



Revurdering af person ækvivalent for fosfor - Opgørelse af fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand i årene fra 1990 til 2017

Arildsen, Anne Lørup; Vezzaro, Luca

Publication date:
2019

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Arildsen, A. L., & Vezzaro, L. (2019). *Revurdering af person ækvivalent for fosfor - Opgørelse af fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand i årene fra 1990 til 2017*. Danmarks Tekniske Universitet (DTU).

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Revurdering af person ækvivalent for fosfor



Anne Lørup Arildsen
Luca Vezzano

Januar 2019



Revurdering af person ækvivalent for fosfor

*Opgørelse af fosforindholdet i dansk
husholdningsspildevand i årene fra 1990 til 2017*

Januar 2019

Revurdering af person ækvivalent for fosfor

Opgørelse af fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand i årene fra 1990 til 2017

Rapport DTU Miljø

Januar 2019

Af

Anne Lørup Arildsen og Luca Vezzaro

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse

Forsidefoto: DTU Miljø, Colourbox

Udgivet af: Institut for Vand og Miljøteknologi, Bygningstorvet, Bygning 115, 2800 Kgs.
Lyngby

Forord

Dette projekt omfatter en analyse omkring udviklingen af fosforindholdet i husholdningsspildevand i perioden fra 1990 til 2017. Det overordnede formål med analysen er at bestemme en ny referenceværdi for udledningen af total fosfor per person ækvivalent (PE) per år fra danske husholdninger. Projektet er udført for Miljøstyrelsen med DTU Miljø, Institut for Vand og Miljøteknologi som den projektudførende part. Projektet er udført med Luca Vezzaro som projektleder og Anne Lørup Arildsen som ansvarlig for dataanalysen.

Fra Miljøstyrelsen har Lisbeth Wiggers, Bo Skovmark og Thomas Rützou fungeret som projektansvarlige medlemmer af følgegruppen. Der er i løbet af projektet blevet afholdt møder i følgegruppen for at sikre en dialog gennem udførelsen af projektet. Miljøstyrelsen har udført dataudtræk og -bearbejdning af målinger fra tilløb til 71 danske rensesanlæg. Hovedparten af disse har fungeret som datagrundlaget for projektanalysen.

Forfatterne takker Katrine Nielsen, DTU Miljø, for grundig gennemlæsning og kommentering af rapporten.

Kongens Lyngby, Januar 2019

Sammendrag

Udledning af større mængder næringsstoffer til vandmiljøet, herunder fosfor (P), kan medvirke til eutrofiering og have en negativ påvirkning på naturtilstanden. Fosfor udledes bl.a. til vandmiljøet gennem husspildevandet. Udledningen sker enten gennem det rensede spildevand eller ved regnbetingede udledninger. Til kvantificering af den årlige fosfor udledning fra punktkilder bruges de såkaldte referenceværdier. I Danmark er referenceværdien for fosfor i husholdningsspildevand siden 1999 været fastsat til 1 kg P/PE/år jf. BEK nr. 501 21/06/1999. Der er det seneste årti sket et fald i fosforindholdet fra husholdningsspildevand, bl.a. grundet EU reguleringer med skærpelse af fosfor niveauet i vaskemidler. Det formodes dermed at den nuværende referenceværdi for fosfor er forældet og bør opdateres.

Dette projekt har analyseret 28 års data for fosforindholdet i tilløb til danske renseanlæg. Formålet har været at undersøge udviklingen af fosforindholdet i husholdningsspildevand over årene fra 1990 til 2017, for at kunne vurdere den nuværende referenceværdi for fosforindholdet i husholdnings-spildevand.

Hovedindholdet i projektet har indbefattet bearbejdning og analyse af data med målinger for koncentrationen af fosfor og biologisk iltforbrug over 5 dage (BI5) i tilløbsvands til renseanlæg. Statistiske analyser og beregninger er udført med henblik på en bestemmelse af årlige referenceværdier for hvert af de 56 renseanlæg, inkluderet i projektanalysen. De 56 renseanlæg er udvalgt på baggrund af deres oplandets karakteristika, for derved bedst at repræsentere spildevand for den almene danske husholdning. Analysedata indeholder ikke større tilledning af industrispildevand. Endeligt er en samlet dansk fosfor-referenceværdi bestemt som et gennemsnit af de opgjorte renseanlæg.

Resultaterne for de årligt bestemte fosforreferenceværdier viser et relativt stabilt niveau fra 1990 til 2007 med et gennemsnit på 1,10 kg P/PE/år. Herefter observeres et generelt fald på samlet 34% frem mod en referenceværdi i 2017, som er opgjort til 0,72 kg P/PE/år. Resultaterne viser imidlertid ikke stationære fosforreferenceværdier, hvorfor det anbefales at udviklingen af fosforindholdet i husholdningsspildevand fortsat monitoreres og at fosforreferenceværdien genberegnes fremadrettet.

Summary

The discharge of large amounts of nutrients, and specifically phosphorus (P), into the aquatic environment can cause eutrophication and have a negative impact on the ecological state of the receiving waters. A major source of phosphorus from urban areas is domestic wastewater, which can be released to the environment after treatment or through uncontrolled discharges during extreme wet weather events. The annual phosphorus discharges from point sources are quantified by using the so called reference value. In Denmark the current reference value for phosphorus in domestic wastewater dates back to 1999 and it is estimated to 1 kg P per person equivalent (PE) per year. In the last decades, EU regulations concerning phosphorus in detergents have had an effect on the phosphorus contents in domestic wastewater, leading to a decrease in the P loads discharged through domestic wastewater. There is thus the need for updating the reference value for the phosphorus content in domestic wastewater in order to obtain more precise estimation of the annual loads discharged to the environment.

In this project, the phosphorus content has been analyzed from data measuring the concentrations of water entering Danish wastewater treatment plants. The main purpose of the project has been to investigate the temporal changes of phosphorus content in domestic wastewater over the period from 1990 to 2017 and further to determine a current reference value for phosphorus content in domestic wastewater.

The main work of the project has involved the processing and analyzing of data on phosphorus and biochemical oxygen demand (BOD) concentrations from wastewater inlets to Danish wastewater treatment plants. Statistical analyzes and calculations have been carried out to determination an annual reference values for each of the 56 treatment plants included in the analysis. The 56 wastewater treatment plants were chosen based on the characteristics of their catchment, in order to obtain a representative assessment of domestic wastewater (i.e. excluding contribution from industry and other economic activities). The general Danish phosphorus reference value was then obtained by combining the values obtained for each single plant.

The results for the annual phosphorus reference values show a relatively stable level from 1990 to 2007 with an average around 1.10 kg P/PE/yr. A general decrease is observed in the following years, with an overall decline of 34% compared in 2017 compared to 1990. The reference value for 2017 is calculated as 0.72 kgP/PE/year. Furthermore, results show that the decrease in phosphorus release has not ended, and thereby the reference values have not reached a stationary level. Therefore, it is recommended that the changes in the phosphorus levels are monitored on a yearly basis, and that the phosphorus reference value is subsequently re-estimated every year.

Indhold

Sammendrag	I
Summary	II
1. Indledning	1
1.1 Baggrund	1
1.2 Formål	2
1.3 Rapportens opbygning	2
2. Datagrundlag	3
3. Metode beskrivelse	5
3.1 Databearbejdning	5
3.2 Opgørelse af referenceværdi	9
4. Årlige referenceværdier for fosfor	11
4.1 Referenceværdi for individuelle renseanlæg	11
4.2 Samlet referenceværdi for danske husholdninger	14
4.3 Perspektivering	17
5. Konklusion	18
Referencer	19
Bilag A Årlig referenceværdi for individuelle renseanlæg	21

1. Indledning

1.1 Baggrund

Siden midten af det 20. århundrede har der været en øget opmærksomhed på problemer med eutrofiering af vandmiljøet. Øgede mængder af næringsstoffer fra spildevand, heriblandt nitrogen (N) og fosfor (P), kan udgøre en trussel for en god tilstand i vandmiljøet (Henze et al., 2008). Fosfor i for store mængder kan forårsage eutrofiering i form af øget algevækst, som vil have en negativ påvirkning på naturtilstande. Dette kan især forekomme i søer og fjorde, hvor fosfor er et af de vigtigste begrænsende næringsstoffer for væksten af alger (Kronvang et al., 2001).

Den øgede opmærksomhed på fosfor har medført krav til fjernelse af fosfor på renseanlæggene og øget krav om sænkning af fosfor niveauer fra husholdningen. I slutning af det 20. århundrede skete der en betydelig ændring af kilderne til fosforforurening. I 1989 udgjorde de danske renseanlæg, industrier, dambrug og spredt bebyggelse 90% af den samlede fosfortilførsel til havet. Dette var i 1999 reduceret til 40% (Miljøstyrelsen, 2018; Kronvang et al., 2001)

Tiltag for at mindske udledning af fosfor har bl.a. inkluderet en begrænsning af udledningen ved kilden, herunder husholdningerne. Der er forskellige kilder til fosfor fra husholdningsspildevand. En stor del stammer fra den daglige kost og udskilles gennem urin og afføring (Comber et al., 2012). Fosfor bruges yderligere i vaskemidler (detergenter) for at opnå en bedre rengøring, i særdeleshed gældende ved hårdt vand. Et engelsk studie fra 2012 har opgjort fosfor fra vaskemidler til at udgøre 23% af den samlede fosformængde fra husholdningsspildevand (Comber et al., 2012). EU har, med et ønske om udfasning af fosfor i vaskemidler, gennemført flere reguleringer, herunder (EC) no 648/2004 og (EU) no 259/2012 (European Union, 2004; European Union, 2012). Disse reguleringer har skærpet kravene for fosforindholdet i vaskemidler til <0.5 g P per standard tøjvask og <0.3 g P per standard dosering af opvaskemaskine, gældende fra henholdsvis 2013 og 2017. Yderligere har EU i forordning no 648/2004 skærpet regler om krav til deklaration af indholdsstoffer samt krav om udarbejdelse af mærkning og datablad for indholdsstoffer for vaskemidler, gældende fra 2006 og 2007.

Grundet opmærksomhed på- og lovgivning om fosforindholdet i rengøringsprodukter er den totale mængde af fosfor i husholdningsspildevand faldet over de seneste årtier. I den nyeste spildevandsbekendtgørelse, fra 2017, er referenceværdien for fosfor anslået til 1 kg total fosfor per person ækvivalent (PE) per år (Miljøstyrelsen, 2017). Nuværende værdi er dateret tilbage til BEK nr. 501 21/06/1999 (Miljøstyrelsen, 1999), hvor den, ifølge Miljøstyrelsen, er bestemt på baggrund af værdier fra danske renseanlæg. Forinden nuværende værdi har fosforindholdet været anslået til 1,5 kg total fosfor per PE per år.

Fosfor er en ikke-fornybar ressource, hvis reserver kan blive udtømt inden for de næste 50-100 år. Derfor har der de seneste år været et øget fokus på muligheder for genvinding af fosfor bl.a. fra spildevandet (Miljøstyrelsen, 2015). Miljøstyrelsen har i 2018 startet et projekt med Aalborg Universitet om udarbejdelsen af en vidensyntese om fosfor. Projektet indeholder bl.a. en kortlægning af forskellige fosforstrømme (DCE, 2018). Set i lyset af muligheden for fosfor genvinding, vil det være fordelagtigt med en opdateret bestemmelse af det forventede fosforindhold fra husholdningsspildevand.

I dette projekt analyseres 28 års data for fosforindholdet i tilløb til danske renselanlæg. De statistiske analyser og -beregninger skal munde ud i en opdateret referenceværdi for fosforindholdet i husholdningsspildevand.

1.2 Formål

Projektets overordnede formål er at bestemme en ny referenceværdi for udledningen af total fosfor per PE per år fra husholdningsspildevand, angivet som kg P/PE/år.

Da den gældende referenceværdi kan være forældet, kan en ny og opdateret referenceværdi bidrage til et mere præcist estimat af de faktiske fosformængder, der er blevet udledt i løbet af perioden fra 1990 til i dag. I det nationale overvågningsprogram NOVANA benyttes typetal til estimering af udledningerne fra den spredte bebyggelse og andre små renselanlæg uden målinger (Miljø- og Fødevareministeriet, 2015). Ved beregning af overløb fra fælleskloak benyttes også typetal i de modelberegnedes udledninger, så også her vil en lavere referenceværdi for fosfor have stor betydning.

Analysen vil blive udarbejdet både for de enkelte renselanlæg og på et samlet middelniveau. Den endelige analyse vil yderligere give et indblik i de årlige tendenser for fosforbelastningen fra en typisk husholdning i perioden fra 1990 til 2017. En årlig referenceværdi vil evt. kunne anvendes ved en re-estimering af fosforbelastningen udledt gennem de sidste to årtier.

1.3 Rapportens opbygning

Hovedarbejdet med projektet har været at behandle og analysere måledata for tilløbskoncentrationen af spildevand til danske renselanlæg, med henblik på at bestemme en ny referenceværdi for fosforindholdet i husholdningsspildevand. Indledningsvis er datagrundlaget for projektanalysen beskrevet i Kapitel 2. Herefter, følger projektets metodebeskrivelse i Kapitel 3, hvor der indgår en beskrivelse af databearbejdningen, samt fremgangen for opgørelse af fosforreferenceværdierne. Projektets resultater er præsenteret i Kapitel 4, med en opgørelse af de samlede fosforreferenceværdier, samt en gennemgang af tendenserne for de enkelte renselanlæg. Endeligt, er projektets primære konklusioner opsummeret i Kapitel 5.

2. Datagrundlag

Datagrundlaget for projektet er baseret på indrapporteret data til Danmarks Miljøportals database PULS. Miljøstyrelsen har til projektet leveret et udtræk af data fra tilløbet til 71 udvalgte danske renselanlæg, hvilket inkluderer målinger af vandføring samt koncentration af BI5 (biologisk iltforbrug over 5 dage) og total fosfor. Målinger dækker perioden 1990 til 2017.

Da et for stort bidrag af industrispildevand kan føre til en ukorrekt estimering af person ækvivalent, indgår der i analysen kun anlæg med en industribelastning på mindre end 5% af den samlede belastning. Baseret på dette kriterium, er data fra 56 ud af de 786 renselanlæggene i DK med en størrelse på over 30 PE, udvalgt til bedst at repræsentere tilløbsvand for almene danske husholdninger, se Figur 1 og Tabel 1. Iblandt de 71 renselanlæg i udtrækket, er medtaget data fra landets 15 største renselanlæg, hvorfra noget af data benyttes som reference og sammenligning..



Figur 1: Placering af de 56 renselanlæg (ud af de 786 Danske renselanlæg) som udgør grundlaget for dataanalysen.

På Figur 1 ses beliggenheden for de renseanlæg, hvorfra data er benyttet til bestemmelse af referenceværdierne for fosfor i husholdningsspildevand. Der er repræsenteret renseanlæg fra store dele af Danmark, dog med en øget repræsentation af renseanlæg i det Sydfynske Øhav og den Midt-vestlige del af Jylland. Målinger fra de større byer i Danmark er ikke medtaget, da disse renseanlæg også modtager større mængder spildevand fra industrier og dermed ikke repræsenterer husholdningsspildevand.

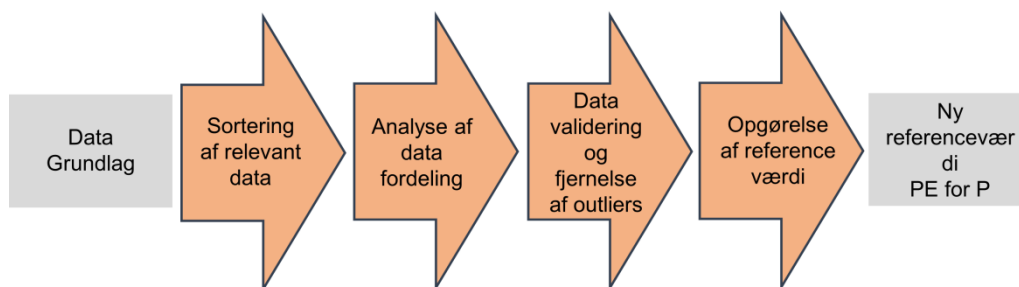
Table 1: Oversigt over de 56 renseanlæg, der udgør grundlaget for dataanalysen. Den angivne kapacitet for renseanlæggene er den godkendte PE, som opgjort i Punktkilderrapporten for 2016 (Miljøstyrelsen, 2018)

	Renseanlæg	Godkendte kapacitet PE		Renseanlæg	Godkendte kapacitet PE
1	Aså	9.450	29	Lohals	1.770
2	Bjerreby	3.000	30	Marstal	7.000
3	Brandsby	6.000	31	Mellerup	1.185
4	Broager Vig	10.000	32	Menstrup	630
5	Bur	445	33	Næstved	89.000
6	Demstrup	1.200	34	Ringkøbing	42.500
7	Endelave	600	35	Roløkke	4.300
8	Flovlev	6.510	36	Rudkøbing	14.500
9	Fuglebjerg	8.000	37	Sdr. Omme	4.900
10	Fur	1.500	38	Selde	1.500
11	Gjøl	685	39	Snøde	1.200
12	Grønbjerg	4.000	40	Spjald	4.000
13	Harsbjerg	2.600	41	Stadil	1.500
14	Haverslev	1.730	42	Svostrup/Grauballe	780
15	Hemmet	7.500	43	Søby	6.000
16	Himmark	15.000	44	Sønderborg	94.000
17	Holme Olstrup	11.074	45	Thorsminde	2.500
18	Hoven	518	46	Tim	1.120
19	Hover	720	47	Troldhede	2.000
20	Hummelvig	5.000	48	Ulfborg	4.900
21	Hvide Sande	11.005	49	Usserød	50.000
22	Hørup	5.300	50	Vallensved	700
23	Kloster	2.500	51	Vemb	2.700
24	Krogager	4.400	52	Videbæk	14.000
25	Laven	1.400	53	Voldum	2.540
26	Lejbølle	1.200	54	Vorbasse	2.000

3. Metode beskrivelse

Dette kapitel giver en redegørelse for de forskellige trin, der er foretaget i dataanalysen, frem mod en endelig bestemmelse af en årlig referenceværdi for fosforindholdet i husholdningsspildevand i perioden 1990 til 2017 (jf. Figur 2). De forskellige trin udgør:

1. *Sortering af relevant data*: Bearbejdning af datasættet, herunder tilretninger og sorteringer af data (paragraf 3.1.1).
2. *Analyse af datafordeling*: Redegørelse for den statistiske fordeling af måledata, som danner baggrund for den yderligere data validering (paragraf 3.1.2).
3. *Data validering og fjernelse af outliers*: Målinger med stor afvigelse fra de estimerede fordelinger er fjernet for at undgå fejlkilder i beregninger af de årlige P-referenceværdier (paragraf 3.2.1).
4. *Opgørelse af referenceværdi*. Metode gennemgang for beregning af den årlige referenceværdi for fosforindholdet (paragraf 3.2). Værdien er udregnet både for hvert enkelt renseanlæg og opgjort som en samlet dansk gennemsnit.



Figur 2: Procesdiagram for data behandling og opgørelse af ny fosforreferenceværdi.

3.1 Databearbejdning

Datagrundlaget fra Miljøstyrelsen er leveret som Excel filer med udtræk fra PULS databasen. Databehandling i form af bearbejdning- og statistisk analyse er udført i programmet R (The R Foundation, 2018). R er et open source program som gratis kan downloades og benyttes. R er en kombination af et programmeringssprog og et program til statistiske beregninger. R er valgt som det foretrukne program til projektet, grundet dets velegnethed til statistiske analyser og gode grafiske visning af data.

3.1.1 Sortering af datamateriale

Som beskrevet i afsnit 2 er der i samarbejde med følgegruppen blev udvalgt 56 renseanlæg som datagrundlag for projektet. Opgørelsen af flow- og analyseresultater er omfattende og detaljeret, hvorfor det har været nødvendigt at foretaget en række tilretninger og sorteringer af data, for at sikre relevant og ensartet data til yderligere analyse.

