



# UNDERSØGELSER VED ABORG MINDE NOR I ASSENS KOMMUNE PÅ VESTFYN

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 326

2019



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



*[Tom side]*

# UNDERSØGELSER VED ABORG MINDE NOR I ASSENS KOMMUNE PÅ VESTFYN

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 326

2019

Carl Christian Hoffmann & Dominik Zak

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Serietitel og nummer:      | Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 326                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Titel:                     | Undersøgelser ved Aborg Minde Nor i Assens Kommune på Vestfyn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Forfattere:                | Carl Christian Hoffmann & Dominik Zak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Institution:               | Aarhus Universitet, Institut for Bioscience                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Udgiver:                   | Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| URL:                       | <a href="http://dce.au.dk">http://dce.au.dk</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Udgivelsesår:              | Juni 2019. Opdateret november 2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Redaktion afsluttet:       | Juni 2019. Opdateret november 2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Faglig kommentering:       | Joachim Audet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Kvalitetssikring, DCE:     | Signe Jung-Madsen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Sproglig kvalitetssikring: | Signe Jung-Madsen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Finansiel støtte:          | Miljøstyrelsen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Bedes citeret:             | Hoffmann, C.C. & Zak, D. 2019. Undersøgelser ved Aborg Minde Nor i Assens Kommune på Vestfyn. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 18 s. - Videnskabelig rapport nr. 326<br><a href="http://dce2.au.dk/pub/SR326.pdf">http://dce2.au.dk/pub/SR326.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            | Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Sammenfatning:             | På et drænet og pumpet landbrugsareal, Aborg Minde, ved Assens, er det undersøgt, hvor stor en mængde vand og næringsstoffer der på årsbasis pumpes ud til recipienten, Aborg Minde Nor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Emneord:                   | Pumpet område, kvælstof, fosfor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Layout:                    | Grafisk Værksted, AU-Silkeborg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Foto forside:              | Carl Christian Hoffmann                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ISBN:                      | 978-87-7156-412-9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ISSN (elektronisk):        | 2244-9981                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Sideantal:                 | 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Internetversion:           | Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som<br><a href="http://dce2.au.dk/pub/SR326.pdf">http://dce2.au.dk/pub/SR326.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Erratum:                   | November 2021. I den oprindelige rapport fra juni 2019 er der anvendt en forkert pumpekarakteristik, hvilket har betydet at den udpumpede vandmængde fra projektområdet var 10 gange højere end den burde være. Vand- og stofmængderne har således været angivet 10 gange højere end de burde være.<br><br>Tabel 1 og figur 2 på side 9 er blevet rettet. Herved er alle værdier blevet ændret med en faktor 10. Tabel 4 på side 14 er ligeledes blevet rettet, så alle værdier er ændret med en faktor 10. De steder i teksten hvor der er refereret til værdier i tabel 1, tabel 4 og figur 2 er blevet rettet. |

# Indhold

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Sammenfatning</b>                                       | <b>5</b>  |
| <b>Summary</b>                                             | <b>6</b>  |
| <b>Baggrund</b>                                            | <b>7</b>  |
| <b>Projektområde og opgaver</b>                            | <b>8</b>  |
| <b>Resultater</b>                                          | <b>9</b>  |
| 3.1 Pumpet vand                                            | 9         |
| 3.2 Vandkvalitet                                           | 10        |
| 3.3 Eksport af næringsstoffer og andre stoffer til fjorden | 13        |
| <b>Diskussion</b>                                          | <b>15</b> |
| <b>Litteratur</b>                                          | <b>17</b> |

*[Tom side]*

## Sammenfatning

Aborg Minde pumpelag (116 ha) ved Assens er undersøgt i perioden april 2018 – april 2019 med henblik på at måle og beregne mængden af vand og næringsstoffer, der blev udpumpet til recipienten Aborg Minde Nor. Udpumpningen af total kvælstof var på 6.7 tons TN ( $57.9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ), og udpumpningen af total fosfor var på 0.10 tons TP ( $0.89 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ). Der blev konstateret tab af sulfat på 445.2 tons ( $3.8 \text{ kg SO}_4^{2-} \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ).

## Summary

The pumped area Aborg Minde (116ha) on the island of Funen, close to the town Assens was investigated from April 2018 to April 2019. The aim was to measure and calculate the amount of water and nutrients being pumped out to the recipient Aborg Minde Nor. Total amount of nitrogen pumped out was 6.7 tons TN (57.9 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), and total amount of phosphorus pumped out was 0.1 tons TP (0.89 kg P ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>). The amount of sulfate pumped out was 445 tons (3.84 tons SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>).



# 1. Baggrund

Genskabelse af våd enge og andre tørveholdige arealer er et effektivt virkemiddel til reduktion af næringsstoffer i grund- og overfladevand. Imidlertid kan årtiers dræning og landbrugsmæssig udnyttelse af disse arealer have ændret både de hydrauliske forhold og jordens fysisk-kemiske egenskaber i betydelig grad. Derfor vil restaurering af sådanne områder i visse tilfælde tage lang tid (Zak et al., 2018). På den anden side vil opretholdelse af dræningsaktiviteter medvirke til mineralisering og sætninger af det berørte areal, som vil give problemer for en fortsat udnyttelse af arealet i landbrugsmæssig forstand. For at genskabe områdets egenskaber mht. tilbageholdelse af næringsstoffer og stoppe nedbrydningen af jordens organiske pulje er det nødvendigt at genskabe de hydrogeologiske forhold (Zak et al., 2018). Dette vil føre til genopbygning af jordens organiske pulje pga. de mere iltfrie forhold, som samtidig giver favorable forhold for nitrattjernelse og kan reducere CO<sub>2</sub> emission.

