

POTAMOGETON PRAELONGUS: JEHO OBNOVA V JEZEŘE TRUMMEN VE ŠVÉDSKU

RDEST DLOUHOLISTÝ VE ŠVÉDSKU

Potamogeton praelongus je relativně rovnoměrně rozšířený ve Švédsku i v ostatních zemích jeho areálu, ale není zcela běžným druhem. Roste ve vodních plochách ve Stockholmu i v odlehlých horských jezerech ve švédských Alpách, dále směrem k severu na hranici s Finskem a Norskem, i v nejnižším kraji Švédska zvaném Skåne. Druh je v národním Červeném seznamu klasifikován jako LC (málo dotčený), tedy není v kategorii ohrožení.

Ve Švédsku byl poprvé zaznamenán v roce 1816 (NORDSTEDT 1920). Podle švédské taxonomické databáze Dyntaxa byli ve Švédsku nalezeni kříženci tohoto druhu s *P. crispus*, *P. gramineus*, *P. lucens* a *P. perfoliatus* (<https://www.dyntaxa.se/Taxon/Info/219597>).

Ve Švédsku se druh přirozeně vyskytuje v hlubokých, přirozeně mezotrofních, stojatých nebo mírně proudících vodách – v jezerech, kanálech a nížinných řekách. Druh se nachází také v subalpínských regionech v nadmořské výšce až do 800 m n. m. (PERSSON 1993). Roste v různých typech substrátu od pevnějšího, písčitého substrátu k měkčímu organickému sedimentu typu dygyttja. Upřednostňuje hluboké vody, zřídka se nachází v hloubkách do 1 m (STRAND, vlastní pozorování). Ve Švédsku byl nalezen i v hloubkách okolo 6 m (GUSTAFSSON 2014). Je pravděpodobné, že druh mizí ze silně eutrofního prostředí (PERSSON 1993), přestože má určitou toleranci k eutrofizaci. Zdraví jedinci rostou v menších porostech i v několika eutrofizovaných jezerech (STRAND, vlastní pozorování).

Obr. 215 Rozšíření *P. praelongus* v severských zemích (převzato z: HULTÉN 1971)

Fig. 215 Distribution range of *P. praelongus* in the Nordic countries (from HULTÉN 1971)

Databáze "Artportalen" je on-line nálezová databáze vyvinutá a spravovaná centrem "Species Information Centre" na Švédské zemědělské univerzitě ve spolupráci se švédskou agenturou pro ochranu životního prostředí (<https://www.artportalen.se/Home/About>). Veřejnost a úřady zde zveřejňují nálezy všech druhů. Mnoho občanů, místních a regionálních botanických společností a orgánů (zejména krajské správy) zapisují do databáze svoje pozorování. Do prosince 2016 bylo evidováno 55 milionů různých záznamů druhů.

Artportalen je nezbytným nástrojem pro aktivity odborníků a ochranářských nevládních organizací a je jedinečným zdrojem informací, který přináší cílené ochranářské výsledky, pomáhá sledovat trendy pro prevenci problémů životního prostředí a klimatu. Je jednoduchým a bezpečným prostředím pro sdílení nálezů a poznatků milovníků přírody.



POTAMOGETON PRAELONGUS: TRANSPLANTATION AND PLANT RE-ESTABLISHMENT IN LAKE TRUMMEN, SWEDEN

P. PRAELONGUS IN SWEDEN

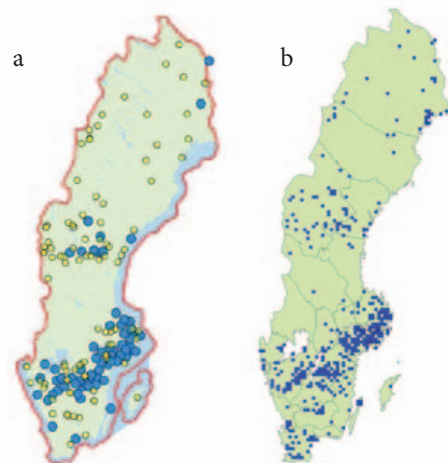
In Sweden as well as in the rest of the distribution range it is relatively evenly dispersed even though it is not a particularly common species. It occurs in water bodies within the City of Stockholm as well as in remote mountain lakes in the Swedish Alps and furthest to the north at the border of Finland and Norway as well as in the southernmost county of Skåne. In Sweden, it is classified as LC (least concern) in the national Red list, and thus not in any threat category.

P. praelongus was first noted in Sweden in 1816 (NORDSTEDT 1920). According to the Swedish taxonomic database, Dyntaxa, *P. praelongus* has been reported to hybridize with at least *P. crispus*, *P. gramineus*, *P. lucens* and *P. perfoliatus* (<https://www.dyntaxa.se/Taxon/Info/219597>).

In Sweden *P. praelongus* typically occurs in deep, naturally mesotrophic standing or slow-flowing water bodies, including lakes, canals and lowland rivers. It is found also in sub-alpine regions at least at altitudes up to 800 meters above sea level (PERSSON 1993). It can be found in a rather wide range of bottom substrate from more firm, sandy substrates to softer, organic sediments (dy/gyttja). It is predominately a deep water species and rarely found shallower than 1 m water depth (STRAND, own observations), and has been found at sites of at least 6 m water depth in Sweden (GUSTAFSSON 2014). Although it is likely to disappear from heavily eutrophicated systems (PERSSON 1993) it seems to have some tolerance to eutrophication since it occurs with seemingly healthy individuals also in at least a few eutrophicated lakes albeit then in smaller stands (STRAND, own observations).

The information portal "Artportalen" is an online species reporting system developed and administrated by the Swedish Species Information Centre, at the Swedish University of Agricultural Sciences, on behalf of Swedish Environmental Protection Agency (<https://www.artportalen.se/Home/About>).

The public as well as authorities report observations of all species in this database. A large number of private citizens, local and regional botanical societies and authorities (mainly county administrations) report their observations to the database. As of December 2016 ca 55 million different reports on species in Sweden have been registered. Artportalen is an essential tool for professional, as well as NGO conservation activities and is a unique source of knowledge that is already delivering targeted conservation results and which will help see trends for the prevention of environmental and climate problems. Artportalen is also a meeting place for nature enthusiasts, and a simple and secure way to keep track of their, and others', findings.



Obr. 216 a Rozšíření *P. praelongus* ve Švédsku v letech 2000–2016 (databáze Artportalen, 1.12. 2016). Žlutě – výskyt *P. praelongus* na jednom místě, modře – výskyt na několika blízkých lokalitách
b Rozšíření *P. praelongus* ve Švédsku (Švédské informační centrum o druzích, zahrnuta data z Artportalen a několik dalších monitorovacích zpráv a pozorování)

Fig. 216 a The distribution of *Potamogeton praelongus* in Sweden - observations reported 2000–2016 (Artportalen database, search 1.12.2016). Yellow – observation of *P. praelongus* at 1 site, blue – multiple observations at several nearby sites
b Distribution map of *P. praelongus* in Sweden (Swedish Species information Centre, build on the data from Artportalen and some additional monitoring reports and observations)

P. praelongus v nálezové databázi "Artportalen"

Od roku 1800 do současnosti je v databázi Artportalen evidováno 765 nálezů *P. praelongus*. Některé z těchto údajů jsou velmi staré a je pravděpodobné, že se *P. praelongus* na řadě z uvedených míst již nevyskytuje. Podle nových výsledků z let 2000–2016 existuje 379 záznamů nálezů druhu ve Švédsku. Podle databáze se vyskytuje v 312 různých mapových čtvercích o ploše 1×1 km. Je zaznamenán přibližně na 200 různých vodních plochách. Ve Švédsku existuje cca 96 000 jezer větších než 1 hektar, *P. praelongus* je v současné době znám asi z 0,2 % těchto ploch. Ve Švédsku je 119 hlavních povodí. Podle dostupných pozorování od roku 1800 se *P. praelongus* vyskytuje v 59 (cca 50 %) z nich. Podle novějších údajů z období 2000–2016 se *P. praelongus* vyskytuje v 35 hlavních povodích (tj. 29 %). Ve Švédsku existuje 50 829 dílčích povodí a *P. praelongus* je uváděn z 509 (cca 1 %). Z období 2000–2016 je znám z 196 dílčích povodí (0,38 %).