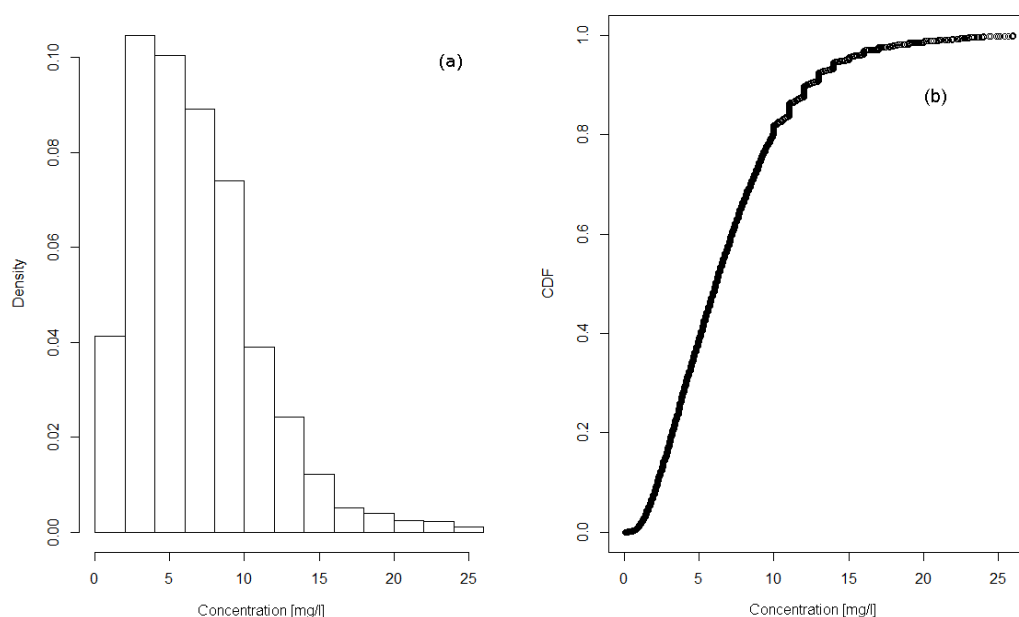
Sortering af relevant data er blevet udført efter tæt dialog med følgegruppen. For koncentrationsmålinger er der benyttet egenkontrol og overvågnings målinger for total fosfor og BI5, opgivet som mg/l. For målinger gælder, at data skal have status som "Godkendt" af Forsyningsselskaberne og Miljøstyrelsen og ikke være fravalgt grundet fejl eller usikkerheder.

For 6 af de 56 renselanlæg (Broager, Holme Olstrup, Menstrup, Næstved, Usserød, Vallensved) er der til udregning af PE benyttet BI5 modificerede målinger, da der for disse anlæg ikke findes tilgængelige umodificerede BI5 målinger.

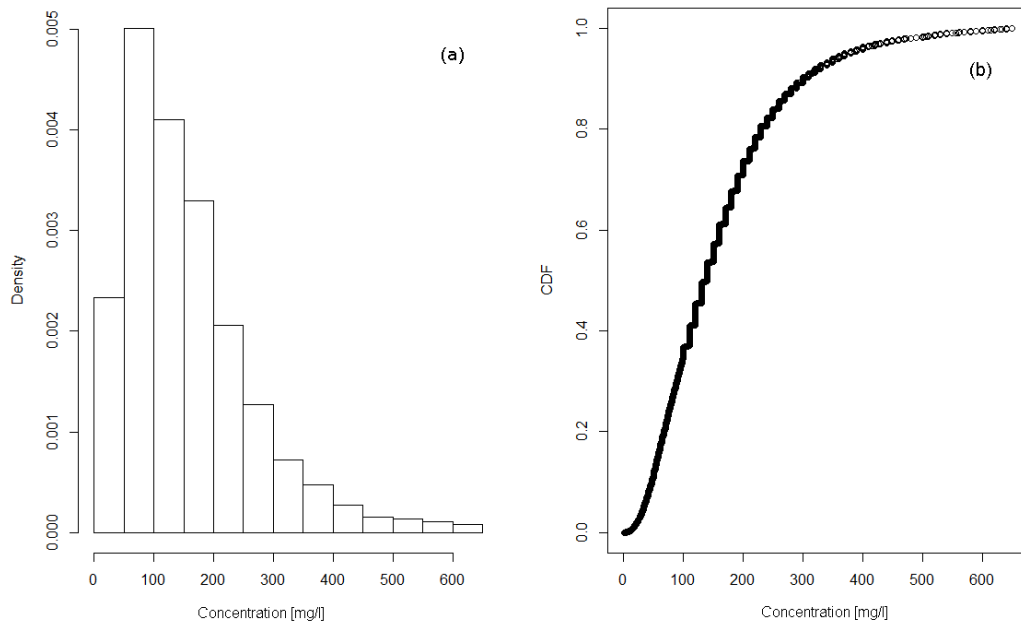
3.1.2 Statistisk fordeling af måledata

Som grundlag for den statistiske databehandling er der gennemført en undersøgelse af hvilken type af fordeling måledataene følger, og hvorvidt data kan anses for at være normalt fordelt. Tidligere analyser af NOVANA programmet (Kjølholt et al., 2014; Kjølholt et al., 2011), samt analyser af punktkilder som regnbetingede udledninger (Van Buren et al., 1997; Métadier and Bertrand-Krajewski, 2012), antyder at målinger af stofkoncentrationer i spildevand følger en logaritmisk normal fordeling. Dette skyldes deres ofte lave koncentrationer, med stor varians (som skyldes det høje temporale variabilitet af stofkilder) og ingen mulighed for negative målinger.

Fordelingen af P og BI5 koncentrationer er vist i Figur 3 og Figur 4. Graferne viser at de målte koncentrationer på renselanlæggene ikke følger en normal fordeling, idet histogrammerne ikke følger den karakteristiske "klokketurv". I stedet konstateres en tydeligt skævhed mod højre. Ofte bruges en logaritmisk transformation, til at mindske højreskævheden af data.



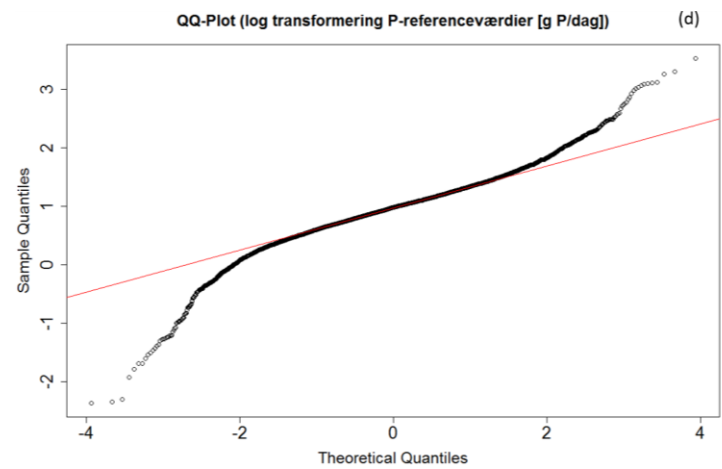
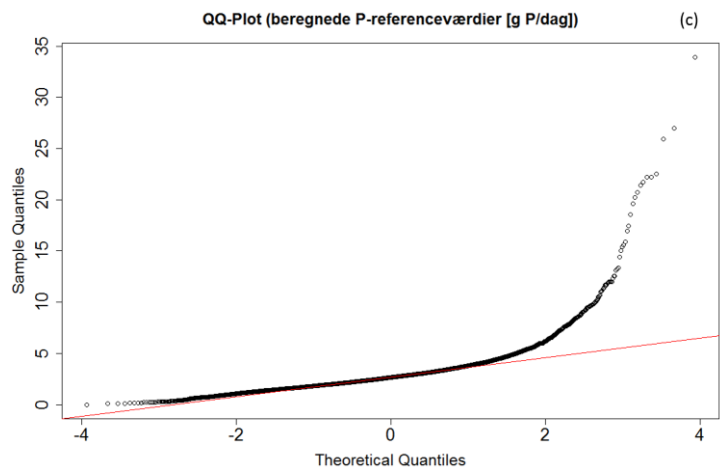
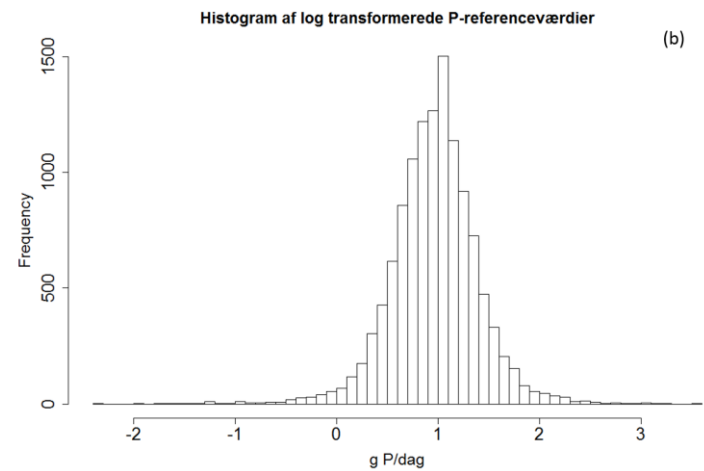
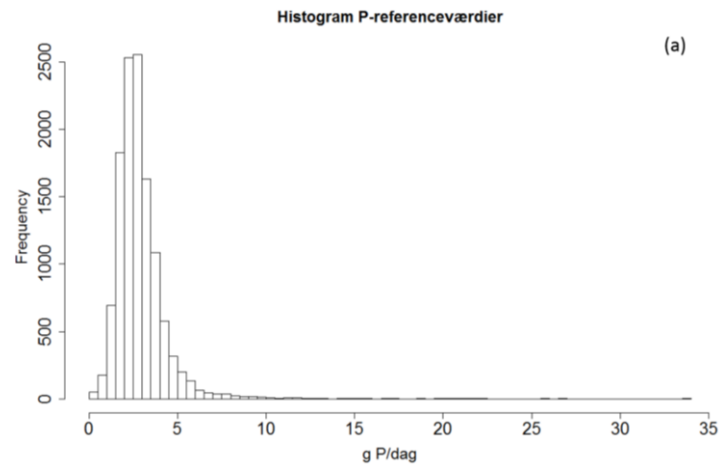
Figur 3: Fordeling af data populationen for målinger af total fosfor koncentrationen. Fordelingen af data er vist som (a) histogram og (b) kumulativ fordelingsfunktion.



Figur 4: Fordeling af data populationen for målinger af BI5 koncentrationen. Fordelingen af data er vist som (a) histogram og (b) kumulativ fordelingsfunktion.

Fosforreferenceværdierne er beregnet ud fra forholdet mellem P og BI5 koncentrationer (jf. eq. 2). Det har derfor ligeledes været nødvendig at undersøge fordelingen af det beregnede forhold mellem P og BI5 koncentrationerne ($P_{ref,i}$). Figur 5a viser fordeling af de beregnede P-referenceværdier, hvorpå det kan bestemmes at fordelingen ikke følger en normal fordeling. I stedet observeres også her en højreskævhed af data. Ved udførelse af en logaritmisk transformation af de beregnede værdier, ses at data følge en logaritmisk normalfordeling (jf. Figur 5b). Antagelsen om en logaritmisk normalfordeling af data, understøttes af scatterplot på Figur 5c og Figur 5d. Her vil de beregnede fraktiler fremstå tilnærmelsesvist som en ret linje hvis data er normalfordelte. For de logaritmisk transformerede værdier kan det med en god tilnærmelse antages at data er normalt fordelt (jf. Figur 5d), dog med usikkerhed i yderpunkterne.

Baseret på de undersøgte fordelingsforhold er der benyttet en logaritmisk transformation til udregning af middelværdi og standard afvigelse ved videre databearbejdning.



Figur 5: Fordelingsanalyse af P-referencværdier beregnet på baggrund af P og BI5 koncentrationer. a) Histogram for fordeling af P-referencværdier. b) Histogram for logaritmsk transformerede P-referencværdier. c) QQ-plot for P-referencværdier. d) QQ-plot for logaritmsk transformerede P-referencværdier.

3.2 Opgørelse af referenceværdi

De opgjorte referenceværdien for fosfor er angivet som kg P/PE/år og er udregnet på basis af en årlig medianværdi for dagligt opgjort P-referenceværdier udregnet ud fra tilgængelige målinger af P og BI5 koncentrationer.

P-referenceværdien P_{ref} udregnes på basis af den daglig tilførte mængde fosfor til rensesanlægget P , samt rensesanlæggets belastning opgjort som PE :

$$P_{ref} = \frac{P}{PE} \quad (\text{eq. 1})$$

PE kan bestemmes ud fra BI5 målinger og er beregnet som angivet i direktivet om rensning af byspildevand (91/271/EØF), hvor en PE er bestemt som 60 g BI5/dag. For de rensesanlæg hvor der er benyttet BI5(modificeret) målinger, er der benyttet en PE belastning på 53 g BI5(mod)/dag (jf. Miljøministeriets rapport, *Punktkilder 2003*, (2004)).

Målte værdier for vandføring bruges til udregning af både fosfor mængder og PE. I dette studie er der imidlertid kun benytte målinger for de dage, hvor der forefindes både P og BI5 målinger for sammen dag. Derved benyttes sammen værdi for vandføring og beregningen af P-referenceværdien [g P/dag] for hver måling i kan dermed forenkles til:

$$P_{ref,i} = \frac{C_{P,i} \cdot V_i}{C_{BI5,i} \cdot V_i} = \frac{(C_{P,i} \cdot 60 \text{ g}_{BI5}/\text{dag})}{C_{BI5,i}} \quad \text{eller} \quad P_{ref,i} = \frac{(C_{P,i} \cdot 53 \text{ g}_{BI5}/\text{dag})}{C_{BI5(mod),i}} \quad (\text{eq. 2})$$

Hvor $C_{BI5,i}$ [g_{BI5}/m³] er den målte BI5 koncentration, $C_{P,i}$ [g_P/m³] er den målte koncentration af fosfor og V_i [m³] er den målte tilstrømning til rensesanlægget. For hver enkelt rensesanlæg er alle målingerne gennemgået og outliers er blevet fjernet fra datasættet som beskrevet i afsnit 3.2.1.

For hvert individuelt rensesanlæg j , er der beregnet daglige P-referenceværdier for hvert enkelt datapunkt med sammenfaldne dato for målinger af P og BI5 koncentrationer. På baggrund af disse beregnes en årlig medianværdi, der bestemmes som den årlige fosforreferenceværdi $\bar{P}_{ref,j}(\text{år})$ [kg P/PE/år] for et givent rensesanlæg:

$$\bar{P}_{ref,j}(\text{år}) = \text{median}(P_{ref,i}(\text{år})) \cdot 365 \quad (\text{eq. 3})$$

Jf. afsnit 3.1.2 er medianen i eq. 3 udregnet på basis af de logaritmsk transformerede $P_{ref,i}$ værdier og derefter tilbage transformeret. I dette projekt er der kun udregnet en årlig referenceværdi for de tilfælde, hvor et rensesanlæg har tre eller flere dagligt udregnede P-referenceværdier for et givent år. Dette er gjort ud fra en balanceret vurdering, om ikke at medtage enkelte værdier, der ikke nødvendigvis er repræsentative, samt ej at forkaste for mange målinger. For de år indeholdende få målinger, vil der være en stor usikkerhed knyttet til den udregnede årlige referenceværdi.

For hver renseanlæg j er der udregnet en årlig fosforreferenceværdi over årene fra 1990 til 2017. Herefter er den samlede referenceværdi for udledning af fosfor fra dansk husholdningsspildevand for et givent år, udregnet som et simpelt gennemsnit for de renseanlæg hvorfra der er bestemt en referenceværdi for det pågældende år.

3.2.1 Fjernelse af outliers og ekstreme værdier

Når data indsamles vil man sommetider støde på målinger, der tydeligt falder uden for det samlede mønster som repræsenterer størstedelen af dataene. For at få et repræsentativt billede af fosforindholdet i husholdningsspildevand, er det nødvendigt at fjerne øvre og nedre ekstremer, som kan være relateret til målefejl eller andre kilder af usikkerheder. Dermed er outliers og ekstremer fjernet, således at datagrundlaget indeholder 95% af data, mens ydre punkter i fordelingen er fjernet.

Efter en bestemmelse af de daglige P-referenceværdier for hvert renseanlæg (jf. eq. 2) er outliers fjernet. Her er værdier der opfylder følgende ligning fjernet.

$$\text{For } x = \log(P_{ref,i}), \quad \text{er værdier frasorteret hvis:} \\ x \geq \bar{x} + 2 \cdot SD \quad \text{eller} \quad x \leq \bar{x} - 2 \cdot SD \quad \text{(eq. 4)}$$

Fjernelsen af outliers er udelukkende udført på de transformerede variable, hvor $P_{ref,i}$ er den beregnede P-referenceværdi [g P/dag], x er den log-transformerede værdi, og \bar{x} er middelværdien for det pågældende år. SD er standardafvigelsen som er udregnet som et gennemsnit af de årlige standardafvigelser for hvert enkelt renseanlæg.

4. Årlige referenceværdier for fosfor

I følgende afsnit findes en præsentation og diskussion af resultater og tendenser af de bestemte referenceværdier for de individuelle renseanlæg. Efterfølgende præsenteres de samlede opgjorte referenceværdier for fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand i perioden fra 1990 til 2017.

Opgørelser for de individuelle renseanlæg er præsenteret i Bilag A, som indeholder en figur og tabel for hvert renseanlæg med angivelse af den årligt bestemte referenceværdi for fosfor, opgjort som kg P/PE/år.

4.1 Referenceværdier for individuelle renseanlæg

Resultaterne viser et generelt fald i fosforudledningen de seneste 10 år, sammenlignet med tidligere år. De bestemte fosforreferenceværdier ligger inden for et interval med en opgjort maksimumværdi på 4,52 kg P/PE/år og en minimumværdi på 0,12 kg P/PE/år.

For det enkelte renseanlæg ses der at være en stærk tendens til udsving når man sammenligner de enkelte år. Dette skyldes at de årlige værdier kan være udregnet baseret på få målinger. Der er derfor en naturlig usikkerhed koblet til gennemsnitsværdien for de dagligt opgjorte fosforreferenceværdier for de individuelle renseanlæg.

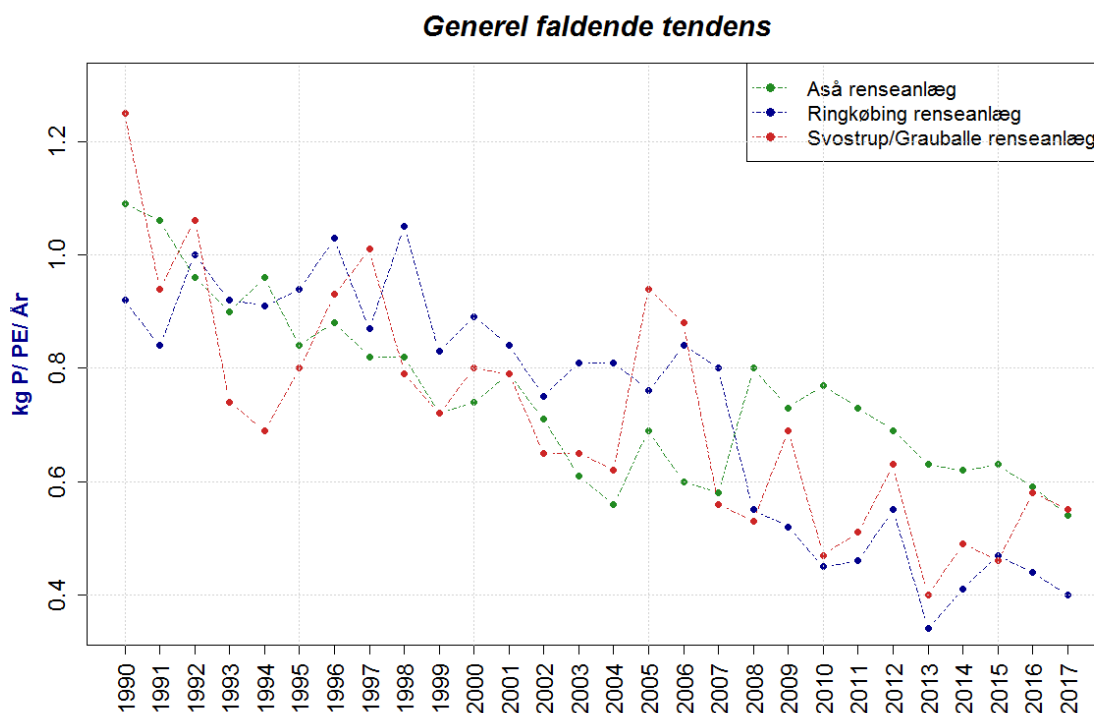
For de individuelle renseanlæg har det været muligt at beregne en årlig referenceværdi for alle af opgørelsens 28 år, for 39 ud af de 56 renseanlæg. Renseanlæg med manglende årlige referenceværdier skyldes forskellige årsager, heriblandt år med for få eller ingen målinger, samt renseanlæg med kortere eksistens end perioden for analysen. Tabel 2 viser en opgørelse med antallet af årlig opgjorte referenceværdier for de 56 renseanlæg i analysen.

Tabel 2: Det resulterende antal årlige referenceværdier for de individuelle renseanlæg, angivet som intervaller med opgjorte værdier.