Da jern i oxideret form ofte har stor betydning for tilbageholdelse af fosfor, f.eks. som en del jern(III) hydroxider kan de iltfrie forhold føre til udvaskning af fosfor fordi jern(III) reduceres til jern(II) og herved vil fosfat frigives (mobiliseres) og det kan øge P-belastningen på nedstrøms liggende recipienter (Audet et al., 2019). Imidlertid kan høj P-mobilisering i tørvejorde ikke nødvendigvis sidestilles med høj P-udvaskning. Jorde med højt jern:fosfor forhold (Fe:P ratio > 10) har lavere risiko for et stort P-tab da den interne P-mobilisering er lavere sammenlignet med jorde med lavere Fe:P ratio, og samtidig vil udfældninger af P med jern(III) hydroxider (co-precipitation) også være en barriere, der vil nedsætte tabet af fosfor (Zak et al., 2010; Forsmann og Kjaergaard, 2014).

De samme processer findes også i drænedes tørvejorde og tabet af fosfor fra disse arealer vil ligeledes afhænge af Fe:P ratio og iltforhold. Der er meget få studier af tab af næringsstoffer fra drænedes og pumpede tørvejorde, og således begrænset viden om sådanne arealers påvirkning af nedstrøms liggende recipienter.

Formålet med denne rapport har været at beskrive og kvantificere udvaskning af kvælstof og fosfor fra et drænet og pumpet lavbundsareal, Aborg Minde, ved Assens på Fyn.

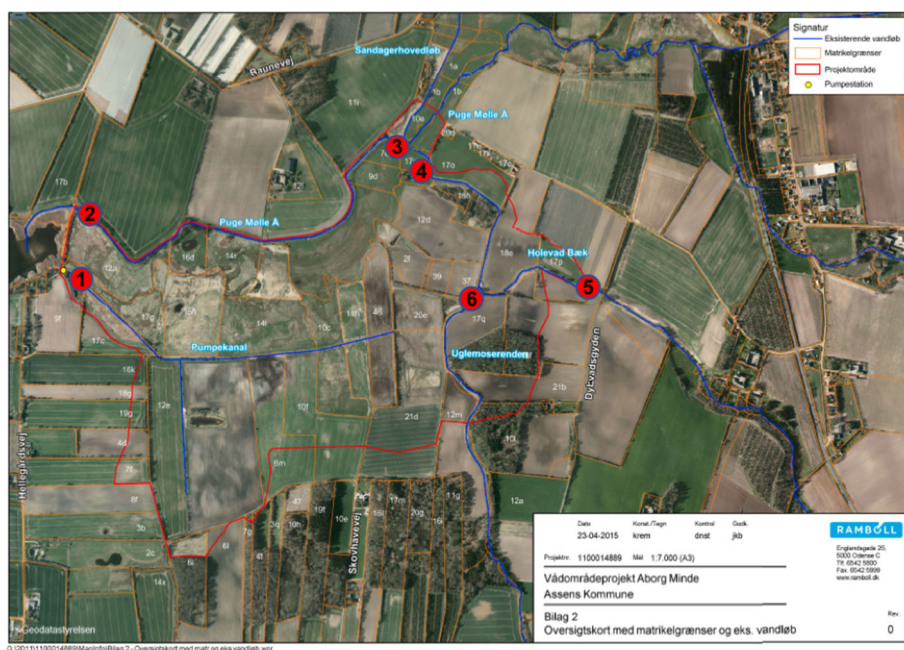
## 2. Projektområdet og opgaver

AU, Bioscience (Carl Christian Hoffmann og Dominik Zak), besøgte lokaliteten Aborg Minde (ca. 116 ha) ved Assens for at vurdere, hvorledes man kunne opstille et måleprogram for området. Besigtigelsen foregik sammen med Assens kommune (Jannik Seslef og Hans Ole Hansen). Aborg Minde er omkranset af flere vandløb, som ikke løber igennem Aborg Minde i øjeblikket, men ved en fremtidig restaurering vil en omlægning af vandløbene føre til at området igen vil blive gennemstrømmet og oversømmet med vandløbsvand (se Fig. 1). Hovedformålet med opstilling af et måleprogram var således at måle mængden af vand og næringsstoffer der pumpes ud til Aborg Minde Nor under de nuværende forhold, hvor arealet er drænet situation.

Pumplaget indvilgede i at huse en vandprøvetager ved pumpestationen og indvilgede i at oplyse om pumpedriften via oplysninger om elforbrug og pumpens løftehøjde.

Måleprogrammet inkluderede prøvetagning med automatisk vandprøvetager („Isco-sampler“) ved pumpestationen (= „pumpehus“). Der var prøvetagning hver 3. time. Desuden blev der taget punktprøver hver 3. uge fra pumpestationen, samt fra „Drænbrønd“ en drænbrønd beliggende inde i selve projektområdet. Herudover blev der også taget prøver i de omkransende vandløb ved følgende stationer, „Åens udløb“ (Puge Mølle Ås udløb i Aborg Minde Nor), „Sammenløb af 3 vandløb“, „Holevad Bæks indløb“, „Uglemoserendens indløb“ (Fig. 1).

**Figur 1.** Projektområdet og prøvetagningssteder (1: „pumpehus“, 2: „Åens udløb“ (Puge Mølle Ås udløb i Aborg Minde Nor), 3: „Sammenløb af 3 vandløb“, 4: „Drænbrønd“, 5: „Holevad Bæks indløb“, 6: „Uglemoserendens indløb“).



På baggrund af oplysninger fra pumpelaget om løftehøjde og elforbrug blev mængden af kvælstof og fosfor, der pumpes ud af området, beregnet.