Podle HULTÉNA (1971) i podle výše citované databáze se druh nevyskytuje v krajích Värmland a Dalarna, od jezera Vänern a až do okolí města Sveg. Není znám důvod absence druhu na tak velkém území ve středním Švédsku. Je to patrně důsledek nedostatku průzkumů nebo nezveřejnění existujících dat z tohoto území. *P. praelongus* se ve Švédsku jen zřídka vyskytuje v hloubce do 1 m, čímž se stává snadněji

přehlednutelným, pokud není monitoring proveden z lodi, potápěním nebo pomocí hrábí či jiného vybavení k výzkumu v hlubší vodě. To potvrzuje i následující příklad, kdy PERSSON (1993) ve zprávě z výzkumu rodu *Potamogeton* v kraji Dalarna uváděl, že v roce 1949 byl druh znám z několika míst a v roce 1993 nejméně ze tří lokalit, zatímco nový průzkum zaměřený na řasy (*Charophyta*) ukázal, že *P. praelongus* se vyskytuje v 21 ze 72 zkoumaných jezer v kraji (COUNTY ADMINISTRATION OF DALARNA 2012). JANSSON (1975) a PALMGREN (2003) uvádějí výskyty druhu v kraji Värmland, které v databázi Artportalen nejsou uvedeny. V současnosti pokračuje digitalizace dat z dřívějších botanických průzkumů, které se zahrnují do databáze.

Z údajů z regionálních průzkumů vyplývá, že *P. praelongus* je více či méně rovnoměrně rozšířen také v oblastech, kde se podle databáze nevyskytuje. Je pravděpodobné, že se dalšími průzkumy submerzních makrofyt zvýší i počet jeho lokalit ve švédské databázi.

P. praelongus je tolerantní k mírnému zasolení, byl nalezen také v Baltském moři na východním pobřeží Švédska (PETTERSSON 2007) a v nejsevernějších částech švédského východního pobřeží v Botnickém zálivu. Míra zasolení je v těchto oblastech cca 2–6 ‰.



Obr. 217 Velký porost *P. praelongus* (několik 1000 m²) v chráněné zátocě (Skirviken) jezera Trummen

Fig. 217 Photo of a large (several 1000 m²) stand of *P. praelongus* in a sheltered bay (Skirviken) in Lake Trummen

P. praelongus in the species-portal "Artportalen"

There are 765 observations of *P. praelongus* in Artportalen recorded during the period since 1800 till now. Some of these reports are very old, and probably a number of the reported sites no longer have *P. praelongus* present due to e.g. eutrophication. There are currently 379 reported observations of *P. praelongus* in Sweden in recent years, i.e. between the years 2000–2016. The database shows that *P. praelongus* is reported from 312 different map squares of 1 × 1 km. *P. praelongus* is reported recently from 200 different lakes/water systems. In Sweden there are ca 96 000 lakes larger than 1 hectare and thus *P. praelongus* is currently reported from ca 0.2% of them. There are 119 main catchment areas in Sweden and *P. praelongus* is known from 59 of these (ca 50% presence) using all the reported observations since 1800 (i.e. 765 observations). When restricting the time period to the years 2000–2016, *P. praelongus* is present in 35 of the main catchments (29%). There are 50 829 sub-catchments in Sweden and *P. praelongus* is reported from 509 of them (ca 1%) using all observations. In the time period of 2000–2016 it is known from 196 sub-catchments (0.38%). According to the Atlas of plant distribution in the Nordic countries (HULTÉN 1971) and to the Artportalen database there is a distribution gap in the counties of Värmland and Dalarna, in the central part of Sweden, from Lake Vänern and up to around the city of Svegis. There is no obvious reason why it should be absent from the large area described above in central Sweden. It might be a consequence of lack of investigations and surveys or of unpublished data in that particular region. In Sweden *P. praelongus* rarely occurs shallower than 1 m water depth, which might make it a species easy to overlook if not equipped with boat and/or snorkelling/scuba gear or by using a rake or other sampling implement to survey deeper water. This theory about reasons of gap in *P. praelongus* distribution is supported by this example; in a report on the *Potamogeton*-flora of the county of Dalarna, it is stated that it was known from several sites in 1949 and at least 3 sites in 1993 (PERSSON 1993). Furthermore, a recent survey of *Charophyta* (COUNTY ADMINISTRATION OF DALARNA 2012), where also *Potamogeton* species was noted, showed

that *P. praelongus* was present in 21 of the 72 surveyed lakes in the county.

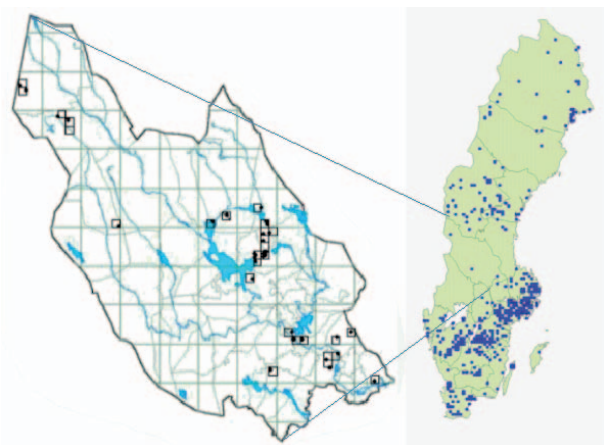
JANSSON (1975) and PALMGREN (2003) reported *P. praelongus* in the county of Värmland and these data are not in the Artportalen database. Today a digitalizing of data from earlier botanical surveys is ongoing and the observations are included into Artportalen.

Data from regional surveys show that *P. praelongus* is more or less evenly distributed also in the areas where the public online-data show distribution gaps. It is very likely that further studies of the submerged macrophytes in Sweden will increase the number of *P. praelongus* sites considerably.

P. praelongus is tolerant to salinity or more marine environments and has been found in the Baltic Sea on the Swedish east coast (PETTERSSON 2007). In the northernmost parts of the Swedish east coast in the Gulf of Bothnia *P. praelongus* is present in some sites. Here the salinity is however very low, typically 2–6 ‰ and thus close to being limnic.

Obr. 218 Kraj Dalarna se zákresem sledovaných lokalit *P. praelongus*: a) průzkumy z let 1986–2014 (Regionální flóra kraje Dalarna), b) 3 místa výskytu (*P. praelongus*) (Švédské informační centrum o druzích)

Fig. 218 Map of the County of Dalarna with observed sites for *P. praelongus*. a) Distribution map in 1986–2014 (regional flora of Dalarna), b) 3 sites with *P. praelongus* (Swedish species information centre)



JEZERO TRUMMEN

Jezero Trummen (56°52'N, 14°50'E) je jedno z nejprozkoumanějších jezer ve Švédsku a bylo předmětem několika projektů obnovy. Kvůli své poloze při okraji města Växjö bylo jezero vystaveno znečištění a velkoplošné disturbanci při výstavbě domů na dřívějším pobřeží, ale na druhé straně také zájmu veřejnosti o kvalitní jezero, které by mohlo sloužit k rekreačním účelům (rybaření, koupání). Jezero o celkové ploše 0,74 km² se nachází v nadmořské výšce 161 m n. m. a skládá se z hlavní části téměř zaobleného tvaru a z protáhlé zátoky Skirviken na jihovýchodě. Vodní plocha v zátocy Skirviken má v současnosti rozlohu 0,10–0,15 km², je lemována rozsáhlými porosty rákosu s mnoha ekotony na vodním rozhraní. Největší hloubka v jezeře Trummen je 2,4 m, průměrná hloubka je 1,6 m. Průměrná koncentrace fosforu je 29,3 µg.l⁻¹ (průměr z 24 vzorků na dvou místech jezera z let 2010–2012) (WISS). Povodí jezera má plochu 11,8 km², přítok vstupuje do zátoky Skirviken a výtok vystupuje na severu hlavní části jezera.

Původně bylo jezero oligotrofní – typické pro region, s druhy jako *Isoëtes* sp. a *Littorella uniflora*, ale v průběhu 20. století do něho začaly vstupovat odpadní vody z rostoucího města Växjö a z továrny na zpracování lnu. První potrubí zaústěné do jezera pocházelo z kuchyně místní nemocnice St Sigfrids (LETTEVALL et SVENSSON 1977). Ve 20. letech 20. století bylo jezero ještě využíváno ke koupání, ale narůstající množství odpadních vod z prádelny, pekárny, pivovarů a domácností výrazně zvyšovalo

trofii vody. Po krutých zimách v letech 1940–1942 a zahájení výroby v továrně na len v roce 1943 došlo v jezeře k velkému úhynu ryb (LETTEVALL et SVENSSON 1977). K největšímu znečištění došlo v letech 1936–1957, proto byly v roce 1958 odpadní vody z jezera odkloněny, ale stav jezera se nezlepšil (DIGERFELDT 1972, CRONBERG 1982). Na konci 60. let bylo na původně hnědém a živinami chudém sedimentu uloženo asi 0,5 m živinami bohatého sedimentu zbarveného sulfidem železnatým (FeS) (CRONBERG 1982).

