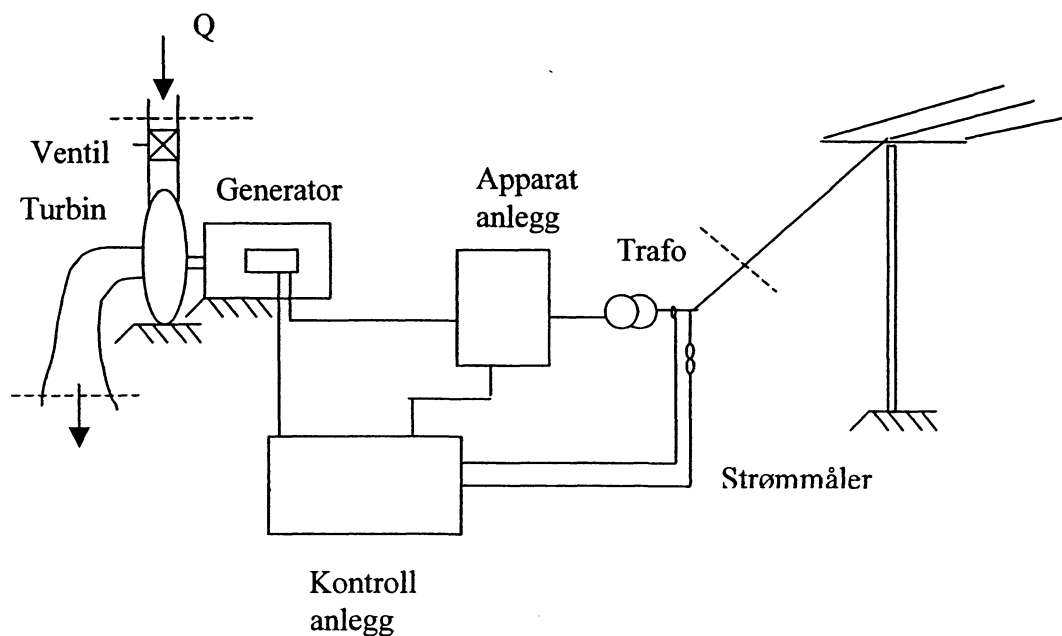
Oppgitt priskurve gjelder for komplett elektromekanisk utrustning, dvs turbin + turbinstyring + innløpsventil (ikke på Kaplan-turbiner) + generator + kontrollanlegg + apparatanlegg + eventuelt transformator.

På anlegg som koples direkte til lavspennet nettet (240/400V) trengs det ikke transformator, gjelder anlegg med en ytelse mindre enn ca. 100 kW.

Generelle tips ved valg av mikroaggregatleverandør

- Følgende punkter i tillegg til prisen bør vurderes ved valg av leverandør:
- Referanser. Ta kontakt med andre utbyggere som har brukt den samme leverandøren.
- Automatiseringen av stasjonen. Viktig mht hvor mye arbeid som kreves til daglig drift.
- Reguleringsområde til turbinen. Viktig mht å utnytte mest mulig av vannføringen.
- Virkningsgrad. Vær kritisk til oppgitte virkningsgrader som mangler pålitelig dokumentasjon.
- Er alt med i leveransen(prisen). Sjekk om alt nødvendig utstyr/arbeid er medregnet i oppgitt pristilbud.

Prinsippskisse:



5.2.1 Pelton-turbiner

Bruksområde

Pelton-turbiner benyttes ved store fallhøyder. For mindre installasjoner kan det være aktuelt å bruke Pelton-turbiner også for relativt små fallhøyder. Området for bruk av Pelton-turbiner overlapper området for Francis-turbiner. For de aller laveste vannføringene og effektene brukes gjerne Pelton turbiner med 1 til 5 dyser

Det store reguleringsområdet kan ofte være grunnen til å velge en Pelton turbin fordi det er mulig å klare store variasjoner i vannføringen med kun ett aggregat.

De små Pelton-aggregatene har som regel ikke en tradisjonell ringledning, og de står ofte vertikalt oppstilt. De er ofte utsyrt med en nåleventil og har kuleventil i resterende dyser. Miniturbinene kan ha plashjul når trykket er lavere enn 100 m.

5.2.2 Francis-turbiner

Bruksområde

Francis-turbinen er den mest brukte turbintypen i Norge, med et utstrakt bruksområde mellom Pelton og Kaplan-turbinen. Francis aggregatet brukes som regel ikke for de aller minste ytelsene, da Pelton aggregatet med flere dyser er mer anvendelig. Dersom fallhøyden er lav < 50 m kan Francis aggregater være bedre egnet enn en Pelton.

5.2.3 Kaplan

Bruksområde

Små Kaplan-turbiner brukes sjeldent over 25 m. For nedre grense for fallhøyden er det ofte kostnaden kr/kWh som er bestemmende.

Kaplan-turbiner er forholdsvis kostbare uttrykt i kr/kW p.g.a. at de blir brukt ved relativt sett store vannføringer og liten fallhøyde, som gir store dimensjoner på turbinen i forhold til avgitt effekt..

5.2.4 Andre turbiner

Crossflow og Turgo turbiner er omtalt i kap. 3. Disse turbintypene er også aktuelle som mikro- og miniaggregater, og i det internasjonale markedet kan en få kjøpt disse ned til de minste effektene. Disse turbintypene lages ikke i Norge. Fordelen med Turgo turbinen er at den er mer kompakt enn Pelton-turbinen og den er bedre egnet enn Pelton dersom det er risiko for sandslitasje. Crossflow-turbinen har den fordel at den er relativt enkel og vedlikeholde og rimelig ved innkjøp.