### 3. Resultater

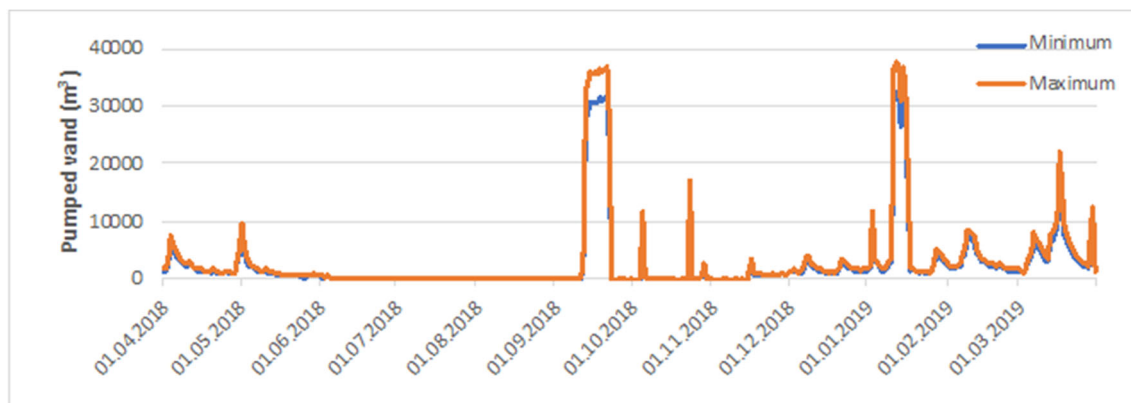
Summerede månedlige udpumpede vandmængder fra Aborg Minde, samt beregnede gennemsnit af fysisk-kemiske parametre (ilt koncentrationer, temperatur, pH og elektrisk ledningsevne) og vandkvalitetsparametre fra alle prøvetagningssteder 1. april 2018 til 31. marts 2019 er opsummeret i tabel 1, 2, og 3. En mere detaljeret gennemgang gives i nedenstående delafsnit.

#### 3.1 Pumpet vand

Der var stor sæsonmæssig variation i pumpet vandmængde i måleperioden (Fig. 2) med typiske lave værdier i sommermånederne, som i gennemsnit var ca. 20 gange lavere end i vintermånederne. Den største mængde vand, der blev udpumpet var i september 2018 med ca. 3.000.000 m<sup>3</sup> og den lavest udpumpede mængde – næsten 100 gange mindre - var i juli 2018 med ca. 37.000 m<sup>3</sup> (Tabel 1).

**Tabel 1.** Månedlig mængde udpumpet vand (m<sup>3</sup>) fra det drænede vådområde Aborg Minde for perioden 1.april 2018 til 31. marts 2019. Udpumpet vandmængde blev beregnet vha. oplysninger om pumpens elforbrug og løftehøjde. Da der er usikkerhed på pumpens effektivitet (alder og slid), er der angivet to værdier, der dækker minimum og maksimum af de beregnede udpumpningsmængder.

| Monitored period                          | Minimum    | Maximum    |
|-------------------------------------------|------------|------------|
| April 2018                                | 64186      | 74835      |
| Mai 2018                                  | 43626      | 50864      |
| June 2018                                 | 8932       | 10414      |
| Juli 2018                                 | 3744       | 4365       |
| August 2018                               | 2352       | 2742       |
| September 2018                            | 303028     | 353303     |
| Oktober 2018                              | 30786      | 35893      |
| November 2018                             | 13772      | 16057      |
| December 2018                             | 50476      | 58850      |
| Januar 2019                               | 240681     | 280612     |
| Februar 2019                              | 82194      | 95830      |
| Mart 2019                                 | 160853     | 187540     |
| <b>Total (x 10<sup>6</sup>; afrundet)</b> | <b>1,0</b> | <b>1,2</b> |



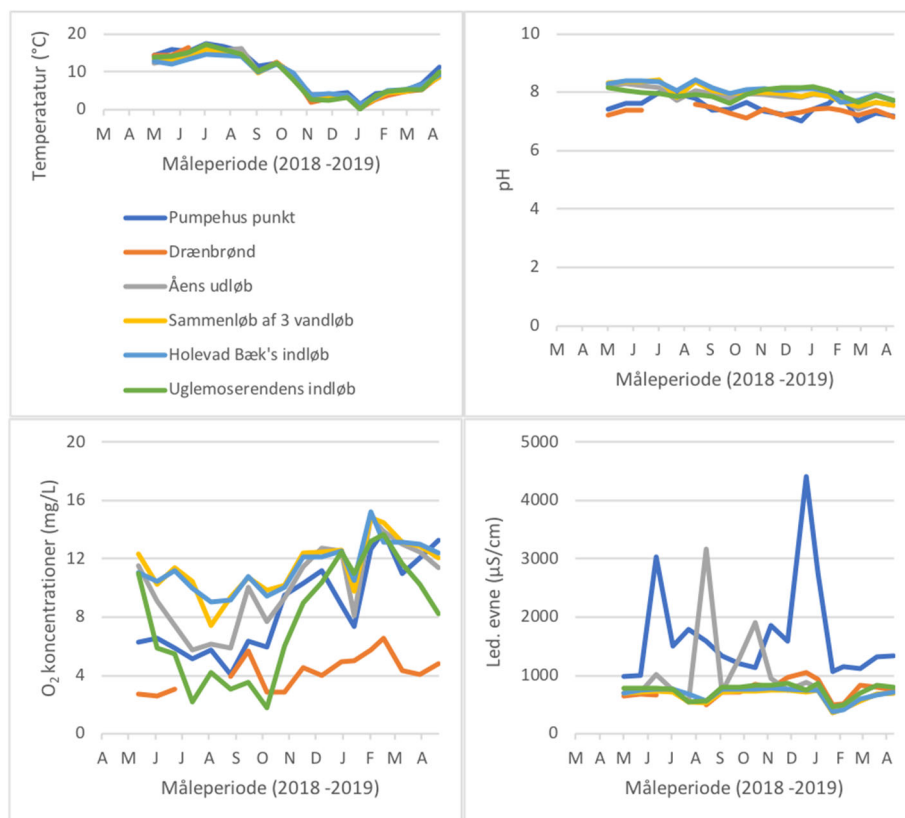
**Figur 2.** Den sæsonmæssige variation i den målte daglige udpumpning af vand fra Aborg Minde i måleperioden 1. april 2018 – 31. marts 2019. Pumpet vandmængde beregnet ud fra pumpens elforbrug og løftehøjde. Da der er usikkerhed på pumpens effektivitet (alder og slid), er der angivet to værdier, der dækker minimum og maksimum af de beregnede udpumpningsmængder (blå og orange streg på figuren).

