



Kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg ($<10\ 000\ \text{kW}$)

1
2010

H
Å
N
D
B
O
K



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

Prisnivå 01.01.2010

Norges vassdrags- og energidirektorat

2010

Håndbok nr 1/2010

KOSTNADSGRUNNLAG FOR SMÅ VANNKRAFTANLEGG

(opp til 10.000 kW)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Jan Slapgård

Forfatter: SWECO Norge AS

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto: NVE

ISSN: 1502-3664

ISBN: 82-410-0571-7

Sammendrag: Håndboka er utarbeidet for beregning av gjennomsnittlig 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. 2/2010).

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

Norges vassdrags- og energidirektorat
Postboks 5091 Majorstuen
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

SIDE

1.	FELLESKAPITTEL	1
1.1	Generelt	1
1.2	Forventet ny teknologi	1
2.	BYGNINGS- OG ANLEGGSTEKNISKE ARBEIDER	3
2.1	Generelt	3
2.2	Dammer	7
2.3	Inntakskonstruksjoner	15
2.4	Kraftstasjoner	17
2.5	Rørgater, kanaler	20
2.6	Fjellarbeider	26
2.7	Transportanlegg	29
3.	MASKINTEKNISKE ARBEIDER	32
3.1	Generelt	32
3.2	Turbiner	33
3.3	Luker	43
3.4	Varegrind	46
3.5	Løfteutstyr	47
3.6	Grindrensker	47
3.7	Rør	54
4.	ELEKTROTEKNISKE ARBEIDER	62
4.1	Generelt	62
4.2	Generatorer	63
4.3	Transformatorer	66
4.4	Kontrollanlegg	69
4.5	Koplingsanlegg	71
4.6	Kraftledning	73
5.	KOMPLETTE ELEKTROMEKANISKE LEVERANSER	74
5.1	Generelt	74
5.2	Komplette småkraftverk aggregat fra 500-10 000 kW	74
5.3	Komplette mikro- og miniaggregater inntil 500 kW	75

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, 2000 og 2005.

SWECO Norge har fått i oppdrag av NVE å revidere *Kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg* pr. 01.01.2010.

Kraftverk med størrelse 0-10 MW deles ofte inn som følger:

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;

1. Bygnings- og anleggstekniske leveranser
2. Maskintekniske leveranser
3. 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. For hver kurve er det angitt en formel i diagrammet. Formlene er angitt med ulike matematiske uttrykk, men her er det viktig å merke seg at nøyaktigheten i kostnadene ikke er så høy som formelene kan gi inntrykk av.

1.1.3 Prisnivå

Rapporten angir priser pr 01.01.2010. 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.

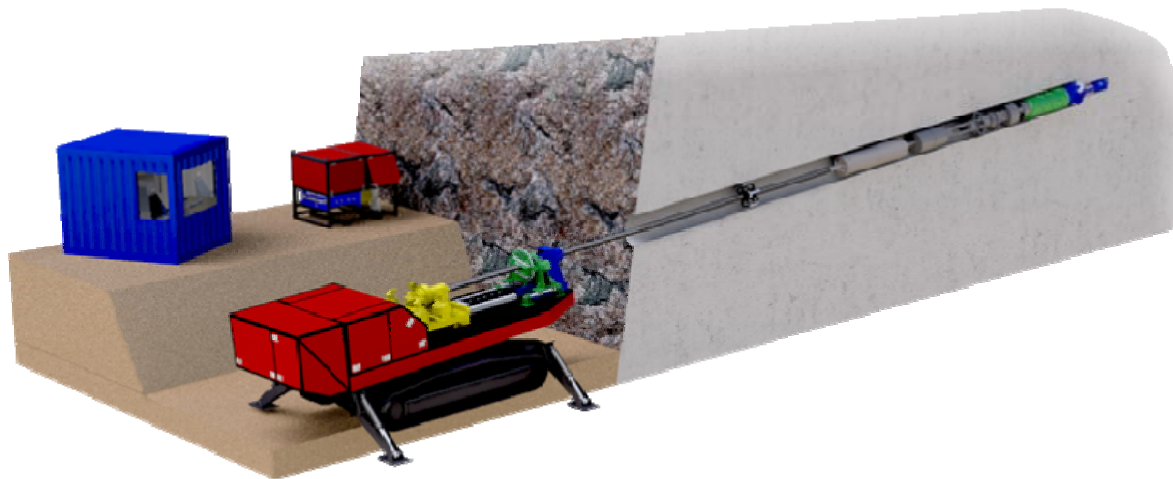
Det er viktig å sikre god kvalitet på det tekniske utstyret da dette vil være store investeringer for den enkelte utbygger. Dette vil gi utstyr med lengre levetid og færre tilfeller med teknisk svikt. Med ny teknologi vil kraftverkene i større grad utnytte potensialet, og utbygningene vil bli mer lønnsomme.

1.2.2 Boring i fjell

Med utgangspunkt i landbaserte og oljerelaterte boreteknikker utvikles det boremaskiner for bruk til boring av vannveier i forbindelse med bygging av små vannkraftverk. Det er utviklet utstyr for boring av 380 mm og 700 mm hull. Praktisk rekkevidde for maskinen med 700 mm hull antas å være 1,5-2 km, men dette prøves ut suksessivt ved å øke borelengdene gradvis i prosjektgjennomføring. En sjakt med diameter 700 mm og borelengde ca 725 m er nå under produksjon.

Boreutstyret for 700 mm hull er det første fullt bestykkede utstyret med mulighet for retningsstyrt boring. Neste utviklingstrinn er utvikling av utstyr for retningsstyrt boring med 380 mm hull. Utstyrsmodulene for dette alternativet skal lages så lette at de kan fraktes med helikopter. Utover dette planlegges det også å lage utstyr for opprømming av 380 mm hull til ca 2 m diameter.

Under utviklingen av boreutstyret har det vært lagt vekt på at utstyret skal ha kort riggetid med boring nedenfra og opp, slik at transport til toppen kan unngås. Utover dette har det vært viktig å oppnå konkurransedyktige borekostnader. Grove budsjettpriser for ”700-maskinene” kan så langt settes til i området 8 000 – 12 000 kr/m ferdig boret tunnel. I tillegg kommer eventuell foring der dette er nødvendig.



Bilde 1: Skisse av boreutstyr for retningsstyrt boring

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. Generelt kan man se at kostnadsnivået har steget relativt mye siden forrige revisjon av kostnadsgrunnlaget i 2005. Dette kommer delvis av den generelle prisutviklingen i perioden, men ser også ut til å skyldes at nivået på deler av de bygnings- og anleggstekniske arbeidene var priser noe lavt ved forrige revisjon.

Det er generelt inkludert **20% riggkostnader** i delprisene som hentes ut av diagrammer og tabeller i kostnadsgrunnlaget.

Riggposten kan variere mye, normalt vil kostnadene for mindre vannkraftanlegg ligge i størrelsesorden 10-30% av totale bygg- og anleggstekniske kostnader, og i spesielle tilfeller enda høyere. Dette må vurderes fra prosjekt til prosjekt, og er avhengig av beliggenhet i forhold til transport og kommunikasjon. Stor avstand til tettsteder/ byer krever mer rigg på grunn av økte transport, reise- og oppholdskostnader. I mange tilfeller vil riggen ligge på 20-30%. Ved avvik av riggkostnader fra 20% må dette korrigeres. Riggkostnaden er også entreprenøravhengig. Store entreprenører har ofte dyrere/ større rigg, men er likevel ikke nødvendigvis dyrere totalt sett.

Følgende omkostninger ikke medtatt og må vurderes i hvert enkelt prosjekt:

- Transport og anleggsveier.
- Landskapspleie (skogrydding, traseer, deponier, arrondering)
- Generelle kostnader: Utgjør et tillegg på 10-15% og omfatter normalt følgende:
 - Oppmålinger og utarbeidelse av prosjekteringsunderlag (kart, profiler og lignende)
 - Vannføringsmålinger og hydrologivurderinger
 - Miljøundersøkelser
 - Konsekvensutredninger
 - Grunnundersøkelser
 - Planlegging og prosjektering. Avhengige av forhold på damsted, inntak, rørgate (helning), kraftstasjon (dybde til fjell mm) osv.
 - Administrasjon, byggeledelse, kvalitetskontroll
- Skatter og avgifter (merverdiavgift, investeringsavgift).
- Byggherrekostnader (grunnerverv, skjønn, erstatninger, finansieringsutgifter)
- Uforutsett. Generelt anbefales 15-20% tillegg på alle kostnadselementer for å dekke uforutsette kostnader.

2.1.2 Betraktninger rundt verdien av egeninnsats fra utbygger

Generelt

Med egeninnsats forstås muligheten til å gjøre en personlig innsats for å utføre deler av prosjektarbeidet og redusere behov for innleid assistanse og dermed 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 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.

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 en profesjonell vurdering av prosjektet kan være fornuftig. Blant annet med tanke på 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 profesjonelle utbyggingsselskaper. 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.

Fremskaffelse av prosjekteringsgrunnlag

Dette er 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 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

Normalt vil disse aktivitetene gjøres av profesjonelle rådgivere. For de helt små mini- og mikrokraftverkene kan grunneier utarbeide 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 bør gjennomføres før det er mulig å få realistiske datagrunnlag for reelle tilbud på anlegget.

Når konsesjon er gitt eller unntak fra konsesjonsplikt er innvilget.

Når konsesjon foreligger starter gjennomføringen av selve prosjektet. Basert på vilkår i konsesjonen, oppmålinger osv. kan detaljløsninger for de ulike anleggsdeler utarbeides og tilbudsgrunnlag på utstyr og bygningsmessige arbeider utføres. Etter dette utarbeides plan for miljø og landskap og detaljplan for sikkerhet. Konsesjonen angir mye av innholdet i detaljplanene i tillegg til at disse skal utarbeides i hht. retningslinjer fra NVE. Dette arbeidet anbefales utført en rådgiver med miljøteknisk- og vannkraftfaglig kompetanse. Det finnes mange rådgivende ingeniører som tilbyr disse tjenestene, og valg av en rådgiver med kompetanse og erfaring fra mange anlegg vil føre til en får optimale løsninger og en forutsigbar og sikker gjennomføring av prosjektet både teknisk og økonomisk.

En vanlig gjennomføring av et småkraftprosjekt (>1MW) etter at konsesjon er gitt kan være:

- Kontrahering av rådgivere
- Utarbeidelse og utsendelse av anbudstegninger og anbudsgrunnlag
- Utarbeidelse av Plan for miljø og landskap og teknisk plan (beregninger av dammer, rørgate, flomløp osv). Disse sendes NVE. Merk at disse planene skal være godkjent før bygging kan starte og behandlingstiden er for tiden ca 6 mnd hos NVE.
- Kontrahering av entreprenører og leverandører
- Bygging av kraftverk – bygningsmessige arbeider.
- Installasjon av elektro- og maskinteknisk utstyr og igangkjøring av anlegget.
- Prøvedrift 2-3 måneder.

Det bemerkes at bygging av anlegg i dagen mange steder i Norge egner seg dårlig som vinterarbeid, så det bør tilstrebes å få gjennomført de mest krevende anleggsarbeidene i sommerhalvåret. Dette gjelder spesielt for arbeider med dam, inntak og rørgate.

Finansiering

Utbygger eller grunneier må sørge for finansiering.

Gjennomføring og bygging

For et mini- eller småkraftverk vil grunneier kunne bistå med 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.

2.2 Dammer

Det henvises til publikasjonene *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg, NVE* (damsikkerhetsforskriften) og *Veileder for planlegging, bygging og vedlikehold av 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 forutsatt fiberduk og minimum 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	156 kr/m ³
Drenasjegrøft	90 kr/m ³
Injeksjonsskjerm	1 560 kr/m ²
Erosjonshud/ skråningsvern	144 kr/m ³
Fiberduk	19 kr/m ²
Kantstein og grusvei på topp dam	264 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 vanddybden ved HRV. Helning på luftside dam er 1:1. Det er forutsatt fjerning av 1 m løsmasse i damtraseen.

Følgende hovedenhetspriser er benyttet:

Graving, avtaking av løsmasse	80 kr/m ³
Injeksjonsskjerm	1 560 kr/m ²
Fundamentpreparering (finrensk)	120 kr/m ²
Forskaling	1 000 kr/m ²
Armering	16 kr/kg
Betong	2 500 kr/m ³
Riggkostnader	20 %

Betong platedam med skråstilt plate

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

For platedammen angir kostnadskurven pris pr. løpemeteter 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 1:0,25-1,0. De bratteste helningene gjelder de høyeste dammene. Platedammen er ikke isolert på luftsiden. Det er forutsatt fjerning av løsmasser i 2 m bredde i damtraseen. Og dybde til fjell 0-1m.

Følgende enhetspriser er benyttet:

Graving, avdekking av løsmasser	80 kr/m ³
Injeksjonsskjerm	1 560 kr/m ²
Fundament mot fjell frontplate (inkl. rensk og tetting)	5 000 kr/m ²
Forskaling	1 000 kr/m ²
Armering	16 kr/kg
Betong	2 500 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 tappeluks, gangbane, større vederlag el. Bortrensket fjell i damfot erstattes med betong.

Som grunnlag er følgende enhetspriser benyttet:

Injeksjonsskjerm	1 560 kr/m ²
Fundamentpreparering (rensk og betong)	3 500 kr/m ²
Forskaling	1 250 kr/m ²
Armering	16 kr/kg
Betong	2 500 kr/m ³
Riggkostnader	20 %

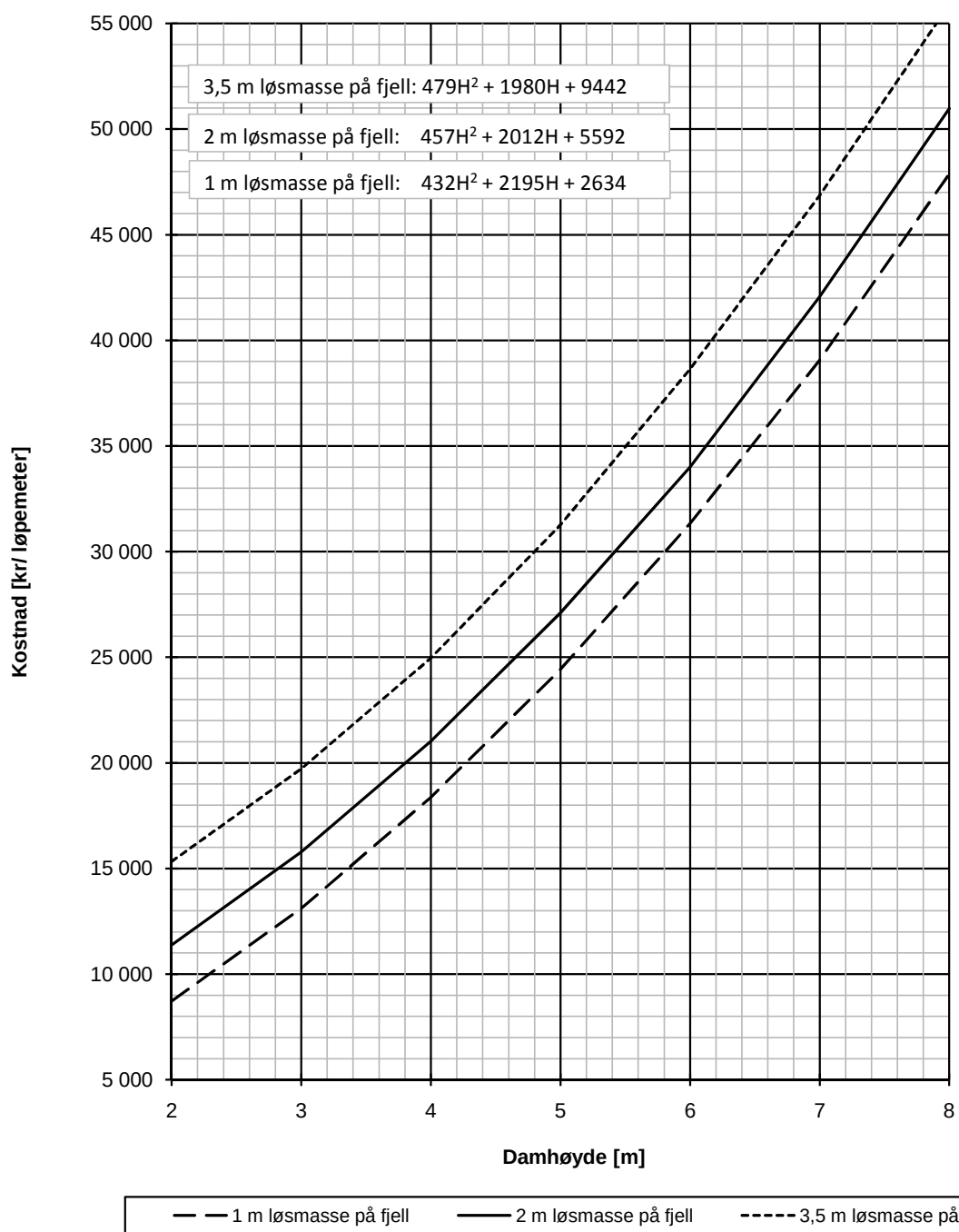
2.2.3 Tømmerkistedam

Tømmerkistedammer kan være mer prisgunstige 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. For øvrig må det nevnes at grunnlaget for vurdering av kostnader for tømmerkistedammer er meget begrenset, da det bygges relativt få dammer av denne typen i Norge i dag, samt at lokale forhold vil kunne påvirke kostnaden i stor grad.

Riggkostnader på 20 % er inkludert.



Kostnader små fyllingsdammer

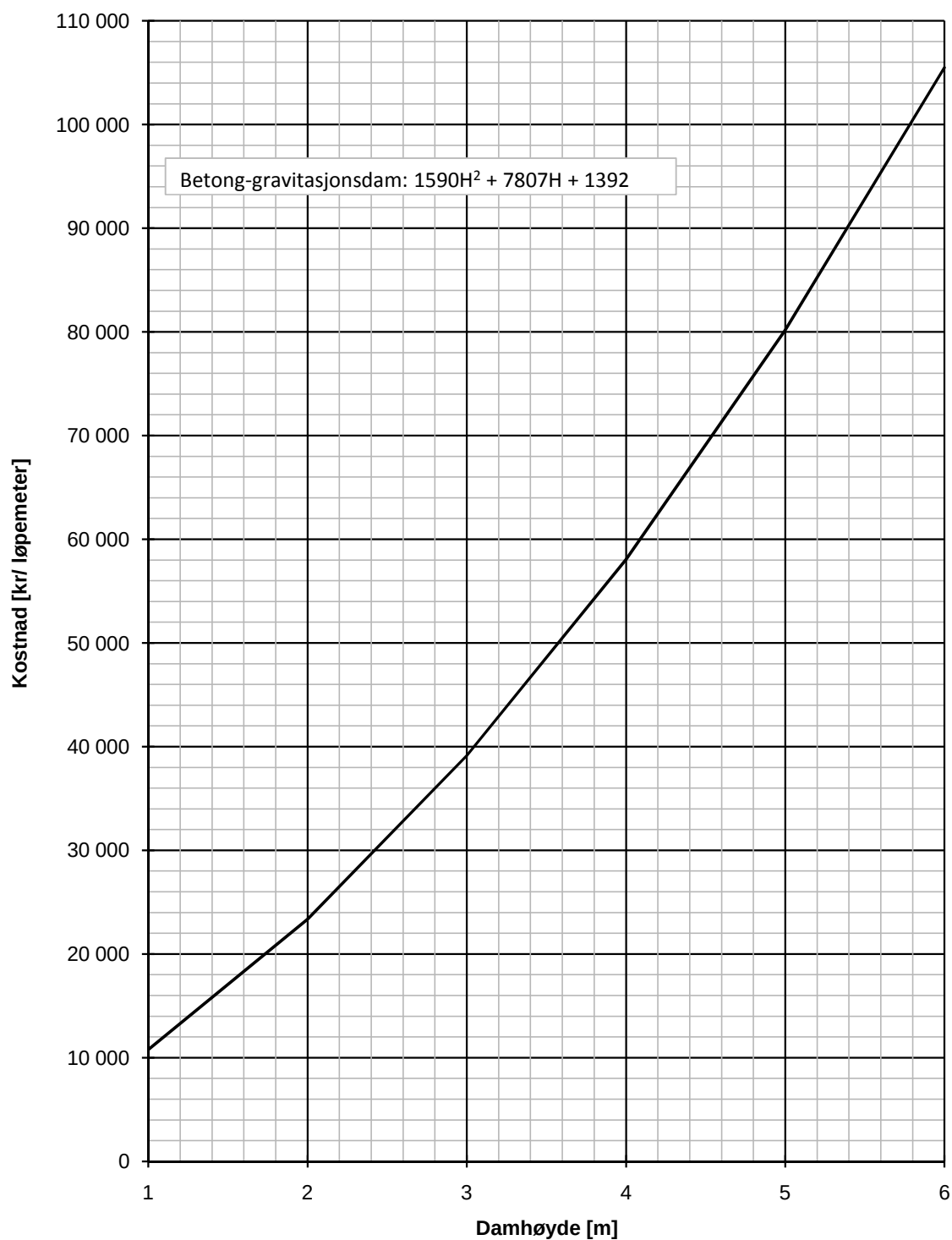
Gjelder fyllingsdammer med tetningskjerne av morene
Inklusiv kjørevei på toppen
Inklusiv 20% riggkostnad