Navíc došlo k expanzi klonálních druhů, hlavně rákosu (*Phragmites australis*). V letech 1967–1968 pracovalo mnoho ekologů z univerzity v Lundu na průzkumu jezera a přípravě možných metod jeho obnovy. První projekt obnovy byl realizován v letech 1970–1971 sacím bagrem, při němž byl odstraněn sediment bohatý na živiny (BJÖRK 1979, BENGTTSONET et al. 1975). Tato metoda byla zvolena z důvodu zabránění šíření zákalu z jemných horních vrstev sedimentu. Vytěžený materiál byl uložen na předem určená místa. Bylo odstraněno cca 60 cm černého a hnědého bahna a tím bylo dosaženo hloubky jezera 2,5 m (LETTEVALL et SVENSSON 1977).

Rákosiny a lekníny byly odtěženy sacím bagrem se sací řezačkou, na mělčinách klasickým bagrem. Jižní zátoka Skirviken nebyla součástí této obnovy. Jedním z cílů obnovy bylo také změnit litorální pásmo. Některé menší zátoky se zazemnilly a zmenšily velikost i tvar jezera. Zazemněné plochy byly od jezera odděleny kameny a vrstvou nepropustného materiálu, aby se zabránilo úniku bahna zpět do jezera.

Tab. 5 Vybraná data o revitalizovaném jezeře Trummen (převzato z LETTEVALL et SVENSSON 1977) (část 1/2)

Tab. 5 Selected records about the restoration of Lake Trummen (data from LETTEVALL et SVENSSON 1977) (part 1/2)

Celková obnovená plocha jezera	Total restored lake area	600 000 m ²
Odtěžená plocha	Suction dredged area	420 000 m ²
Plocha kosené vegetace	Vegetation cut area	180 000 m ²
Délka nábřeží v zátokách	Embankments in the bays, length	2 400 m
Objem nánosů v zátokách	Embankments in the bays, volume	70 000 m ³
Celková plocha jezera před obnovou	Total lake area before restoration	1,00 km ²
Celková plocha jezera po obnově	Total lake area after restoration	0,84 km ²
Plocha neobnovované zátoky Skirviken	Area of the un-restored bay of Skirviken	0,19 km ²
Průměrná hloubka vody v hlavní zátocy před obnovou	Average water depth in the restored main basin before restoration	1,1 m
Průměrná hloubka vody v hlavní zátocy po obnově	Average water depth in the restored main basin after restoration	1,75 m

THE TRUMMEN LAKE

The Trummen Lake (56°52'N, 14°50'E) is one of the most investigated lakes in Sweden and has been the subject of multiple restorations projects. Its near proximity to the city of Växjö have led to on one hand pollution and large-scale physical disturbances due to e.g. housing projects on former shore lines, and on the other hand a public demand that the lake should be of adequate quality for recreational purposes (e.g. fishing, swimming). It is located 161 m above sea level and has a total area of 0.74 km². The lake consists of a main basin with a more or less rounded shape and an elongated bay (Skirviken) in southeast. The Bay of Skirviken today consists of 0.10–0.15 km² of open water with large fringes of reed vegetation at the land/water interface. The maximum water depth of the Trummen Lake is 2.4 m and the mean water depth is 1.6 m. Mean phosphorus-concentrations is 29.3 µg.l⁻¹ (average for 24 samples at two sites during 2010–2012) (WISS). The drainage area is 11.8 km² and the inlet is entering the bay Skirviken furthest in southeast with the outlet in the northern part of the main basin.

Originally the Trummen Lake was an oligotrophic lake typical of the region, with species such as *Isoëtes* sp. and *Littorella uniflora*, but during the 20th century it received sewage water from the growing city of Växjö and waste water from a flax factory. The first sewage pipe that was directed to the lake was from the kitchen of the local hospital, St. Sigfrids (LETTEVALL et SVENSSON 1977). During the 1920ies the lake was still used for swimming, but more sewage from laundries, bakeries and breweries were added and together with household sewage from the growing city the lake turned more and more eutrophic. After the harsh winters of 1940–1942 and the start of the

flax industry in 1943, the lakes experienced annual fish kills (LETTEVALL et SVENSSON 1977). The worst pollution period was 1936–1957, and although sewage was diverted from the lake in 1958, the lake did not recover (DIGERFELDT 1972, CRONBERG 1982). At the end of the 1960ies there had been deposited 0.5 m of FeS-coloured nutrient-rich sediment on top of the original brown nutrient-poor layers (CRONBERG 1982). Furthermore, there had been an expansion of emergent clonal plants (mainly reed, *Phragmites australis*). During 1967–1968 a large number of ecologists from Lund University worked with surveying the lake and planning for possible restoration methods. The first restoration project was conducted in 1970–1971 by suction dredging of the deposited nutrient rich sediment layers (BJÖRK 1979, BENGTSOINET et al. 1975). Dredging was done by means of a suction dredge with a special nozzle to avoid unnecessary turbidity from the soft upper sediment layers. The dredged masses were pipelined to special depositing sites. About 60 cm of black and brown mud was removed, making the maximum depth of the lake 2.5 m (LETTEVALL et SVENSSON 1977). Reeds and water-lilies were removed by a dredger with a cutter nozzle or, at shallower sites, by an excavator. Important to note is that the southern bay (Skirviken) was not part of the restoration. Part of the restoration was to change the littoral zone. Some of the smaller bays in the main basin were embanked and filled with material thus making the lake somewhat smaller and also more rounded in its shape. The embanked areas had a core of stones covered with impermeable material to reduce leakage from embanked mud out into the lake.

Tab. 5 Vybraná data o revitalizovaném jezeře Trummen (převzato z LETTEVALL et SVENSSON 1977) (část 2/2)

Tab. 5 Selected records about the restoration of Lake Trummen (data from LETTEVALL et SVENSSON 1977) (part 2/2)

Největší hloubka vody v hlavní zátoce před obnovou	Maximum water depth in the restored main basin before restoration	2,1 m
Největší hloubka vody v hlavní zátoce po obnově	Maximum water depth in the restored main basin after restoration	2,5 m
Délka pobřeží před obnovou	Shoreline length before restoration	7,5 km
Délka pobřeží po obnově	Shoreline length after restoration	6,6 km
Odvodněná plocha	Drainage area	13 km ²
Průměrný průtok vody u výpusti	Mean water discharge at outlet	0,1 m ³ /s
Teoretický čas retence před obnovou (měsíce)	Theoretical retention time before restoration (months)	4
Teoretický čas retence po obnově (měsíce)	Theoretical retention time after restoration (months)	5

VÝSLEDKY OBNOVY JEZERA

Výsledek odtěžení 300 000 m³ sedimentu (50 tun fosforu a 450 tun dusíku; redukce obsahu PO₄⁻ na povrchu sedimentu z 2,4 mg.l⁻¹ před a 0,1 mg.l⁻¹ po zásahu) byl pozitivní (LETTEVALL et SVENSSON 1977). Obsah kyslíku (O₂), i při pokrytí vodní hladiny ledem, stoupl z 0–0,2 mg.l⁻¹ během zimy 1970 na 7–9 mg.l⁻¹ během zimy 1977. Snížení koncentrace živin vedla k až 85–90% redukci fytoplanktonu a řasy *Microcystis* spp. Prosvětlení vodního sloupce vedlo ke stabilizaci ponořených makrofyt v jezeře. Rozrostly se původně řídké porosty *Potamogeton obtusifolius* a *Juncus bulbosus* (LETTEVALL et SVENSSON 1977).

Z počátku se výsledky odbahnění jezera jeví jako úspěšné, došlo hlavně ke snížení vnitřní zátěže (WELCH et COOKE 2005). Nové podmínky s čistší vodou, menším zastoupením fytoplanktonu, s dostatkem kyslíku a bez úhynu ryb (ANDERSSON 1979, CRONBERG 1982) vydržely po jedno nebo dvě desetiletí. Ke konci 80. let se jezero pomalu začalo vracet ke stavu s každoročním vodním květem (WELCH et COOKE 2005). Dalo se předpokládat, že odbahnění bez omezení zátěže z vnějšího prostředí povede k postupnému návratu do původního stavu (KLEBERG et KOHL 1999). Přírus rozpuštěných živin z odtěžené plochy byl pravděpodobně stále vysoký a opět docházelo k vzrůstu obsahu živin a růstu fytoplanktonu. V hlavní části jezera Trummen se vyskytovalo jen několik porostů dvou nebo tří druhů, proto se zde nikdy neprojevil pozitivní zpětná vazba udržování čisté vody v mělkých jezerech pomocí vitální ponořené vegetace (SCHEFFER et al. 1993). To je pravděpodobně důvod, proč se jezero pomalu začalo stále více zakalovat.

Pár let po odbahnění proběhly doplňkové akce v podobě výlovu ryb. Během let 1976–1978 bylo vyloveno 13,4 tun bílých ryb, zejména plotice obecné (*Rutilus rutilus*) a cejna velkého (*Abramis brama*), což

odpovídá výlovu 60 kg/ha za jeden rok (PERSSON et SVENSSON 2004). Tyto akce vedly k další redukci obsahu fosforu a fytoplanktonu.