## 3.2 Vandkvalitet

### 3.2.1 Fysisk-kemiske data målt i vand (ilt, pH, temperatur)

Der er kun mindre forskelle i målt temperatur og pH mellem de forskellige prøvetagningssteder. Gennemsnitstemperaturen var omkring 1°C højere ved "Pumpehus" sammenlignet med vandløbene og "Drænbrønd" (Tabel 2). Overordnet set varierede temperaturen mellem 0,5°C og 17,5°C med den laveste i januar 2019 og den højeste temperatur i juli 2018. De laveste pH værdier 6.7 og 6.9, altså tæt på neutral, blev målt ved "Pumpehus" og ved "Drænbrønd", hvilket i gennemsnit var 0,5 pH enheder lavere end i vandløbene (Tabel 2). Overordnet set var der kun mindre variationer i pH, der var lidt højere i sommermånederne (Fig. 2). Der blev fundet større forskelle i iltkoncentration og ledningsevne mellem nogle af prøvetagningsstederne. De laveste iltkoncentrationer – for det meste under 5 mg O<sub>2</sub>/L var ved "Drænbrønd". For vandløbene og "Pumpehus" var der udpræget sæsonvariation med de laveste iltkoncentrationer i sommerperioden og herefter stigende hen mod vinteren (Fig. 3). Med undtagelse af "Åens udløb" (Puge Mølle Ås udløb i Noret) var den målte elektriske ledningsevne i vandløbene for det meste lavere end 1000 µS/cm, mens den gennemsnitlige ledningsevne var ca. to gange højere ved "Pumpehus" og med en maksimum værdi på 4400 µS/cm målt i januar 2019 (Tabel 2).

**Figur 3.** Sæsonmæssig variation i de fysisk-kemiske parametre (O<sub>2</sub>: ilt, T: temperatur, Led. Evne.: elektrisk ledningsevne) i vandprøver fra de seks prøvetagningssteder ved Aborg Minde i løbet af måleperioden fra april 2018 – April 2019.





**Tabel 2.** Beregnede gennemsnit for de fysisk-kemiske parametre fra de seks prøvetagningssteder ved Aborg minde i måleperioden april 2018 til april 2019 (se Fig.1 for beliggenhed af prøvetagningssteder). Alle viste data er gennemsnit samt min – max for ilt (O<sub>2</sub>), temperatur (T), elektrisk ledningsevne (Le) målt på vandprøver hver 3. uge.

|                       | <b>Pumpehus</b>  | <b>Åens udløb i<br/>Aborgminde Nor</b> | <b>Sammenløb 3<br/>vandløb</b> | <b>Drænbrønd</b> | <b>Holevad Bæks<br/>indløb</b> | <b>Uglemoserendens<br/>indløb</b> |
|-----------------------|------------------|----------------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| O <sub>2</sub> (mg/L) | 8,8<br>4,1-13,9  | 10,3<br>5,8-14,9                       | 11,6<br>7,4-14,8               | 4,4<br>2,6-7,5   | 11,5<br>9,1-15,2               | 8,2<br>1,8-13,7                   |
| T (°C)                | 9,5<br>1,5-17,5  | 8,8<br>0,9-17,3                        | 8,5<br>0,8-16                  | 7,9<br>0,5-16,4  | 8,6<br>1,4-14,5                | 8,7<br>0,2-17,3                   |
| pH                    | 7,5<br>6,7-8,0   | 7,9<br>7,4-8,3                         | 8,0<br>7,5-8,4                 | 7,3<br>6,9-7,6   | 8,1<br>7,7-8,4                 | 8,0<br>7,6-8,2                    |
| Le (µS/cm)            | 1659<br>981-4402 | 927<br>369-3165                        | 658<br>363-758                 | 738<br>363-758   | 685<br>375-780                 | 741<br>459-869                    |

**Tabel 3.** Beregnede gennemsnit for de målte vandkvalitetsparametre fra de seks prøvetagningssteder ved Aborg Minde i måleperioden april 2018 til april 2019 (se Fig.1 for beliggenhed af prøvetagningssteder). Alle viste data er gennemsnit samt min – max værdier og alle enheder er i mg/L: ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), total kvælstof (TN), opløst reaktivt fosfor (også benævnt fosfat; SRP), total opløst P (TDP), total P (TP), total organisk kulstof (TOC), sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), suspenderet stof (Susp.) og den minerogene fraktion af det suspenderede stof (Minf.).

