

Bilag 1

Bilag 1

1.1 Renseanlæg - Økonomiske beregningsforudsætninger

1.1.1 Omkostninger ved eksist. udbygning af rensesanlæg > 15.000 PE til N og P fjernelse

Der findes ikke nationale opgørelser af hvad de faktiske omkostninger til udbygning af rensesanlæg efter VMP I har været.

Som referencetal er beregnet hvad omkostningerne til den allerede gennemførte VMP rensning for anlæg større end 15.000 PE koster i enhedstal for N og P. Dette er derfor gjort ud fra standard enhedstal i Spildevandsteknik, Winther et al. 2004. Disse tal er beregnet af COWI. Der er generelt ikke særskilt medregnet omkostningerne til udbud, projektering og bygherretilsyn.

Et dansk gennemsnitsrensesanlæg større end 15.000 PE har en gennemsnitsbelastningen på 56.000 PE og en dimensionsgivende maks. belastning på 70.000 PE.

Normal spildevandsrensning (max. load 70.000 PE):

MBNDK: 1.600 kr./PE, MBND: 1.300 kr./PE og MB: 800 kr./PE i anlægsomkostninger Winther et. al, 2004 tal (COWI). Da der i de videre beregninger anvendes årsmiddelbelastninger N og P korrigeres for max/middel belastningsforholdet, dvs. enhedsomkostninger forøges 25%:

MNBDK: 2.000 kr./PE

MBND: 1.620 kr./PE

MB: 1.000 kr./PE

Kvælstoffjernelse udgør 620 kr./PE og fosforfjernelse 380 kr./PE

4,4 kg N/år/PE, rensegrad 85-90% - (20-40%) = 2,5 kg N/år/PE

1 kg P/år/PE, rensegrad 90-95% - (20-40%) = 0,63 kg P/år/PE

Anlæg: 248 kr./kg N

Anlæg: 603 kr./kg P

Det antages det afskrivning over 25 år samt en realrente på 6%.

Kapitaliseringsfaktoren K beregnes som $K = 0,06 / (1 - (1 + 0,06)^{-25}) = 0,0782$

De kapitaliserede årlige anlægsomkostninger er dermed:

Anlæg: 19 kr./kg N/år

Anlæg: 47 kr./kg P/år

Årlige driftsomkostninger for et 70.000 PE anlæg er: (inkl. vedligeholde bygninger 1% og maskin og el på 2% og slamhåndtering).

MB: 50-60 kr./PE, MBND: 65 kr./PE og MBNDK: 95 kr./PE, korrigeret for max.

belastning: MB: 63-75 kr./PE, MBND: 81 kr./PE og MBNDK: 119 kr./PE,

svarende til: 5 kr./kg N/år og 60 kr./kg P/år

Kvælstof:
19 kr./kg N/år anlæg
5 kr./kg N/år drift og vedligehold
I alt 24 kr. pr. kg fjernet N/år

Fosfor:
47 kr./kg P/år anlæg
60 kr./kg P/år drift/vedligeholdelse
I alt 107 kr. pr. kg fjernet P/år

Til sammenligning blev omkostningerne i 1991 i Konsensusrapporten vurderet til 20-30 kr./kg N og 20-30 kr./kg P fjernet. Priserne for kvælstof er på samme niveau. Fosfor er en del højere, hvilket formodentlig især skyldes at fosforindholdet i spildevand er faldet i perioden, hvorfor fosforfjernelse bliver relativt dyrere pr. fjernet enhed.

1.1.2 Optimering af eksisterende renselanlæg

Scenario: Alle anlæg større end 15.000 PE uden dynamisk styring får en sådan styring.
130 renselanlæg á 56.000 PE i alt, hvor der modregnes 50 anlæg, der allerede har en sådan optimering. Middelårsflow er 4,0 mill. m³.
N kan reduceres 0 - 3 mg/l (i middel ca. 6.000 kg/anlæg/år)
P reduktionspotentiale: 0,1- 0,2 mg/l (i middel ca. 600 kg/anlæg/år)

Anlægsomkostning er 1-4 mill.kr. afhængigt af anlægsstørrelse mm.
Der regnes med middelanlægsomkostninger på 2-3 mill. kr./anlæg.
Den gennemsnitlige levetid af styresystemet anslås til 15 år.
Kapitaliseringsfaktoren K beregnes som $K = 0,06/(1 - (1 + 0,06)^{-15}) = 0,103$.
De årlige omkostninger er i alt 16 - 25 mill. kr.