Biomanipulace pokračovaly v letech 1991, 1994, 1996, 1997 and 2000–2002, ale už byly příliš slabé na to, aby ovlivnily změnu kvality vody (CARLSTEIN 2012). K docílení poklesu zazemňování materiálem z vnějšího prostředí bylo vybudováno několik tůní v místě největšího přítoku (tj. říčky Kvarnbäcken) a velká tůň před přítokem do jezera Trummen (OLOFSSON et al. 2013).

Obr. 219 Letecký snímek jezera Trummen z roku 1960 (a) a z roku 2006 (b). Patrný je rozdíl v břehové části a barvě hlavní části jezera a zátoky Skirviken. Přítok je v jižní části Skirviken a výtok na severu hlavní části jezera.

Fig. 219 Aerial photo of Lake Trummen from 1960 (a) and from 2006 (b). Note shorelines and difference in colour of the water in the main basin and in Skirviken. The inlet is in the south part of Skirviken and the outlet in the northern part of the main basin.



THE RESULTS OF THE LAKE RESTORATION

The results of the removal of 300 000 m³ sediment (50 tons of phosphorous and 450 tons of nitrogen; reduction of PO₄⁻ phosphorus at the sediment surface from 2.4 mg.l⁻¹ prior to restoration to 0.1 mg.l⁻¹ after the restoration) was positive (LETTEVALL et SVENSSON 1977). After the restoration the oxygen (O₂) concentrations, also during prolonged ice cover, increased from 0–0.2 mg.l⁻¹ during winter in 1970 to 7–9 mg.l⁻¹ during winter in 1977. The reduced nutrient concentrations led to a marked decrease in phytoplankton with up to an 85–90% reduction, particularly for the troublesome blue-green algae *Microcystis* spp. The improved light climate in the water column led to new establishments of submerged plants in the lake. Sparse stands of *Potamogeton obtusifolius* and *Juncus bulbosus* become present in the main basin after the restoration (LETTEVALL et SVENSSON 1977).

Initially the restoration of Lake Trummen by dredging was a success, and the reduction in internal loading seemed to be permanent (WELCH et COOKE 2005). The new conditions with clearer water, decreased phytoplankton blooms, and no oxygen depletion or fish kills (ANDERSSON 1979,

CRONBERG 1982) were stable for a decade or two. Already in the mid to late 1980ies the lake was starting to deteriorate back towards a turbid state with annual phytoplankton blooms (WELCH et COOKE 2005). It has been predicted that dredging without reduction of the external loading may give only temporary improvement followed by a slow return to the previous situation (KLEEBOERG et KOHL 1999). It is possible that diffuse nutrient transport from the drainage area still was high enough to slowly increase nutrients and phytoplankton. The submerged vegetation never did increase further than a few sparse stands of two or three species in the main basin of Lake Trummen. Thus, the positive feedback mechanisms from a healthy submerged vegetation community keeping shallow lakes in a clear water state (SCHEFFER et al. 1993) did never come into effect in Lake Trummen and might be one reason why the lake slowly became increasingly turbid.

Some years after the dredging the lake, supplementary actions in the form of biomanipulation (fish removal) was done. During 1976–1978 13.4 tons of whitefish, mostly Roach (*Rutilus rutilus*) and Bream (*Abramis brama*) were removed, corresponding to a removal of ca 60 kg/ha per year (PERSSON et SVENSSON 2004) leading to further reductions in phosphorous and phytoplankton concentrations.

Biomanipulations have continued in later years and have been done in 1991, 1994, 1996, 1997 and 2000–2002. The fish removal in the later biomanipulation efforts were however too small to be able to affect the water quality (CARLSTEIN 2012). To further decrease the external load to lake Trummen a number of storm water ponds have been constructed where the largest inflow (the stream Kvarnbäcken) now enters a large pond prior to the inlet in Lake Trummen (OLOFSSON et al. 2013).



JEZERO TRUMMEN DNES

Kvalita vody

Navzdory zlepšení stavu živin v posledních 40 letech je jezero stále eutrofní s vysokým obsahem živin a fytoplanktonem, se zakalenou vodou a nízkou průhledností (OLOFSSON et al. 2013). Podle Rámcové směrnice o vodách nedosahuje jezero hodnocení stupně dobrý (Tab. 6).

Fyzikální poměry

Důsledkem obnovního managementu v 70. letech byly změny pobřežní zóny. Její velkou část dnes pokrývají kameny umístěné od břehu až do hloubky 1–1,5 m, tvořící 2–5 m široké a strmé pásmo podél pobřeží.

Během let 2008 a 2009 byl přes jižní část jezera postaven most pro pěší, který odděluje hlavní část jezera od neobnovené zátoky Skirviken. Průchod vody ze zátoky do hlavní části jezera je stále volný.

Makrofyta

V roce 2012 byl uskutečněn výzkum na 6 transektech v hlavní části jezera a 4 transektech v zátocy Skirviken (OLOFSSON 2012). V hlavní části jezera byly v jednom transektu nalezeny pouze druhy *Nitzschia opaca/flexilis*. V zátocy byly nalezeny porosty *Potamogeton praelongus*, *P. obtusifolius* a *P. perfoliatus*. Ekologický stav jezera byl klasifikován jako průměrný a stav zátoky jako dobrý.

Nové obnovní plány

V roce 2012 se z iniciativy Andrease Hedréna městský úřad města Växjö rozhodl pro další zkoumání možností zlepšení kvality jezera (OLOFSSON 2012). Konsorcium tří různých organizací (ALcontrol Laboratories, EcollAB a Hushållningsällskapet Halland) bylo pověřeno k realizaci potřebných studií a průzkumů a k navržení možných způsobů obnovy s cílem zvýšit druhové bohatství ponořených makrofyt v jezeře. Odpovědnými osobami byli Andreas Hedrén (město Växjö), Håkan Olofsson (ALcontrol), Per Nyström (EcollAB) a John Strand (Hushållningsällskapet). Práce započaly v roce 2013 a výsledky a návrhy dalšího postupu byly prezentovány v každoročních zprávách v letech 2013–2016 (OLOFSSON et al. 2013, 2014, 2015, 2016).

Absence submerzních makrofyt v hlavní části jezera Trummen

Fyzikální, biologické a chemické podmínky by měly být vhodné pro početnější submerzní vegetaci na celé ploše hlavní části jezera. Neznámý faktor ale brání růstu submerzní makrofytní vegetace. Proto hlavním cílem výzkumu bylo najít příčiny extrémně malého množství submerzních vodních makrofyt v hlavní části jezera. Z téměř úplné absence submerzních makrofyt v hlavní části jezera a bohaté vegetace v zátocy Skirviken vyplynulo, že by se měla od začátku zaměřit pozornost na rozšíření a ekologickou obnovu přítomných druhů z jedné části jezera do druhé.

Tab. 6 Výsledky měření z jezera Trummen (vzorky ze středu jezera, průměrné hodnoty vzorků z období květen–říjen 2010–2012, (převzato z OLOFSSON, 2013) podle švédské EPA a Rámcové směrnice o vodách (NATURVÅRDSVERKET 1999)

Ukazatel	Průměrná hodnota	Třída
Celkový fosfor ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	35	3 (průměrný)
Celkový dusík ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	827	3 (průměrný)
Celkový organický uhlík (mg.l^{-1})	12	3 (průměrný)
Kalnost (FNU)	11	5 (špatný)
Obsah kyslíku, roční minimum (mg.l^{-1})	3,1	3 (průměrný)
pH	7,7	1 nebo 2 (velmi dobrý nebo dobrý)
Alkalinita (mekv.l^{-1})	0,50	1 nebo 2 (velmi dobrý nebo dobrý)
Chlorofyl ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	23	4 (podprůměrný)
Průhlednost vody (m)	1,1	4 (podprůměrný)

LAKE TRUMMEN TODAY

Water quality

Despite large improvements regarding the nutrient situation in Lake Trummen in the last 40 years it is still characterized as an eutrophic lake with high nutrient concentrations, high phytoplankton concentrations, very turbid water and low Secchi depth (OLOFSSON et al. 2013). According to the Water Framework Directive, the lake is classified as not reaching good ecological status (Tab. 6).

Physical conditions

As an effect of the restoration project in the 70s with the modification of the shoreline, stone material is today covering large parts of the littoral zones, beginning from the water surface on the shore and continuing out to about 1–1.5 m water depth, corresponding to ca 2–5 m wide and rather steep zone along the shoreline.

During 2008/2009 a bridge for pedestrians was constructed over the southern part of the lake, to some extent further separating the main basin of Lake Trummen from the un-restored bay of Skirviken even though there still is more or less free passage of water from Skirviken to the main basin.

Macrophytes

In 2012 a small macrophyte survey was done with six transects in the main basin and four transects in the bay of Skirviken (OLOFSSON 2012). In the main basin no submerged macrophytes were found apart from a small fragment of *Nitella opaca/flexilis* in one of the transects. In Skirviken large stands of *P. praelongus*, *P. obtusifolius* and some *P. perfoliatus* were found. The Ecological Status concerning macrophytes of the main basin was classified as moderate and the bay of Skirviken as Good.