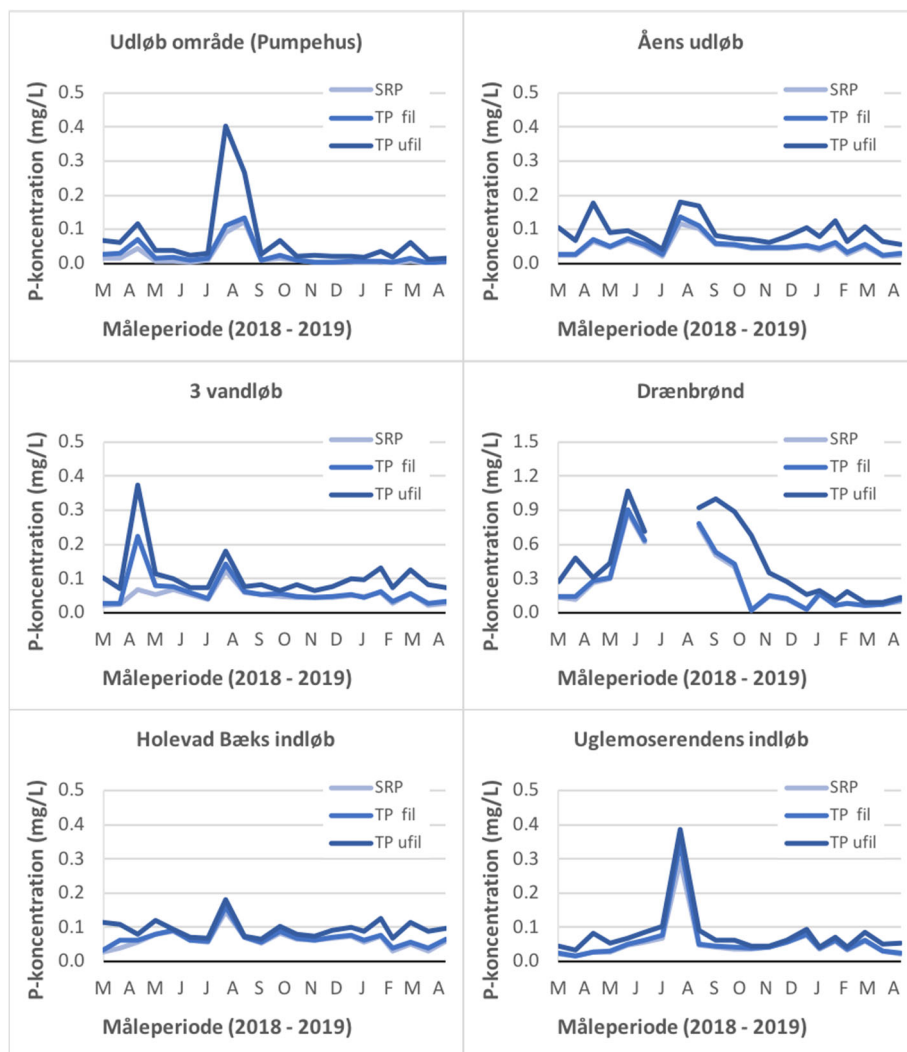
|                                 | <b>Pumpehus</b>      | <b>Åens udløb i<br/>Aborg Minde Nor</b> | <b>Sammenløb 3<br/>vandløb</b> | <b>Drænbrønd</b>     | <b>Holevad Bæks<br/>indløb</b> | <b>Uglemoserendens<br/>indløb</b> |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | 0,17<br>0,01-0,65    | 0,04<br>0,09-15,57                      | 0,04<br>0,01-0,15              | 0,44<br>0,06-1,12    | 0,04<br>0,00-0,24              | 0,04<br>0,00-0,16                 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | 4,17<br>0,09-15,57   | 5,88<br>3,16-12,29                      | 5,95<br>3,46-12,26             | 0,56<br>0,01-3,10    | 6,90<br>5,50-12,27             | 7,12<br>4,24-13,21                |
| TN                              | 5,23<br>0,99-18,02   | 6,5<br>4,1-13,8                         | 6,5<br>4,4-13,6                | 2,4<br>1,1-5,2       | 7,5<br>6,1-13,9                | 7,7<br>4,9-14,5                   |
| SRP                             | 0,017<br>0,001-0,121 | 0,049<br>0,002-0,116                    | 0,049<br>0,022-0,123           | 0,254<br>0,022-0,877 | 0,064<br>0,027-0,147           | 0,054<br>0,015-0,293              |
| TDP                             | 0,025<br>0,013-0,402 | 0,054<br>0,024—0,137                    | 0,062<br>0,026-0,224           | 0,265<br>0,024-0,901 | 0,069<br>0,033-0,162           | 0,060<br>0,015-0,347              |
| TP                              | 0,066<br>0,013-0,402 | 0,094<br>0,042-0,179                    | 0,105<br>0,065-0,374           | 0,440<br>0,092-1,070 | 0,095<br>0,064-0,180           | 0,08<br>0,033-0,387               |
| TOC                             | 20,6<br>7,3-77,7     | 14,3<br>4,2-62,1                        | 13,2<br>3,9-58,3               | 15,0<br>8,3-59,6     | 9,8<br>2,9-57,7                | 8,1<br>3,3-64,3                   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>   | 279<br>61-762        | 66<br>30-249                            | 49<br>28-69                    | 123<br>36-256        | 45<br>26-61                    | 49<br>31-59                       |
| Susp.                           | 6,3<br>1,1-15,7      | 8,3<br>1,8-34,6                         | 9,1<br>1,4-37,6                | 26,1<br>1,1-117,6    | 8,1<br>1,9-25,8                | 4,0<br>1,7-9,0                    |
| Minf.                           | 3,8<br>0,4-8,6       | 6,0<br>0,1-27,2                         | 6,8<br>1,1-30                  | 15,2<br>0,9-74,7     | 5,5<br>1,5-18,8                | 2,5<br>0,1-7,4                    |