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.2.1



Kostnader betong-gravitasjonsdam

Beregnet som overløpsdam med inntil 0,8 m overtopping

Pris betong: 2500 kr/m³

Pris forskaling: 1000 kr/m²

Pris armering: 16 kr/kg

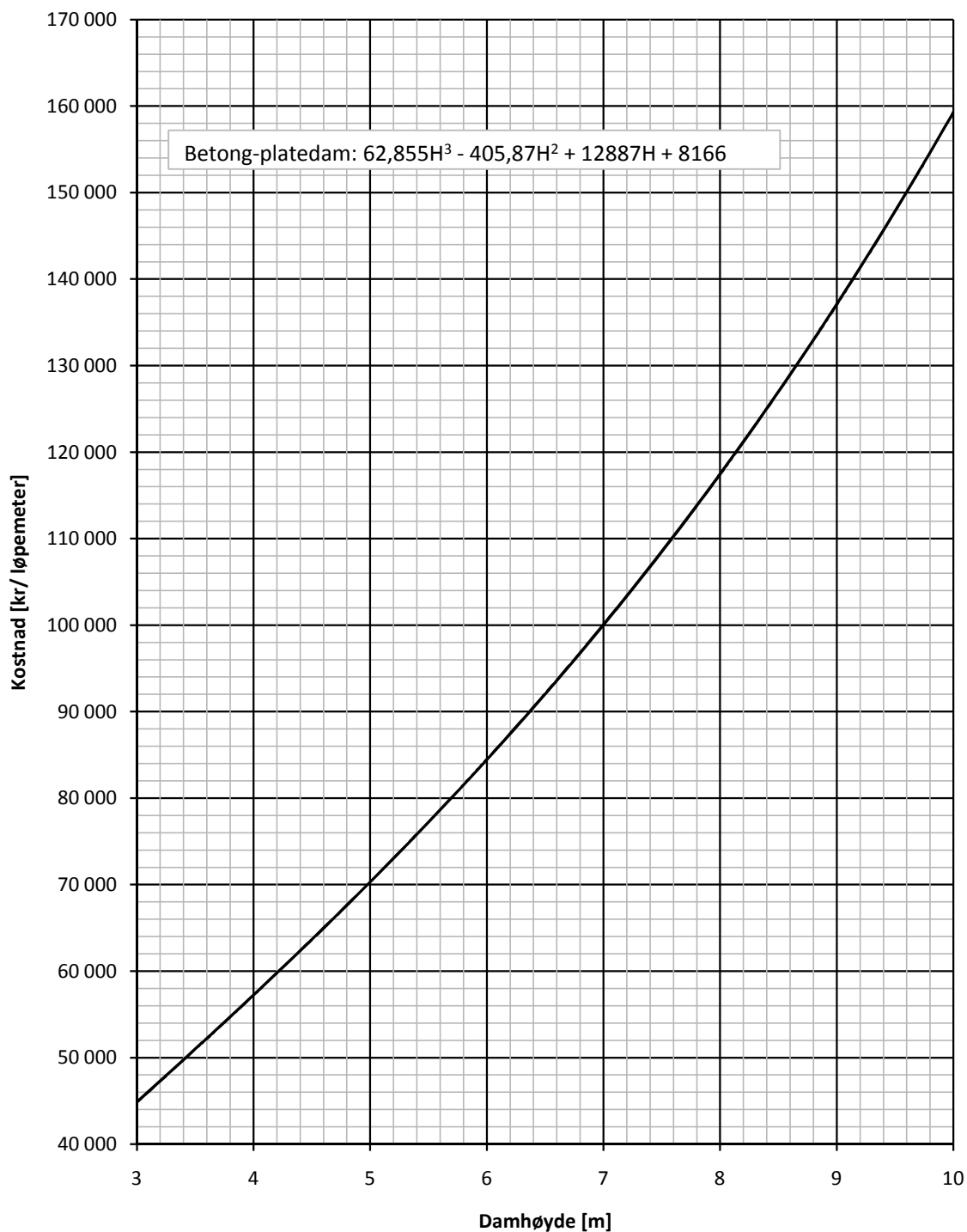
Inklusiv 20% riggekostnad

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.2.2



Kostnader betong-platedam

Prisnivå pr. jan. 2010

Pris betong: 2500 kr/m³

Pris forskaling: 1000 kr/m²

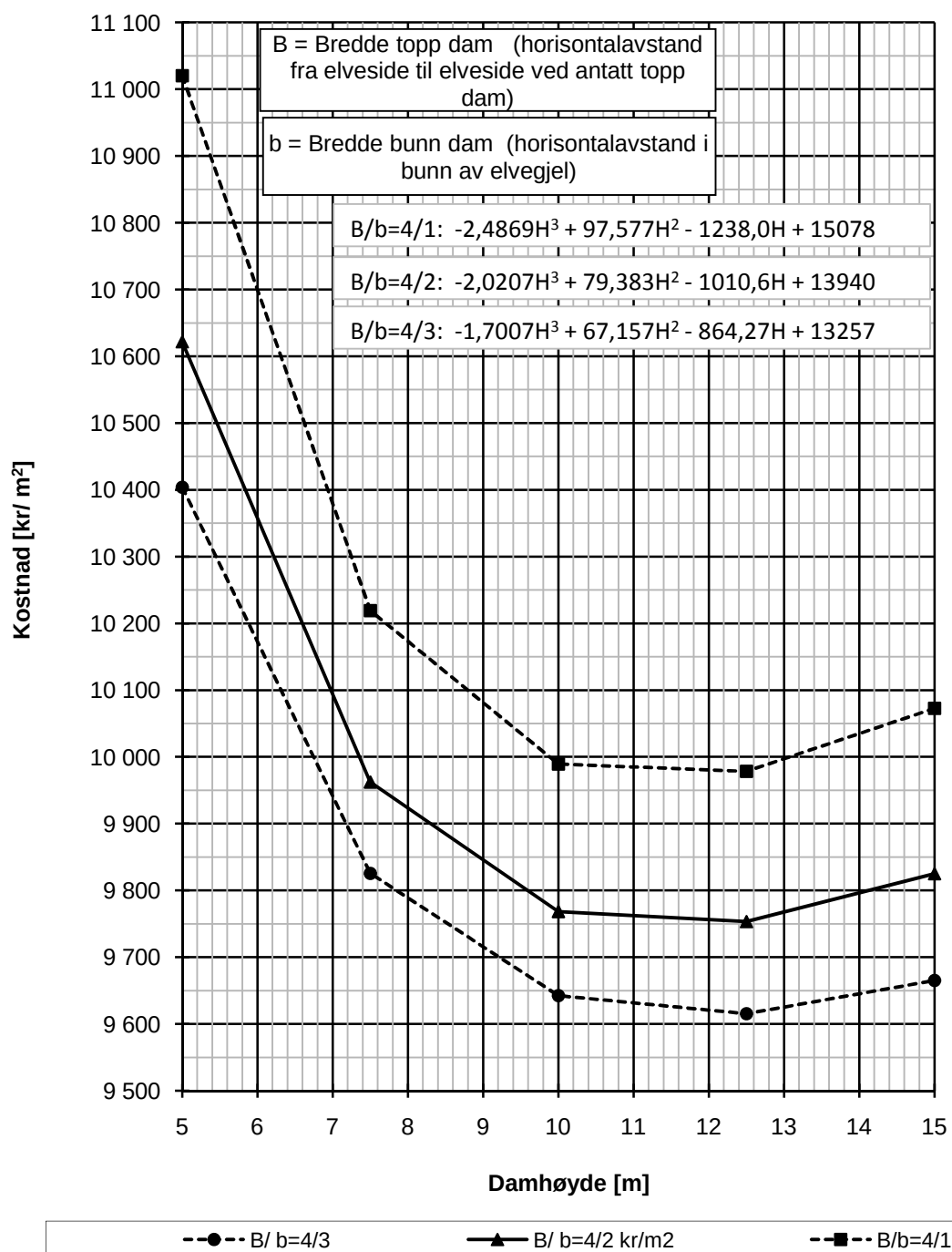
Pris armering: 16 kr/kg

Inklusiv 20% riggkostnad



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.2.3



Kostnader betong-buedam

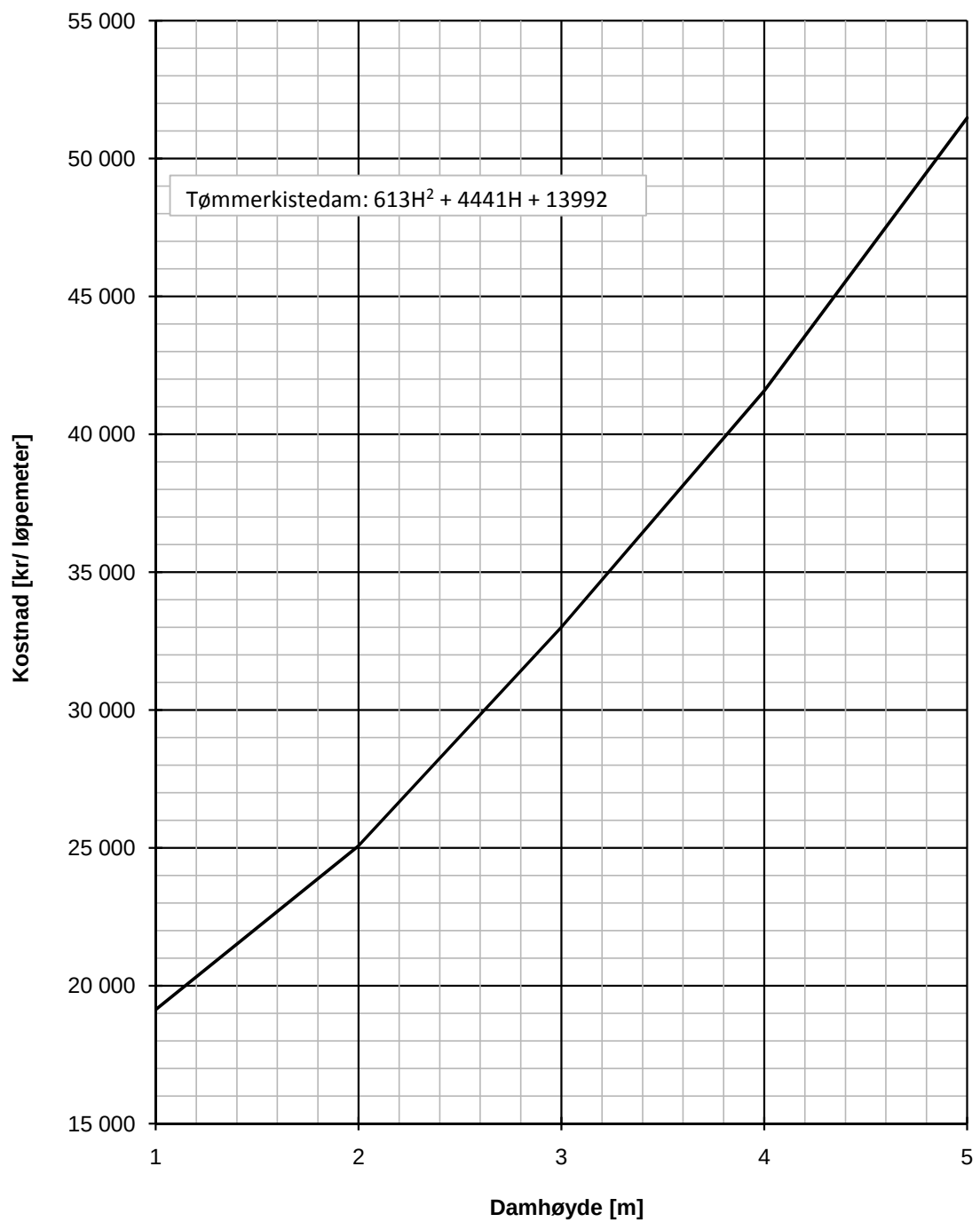
Pris betong: 2500 kr/m³
 Pris forskaling: 1250 kr/m²
 Pris armering: 16 kr/kg
 Inklusiv 20% riggekostnad

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.2.4



Kostnader tømmerkistedam

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

Prisnivå pr. jan. 2010



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 topp inntak være minimum 2 m under vannspeilet (større avstand ved store diametre). Et lite magasin kan bygges ved å grave ut/ sprengte 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.

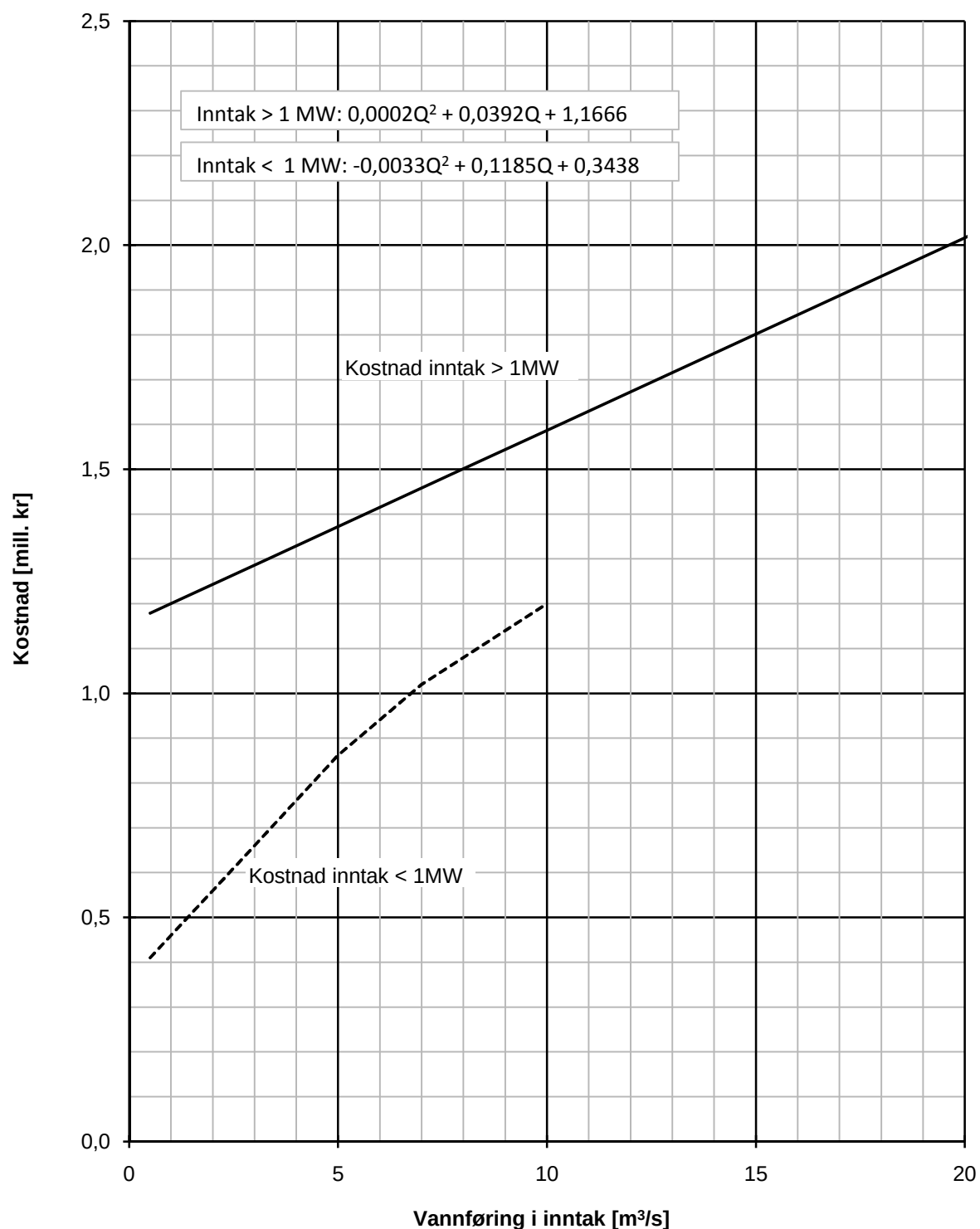
I området opp til 1 MW blir det et prinsipielt valg om det skal bygges et inntak som skal fungere i lang tid uten tilsyn (god dykking, men godt over bunn og selvrensende) eller om man skal bygge et inntak som krever hyppigere omtanke under driften (fjerning av løv og hakking av is for hånd osv). De førstnevnte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

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 kostnadsmessige 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

Prisnivå pr. jan. 2010

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)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.3.1

2.4 Kraftstasjoner

Bygnings- og anleggstekniske kostnader for kraftstasjoner er presentert i en kurve for kraftstasjon i dagen.

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/ horisontalakslet aggregat, antall aggregat, fundamentering på fjell/ løsmasser. Generelt er det valg av turbin type/trykkhøyde som er viktigst og førende for utforming av kraftstasjon, og kostnadene er derfor presentert som en funksjon av trykkhøyde 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 bør like ved og kan foreta det daglige tilsynet. Prisene i vedlagte kurver er for stasjoner med aggregatytelser > 1 MW. For kraftstasjoner under 1 MW kan benyttes en kvadratmeterpris på 34 000 kr/m² for vurdering av kostnaden.

For oppgitte priser er 20 % i rigggkostnader 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

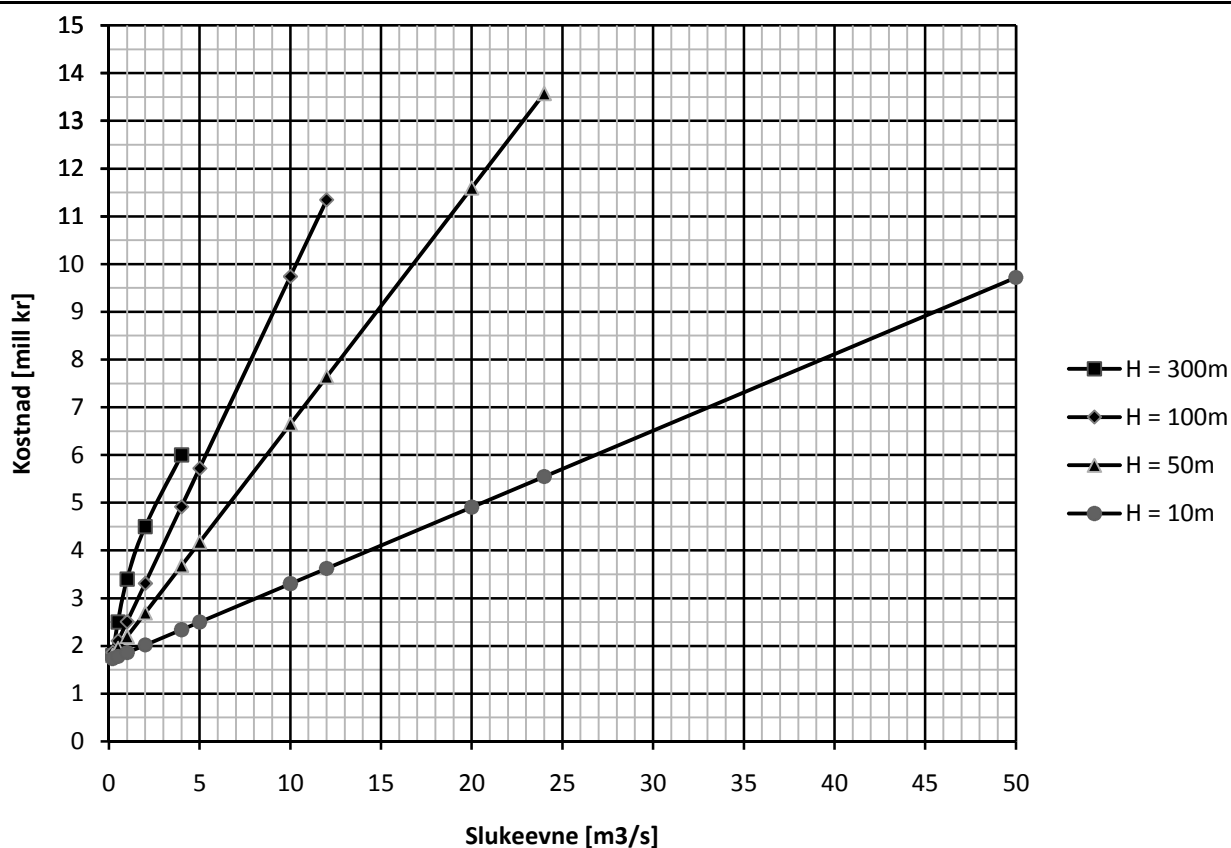
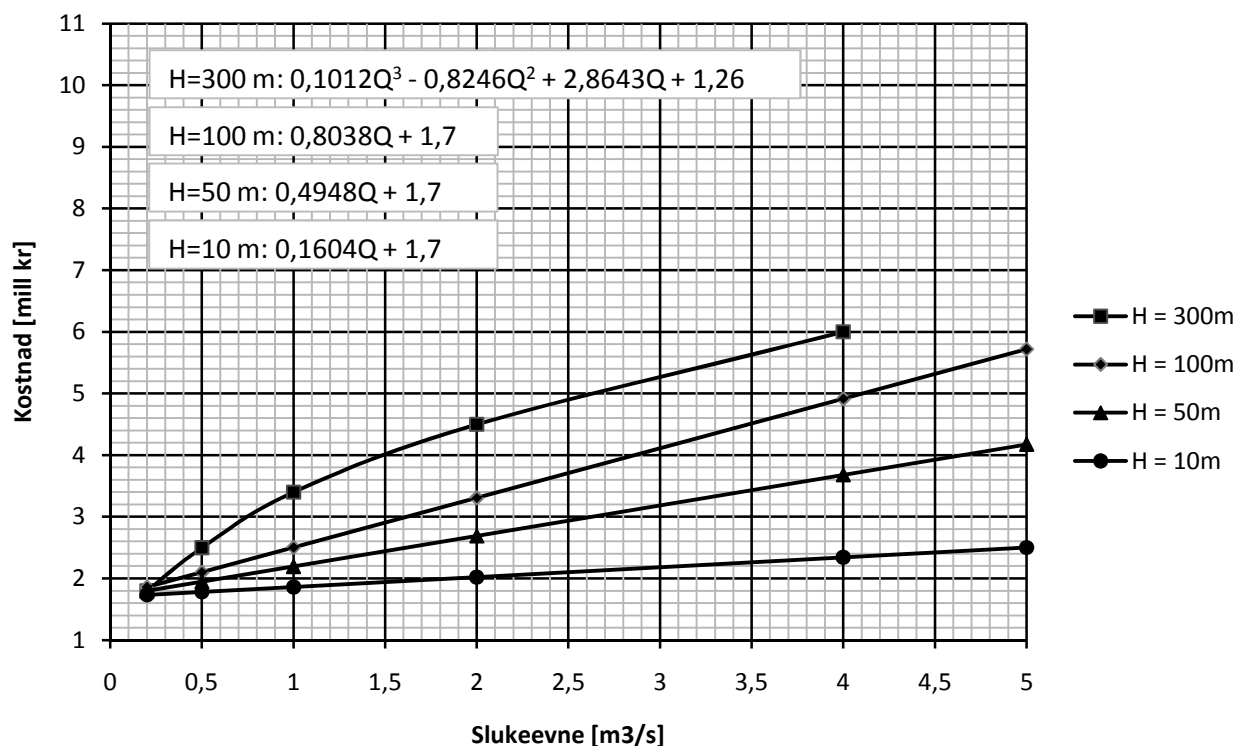
n = antall aggregater

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.

Totale bygningsmessige entreprenørutgifter for kraftstasjoner i fjell finnes ved å multiplisere estimert fjellvolum med en enhetspris som inneholder kostnader for sprengning og bygging av kraftstasjonen. Enhetsprisen omfatter altså sprengning, forskaling, armering, betong, sikring, mur, puss, maling osv. En vurdering av dette, sammenlignet med erfaringsstall for bygging av kraftstasjoner i dagen har en kommet frem til at enhetsprisen pr. januar 2010 kan settes lik **2 250 kr/m³** utsprengt volum, inkludert 20% rigg.

Uforutsette kostnader er ikke inkludert, og det må nevnes at det er store variasjoner i prisene på kraftstasjoner.

For kraftstasjoner i fjell må en i tillegg regne med kostnader for adkomsttunnel med kabelkulvert, eventuell egen utløpstunnel, redningsrom etc. som kostnadsregnes separat, se *Kostnadsgrunnlaget for store vannkraftverk, NVE*.



Kostnader kraftstasjon i dagen

Gjelder bygnings- og anleggstekniske kostnader eks. 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. 2010



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, samt *Retningslinjer for stenge- og tappeorganer, rør og tverrslagsporter (NVE)*.

Aktuelle rørtyper er spiralsveiste stålrør, glassfiberarmerte umettede polyesterrør (GRP), polyetylenrør (PE) og duktile støpejernsrør, hvorav GRP- og støpejernsrør er de mest benyttede.

Fundamentering av rør kan i prinsippet 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.

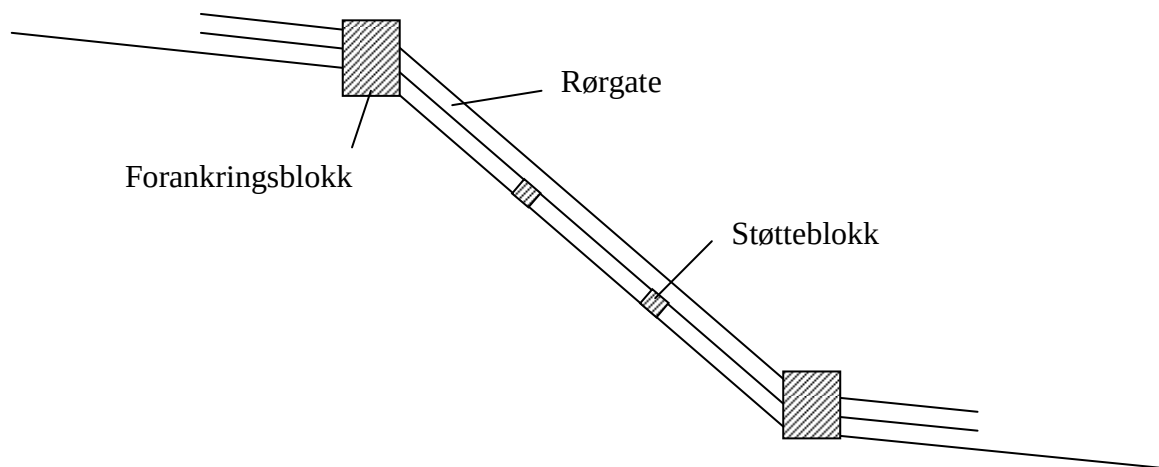
Rørtype	Nedgravd	På fundament
Stålrør		X
GRP-rør	X	X
PE-rør	(X)	
Duktile støpejernsrør	X	X

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 utføres nedgravd eller frittliggende, opplagt på fundamenter.

