



**Harald Sterner**  
Länsstyrelsen Västra Götaland



# *Teknikbeskrivning*



Författare: Harald Sterner  
Länsstyrelsen Västra Götaland  
403 40 Göteborg

Omslag: Cilla Odenman/Amelie Wintzell  
Foto: Bengt Frizell  
Rapportnr: 2001:45  
Projekt nr: EU Life algae LIFE96ENV/S/380

## Förord

Denna rapport, "Teknikbeskrivning", har tagits fram inom projektet EU Life algae och ingår i projektets rapportserie, se omslagets bakre insida.

Rapporterna i serien redovisar arbete och resultat från delprojekt, seminarier och konferenser. Materialet har legat till grund för slutrapporteringen till EU Life, "*Final Report 2001*", och en populärvetenskaplig sammanfattande broschyr på svenska och engelska; "*Alger i överflöd skördas för livet*" - "*Algae in excess - harvesting for Life*". Författarna svarar för rapporternas innehåll och Projekt Management Unit för slutredigeringen. Rapporterna kan läsas på eller laddas ner från projektets webbplats;

[www.o.lst.se/projekt/eulife-algae](http://www.o.lst.se/projekt/eulife-algae)

Projektets grundläggande idé och mål är att återskapa en långsiktigt hållbar miljö i de grunda havsvikar som sedan flera år tillbaka under somrarna täcks av algmattor till nackdel för såväl fisk och andra organismer i områdena som friluftsliv och turism.

Projektet har utvecklat och testat en algupptagningsteknik som en metod att restaurera vikarna. Rapporten "*Teknikbeskrivning*" redovisar hur arbetet med att utveckla och testa några prototyper till algupptagare gått till, vilka resultat som uppnåtts och teknikens begränsningar och möjligheter. Rapporten är därför av central betydelse för fortsatt arbete med att vidareutveckla en upptagningsteknik och produkt som är möjlig att marknadsföra. En instruktion för den i projektet framtagna fungerande prototypen till algupptagare-algskördare utgör en bilaga i rapporten.

Projekt Management Unit

|                 |               |               |
|-----------------|---------------|---------------|
| Harald Sterner  | Anna Jöborn   | Mattias Sköld |
| Projektdirektör | Projektledare | Projektledare |

## **Innehåll**

**Sammanfattning Summary 3**

**1. Inledning/bakgrund 4**

**2. Förutsättningar 4**

**2. Mål 4**

**4. Teknikupphandling 4**

**5. Teknikutveckling 5**

*5.1 Inledning 5*

*5.2 Etapp 1. Prototyp 1997 6*

*5.3 Etapp 2. Prototyp 1998 7*

*5.4 Etapp 3. Prototyp 1999 10*

*5.5 Etapp 4. Prototyp 2000 12*

*5.6 Etapp 5. Prototyp 2001 14*

**6. Diskussion och förslag till fortsatt teknikutveckling 15**

**7. Slutsatser 17**

## Sammanfattning

Ett grundläggande krav har ställts på algskördaren. Den ska kunna skörda flytande alger i vattenområden som är djupare än 30 cm utan att påtagligt röra om i vattnet, skada bottenarna eller växt- och djurlivet. Resultatet av projektet är en prototyp till en algskördare framdriven av propellrar. Den har tillverkats i tre huvuddelar; en hydraulmotor som driver de andra delarna, en plattform och tre transportband som drar upp, avvattnar och mellanlagrar algerna. Från mellanlagret bandas algerna över till en pråm på djupare vatten för transport till land. Prototypen i den senaste utformningen fungerar bra i vatten djupare än 30 cm. Avvattningen fungerar också väl och pressar inte ut näringen ur själva algerna. Algmattorna på vatten grundare än 30 cm längs stränderna halas in till algskördaren med hjälp av en landvad för att sedan tas upp med transportbandet.

Prototypen kan också drivas fram med band/larvfötter i stället för propellrar, vilket ger möjlighet att lasta av algmattan direkt på land och lättare transportera algskördaren på land mellan skördeområden.

Prototypen är utformad för saltvattenförhållanden och kan därför användas också i sötvatten. De tre transportbanden är utbytbara och maskstorleken kan väljas efter vilken typ av alger, växter eller liknande material som flyter i vattnet. Algskördare utformade utifrån prototypens principer kan tillverkas i olika storlekar för att svara mot olika behov och den standard som används i kommunernas renhållningssystem.

Alger som täcker stora vattenområden som är grundare än 30 cm kan inte skördas på ett effektivt sätt med den beskrivna tekniken. För sådana områden krävs skördare som bygger på amfibieteknik, t.ex. framdrift med band, och är försedda med en annan typ av upptagningsanordning än prototypens. Algskördare som är amfibier och utnyttjar framdrift med band kan röra om i vattnet och skada bottenarna vilket inte bara är ett miljöproblem utan också ett problem för ägare till strandfastigheter.

## Summary

The development of the harvesting technique has been based on one principal criterion: the algae harvester must be able to harvest floating algae in shallow water deeper than 30 cm and without disturbing the water and the bottom or plant and animal life to any considerable extent.

The result of the project is a prototype driven by propellers and it functions well in water deeper than 30 cm. It has three main components: a hydraulic engine that drives the other two components, a platform, and three transport belts that pull up, de-water and buffer-store the algae. The algae are subsequently loaded onto a barge for storage and further transport to land. The algae, which have drifted in towards water shallower than 30 cm along the shoreline can be hauled out to the harvester with a beach-seine and taken up by the harvester. The prototype can also be amphibious equipped with caterpillars instead of propellers. This will give the opportunity to unload the algae directly on land and to transport the prototype on land between harvesting areas.

The prototype is designed to sustain operation in saline environment and it can thus be used in the sea as well as in fresh water environments. The structure of the surface of the transport belts can be changed to suit harvest of different types of algae, plants or other similar materials floating in the water. Algae harvesters designed on the base of the prototype can be produced in different sizes to fit the scale of the area that it operates in and the standards for public cleaning and refuse collection systems used in the municipalities.

Algal mats covering large areas with water less than 30 cm deep during the growing season cannot be harvested efficiently using the prototype. In this case an amphibious harvester driven by caterpillars and with another type of front-head for the uptake has to be developed. Harvesters driven by caterpillars may physically damage the bottoms and this is not only an environmental problem but also a problem for the owners of property and water rights.

## 1. Inledning/bakgrund

Diskussionen om hur de flytande algmattorna i de grunda havsvikarna skulle kunna tas upp tog fart på allvar under våren 1996 samtidigt med förberedelserna för algprojektansökan till EU Life fonden.

En förstudie genomfördes under sommaren 1996 i Tjarnöarkipelagen i samarbete mellan Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Tjarnö Marinbiologiska laboratorium och Tech Aim AB, Industrial design and marketing.



*Algupptagning med landvad och tankbil.*

Algmattan samlades ihop med landvad och sögs upp tillsammans med ytvattnet med konventionell slamsugningsteknik till en tankbil. Skörd av alger med denna teknik skulle innebära att en omfattande volym vatten med alger måste transporteras vilket inte ansågs genomförbart i stor skala. Emellertid gav upptagningsförsöken värdefull information om algmattornas egenskaper och hur de uppförde sig i vattnet och att någon form av avvattning var nödvändig innan de transporterades vidare. Upptagningstekniken diskuterades och kom till slut att omfatta en idé med ett mindre tubformat motordrivet upptagningshuvud som skulle kunna operera i mycket grunda vatten och ta upp algmassa. En vattendriven transport genom en flytande slang skulle föra algmassan vidare till en med läns begränsad uppsamling i ytan på djupare vatten. Den uppsamlade massan skulle tas upp och avvattnas på en plattform som också skulle bära pumpaggregat, lyftkran och motor för framdrift av plattformen.

Erfarenheterna från förstudien kom att ligga till grund för uppbyggnaden och beskrivningen av Task 1 i projektansökan och underlaget för upphandlingen av en teknikkonsult (SME, small and medium enterprise).