### 3.2.2 Næringsstoffkoncentrationer

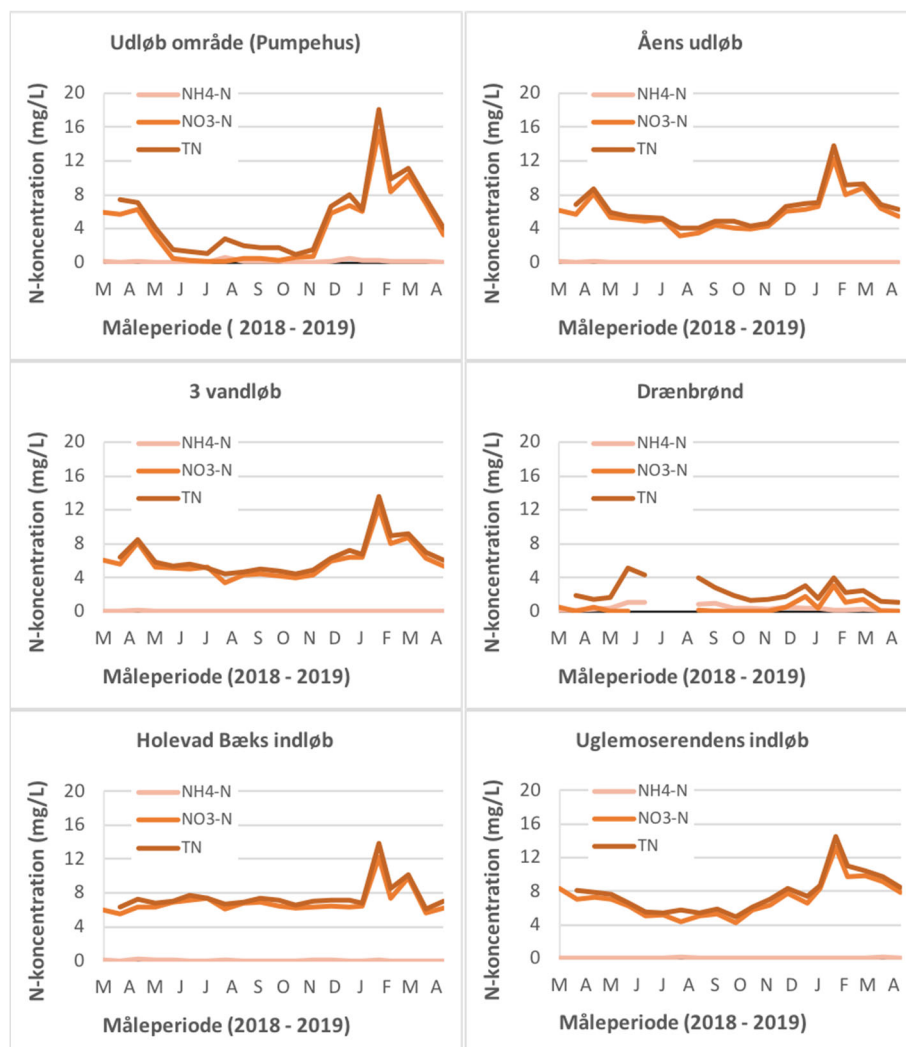
De beregnede gennemsnitskoncentrationer af nitrat, TN, SRP TDP og TP er lavere ved pumpestationen end ved de forskellige prøvetagningssteder i vandløbene (Tabel 3), mens der er højere koncentrationer af SRP, TDP og TP inde på det dræned areal (Drænbrønd). Der er tydelig sæsonvariation med lave fosforkoncentrationer i vinterperioden og lavere nitratkoncentrationer i sommermånederne, gældende for alle prøvetagningsstederne. Overordnet set

var de gennemsnitlige P koncentrationer ved "Drænbrønd" (drænbrønden på det pumpede areal) en størrelsesorden højere sammenlignet med de andre prøvetagningssteder. Det skal bemærkes at gennemsnitskoncentrationen af sulfat ved "Pumpehus" var betydelig højere end ved de øvrige prøvetagningssteder. Ligeledes var den gennemsnitlige TOC koncentration højere ved Pumpehuset. I juli og september var de målte TOC koncentrationer bemærkelsesværdig høje på alle prøvetagningssteder ( $> 40 \text{ mg C/L}$ ) (data ikke vist).

**Figur 4.** Den sæsonmæssige variation i de målte koncentrationer af: SRP (opløst reaktivt fosfor - fosfat),  $\text{TP}_{\text{fil}}$ : (total opløst P),  $\text{TP}_{\text{ufil}}$  (total P). Målt på vandprøver fra de seks prøvetagningssteder ved Aborg Minde i perioden marts 2018 – april 2019. Bemærk "Drænbrønd" tørrede ud i sommeren 2018.



**Figur 5.** Målte koncentrationer af:  $\text{NH}_4\text{-N}$  (ammonium),  $\text{NO}_3\text{-N}$  (nitrat), TN (total kvælstof) i vandprøver fra de seks prøvetagningssteder ved Aborg Minde i perioden marts 2018 – april 2019. Bemærk "Drænbrønd" tørrede ud i sommeren 2018.



### 3.3 Eksport af næringsstoffer og andre stoffer til fjorden

Der er kun beregnet vandtransport for "Pumpehus" dvs. udpumpet vandmængde fra det dræned og pumpede areal Aborg Minde via pumpestationen. Vandmængden er beregnet på baggrund af information om pumpens elforbrug (indhentet på dagsbasis via elselskabet) samt pumpens løftehøjde. Ved beregningerne er anvendt den gennemsnitlige udpumpede mængde og ikke min-max som vist i tabel 1 og på figur 2. Nitrat udgjorde 70% af den udpumpede kvælstofmængde. Den største udpumpning af kvælstof foregik i vinterperioden med størst udpumpning af vand og højest kvælstofkoncentration, og 75% af den udpumpede kvælstofmængde skete fra januar 2018 til og med marts 2019 (tabel 4). April 2018, maj 2018 og december 2018 havde de næsthøjeste udpumpningsmængder af kvælstof (september 2018 behandles særskilt nedenfor). Mængden af ammonium der blev udpumpet udgjorde 5% af den totale mængde. Nitrit blev ikke kvantificeret, da koncentrationen i store dele af måleperioden var under detektionsgrænsen ( $<0.001 \text{ mg N/l}$ ).