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, inkl. fjellrensk	40 kr/m ²
Graving, inkl. opplasting og transport	80 kr/m ³
Sprenging	200 kr/m ³
Forankringsbolter	1 000 kr/stk
Forskaling (ensidig)	1 200 kr/m ²
Armering	16 kr/kg
Betong (småstøper)	3 500 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.	

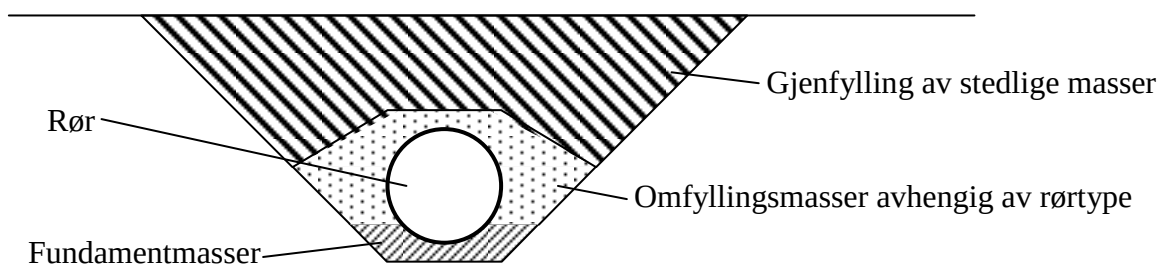
Kostnader for rørgatefundamenter er svært avhengig av forankringsklossenes størrelse som dimensjoneres i hht. vanntrykk, retningsendringer og rørdiameter. Legges forankringsklossen ved horisontalbend i fjellskjæring/ fjellgrøft kan betongvolumet reduseres betydelig.

2.5.2 Rørgrøfter

Til bruk i kostnadsvurdering for nedgravde rør er det utarbeidet kostnadstabeller for jordgrøfter og kombinerte jord/ fjellgrøfter. Tabellene gjelder grøfter i relativt lett terreng.

For nedgraving er de mest aktuelle rørene GRP- og støpejernsrør. PE-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 1,0 m.

Kostnadene i tabellene omfatter alle entreprenørkostnader for graving, sprengning og tilbakefylling fra 30 cm over rør. Kostnader til eventuell avstivning av grøftene er ikke medtatt.

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

Det er inkludert 20% rigg og drift i prisene.

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

Kostnaden for fjellgrøfter settes lik kostnaden for kombinerte jord/ 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.

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

Enhetspriser som er benyttet:

-	Vegetasjonsrydding	40 kr/ m ²
-	Graving	50 kr/m ³
-	Fjellrensk	60 kr/m ²
-	Sprenging	500 kr/m ³
-	Omfillingsmasser (håndtering av stedlig masse)	150 kr/m ³
-	Tilbakefylling	110 kr/m ³

Grøftekostnad (kr/lm). Grøftebredde lik 1,5 m i bunn.

Total grøftedybde:	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m
Jordgrøft	1350	1790	2030	2600
Fjellgrøft eller kombinerte jord/fjellgrøfter	2000	2610	3760	5220

Prisene inkluderer 20% påslag for rigg og drift av byggeplass

Grøftekostnad (kr/lm). Grøftebredde lik 2,5 m i bunn

Total grøftedybde:	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m
Jordgrøft	1890	2520	2920	3500
Fjellgrøft eller kombinerte jord/fjellgrøfter	2910	3880	5800	8220

Prisene inkluderer 20% påslag for rigg og drift av byggeplass.

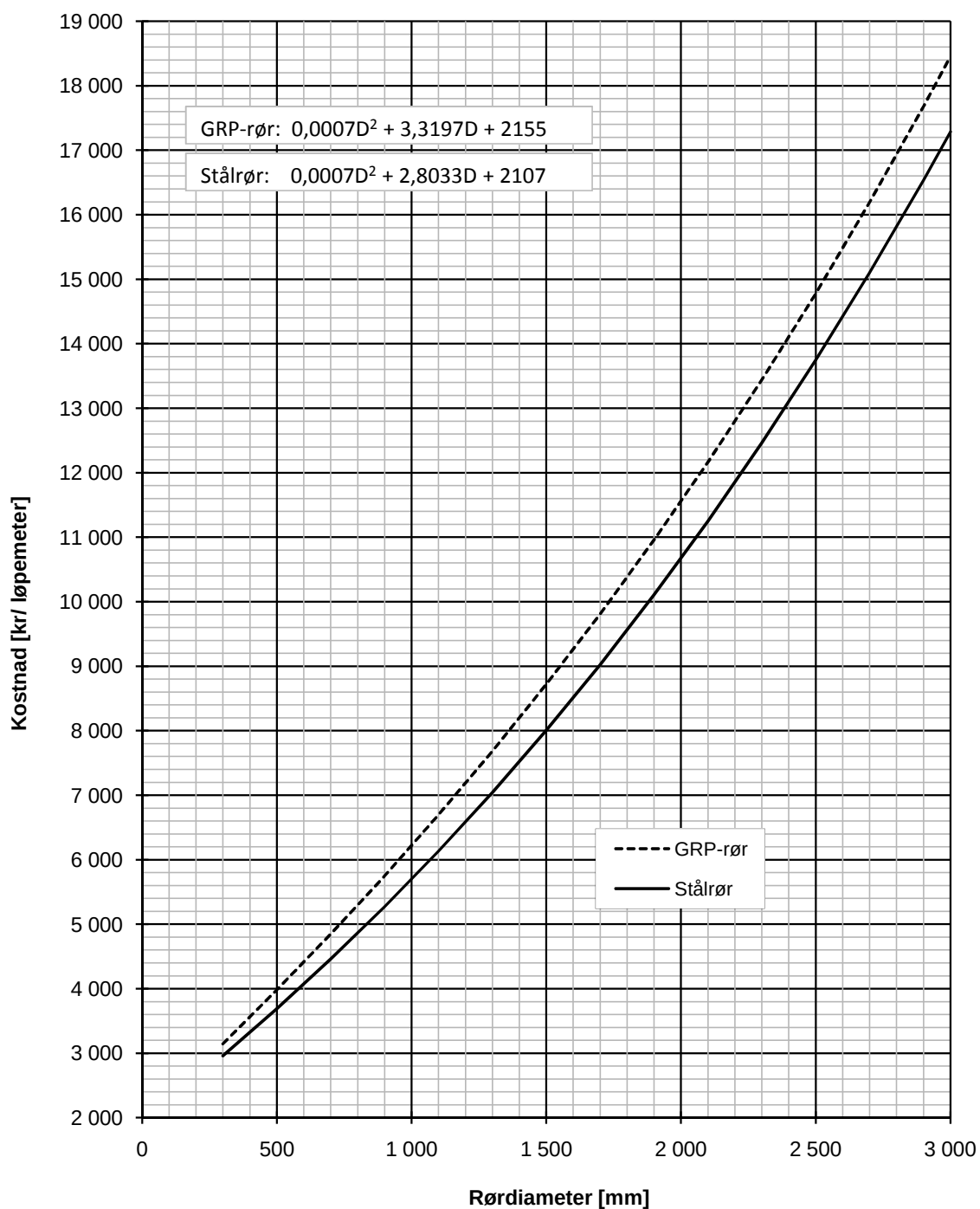
2.5.3 Kanaler

Hvor forholdene tilsier det kan kanaler være et gunstig alternativ til for eksempel 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	40 kr/m ²
Graving	100 kr/m ³
Sprenging	300 kr/m ³
Riggkostnader	20 %

Uforutsette kostnader er ikke medtatt.



Fundamentkostnader for frittliggende rørgate

Prisnivå pr. jan. 2010

Avstand mellom fundamenter: Stål: 9 m og GRP: 6 m

Avstand mellom forankringsklosser: 60 m

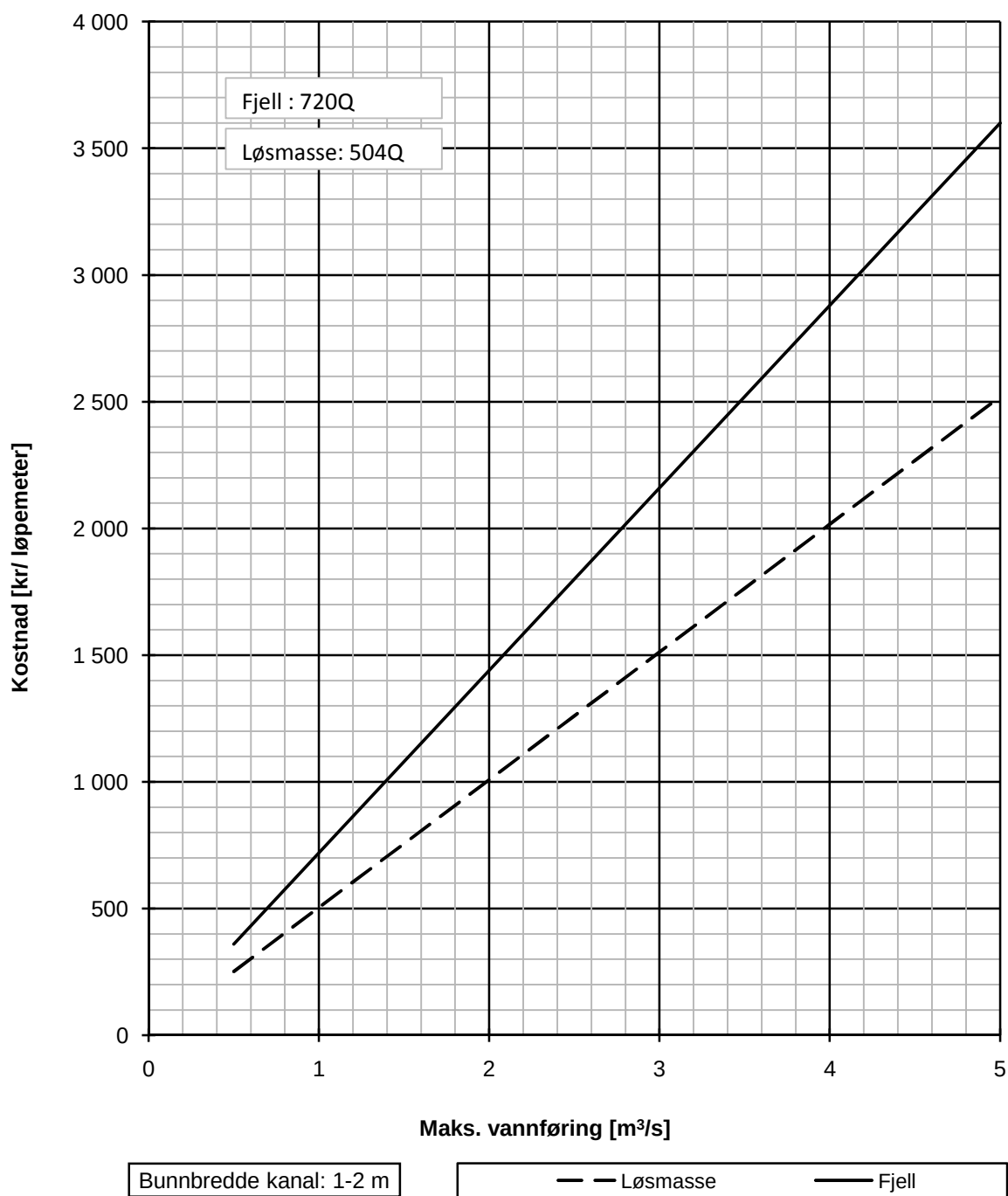
Gjennomsnittlig fundamenthøyde uk. rør: 1 m

Beregnete kostnader gjelder moderate fall og gode grunnforhold. Inklusiv 20% riggekostnad



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.5.1



Kostnader kanaler

Forutsatt maks. vannhastighet i løsmassekanal: 0,5 m/s
 Forutsatt maks. vannhastighet i utsprenget kanal: 0,7 m/s
 Enhetspris rydding, graving og sprenging: henholdsvis:
 40 kr/m², 100 kr/m³ og 300 kr/m³
 Ekskl. plastring/tetting. Inklusiv 20% riggkostnad

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.5.2

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 grovhullsboring.

Kostnader på fjellarbeider er i stor grad 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 større enn 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 småkraftverk. Kostnader er beregnet for tverrsnitt fra 10-22 m², drevet med konvensjonell tunneldrift.

I tunnelkostnadene inngår 20% tillegg 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 %.

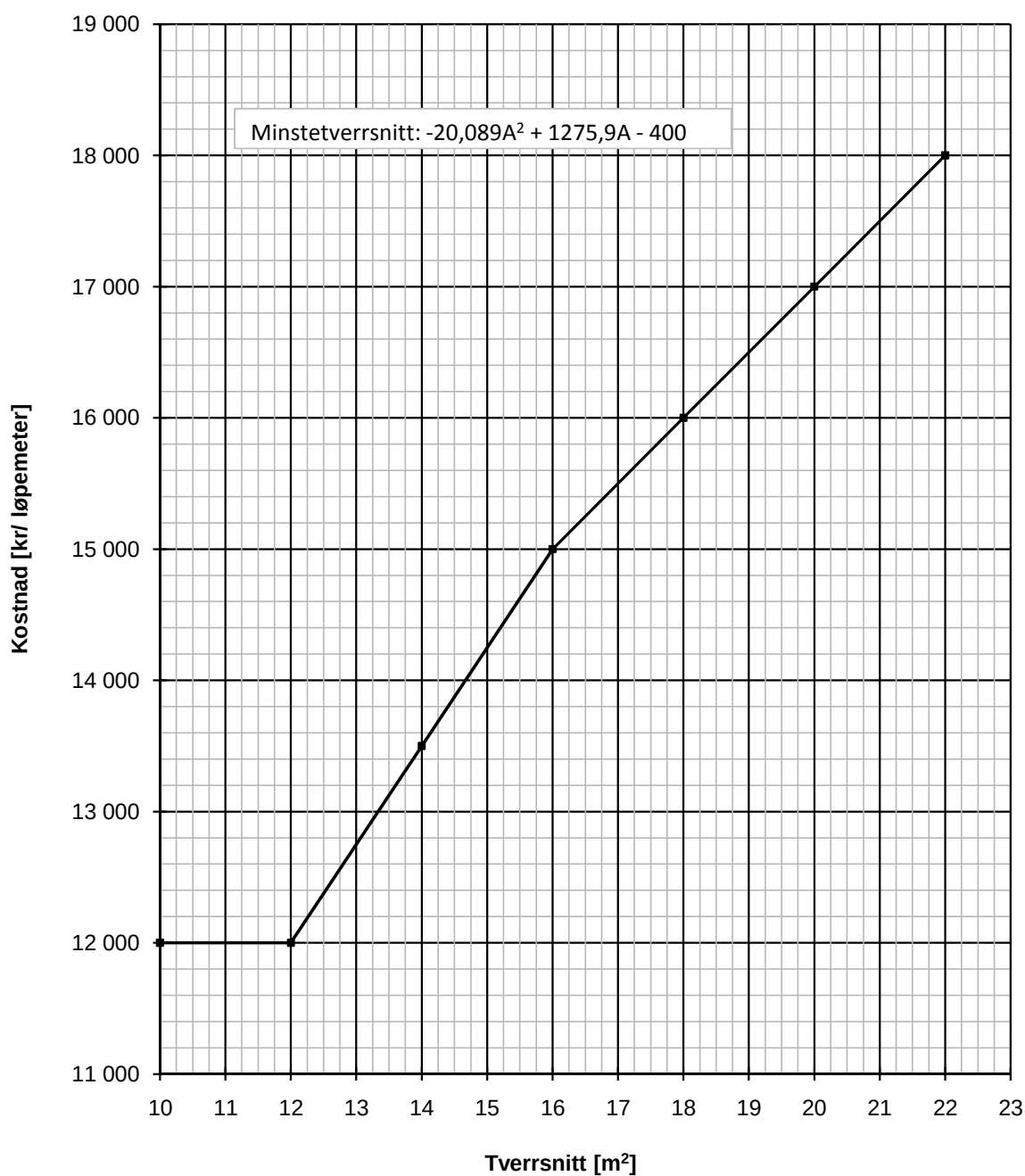
2.6.2 Grovhullsboring

For grovhullsboring er det angitt tre kurver, fordelt på god, middels og dårlig borkarhet. Kostnadene gjelder for boring av pilothull som utvides (opprømmes) 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 pr. meter å 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 til retningen av pilothullet bores det sjelden mer enn 500 m ved denne metoden. Maksimal borelengde er opp til 3500 m i dag, men dette er et område under rask utvikling og slike lengder krever retningsstyring av borhodet, kfr. pkt. 1.2.2.



Kostnader tunnel - minstetverrsnitt

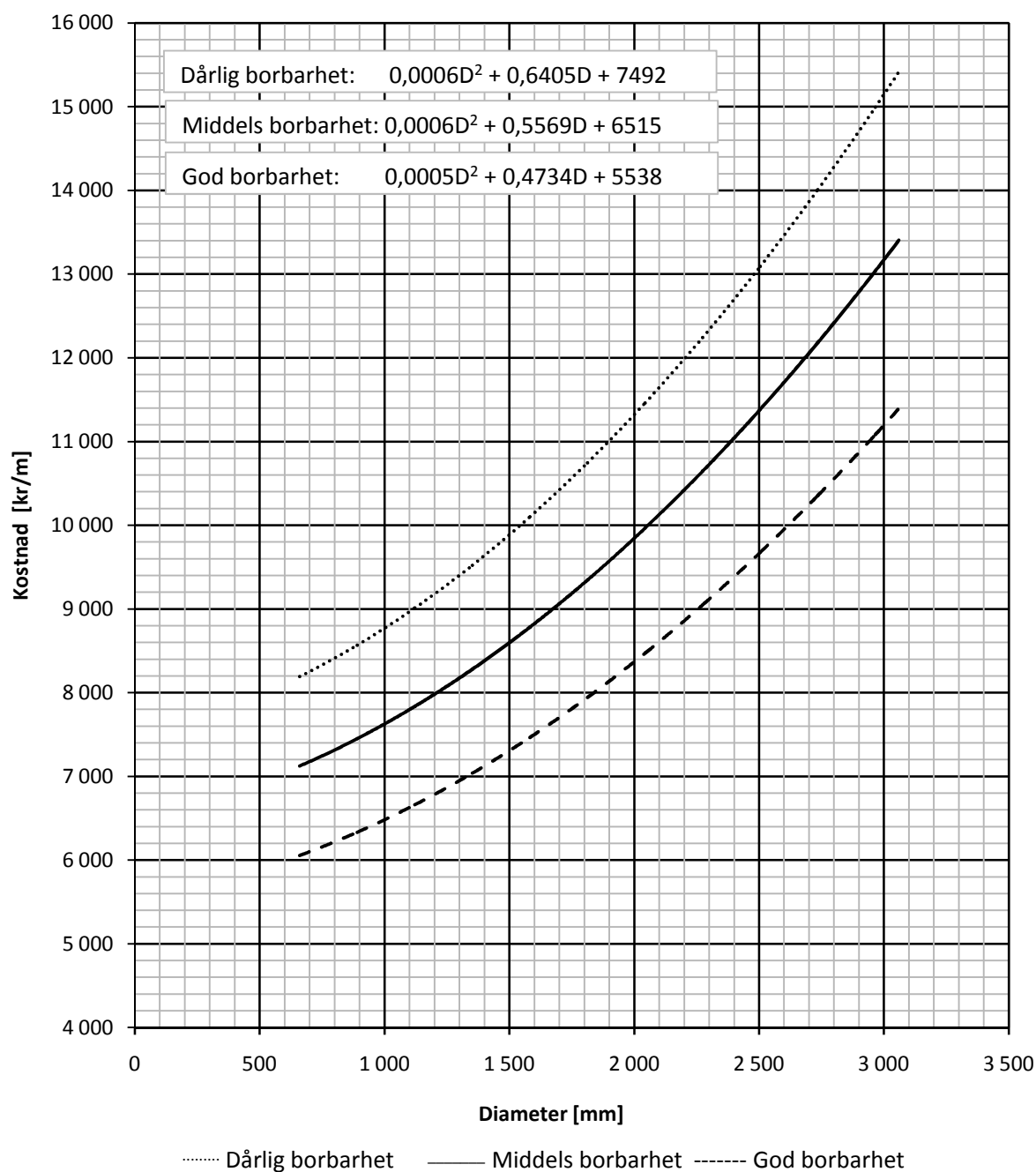
Last og bær: 12-16 m², max stigning 1:5, 0-1 km lengde
 Nisje-lasting: 18-22 m², max stigning 1:6,5, 1-3 km lengde
 Tunnelkostnadene inkluderer 20% fjellsikring
 Inklusiv 20% riggekostnader

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.6.1



Kostnader grovhullsborring

Prisnivå pr. jan. 2010

Fjellsikringskostnader ikke medtatt
 Sjaktlengde min. 150 m
 Sjakthelning: 45-90 grader
 Inkl. 20% riggkostnad for $d < 2100\text{mm}$
 Inkl. 15% riggkostnad for $d \geq 2100\text{mm}$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG. 2.6.2

2.7 Transportanlegg

2.7.1 Anleggsveier

Som grunnlag for beregning av kostnader for bygging av anleggsveier er det benyttet erfaringstall fra ulike vannkraftanlegg.

Kostnadene vil 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: 500-1000 kr/løpemeter vei.
- Anleggsvei i moderat til vanskelig terreng: 1000-2000 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 20 000,- 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 ca 3 tonn	Helikopter med lasteevne ca 1 tonn
1	12	6,5
5	7,5	3,1
10	4,0	1,7
15	3,0	1,3

Tabell 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/ retur helikopterbasen og utgangspunktet for oppdraget, pluss flygninger innen anleggsområdet. Hastigheten ved langdistanseflygning uten last kan settes til 200 km/t. Ved betongflygning kan hastigheten settes til 60 km/t.

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

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

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

Det foreslås benyttet følgende enhetspriser for slike arbeider:

- Forskaling 2000 kr/m³
- Armering 20 kr/kg
- Betong 8000-10000 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	13 000	ca 1,0 t
Stor maskin	48 000	ca 3,0 t

3 MASKINTEKNISKE ARBEIDER

3.1 Generelt

3.1.1 Leveranseomfang

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

Leveransen omfatter derimot ikke:

- Bygge- og anleggsmessige arbeider
- Ventilasjon, lys og varme installasjon i kraftstasjonen
- Reservedeler
- Merverdiavgift
- Byggherreutgifter
- Uforutsett

3.1.2 Prisgrunnlag

Prisene er basert på anlegg bygget de siste fem årene, og med hovedvekt på de siste 1-2 år der hvor det foreligger tilstrekkelig underlag. Prisene er justert for pristigning opp til 2010 nivå.

Siden den siste oppdateringen av Kostnadsgrunnlaget i 2005 er det en betydelig variasjon i kostnadsøkningen på de forskjellige komponentene.

Turbiner generelt har en markant økning i størrelsesorden 30%. Turbinprisene gikk i tidsrommet fra 2000 - 2005 ned på grunn av et presset marked. Samtidig utviklet flere leverandører i denne perioden mer skreddersydde og kostoptimale løsninger for småkraftverk. Dette medførte at prisene var spesielt lave i 2005, og forklarer noe av den økningen vi nå ser fra 2005 til 2010. Komponenter til turbiner produseres i en rekke land, og er dermed påvirket av prisutviklingen internasjonalt. Spesielt kan nevnes rustfritt stål som har hatt en betydelig prisøkning i den siste 5 års perioden. I tillegg til dette har det vært gode konjunkturer etter 2005 som har gitt noe press i markedet.