## 2. Mål

Delprojektets mål formulerades i ansökan: Att utveckla, konstruera och testa en prototyp till algskördemaskin som kan användas för att ta upp stora mängder flytande kortlivade makroalger från grunda vikar i kustområden.

## 3. Förutsättningar

Det var tydligt under pilotförsöken att alg tillväxten är en mycket dynamisk process. Sammansättningen och strukturen av algerna i mattorna varierar under säsongen. Algmattornas flytförmåga växlar över tiden. Ett regn kan slå ned dem från vattenytan. Vindarna kan driva algmattorna från en vik till en annan och upp på stränderna. Tidvattenvariationer även om de är förhållandevis små, ca 30 cm vid Sveriges västkust och ett par cm i Östersjön, påverkar vattenståndet i de grunda vikarna och möjligheterna att ta sig in i dem med en farkost. Tidvattnet tillsammans med lufttryck och vind kan ge vattennivåskillnader på upp till två meter vid Sveriges västkust.

Mot bakgrunden av erfarenheterna från pilotförsöket och kunskapen om förhållandena i de grunda vikarna formulerades följande förutsättningar för utvecklingen av skördetekniken.

Algskördemaskinen ska kunna

- ta upp flytande algmassa i grunda vatten med ett djupgående mindre än 30 cm, så liten omrörning av vattnet som möjligt och utan att de känsliga bottarna påtagligt skadas,
- avvattna den upptagna algmassan så att högst 20 % överskottsvatten, vatten mellan algerna, återstår och utan att algcellerna krossas,
- ta upp, avvattna och transportera till mellanlagring för vidare transport med bil eller båt en kubikmeter algmassa per timme,
- drivas och manövreras med egen motor och högst två personers besättning
- enkelt flyttas mellan olika upptagningsområden

I projektansökan förutsattes att teknikutvecklingsarbetet skulle omfatta insatser av en teknikkonsult (SME, small and medium enterprise) som själv också skulle bidra med egen finansiering.

## 4. Teknikupphandling

Project Management Unit (PMU) sände ut en anbudsfrågan 1997-03-06 och 1997-03-10 kompletterande information om erfarenheterna från pilotprojektet 1996. Anbudsfrågan gick ut till 5 svenska företag och ett norskt. Vid anbudstidens utgång hade endast Tech Aim AB levererat ett giltigt anbud. PMU gjorde en anbudsutvärdering 1997-04-11 i vilken konstaterades att anbudet motsvarade i anbudsfrågan uppställda krav. Företagets teknikidé byggde vidare på den idé som redovisas ovan i pilotprojektet.

Avtal mellan Länsstyrelsen och Tech Aim AB undertecknades 1997-04-28.

Företaget åtog sig att leverera en funktionell prototyp till

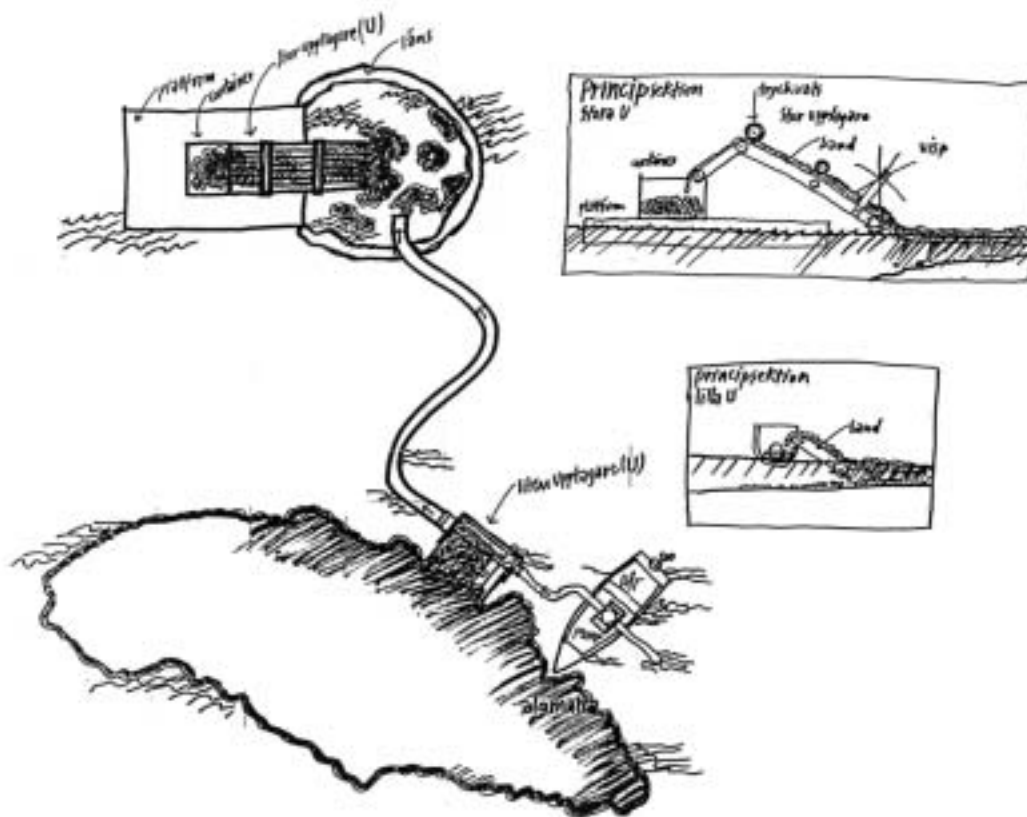
- dels ett *upptagningshuvud* senast den 30 juni 1997 för att kunna testas under algupptagningsperioden juli-augusti och senare vidareutvecklas,
- dels en *plattform* med övrig utrustning senast den 1 juni 1998 för att kunna testas under algupptagningsperioden juni-augusti och senare vidareutvecklas.

Utvecklingsarbetet delades in i två etapper

Etapp 1 upptagningshuvudet till den 30 september 1997 och

Etapp 2 plattformen och upptagningshuvudet till den 30 september 1999.

Den totala kostnaden för uppdragets arvode och utrustning budgeterades till 2 650 000 kronor inklusive moms.



Principen för upptagningstekniken med upptagningshuvud (liten upptagare) och plattform med övrig utrustning (stor upptagare, avvattning och mellanlagring i container).

## 5. Teknikutveckling

### 5.1 Inledning

Teknikutvecklingsarbetet skulle enligt projektplanen genomföras så att prototyper för de olika etapperna kunde testas under skördesäsongerna när algerna uppträder som flytande mattor i Sverige främst juni – augusti på Åland en månad senare. Avsikten var också att de fungerande prototyperna skulle kunna användas för upptagningen av alger enligt delprojekt TD 2 under de fyra skördesäsongerna 1997-2000. Utvecklingsarbetet kunde mot

denna bakgrund utvärdera testerna på höstarna, föreslå revideringar av funktion och konstruktion under vintrarna och ändra prototyperna under vårarna för nya tester under somrarna. Det förutsattes att utvecklingsarbetet skulle genomföras i nära samarbete med Tjärnö Marinbiologiska laboratorium (TMBL) som hade ansvaret för algupptagningen och kunskap om marina farkoster av olika slag inom sin verksamhet.

## 5.2 Etapp 1. Prototyp 1997

### Liten upptagare - upptagningshuvud

Framtagningen av den första prototypen till upptagningshuvud inleddes omedelbart efter kontrakt-skrivningen. Utformningen byggde på den i anbudet och avtalet beskrivna idén och kom efter flera delprov och omkonstruktioner att bestå av en ca 75 cm bred och ca 20 cm lång bandtransportör som tog upp algmassan och lämnade den i en kammare lika lång som bandbredden och vars ena kortsida var ansluten till en grov flytande transportslang, diameter 16 cm och längd 20 till 30 m. Från kammarens andra kortsida spolade en vattenstråle iväg algmassan ut i slangen och vidare till en med läns avgränsad mellanlagring på djupare vatten. Upptagningshuvudets djupgående var ca 15 cm.