Antal opgjorte årlige referenceværdier	Antal renseanlæg
0-5	1
6-20	5
21-27	11
28	39

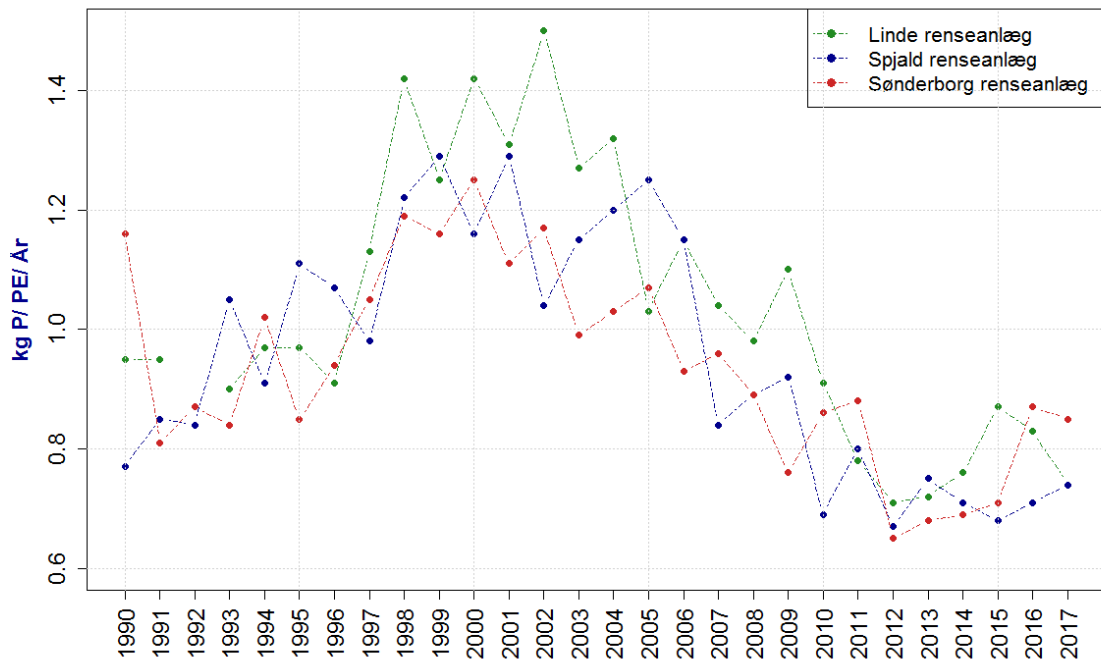
For de fleste renselanlæg er der et overordnet fald fra 1990 til 2017, dog følger alle renselanlæg ikke samme tendens over årene. Ved gennemgang af fosforniveauet for de individuelle renselanlæg kan forskellige tendenser observeres:

- *Generelt fald:* Nogle af de individuelle renselanlæg følger en tendens med generelt faldende værdier over alle årene (Figur 6).
- *Initiale stigning og efterfølgende fald:* For andre anlæg ses en stigning i fosforværdierne fra perioden omkring slutningen af 90'erne til midt 00'erne, efterfulgt af et fald i værdierne i løbet af det seneste årti (Figur 7).
- *Brat fald:* Uafhængigt om anlægget følger en af to ovenstående tendenser, kan der for flere anlæg observeres et mere markant fald i udledning af total fosfor per person omkring årene 2006 til 2008 (Figur 8).



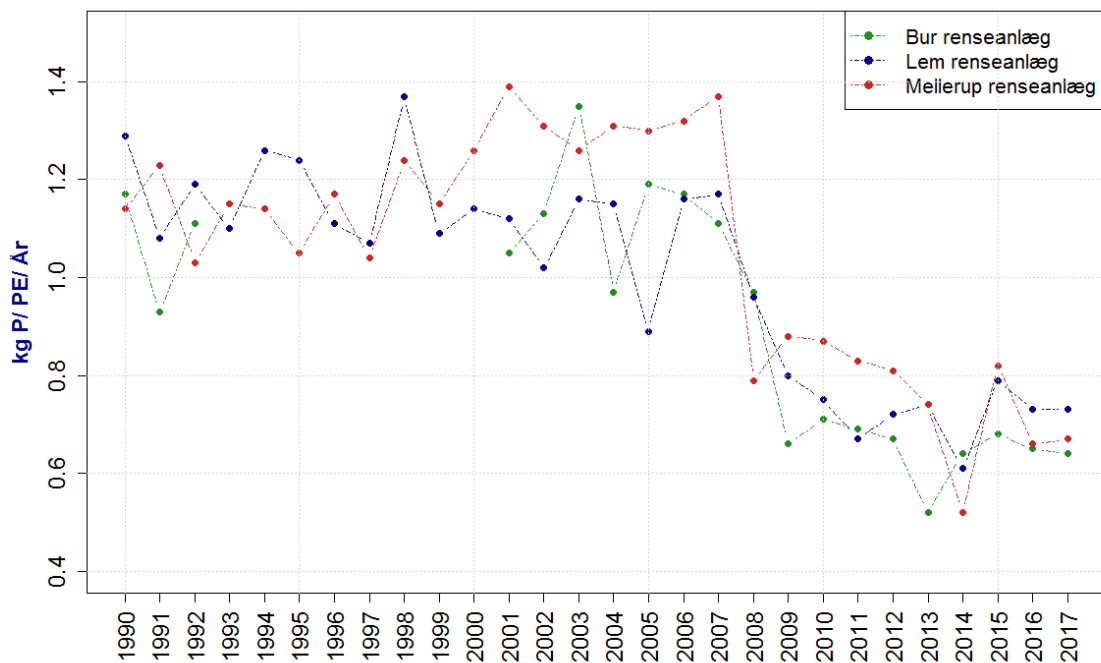
Figur 6: Referenceværdier for udvalgte renselanlæg (Aså, Ringkøbing og Svostrup/Grauballe) som alle følger en tendens med et generelt fald henover alle årene.

Initial stigende tendens



Figur 7: Referenceværdier for udvalgte renseanlæg (Linde, Spjald og Sønderborg) som alle følger en tendens med en stigning i fosforindholdet over perioden slut 90'erne til midt 00'erne, efterfulgt af et fald i årene herefter.

Tendens med brat fald

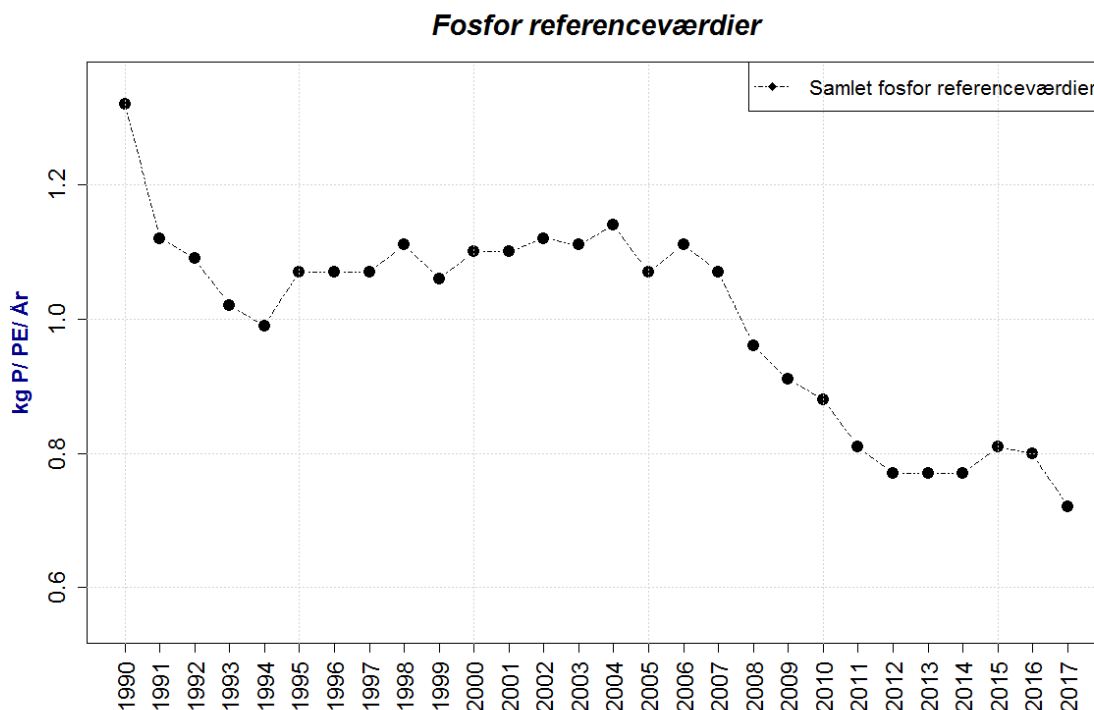


Figur 8: Referenceværdier for udvalgte renseanlæg (Bur, Lem og Møllerup) som alle følger en tendens med et brat fald i fosforreferenceværdien mellem årene 2006 til 2008.

4.2 Samlet referenceværdi for danske husholdninger

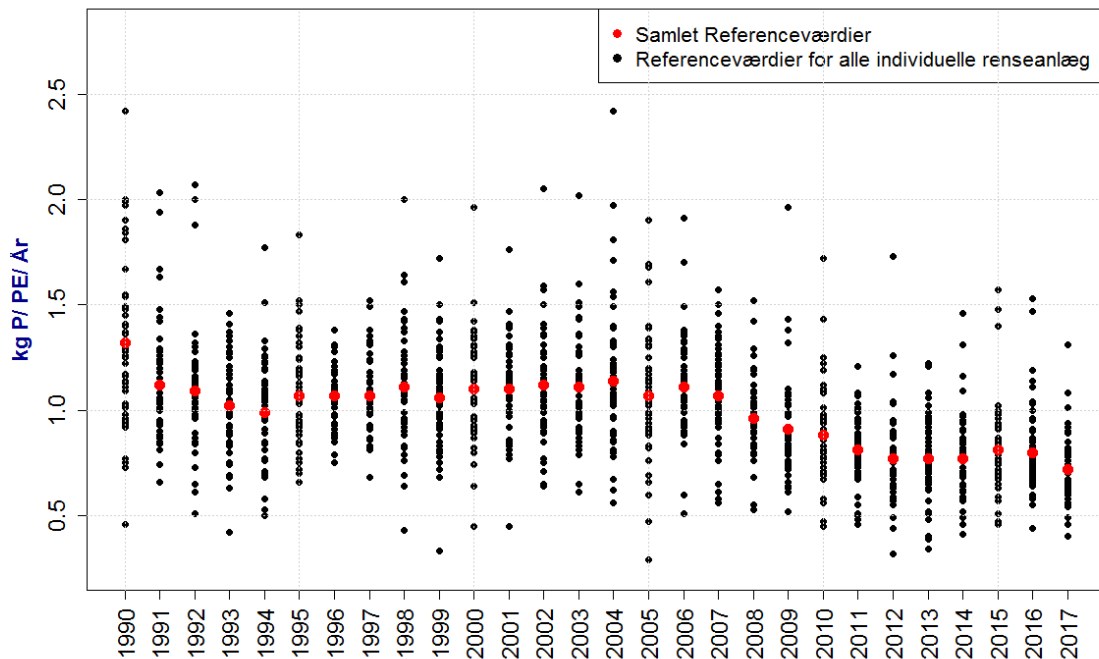
En samlet opgørelse af referenceværdier for alle de undersøgte 28 år kan ses i Figur 9 og Figur 10 og findes ligeledes i Tabel 3 sammen med en opgørelse over kvartiler, minimum- og maksimum værdier.

Ved gennemgang af de opgjorte referenceværdier for de enkelte renseanlæg, er renseanlæggene Lejbølle og Trolldhede blevet fjernet fra opgørelsen af de samlede referenceværdier. Dette skyldes at begge renseanlæg, for nogle år har betydeligt større P-referenceværdier, end de generelle tendenser viser. For nogle år er de opgjorte referenceværdier for disse to renseanlæg, op til fire gange større end den gennemsnitlige værdi. Hvilket kunne indikere, at spildevandet fra disse anlæg indeholder andre væsentlige kilder til P eller BI5 end husspildevand. Ved bestemmelse af de samlede referenceværdier i Figur 9 og Figur 10 er de to renseanlæg derfor ikke inkluderet. De er dog medtaget for bestemmelserne af 25% og 75% kvartilerne samt minimum og maksimum værdierne, angivet i Tabel 3.



Figur 9: Samlet opgjorte Referenceværdier for årlig fosforudledningen fra dansk husholdningsspildevand [kg P/PE] over perioden fra 1990 til 2017

Spredning af Fosfor referenceværdier



Figur 10: Referenceværdier for årlig fosforudledningen fra dansk husholdningsspildevand [kg P/PE] over perioden fra 1990 til 2017. De røde punkter viser de opgjorte referenceværdier fra Figur 9. Yderligere, indikerer de sorte punkter referenceværdier for de individuelle renselanlæg benyttet til bestemmelsen af de samlede referenceværdier.

For perioden 1990-2007 viser resultaterne et svingende fosforniveau på lidt over 1 kg P/PE, med et gennemsnit for disse år på 1,10 kg P/PE, hvilket er lidt højere end den anvendte værdi i spildevandsbekendtgørelse. Efter 2007 ses en faldende tendens frem mod 2017, som har den laveste værdi for hele måleperioden, med en referenceværdi på 0,72 kg P/PE. Dermed har der over de sidste 10 år været et fald på 34% for den årlige udledte fosformængde fra dansk husholdningsspildevand.

Resultaterne viser bl.a. et markant fald i referenceværdien fra 2007 til 2008, med et fald på 10% mellem de to år. Derved ses det at den samlede referenceværdi afspejler tendensen observeret for de enkelte renselanlæg. Det observerede fald i fosforniveauet, kan indikere at EU regulering om krav til deklaration og datablad for indholdsstoffer i vaskemidler, gældende fra 2006 og 2007, har haft en effekt på fosforindholdet og dermed udledningen fra husholdninger. En analyse af spredningen af værdierne for de individuelle renselanlæg for de enkelte år viser en årlig difference inden for et interval mellem 0,63 og 1,96 kg P/PE/år.

Med de samlede opgjorte referenceværdier, kan en ny standard referenceværdi bestemmes for fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand. Det anbefales at en nuværende referenceværdi i spildevandsbekendtgørelsen angives til 0,72 kg P/PE/år. Dette er den bestemte værdi for 2017, samt den laveste værdi for perioden fra 1990 til 2017.

Tabel 3: Opgørelse af beregnede referenceværdier for total fosfor i husholdningsspildevand for årene i perioden fra 1990 til 2017. Referenceværdien er udregnet som et gennemsnit af alle renseanlæg med undtagelse af Lejbølle og Troldhede. For beregning af kvartiler, minimum og maksimum værdier er disse renseanlæg dog medtaget.

År	Referenceværdi [kg P/PE]	Min værdi [kg P/PE]	25% kvartil [kg P/PE]	75% kvartil [kg P/PE]	Max værdi [kg P/PE]
1990	1.32	1.02	1.53	0.46	2.81
1991	1.12	0.94	1.29	0.66	2.90
1992	1.09	0.96	1.21	0.51	4.52
1993	1.02	0.89	1.21	0.42	2.47
1994	0.99	0.84	1.14	0.50	2.69
1995	1.07	0.90	1.29	0.66	1.98
1996	1.07	1.00	1.19	0.75	2.57
1997	1.07	0.93	1.18	0.68	3.45
1998	1.11	0.94	1.27	0.43	2.86
1999	1.06	0.90	1.27	0.33	3.02
2000	1.10	0.92	1.29	0.45	3.86
2001	1.10	0.99	1.29	0.45	2.82
2002	1.12	0.95	1.27	0.64	2.05
2003	1.11	0.96	1.27	0.61	2.02
2004	1.14	0.96	1.31	0.56	2.42
2005	1.07	0.92	1.20	0.29	1.90
2006	1.11	0.96	1.25	0.12	1.91
2007	1.07	0.94	1.23	0.56	1.57
2008	0.96	0.89	1.03	0.53	1.89
2009	0.91	0.79	0.99	0.52	1.96
2010	0.88	0.76	0.96	0.45	1.72
2011	0.81	0.70	0.94	0.46	1.69
2012	0.77	0.66	0.88	0.32	1.73
2013	0.77	0.69	0.90	0.34	1.22
2014	0.77	0.68	0.86	0.41	1.46
2015	0.81	0.68	0.87	0.46	1.57
2016	0.80	0.66	0.88	0.44	1.53
2017	0.72	0.64	0.78	0.40	1.31

Resultaterne viser imidlertid ikke stationære fosforreferenceværdier. De seneste 10 år, har fosforniveauet fulgt en nedadgående tendens. Det anbefales derfor at udviklingen af fosforindholdet i husholdningsspildevand fortsat monitoreres og at fosforreferenceværdien fremadrettet genberegnes når nye målinger indberettes over de kommende år.

4.3 Perspektivering

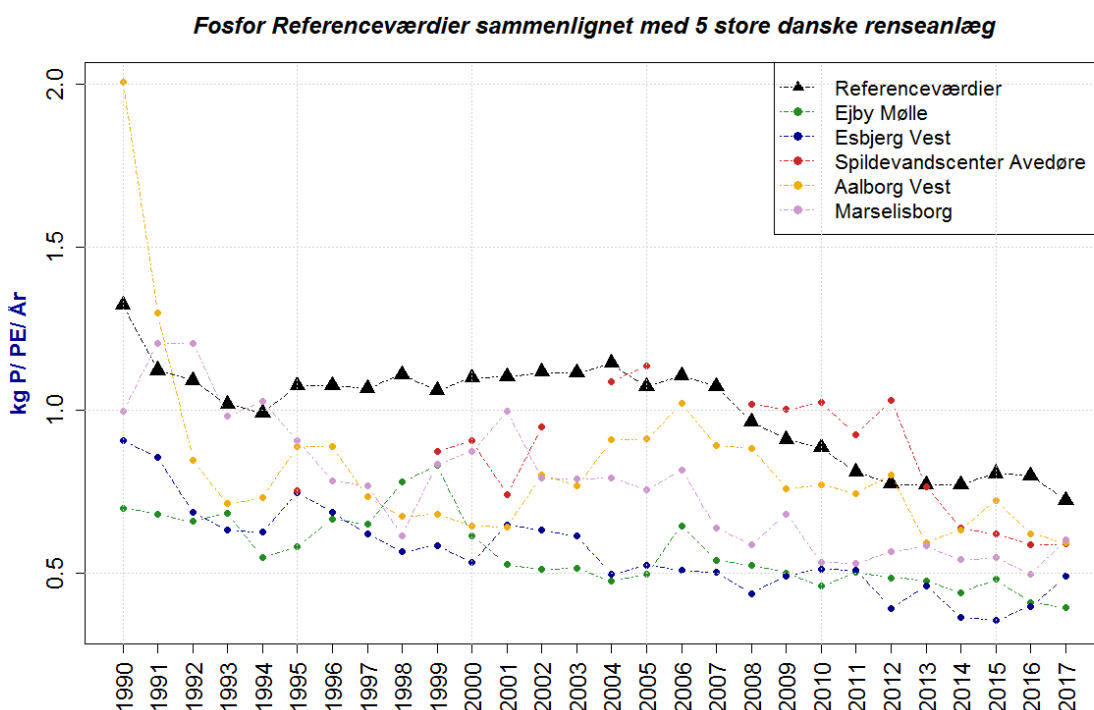
Referenceværdierne i Tabel 3 er beregnet på baggrund af målinger fra 56 danske renseanlæg, hvor den største af dem har en godkendt kapacitet på omkring 94.000 PE (jf. Tabel 2).

Større danske renseanlæg er bl.a. frasorteret analysen grundet for store mængder tilløb af industrispillevand (jf. Kapitel 2). For at sammenligne de udregnede referenceværdier med fosforindholdet i tilløbet til de større danske renseanlæg, er der på Figur 11 angivet de samlede referenceværdier, plottet imod udregnet fosforreferenceværdier for renseanlæggene: Aalborg vest, Ejby Mølle, Esbjerg Vest, Marselisborg og Spildevandcenter Avedøre. Heraf fremgår det at fosformængderne på de udvalgte renseanlæg, generelt ligger under de bestemte referenceværdier, hvilket sandsynligvis skyldes bidraget af industrispildevand, som påvirker beregningerne af PE belastningen.

Mønsteret på Figur 11 modsiger ikke det generelle fald i P indholdet som er observeret for de 56 analyserede renseanlæg. Det understøtter konklusionen, om at regulering af fosforindholdet i vaskemidler har haft en landsdækkende positiv effekt på den samlede P udledning.

Det skal understreges, at variationer i referenceværdier for de større anlæg kan skyldes ændringer i adskillige faktorer, såsom ændringer i industriproduktion i oplandet, udvikling af det urbane område, osv.

I et studie fra Trondheim i Norge er mængderne for forskellige stoffer i tilløbsvand til et større renseanlæg undersøgt. Her blev fosforindholdet i tilløbsvandet til renseanlægget anslået til 0,61 kg P/PE/år (Polesel et al., 2018). Dette afspejler meget godt de tendenser der ses for de større danske renseanlæg, som vist på Figur 11



Figur 11: Sammenligning af de samlede opgjorte fosforreferenceværdier med de beregnede referenceværdier for fem større danske renseanlæg (Ejby Mølle, Esbjerg Vest, Spildevandcenter Avedøre, Aalborg Vest og Marselisborg) som ikke er inkluderet i projektets analyse.

5. Konklusion

Ved gennemgang af tilløbs koncentrationer fra 56 renseanlæg har det været muligt at analysere udviklingen i fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand. Dataanalysen har muliggjort estimeringen af en referenceværdi for fosforindholdet for alle år over perioden fra 1990 til 2017. Resultaterne viser en referenceværdi fra 1990 til 2007 som svinger omkring 1,10 kg P/PE/år. De efterfølgende 10 år fra 2008 til 2017 kan det konkluderes at der er en faldende tendens, hvor niveauet over de seneste 10 år er faldet med 34%, med det laveste niveau i 2017. Fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand er for 2017 opgjort til **0,72 kg P/PE/år**. Resultaterne viser imidlertid ikke stationære fosforreferenceværdier, hvorfor det anbefales at udviklingen af fosforindholdet i husholdningsspildevand fortsat monitoreres og at fosforreferenceværdien genberegnes fremadrettet.