Noen komponenter som stålrør og luker har en relativt stor kostnadsøkning, med størst økning der hvor utstrakt bruk av rustfritt stål er benyttet. Tilsvarende har GRP-rør hatt en prisstigning på i snitt ca 45%.

Budsjettpriser fra leverandører har vist seg å variere en god del. Generelt bør man være forsiktig med budsjettpriser innhentet i en tidlig fase av et prosjekt og det anbefales og sammenligne de med priskurvene her.

3.2 Turbiner

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

Det er laget priskurver for hver enkelt 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 5.3, 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 ut ifra verdi på vannføring og fallhøydekurve, og omvent hvis turtallet velges høyere enn vist i diagrammet.

Det oppgitte prisnivået for turbiner gjenspeiler hva man kan kalle et normalt prisnivå. Det finnes turbiner på markedet til priser vesentlig både lavere og høyere enn angitt i priskurvene.

Det er laget priskurver for følgende turbintyper:

- Pelton
- Francis
- Kaplan/rørturbin

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).

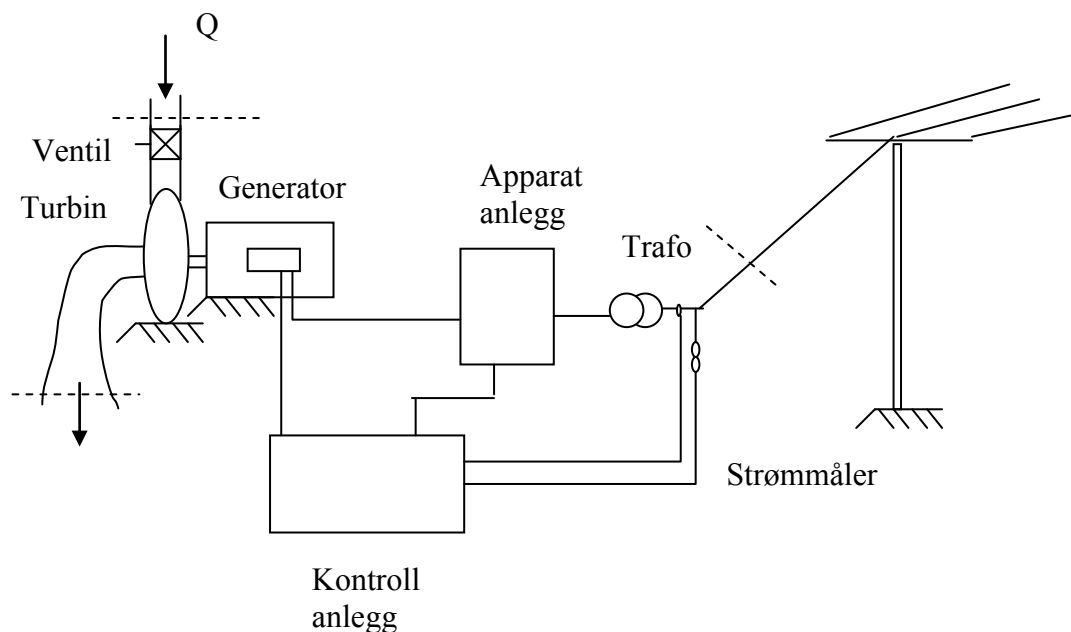
For priser på elektroutrustning til anlegg større enn 500 kW, se priskurver under kapittel 4, elektrotekniske arbeider.

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, som maks. og minimum vannføring for kontinuerlig drift. Viktig mht å utnytte mest mulig av vannføringen.
- Virkningsgrad. Vær kritisk til oppgitte virkningsgrader som mangler pålitelig dokumentasjon.
- Driftssikkerhet kan være like viktig som høy virkningsgrad.
- 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. De fleste leverandører tilbyr nå små vertikaloppstilte Pelton turbiner til et prisnivå som ofte er like lavt som de tradisjonelle horisontale aggregatene.
- Det fleste mindre 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.

- Francis-turbinen har en høyere toppvirkningsgrad, mens Kaplan-turbinen har en lavere, men flatere virkningsgradskurve.
- 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 sammenligning 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.
- Konvensjonell spiraltromme representerer den mest vanlige løsningen for små Francis-turbiner. Sylindertrommeløsninger 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 sugehøyden begrenses, eller ved at løpehjulet dykkes under undervannet. En ”forsert” turbin vil ha høyere turtall og mindre dimensjoner, men vil tillate mindre sugehøyde og 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 sugehøyde.

3.2.3 Kaplan/Rør-turbiner

Bruksområde

Mens store Kaplan-turbiner kan brukes opp mot 60 m fallhøyde, 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 regnet i kr/kW, dette fordi 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 aksiell strømming 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 turbintypene på.

1. Dobbelregulert turbin hvor både løpehjulsskovler og ledeskovler er regulerbare. Dette er den dyreste løsningen, men gir en flat og vid virkningsgradskurve over et stort driftsområde.
2. Enkeltregulert turbin med kun regulerbare løpehjulsskovler. Dette er en billigere løsning med en noe spissere virkningsgradskurve. Aggregatet har ikke regulerbart 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 kan være aktuelt å bruke girooverføring 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 er ikke 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 vesentlig 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 over 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.

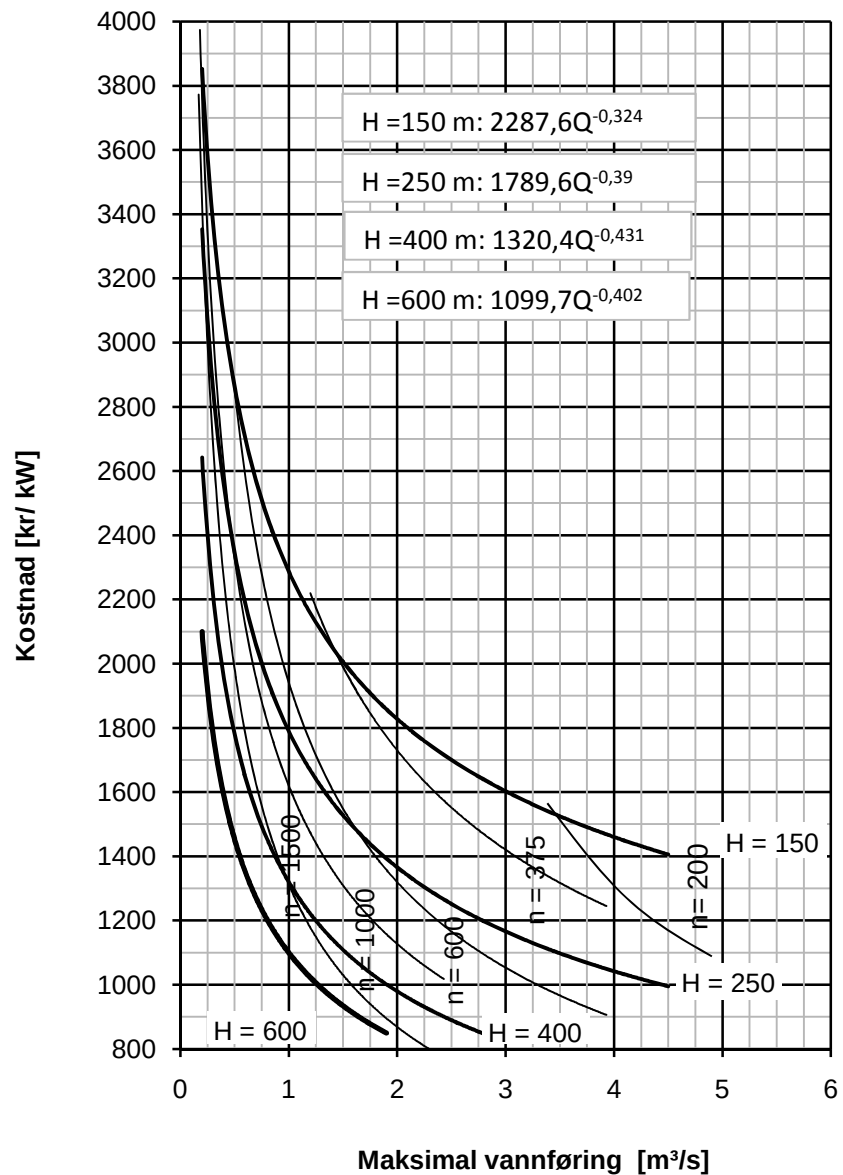
Cross-flow-turbiner er blitt brukt med fremgang for små, enkle anlegg i utviklingsland. Løpehjulet ligner et vannhjul, vannet kommer på tvers av hjulet og angriper skovlene to ganger, først på vei inn i løpehjulet, og deretter når vannet kommer ut fra hjulet. Cross-flow turbiner bygges ofte med et delt 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%.



Kostnader Pelton 500-10000 kW

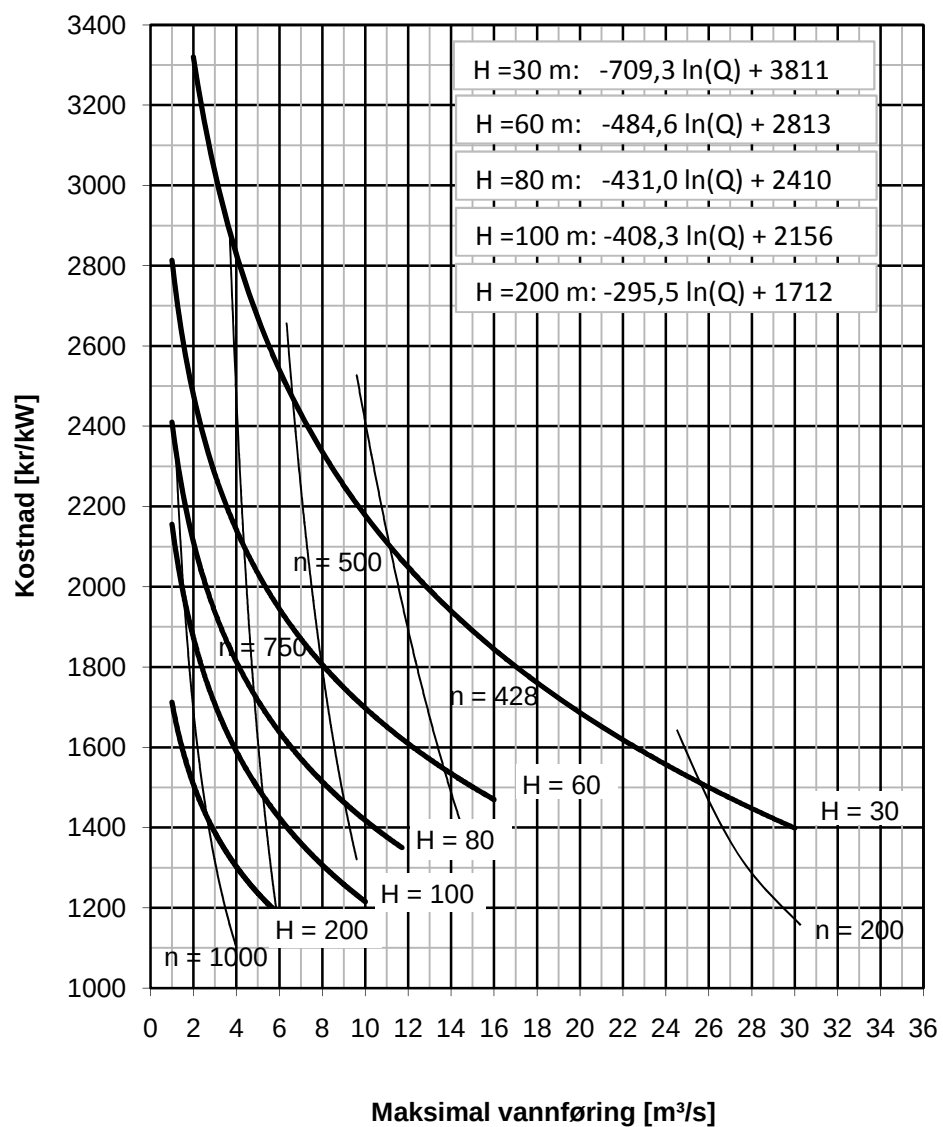
Prisnivå pr. jan. 2010

Priskurvene inkluderer: turbin + turbinstyring + innløpsventil



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.2.1



Kostnader Francis 500-10000 kW

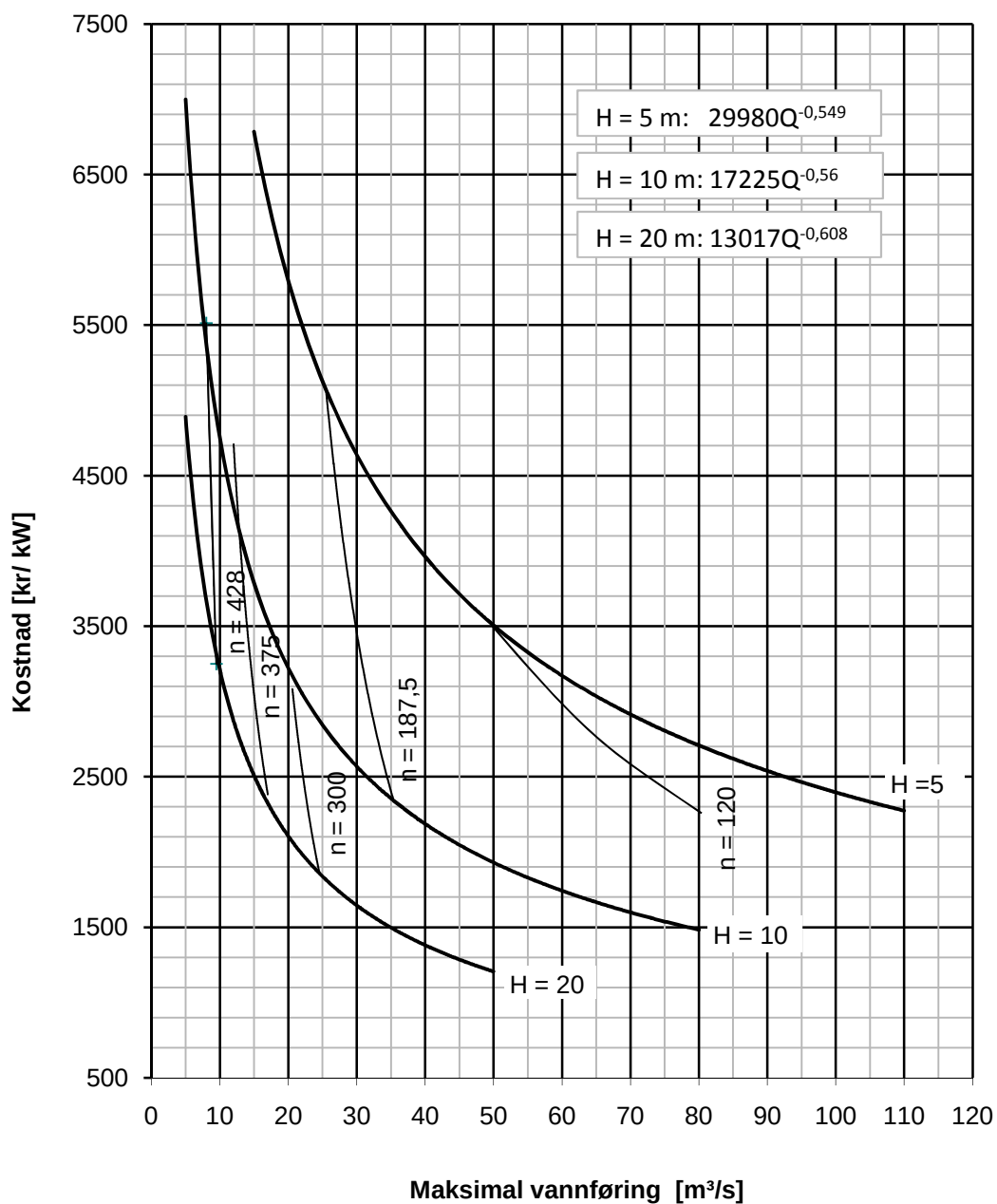
Prisnivå pr. jan. 2010

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. 2010



Norges
 vassdrags- og
 energidirektorat

FIG 3.2.3

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

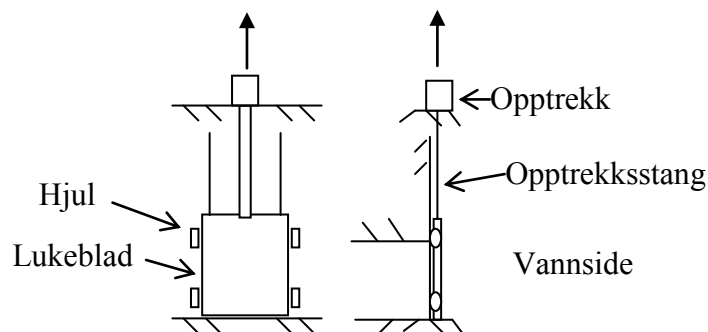
Damluker omfatter luker som er plassert i dammen. På større dammer har man som oftest flomluker og bunnluker. Navnet på luken kommer av funksjonen eller plasseringen til den aktuelle luken

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

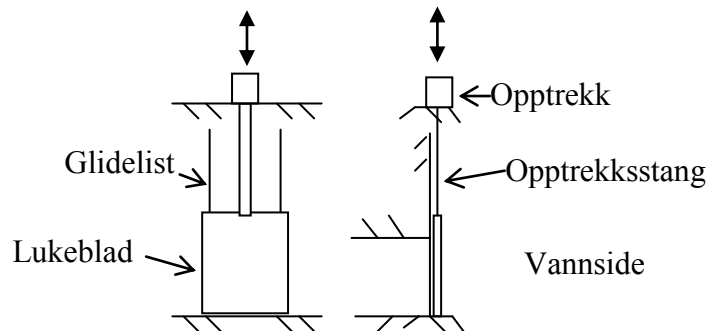
Opptrekket er en enkelt virkende hydraulisk sylinder, dvs luka er selvluukkende. Ved bruk av selvluukkende luke oppstår det bare strekkrefter i opptrekkstanga.

Lukeblad

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

3.3.2 Glideluke

Prinsippskisse



Bruksområde

Glideluker brukes som tappeluker, flomluker, sugerørsluker, revisjonsluker og inntaksluker.

Opptrekket

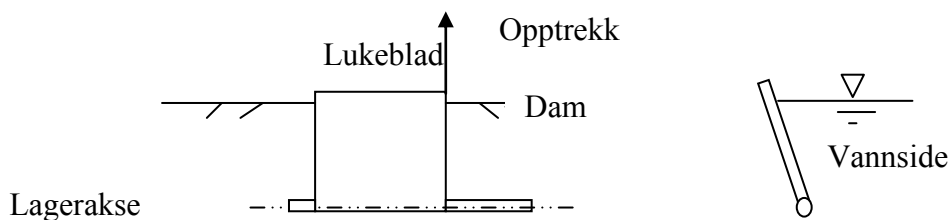
Opptrekket er oftest en dobbeltvirkende hydraulisk sylinder eller et mekanisk skruespill. Åpne og lukke kreftene er større på glideluken enn på rulleluken.

Lukeblad

Lukeblad utføres som for rulleluke.

3.3.3 Klappeluker

Prinsippskisse



Bruksområde

Klappeluker brukes hovedsakelig som flomluke og spyleluke. Klappeluker er i liten grad brukt i små dammer.

Opptrekk

Lukking skjer ved hjelp av en enkeltvirkende hydraulikkylinder, 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 kroner 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, eller enda lavere hvis det er fare for ising. 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/ulemper med rustfritt og kunststoff grinder

Rustfritt stål:

Fordeler

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

Ulemper

- Høy pris.

Kunststoff:

Fordeler

- Unngår ising, ruster ikke, reduserer falltapet forutsatt at stavene ikke blir for tykke, 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

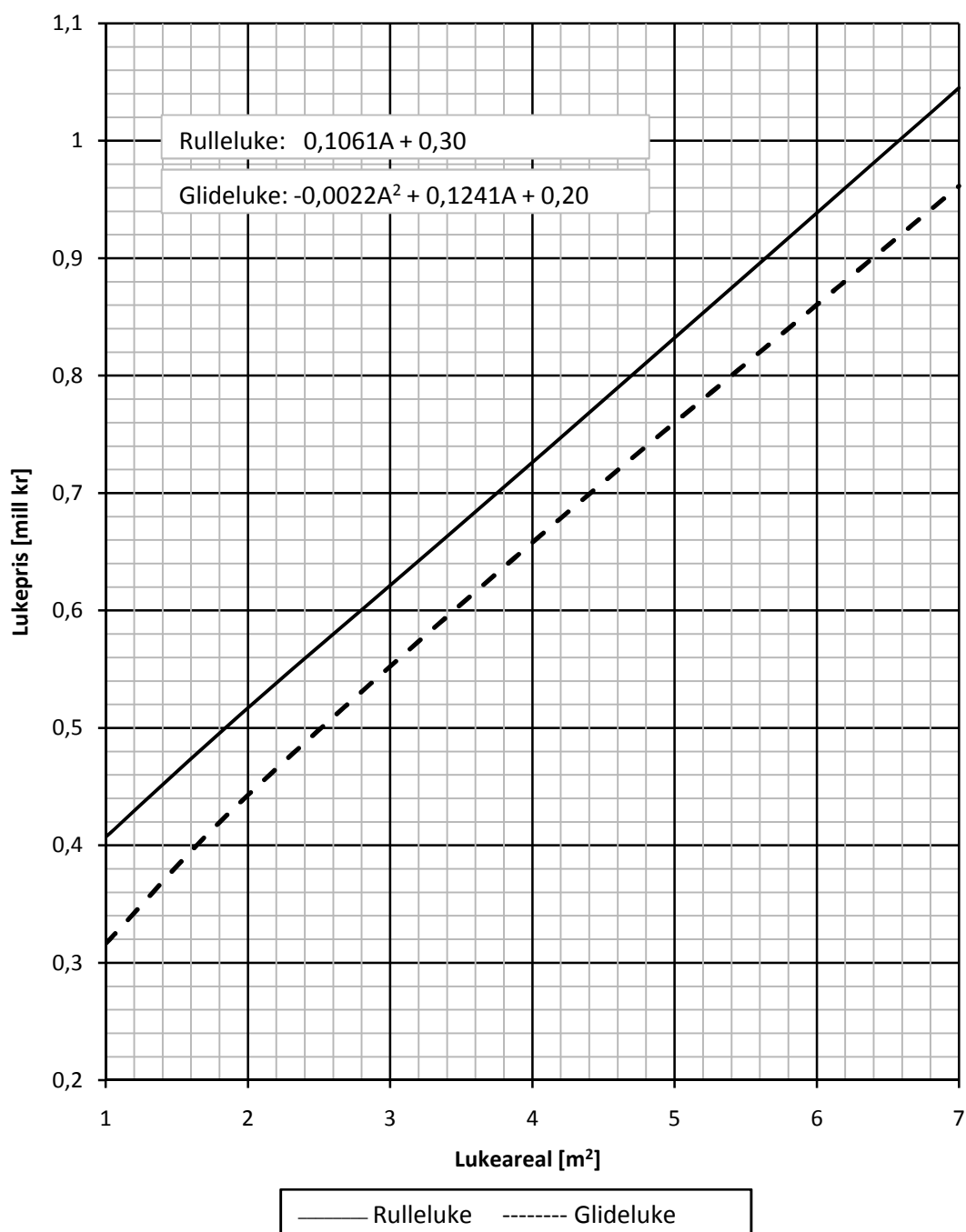
Bruk av mobilkran er et alternativ til permanent løfteutstyr i kraftstasjonen. Forutsetningen for bruk av mobilkran er tilstrekkelig god adkomst via bilvei og et kraftstasjonsbygg med for eks. demonterbart tak. Det er ikke laget priskurver for leie av mobilkran.