*Liten upptagare.*

En fungerande prototyp kunde inte levereras enligt avtalet. Arbetet med den fortsatte till och med september. Drivningen av upptagningshuvudet med elmotor var för klen och skulle lämpligen bytas mot hydraulmotor med slangar som binds ihop med transportslangen som därigenom skulle bli svårare att hantera på vattnet.

### Avvattning med filtersäck

Tech Aim AB prövade att suga upp de av landvaden hopsamlade algerna med en kraftig vattenpump och en grov slang till en filtersäck ombord på TMBLs båt Doris, med avsikten att avvattna algmassan. Kombinationen vattenpump och filtersäck stupade på att algerna snärjde pumpen som inte fungerade och filtersäcken täpptes till av alger och algslem och avvattningseffekten uteblev; andra lösningar krävdes för att ta upp algmassan från mellanlagringen och avvattna den.

### Andra tekniker

Algupptagningen till båt eller land i de fyra vikarna runt Tjärnö måste under sommaren genomföras manuellt med hjälp av landvad, räfsor och andra hjälpmedel. Då det var ett tungt, personalkrävande och tidsödande arbete sökte TMBL pröva andra metoder att ta upp algerna med.

TMBL tillverkade en provisorisk upptagningsmaskin av ett upptagningsband för blåmussor som kombinerades med landvaden och en enkel avvattningspress. Tekniken fungerade och användes under säsongen men var tungarbetad.

### Stor upptagare

Tech Aim AB fortsatte att utveckla sitt koncept till upptagare som skulle fungera som länk mellan mellanlagringen och en plattform. En tryckvals på upptagaren skulle fungera som avvattare. Konceptet byggde på samma bandprincip som upptagarhuvudets, se ovan. Upptagaren försågs också med en roterande stålräfsa som skulle föra upp algmassan på bandet. Flera justeringar och kompletteringar genomfördes för att förbättra upptagningen och avvattningen.



*Plattform med stor upptagare och avvattning.*

Konstruktionen visade sig dock ha problem med att algerna snärjde in sig mellan banden och i drivaxlarna och att stålräfsan lindade upp algerna på sig själv i stället för att föra upp algerna på upptagarbandet. Kombinationen med upptagningshuvudet och mellanlagringsupptagaren prövades under september. Tekniken visade sig ha stora svårigheter att fungera tillfredställande och var arbetskrävande. Upptagarhuvudet var inte fjärrstyrt utan krävde manuell styrning från följbåt. Tekniken demonstrerades för PMU den 25 september. Testerna avslutades i september och resultatet rapporterades till PMU.





*Test med liten och stor upptagare i kombination.*

### 5.3 Etapp 2. Prototyp 1998

#### Utvärdering

PMU kallade till demonstrations- och utvärderingsmöte den 9 oktober på TMBL. PMU adjungerade till mötet representanter för SSPA Maritime Consulting AB (SSPA) att svara för en oberoende marinteknisk utvärdering av teknikutvecklingsarbetet. Tech Aim AB presenterade också vid mötet hur upptagningstekniken skulle utvecklas under Etapp 2. Utvärderingen utmynnade i ett underkännande av teknikidén, någon funktionell prototyp hade inte kunnat tas fram, tekniken fordrade fler än två personer för driften. Upptagningshuvudet med flytande transportslang skulle inte få den rörlighet som behövdes och mellanlagringen medförde en kapacitets- och energiförlust jämfört med att ta upp algerna direkt till avvattning.

#### Starkare delprojektstyrning

Baserat på utvärderingen och efterföljande bedömning av möjligheterna att inom ramen för kontraktet med Tech Aim AB komma vidare i teknikutvecklingen beslöt PMU i slutet av oktober att fortsätta arbetet med Tech Aim AB men med en mycket tydligare styrning av konstruktionsarbetet, arbetslogistiken och ekonomin. PMU beslöt att redovisa ett konkret förslag till handlingsplan inför mötet med Project Management Board (PMB) den 31 oktober.

Planen innebar att utvecklingsarbetet knöts direkt till PMU genom en projektgrupp ledd av Project Director, övriga deltagare Project Manager, SSPA teknisk rådgivare, tekniker och användare på TMBL och Tech Aim AB samt adjungerad vid behov Project Secretary/Controller. Det fortsatta arbetet skulle inriktas på att utveckla en prototyp som direkt utan mellanlagring kunde ta upp algmassan, avvattna den och deponera den i pråmar alternativt på land för vidare transport till deponi

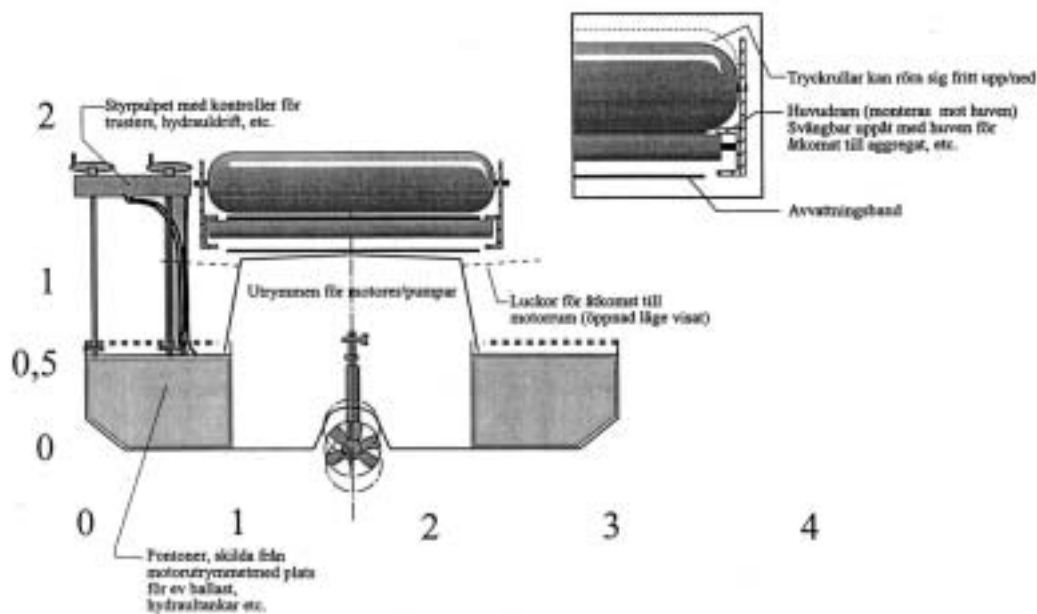
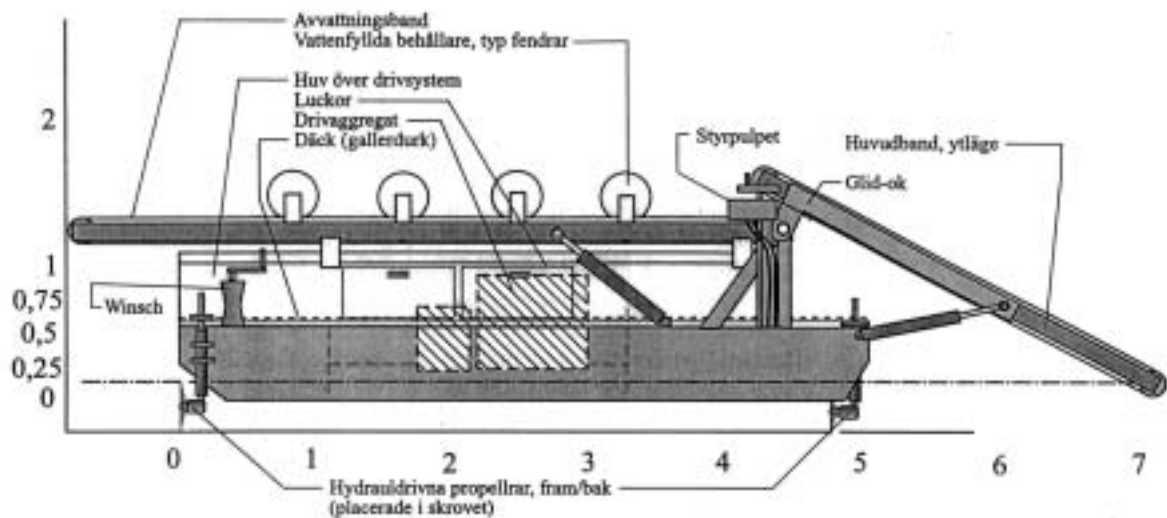
eller avnämare. Utvecklingen av det separata upptagningshuvudet skulle läggas ned tillsvidare. PMB diskuterade möjligheterna att bredda utvecklingsarbetet, tillgodogöra sig befintlig teknik och ta lärdom av marknadens utbud av maskiner för liknande arbetsuppgifter som t.ex. vasskörd. Ett teknikseminarium för att testa den nya inriktningen och preliminära skisser till ny prototyp rekommenderades. PMB godkände den föreslagna inriktningen.