The new restoration plans

In 2012, the municipality of Växjö, through initiative from Andreas Hedrén (responsible for limnic environments in the municipality), took a decision to further investigate the possibilities of improving lake quality by new restoration measures (OLOFSSON 2012). A consortium of three different organisations (ALcontrol Laboratories, EcollAB and Hushållningssällskapet Halland) was commissioned to do the necessary surveys and investigations and to suggest possible restoration methods with the goal to increase the submerged vegetation in the main basin. The responsible persons were Andreas Hedrén (city of Växjö), Håkan Olofsson (ALcontrol), Per Nyström (EcollAB) and John Strand (Hushållningssällskapet). The results and suggestions for further trials were presented in yearly reports during the years 2013–2016 (OLOFSSON et al. 2013, 2014, 2015, 2016).

Absence of submerged macrophytes in the main basin of Lake Trummen

The physical, biological and chemical conditions of Trummen Lake should be capable of supporting a more abundant submerged vegetation over large areas of the main basin. Some unknown factor act as a bottleneck for submerged macrophyte growth in the main basin. The goal was to investigate the reason for the poor submerged macrophyte presence in the main basin of Lake Trummen. The almost total lack of submerged macrophytes in the main basin and the abundant vegetation in the bay of Skirviken implied that dispersal and establishment ecology of the involved species might be areas to focus on initially.

Tab. 6 Classification of Lake Trummen (samples from the middle of the lake, mean values from sampling May–October, 2010–2012, modified from OLOFSSON, 2013) according to Swedish EPA and the Water Framework Directive (NATURVÅRDSVERKET 1999)

Parameter	Mean value	Class
Total Phosphorous ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	35	3 (Moderate)
Total Nitrogen ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	827	3 (Moderate)
Total organic carbon (mg.l^{-1})	12	3 (Moderate)
Turbidity (FNU)	11	5 (Bad)
Oxygen, yearly minimum (mg.l^{-1})	3.1	3 (Moderate)
pH	7.7	1 nebo 2 (High or Good)
Alkalinity (mekv.l^{-1})	0.50	1 nebo 2 (High or Good)
Chlorophyll ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	23	4 (Poor)
Secchi depth (m)	1.1	4 (Poor)

PRŮZKUM MAKROFYT A RAKŮ V ROCE 2013

Na konci srpna 2013 bylo v hlavní zátocě založeno 13 transektů, které začínaly u břehu jezera nebo na vnějším okraji rákosiny. Ponořená vodní makrofyta byla vzorkována pomocí teleskopických hrábí (šířka hrábí 20 cm), které byly ponořeny do hloubky přibližně 1 m. Vzorky byly odebírány po 10 cm až do hloubky 2 m. Pokud po pěti následujících ponořeních (do 50 cm) nebyla vodní makrofyta vylovena, bylo k ověření přítomnosti nebo absence ponořených vodních makrofyt použito podvodní kukátko. U každého vzorku byl zaznamenán charakter substrátu na dně (kategorie: štěrk, písek, bahno).

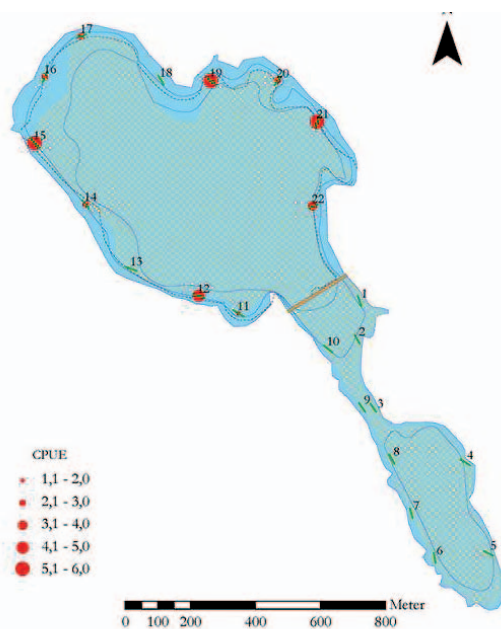
Výsledky ukázaly, že na rozdíl od průzkumu z roku 2012 byly ponořené vodní rostliny v hlavní zátocě přítomny. Ponořená makrofyta byla nalezena v 8 transektech (22 %). Pokryvnost druhů byla malá, vyskytovaly se v malých a izolovaných porostech. Přítomny byly druhy *P. praelongus*, *P. obtusifolius*, *P. crispus* a *Nitella opaca/flexilis*. *P. praelongus* byl nalezen ve 4 transektech (11 %). Submerzní makrofyta byla většinou neležena v severní části jezera, ale největší porost *P. praelongus* byl nalezen v transektu č. 31 v jihozápadní části jezera. Rostl v hloubce 1,7 m a jeho pokryvnost přesahovala 100 m². Všechny nalezené porosty vypadaly zdravě, měly založená semena. Na listech nebyly pozorovány nárosty řas. Nalezena byla pouze *Nitella* v podobě málo životaschopného fragmentu. Z výzkumu vyplynulo, že většina litorálního pásma je pokryta velkými kameny přibližně do hloubky 1–1,5 m.

V letech 1992–1993 bylo do jezera Trummen vysazeno 1000 raků (*Pacifastacus leniusculus*), ale velikost populace v následujících letech nebyla známa. Bylo provedeno hodnocení pokryvnosti raků, protože tento faktor, zvláště v časných stádiích sukcese, může ovlivnit submerzní vegetaci (NYSTRÖM et STRAND 1996). K monitoringu byla použita standardní metoda švédské EPA (NATURVÅRDSVERKET 1999). V zátocce Skirviken bylo umístěno 5 pastí na 10 místech ve 100 m dlouhé linii (50 pastí) a v hlavní zátocce na 12 místech (60 pastí). Raci nebyli nalezeni v zátocce Skirviken s bohatě vyvinutou vegetací, ale byli početní v hlavní zátocce. Fyzikální podmínky v hlavní zátocce, kde bylo rozsáhlé litorální pásmo pokryté kameny, bránily osidlování makrofyty, ale zároveň poskytovaly dobré podmínky pro raky, kteří dále negativně ovlivňovali osidlování rostlinami.



Obr. 220 Mapa jezera Trummen zobrazující 36 transektů používaných při průzkumu vegetace v srpnu 2013 (OLOFSSON et al. 2013)

Fig. 220 Map of Lake Trummen showing the 36 transects done in the vegetation survey August 2013 (OLOFSSON et al. 2013)



Obr. 221 Mapa monitoringu raka 2013 (OLOFSSON et al. 2013). Zelená linie – pasti na raky, červený kruh – úlovek na jednotku úsilí (CPUE) pro každou past

Fig. 221 Map of the crayfish survey 2013 (OLOFSSON et al. 2013). Green lines – location of crayfish traps. Red circles – catch per unit effort (CPUE) for each trap

MACROPHYTE AND CRAYFISH SURVEY 2013

At the end of August 2013, 36 transects in the main basin were surveyed. The transects started at the lake shore or at the outer edge of reed vegetation. Submerged macrophytes were sampled with a telescopic rake (rake width = 20 cm) that were swept at the bottom for ca 1 m length. Samples were taken every water depth decimetre out to ca 2 m water depth, or to when 5 consecutive swipes (5 water depth decimetre intervals) had not produced any macrophytes. An aquascope was used to further ensure whether submerged macrophytes were absent or present. At each sample, bottom substrate was noted, categorizing it into: stones, firm (sandy) or soft (muddy).

The results showed that submerged macrophytes were in fact present in the main basin, as opposed to the findings from the small survey done in 2012. In total, submerged species were found in 8 of the transects (22%). The coverage was however very small and the species were present only in isolated small stands. Present species were *P. praelongus*, *P. obtusifolius*, *P. crispus* and *Nitella opaca/flexilis*. *P. praelongus* was found at 4 of the transects (11%). The submerged macrophytes were mostly found in the northern parts of the lake. However, the largest stand of *P. praelongus* was found at the southwestern part of the lake, in transect No. 31, and this stand covered > 100 m² and grew at 1.7 m water depth. All stands found during the survey looked to be healthy and thriving with good seed setting and no apparent periphytic growth on the leaves, apart from *Nitella* which only was found in a small fragment that looked to be barely surviving. The survey also showed that large parts of the littoral zone was covered in large stones out to ca 1–1.5 m water depth.