Gennemgang og analyse af de tilgængelige målinger viser yderligere at:

- Regulering af fosforindholdet i vaskemidler har været succesfuld, da der er blevet observeret et generelt fald i fosfor tilledningen efter 2007 på tværs af de undersøgte anlæg.
- Der er blevet observeret forskellige tendenser for de enkelte anlæg: for nogle renseanlæg observeres et konstant fald i løbet af den undersøgte tidsinterval, mens der for andre ses en stigning af fosforudledninger i perioden fra slut 90'erne til midt 00'erne.

Referencer

- Comber, S., Gardner, M., Georges, K., Blackwood, D., Gilmour, D. (2012) Domestic source of phosphorus to sewage treatment works. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 34(10), 1349–1358.
- DCE (2018) Ny indsamling af viden om fosfor. (<http://dce.au.dk/aktuelt/nyheder/nyhed/artikel/ny-indsamling-af-viden-om-fosfor/>, besøgt 2019/01/09)
- European Union (2004) Regulation (EC) No 648/2004 of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on detergents.
- European Union (2012) Regulation (EU) No 259/2012 of the European Parliament and of the Council of 14 March 2012 amending Regulation (EC) No 648/2004 as regards the use of phosphates and other phosphorus compounds in consumer laundry detergents and consumer automatic dishwasher detergents.
- Henze, M., Loosdrecht, M. C. M. van, Ekama, G. A., Brdjanovic, D. (2008) *Biological Wastewater Treatment - Principles, Modeling, Design*. IWA Publishing, London, United Kingdom.
- Kjølholt, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Olsen, D., Jørgensen, K.-R. (2011) Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg – på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2009, Rapport udgivet af Naturstyrelsen.
- Kjølholt, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Olsen, D., Jørgensen, K.-R. (2014) Opdatering af nøgletal for miljøfarlige forurenende stoffer i spildevand fra renseanlæg. Rapport udgivet af, Miljøministeret, Naturstyrelsen.
- Kronvang, B., Iversen, H. L., Jørgensen, J. O., Paulsen, I., Jensen, J. P., Conley, D. J., Ellermann, T., Laursen, K. D., Wiggers, L., Flindt Jørgensen, L., Stockmarr, J. (2001) Fosfor i jord og vand: Udvikling, status og perspektiver. *Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet*, 6(380), 8–10.
- Métadier, M. and Bertrand-Krajewski, J. L. (2012) The use of long-term on-line turbidity measurements for the calculation of urban stormwater pollutant concentrations, loads, pollutographs and intra-event fluxes. *Water Research*, 46(20), 6836–6856.
- Miljø- og Fødevareministeriet (2015) Datateknisk anvisning for Renseanlæg.,
- Miljøministeriet (2004) Punktkilder 2003- Det nationale program for overvågning af vandmiljøet. Rapport nr. 16, Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen (1999) Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.
- Miljøstyrelsen (2017) Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4, BEK nr 1469 af 12/12/2017.
- Miljøstyrelsen (2015) Fosforanvendelse fra spildevandsslam. Miljøprojektet nr. 1704. Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen (2018) Punktkilder 2016, NOVANA – Punktkilder. Miljøstyrelsen
- Polesel, F., Farkas, J., Kjos, M., Almeida Carvalho, P., Flores-Alsina, X., Gernaey, K. V., Hansen, S. F., Plósz, B. G., Booth, A. M. (2018) Occurrence, characterisation and fate of (nano)particulate Ti and Ag in two Norwegian wastewater treatment plants. *Water Research*, 141, 19–31.
- The R Foundation (2018) R 3.5.1 and R Studio 1.1.456. (www.r-project.org/foundation/ - besøgt 2019/01/09).
- Van Buren, M. A., Watt, W. E., Marsalek, J. (1997) Application of the log-normal and normal distributions to stormwater quality parameters. *Water Research*, 31(1), 95–104.

Bilag A Årlig referenceværdi for individuelle renselanlæg

Dette bilag indeholder den samlede opgørelse for fosforreferenceværdierne i perioden fra 1990 til 2017, for de 56 danske renselanlæg inkluderet i projektanalysen. Referenceværdierne for det enkelte renselanlæg findes Tabel A1 til Tabel A11 sammen en angivelse af antallet af målinger brugt til at udregne de enkelte referenceværdier.

Udviklingen for fosforindholdet på renselanlæggene over analysens 28 år er grafisk afbilledet på Figur A1 til Figur A19.

.

Table A1: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Aså		Bjerreby		Brandsby		Broager Vig		Bur	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	1.09	12	1.86	6	1.97	10	1.48	12	1.17	7
1991	1.06	9	1.48	6	1.26	4	1.24	12	0.93	6
1992	0.96	13	1.06	10	1.07	4	1.22	13	1.11	3
1993	0.90	21	0.99	10	0.88	6	1.09	12	-	-
1994	0.96	13	1.12	11	0.89	6	1.06	11	-	-
1995	0.84	9	1.08	6	1.04	6	1.05	12	-	-
1996	0.88	11	1.28	12	1.04	12	1.30	12	-	-
1997	0.82	15	1.52	11	1.27	5	1.16	12	-	-
1998	0.82	12	1.39	12	1.07	13	1.16	12	-	-
1999	0.72	12	1.10	13	1.43	7	1.30	12	-	-
2000	0.74	12	1.10	9	1.03	10	1.04	12	-	-
2001	0.79	12	1.30	8	1.07	9	1.09	12	1.05	6
2002	0.71	12	1.07	6	1.25	8	1.15	12	1.13	6
2003	0.61	12	0.98	8	1.07	9	1.14	12	1.35	6
2004	0.56	12	1.21	8	1.81	10	1.07	11	0.97	6
2005	0.69	12	1.08	8	1.40	10	0.47	12	1.19	6
2006	0.60	12	1.11	8	1.49	8	0.51	10	1.17	6
2007	0.58	12	1.17	7	0.95	8	0.65	12	1.11	6
2008	0.80	12	1.09	6	1.08	8	0.82	8	0.97	6
2009	0.73	12	0.88	6	0.99	8	0.97	6	0.66	6
2010	0.77	13	0.86	6	0.95	8	1.22	6	0.71	6
2011	0.73	12	0.95	6	0.70	9	1.03	6	0.69	6

År	Aså		Bjerreby		Brandsby		Broager Vig		Bur	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0.69	12	0.80	7	1.17	7	0.88	6	0.67	6
2013	0.63	12	0.96	6	0.90	6	0.74	6	0.52	6
2014	0.62	13	0.94	7	0.98	8	0.87	6	0.64	6
2015	0.63	12	0.99	6	0.57	6	0.94	6	0.68	6
2016	0.59	12	0.82	6	1.47	6	1.19	12	0.65	6
2017	0.54	12	0.79	6	1.31	6	1.01	12	0.64	6

Table A2: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Demstrup		Endelave		Flovlev		Fuglebjerg		Fur	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	1.90	4	-	-	0.96	9	-	-	1.02	4
1991	1.63	4	-	-	0.94	9	-	-	1.03	5
1992	2.07	4	-	-	1.23	9	-	-	1.22	3
1993	1.33	3	-	-	0.92	9	-	-	1.41	4
1994	1.77	3	-	-	0.85	9	-	-	0.71	3
1995	1.30	3	-	-	0.94	9	-	-	1.25	3
1996	-	-	-	-	1.18	9	-	-	1.03	4
1997	1.38	3	-	-	1.13	9	-	-	0.91	4
1998	2.00	3	-	-	1.12	10	-	-	1.07	4
1999	1.43	4	-	-	1.11	9	-	-	0.81	4
2000	1.96	4	-	-	1.18	9	-	-	1.18	4
2001	1.76	4	-	-	1.23	9	-	-	1.40	4
2002	1.57	4	-	-	1.17	8	-	-	1.21	4
2003	1.30	4	-	-	1.17	9	0.99	6	1.03	4
2004	1.71	4	-	-	0.86	7	0.78	11	1.15	4
2005	1.20	4	-	-	0.89	10	0.60	11	0.99	4
2006	1.36	4	-	-	1.07	12	-	-	0.94	4
2007	1.12	4	-	-	1.05	12	0.61	10	1.22	6
2008	1.02	6	-	-	0.99	12	0.94	12	0.92	6
2009	0.91	6	-	-	0.69	12	0.87	12	0.63	6
2010	0.81	5	-	-	0.94	6	0.89	12	1.01	6
2011	0.95	6	-	-	0.99	6	0.87	12	0.94	6

År	Demstrup		Endelave		Flovlev		Fuglebjerg		Fur	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0.95	6	-	-	0.75	6	0.78	12	0.61	6
2013	0.85	6	-	-	0.81	6	0.71	11	0.76	6
2014	0.84	6	0.61	6	0.73	6	-	-	0.80	6
2015	0.84	6	0.67	6	0.98	6	-	-	0.74	6
2016	0.70	6	0.64	6	0.87	6	-	-	0.85	6
2017	0.78	6	0.71	5	0.62	6	-	-	0.78	6

Tabel A3: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Gjøl		Grønbjerg		Harsbjerg		Haverslev		Hemmet	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	1,40	6	0,93	8	2,00	5	1,41	11	1,16	9
1991	1,01	8	1,22	9	1,01	6	1,44	13	1,34	8
1992	1,12	6	1,01	8	1,13	6	1,09	12	1,28	6
1993	0,89	5	1,28	9	0,83	6	1,30	8	1,21	7
1994	1,04	8	1,19	9	1,08	6	0,81	7	1,22	9
1995	1,32	10	1,20	9	0,98	6	1,38	9	0,95	9
1996	1,18	8	1,03	9	1,09	6	1,07	8	1,19	10
1997	1,10	7	1,14	9	1,04	5	1,01	11	1,08	12
1998	1,13	6	1,16	9	1,11	6	1,10	9	0,95	12
1999	1,10	5	1,19	9	1,26	5	1,72	5	0,97	12
2000	1,35	6	1,37	9	1,27	8	1,28	6	0,97	12
2001	1,16	7	1,35	8	1,29	8	1,00	10	1,02	13
2002	1,39	6	1,31	6	1,02	6	1,28	8	0,90	7
2003	0,97	12	1,43	6	1,15	8	1,02	7	0,90	6
2004	1,06	12	1,10	6	1,49	8	0,90	6	1,04	6
2005	0,92	12	1,03	6	1,14	8	1,05	6	1,02	6
2006	0,90	12	1,05	6	1,14	8	1,13	5	1,25	7
2007	1,13	7	1,02	6	0,87	6	1,07	6	1,21	8
2008	0,99	11	0,79	6	1,17	6	0,80	6	0,95	5
2009	0,86	6	1,08	6	1,03	6	0,74	6	0,90	6
2010	0,80	6	0,89	6	1,12	6	0,78	6	0,96	6
2011	1,01	6	1,08	6	1,00	8	0,76	6	0,76	6

År	Gjøl		Grønbjerg		Harsbjerg		Haverslev		Hemmet	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0,59	6	0,69	6	0,82	6	0,71	6	0,89	6
2013	0,66	6	0,89	6	0,95	6	0,78	6	0,99	6
2014	0,70	7	0,70	6	0,85	7	0,73	6	0,95	6
2015	0,92	6	0,68	6	0,70	6	0,71	6	0,87	6
2016	0,74	5	0,72	6	1,00	6	0,58	6	1,03	6
2017	1,08	6	0,82	6	0,72	6	0,67	6	0,74	6

Table A4: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Himmark		Holme Olstrup		Hoven		Hover		Hummelvig	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	1.37	12	0.46	10	1.40	6	0.94	6	1.36	12
1991	1.06	12	-	-	1.04	6	0.87	5	1.20	12
1992	1.15	12	0.65	9	-	-	0.97	6	1.21	12
1993	1.04	12	0.42	4	-	-	1.25	5	1.01	12
1994	1.29	11	0.53	4	-	-	1.10	6	1.07	12
1995	1.09	12	0.66	4	-	-	1.52	6	1.18	12
1996	1.31	8	0.79	5	-	-	1.10	6	1.04	12
1997	-	-	0.82	4	-	-	1.33	5	1.03	9
1998	1.26	10	0.43	4	-	-	1.64	6	-	-
1999	1.37	12	0.33	5	-	-	1.34	6	0.99	8
2000	1.31	12	0.45	4	-	-	1.51	6	1.30	13
2001	1.07	12	0.45	4	-	-	1.30	5	1.07	11
2002	1.41	12	0.64	10	-	-	1.14	6	1.05	12
2003	1.03	11	1.11	10	0.83	5	1.49	6	1.12	13
2004	1.08	12	0.89	10	0.88	6	1.39	6	0.81	11
2005	1.15	12	1.17	10	0.94	6	1.11	6	0.29	9
2006	1.21	9	1.14	10	0.90	7	1.19	6	0.12	10
2007	1.29	12	1.24	12	1.19	6	1.26	6	0.76	9
2008	1.19	5	1.03	12	0.92	6	1.12	6	0.99	11
2009	-	-	0.90	11	0.61	6	1.07	6	1.05	12
2010	-	-	0.91	12	0.71	6	0.97	6	0.91	12

År	Himmark		Holme Olstrup		Hoven		Hover		Hummelvig	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2011	-	-	0.94	12	0.55	6	0.77	6	0.85	12
2012	0.94	12	0.72	12	0.58	6	0.95	6	0.87	12
2013	0.78	12	0.70	12	0.70	6	1.06	6	0.67	12
2014	0.82	12	0.79	12	0.71	6	1.46	6	0.81	12
2015	0.79	12	0.71	12	0.76	6	1.48	6	0.83	13
2016	0.96	12	0.68	12	0.58	5	0.86	6	0.90	6
2017	0.89	12	0.65	12	0.46	6	0.92	7	0.80	6

Tabel A5: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Hvide Sande		Hørup		Kloster		Kroager		Laven	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	0,73	11	1,81	11	0,98	10	-	-	1,13	14
1991	0,66	11	1,67	10	0,88	9	-	-	1,01	14
1992	0,61	12	2,00	13	1,13	8	0,98	12	1,00	14
1993	0,63	15	1,41	11	0,75	8	0,84	12	1,05	14
1994	0,68	12	1,25	13	0,89	10	0,76	12	0,96	14
1995	0,70	12	1,38	15	0,84	9	0,88	7	1,17	14
1996	0,85	12	1,03	12	1,05	10	0,87	7	1,05	14
1997	0,86	11	1,32	11	1,24	12	0,81	6	0,86	14
1998	0,94	12	1,39	13	1,19	11	0,69	3	0,92	14
1999	0,80	12	1,17	12	1,03	12	0,93	6	0,83	14
2000	0,87	12	1,15	14	1,05	12	0,91	6	0,89	14
2001	0,81	12	1,18	13	0,92	12	1,00	6	1,21	13
2002	0,85	6	1,25	14	1,01	6	1,08	6	1,35	13
2003	0,91	6	1,13	8	1,11	6	1,35	6	2,02	13
2004	0,97	6	1,54	8	1,05	6	1,22	5	1,97	6
2005	0,83	6	1,20	8	0,96	5	1,39	6	1,90	7
2006	1,01	6	1,27	8	1,11	6	1,91	6	1,70	5
2007	0,92	6	1,46	7	0,94	6	1,57	6	1,40	7
2008	0,93	7	0,83	6	1,06	7	1,52	5	1,29	6
2009	0,99	5	1,02	6	0,64	6	1,05	6	1,32	6
2010	0,75	6	1,10	6	0,90	6	1,25	6	1,08	6
2011	0,68	6	0,71	7	0,96	6	1,21	3	1,08	6

År	Hvide Sande		Hørup		Kloster		Kroager		Laven	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0,90	6	0,75	6	1,26	6	0,81	6	0,78	6
2013	0,80	6	0,74	6	1,02	6	1,22	5	0,85	5
2014	0,70	5	0,73	7	1,16	5	1,31	6	0,87	6
2015	0,75	6	1,00	6	0,86	6	1,40	6	0,72	6
2016	0,80	6	0,67	5	1,11	6	0,95	6	0,76	6
2017	0,67	6	0,66	6	0,73	6	0,80	6	0,65	6

Tabel A6: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Lejbølle		Lem		Linde		Lohals		Marstal	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	0.89	12	1.29	9	0.95	13	1.28	6	1.45	3
1991	2.90	6	1.08	9	0.95	5	1.42	10	-	-
1992	4.52	6	1.19	10	-	-	1.13	12	1.03	5
1993	2.47	6	1.10	9	0.90	6	1.17	12	1.19	6
1994	2.69	6	1.26	9	0.97	9	0.99	11	1.05	5
1995	1.76	6	1.24	12	0.97	10	0.95	6	1.19	6
1996	1.81	6	1.11	12	0.91	10	1.14	12	1.23	11
1997	2.40	6	1.07	9	1.13	12	1.09	7	0.98	5
1998	2.86	5	1.37	11	1.42	11	0.96	12	1.28	5
1999	2.13	6	1.09	9	1.25	13	1.02	11	1.06	12
2000	2.09	10	1.14	10	1.42	12	1.18	9	1.37	10
2001	2.04	8	1.12	8	1.31	12	1.13	8	1.26	10
2002	2.03	8	1.02	6	1.50	6	1.19	8	1.36	10
2003	1.39	8	1.16	6	1.27	6	1.36	8	1.15	10
2004	1.57	8	1.15	6	1.32	6	1.24	8	1.19	10
2005	1.59	8	0.89	6	1.03	6	1.33	8	1.31	10
2006	1.22	8	1.16	6	1.15	6	1.06	8	1.33	9
2007	1.34	6	1.17	6	1.04	6	1.10	6	1.34	7
2008	1.89	6	0.96	6	0.98	6	1.26	6	0.87	8
2009	1.33	6	0.80	6	1.10	6	0.99	6	0.98	8
2010	1.20	6	0.75	6	0.91	6	0.90	6	1.09	8
2011	1.69	6	0.67	6	0.78	6	0.78	6	0.82	8

År	Lejbølle		Lem		Linde		Lohals		Marstal	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0.96	6	0.72	6	0.71	6	0.76	6	0.49	8
2013	1.09	6	0.74	6	0.72	6	0.78	6	0.48	8
2014	1.08	7	0.61	6	0.76	6	0.76	8	0.58	10
2015	1.44	6	0.79	6	0.87	6	0.87	6	0.93	8
2016	1.00	6	0.73	6	0.83	6	0.65	6	0.69	8
2017	0.85	6	0.73	6	0.74	6	0.74	6	0.63	8

Table A7: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Mellerup		Menstrup		Næstved		Ringkøbing		Roløkke	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	1.14	8	1.54	14	1.03	15	0.92	18	2.42	6
1991	1.23	11	1.28	11	0.66	12	0.84	12	1.94	6
1992	1.03	12	0.89	11	0.51	15	1.00	12	1.36	10
1993	1.15	12	0.98	3	0.69	4	0.92	12	1.08	12
1994	1.14	12	0.84	7	0.50	19	0.91	12	1.13	6
1995	1.05	12	0.93	8	0.70	8	0.94	12	0.90	6
1996	1.17	12	0.75	8	0.98	12	1.03	12	1.19	6
1997	1.04	12	0.68	11	0.99	9	0.87	12	1.23	6
1998	1.24	12	0.64	14	0.94	24	1.05	12	1.43	6
1999	1.15	12	0.68	11	0.88	18	0.83	12	1.42	6
2000	1.26	11	0.82	12	1.17	20	0.89	12	1.18	7
2001	1.39	12	-	-	0.85	12	0.84	11	1.17	8
2002	1.31	12	0.99	11	0.94	12	0.75	6	1.59	7
2003	1.26	12	0.87	7	0.96	12	0.81	5	1.60	8
2004	1.31	11	0.90	5	1.02	12	0.81	6	1.33	8
2005	1.30	12	0.82	6	1.13	12	0.76	6	1.34	8
2006	1.32	12	0.90	6	1.07	12	0.84	6	1.37	8
2007	1.37	13	0.84	6	1.14	12	0.80	6	1.50	6
2008	0.79	12	0.90	6	1.01	13	0.55	6	1.04	5
2009	0.88	12	0.82	6	0.83	12	0.52	6	1.96	6
2010	0.87	12	0.86	6	0.89	12	0.45	6	1.72	6
2011	0.83	12	0.48	6	0.69	12	0.46	6	0.75	6

År	Mellerup		Menstrup		Næstved		Ringkøbing		Roløkke	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0.81	6	0.65	7	0.70	12	0.55	6	1.04	6
2013	0.74	6	0.57	5	0.66	12	0.34	6	0.62	6
2014	0.52	6	0.62	6	0.68	12	0.41	6	0.78	7
2015	0.82	6	0.65	6	0.70	18	0.47	6	0.77	6
2016	0.66	6	0.75	6	0.68	21	0.44	6	1.14	6
2017	0.67	6	0.61	6	0.64	23	0.40	6	0.76	6