De beregnede udpumpningsmængder for fosfor udviser et andet mønster end for kvælstof, dels fordi det meste fosfor er bundet til partikler (ca. 80%), og dels fordi de højeste P-koncentrationer ses i sommermånederne, hvor mængden af vand der udpumpes er lille. Derfor er fosformængderne mere ligeligt fordelt over månederne.

September 2018 er bemærkelsesværdig, idet der i denne måned udpumpes store mængder N og P, især meget ammonium og organisk kvælstof samt store mængder fosfat og opløst organisk fosfor (tabel 4). I september udpumpes 60% af den totale årlige P mængde. Baggrunden for de store mængder N og P der udpumpes må tilskrives nogle store nedbørshændelser, der foregik i denne måned lige oven på en meget lang og tør sommer. I september ses også en høj udpumpning af TOC.

Endelig bør det bemærkes, at den samlede årlige udpumpning af TOC var på 15.1 tons og den samlede årlige udpumpning af sulfat var på 445 tons.

**Tabel 4.** Månedlige stoftransporter fra pumpestationen pumpet ud i Aborg Minde Nor i perioden 1. april 2018 til 31. marts (se Fig. 1 for beliggenhed af "Pumpehus"). Til stoftransportberegningen er anvendt puljede prøver fra ISCO prøvetageren, og vandmængden er gennemsnittet af minimums og maksimums værdierne (se fig. 2). Månedstransporterne er angivet i kg og totalerne i tons for ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), total kvælstof (TN), opløselig reaktiv fosfor (også benævnt fosfat; SRP), total opløst P (TDP), total P (TP), total organisk kulstof (TOC), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), suspenderet stof (Susp.) and the minerogen fraktion af the Susp. (Minf.).

|              | $\text{NH}_4^+\text{-N}$ | $\text{NO}_3^-\text{-N}$ | TN   | SRP  | TDP   | TP    | TOC  | $\text{SO}_4^{2-}$ | Susp. | Minf. |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------|------|-------|-------|------|--------------------|-------|-------|
| Apr 18       | 6                        | 367                      | 453  | 1,18 | 3,71  | 8,42  | 1173 | 6471               | 625   | 335   |
| Maj 18       | 3                        | 210                      | 253  | 0,57 | 1,78  | 4,64  | 829  | 4200               | 439   | 257   |
| Jun 18       | 0,9                      | 8                        | 18   | 0,06 | 0,13  | 0,29  | 405  | 1168               | 33    | 18    |
| Jul 18       | 0,7                      | 1                        | 6    | 0,19 | 0,23  | 0,33  | 292  | 802                | 13    | 7     |
| Aug 18       | 1,2                      | 0                        | 6    | 0,40 | 0,46  | 0,82  | 91   | 1314               | 23    | 12    |
| Sep 18       | 143                      | 20                       | 759  | 7,91 | 14,14 | 64,64 | 4807 | 150045             | 4196  | 2492  |
| Okt 18       | 6                        | 8                        | 58   | 0,88 | 1,08  | 2,22  | 263  | 25983              | 226   | 146   |
| Nov 18       | 3                        | 10                       | 36   | 0,09 | 0,15  | 1,70  | 135  | 12122              | 278   | 175   |
| Dec 18       | 10                       | 264                      | 317  | 0,22 | 0,39  | 2,79  | 596  | 25287              | 732   | 510   |
| Jan 19       | 96                       | 1644                     | 1951 | 0,34 | 1,76  | 8,09  | 3100 | 137640             | 2072  | 1403  |
| Feb 19       | 23                       | 884                      | 1041 | 0,18 | 0,52  | 2,52  | 936  | 33045              | 839   | 560   |
| Mar 19       | 31                       | 1687                     | 1822 | 0,59 | 0,94  | 6,94  | 2481 | 47204              | 2390  | 1481  |
| Total i tons | 0,33                     | 5,1                      | 6,7  | 0,01 | 0,03  | 0,1   | 15,1 | 445                | 11,9  | 7,4   |

## 4. Diskussion og konklusion

De gennemsnitlige næringsstofkoncentrationer – både N og P – var lavere ved pumpestationen sammenlignet med den nærliggende Puge Mølle Å ("Åens udløb"), der ligeledes strømmer ud i Aborg Minde Nor. I Puge Mølle Å var den gennemsnitlige nitratkoncentrationen 1.3 gange højere og den gennemsnitlige fosfatkoncentrationen 3 gange højere sammenlignet med pumpestationen ("pumpehus"; 4,17 vs. 5,88 mg N/L og 0,017 vs. 0,049 mg P/L). Det bør dog tilføjes, at nitratkoncentrationen ved pumpehuset var højere i vinterhalvåret mens TP var højest i pumpehuset i sommerperioden. Sidstnævnte kan tilskrives høje koncentrationer af partikulært P (se fig. 4,  $TP_{ufil} - TP_{fil}$ ). Selvom det ikke er muligt at lave en decideret massebalance for det pumpede og drænede område, så indikerer målingerne fra de omkringliggende vandløb, at der også er tilbageholdelse af næringsstoffer i området under de nuværende forhold. Dette kan skyldes at indsivning af nitratholdigt grundvand fra de omkringliggende arealer og vandløb denitrificeres i den mættede zone under drændybde. Nitrat stammende fra ammonifikation og efterfølgende nitrifikation vil samtidig være at finde i denne drænede del af jordprofilet. Ovennævnte sammenhænge er dog hypotetiske, da der ikke er foretaget målinger, der understøtter dette.