During 1992–1993 ca 1000 crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) were released into Lake Trummen, and for the last years the population size has been unknown. Since abundant crayfish can affect

submerged vegetation, particularly during early developmental stages (NYSTRÖM et STRAND 1996), a crayfish survey to assess the abundance was done. The methods followed the standard of the Swedish EPA (NATURVÅRDSVERKET 1999) and consisted of 5 traps along a 100 m line at 10 sites in the bay of Skirviken (50 traps) and 12 sites in the main basin (60 traps). Crayfish was absent from the vegetation rich Skirviken but abundant in the main basin. The physical conditions in the main basin with large areas of the shallower littoral zones covered in stones, directly hindered macrophyte establishment and also provided good habitat for crayfish that further negatively affected plant establishment.

Obr. 222 Fotografie z vegetačního průzkumu v roce 2013 zobrazující typickou litorální zónu v hlavní části jezera. Většina pobřežní zóny byla stabilizována přidáním makadamu a větších kamenů. Tato zóna se táhne od břehu do hloubky cca 1–1,5 m ve většině částí jezera

Fig. 222 Photo from the vegetation survey in 2013 showing the typical littoral zone in the main basin of Lake Trummen. Almost all the shoreline has been stabilised and straightened by adding macadam and larger stones. This zone stretches from the water surface to ca 1–1.5 m water depth in most parts of the main basin



EXPERIMENTÁLNÍ VÝSADBY V ROCE 2014

V červnu 2014 byly do jižní části hlavní zátoky umístěny dvě klece (rozměry 3 × 3 m, výška 2 m, velikost sítě 19 × 19 mm) a dvě kontrolní plochy. Klece byly umístěny do hloubky 1,7 m. Do každé klece i kontrolní plochy bylo vysázeno 6 rostlin *P. praelongus* ze zátoky Skirviken. Před výsadbou byly změřeny parametry rostlin: délka lodyhy, délka oddenku, počet lodyh a počet listů. Rostliny byly obaleny hroudou jílu a pomalu ponořeny ke dnu. Následně byl *P. praelongus* vysázen na další 3 místa (mimo klece) do hloubek 2,0; 2,2 a 2,4 m (6 rostlin na každé místo). Tato místa byla označena plovucími bojkami.

Po 84 dnech byly klece prozkoumány potápěči a podvodní kamerou. V obou klecích byly nalezeny 3 rostliny z původně 6 vysázených (50% přežívání).

V kontrolních plochách byly nalezeny 3 rostliny. Rostliny nebyly sklizeny, ale byly ponechány ke studiu přezimování. Pouze 1 rostlina z kontrolní plochy byla sklizena a změřena. Jedna klec zůstala ponechána kvůli ověření její odolnosti v zimě, druhá klec byla odstraněna. Rostliny vysázené na 3 místa ve větších hloubkách nebyly nalezeny kvůli špatné viditelnosti.

Malý experiment s klecemi ukázal, že je možné přesazovat *P. praelongus* ze zátoky Skirviken do hlavní zátoky nejméně do hloubky 1,7 m a že přežívání je adekvátní (Tab. 7). Test vlivu klecí na snížení negativního působení raků a ryb byl neprůkazný (χ^2 -test, $p = 0,2$). Sklizená rostlina měla rychlost růstu u lodyh 0,77 cm/den, u oddenků 1,43 cm/den. Sklizené rostliny se rozrůstaly vegetativně na minimálně 3 strany a vytvořily nejméně 3 nové lodyhy.

Tab. 7 Růst rostlin, které byly sklizeny 84 dní po založení experimentu v roce 2014 (OLOFSSON et al. 2014)

Tab. 7 Growth of the plant that was harvested after 84 days in the enclosure experiment 2014 (OLOFSSON et al. 2014)

	Výsadba / Planting	Sklizeň / Harvest
Počet lodyh / Number of shoots	2	> 5
Celková délka lodyhy / Total shoot length	270 cm	> 335 cm
Celková délka oddenku / Total rhizome length	30 cm	> 150 cm
Rychlost růstu lodyhy za den / Shoot growth per a day	> 0.77 cm / den (cm / day)	
Rychlost růstu oddenku za den / Rhizome growth per a day	> 1.43 cm/den (cm / day)	



Obr. 223 Ochranná klec se sítí před zahájením experimentu v roce 2014

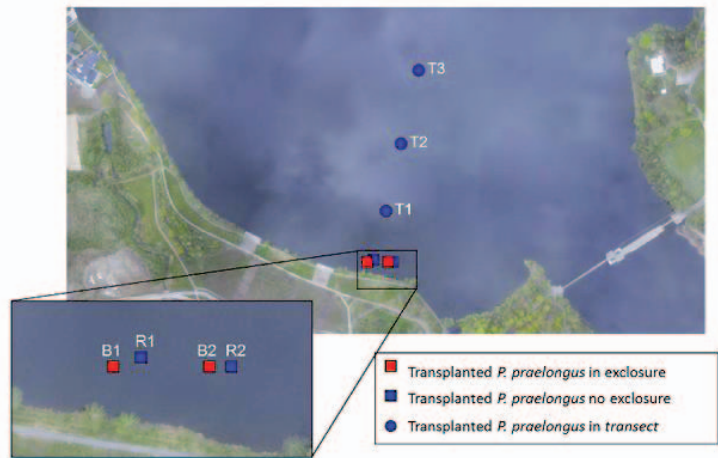
Fig. 223 Photo of one of the enclosures (net cages) before the start of the experiment in 2014

TRANSPLANTATION EXPERIMENT IN 2014

In June 2014, two cages (area of 3×3 m, height of 2 m, net size 19×19 mm) were placed and two control areas were marked in the southern part of the main basin. Cages and controls were placed at 1.7 m water depth. In each cage and control area six plants of *P. praelongus* from the bay of Skirviken were planted. Shoot length, rhizome length, shoot number and leaf number were noted prior to transplantation. The plants were anchored with a lump of clay and gently lowered to the bottom. In addition, *P. praelongus* was planted at three more sites (without cages) at 2.0, 2.2 and 2.4 m water depth with six plants at each site. These sites were marked with floating buoys.

The cages were investigated with scuba divers and underwater camera after 84 days. In both of the two cages three of the six plants were found (50% survival). In the control areas three plants were found. It was decided not to do a harvest but to leave the plants to investigate winter survival, apart from 1 plant from one of the control areas that was harvested and measured. One cage was left to see if it was possible that it could endure the winter, the second one was removed. Because of poor visibility, the plants in deeper water at three sites could not be collected with a rake from a boat. The small cage experiment showed that it was possible to transplant *P. praelongus* from Skirviken to the main basin at least at 1.7 m water depth, and that the survival rate was adequate (Tab. 7). It also showed that there was no effect of the cage treatment (crayfish and fish) (χ^2 -test, $p = 0.2$).

The plant that was harvested showed a growth rate of a) shoots > 0.77 cm/day and b) rhizomes 1.43 cm/day. The harvested plant had spread vegetatively in at least 3 directions and produced at least 3 new shoots.



Obr. 224 Lokalizace klecí v roce 2014. Dvě ochranné klece s kovovou sítí proti rakům a rybám byly instalovány do jezera společně s dvěma kontrolami bez kovové sítě. Dále byl *P. praelongus* vysázen do transektu (bez ochrany) na 3 místa (OLOFSSON et al. 2014)

Fig. 224 The location of the enclosure experiment in 2014. Two enclosures with metal net to stop fish and crayfish to reach the transplanted *P. praelongus* where placed in the lake together with two controls without metal net. In addition, *P. praelongus* where planted in a transect (without protection) at 3 sites (OLOFSSON et al. 2014)

Fig. 225 Rostlina vypěstovaná po 84 dnech v ochranné kleci v roce 2014

Fig. 225 Photo of the plant that was harvested after 84 days in the enclosure experiment 2014