#### Ny prototyp

Under november genomfördes samråd med Trans-Mond Environment Ltd. och nåddes överenskomelser med Tech Aim AB om det fortsatta arbetet. Marknaden för olika arbets-, jordbruks och sjörestaureringsmaskiner undersöktes. Förslag till budget och projektplan togs fram för tid- och aktiviteter för konstruktion, tillverkning och leverans av prototyp inför algupptagnings säsongen 1998.

#### Teknikseminarium

Vid ett teknikseminarium i januari 1998 presenterades programskisser till ny prototyp. Till teknikseminariet hade kallats företrädare för företag med inriktning på marin teknik och maskiner med funktioner som liknade prototypens, Trans-Mond Environmental Ltd. PMU, den nybildade projektgruppen och övriga berörda deltagare i EU Life algae projektet. Slutsatserna under seminariet utmynnade i en rekommendation att vidareutveckla den presenterade nya prototypen med hänsyn till de synpunkter som kommit fram under diskussionerna. Skisserna visade också på möjligheten att förse prototypen med band för att kunna bruka den i mycket grunda vatten och på land – en amfibieteknik.



Programskiss till ny prototyp.

### Andra tekniker

Projektgruppen diskuterade i samråd med Ålands Landskapsstyrelse också användningen av alternativa konventionella upptagningstekniker, som oljesaneringsutrustning, vasskördemaskin och slam-sugningsutrustning samt restaurering av sandstränder, att prövas i de Åländska vikarna under 1998. Det ingick inte i projektet att utveckla teknik för att ta upp algmassor som ligger på bottarna vilket ofta var fallet i Ålands skärgård. Det förutsattes att tekniken att ta upp flytande algmassor också skulle kunna utnyttjas på Åland. Bristen på alger under sommarsäsongen 1998 medförde att de planerade

åtgärderna med konventionell teknik inte kunde genomföras.

### Tillverkning av ny prototyp

Under januari utvecklades skisserna till ett anbudsunderlag 1998-01-23 för upphandling av tillverkningen av den nya prototypen. Uppdraget gick till AB Hasse Westers Mekaniska Verkstad, Jordfall, Uddevalla som svarade för tillverkningen av prototypen med ENP Industrisystem AB, Hjärteby, Tjörn som underleverantör av upptagnings- och avvattningsbanden. Tillverkningen startade i slutet av februari och leverans av en funktionell prototyp beräknades till mitten av maj 1998. Projektgruppen

följde tillverkningen via regelbundna möten och besök hos tillverkarna.

Den nya prototypen bestod av fyra huvudkomponenter

- ett upptagningsband
- ett avvattningsband
- en plattform som fungerade som bärare av banden, hydraulmotor för banddriften och framdriften av plattformen med två propellrar, styrutrustning och annan supplerande utrustning
- några mindre pråmar för lagring av avvattnad algmassa.

Plattformen, bredd 3,1 meter, längd 6,0 meter och höjd 0,5 meter tillverkades i aluminium. Bredden tillåter transport på allmänna vägar utan särskilda restriktioner. Dimensioneringen gav en flytkraft som skulle svara mot uppställda krav på högst 0,3 meters djupgående. Plattformen delas in i skott som dels fungerar som motorrum och bränsletank dels kan fungera som ballasttankar för justering av plattformens läge i vattnet. Den luftkylda hydraulmotorn placerades centralt i plattformen och med en skyddskåpa som kan lyftas hydrauliskt i sin helhet med det ovanför liggande avvattningsbandet. Motorrummet kan också nås via manluckor på sidan av kåpan. Plattformen drivs och styrs av två reversibla höj och sänkbara trustrar i fören och aktern. Systemen styrs från en plint på styrbords sida.

Gångytorna utmed plattformens sidor är försedda med antihalkgaller och reling. En handdriven vinsch att brukas om plattformen kör fast i botten och en enkel gångbro över avvattningsbandet kompletterade utrustningen.

Upptagningsbandet med bredden 1,5 meter utgörs av ett med hydraulik höj och sänkbart och i längsled förskjutbart transportband, ett kraftigt nät av polyetenplast, som lagrats i en rostfri stålkon

struktion och drivs av hydraulikmotorer med varierbar hastighet. Bandet kan föras ner ca en meter djupt i vattnet och ställas horisontellt vid transporter. Polyetenbandet kan erhållas med olika stora nätmaskor beroende på vilken som bäst lämpar sig för algupptagning.

Avvattningsbandet med bredden 1,5 meter är höj och sänkbart med hydraulik och består, liksom upptagningsbandet av ett kraftigt nät av polyetenplast, som lagrats i en rostfri stålkonstruktion och drivs av hydraulikmotorer med varierbar hastighet. Bandet arbetar normalt horisontellt. Över bandet ligger rullar med justerbart tryck mot bandet för att pressa vatten ur algmassan. Polyetenbandets nätmaskor är finare än upptagningsbandets för att inte algmassan ska pressas ner och fastna i maskhål. Efter avvattningen lämnar algmassan bandet och faller ner i en pråm som är angjord vid plattformens akter.

Pråmarna kommer under prototyptesterna att bestå av lämpliga standard sopcontainrar som transporteras med båt till brygga och därifrån med sopbil eller lastbil med lastanordning för sopcontainrar. Transportsystemet förutsätts kunna utnyttja befintlig teknik.

### Tester

Tillverkningen av plattformen försenades en månad på grund av sena komponentleveranser. Andra veckan i juni sjösattes och provkördes den nya prototypen och levererades därefter till en av de utvalda skördevikarna i Tjärnöskärgården. Standardcontainrar användes som mellanlagringspråmar. Testerna under algskörd startade. Den 7 juli hölls presskonferens och prototypen visades för massmedia.

Under skördesäsongen genomfördes justeringar av styrsystem och prov med kompletteringar av bl.a. upptagarbandet, avvattningsystemet och containrarna



*Prototyp 1998 i arbete under pressvisning.*

## 5.4 Etapp 3. Prototyp 1999

### Utvärdering - modifiering

Teknikutvärdering genomfördes på Tjärnö 1998-08-10 varvid ett flertal åtgärder till justeringar och ändringar av prototypen diskuterades för att åstadkomma en fungerande teknik med god säkerhet. Mot bakgrund av teknikutvärderingen fanns inte förutsättningar att inom ramen för avtalet med Tech Aim AB genomföra erforderliga ändringar. Under september omförhandlades avtalet som ändrades och kompletterades 1998-10-01. Det återstående utvecklingsarbetet skulle omfatta plattformen med utrustning

- modifiering av styrfunktionen, upptagningsutrustningen, avvattningsutrustningen, lagring och transport av avvattnade alger
- säkerhetsutrustning
- skötselmanual

och svara mot de teknik- och funktionskrav som var utgångspunkt för projektet.

### Transportseminarium

Som ett led i arbetet med att utveckla transportsystemet kallade projektgruppen till ett rådgivande transportseminarium 1998-10-27 med deltagare från kommuner, transportföretag, Tech Aim AB, SSPA och projektgruppen. Mötet rekommenderade ett transportsystem som var flexibelt och anpassbart till den standard för renhållningssystem som kommuner och företag använder sig av. Mindre enheter föredras för upplagring av alger för att underlätta manuell hantering, val av lyftmetod och transport.