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 – 600.000 kr.



Kostnader rulleluke og glideluke

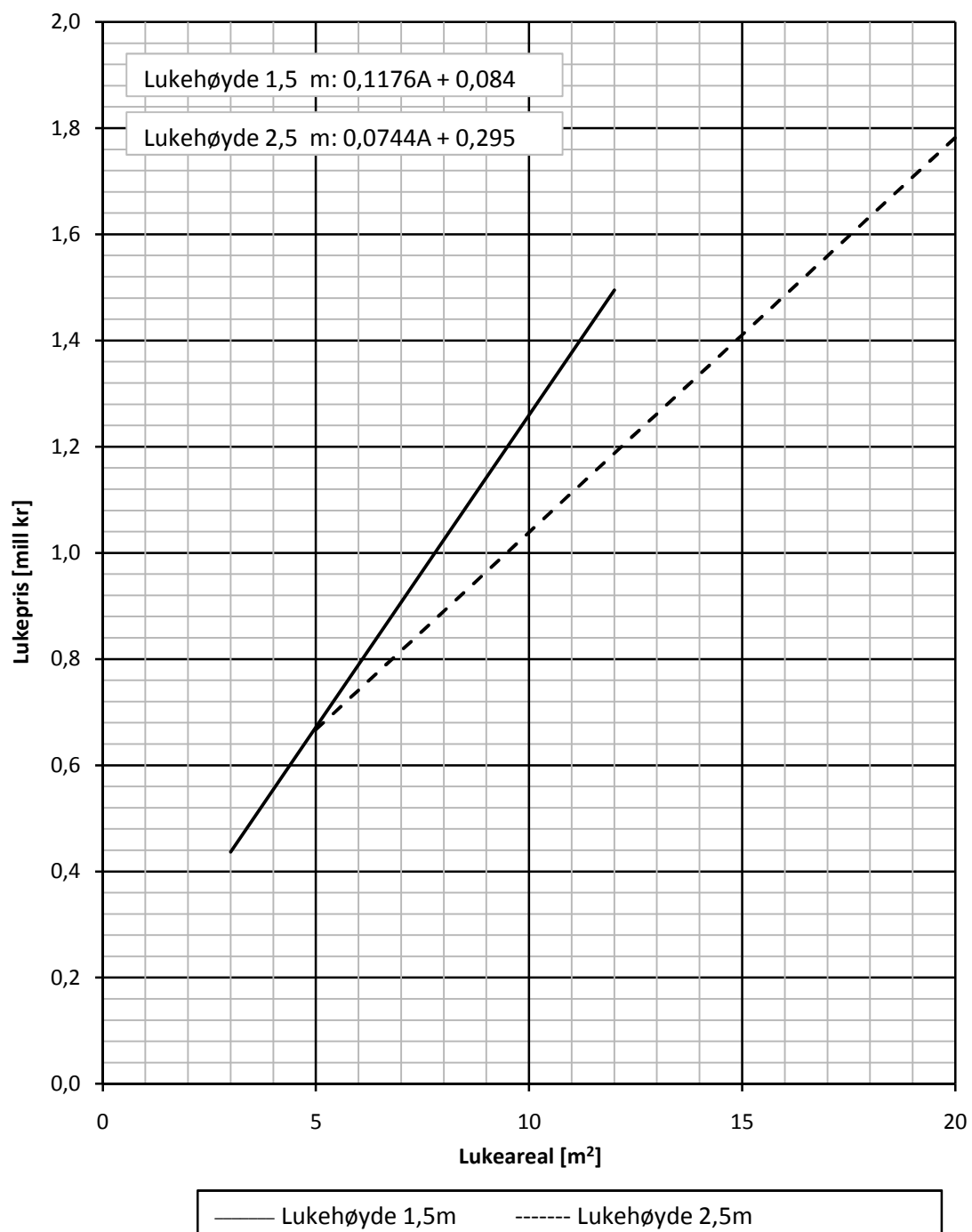
Prisnivå pr. jan. 2010

Prisene gjelder for komplett montert luke
 Bygnings og anleggsmessige arbeider er ikke inkludert
 Dimensjonerende vanntrykk 10 mvs
 Beregnet sjakthøyde 10 m



Norges
 vassdrags- og
 energidirektorat

FIG 3.3.1



Kostnader klappeluker

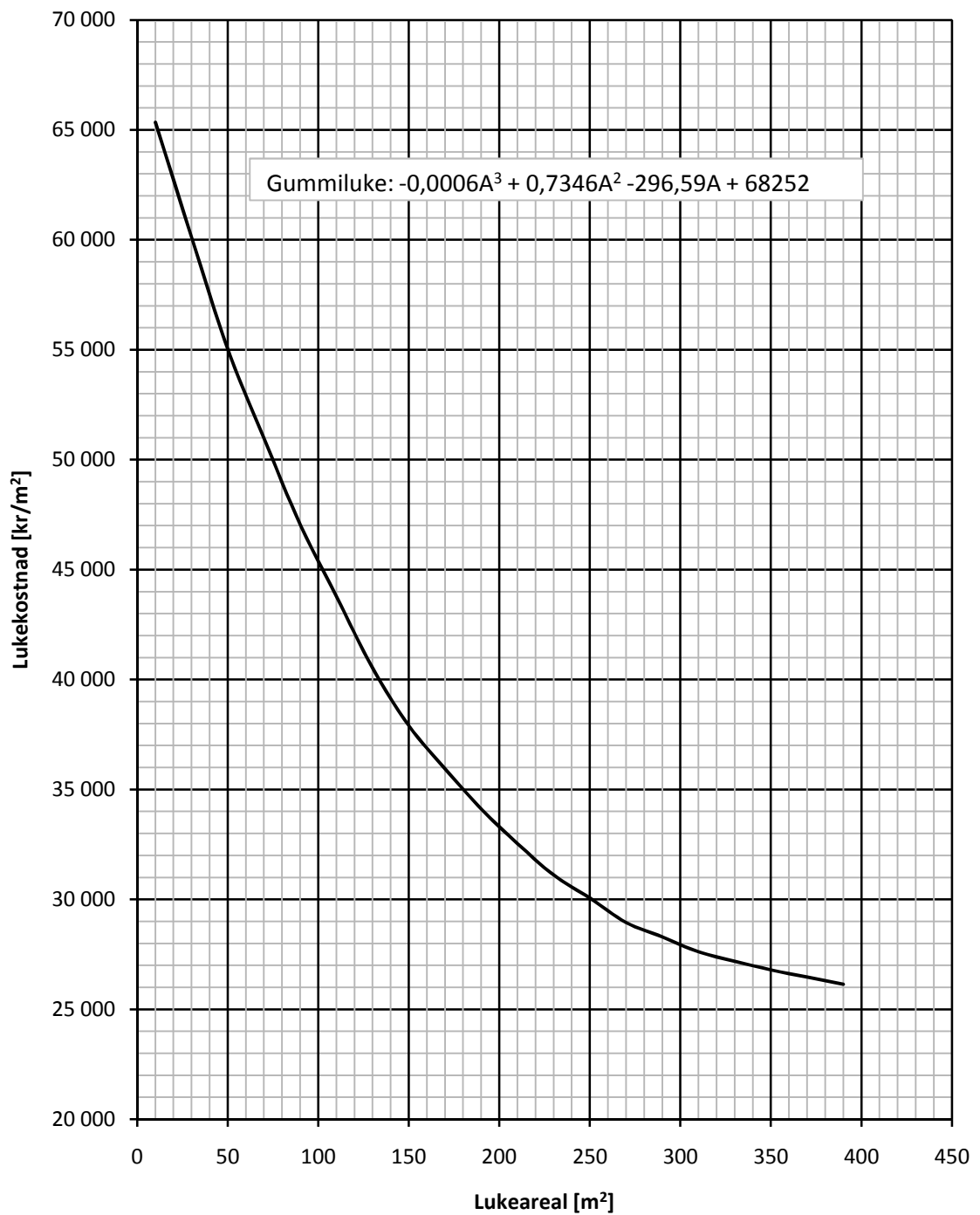
Prisene gjelder komplett montert luke
Bygningsmessige arbeider er ikke inkludert

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.3.2



Kostnader gummiluke

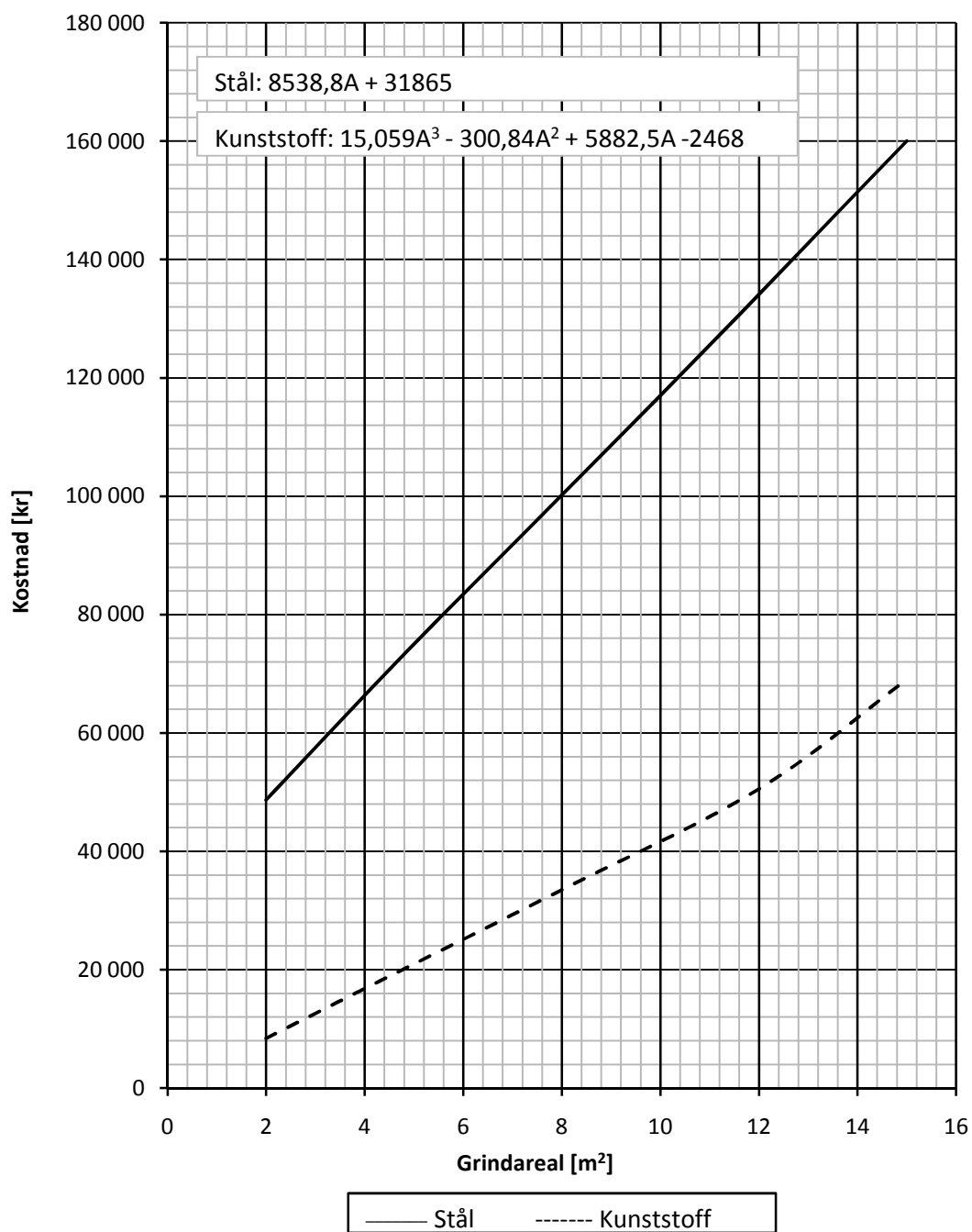
Priskurven er veiledende både for luftfylte og vannfylte luker
 Oppgitt lukeareal gjelder bredde x høyde
 Øvrige bygningsmessige kostnader er ikke inkludert

Prisnivå pr.jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.3.3



Kostnader varegrinder

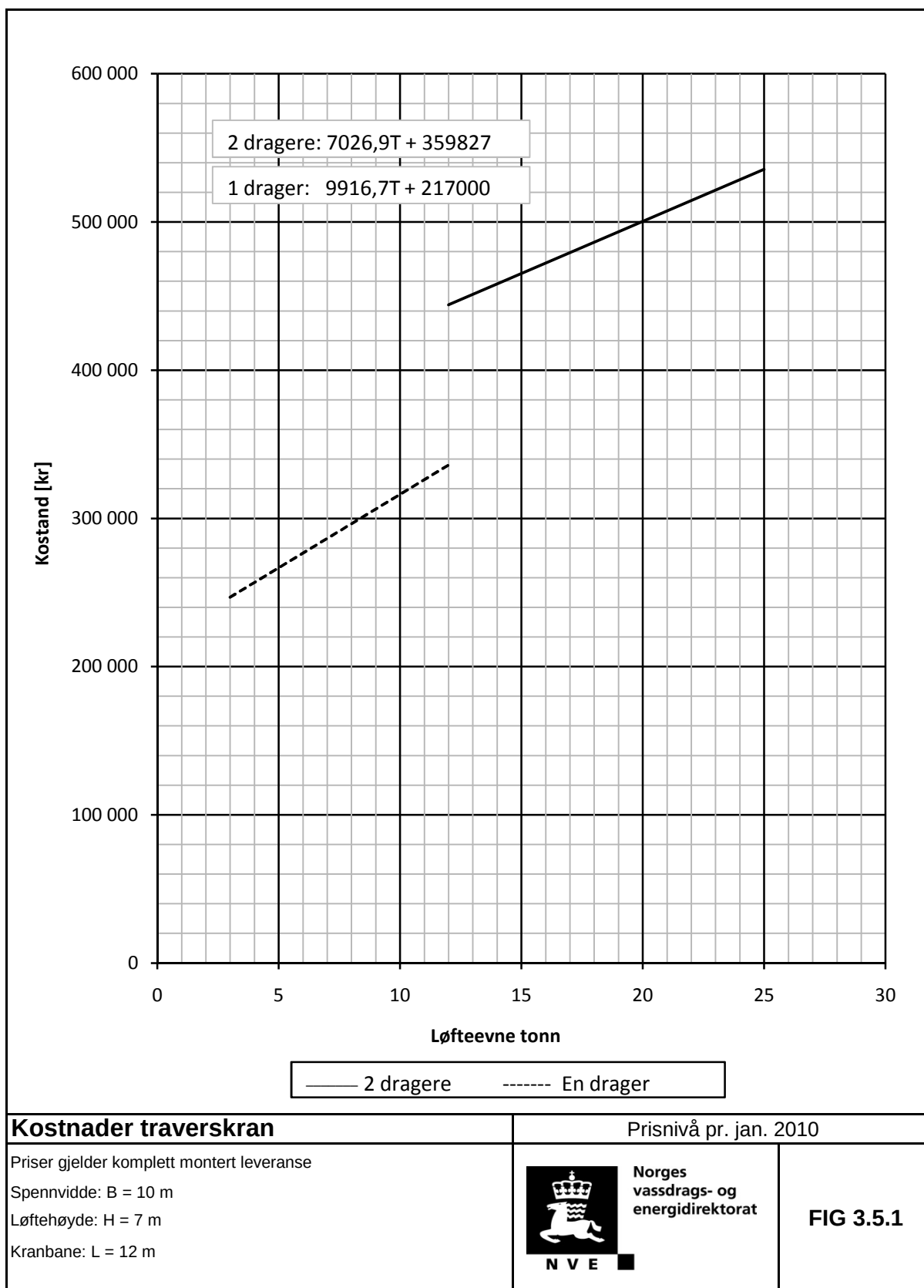
Maks vanntrykk: 10 m
Høyde varegrind 2 m, bredde variabel
Varegrind forutsatt uten flyndre
Senteravstand staver: 50 mm
Gjelder komplett montert varegrind

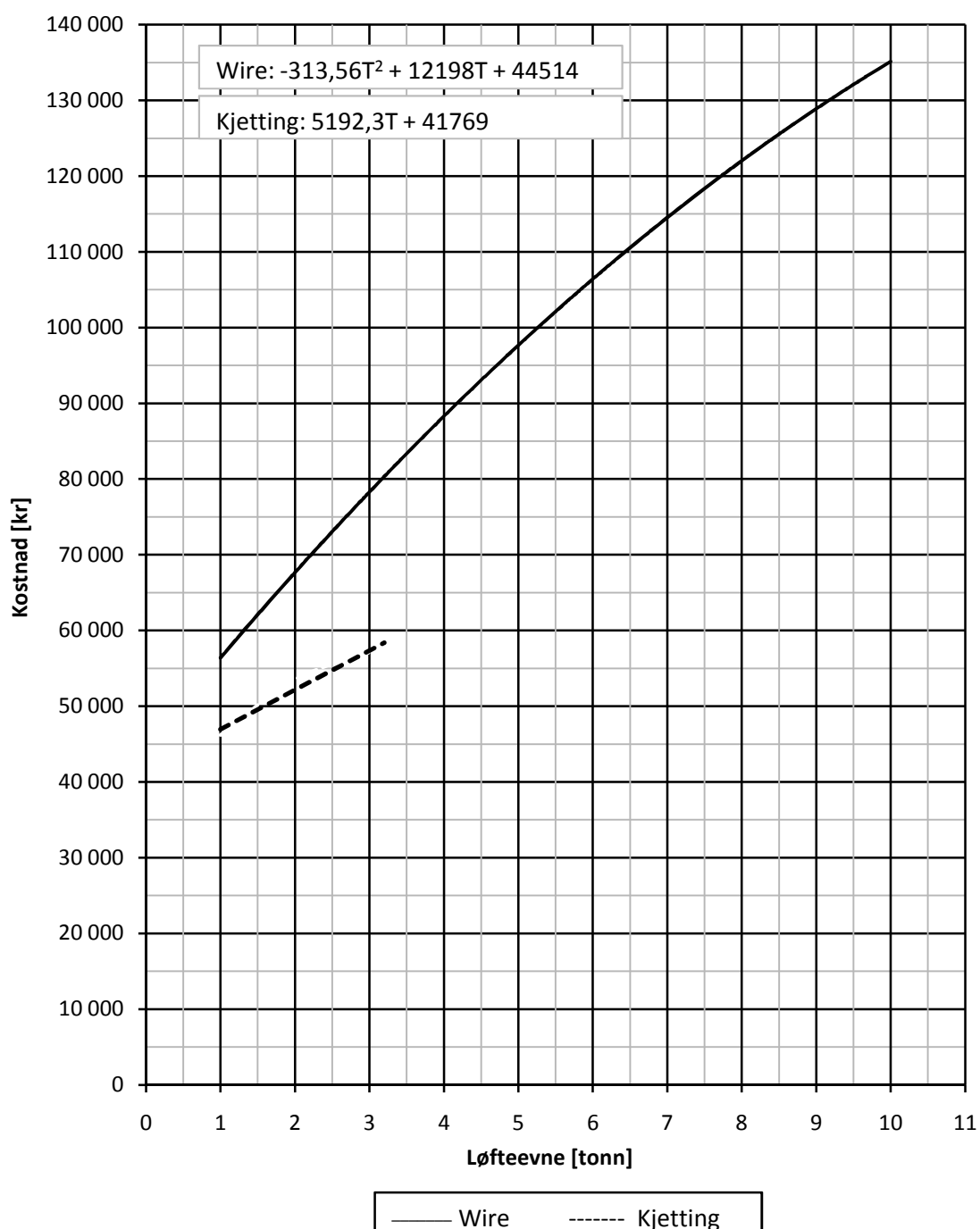
Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.4.1





Kostnader elektrotalje m/el-løpekatt

Prisnivå pr. jan. 2010

Priser gjelder komplett montert

Ant opphengspunkt = 3

Løftehøyde: H = 10 m

Kranbane: L = 10 m



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

N V E

FIG 3.5.2

3.7 Rør

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

- PE rør
- GRP rør
- Spiralsveiste stålrør
- Duktile støpejernsrør

Priskurvene angir prisen pr. meter rør, hvor montasjekostnadene er oppgitt i andel av rørkostnaden. For noen rørtyper 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 betydelig mellom forskjellige leverandører.

Oppgitte trykklasser 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 utarbeidet 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.

Trerør og betongrør er tatt ut av kostnadsgrunnlaget i denne revisjonen. Dette fordi disse rørtypene i liten grad blir benyttet ved bygging av småkraftverk, og at prisgrunnlaget derfor vurderes som for dårlig.

3.7.1 PE rør

Trykklasser og dimensjoner

PE rør lagerføres vanligvis i følgende trykklasser og dimensjoner:

Trykklasse	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 rørskjøt 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:

Trykklasse	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 tilleggsoverflatebehandling, 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.

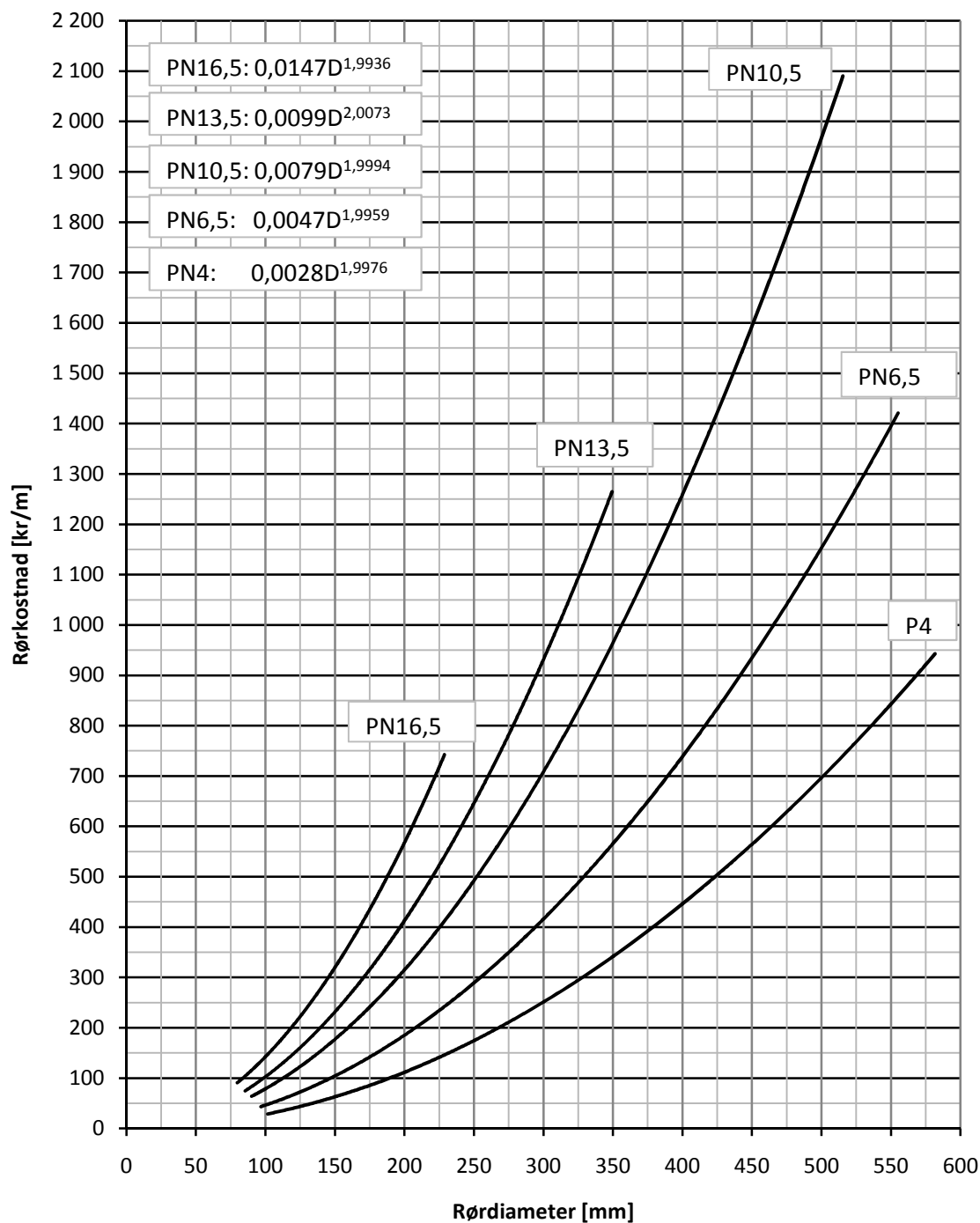
Dårlige:

- Høy vekt.