Table A8: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Rudkøbing		Sdr. Omme		Selde		Snøde		Spjald	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	0.75	7	1.45	10	-	-	1.84	6	0.77	12
1991	0.74	12	1.00	11	-	-	2.03	5	0.85	8
1992	1.16	9	0.89	12	1.10	3	1.30	5	0.84	9
1993	0.80	12	0.93	12	0.98	4	1.27	12	1.05	9
1994	0.71	12	0.96	12	0.95	4	1.10	6	0.91	9
1995	0.80	6	1.13	6	1.47	3	1.03	9	1.11	9
1996	0.89	12	1.12	6	1.30	4	1.21	12	1.07	9
1997	1.10	6	0.92	6	0.99	4	0.93	12	0.98	9
1998	1.13	11	0.83	6	1.17	4	1.04	12	1.22	9
1999	1.14	6	0.85	7	0.96	4	1.10	6	1.29	9
2000	0.92	10	0.80	6	0.93	4	1.04	9	1.16	9
2001	1.06	8	0.77	6	1.12	4	0.99	8	1.29	9
2002	0.89	10	0.77	6	0.95	4	0.99	8	1.04	6
2003	0.79	10	1.04	6	0.91	4	0.92	8	1.15	6
2004	1.12	10	1.18	6	1.22	4	1.56	8	1.20	6
2005	1.13	10	1.61	5	1.09	4	1.13	8	1.25	6
2006	1.12	10	1.11	6	1.28	4	1.17	8	1.15	6
2007	1.14	8	1.27	6	1.46	7	1.04	6	0.84	6
2008	1.03	8	0.93	6	1.20	6	0.84	6	0.89	6
2009	0.90	8	0.97	6	1.43	6	0.81	6	0.92	6
2010	1.19	8	0.87	6	1.43	6	0.73	6	0.69	6
2011	0.99	6	0.92	4	0.78	6	0.89	6	0.80	6

År	Rudkøbing		Sdr. Omme		Selde		Snøde		Spjald	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0.82	6	0.95	6	0.79	6	0.70	6	0.67	6
2013	0.92	10	1.21	6	0.94	6	0.87	6	0.75	6
2014	0.73	12	1.09	6	0.86	6	0.85	8	0.71	6
2015	0.96	11	0.87	12	0.69	6	0.85	6	0.68	6
2016	0.90	12	0.85	5	0.75	6	0.91	6	0.71	6
2017	0.90	12	0.58	6	0.74	6	0.73	6	0.74	6

Table A9: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renselanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Stadil		Svolstrup/Grauballe		Søby		Sønderborg		Thorsminde	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	1.49	6	1.25	6	1.86	11	1.16	4	-	-
1991	1.18	6	0.94	6	1.29	9	0.81	12	-	-
1992	1.88	5	1.06	6	1.09	6	0.87	12	-	-
1993	1.46	5	0.74	6	1.37	12	0.84	13	-	-
1994	1.33	6	0.69	6	1.23	12	1.02	12	-	-
1995	1.83	6	0.80	6	1.32	12	0.85	12	-	-
1996	1.21	9	0.93	6	1.23	18	0.94	11	-	-
1997	1.49	8	1.01	7	1.14	17	1.05	12	-	-
1998	1.61	10	0.79	6	1.08	6	1.19	12	0.82	3
1999	1.29	7	0.72	6	1.13	5	1.16	11	-	-
2000	1.34	6	0.80	6	0.92	10	1.25	22	-	-
2001	1.27	5	0.79	6	0.97	8	1.11	23	-	-
2002	1.13	7	0.65	6	1.12	8	1.17	23	-	-
2003	1.28	6	0.65	6	1.44	9	0.99	24	0.89	11
2004	1.07	6	0.62	3	1.30	9	1.03	23	0.67	12
2005	1.13	6	0.94	6	1.69	9	1.07	24	0.66	12
2006	1.35	6	0.88	6	1.38	8	0.93	24	0.95	12
2007	1.31	6	0.56	5	1.35	8	0.96	12	1.00	11
2008	1.42	6	0.53	6	0.93	8	0.89	13	0.79	12
2009	0.98	6	0.69	6	0.76	8	0.76	12	0.75	6
2010	0.98	6	0.47	6	0.80	8	0.86	12	0.77	6
2011	1.07	6	0.51	6	0.86	8	0.88	12	0.84	6

År	Stadil		Svolstrup/Grauballe		Søby		Sønderborg		Thorsminde	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0.90	6	0.63	6	0.44	8	0.65	12	0.69	6
2013	1.08	6	0.40	6	0.39	8	0.68	12	0.73	6
2014	0.97	5	0.49	6	0.76	11	0.69	12	0.77	6
2015	1.02	6	0.46	6	0.91	8	0.71	12	0.67	6
2016	1.04	6	0.58	6	0.60	8	0.87	12	0.77	6
2017	0.94	6	0.55	6	0.81	8	0.85	12	0.71	6

Tabel A10: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renseanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

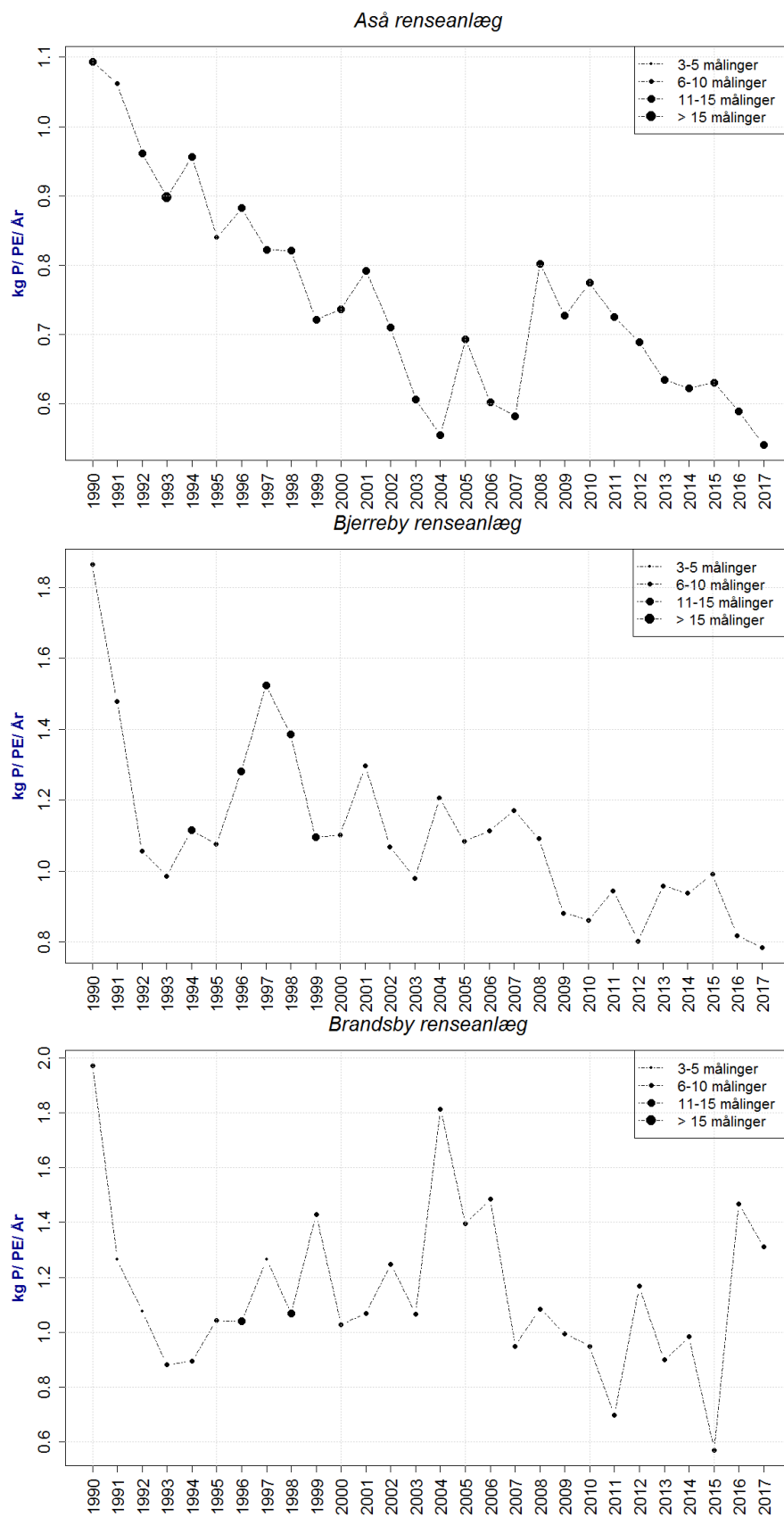
År	Tim		Troldhede		Ulfborg		Usserød		Vallensved	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	1,26	6	2,81	8	1,22	10	-	-	1,55	13
1991	0,94	6	2,47	9	0,87	9	-	-	1,06	12
1992	1,14	6	1,79	9	0,80	9	-	-	0,85	12
1993	0,97	6	1,83	9	0,92	9	-	-	-	-
1994	1,09	6	1,66	9	0,77	10	-	-	1,51	7
1995	1,35	11	1,98	9	0,92	9	-	-	1,39	8
1996	1,09	12	2,57	12	1,03	12	-	-	1,18	7
1997	1,18	9	3,45	12	0,83	11	-	-	0,91	12
1998	1,47	9	2,65	12	0,90	12	1,07	10	1,12	14
1999	1,28	6	3,02	12	0,92	12	0,85	10	0,94	10
2000	1,28	6	3,86	12	0,90	12	0,95	12	1,38	12
2001	1,41	5	2,82	12	0,97	12	1,02	14	-	-
2002	1,11	6	1,35	6	0,92	11	1,05	14	1,12	12
2003	1,51	6	1,39	6	1,01	12	0,99	12	0,85	7
2004	1,16	6	1,42	6	1,02	12	0,96	12	1,40	5
2005	1,04	6	1,27	6	0,91	12	0,98	13	0,90	6
2006	1,35	6	1,24	6	1,04	11	0,89	9	0,95	6
2007	1,16	6	1,17	6	0,76	12	0,79	11	0,79	6
2008	0,97	6	1,03	6	0,68	12	0,92	12	0,90	6
2009	0,88	6	1,31	6	0,83	6	0,81	12	0,79	6
2010	0,86	6	0,84	6	0,58	7	0,70	12	0,75	6
2011	0,80	6	0,93	6	0,59	6	0,79	13	0,67	6

År	Tim		Trolldhede		Ulfborg		Usserød		Vallensved	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0,61	6	0,78	6	0,58	6	0,75	12	1,73	6
2013	0,72	6	1,06	6	0,73	6	0,65	11	0,75	6
2014	0,70	6	1,07	6	0,59	6	0,46	14	0,91	6
2015	0,77	6	0,82	6	0,85	6	0,51	23	1,57	6
2016	0,80	6	0,80	6	0,65	6	0,55	19	1,53	6
2017	0,49	6	0,59	6	0,70	6	0,56	12	0,72	6

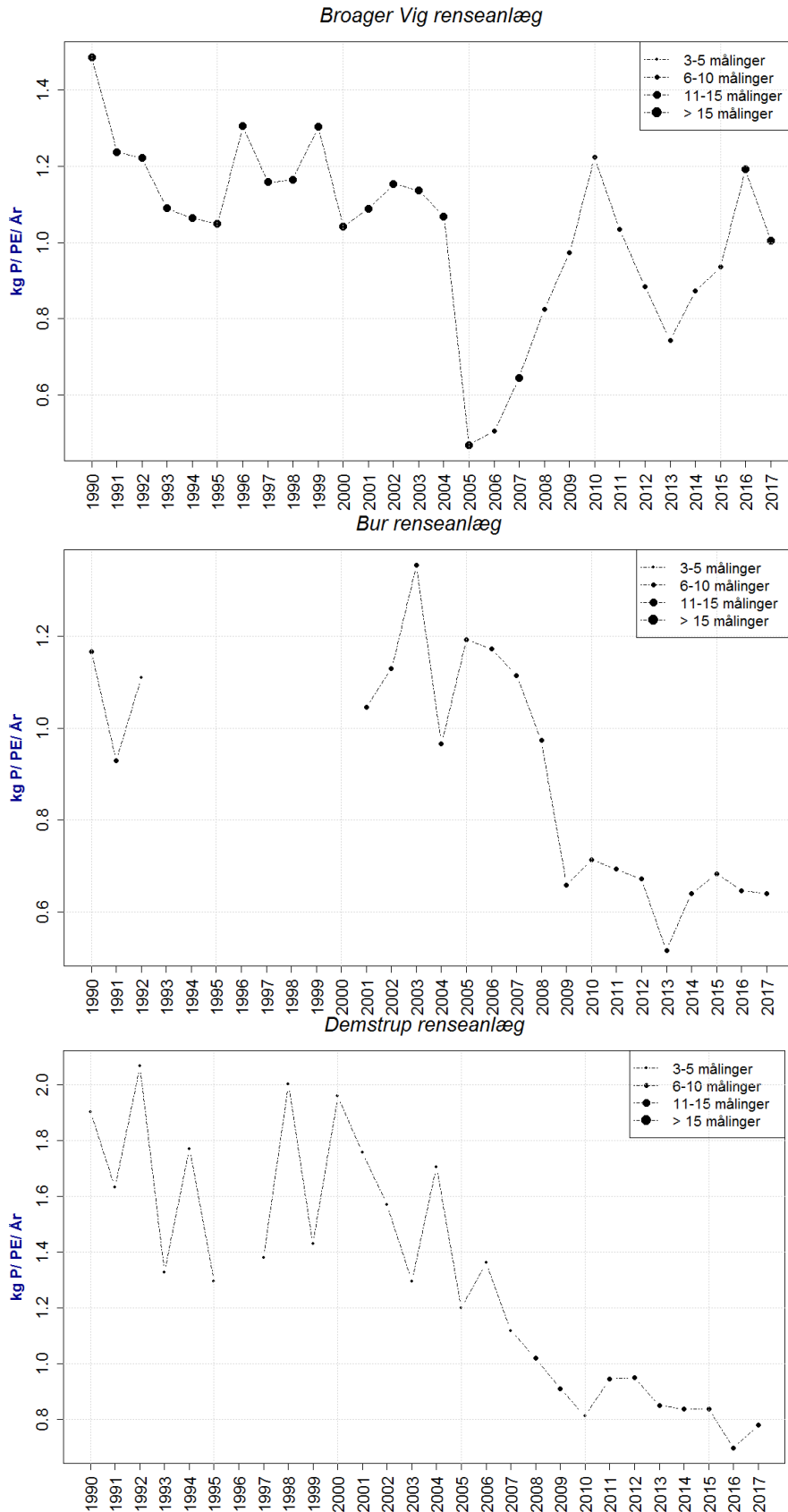
Tabel A11: Årligt bestemte referenceværdier for fosforindholdet i tilløbsvandet på individuelle danske renselanlæg. For hver referenceværdi er antallet af understøttende målinger angivet.

År	Vemb		Videbæk		Voldum		Vorbasse		Vorgod		Ærøskøbing	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
1990	1.01	10	1.13	12	1.41	5	1.67	3	1.11	9	1,99	6
1991	0.87	8	0.90	12	1.42	6	-	-	1.05	8	1,15	6
1992	0.80	10	0.73	12	1.20	6	0.87	6	1.04	9	1,32	6
1993	0.85	9	0.68	12	1.12	11	0.97	6	1.35	8	0,92	6
1994	0.76	8	0.70	12	0.98	16	0.58	6	1.20	9	1,04	6
1995	0.77	9	0.72	15	1.05	12	0.75	6	1.50	9	1,16	9
1996	0.97	12	0.87	18	1.01	12	-	-	1.38	7	1,12	22
1997	1.03	12	0.83	18	1.14	12	1.00	6	1.35	6	1,31	12
1998	0.90	12	0.88	18	1.15	12	0.76	6	1.33	6	0,99	6
1999	0.91	12	0.75	18	1.08	12	0.78	4	1.50	5	0,98	14
2000	0.96	11	0.96	18	1.06	12	0.64	6	1.38	6	0,90	8
2001	0.86	12	1.14	18	1.47	12	0.83	6	1.09	6	1,15	10
2002	0.93	12	0.93	8	2.05	12	0.95	6	1.27	6	1,20	10
2003	0.99	13	1.27	6	1.49	12	0.91	6	1.10	7	1,19	10
2004	0.80	12	0.85	6	2.42	6	0.96	6	1.07	6	1,21	10
2005	1.14	12	0.89	12	1.68	6	0.88	6	1.07	6	1,09	10
2006	0.92	12	0.99	11	1.02	4	1.12	6	1.12	6	1,29	10
2007	0.99	12	1.14	11	1.01	11	0.98	6	1.01	7	1,19	8
2008	0.90	12	1.01	10	0.94	6	1.02	6	1.02	6	0,76	8
2009	0.84	6	1.38	6	0.72	6	0.87	6	0.88	6	0,88	8
2010	0.83	6	0.56	6	0.75	6	0.91	6	0.67	6	0,89	6
2011	0.73	6	0.68	6	0.68	6	0.87	4	0.74	6	0,50	7

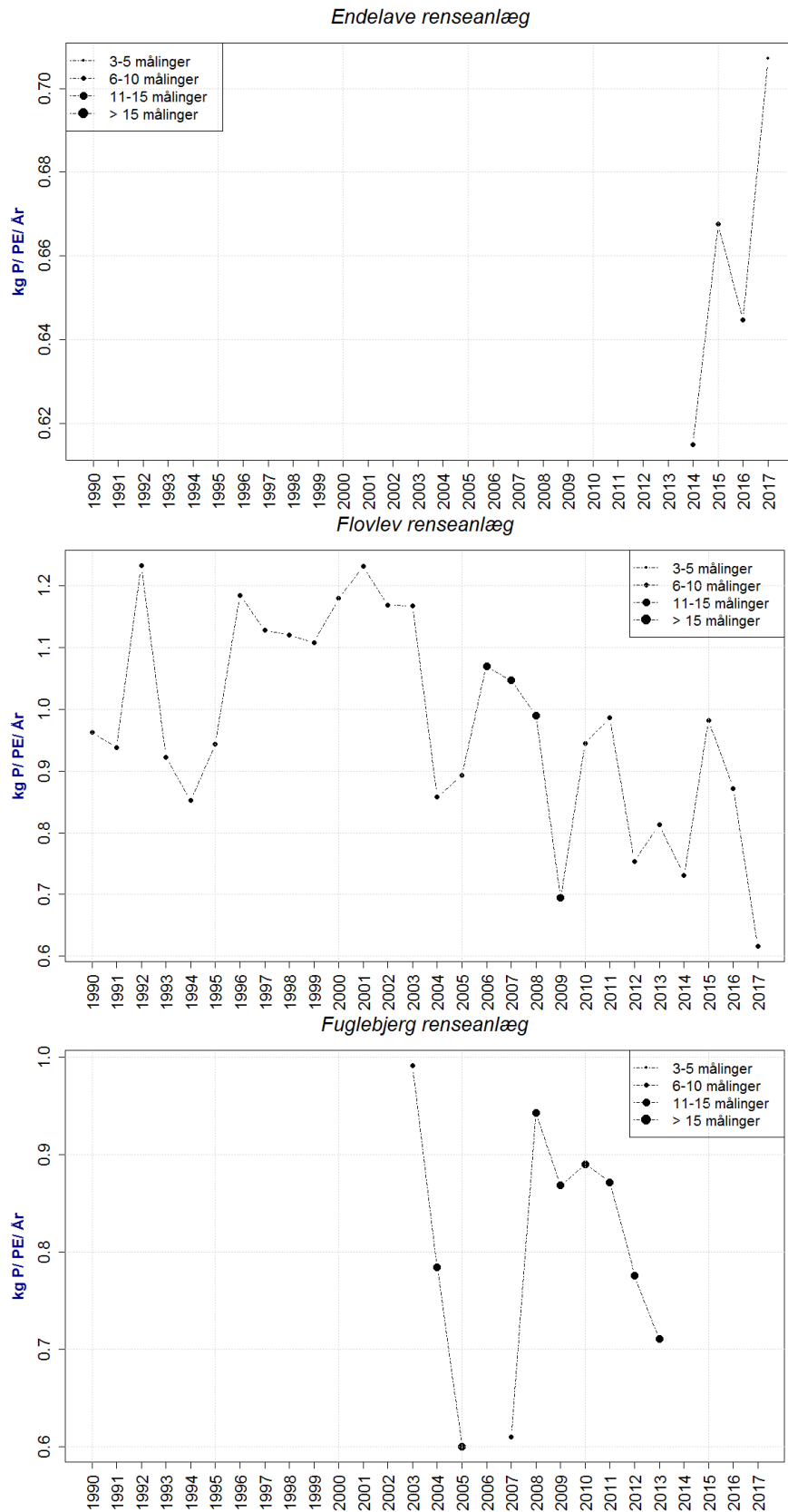
År	Vemb		Videbæk		Voldum		Vorbasse		Vorgod		Ærøskøbing	
	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger	kg P/PE/år	Antal målinger
2012	0.64	6	0.57	6	0.76	6	1.03	6	0.76	6	0,32	8
2013	0.77	7	0.78	6	0.79	6	0.97	5	0.83	6	0,51	8
2014	0.71	6	0.65	6	0.71	7	0.90	6	0.69	6	0,57	10
2015	0.59	6	0.68	6	0.72	6	0.65	13	0.69	6	0,76	8
2016	0.76	6	0.59	6	0.66	6	0.73	6	0.67	5	0,72	8
2017	0.70	6	0.65	5	0.66	6	0.70	6	0.62	6	0,60	8