För sjötransporter framhölls att

- länsar kan vara ett bra komplement till landvad för att samla in alger,
- det finns redan färdiga pråmar som används för musselskörd, djurtransport och sophantering. Problemet är att sommaren är högsäsong för användningen av dessa pråmar,
- specialkonstruerade pråmar kan vara en möjlighet för framtida storskalig algupptagning men troligen inte för EU Life projektets skördstudie.

För att ta iland alger gavs följande förutsättningar med befintlig teknik

- kaj: 2.25 m standardhöjd; inga problem att ta upp containrar med befintlig teknik, möjligt att förlänga kättingen på containerbilen,
- kranbil (Kran: 10-15 m längd, lyftkraft längst ut 3-400 kg; Flak: 5 m x 2.40 m),
- skenor, vinsch (för upptagning på platser utan kaj),
- nätkassar kan hämtas med kranbil eller lastas i container som hämtas med containerbil.

Nätkassar som transportbehållare diskuterades. Små nätkassar är ett system som erbjuder flexibilitet. Viktigt att fundera vidare på är val av material;

- "storsäck" - troligen ej tillräckligt hållbar;
- korgar i metallnät (rostfritt) eller armerad plast (separata sopsäckar som knyts ihop); galvaniserat nät kan ge problem med höga zinkhalter i algmassan,
- storlek på kassarna, finns befintlig teknik på området,
- upplagring på algupptagaren eller på pråm eller intilliggande transportbåt.

Vägtransporterna ansågs inte ställa till några problem förutsatt att algerna togs iland på ställen som har tillgång till lastplats och väg med tillräcklig bärighet. Det är också nödvändigt att få tillräcklig volym på transporten för att erhalla en låg transportkostnad. Det kan kräva tillfällig mellanlagring för att samla upp alger från några dagars skörd. Det är viktigt att beakta luktproblemen i samband med lagringen.

Avlastning och lagring inför bearbetning av algmassan kan ställa krav på bl.a. fukthalt, struktur och fiberstorlek vid biogasframställning. I komposteringsanläggningarna kan man ta emot material från diverse olika transportfordon. Inga speciella krav på att anpassa tekniken föreligger.

### Modifieringar

Projektgruppen fortsatte i möten med Tech Aim AB och med kontakter med marknaden för olika arbets-, jordbruks och sjörestaureringsmaskiner och användare att skissa på och undersöka alternativa modifieringar av prototypen. I februari 1999 nåddes samsyn om de åtgärder som ansågs ligga inom tillgänglig budgetram. Förändringarna omfattade

- gummibeläggning på en ny tryckvals diameter 0,6 meter (levererades redan i augusti 1998) för att få ett mjukt tryck över avvattningsbandet som tillåter stor variation i algmattans tjocklek
- arbetsplattformar i fören på ömse sidor om upptagningsbandet för att underlätta kontrollen av upptagningsbandet och manuellt föra in algmattan till bandet när prototypen användes för upptagning tillsammans med landvad,
- en ny truster på akterns styrborssida för att kunna kompensera vinddrivning av prototypen,
- i aktern av prototypen en rörlig säckhållarkonstruktion med ett ok som hållare för vattengenomsläppliga standardsäckar, volym ca 0,75 kubikmeter, som bl.a. används inom jordbruket, samt en lyftkran i aktern på babordssidan för att lyfta över den fyllda säcken till mellanlagring i en pråm på djupare vatten; säckhanteringen skulle ersätta transporten av algmassan i containrar som inte hade fungerat,
- fångstarmar som kunde öka upptagningsbredden och komprimera algmassan mot upptagningsbandet.



## 5.5 Etapp 4. Prototyp 2000

### Utvärdering

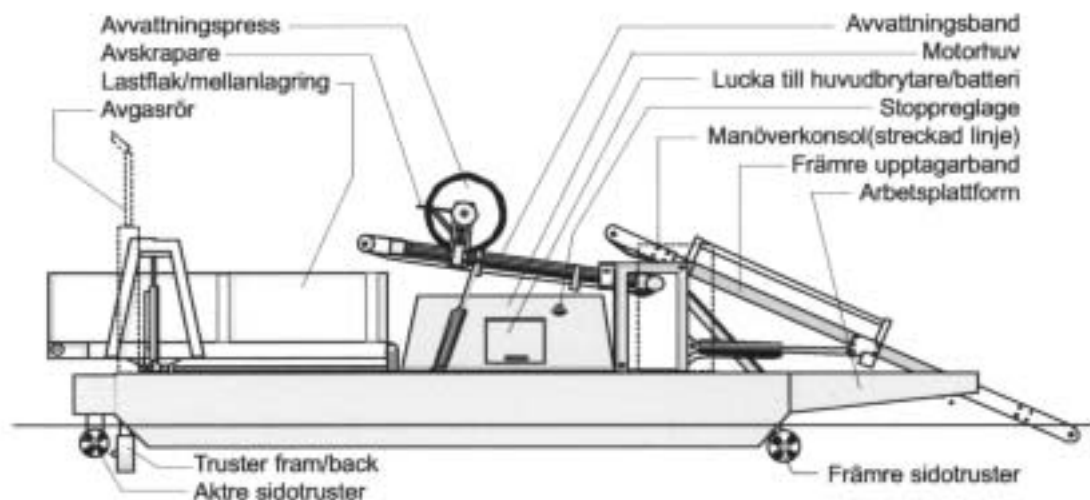
Vid ett utvärderingsmöte som hölls på TMBL 1999-10-28 noterades följande;

- plattformarna motsvarade kraven men infästningen i plattformen var inte tillräckligt styv,
- tryckvalsen med avskrapare motsvarade kraven
- den nya sidotruster i aktern fungerade enligt krav,
- säckupphängningen med okhållare och ok fungerade som prototyp men de fyllda säckarna doppade i vattnet varför ett stödgaller hade monterats under säcken för att hålla den ovan vattenytan, en höjning av avvattningsbandet som diskuterades under konstruktionsarbetet hade löst problemet med gjordes inte av kostnadsskäl,
- lyftkranen var underdimensionerad och okutrustningen hade för litet spelrum till avvattningsbandet för att säckavlastningen till pråmen skulle fungera snabbt och säkert, säckarna levererades utan stroppar undertill vilket försvårade tömningen i containrar på land,
- fångstarmarna fungerade inte på avsett sätt och monterades av.

Belastningen av aktern med den nya utrustningen medförde att plattformen gick djupare i aktern än i fören. För att motsvara kraven på djupgående höjdes den bakre trustern. Upptagningsbandet fungerade tillfredställande under gång framåt men upptagningskapaciteten skulle kunna förbättras med fungerande fångstarmar. Säckhanteringen med transporter till och från pråmen tog oproportionerligt lång tid i förhållande till algupptagningen och var därtill otillfredsställande ur arbetsmiljösynpunkt.

Att hantera en säck på ca 0,3 ton alger tog ca 40 minuter. Upptagning med ankrad prototyp i kombination med landvad för att komma åt mycket grunda strandområden fungerade sämre än vid fri upptagning under rörelse då hastigheten på prototypen motverkar den vattenström framåt som bandet alstrar. Mot bakgrund av beskrivna erfarenheter under skördesäsongen utmynnade mötet i flera konstateranden och förslag:

- För att ta upp alger även i grundare vattenområden än 0,3 meter direkt med upptagningsbandet krävs en amfibieteknik där larvfötter eller band med flänsar kan driva prototypen både i vatten och på land, sådana maskiner finns på marknaden med ett större djupgående och i olika storlekar. Projektets krav på prototypens prestanda med upptagning av flytande algmassor, djupgående och varsamhet mot bottenarna kan inte tillgodoses med dessa maskiner. Tekniken att ta upp algerna med bandtransportör så som den fungerar på prototypen och nämnda maskiner begränsas också av bandtransportörens dimensioner som för funktionen och säkerheten kräver ett vattendjup av ca 0,3 meter.
- Kranen bör lämpligen monteras på pråmen i stället för på prototypen dels för att minska belastningen på prototypen dels för att kunna användas vid ilandlastningen.
- Tidigare studier visar på möjligheten att kapa avvattningsbandet, flytta motorn framåt och få ett utrymme i aktern för ett flak med eller utan transportör för uppställning av säckar eller andra lätta behållare/kassar eller för lös avvattnad algmassa.