Deles omkostninger ligeligt til N og P reduktion fås:
17-26 kr./kg N/år
170-260 kr./kg P/år

Mht. driftsomkostninger er erfaringer fra renselanlæg, at kommunerne ofte har haft måleudstyret i forvejen, men at man blot manglende den dynamiske edb anvendelse af data til styring. Derfor er der ikke regnet med øgede drift- og vedligeholdelsesomkostninger ved at investere i et sådant styresystem.

Med et dynamisk styresystem opnås ofte en forøget hydraulisk kapacitet i renselanlæg. En øget hydraulisk kapacitet i renselanlæg vil betyde, at der under regn kan renses mere opspædet spildevand, hvilket vil reducere på de regnbetingede overløb af spildevand før renselanlæg/i oplandet til renselanlæg og dermed udledninger af N og P. Dette indgår ikke i de beregnede omkostninger til N og P fjernelse.

1.1.3 Udbygning af kvælstof rensning

1.1.3.1 Udbygning af N fjernelse for anlæg større end 15.000 PE

Der tages udgangspunkt i omkostninger ved etablering af supplerende kvælstoffjernelse på Stavnholt renseanlæg, dvs. et ekstra rensetrin på et anlæg, der i forvejen har biologisk kvælstoffjernelse, til i middel ca. 8 mg/l total kvælstof. Der regnes med, at kvælstofindholdet kan reduceres yderligere med ca. 5 mg/l. Den gennemsnitlige udledning fra Stavnholt er ca. 4.300 m³/døgn

N reduktion: 5 mg/l x 4.300 m³/d x 365 = 7.848 kg N/år

De samlede anlægsinvesteringer i supplerende N fjernelse var i Stavnholt 18 mill. kr.

Anlægsomkostningerne er dermed 18 mill. kr. / 7.848 kg N/år = 2.300 kr./kg N/år

Kapitaliseres omkostninger med realrente 6% og afskrivning over 25 år er anlægsomkostningerne 180 kr./kg N/år.

Driftsomkostninger til metanol er 2,75 kg metanol x 3,25 kr./kg pr. kg N = 9 kr./kg N

Til driftspersonale regnes der med samme indsats som til anlæggets efterpoleringstrin for fosfor, dvs. 50.000 kr./år eller 6 kr./kg N (1 mandtime pr. dag + 1 uge til årligt service)

Vedligeholdelsesomkostningerne ved anlægget anslås til 1% for bygninger og 2% for maskindele, der regnes med 1,5% i middel for total anlægsomkostning = 270.000 kr. eller 34 kr./kg N.

Samlet:

Anlæg	180 kr./kg N/år
Drift	15 kr./kg N/år
Vedligeholdelse	34 kr./kg N/år
I alt	229 kr./kg N/år

For et middel dansk VMP renseanlæg med middelbelastning på 56.000 PE vurderes omkostninger at være 20-25% mindre, jf. standard enhedstal i Winther et al. Til gengæld er den opnåelige reduktion pr. m³ formodentlig som landsgennemsnit for de større renseanlæg betydelig mindre end de 5 mg/l, der kan opnås på Stavnholt. For VMP anlæg med kvælstoffjernelse er den gennemsnitlige udledning af kvælstof 4,6 mg/l, potentialet for N reduktion er derfor formodentlig kun ca. 2 mg/l. Samlet bliver omkostninger pr. kg fjernet kvælstof dermed en faktor 1,94 større eller ca. 440 kr./kg N/år.

1.1.3.2 Udbygning af N fjernelse for anlæg mindre end 15.000 PE

Udbygning af kvælstoffjernelse for anlæg mindre end 15.000 PE beregnes ud fra enhedstallene i Winther et al. Beregningsmæssigt regnes der kun med udbygning ned til anlæg på 500 PE, fordi krav om N fjernelse til anlæg mindre end 500 PE vurderes at være uforholdsmæssigt dyrt og fordi disse anlæg udgør kun ca. 1 % af spildevandsmængden.

Der var i 2003 516 anlæg mellem 500 og 15.000 PE der udgjorde ca. 14 % af den samlede spildevandsmængde. Den samlede belastning på renseanlæg var i 2003

8,6 mill. PE. Gennemsnitsbelastning på et anlæg mellem 500 og 15.000 PE er dermed 1,2 mill. PE/516 anlæg = 2.300 PE.