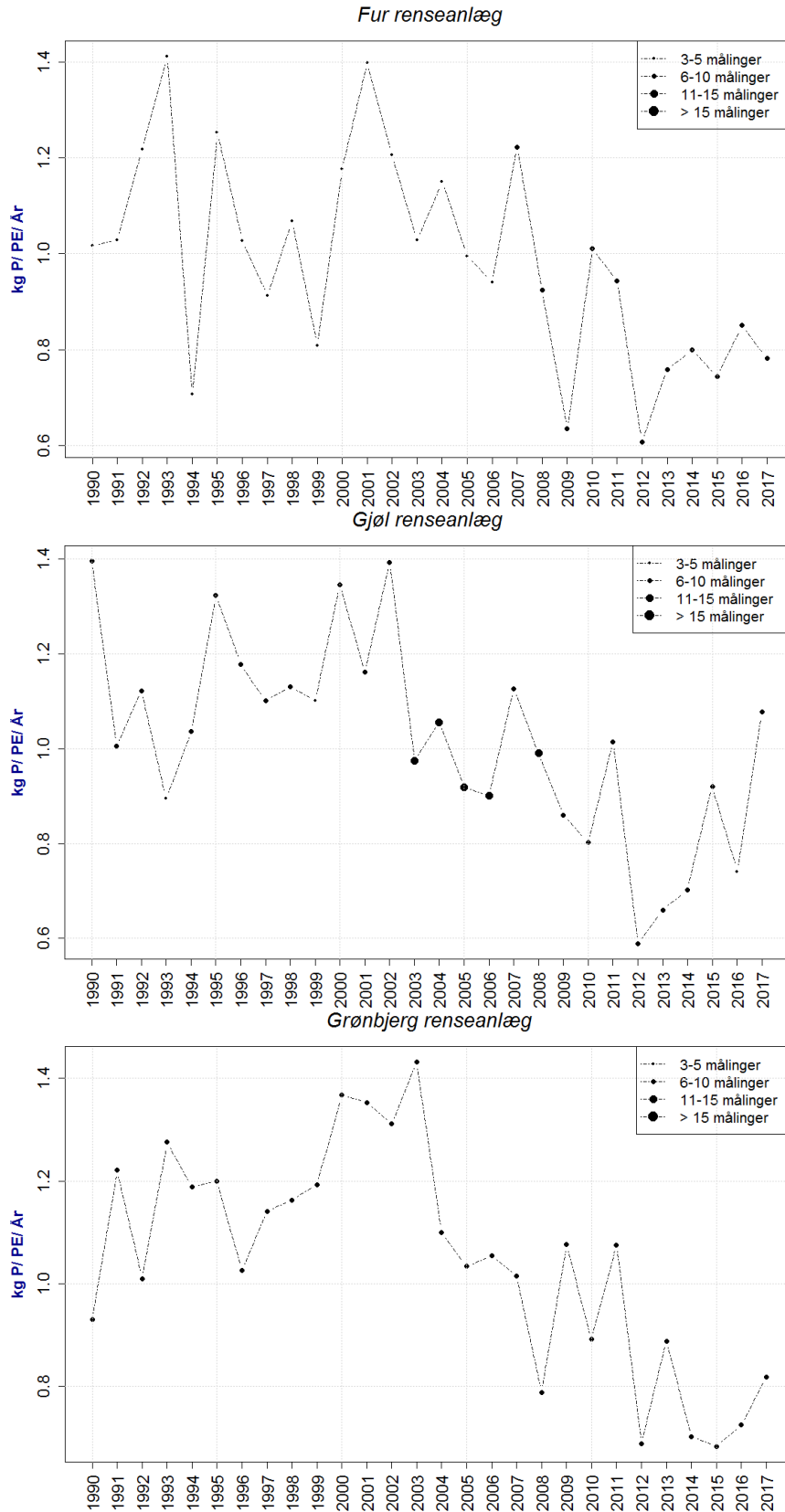
Figur A1: Udviklingen af fosforreferenceværdien [kg P/PE/År] i perioden fra 1990 til 2017 for Aså, Bjerreby og Brandsby renselanlæg.



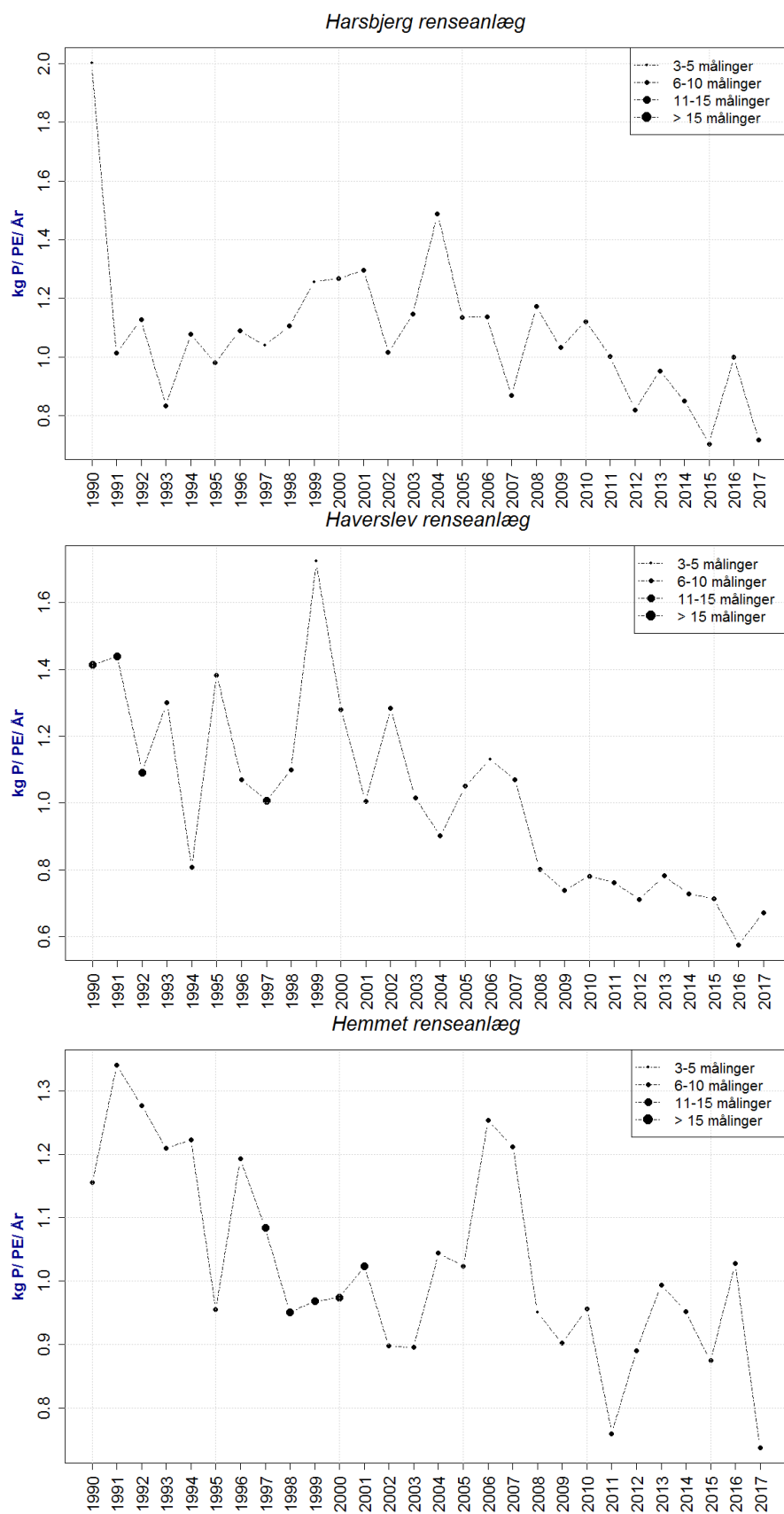
Figur A2: Udviklingen af fosforreferenceværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Broager Vig Bur og Demstrup renseanlæg.



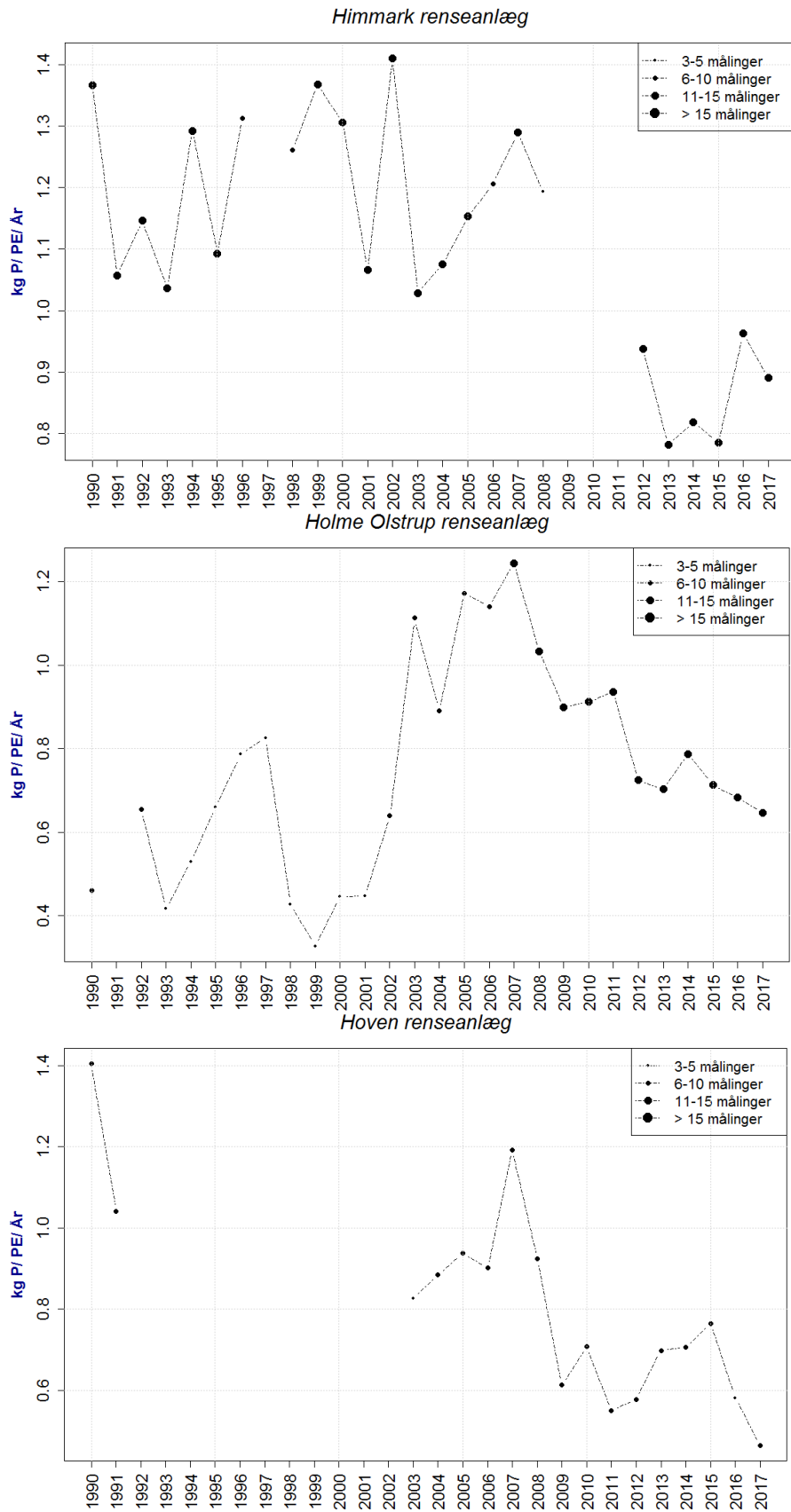
Figur A3: Udviklingen af fosforreferenceværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Endelave Flølev og Fuglebjerg renseanlæg.



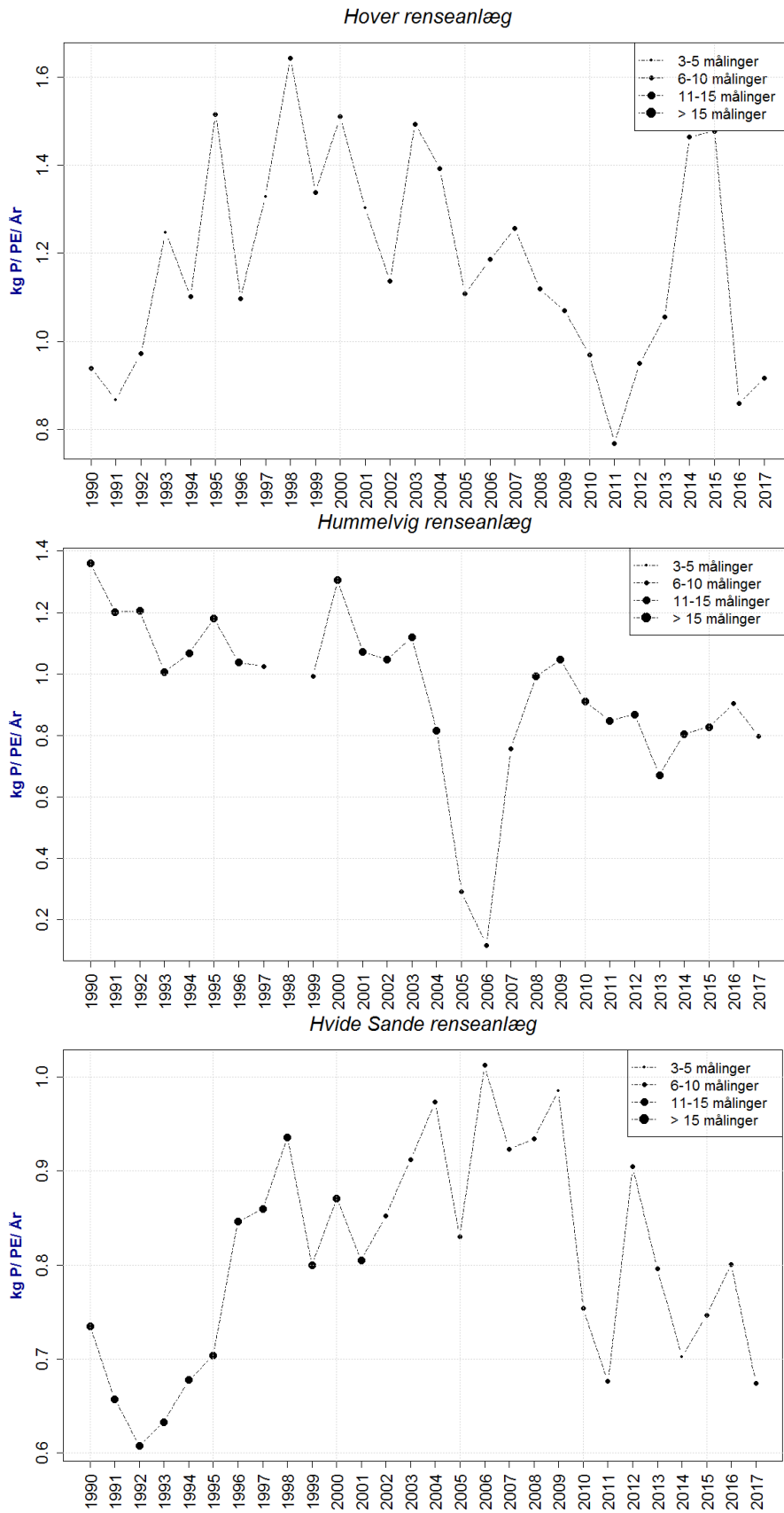
Figur A4: Udviklingen af fosforreferencelværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Fur, Gjøl og Grønberg renselanlæg.



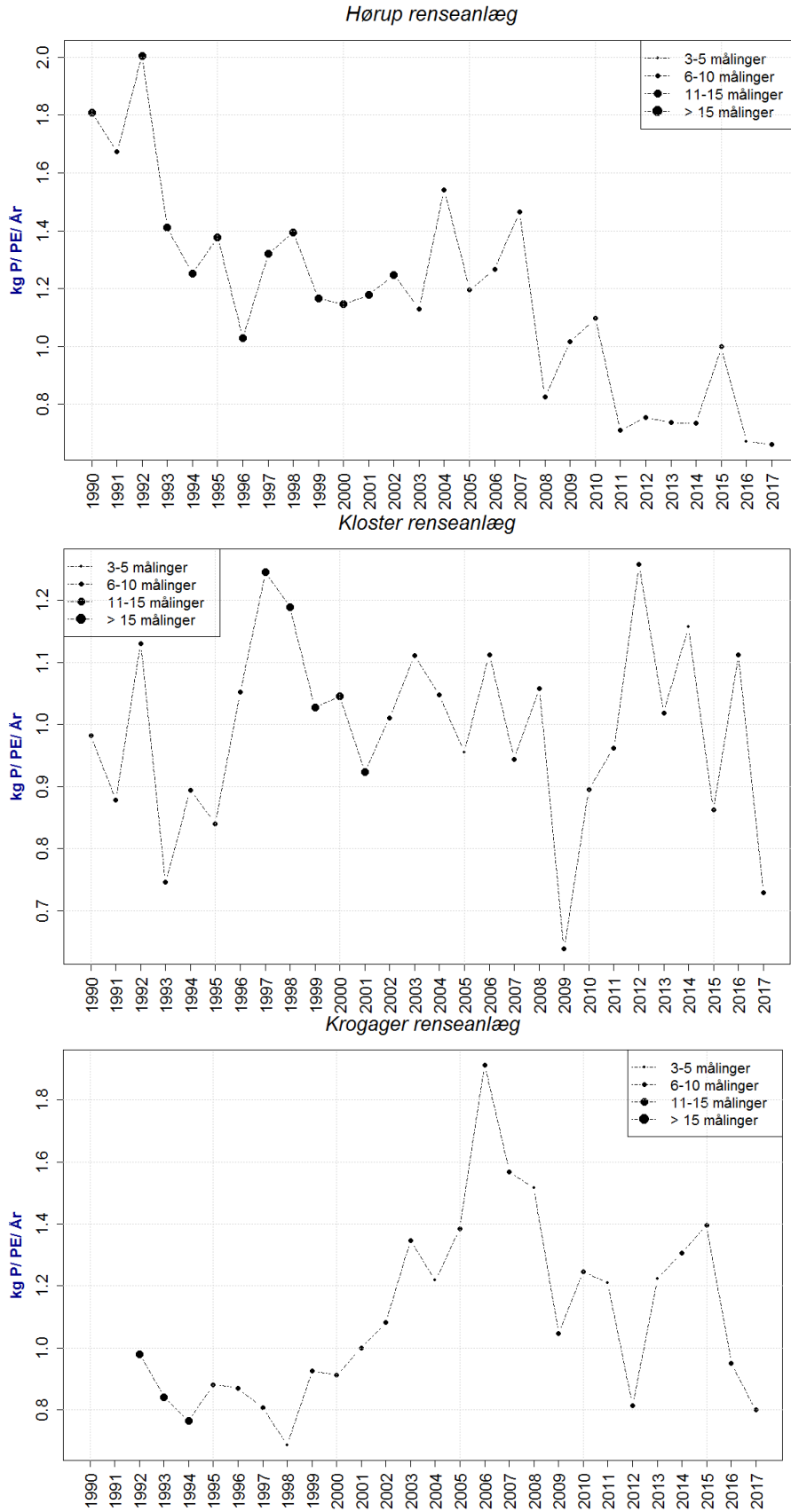
Figur A5: Udviklingen af fosforreferencenværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Harsbjerg Haverslev og Hemmet renseanlæg.