Prototyp 2000, vy från styrbord.



*Prototyp 2000, vy från styrbord.*



*Algupptagning under rörelse framåt.*

Det stod klart vid mötet att för att åstadkomma en fungerande prototyp krävdes ändringar i teknikkonceptet som inte inrymdes i delprojektets budget. För att PMU skulle kunna ta ställning till en budgetförstärkning krävdes ytterligare teknik- och kostnadsunderlag för alternativa förändringar med utgångspunkt från mötets resultat. PMU gav projektgruppen i uppdrag att arbeta fram ett sådant underlag och studerade samtidigt möjligheterna till omdisponering av hela projektets budget för att ge utrymme för nödvändiga prototypförändringar. Överenskommelse nåddes med Tech Aim AB om fortsatt arbete inom ramen för avtalet tills PMU bedömde att prototypen motsvarade de uppställda utformnings- och funktionskraven

### **Modifieringar**

Underlag för förändringar av prototypen redovisades av Tech Aim AB vid teknikmöte den 7 februari 2000. Underlaget utgjordes av skisser till förändringar och kostnadsberäkningar för olika åtgärder redovisade som offerter från underleverantörer. Underlaget diskuterades och krävde komplettering därtill togs några ytterligare punkter upp:

- Maskinens förmåga att ta upp alger är tillräcklig. Det arbetskrävande momentet är att bli av med dem efter avvattningen. Därför måste avlastningen förbättras. Stora fångtarmar är kanske inte en lösning, snarare någon form av hjälppaggregat som styr undan algerna från



*Algupptagning med landvad.*



*Lossning av alger till pråm.*

plattformens sidor och underlättar upptagningen genom att begränsa upptagarbandets motström.

- De två plattformarna i fören på upptagaren måste repareras/förstärkas.
- Det är ett önskemål från skördarbetarna att motorstarten flyttas till manöverplinten så man inte behöver lyfta upp huven varje gång motorn ska startas.
- Säkerhetsutrustningen som reling, nödstopp, flytväst/ring/livlina måste ses över, och anpassas till den slutligt valda lösningen. Säkerhetsstöd för kapad uppfälld motorhuv måste utformas och tillverkas

### **Tillverkning och tester**

Utifrån ett bearbetat underlag och omdisponerad budget beslöt PMU 2000-02-08 att genomföra följande förändringar av prototypen:

En förkortning av motorhuvens utbredning akterut med åtföljande förflyttning av motorn framåt samt på akterdäck ett hydraulisk reglerat avlastningsband som kan hantera både lös avvattnad algmassa och säckar/kassar/behållare. Ändringarna av prototypen lades ut på Marin & Verkstadsservice AB, Strömstad som huvudentreprenör och avlastningsbandet som hade samma grundkonstruktion som de övriga banden tillverkades av ENP Industri-system AB.

Den ändrade prototypen skulle levereras till TMBL i mitten av maj 2000 för att användas och testas under skördesäsongen men leveransen förse-

nades och efter provkörning och justeringar kunde algupptagningen starta sista dagarna i juni. Upptagningen utfördes

- dels med prototypen under gång när vattenståndet i vikarna tillät det,
- dels ankrad centralt i vikarna tillsammans med en landvad, ett 50 meter långt och 0,6 meter högt finmaskigt nät.

Finns det tillräckligt med flytande algmassa kan prototypen ta upp ca 1 – 1½ ton algmassa per timme. En breddning av upptagningsbandet eller en lämplig fångstarmkonstruktion skulle ytterligare underlätta upptagningen och höja effektiviteten. De avvattnade algerna lagrades löst på avlastningsbandet som kunde belastas med drygt ett ton algmassa innan det tömdes med banddriften akterut i två standardcontainrar, (rymmer ca 4 ton algmassa per styck), som placerats i pråmen som låg på tillräckligt djupt vatten. Avlastningsbandet kan vid avlastningen höjas med hydraulik ca en meter i aktern för att nå över pråmens fribord och

containrarnas kant. Avlastningen tar några minuter och är säker; tillkommer tiden för transporten till och från pråmen, totalt ca 10-15 minuter i de vikar som skördades. Lagringen av algerna på prototypen medför ett något större djupgående i aktern som delvis kompenseras genom att aktertrustern höjts. När containrarna fyllts bogserades pråmen till TMBLs hamn och containrarna lyftes upp på bryggan och transporterades vidare med bil till deponi.

Under skördesäsongerna har prototypen förflyttats mellan de olika vikarna med hjälp av bogsering i en fart av ca 5 knop. Vid förflyttning med egen motor kan den hålla en marschfart i lugn sjö på ca 2 knop. Prototypen kan också transporteras på lastbil med lyftkran utan särskilda restriktioner.

Under skördesäsongen utfördes trycktester med tryckcylindern på avvattningsbandet. Resultat visade att algmassan kunde avvattnas enligt funktionskraven och att ett ökat tryck därutöver inte nämnvärt påverkade algmassans vatten- och näringsinnehåll.

## 5.6 Etapp 5. Prototyp 2001



*Prototyp 2001 visas under Programme Conference.*

### Utvärdering

Ett utvärderingsmöte hölls 2000-10-03 på TMBL varvid konstaterades att prototypen fungerade enligt den kravspecifikation som uppställt för projektet och att konceptet med de vunna erfarenheterna kan ligga till grund för fortsatt utveckling till en algupptagare för flytande alger i vattenområden djupare än ca 0,3 meter. Upptagningstekniken skulle dock enkelt kunna förbättras genom att bredda intagningen till upptagningsbandet och flera idéer för utformningen av fångstarmarna togs upp, vertikala aluminium skivor, vertikala bandtransportörer,

vattenjetstrålar, flytande cylindrar med utvändiga flänsar liksom Arkimedes skruvprincip, kopplade till upptagningsbandet eller arbetsplattformarna.

### Modifiering, tillverkning och test

Idéerna utvecklades i konstruktionsskisser och efter studier av motsvarande konstruktioner på sjörestaureringsmaskiner. Inför demonstrationen av prototypen under slutsymposiet Programme Conference 9-12 maj 2001 fick Marin & Verkstadsservice AB i uppdrag av PMU att tillverka och montera på arbetsplattformarna vertikala i sidled ställbara aluminiumskivor som i 45 graders vinkel mot upptag-



ningsbandets sidor tillsammans med bandet täcker hela prototypens bredd. Därmed fördubblades den möjliga inmatningen av algmassa till bandet. Skivorna testades i samband med demonstrationen och fungerade på önskat sätt. Tech Aim AB har avslutat sitt uppdrag med att utforma en enkel manual för driften av prototypen, se bilaga.

### Demonstration

Under Programme Conference demonstrerades prototypen vid flera tillfällen för massmedia, konferensdeltagarna och företrädare för EU Life administrationen i Bryssel och Trans-Mond Environment Ltd.

### Andra tekniker

På Åland genomfördes under sommaren 2000 en test med att ta upp och skilja ut algmassa som inlag-

rats i en sandstrand; en angelägen restaureringsåtgärd som tagits upp i projektet av Ålands Landskapsstyrelse. Alginlagringen som naturligt förekommer utmed de flesta stränder medför en reduktion av strändernas fria sandyta som undermineras, blir sumpig, invaderas av landväxter och blir obrukbar för badlivet. En traktorgrävare försedd med en grävsropa som utformats som en sil grävde upp blandningen av sand och algmassa i den inlagrade zonen och separerade almassan och sanden genom att lägga ut massorna i vattnet och med silen skilja ut almassan och lägga upp den i en deponi. Försöket visade sig få önskad effekt och tekniken bör kunna utvecklas vidare inom grävtjänstbranschen.