Renseanlæg skal dog dimensioneres for en større belastning end gennemsnitsbelastningen for til stadighed at kunne overholdelse udleder krav. Typisk dimensioneres renseanlæg mht. næringsstoffjernelse for en 85% fraktil af døgnbelastningerne. Forholdet mellem max. belastning/ gns. belastning varierer afhængigt af anlæg størrelse og industribelastning. På landsplan er kapacitet opgjort til at være ca. 45-50% større end faktisk belastning. For en del især ældre anlæg er der dog opgjort hydrauliske belastninger, ligesom der kan være uudnyttet kapacitet kan nogle renseanlæg. Det antages at maks. belastning (85% fraktil) er 25% større en den gennemsnitlige døgnbelastning og anlæg skal derfor dimensioneres for 2.900 PE.

Jf. Punktkilderrapport er den gennemsnitlige reduktionsfaktor for kvælstof 85-90 %. Udbygning regnes som meromkostninger i forhold til et mekanisk renseanlæg (som der må forventes som minimum at være i forvejen). Med mekanisk-biologisk rensning fjernes 20-40% kvælstof. Regnes der med et input på 4,4 kg N/PE/år få at der fjernes $4,4 \times (85-90\%-30\%) = 2,5$ kg N/PE/år.

Anlægsomkostningerne til MBND rensning (v. 2.900 PE kapacitet) er 3.200 kr./PE minus omkostninger til MB rensning på 2.000 kr./PE/år = 1.200 kr./PE eller 480 kr./kg N fjernet, korrigeret for max. kapacitet på 25% er anlægsomkostningerne dermed 600 kr./kg N fjernet, eller annuieret over 25 år med 6% realrente 47 kr./kg N fjernet.

Meromkostningerne til drift af MBND renseanlæg i forhold til MB anlæg er ca. 50 kr./PE/år + korrektion for 25% max. kapacitet dvs. 63 kr./PE/år eller 25 kr./kg N/år fjernet.

I alt er omkostningerne dermed ca. 70 kr. pr. kg N fjernet.

I Konsensurrapporten blev meromkostninger opgjort til 30-40 kr./kg N ved at sænke grænsen for krav til N fjernelse til 5.000 PE. Beregningen er på niveau hermed når der tages højde for prisstigning i perioden samt at der i Konsensurrapporten kun vurderes krav for anlæg ned til 5.000 PE.

1.1.4 Udbygning af fosfor rensning

1.1.4.1 Udbygning af P fjernelse for anlæg større end 5.000 PE

Der tages udgangspunkt i eksemplet Stavnsolt renseanlæg. Renseanlægget er udbygget til 28.000 PE, med en middelbelastning for N og BI₅ på ca. 20.000 PE. Her reduceres fosforudledning fra 450 kg/år til 180 kg/år, dvs. der fjernes 270 kg P/år. Den samlede vandmængde er ca. $4.300 \text{ m}^3/\text{døgn} \times 365 \text{ døgn} = 1,57$ mill. $\text{m}^3/\text{år}$, svarende til at fosforkoncentrationen reduceres fra i gennemsnit 0,29 mg/l til 0,11 mg/l.

P fjernelse med effektivt efterpoleringstrin for P og suspenderet stof

Anlægspris 9 mill. kr., 333 kr./PE eller 33.333 kr./kg P/år

Afskrives over 25 år 6% realrente fås $0,0782 \times 333 \text{ kr./PE} = 26 \text{ kr./PE}$ eller 2.600 kr./kg P/år.

Vedligeholdelsesomkostninger:

De 9 mill. kr. fordeler sig med ca. 40% bygninger, 3,6 mill. kr. og 60% maskin/el 5,6 mill. kr. Der regnes med 1% af anlægsomkostninger i vedligeholdelse for bygninger og 3% for maskin/el, dvs. 36.000 kr./år + 162.000 kr./år = 198.000 kr./år.

Driftsomkostninger:

Kemikalieomkostningerne er $0,20 \text{ kr/m}^3 \times 1,56 \text{ mill. m}^3/\text{år} = 312.000 \text{ kr./år}$

Mandskabsforbruget vurderes til 1 mandtime pr. dag + 1 årligt service á 1 uge i alt ca. 50.000 kr./år.