EXPERIMENTÁLNÍ VÝSADBY V ROCE 2015

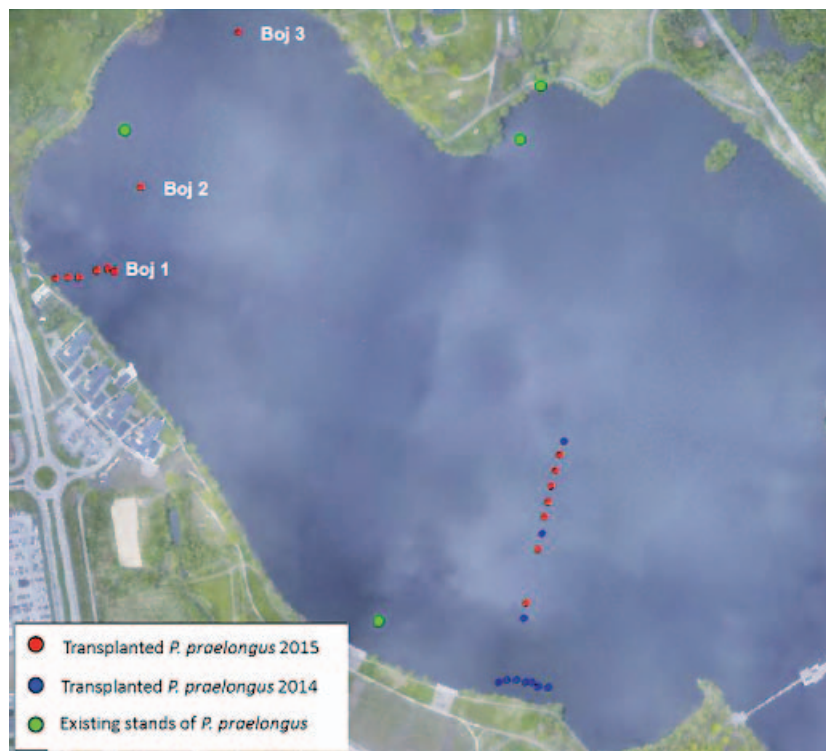
Při průzkumu přezimování rostlin *P. praelongus* bylo zjištěno, že ponechaná klec byla zcela přemístěna ledem a nalezena až u břehu několik stovek metrů od své původní polohy. Přežil nejméně jeden jedinec. Růstový experiment pokračoval v roce 2015. Ze zátoky Skirviken bylo přeneseno 40 rostlin, které byly vysázeny na 3 různá místa v severozápadní části hlavní zátoky do hloubky 1,7–2,0 m a do transektů (vždy 5 rostlin – v hloubkách 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0 a 2,4 m). Dále byl druh vysázen do transektu z roku 2014, a to 10 rostlin na každé místo (hloubka 2,1–2,4 m). Z důvodu špatné manipulace s rostlinami byly vysazovány pouze oddenky s malou lodyhou získané na začátku vegetační sezóny.

Po 154 dnech (září 2015) nebyl nalezen žádný z vysazovaných jedinců. Jak již existující malý porost *P. praelongus* v hlavní zátocy, tak i jeho rozsáhlé porosty v zátocy Skirviken byly ve velmi špatném stavu. Porosty v hloubce $\geq 1,7$ m strádaly, měly řídké a barevně pozměněné listy a málo lodyh ve srovnání s předchozím rokem. Celkové podmínky v roce 2015 byly pro submerzní vegetaci velmi špatné.

Meteorologická data ukázala, že v roce 2015 byla významně nižší teplota a sluneční záření (zvláště na jaře a počátkem léta) a více dní s vysokou rychlostí větru. Špatné výsledky experimentální výsadby v roce 2015 byly ovlivněny vnějšími faktory. Hloubka výsadby byla v kombinaci se špatnými světelnými poměry příliš velká.

Obr. 227 Lokalizace výsadeb v roce 2015 (červeně) a v roce 2014 (modře). Zeleně – místa s již existujícími malými porosty *P. praelongus* (OLOFSSON et al. 2015)

Fig. 227 The transplantation sites in 2015 (red) and 2014 (blue). Green dots show where there already were small stands of *P. praelongus* (OLOFSSON et al. 2015)



Obr. 226 Vysazované rostliny v experimentální výsadbě v roce 2015, cca 30 cm dlouhé oddenky byly obaleny jílem pro ukotvení do sedimentu

Fig. 226 The planting units in the transplantation experiment of 2015, ca 30 cm of rhizome was wrapped with clay for anchoring purposes



TRANSPLANTATION EXPERIMENT IN 2015

Investigation of the winter survival of the previously transplanted *P. praelongus* showed that the remaining cage had been totally removed by the ice and was found at the shore several hundred meters away. At least one individual had survived the winter from the cage experiment.

Trials of cost-efficient transplantation continued in 2015. 40 plants of *P. praelongus* coming from the bay of Skirviken were placed in 3 different sites (water depth 1.7–2.0) and in a transect with 5 plants each at 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0 and 2.4 m water depth in the north-western part of the main basin. In addition, *P. praelongus* were also planted in the transect of the 2014 years' trials with 10 plant each at the sites (water depth 2.1–2.4). The rhizomes with small shoots taken earlier in the season were used because of difficulties of handling.

After 154 days (September 2015) all the sites were investigated with aquascope, rake and/or underwater camera. Not a single individual of the transplanted plants was found. Also, the existing smaller stands of *P. praelongus* in the main basin and the extensive stands in the bay of Skirviken were in poor conditions.

The stands were suffering, with sparse discoloured leaves and few shoots compared to previous years. The general conditions in the lake during 2015 was bad for submersed vegetation growth.

Investigation of meteorological data showed that 2015 was a year with significantly lower temperature and solar radiation (particularly during spring and early summer) and more days with high wind speeds. It was external factors that caused the poor results of the 2015 years' field trials in Lake Trummen. The plantation depth might have been too high in combination with the poor light conditions.

Obr. 228 Vysazovaná rostlinka s oddenkem a s malou rozvíjející se lodyhou, oddenek obalený jílem pro uchycení na dně

Fig. 228 A planting unit with rhizome and a small emerging shoot and with clay for anchorage is ready to be planted



KULTIVACE *P. PRAELONGUS* A *P. OBTUSIFOLIUS* VE SKLENÍKU V ZIMĚ 2015/2016

Ve spolupráci s firmou specializovanou na kultivaci vodních rostlin (VegTech) byl v zimě 2015/2016 založen kultivační experiment. Kultivace byla zahájena v lednu 2016. Oba druhy byly přeneseny ze zátoky Skirviken a vysázeny do průsvitných nádrží s plochou dna 1 m², při teplotě 10–12 °C. Bylo na-

Obr. 229 Kultivace *P. praelongus* v nádržích, horní části nádrží (20 cm) byly před zahájením výsadby odejmuty

Fig. 229 Container for cultivation of *P. praelongus*. The upper 20 cm of the containers were removed prior to planting



instalováno osvětlení. V březnu bylo přibližně 400 rostlin *P. praelongus* a 200 rostlin *P. obtusifolius* přesazeno do nádrží a přeneseno do skleníku. Hloubka vody byla 40 cm a postupně se zvyšovala podle růstu rostlin. Po přesazení do větších nádob přežilo 150 rostlin *P. praelongus* a 10 rostlin *P. obtusifolius*. Rostliny byly v nádržích pěstovány do 21. dubna a pak byly přesazeno do jezera Trummen v rámci nové experimentální výsadby.

Obr. 230 *P. praelongus* byl pěstován v jednotlivých nádobách (12 květináčů v jedné přihrádce nádrže), dále byly přesazovány do větších nádrží

Fig. 230 *P. praelongus* was planted in single pots (12 pots per tray), then placed in the larger containers



CULTIVATING OF *P. PRAELONGUS* AND *P. OBTUSIFOLIUS* IN GREENHOUSE DURING THE WINTER OF 2015/2016

In cooperation with a company specializing in cultivation of aquatic plants (VegTech) cultivation trials were started during the winter of 2015/2016. The cultivation started in January 2016. Both *P. praelongus* and *P. obtusifolius* had been collected from Skirviken and planted in semi-transparent containers with 1 m² bottom surface at temperature

10–12°C. Additional light was supplemented. In March, circa 400 plants of *P. praelongus* and 200 plants of *P. obtusifolius* were planted in the container and moved to a greenhouse. The water depth at planting was ca 40 cm and water depth was raised as the plants grew. After re-planting to larger pots ca 150 plants of *P. praelongus* and ca 10 *P. obtusifolius* remained. The plants grew in the container until the 21 of April when they were transplanted into lake Trummen in a new field trial.

Obr. 231 Některé pěstované rostliny *P. praelongus* v nádržích

Fig. 231 Some of the planted *P. praelongus* in the containers



Obr. 232 Fotografie pod vodou – *P. praelongus* pěstovaný v nádržích

Fig. 232 Under water photo of *P. praelongus* growing in the containers



EXPERIMENTÁLNÍ VÝSADBY V ROCE 2016

V severozápadní části jezera bylo vysázeno 72 jedinců z kultivace. Za účelem snížení rozptylu světla byl kolem experimentální plochy umístěn vlnolam. Každá rostlina byla pěstovaná v síťovaném obalu. Ze zátoky Skirviken bylo přesázeno do experimentální plochy 36 jedinců s využitím metody obalení oddenků jílem. Rostliny měly v době výsadby oddenky dlouhé 30–50 cm a vytvořené lodyhy. Bylo instalováno 6 kovových klecí s *P. praelongus* a 12 klecí s *Nitella*. Šest síťovaných obalů s *P. praelongus* bylo vysázeno také mimo vlnolam.

V průběhu vegetační sezóny byl opakovaně kontrolován růst rostlin z člunu pomocí podvodního kukátka. Poslední kontrola byla provedena 137 dní po založení experimentu (5. 9. 2016). Měření Secchiho deskou ukázala dobrou průhlednost vody a možnost vizuálního pozorování bez nutnosti destruktivního odběru rostlin. Po odstranění vlnolamu (31.10. 2016) bylo provedeno několik malých odběrů vzorků pomocí hrábí a také fotodokumentace.