De høje fosformålinger i drænbrønden på op til 1 mg P/l indikerer, at der kan være foregået P mobilisering fra jordmatrix og/eller mineralisering af organisk stof, eller der kan være sket en reduktiv opløsning af redox sensitive jern(III)-P forbindelser. Sidstnævnte proces forekommer dog ikke sandsynlig, da der altid blev målt ilt i vandet fra drænbrønden. De lave koncentrationer af SRP (fosfat) der blev målt ved pumpehuset, hvor der hele tiden blev målt høje iltkoncentrationer, indikerer at opløst fosfat blev fanget og udfældet med jern(III) hydroxider (Zak et al., 2010). Evidens for sidstnævnte proces kunne ses flere steder i området, hvor der forekom overfladestrømning (Fig. 6) og der kunne ses tydelige jernudfældninger. I øvrigt fremgår det af forundersøgelsen fra Aborg Minde, at topjorden er meget jernrig, og Fe:P ratioen er rimelig høj, i gennemsnit 18 (Teknisk Forundersøgelse Aborg Minde, 2015). Der er dog det problem med de udfældede jern(III)-P forbindelser, at de ved høje afstrømningshændelser kommer i bevægelse og pumpes ud af området. Ved ikke drænede og pumpede forhold ville disse forbindelser akkumuleres i topjorden og forblive på arealet. Der er endvidere nogen evidens for, at en væsentlig del af det oxiderede jern (okker, fig. 6) stammer fra oxidation af pyrit dannet før området blev drænet og pumpet (Zak og Gelbrecht, 2007). Dette kan dels ses af jernudfældninger som vist på figur 6, og dels kunne der måles usædvanlig høje sulfatkoncentrationer på op til 760 mg  $SO_4/L$  i udpumpningsvandet ("Pumpehus", Tabel 3). Pyritoxidation vil, afhængig af tørvejordens bufferkapacitet, kunne føre til forsuring i området (Zak et al., 2010).

Hovedparten af fosforeksporten fra det pumpede område sker som partikulært fosfor (Tabel 4). Derfor vil man kunne opnå en betydelig reduktion i fosfortransporten, hvis man ophørte med at pumpe. Modsat vil man risikere, at et højere vandspejl ved ophør af pumpning kunne forårsage opløsning af redox-sensitive jern(III) forbindelser i den vandmættede jord, men en del af den mobiliserede fosfor kan forventes at blive fanget på jordoverfladen igen. Det vurderes, at en effektiv metode til at reducere størrelsen af den mobile fosforpulje er plantehøst, men dette er endnu ikke dokumenteret. Med hensyn til



kvælstof kan det antages, at genskabelse af de vandmættede forhold vil medvirke til genskabelse af et højt denitrifikationspotentiale, som dokumenteret fra andre restaureringsprojekter (Audet et al., 2019).

Det kan konkluderes, at der sker en betydelig udpumpning af næringsstoffer til Aborg Minde Nor. Der udpumpes 6.7 tons N svarende til  $57.9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , og der udpumpes 0.10 ton P svarende til  $0.89 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Der sker samtidig en meget markant udvaskning og udpumpning af sulfat på 445.2 tons sulfat,  $3.8 \text{ tons SO}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , der vurderes at stamme fra pyritoxidation.

**Figur 6.** Jern(III)-hydroxider, også kaldet okker, udfældet på overfladen af den drænedes tørveflade ved Aborg Minde.



## 5. Litteratur

Audet, J., Zak, D., Bidstrup, J. and Hoffmann, C.C. (2019). Nitrogen and phosphorus retention in Danish restored wetlands. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01181-2>

Forsmann, D. M. and Kjaergaard, C. (2014). Phosphorus release from anaerobic peat soils during convective discharge — Effect of soil Fe:P molar ratio and preferential flow. *Geoderma*, 223–225, 21– 32. [doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.01.025](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.01.025)

Rambøll (2015). Teknisk Forundersøgelse Vådområde Aborg Minde.

Zak, D., and J. Gelbrecht (2007). The mobilisation of phosphorus, organic carbon and ammonium in the initial stage of fen rewetting (a case study from NE Germany). *Biogeochemistry*, 85, 141-151.

Zak, D., Gelbrecht, J., Zerbe, S., Shatwell, T., Barth, M., Cabezas, A., and Steffenhagen, P. (2014). How helophytes influence the phosphorus cycle in degraded inundated peat soils – Implications for fen restoration, *Ecol. Engin.*, 66, 82–90.

Zak, D., McInnes, R., & Gelbrecht, J. (2018). Managing phosphorus release from restored minerotrophic peatlands. *Wetland Book*, 1321–1327. [http://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3\\_223](http://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3_223)

Zak, D., Goldhammer, T., Cabezas, A., et al. (2018). Top soil removal reduces water pollution from phosphorus and dissolved organic matter and lowers methane emissions from rewetted peatlands, *J Appl Ecol.*, 55, 311–320. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12931>.

Zak, D., Wagner, C., Payer, B., Augustin, J. and Gelbrecht, J. (2010). Phosphorus mobilization in rewetted fens: the effect of altered peat properties and implications for their restoration. *Ecological Applications*, 20, 1336-1349. [doi:10.1890/08-2053.1](https://doi.org/10.1890/08-2053.1)

## UNDERSØGELSER VED ABORG MINDE NOR I ASSENS KOMMUNE PÅ VESTFYN

På et drænet og pumpet landbrugsareal, Aborg Minde, ved Assens, er det undersøgt, hvor stor en mængde vand og næringsstoffer der på årsbasis pumpes ud til recipienten, Aborg Minde Nor.