## 6. Diskussion och förslag till fortsatt teknikutveckling

### Grundläggande förutsättningar

Algmattornas innehåll, struktur, utbredning och täckningsgrad varierar med vattenområdenas exponering (utsatthet för vind och vågor), vattenutbyte, vattendjup, bottenarnas och strändernas morfologi, struktur och näringsinnehåll, vattnets näringsförhållanden och områdenas växt- och djurliv. Dessa förhållanden beskrivs i andra delar av projektet med ett försök till helhetsbild i den modelleringsstudie som genomförts i delprojekt TD 10, Vikmodellen.

För upptagningen av almassan i grunda vattenområden spelar väderleksförhållande en avgörande roll vilket beskrivits i förutsättningarna till delprojektet. Vattennivån som i sin tur beror på vind, vågor, tidvatten och lufttryckförhållande bestämmer om upptagningen av alger med den prövade tekniken kan genomföras. Vid normalvattenstånd uppträder algerna i så väl grundare som djupare vattenområden än 30 centimeter. Stora arealer ligger innanför 30 centimetersnivån och kan endast nås av prototypen vid högvatten.

Prototypen förutsätter ett vattendjup på minst 30 centimeter vilket beror på att upptagningsbandets övre sida måste föras längre ner, ca 10 centimeter, i vattnet än den flytande almassan som kan vara ca 5 centimeter i sin täta del. Därtill kommer bandets konstruktionstjocklek ca 10 centimeter och en säkerhetszon på ca 10 cm för att förhindra att bandet dels skadas av stenig och oregelbunden bottenstruktur och vid varierande sjöhävning, dels rör upp eller muddrar i botten. En stötuppfångare framför bandet hade monterats på den första prototypversionen 1998, men den fick monteras av då den samlade på sig så mycket algmassa att det hindrade upptagningen i övrigt. Algupptagningen i vattenområden med 30 centimeters vattendjup kräver således relativt lugna sjöförhållanden, uppmärksamhet och

varsamhet i hanteringen av prototypen om inte försiktighetskraven på omrörning av vatten och botten ska åsidosättas.

### Framtida utvecklingsmöjligheter

Teknikdiskussionerna och erfarenheter från marina konstruktioner ger vid handen att den plattform som bär prototypens utrustning i dess slutliga utförande 2001 och önskad mängd lagrad algmassa kan dimensioneras så att djupgåendet inte blir större än ca 15 centimeter. Den kan drivas med trustrar alternativt med band och uppnå kraven på ett djupgående på högst 30 centimeter.

Vid drivning och manövrering med trustrar bör de placeras på plattformens yttersidor nära de fyra hörnen för hög stabilitet i manövreringen och för att frigöra för och akter för utrustningen och aktern för möjligheten att hänga på en mellanlagringspråm eller följbåt.

Framdrivning med band, amfibiedrift, har diskuterats utifrån tre anspråk.

- Det ena, för att kunna ta upp alger på grundare vattenområden än 30 centimeter genom att plattformen med breda band skonsamt kan ta sig fram över bottenarna. Som ovan visats kan prototyp-tekniken på grund av upptagningsbandets konstruktion och funktion inte ta upp flytande algmassa i vattenområden som är grundare än 30 centimeter varför anspråket är en missuppfattning av vad som begränsar upptagningstekniken. För temporärt torrlagda vattenområden och vattenområden grundare än ca 30 centimeter krävs en annan typ av upptagningsband som mer är att jämföra med jordbruksmaskinteknik och som förutsätter att vattnet rörs om och bottenarnas yta bearbetas.

- Det andra, för att banddrift jämfört med trustrar skulle vara skonsammare mot miljön, mindre vattenomrörning och bottenmuddring. Projektet har diskuterat bandtekniken och bandbredden för att få ett så lågt marktryck som möjligt och inledningsvis föreslagit studier med en enkel bandmodell. Av kostnadsskäl genomfördes inte dessa. Inte heller har det gjorts några jämförande tester av miljöeffekterna för banddrift och trustrar. Det rekommenderas därför att sådana tester genomförs innan ett fortsatt utvecklingsarbete sätts igång.
- Det tredje, för att genom amfibietekniken med egen maskin kunna ta sig ner i och upp ur vattnet framför allt vid avlastning av algmassa direkt till container eller vid transport mellan vattenområden. På marknaden finns flera sjörestaureringsmaskiner som använder sig av banddrift, där banden utformats med paddelblad som driver fram farkosten i vatten och där paddelbladen klarar av att bära farkosten över land. Under förutsättning att banddriften är acceptabel ur miljösynpunkt medför banddriften en önskad förbättring och förenkling av användbarheten för algupptagaren också i de fall upptagaren utformas så att den kan förses med utbytbar upptagningsutrustning för olika vattendjup eller med en teknik som kan användas i vatten såväl som i temporärt torrlagda vatten. Denna ökade flexibilitet förenklar också planeringen och genomförandet av algupptagning i större skala då hänsynen till vattennivåförhållandena inte längre behöver tas i samma utsträckning som med projektets prototyp.

Upptagningsbandets effektivitet beror på hur algmassan kan tas upp på bandet. Prototypen 2001 kan ta upp 1–1½ ton avvattnade alger per timme. Upptagningsbredden bör vara minst lika med plattformens bredd i vattnet för att undvika att plattformens kanter vid manövreringen river isär algmattan. Antingen görs bandet lika brett som plattformen eller förses bandets framkant med en ”fångstanordning” av den typ som prototyp 2001 har eller i kombination med en vattensug eller annan anordning som motverkar den framåtriktade ström som bandet alstrar. Vid ankrad plattform och upptagning med landvad är en sådan kombination nödvändig för att förenkla upptagningsarbetet som annars måste utföras med hjälp av räfsor för att hjälpa till att föra upp algmassan på bandet.

Avvattningsbandet med tryckcylindern fungerar tillfredställande med varierande innehåll, tjocklek och struktur på algmassan. Trycktesterna visar att algmassan avvattnas i den utsträckning som kan tillåtas utan att algmassans celler krossas och töms på sitt innehåll. Möjligen skulle upptagningsbandets ytstruktur, bl.a. storleken på hålen i bandet, anpassas så att bandet också kunde fungera som avvattningsband med tryckcylindern i bandets övre ända, vilket skulle ge en betydande förenkling av tekniken och driften.

Avlastningsbandet fungerar tillfredställande. På prototypen är bandet längre än det behöver vara för att lagra den mängd alger som plattformen kan belastas med för att inte få större djupgående än önskat i aktern. Vid en utveckling av prototypen kan de olika utrustningsdelarna dimensioneras optimalt med hänsyn till upptagnings kapacitet och djupgående samt marktryck vid banddrift.

Mellanlagringen och ilandtagningen kan utformas på olika sätt beroende på vilken framdrift av algupptagaren som väljs och om algmassan transporteras löst eller i behållare. Pråmar, containrar och bandtransportörer kan användas för att föra algmassan vidare till landtransport med den systemstandard som kommuner och transportföretag använder. Det är också möjligt att utforma en mellanlagringspråm med egen motor, amfibieteknik och lyftanordning för att förenkla ilandtagningen och vidaretransport av algmassan.

Prototypen 2001 kan hanteras av en person vid algupptagning under framdrift. Av arbetsmiljöskäl förutsätts att en algupptagare förses med säkerhetsutrustning och klimatskydd för föraren, styr- och kommunikationsutrustning.

Prototypen 2001 kan nå en marschhastighet på ca 2 knop när den drivs fram av egen motor och upplyft upptagningsband. Den har bogserats i 5 knop med TMBLs fartyg Doris till och från TMBLs hamn och mellan de utvalda skördevikarna. En kraftfullare motor och drivsystem borde kunna ge en upptagare en fart på 5 knop vilket skulle underlätta och effektivisera transporterna mellan de olika skördeområdena i skärgården då upptagaren inte behöver bogseras.