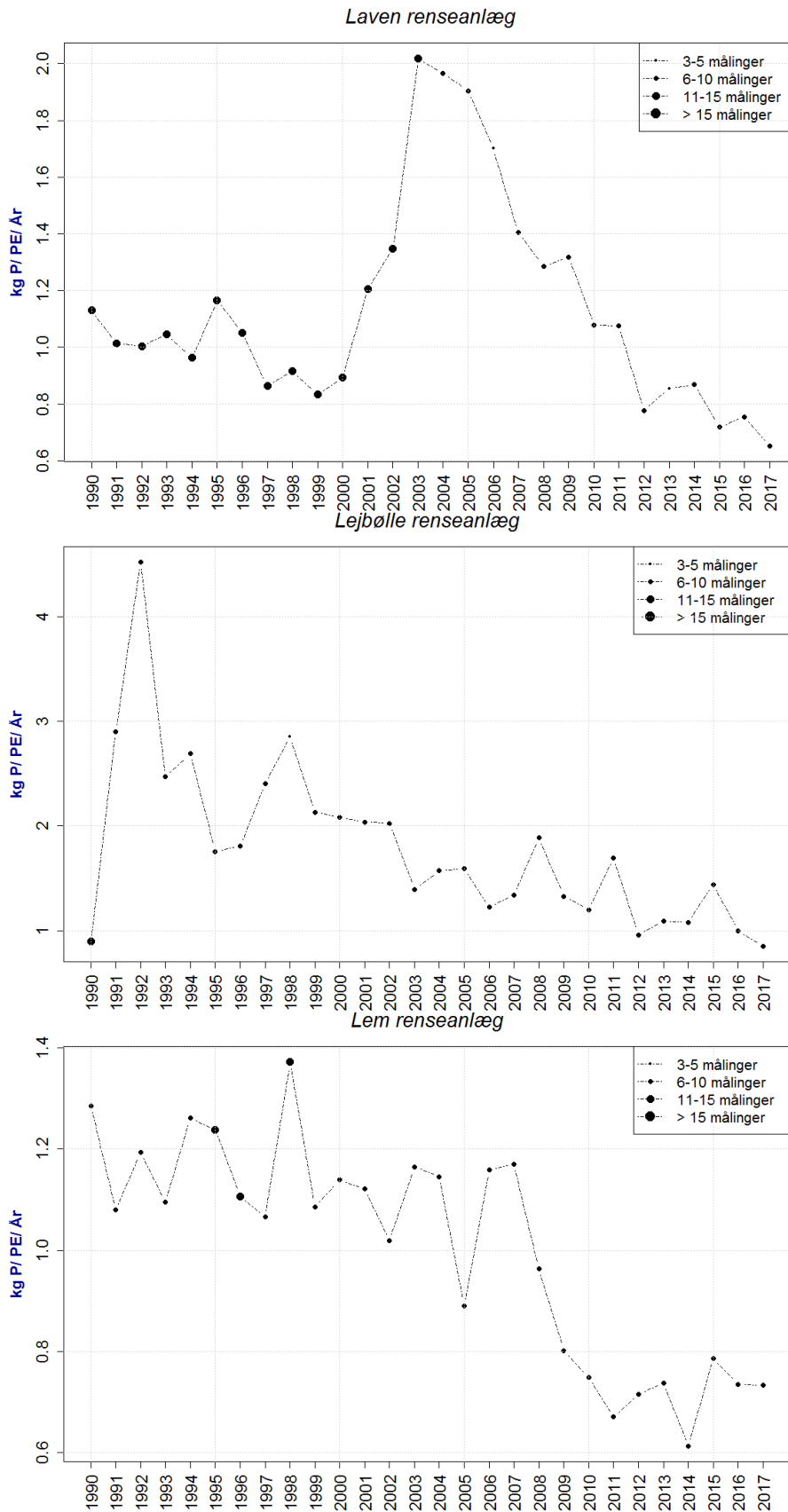
Figur A6: Udviklingen af fosforreferenceværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Himmark, Holme Olstrup og Hoven renselanlæg.



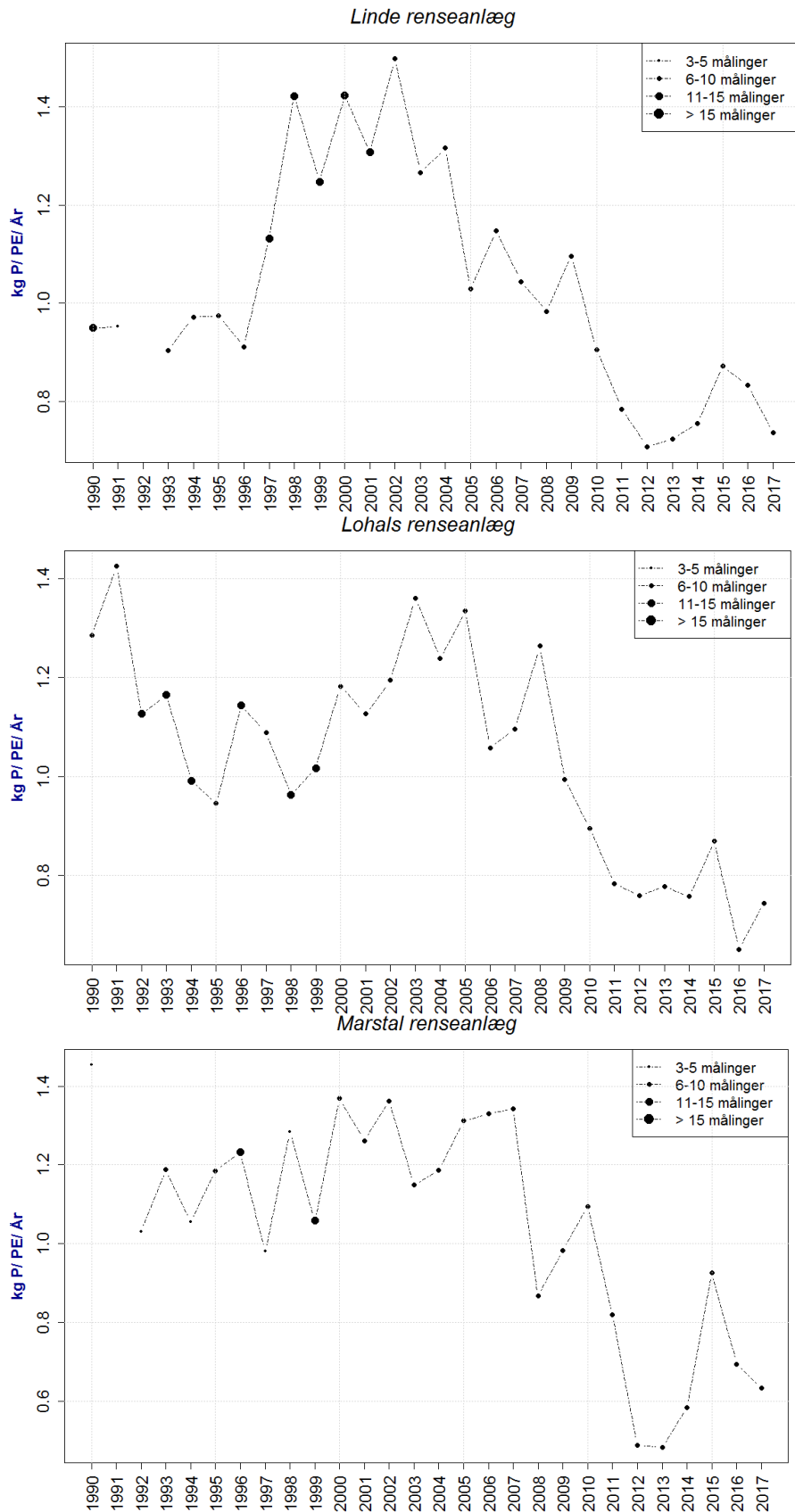
Figur A7: Udviklingen af fosforreferenceværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Høver, Hummelvig og Hvide Sande renseanlæg.



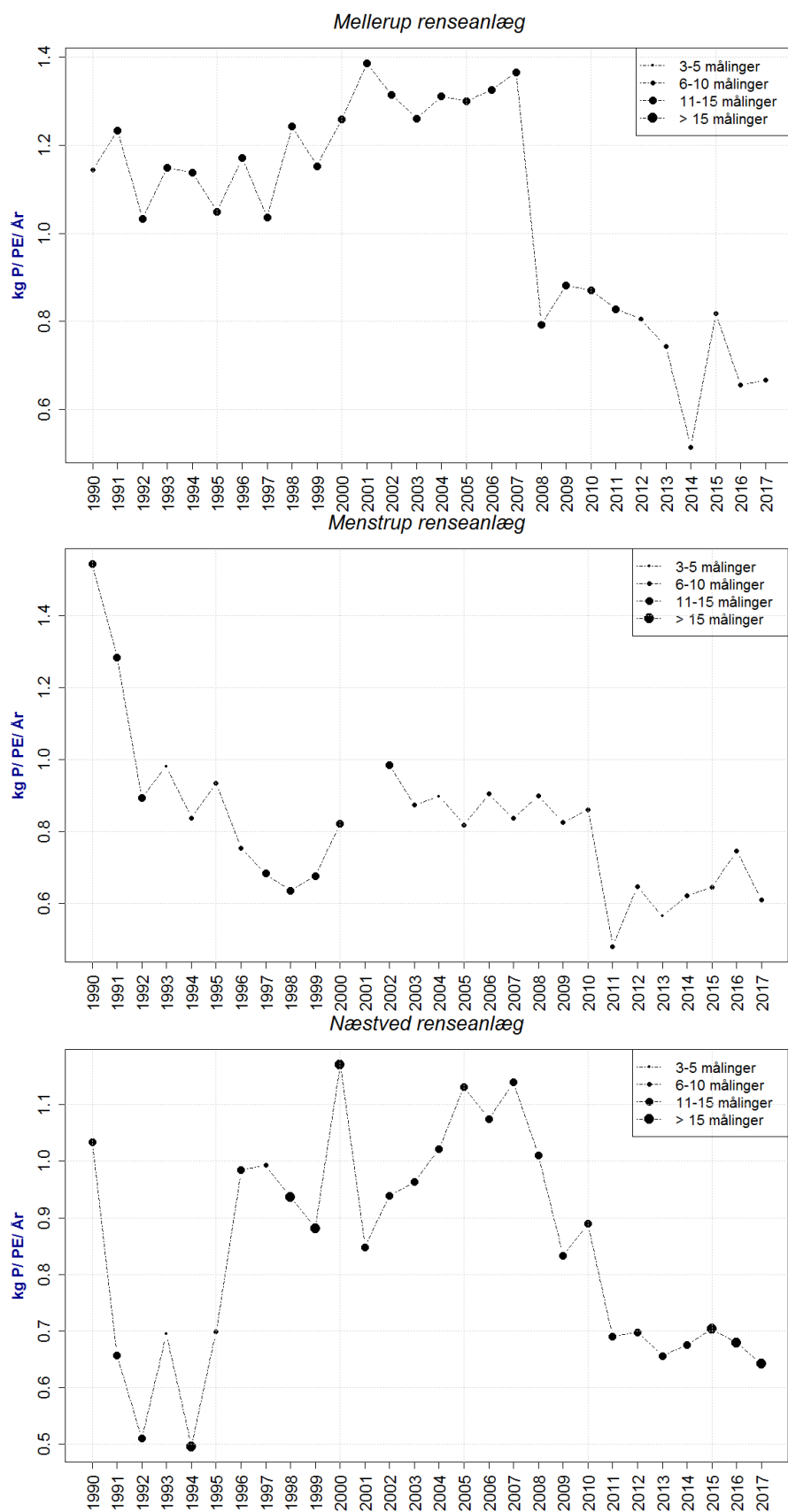
Figur A8: Udviklingen af fosforreferencenværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Hørup, Kloster og Krogager renseanlæg.



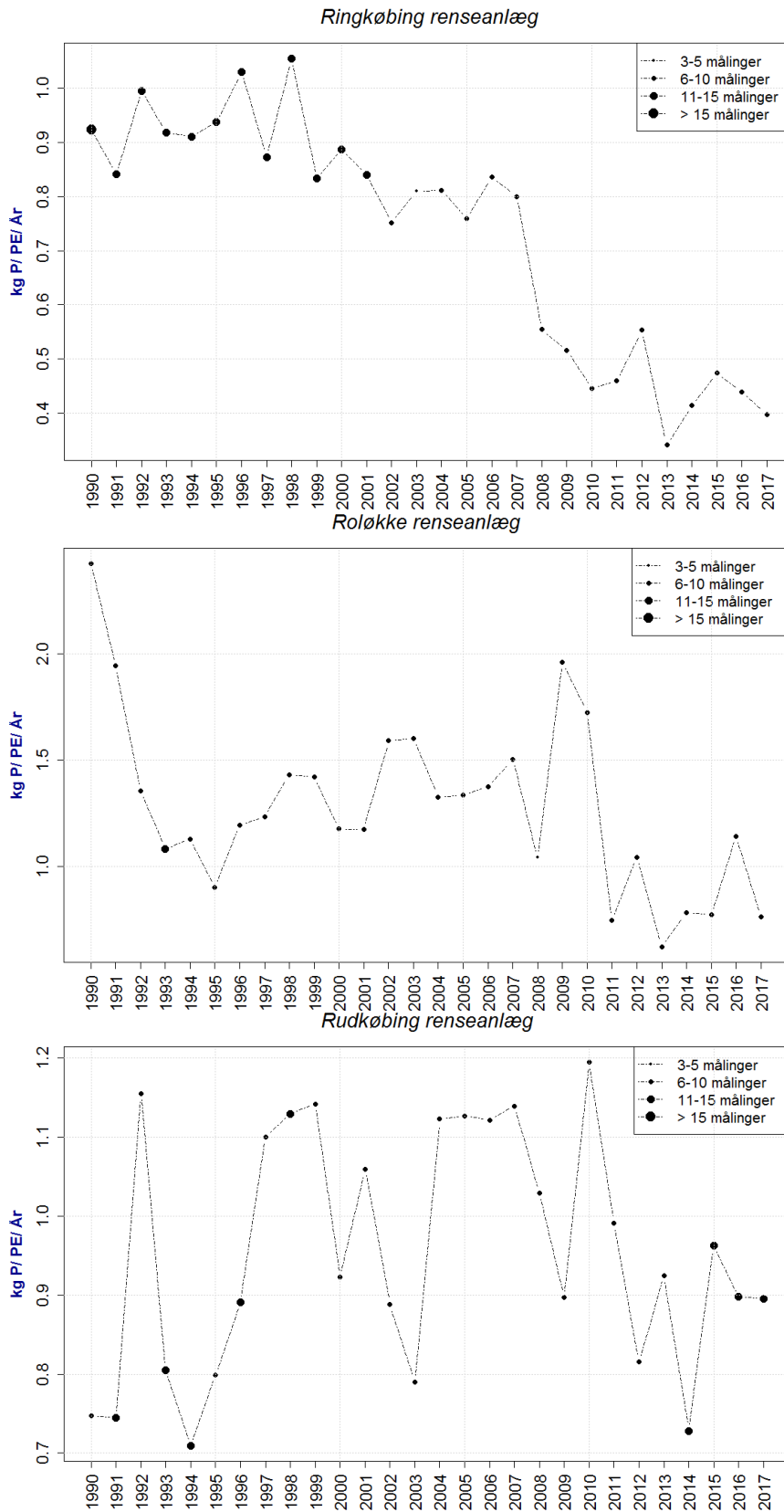
Figur A9: Udviklingen af fosforreferencenværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Laven, Lejbølle og Lem renseanlæg.



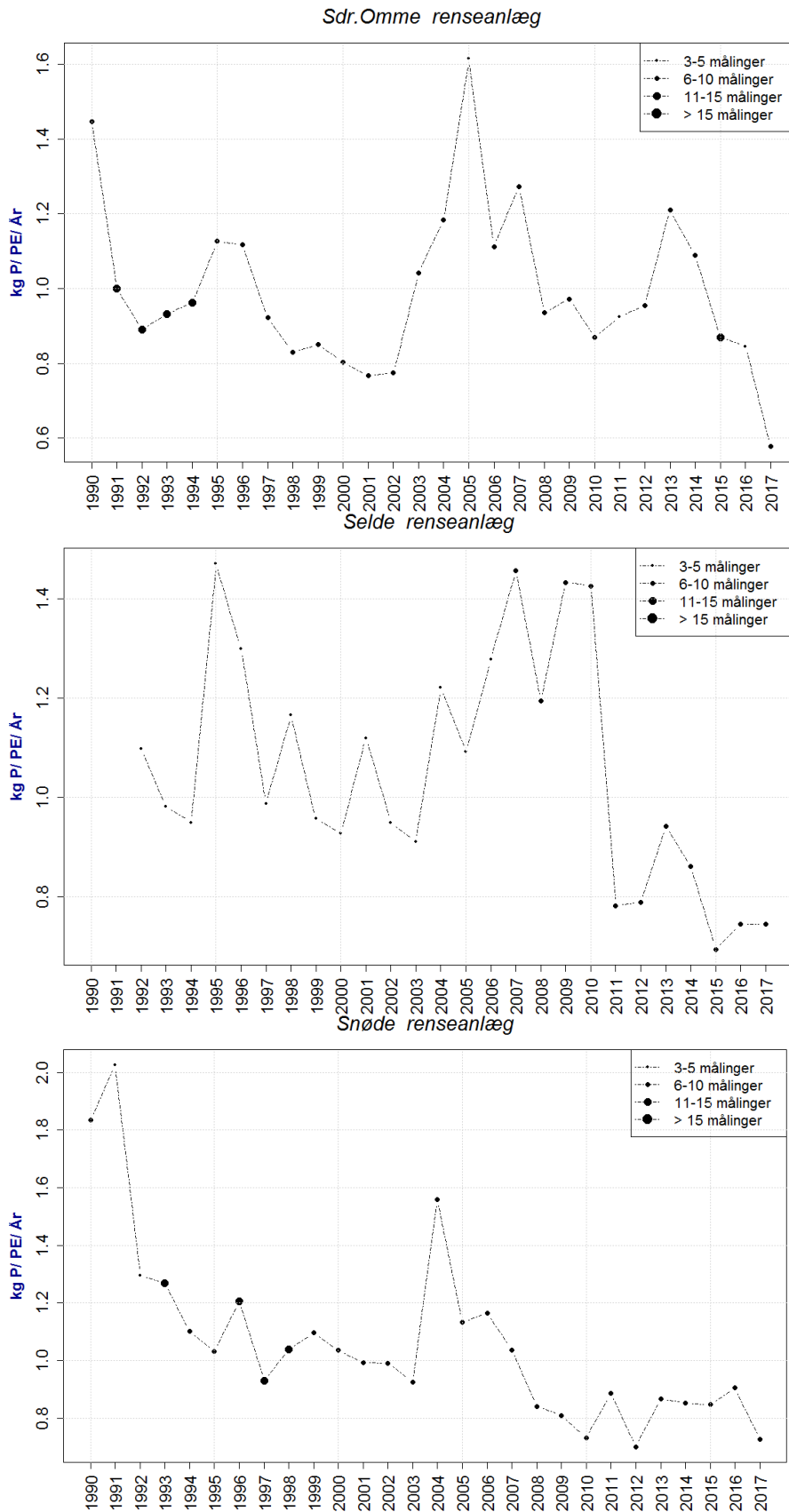
Figur A10: Udviklingen af fosforreferenceværdien [kg P/PE/År] i perioden fra 1990 til 2017 for Linde, Lohals og Marstal renseanlæg.



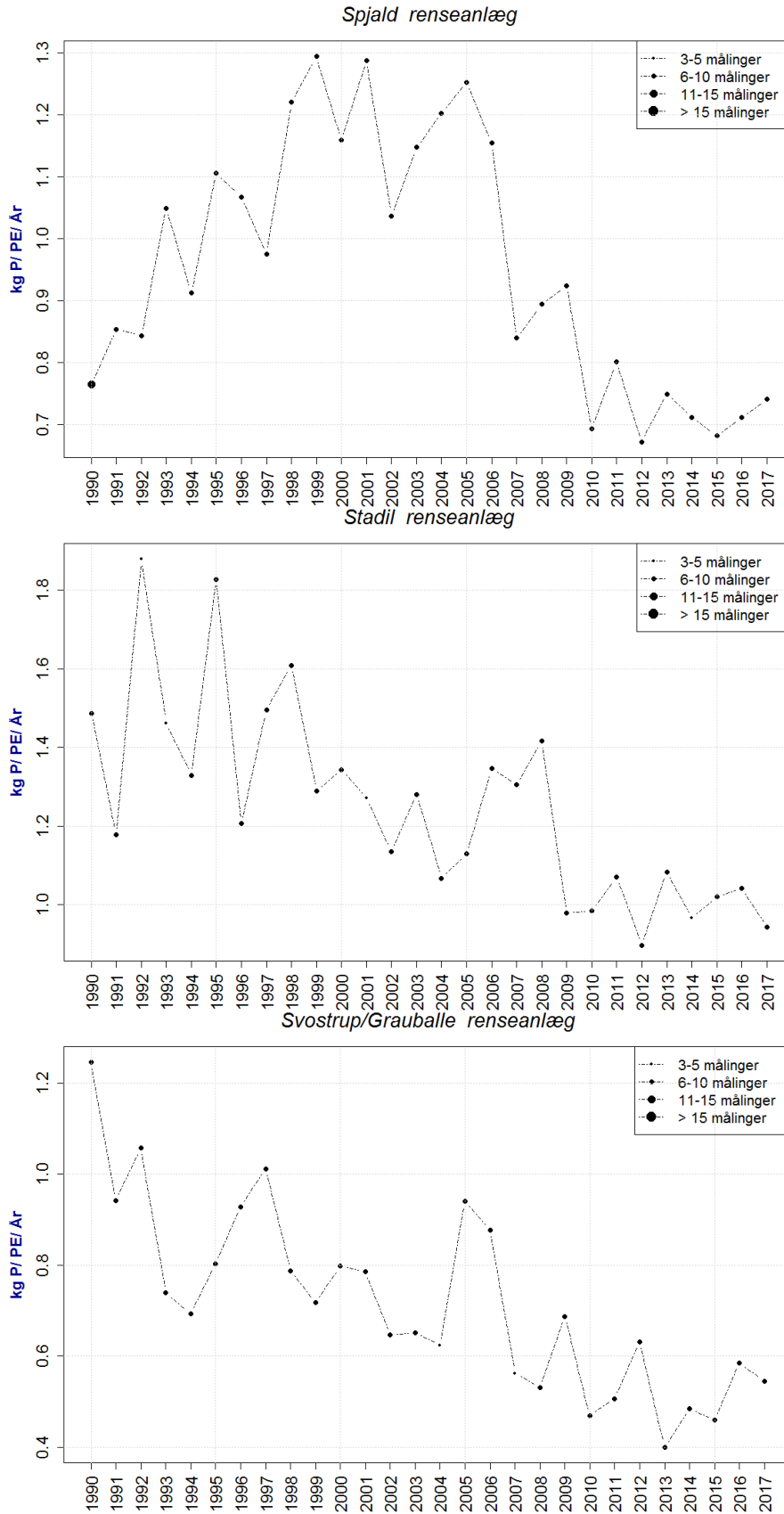
Figur A11: Udviklingen af fosforreferencelværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Mellerup, Menstrup og Næstved renseanlæg.