Kostnader for duktile støpejernsrør er gitt i henhold til trykklassene K9-K12. Sammenhengen mellom oppgitte trykklasser og trykk i bar er angitt i tabellen under. 1 bar = 10 mVS.

Tabell 1: Trykklasser duktile støpejernsrør

DN	K9	K10	K11	K12
[mm]	[bar]	[bar]	[bar]	[bar]
400	42	48	55	61
500	38	43	49	55
600	36	41	46	51
700	34	38	43	48
800	32	37	41	46
900	31	35	39	44
1000	30	34	38	43
1100	29	33	37	42
1200	29	33	37	41
1400	28	31	-	-
1500	28	31	-	-
1600	27	30	-	-
1800	26	29	-	-
2000	26	29	-	-



Kostnader PE rør

Montering er ikke inkludert

Tillegg for montasje 15-25% av rørprisen

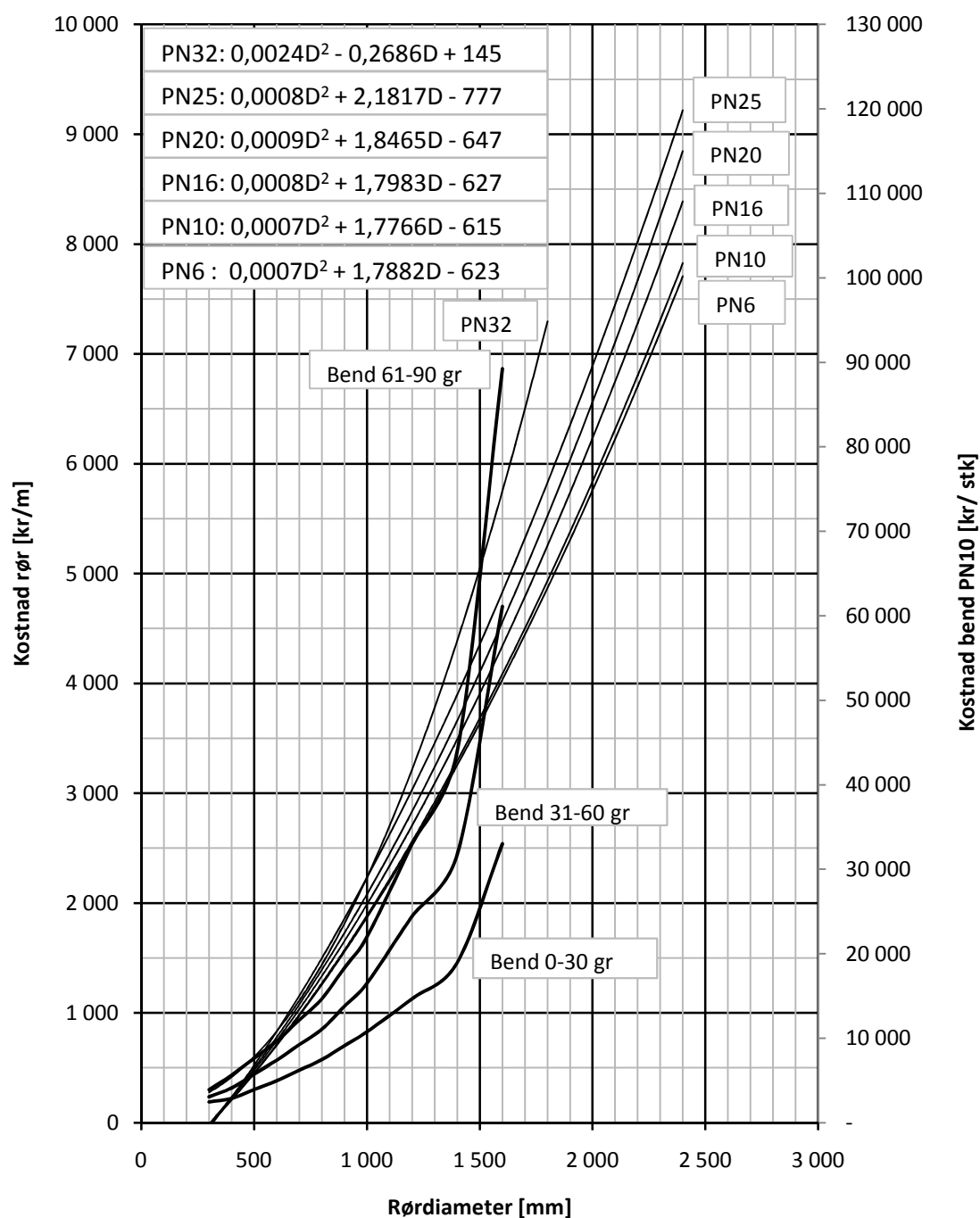
Sikkerhetsfaktor for rør 1,9

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.7.1



Kostnader GRP-rør

Prisene gjelder fritt levert anlegg

Priser gjelder for en leveranse på ca 150 m

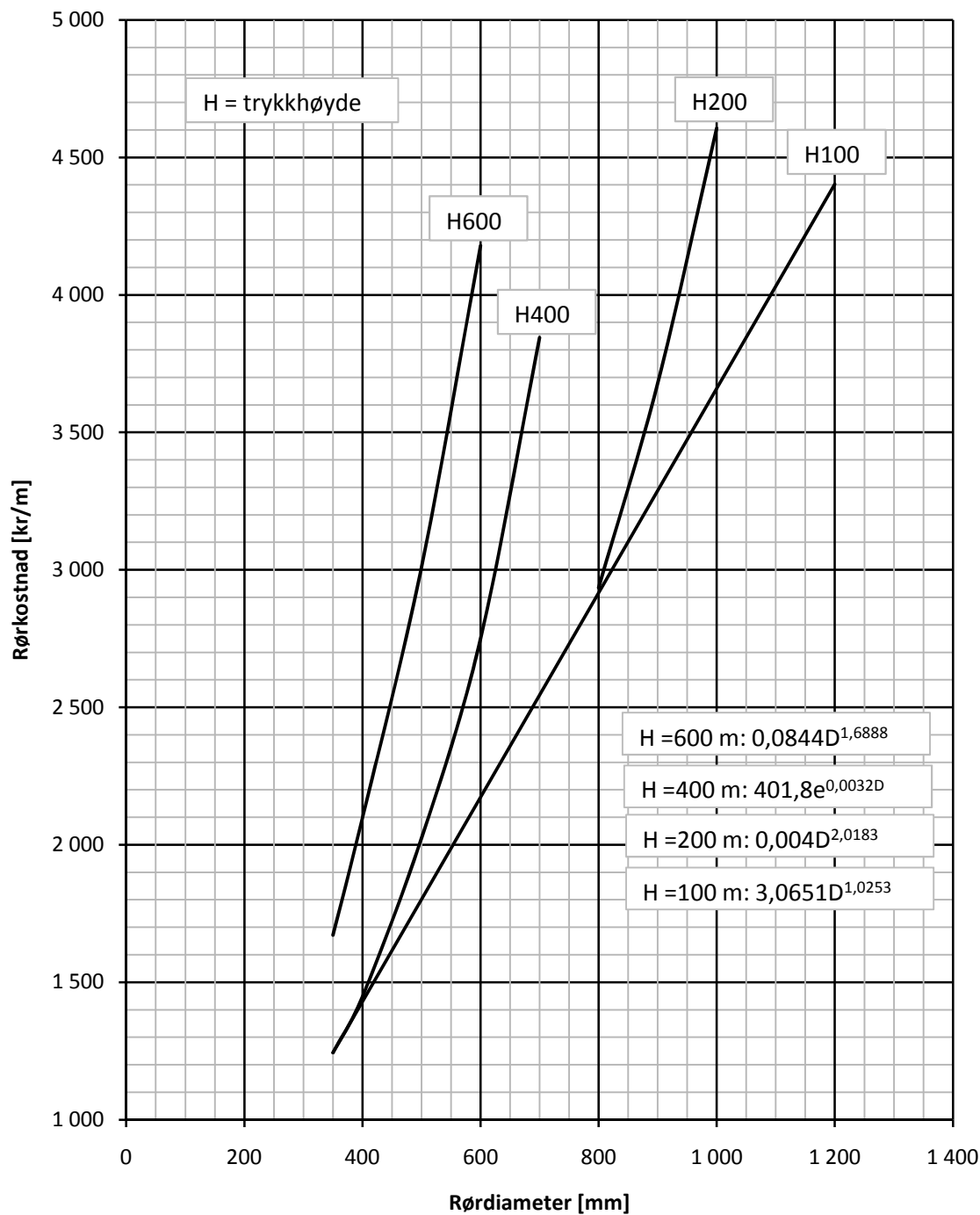
Tillegg for montasje: 20-30 % av rørprisen

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.7.2



Kostnader spiralsveiste stålrør

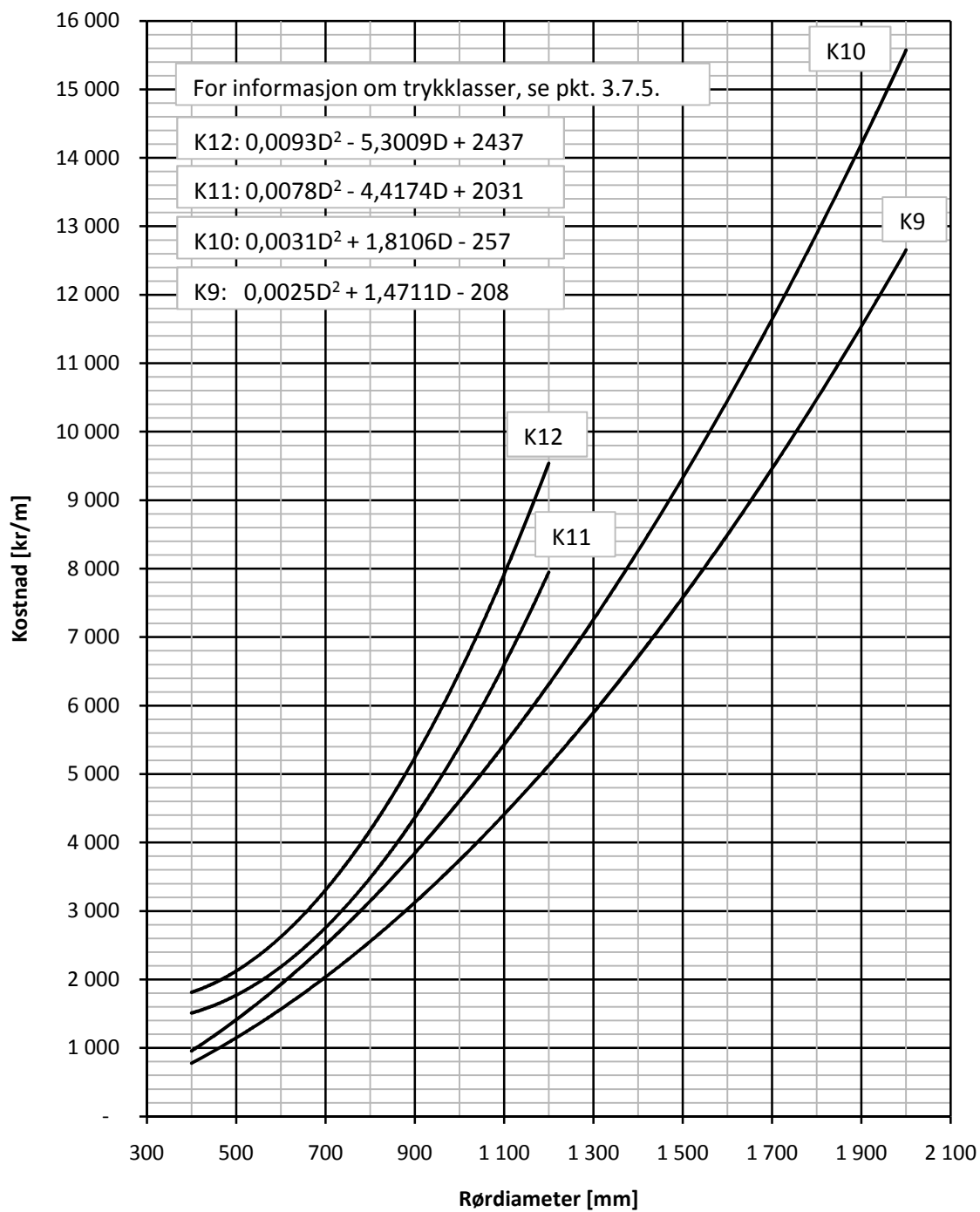
Pris gjelder leveranse fra fabrikk inkl. overflatebehandling,
Tillegg for montering 20-30% av rørprisen.
Prisene er basert på leveranse av ca. 500 m rør.

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.7.3



Kostnader duktile støpejernsrør

Nødvendige muffepakninger er inkludert
 Oppgitte priser rør/bend gjelder fra leverandør
 Transport er inkludert.
 Tillegg for montasje 15-20% av rørprisen

Prisnivå pr. jan. 2010



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 3.7.4

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 kVA. Videre forutsettes at kraftstasjonen skal levere strøm ut på 22 kV distribusjonsnett.

Prisgrunnlaget er i hovedsak basert på innhentede priser fra Norske anlegg bygget de siste fem årene, og med hovedvekt på de siste 1-2 år der hvor det foreligger tilstrekkelig underlag. Det har 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. Budsjettpriser kan også være mangelfulle mhp prosjekteringskostnader, montasje og idriftsettelseskostnader som påløper.

Tilsvarende som på maskin, men i enda sterkere grad, er kostnadene på elektrotekniske komponenter styrt av verdens konjunkturen. Dette var et noe svakt marked i perioden 2000 – 2005, hvilket medførte en svært begrenset prisøkning i denne perioden. Markedet har imidlertid vært preget av meget stor aktivitet både innenlands og utenlands de siste fem årene, og dette har gitt til dels betydelig pris økning på enkelte komponenter.

Prisøkningen på generatorer ligger i størrelsesorden 35 - 40%. For krafttransformatorer har økningen vært i størrelsesorden 50 - 60%, noe avhengig av størrelsen. Kontrollanlegg og koplingsanlegg ca. 30%, men med betydelig spredning i det innhentede kostnadsgrunnlaget.

Følgende hovedkomponenter presenteres:

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

4.1.1 Effektfaktor ($\cos\Phi$)

Ytelsen for elektrotekniske komponenter som generatorer, transformatorer og apparater angis i kVA. I kapitlene for bygningstekniske og maskintekniske installasjoner brukes kW som mål for ytelsen. Av hensyn til sammenhengen mellom kapitlene brukes kW også for elektroteknisk materiell. Vi har antatt en fast effektfaktor ($\cos\Phi$) på 0,90. Dette medfører at den elektriske ytelsen i kVA er 11 % høyere enn den som er angitt i kW.

4.2 Generatorer

Omfang

Prisgrunnlaget gjelder luftkjølte generatorer med ytelser i området 500-2000 kVA, og vannkjølte generatorer med ytelser i området 2000-10000 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 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 med luftkjølt generator. Vinterstid kan noe av denne varmen utnyttes som maskinsaloppvarming. Ventilasjonsåpninger for innluft bør være utstyrt med hensiktsmessig luftfilter.

Prisnivå

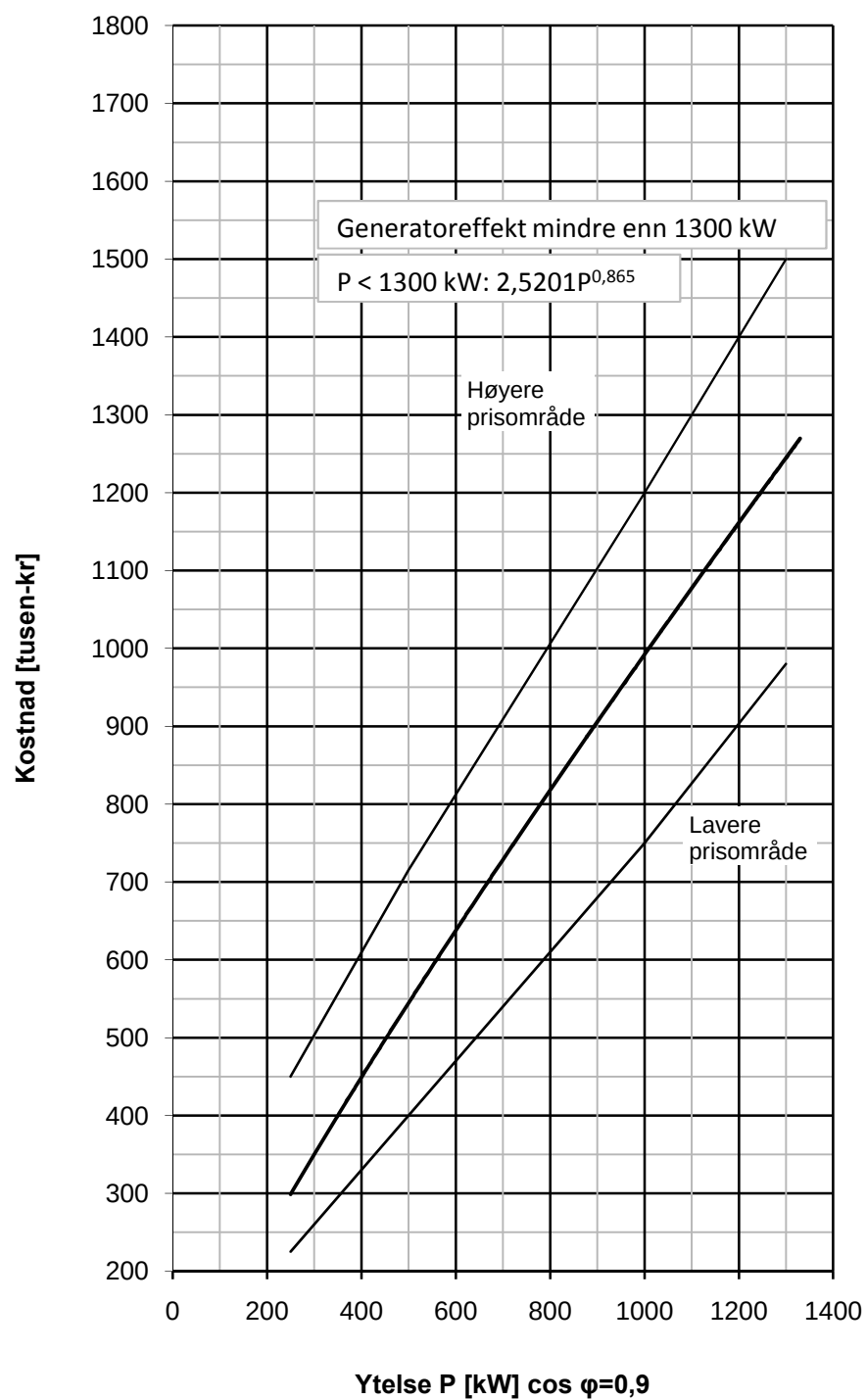
Prisene er basert på innhentede opplysninger om gjennomførte prosjekt og på tilbud fra aktuelle produsenter og leverandører i Norge.

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 kVA)

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 <1300 kW

Prisnivå pr. jan. 2010

Generatorspenning som er typisk for ytelse

Opplagring: Turbin på fri akse

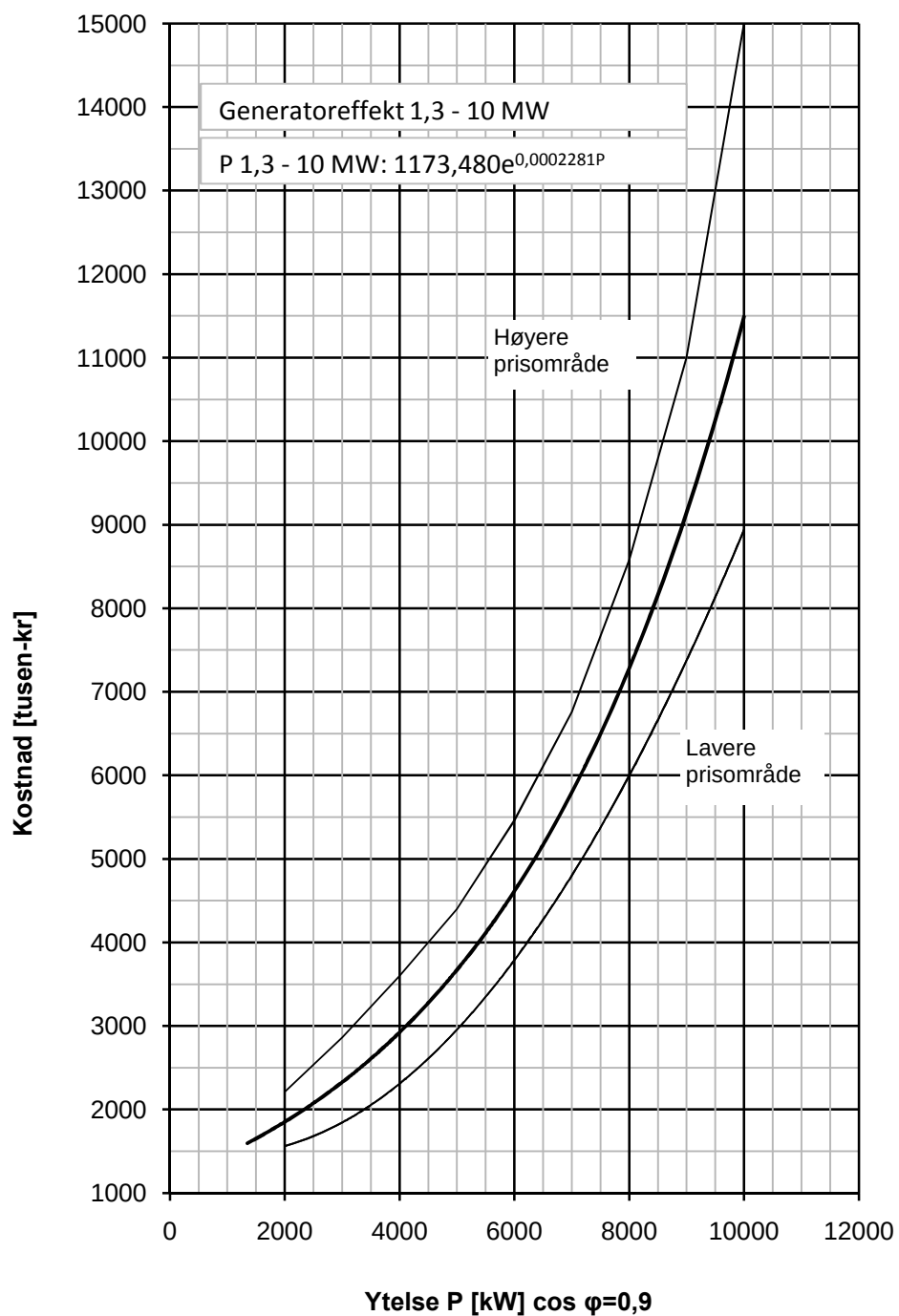
Svingmasse: Normal uten svinghjul

Oppstilling: Horisontalt aggregat



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 4.2.1a



Kostnader generator 1300 kW - 10000 kW

Prisnivå pr. jan. 2010

Generatorspenning som er typisk for ytelse

Opplagring: Turbin på fri aksel

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 justeres i fem trinn ved hjelp av en trinnkopler som er laget for kopling i spenningsløs tilstand. Lastkopler 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.