Samlet drift- og vedligeholdelse er 560.000 kr./år eller 2.070 kr./kg P/år.

I alt er de årlige omkostninger til fjernelse af fosfor dermed 4.700 kr. pr. kg fjernet fosfor.

Omkostningerne er meget høje, da der kun skal fjernes 0,18 mg/l P. Desuden er omkostninger større i Stavnsholt end ved et landsmiddel renseanlæg med en middelbelastning på 56.000 PE (max. load 70.000 PE). Omkostninger skal ud fra de generelle typetal for anlægsomkostninger derfor reduceres ca. 25%.

Kommunale VMP renseanlæg har en middeludledning på 0,5 mg/l og her vil der med et effektivt efterpoleringstrin kunne fjernes ca. 0,4 mg/l, sammenlignet med en reduktion på Stavnsholt på 0,18. Korrigeres der for en gennemsnitlig større potentiale for fjernelse af fosfor og for anlægsstørrelse bliver omkostningerne for fosforfjernelse på ca. 1.600 kr. pr. kg fjernet fosfor. Omkostningerne til efterfiltrering er stadig meget højere, end der blev vurderet i Konsensurrapporten (200-500 kr./kg fosfor), men det skyldes formodentligt at renseanlæg renser væsentlig længere ned end VMP kravet på 1,5 mg/l, og hvad der derfor blev regnet med i 1991.

1.1.4.2 Udbygning af P fjernelse for anlæg mindre end 5.000 PE

Der anvendes de samme teknikker som allerede anvendes på større kommunale renseanlæg, dvs. kemisk fældning. Der anvendes typetal fra Spildevandsteknikken Winther et al. 2004.

Der er i Danmark 373 renseanlæg med en kapacitet mellem 500 PE og 5.000 PE. Belastningen på disse renseanlæg er ca. 5% af den samlede belastning eller ca. 430.000 PE, hvorfor gennemsnitsbelastningen på disse renseanlæg er 1.150 PE. Der regnes med en kapacitet 25% større end gns. belastning, dvs. 1.500 PE.

Meranlægsomkostningerne ved kemisk fældning for et M anlæg er 700 kr./PE og for et MBND anlæg er meromkostningerne til kemisk fældning 1.200 kr./PE.

Der anvendes 700 kr./PE i anlægsomkostninger. Den tilsvarende fjernelsesgrad for fosfor (MK) er 90-95% - 30% (for mekanisk/biologisk rensning) er dvs. 0,63 kg P/PE eller 1.100 kr./kg P, annuieret (25 år, 6% rente) til 86 kr./kg P/år.

Driftsomkostningerne anslås til 55 kr./PE eller 88 kr./kg P/år.

Der korrigeres med 25% for, at der i diagrammerne anvendes max. belastning, og de samlede omkostninger er dermed ca. 220 kr./kg P/år.

Til sammenligning vurderes i Konsensurrapporten omkostningerne for fosforfjernelse for renseanlæg mellem 2.000 - 5.000 PE til 40-60 kr. pr. kg fosfor.

Forskellen skyldes 1). prisstigningen i perioden, 2). mindre udnyttelse, da fosforkoncentration er faldet og 3). at enhedsomkostninger er betydelig højere for et 1.500 PE anlæg end et anlæg på 2.000-5.000 PE.

	Enhedsomkostninger
Omkostninger til VMP I renseanlæg (referencetal) (> 15.000 PE) N P	24 kr./kg N/år (kr./kg N/år) 107 kr./kg P/år (kr./kg P/år)
Optimering anlæg > 15.000 PE (dynamisk EDB styring) N P	(17-26 kr./kg N/år) (170-260 kr./kg P/år)
Udbygning af kvælstof fjernelse Anlæg > 15.000 PE (efterdenitrifikation) Anlæg < 15.000 PE (alm. nitri- /denitrifikation)	440 kr./kg N/år (300-600kr./kg N/år) 70 kr./kg N/år (50-100kr./kg N/år)
Udbygning af fosfor fjernelse Anlæg > 5.000 PE (efterfiltrering/ kemisk fældning) Anlæg < 5.000 PE (alm. kemisk fældning)	1.600 kr./kg P/år (1.000-2.000kr./kg P/år) 220 kr./kg P/år (150-300 kr./kg P/ år)

Skema 1. Oversigt over beregnede enhedsomkostninger ved N og P fjernelse.