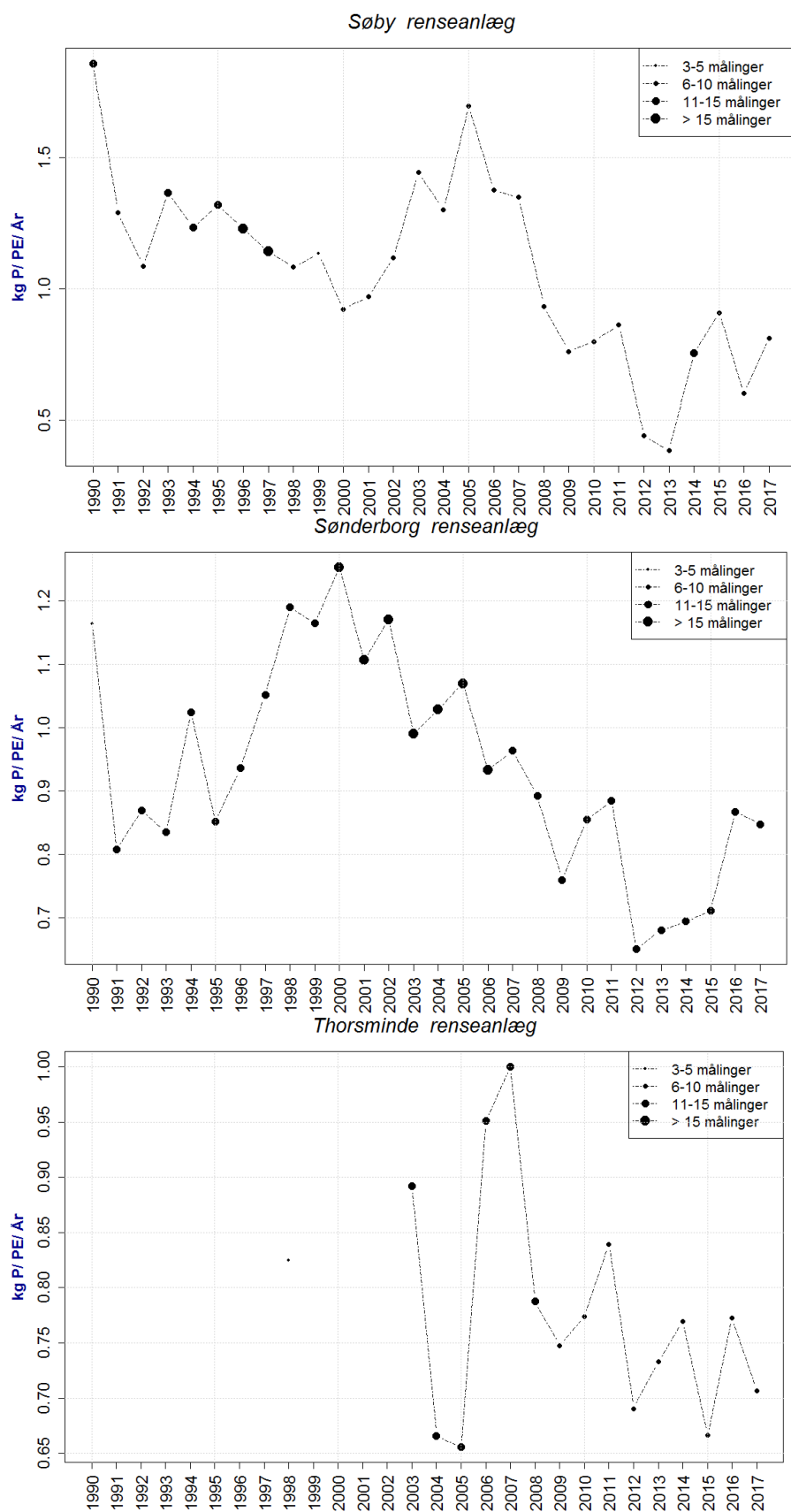
Figur A12: Udviklingen af fosforreferencenværdien [kg P/PE/År] i perioden fra 1990 til 2017 for Ringkøbing, Roløkke og Rudkøbing renselanlæg.



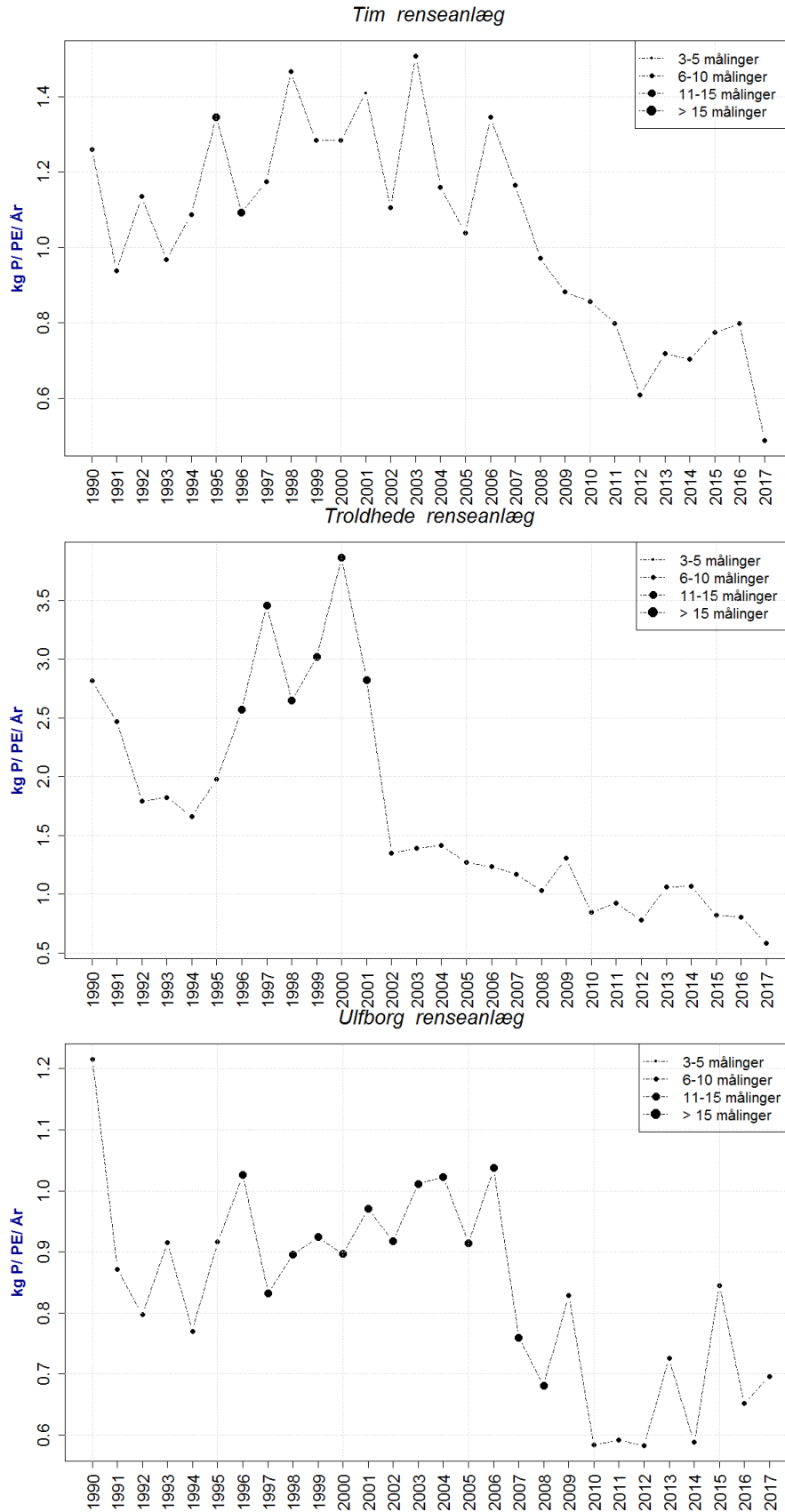
Figur A13: Udviklingen af fosforreferencéværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Sdr. Omme, Selde og Snøde renseanlæg.



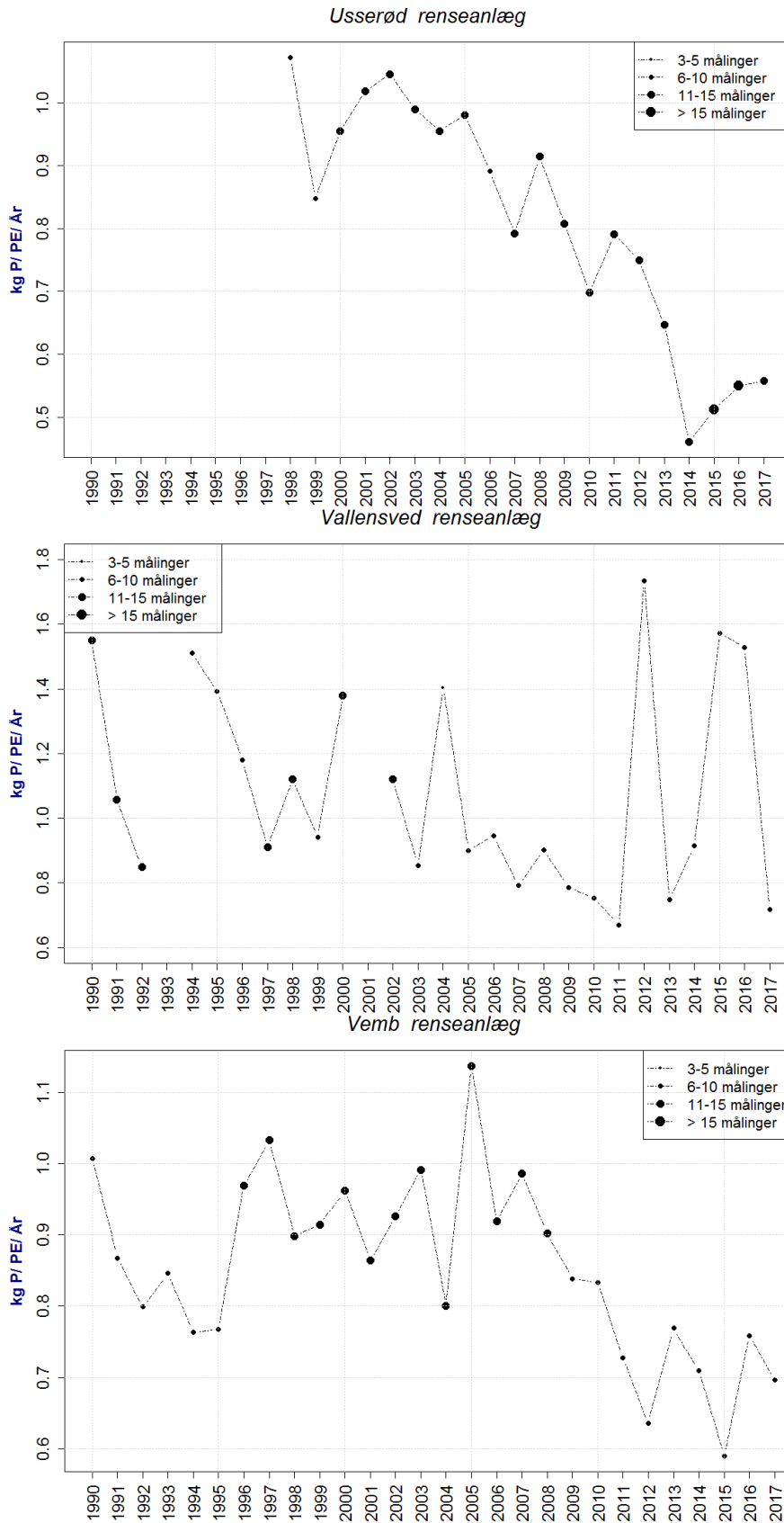
Figur A14: Udviklingen af fosforreferencelværdien [kg P/PE/År] i perioden fra 1990 til 2017 for Spjald, Stadil og Svstrup/Grauballe renseanlæg.



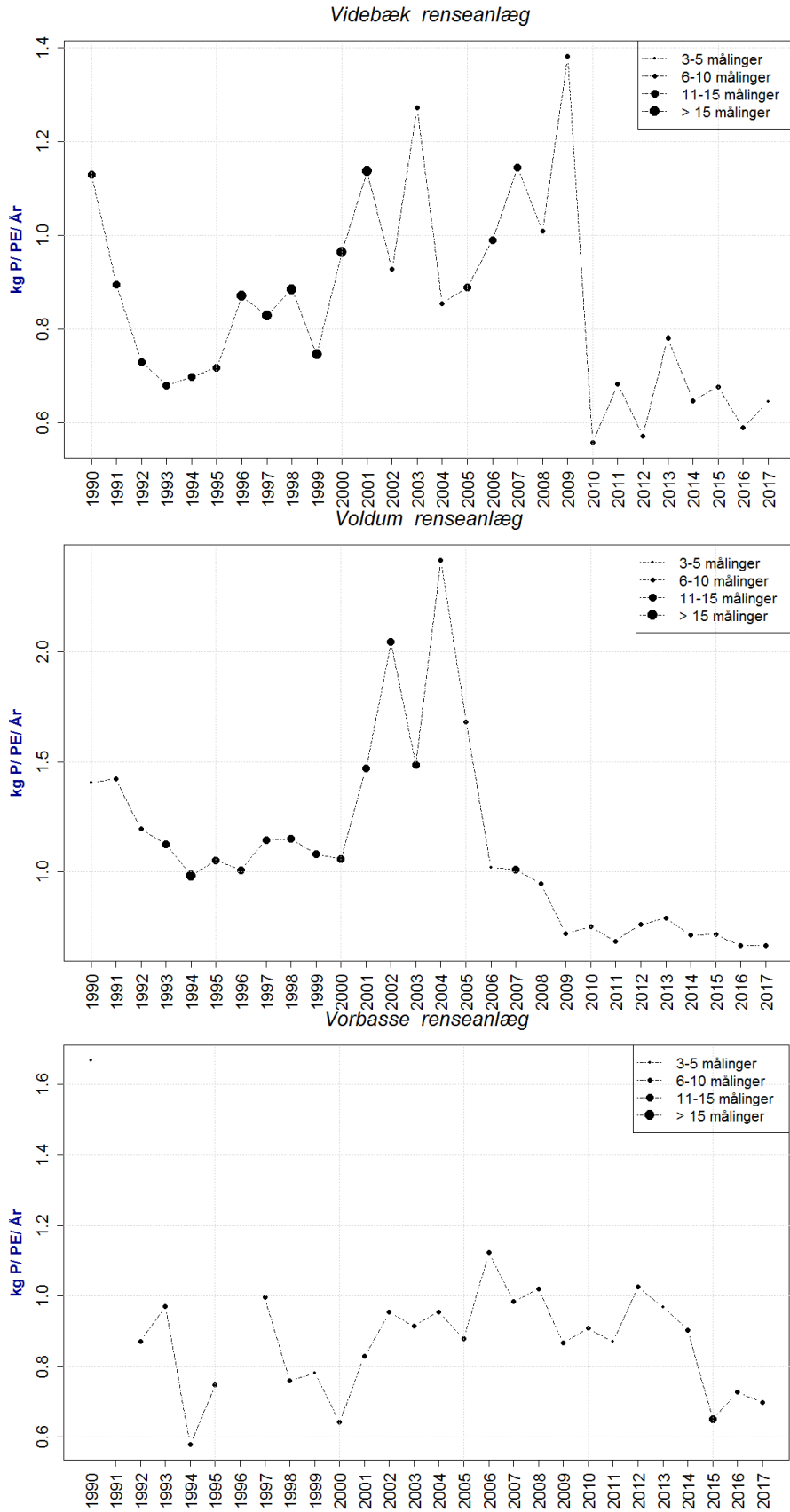
Figur A15: Udviklingen af fosforreferencéværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Søby, Sønderborg og Thorsminde renseanlæg.



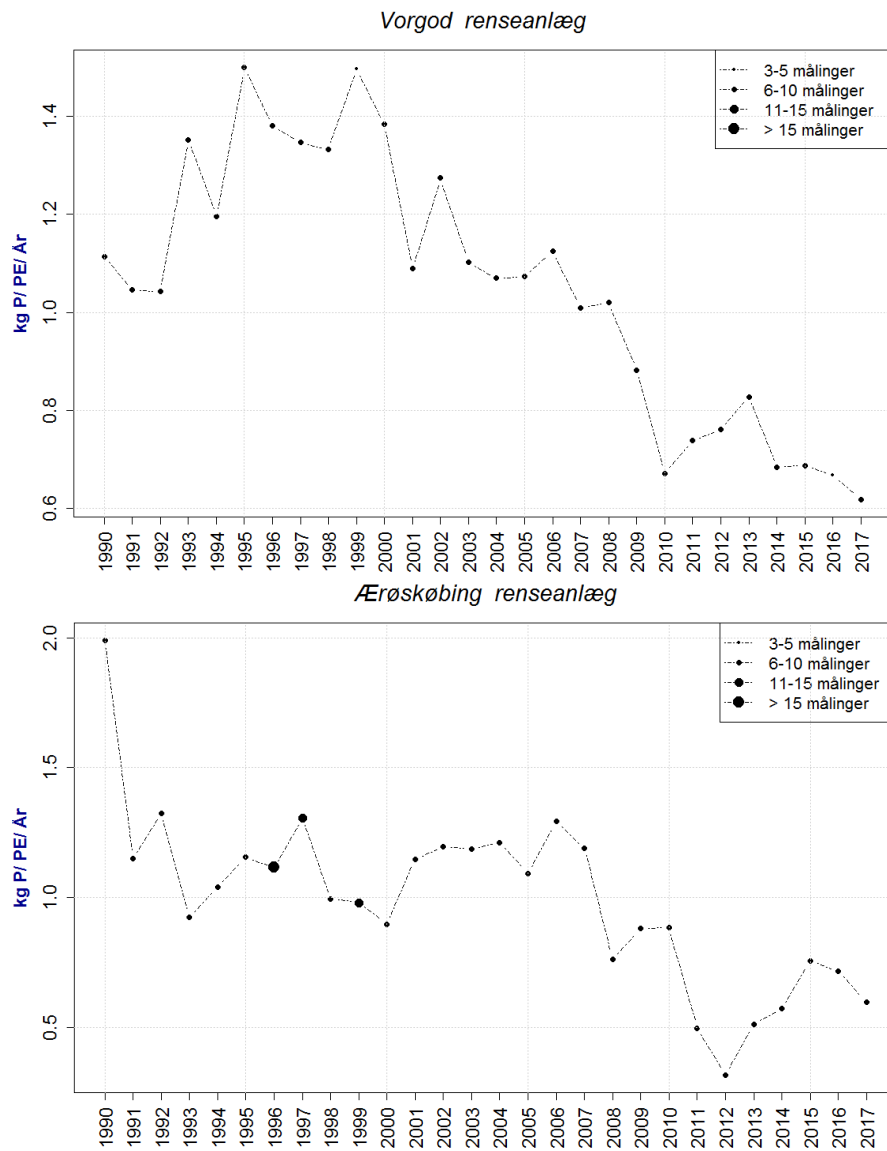
Figur A16: Udviklingen af fosforreferenceværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Tim, Trolldhede og Ulfborg renseanlæg.



Figur A17: Udviklingen af fosforreferencenværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Usserød, Vallensved og Vemb renseanlæg.



Figur A18: Udviklingen af fosforreferencenværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Videbæk, Voldum og Vorbasse renseanlæg.



Figur A19: Udviklingen af fosforreferenceværdien [kg P/PE/år] i perioden fra 1990 til 2017 for Vorgod og Ærøskøbing renseanlæg.

Revurdering af person ækvivalent for fosfor

Opgørelse af fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand i årene
fra 1990 til 2017

Danmarks Tekniske Universitet
DTU Miljø
Institut for Vand og Miljøteknologi

Bygningstorvet
Bygning 115
2800 Kongens Lyngby
Tlf. 45251600
Fax 45932850

www.env.dtu.dk