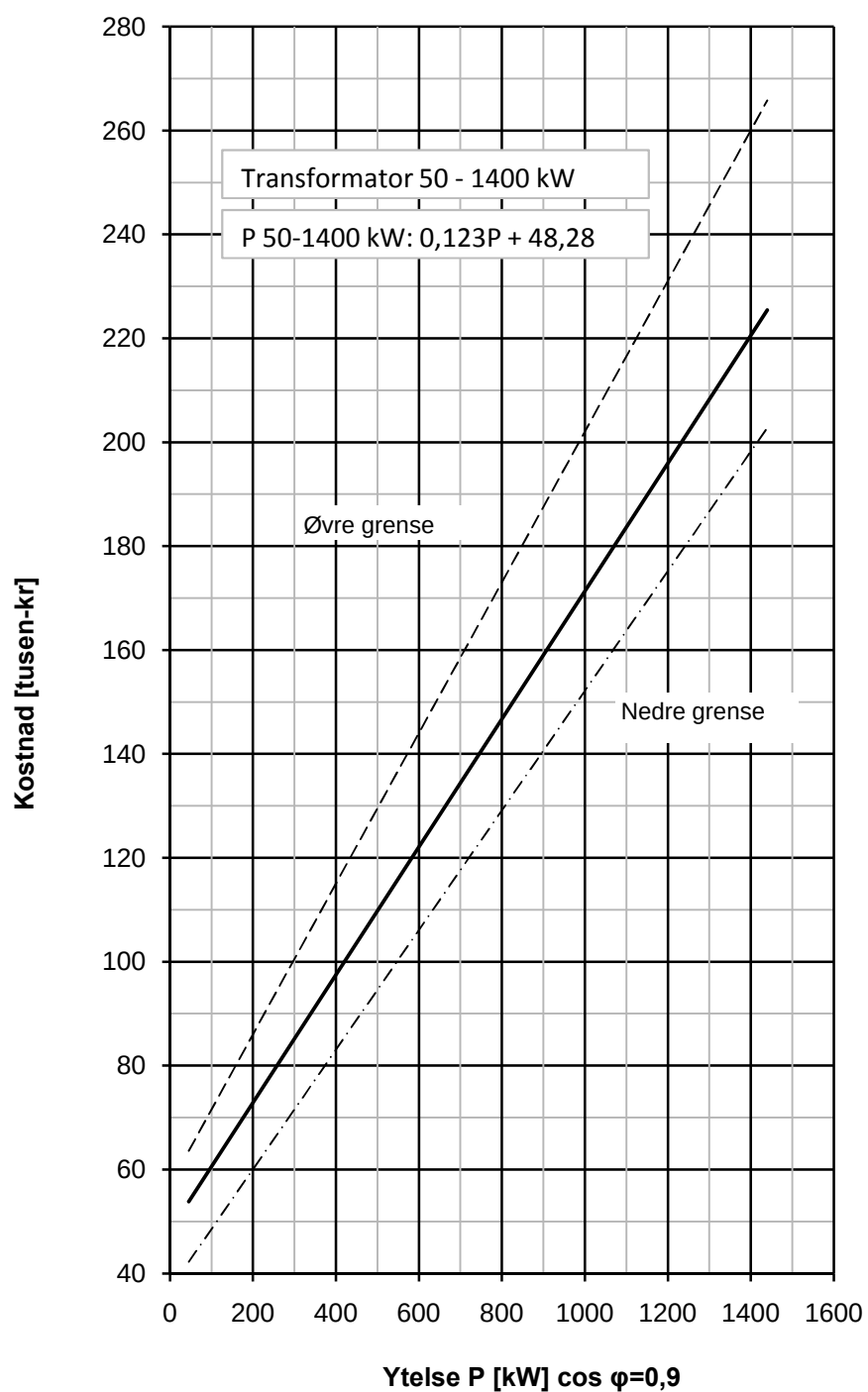
Prisnivå

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. 25 000,- til 50 000,- kr for ytelser mellom 25 og 50 kVA.



Kostnader for krafttransformator < 1400 kW

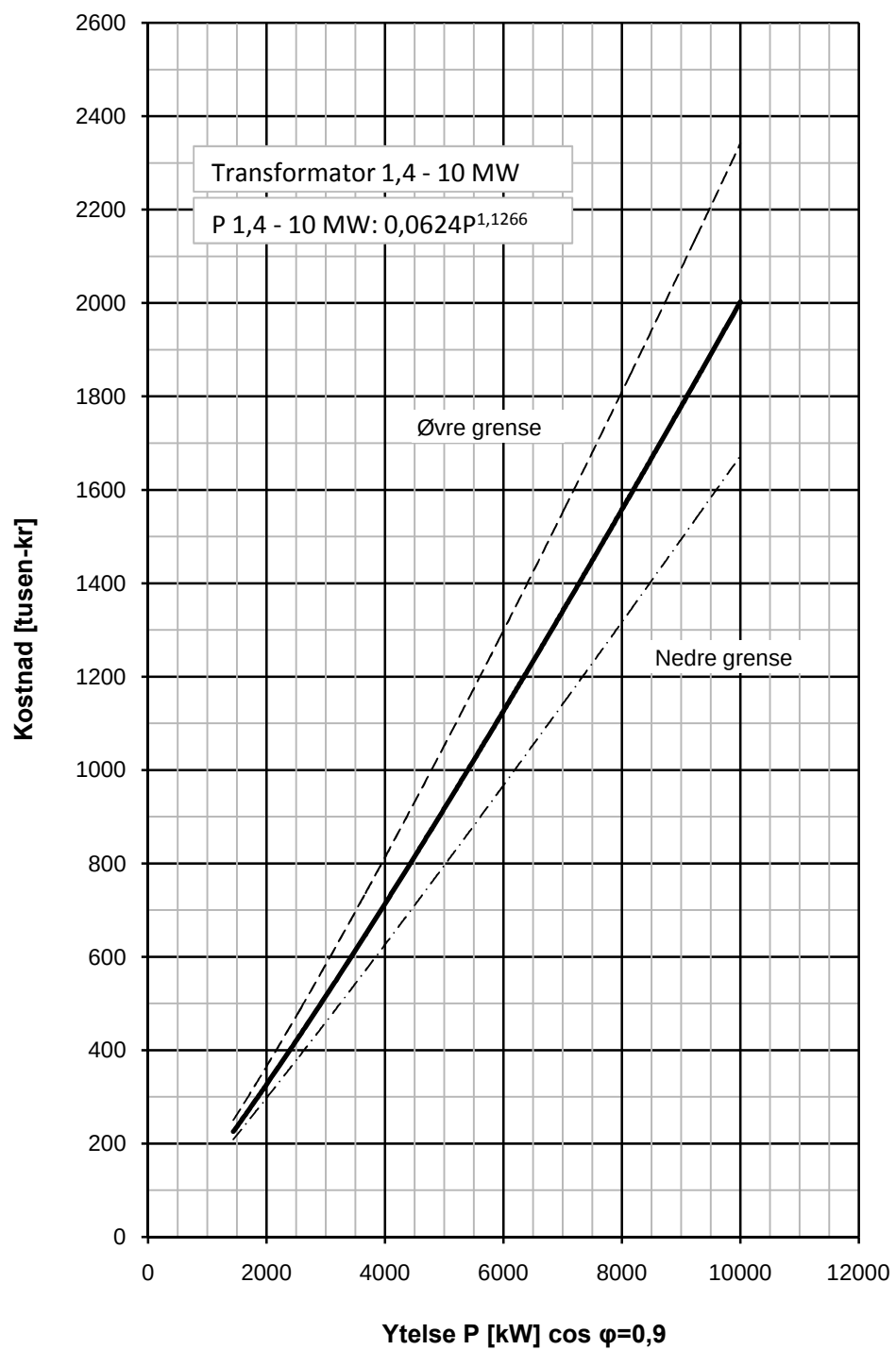
Prisnivå pr. jan. 2010

Lavspenningsside tilpasset generatorspenning



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 4.3.1a



Kostnader for krafttransformator 1.4 MW - 10 MW

Prisnivå pr. jan. 2010

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

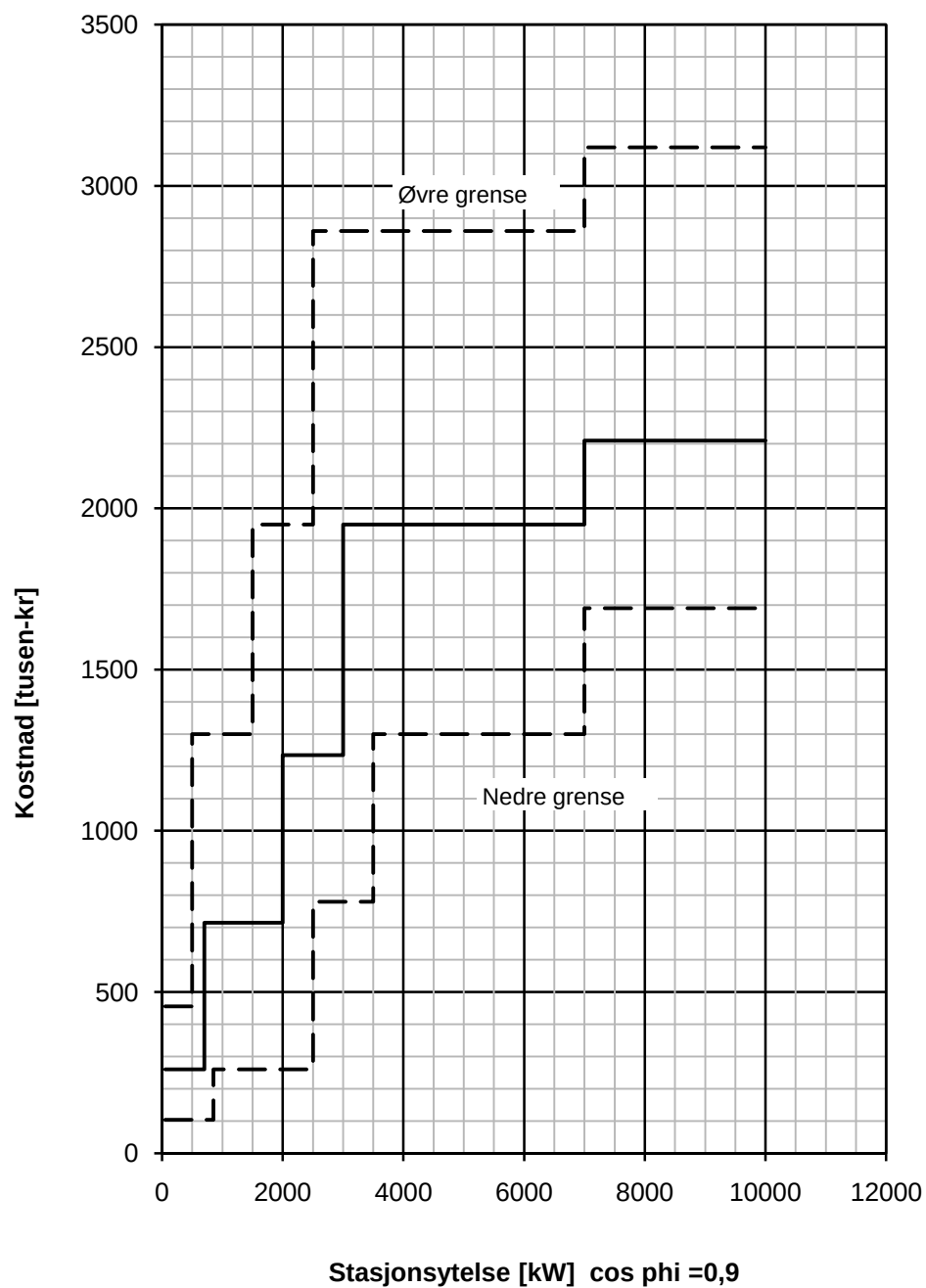
Øvrig vern kan bestå av:

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

og eventuelt:

- Over-/Underspenningsvern (kun for synkronmaskiner)
- Differensialvern (vanlig på maskiner større enn ca. 2000 kVA)
- 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 i stor grad av instrumentering, automatiseringsgrad, type fjernkontroll m.m.



Kostnader kontrollanlegg

Følgende utstyr er inkludert:

- Aggregatkontroll
- Generatorvern
- Batterianlegg m/likereetter

Prisnivå pr. jan. 2010



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 leverte anlegg, tilbudte anlegg samt budsjettpriser fra leverandører av aktuelt utstyr de siste 1-2 år.

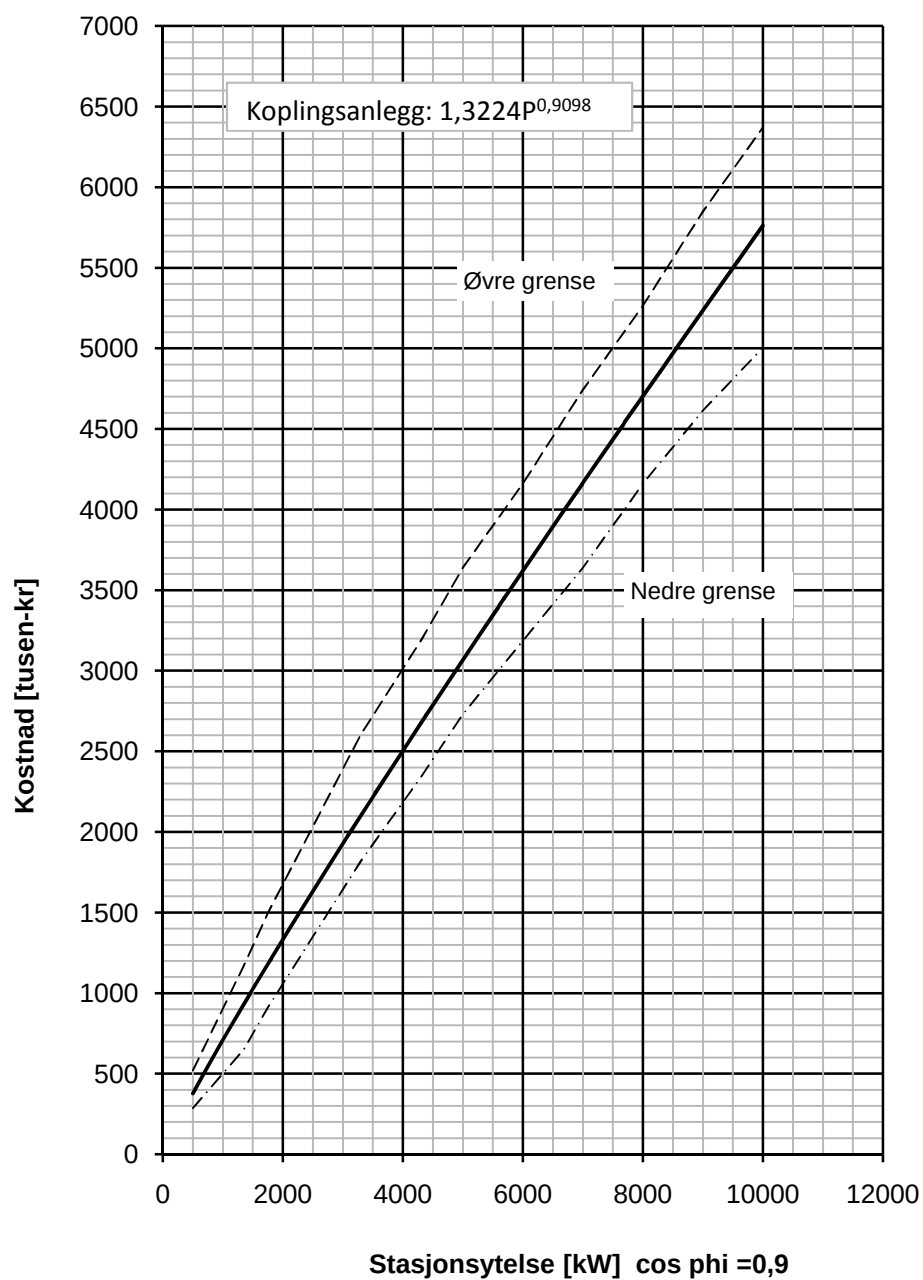
I det følgende er det gitt grafiske oversikter over prisnivået for koplingsanlegg for anlegg med ett aggregat. Priser for anlegg med to eller flere aggregat er ikke beregnet, men man kan stort sett anta at prisen nesten dobles for et kraftverk med to aggregat.

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.



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

Kostnader Koplingsanlegg

Prisnivå pr. jan. 2010

Følgende utstyr er inkludert:

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



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 4.5.1

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.

5 KOMPLETTE ELEKTROMEKANISKE LEVERANSER

5.1 Generelt

5.1.1 Leveranseomfang

Leveranser av komplette elektromekanisk utstyr omfatter generelt alt nødvendig elektromekanisk utstyr i kraftstasjonen, komplett montert og idriftsatt, hvor annet ikke er oppgitt i kommentaren til hver enkelt priskurve.

I en komplett elektromekanisk leveranse inngår normalt følgende:

- Turbin
- Turbinstyring
- Innløpsventil
- Generator
- Kontrollanlegg
- Koplingsanlegg
- Transformator 22 kV (se eget notat under mikro- og miniaggregater)
- All intern kabling i stasjonen
- Transport, forutsatt kjørbare vei
- Prosjektering, montasje og idriftsettelse

Leveransen omfatter derimot ikke:

- Bygge- og anleggsmessige arbeider
- Ventilasjon, lys og varme installasjon i kraftstasjonen
- Reservedeler
- Merverdiavgift
- Byggherreutgifter
- Uforutsett

5.2 Komplette småkraftverk aggregat fra 500 – 10 000 kW

5.2.1 Prisgrunnlag

Det har ikke tidligere vært utarbeidet kurver for komplette elektromekaniske leveranser på installasjoner over 500 kW, slik at en har ingen tidligere kostnadsgrunnlag og sammenligne med.

Prisgrunnlaget er i hovedsak basert på innhentede priser fra Norske anlegg bygget de siste fem årene, og med hovedvekt på de siste 1-2 år der hvor det foreligger tilstrekkelig underlag. Prisene er justert for pristigning opp til 2010 nivå.

Prisgrunnlaget gir oversikt over elektromekaniske leveranser i kraftstasjoner, og gjenspeiler prisnivået med normalt leveringsomfang og kvalitet på utstyr.

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 synkrongenerator for aggregat over 1.000 kVA. Videre forutsettes at kraftstasjonen skal levere strøm ut på 22 kV distribusjonsnett.

Budsjettpriser fra leverandører har vist seg å variere en god del. Budsjettpriser kan også være mangelfulle mhp prosjekteringskostnader, montasje og idriftsettelseskostnader som påløper. Generelt bør man være forsiktig med budsjettpriser innhentet i en tidlig fase av et prosjekt og det anbefales og sammenligne de med priskurvene her.

5.2.2 Småkraftverk aggregater

Prisene 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 i effekt området fra 500 – 10 000 kW. Fallhøydekurvene som er tegnet inn på prisdigrammene, 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.

Når det gjelder valg av turbintyper, generator og transformator etc., henvises det til kapittel 3 ”Maskintekniske arbeider” og kapittel 4 ”Elektrotekniske arbeider” for mer detaljerte og utdypende forklaringer for de respektive fagområder.

5.3 **Mikro- og miniaggregater inntil 500 kW**

5.3.1 Prisgrunnlag

Prisene er basert på anlegg bygget de siste fem årene, og med hovedvekt på de siste 1-2 år der hvor det foreligger tilstrekkelig underlag.

I perioden 2000-2005 var det generelt svært liten prisstigning på grunn av det pressede markedet med relativt liten aktivitet. I perioden fra 2005 og fram til 2010 har det imidlertid vært stor aktivitet, både i Norge og internasjonalt, både på maskin og spesielt elektroteknisk utstyr. Dette har ført til en prisstigning på komplette elektromekaniske leveranser i størrelsesorden 30-40%.

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.

5.3.2 Mikro- og miniaggregater

Prisene 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 i effekt området opp til 500 kW. For turbiner mindre enn 10 kW kan prisene i kr/kW være svært 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 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 mikroaggregater 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/rørturbin

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 + koplingsanlegg + eventuelt transformator.

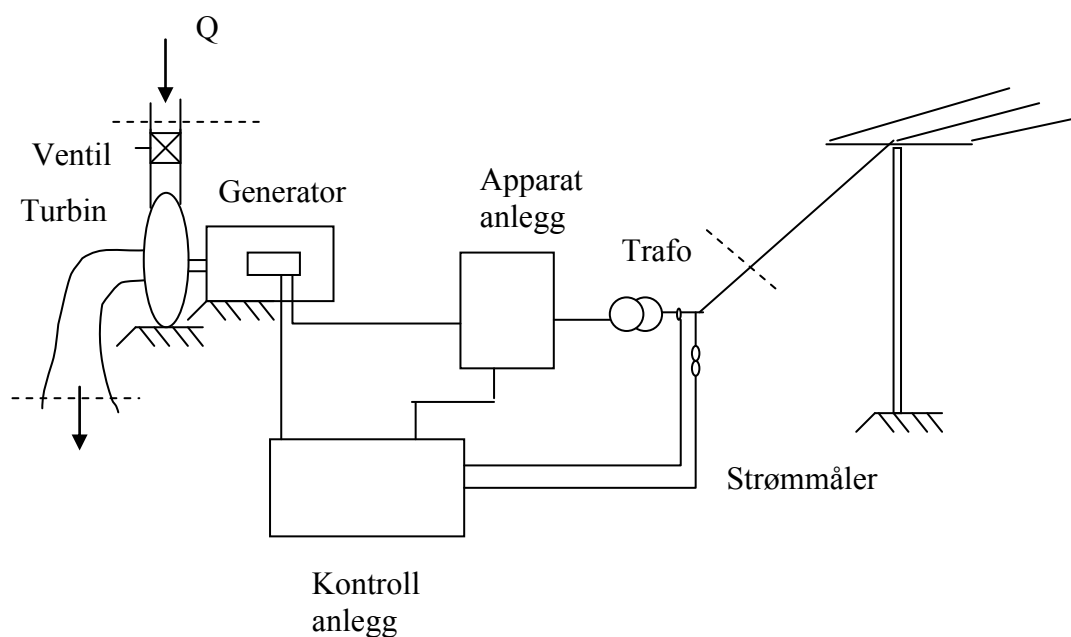
På anlegg som koples direkte til lavspent nettet (240/400V) trengs det ikke transformator. Dette gjelder normalt anlegg med en ytelse mindre enn ca. 100 kW.

Generelle tips ved valg av mikroaggregat leverandør

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, som maks. og minimum vannføring for kontinuerlig drift. Viktig mht å utnytte mest mulig av vannføringen.
- Virkningsgrad. Vær kritisk til oppgitte virkningsgrader som mangler pålitelig dokumentasjon.
- Driftssikkerhet kan være like viktig som høy virkningsgrad.
- Er alt med i leveransen (prisen). Sjekk om alt nødvendig utstyr/arbeid er medregnet i oppgitt pristilbud.

Prinsippskisse:



5.3.3 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 6 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 aller enkleste kan være utstyrt med en nåleventil på en injektor og har kuleventil i resterende dyser/injektorer. Miniturbinene kan ha plasthjul når trykket er lavere enn 100 m.

5.3.4 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, men dette er avhengig av forholdet mellom fallhøyde og vannføring.