Obr. 233 Lokalizace založených porostů *P. praelongus* (A–E) při experimentálních výsadbách v roce 2016 (OLOFSSON et al. 2016)

Fig. 233 The location of established stands of *P. praelongus* (A–E) in the transplantation experiments in 2016 (OLOFSSON et al. 2016)



VÝLOV BÍLÝCH RYB

V listopadu 2015 a na jaře 2016 byl proveden velký výlov ryb v jezeře Trummen za účelem zlepšení průhlednosti vody a podmínek pro submerzní makrofyta. Celkem bylo odloveno 7 334 kg bílé ryby (sladkovodní ryby čeledi kaprovití – *Cyprinidae*, většinou cejn velký – *Abramis brama* a plotice obecná – *Rutilus rutilus*).

Výsledky experimentálních výsadeb v roce 2016 byly velmi dobré. Vizuální průzkumy ukázaly nápadný růst submerzních makrofyt během vegetační sezóny minimálně u druhu *P. praelongus*, který byl přesázen přímo ze zátoky Skirviken. V prostoru uvnitř vlnolamu v kovových klecích přežilo a vegetativně se rozrůstalo 33 % vysazených rostlin *P. praelongus*. Také ty rostliny *P. praelongus*, které byly přesazovány metodou obalení oddenku jílem přežily ve velkém počtu uvnitř vlnolamu. Díky velkému rozrůstání těchto rostlin bylo možné vyhodnotit, kolik jedinců přežilo. Nejméně jeden jedinec se vegetativně rozrostl do prostoru mimo vlnolam. Přežilo také 67 % balíčků řasy *Nitella* vysazovaných do kovových klecí, i když s malým množstvím zelené biomasy. Žádné rostliny *P. praelongus* kultivované v síťovaných obalech nepřežily. Mimo vlnolam přežilo v kovových klecích 17 % rostlin *P. praelongus*. Rostliny v klecích rostly a vegetativně se šířily.

Dobré podmínky pro submerzní makrofyta v jezeře

Trummen indikovaly též stávající porosty rdestů a řas *Nitella* spp., které v roce 2016 prospívaly. Na místě A byl zaznamenán vzrůst pokryvnosti obou druhů (*P. praelongus* a *P. obtusifolius*). Na místě B se rozrůstal hlavně *P. obtusifolius* do existujících porostů *P. praelongus*. Na místě C, které mělo dříve řídké porosty *P. obtusifolius* a *Nitella*, se objevily velké porosty obou druhů a svou pokryvností téměř dosáhly až k místu B. Na místě D byl nalezen nový porost *P. praelongus*. Také hustota porostů *P. praelongus* a *P. obtusifolius* v zátocy Skirviken se zvětšovala. Nebyly pozorovány žádné důsledky odběru materiálu pro experimentální výsadby.

TRANSPLANTATION EXPERIMENT 2016

In the north-western part of the lake, 72 individuals of cultivated *P. praelongus* were planted. In order to reduce light scattering from waves a wave breaker was placed around the field trial area. Each plant was grown in a net bag that were lowered to the lake bottom. In addition, 36 individuals transferred directly from the bay of Skirviken were also planted at the site, using clay as anchor. The plants had 30–50 cm long rhizomes and shoots at the time of planting. In addition, six metal nets with *P. praelongus* and 12 metal nets with *Nitella* were placed in the trial area. Six net bags with *P. praelongus* were also planted outside the wave breaker.

During the vegetation season the plant growth was checked repeatedly by boat and aquascope. The last control was done 137 days after planting, the 5th of September. No destructive harvest was done since the Secchi depth was so good and the survival and condition of the plants could be assessed by visual observation. When the wave breakers were removed the 31st of October, some small samples were taken by rake for photo documentation.

THE REMOVAL OF WHITE FISH

During November 2015 and in spring 2016 a large fish removal was done in Lake Trummen in order to improve Secchi depth and improve conditions for the submerged macrophytes. In total, 7 334 kg white fish (freshwater fishes of the family of *Cyprinidae*, mostly *Abramis brama* and *Rutilus rutilus*) was removed.

The results for the 2016 years' field trials was very good. The visual surveys show remarkable growth of submerged macrophytes during the vegetation period at least for the *P. praelongus* plants that were taken directly from Skirviken (transplanted in metal nets or in clay). In the transplanted area within the wave breakers, 33% of the *P. praelongus* plants in metal nets did survive and had spread vegetatively in several directions. Also, the *P. praelongus* plants that were transplanted in clay had survived in large numbers within the wave breakers,

and due to the large expansion of these plants it was impossible to assess how many individuals had survived. At least one individual had spread vegetatively to such an extent that it had outgrown the area within the wave breaker. 67% of the *Nitella* "bundles" in metal nets had survived but only with very small amounts of green biomass remaining. None of the cultivated *P. praelongus* plants in net bags survived. Outside the wave breaker 17% of the *P. praelongus* planted in metal nets had survived, grown and spread vegetatively.

Also the existing stands of *Potamogeton* spp. and *Nitella* sp. in the lake thrived during 2016 indicating that 2016 was a good year for the submerged macrophytes in the Lake Trummen. At site A there was marked increases in the cover of both *P. praelongus* and *P. obtusifolius*. At site B, particularly *P. obtusifolius* had expanded among the existing stands of *P. praelongus*. At site C, which previously had only sparse stands of *P. obtusifolius* and *Nitella* now showed very large stands of the two species and the cover now nearly reached all the way to site B. At site D, a new stand of *P. praelongus* was found. Also the dense stands of *P. praelongus* and *P. obtusifolius* in the bay of Skirviken was thriving and no effect of the sampling of transplant material could be seen.

Obr. 234 Plocha byla chráněna před vlnami plovoucími pontony

Fig. 234 The experiment area was protected from waves by floating pontoons



ZÁVĚRY

Aktivity realizované na jezeře Trummen v letech 2013–2016 ukázaly, že je možné efektivním způsobem založit nové porosty *P. praelongus* (a dalších druhů) a že tuto obnovu pravděpodobně lze ještě zlepšit úpravou světelných poměrů, zejména v průběhu jara – ať přirozenými změnami klimatických poměrů nebo biomanipulací či vlnolamy. Výsledky též ukázaly, že je možné založit nové porosty přímým přenosem oddenků o délce 30–50 cm s malou lodyhou nebo bez ní. Výlov 8 tun bílé ryby v letech 2015/2016 je pravděpodobně významným důvo-

dem zlepšení světelných poměrů pod vodou během roku 2016. Bentivorní ryby ovlivňovaly nejen světelné poměry ve vodě, ale také přímo negativně působily na ponořená makrofyta. Obnova *P. praelongus* v jezeře Trummen závisí na vhodném počasí nebo na biomanipulaci, kterou lze dosáhnout stejných výsledků (např. nižší vlnobití a vyšší průhlednost vody). V roce 2016 se ponořeným vodním makrofytům dařilo jak díky vhodnému počasí, tak i biomanipulaci. Instalace vlnolamů zlepšila světelné poměry a podpořila projekt obnovy. Bude zajímavé sledovat rozvoj vegetace v hlavní části jezera Trummen i v budoucnosti.

Obr. 235 a, b Rozdílné způsoby výsadeb použité v roce 2016

a rostliny ze skleníku

b oddenky *P. praelongus* bez lodyhy ze zátoky Skirvirken v kovových klecích



Fig. 235 a, b The different planting techniques used in 2016

a plants grown in greenhouse in net bags

b *P. praelongus* rhizomes without shoots from Skirvirken in metal nets



CONCLUSIONS

In conclusion, the work done during 2013–2016 in Lake Trummen show that it is possible to get new stands of *P. praelongus* (and other species) in a cost-efficient way, and that the results will likely be improved if light conditions are improved particularly during spring, either by natural weather conditions or by biomanipulation and/or wave breakers. The results also showed that it was possible to get established plants from direct transfer of rhizome parts of 30–50 cm length with only small or no shoots attached. The removal of 8 tons white fish in 2015/2016 is likely to be a large reason for the good underwater light conditions during 2016. Apart

from the effect on the light conditions in the water the benthivore fish can have a more direct negative effect on submerged macrophytes. It is likely that establishment of *P. praelongus* in Lake Trummen is dependent on “good weather years” either naturally occurring or where e. g. biomanipulation gives the same result, i.e. low turbidity and high Secchi depth. During 2016 both these factors (weather and biomanipulation) contributed to produce a very good year for the submerged macrophytes. In addition the introducing wave breakers improved light climate and supported an establishment success. It will be very interesting to follow the vegetation development in the main basin of Lake Trummen in the future.

Obr. 236 Vypěstované rostliny *P. praelongus* na experimentální ploše v roce 2016

Fig. 236 Harvested *P. praelongus* from the experimental area in 2016 (within the wave breakers)



Obr. 237 Nové porosty *P. praelongus* v jihozápadní části jezera u výtoku

Fig. 237 A newly established stand of *P. praelongus* in the north-western part of the lake.