5.3.5 Kaplan

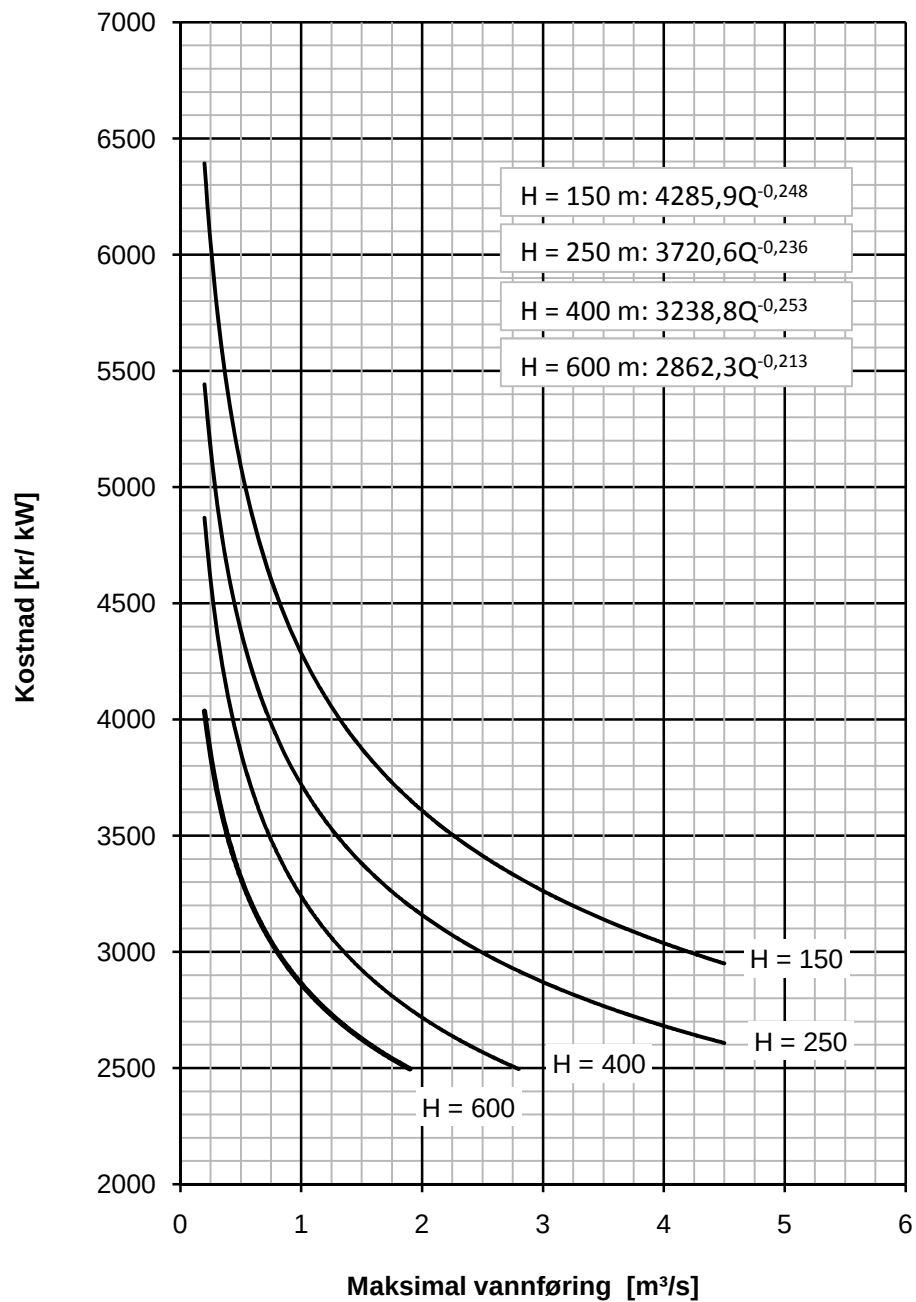
Bruksområde

Små Kaplan-turbiner brukes sjeldent over 25 m. For nedre grense for fallhøyden er det ofte kostnaden i 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..

5.3.6 Andre turbintyper

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 fordelen at den er relativt enkel og vedlikeholde og rimelig ved innkjøp.



Kostnader el/mek pakke Pelton 500-10000 kW

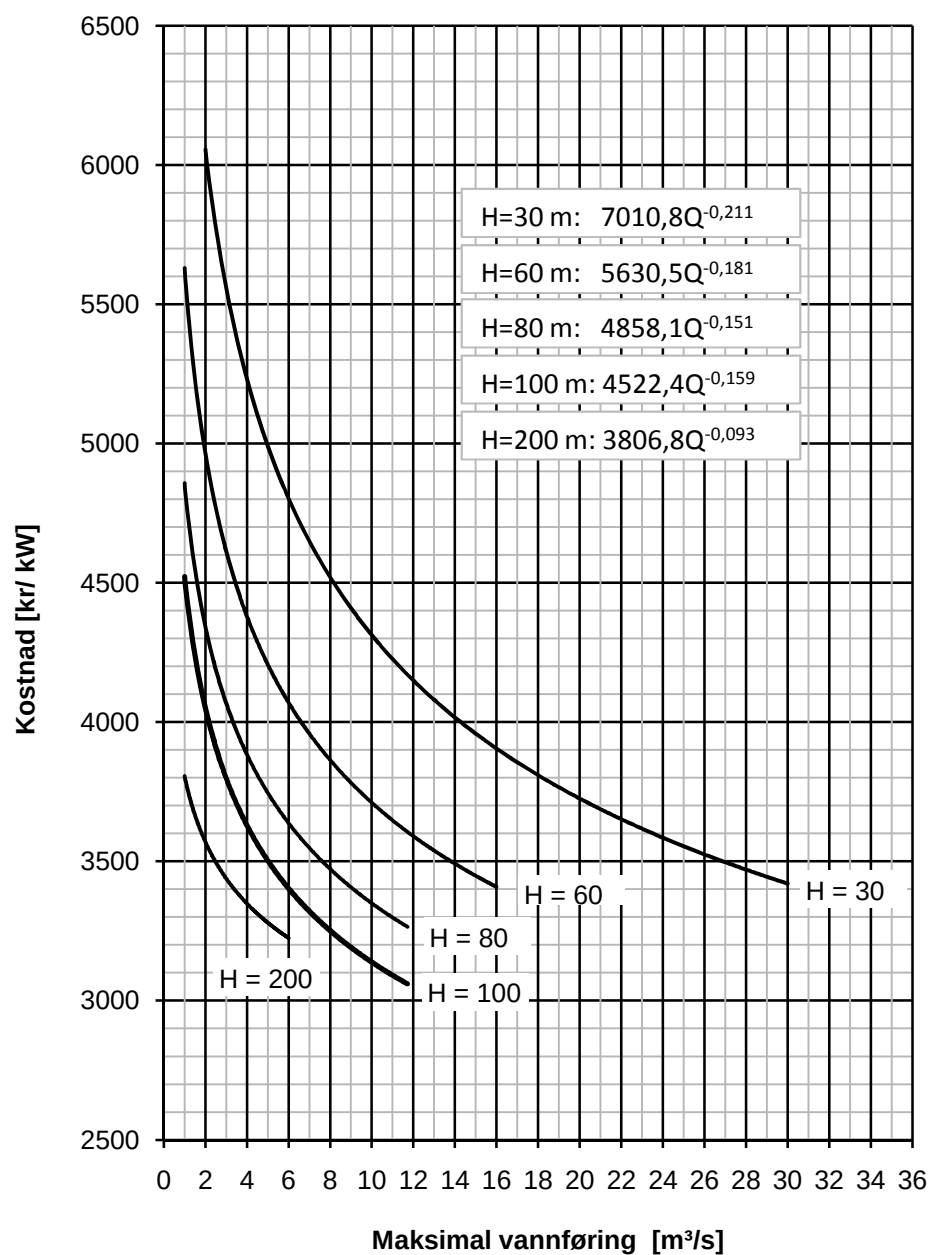
Prisnivå pr. jan. 2010

Kurvene gjelder for komplett montert leveranse
Priskurvene inkluderer: Turbin + turbinstyring + innløpsventil + generator + kontrollanlegg + koplingsanlegg + transformator



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 5.2.1



Kostnader el/mek pakke Francis 500-10000 kW

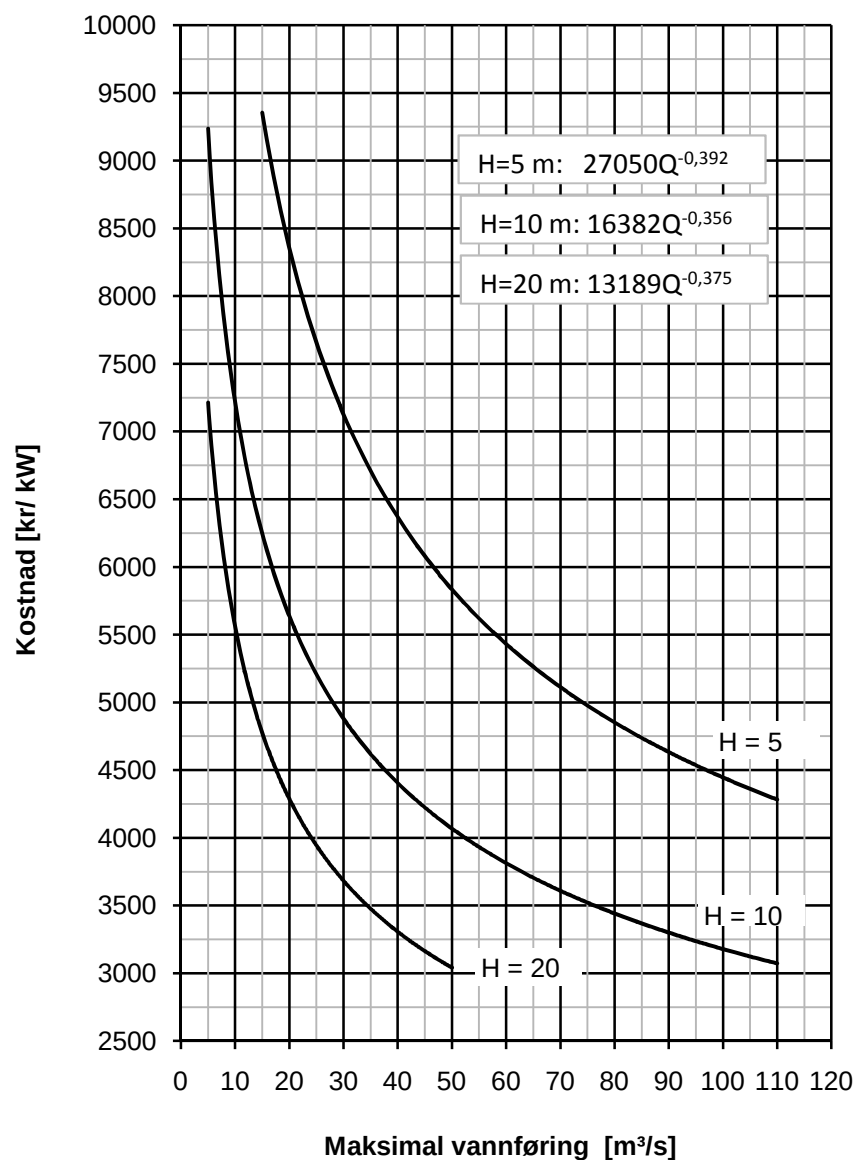
Prisnivå pr. jan. 2010

Kurvene gjelder for komplett montert leveranse
Priskurvene inkluderer: Turbin + turbinstyring + innløpsventil + generator + kontrollanlegg + koplingsanlegg + transformator



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 5.2.2



Kostnader el/mek pakke Kaplan 500-10000 kW

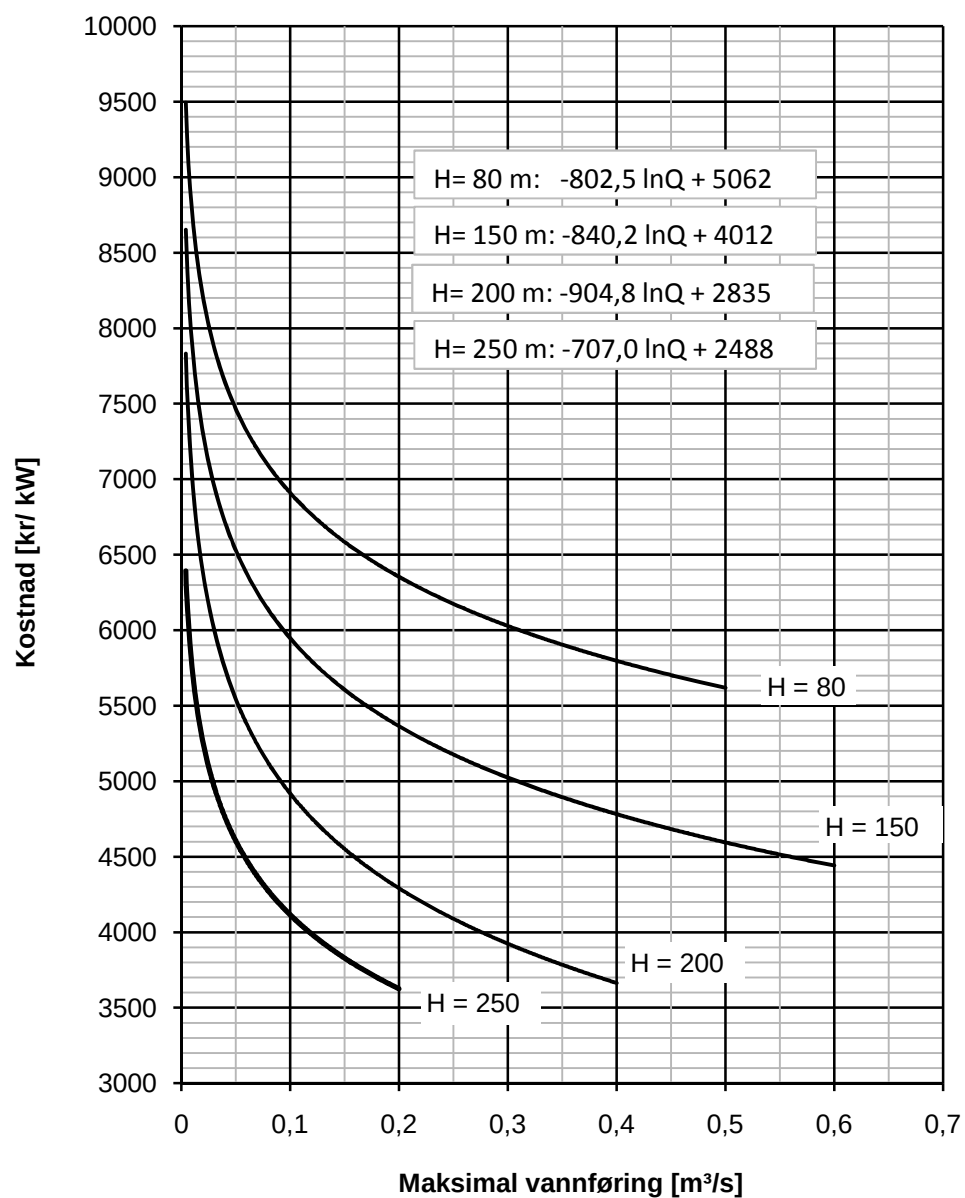
Prisnivå pr. jan. 2010

Kurvene gjelder for komplett montert leveranse
Priskurvene inkluderer: Turbin + turbinstyring + innløpsventil + generator + kontrollanlegg + koplingsanlegg + transformator



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 5.2.3



Kostnader el/mek pakke Pelton 1-500 kW

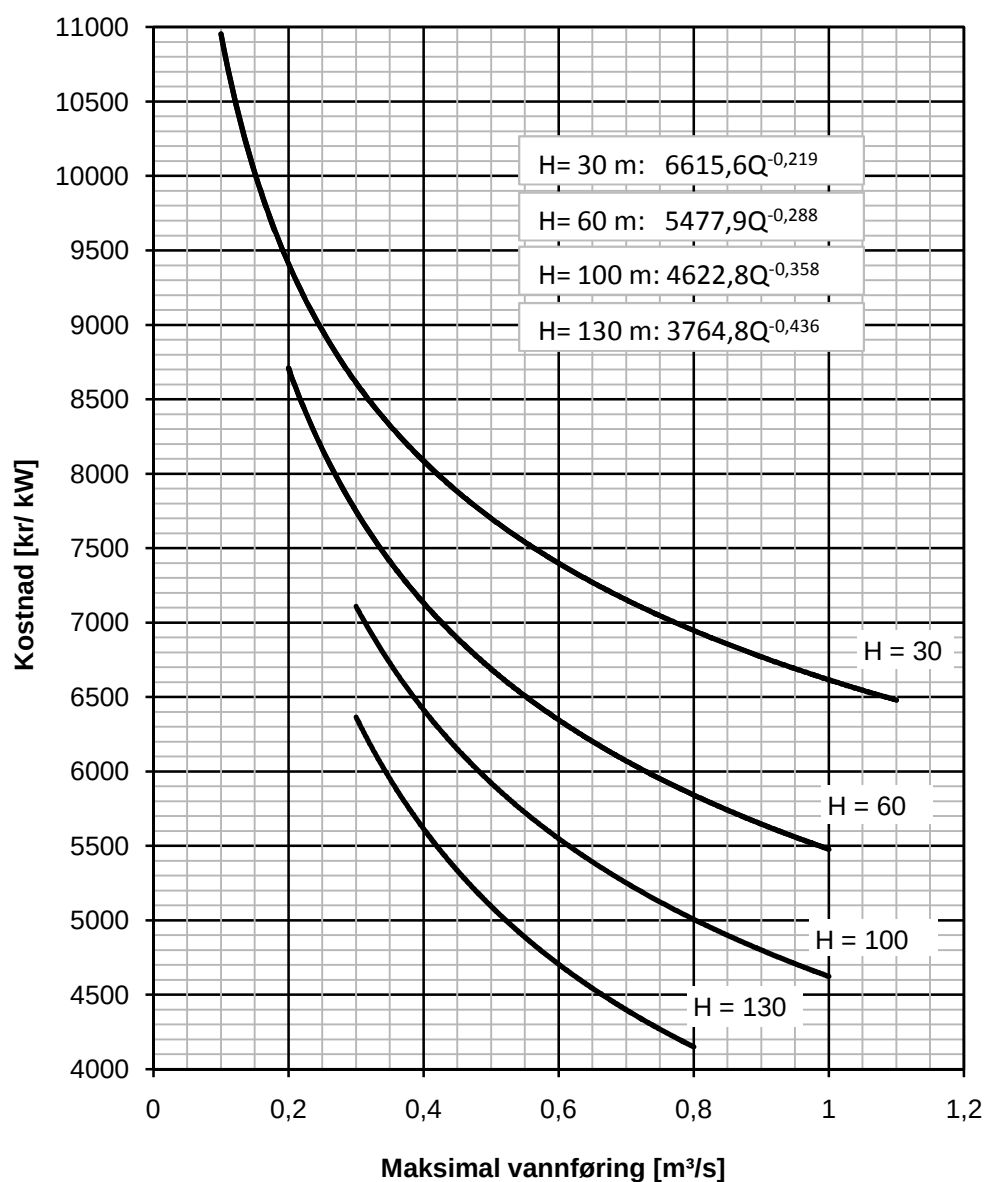
Prisnivå pr. jan. 2010

Kurvene gjelder for komplett montert leveranse
Priskurvene inkluderer: Turbin + turbinstyring + innløpsventil + generator + kontrollanlegg + koplingsanlegg + (transformator)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 5.3.1



Kostnader el/mek pakke Francis 20-500 kW

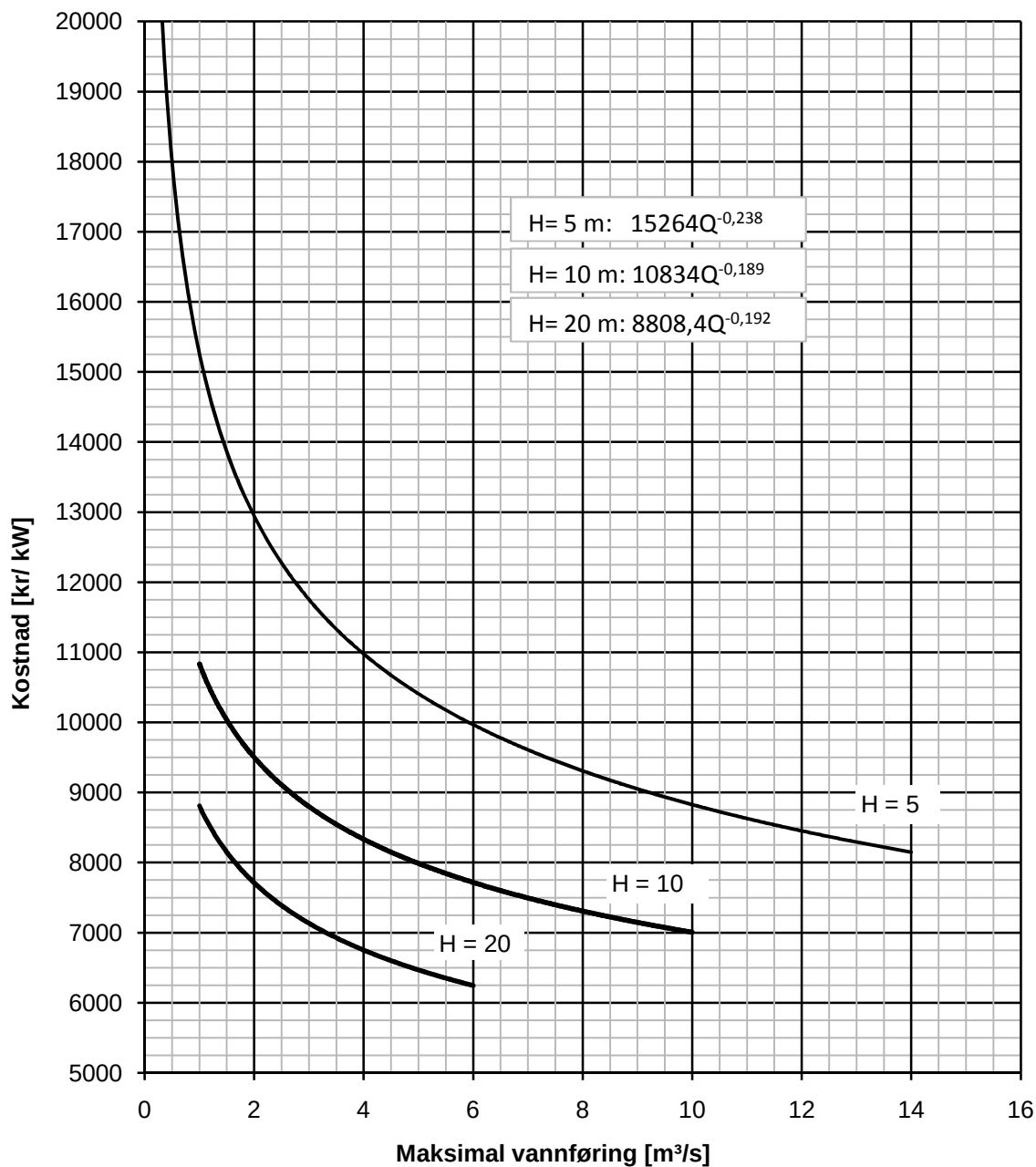
Prisnivå pr. jan. 2010

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 + koplingsanlegg + (transformator)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 5.3.2



Kostnader el/mek pakke Kaplan 20-500 kW

Prisnivå pr. jan. 2010

Prisene gjelder for komplett montert leveranse
 Kurvene gjelder både for rør- og Kaplan-turbiner
 Priskurvene inkluderer: Turbin + turbinstyring + generator +
 kontrollanlegg + koplingsanlegg + eventuelt transformator



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FIG 5.3.3

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Håndbokserien i 2010

Nr. 1 Kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg (90 s.)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no