Den optimala storleken på en algupptagare kan komma att variera beroende på upptagningsområdenas karaktär och storlek och den transportteknik som kommuner eller andra förvaltare av kusten tillämpar. Bredden på prototyp 2001 utformades med utgångspunkt att den utan restriktioner skulle kunna transporteras på allmän väg.

## 7. Slutsatser

Med utgångspunkt från de erfarenheter som erhållits vid projektets prototyputveckling finns det goda förutsättningar att konstruera en fungerande algupptagningsteknik som

- tar upp flytande algmassa utan att påtagligt skada bottenarna med den begränsning som ett djupgående på högst ca 30 centimeter ger. Områden grundare än 30 cm kan inte skördas. För att kunna lasta av alger direkt på land och enkelt transportera maskinen på land kan upptagaren utföras som en amfibiekonstruktion.
- tar upp algmassa på och i vattnet och på botten under varierande vattenståndsförhållande och även i områden som är grundare än 30 cm

- vilket förutsätter dels en amfibiekonstruktion med ett marktryck som inte påtagligt skadar bottenarna dels och framför allt en annan utformning av upptagningsbandet än det som testats under projektets prototyputveckling.

Det är slutligen viktigt att anlägga ett helhetsperspektiv på hela kedjan av åtgärder från upptagning till slutanvändning och att förena tekniken med kunskap om de grunda vattenområdets förhållanden och långsiktigt hållbar förvaltning och utnyttjande av naturresurserna.

# Projektrapporter och andra publikationer

## EU Life algae rapportserie

### 1997

Pettersson, K. 1997. *Report from the work-shop on "Algal mats on shallow soft bottoms"*.

### 1998

Ascue, J. och Norberg, Å. 1998. Jordbrukstekniska institutet. *Kontinuerlig rötning av grönalger och källsorterat hushållsavfall, slutrapport 98-04-17*.

Berglund, J. 1998. *Kartering av makrofyter och drivande alger på grunda mjukbottenar i Ålands skärgård*.

Jöborn, A., Oscarsson, H. och Pihl, L. 1998. *A new approach to combat blooms of ephemeral opportunistic macro algae in Scandinavian coastal waters, ICES*.

Rönnberg, C. och Genberg, J. 1998. *Biologiska effekter av algskörd. Kontrollprogram på Åland 1997*.

### 1999

Eilola, K. och Stigebrandt, A. 1999. *Modelling filamentous algae mats in shallow bays*.

### 2000

Berglund, J. och Heikkilä, J. 2000. *Rapport över det biologiska kontrollprogrammet på Åland 1999, samt en jämförelse över 1997-1999*.

Jönsson, B. 2000. *Teknisk rapport för algskördare och skörd under perioden 1997-2000*.

Lindahl, S. *Vägbankars inverkan på vatten-cirkulationen i grunda havsvikar*.

Melin, Y. 2000. *Alternativ användning av marina fintrådiga alger*.

Olrog, L. 2000. *Fintrådiga alger som gödselmedel. Sammanställning av försök genomförda av Hushållnings-Sällskapet i Göteborg och Bohuslän 1997-99*.

Svensson, A. och Pihl, L. 2000. *Biologiskt kontrollprogram 1997-1999*.

Österling, M. och Pihl, L. 2000. *Effects of green algal mats on infaunal functional feeding*.

### 2001

Boman, U. *Försök med användning av alger och blästång som gödselmedel i jordbruket. 1998-2000*.

Däverhög, M. och Lindström, Å. 2001. *Remote sensing of filamentous algae in shallow waters along the Swedish West Coast*. Uppsala Universitet.

Harlén, A. och Zackrisson, A-C. 2001. *Ekonomisk analys för algskörd och användning av fintrådiga alger*.

Heikkilä, J. 2001. *Rapport över det biologiska kontrollprogrammet på Åland 2000*.

Heikkilä, J. och Mattila, J. 2001. *Slutrapport över det biologiska kontrollprogrammet på Åland 2000*.

Jöborn, A., Sköld, M., Sterner, H. och Trefil Engström, M. 2001. *Final report*.

Jöborn, A., Oscarsson, H., Sköld, M. och Sterner, H. 2001. *Algae in excess - harvesting for Life*.

Melin, Y. 2001. *Can marine filamentous algae be used as fertilizer? An analysis of heavy metal and nutrient content*. Göteborgs Universitet.

Pihl, L. 2001. *Effekter av fintrådiga alger på rekrytering av rödspotta - en numerisk modell*.

Sterner, H. 2001. *Teknikbeskrivning*.

Sterner, H. 2001. *Rekommendationer för planering och förvaltning*.

Svensson, A. och Pihl, L. 2001. *Biologisk undersökning av grunda havsvikar - effekter av fintrådiga alger och skörd*.

Thulin Plate, L. med flera. 2001. *Rättsliga förutsättningar för att skörda alger och öka vattenflödet genom vägbankar*.

## Andra publikationer

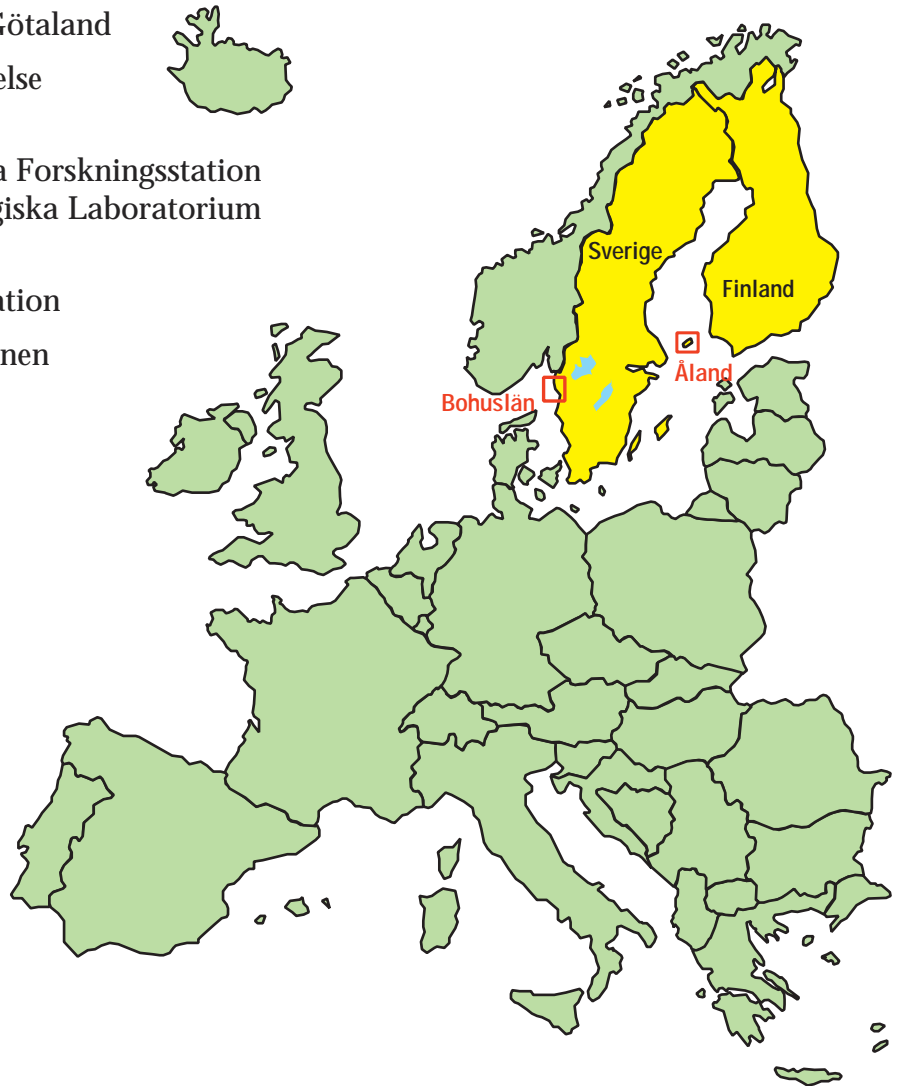
Pihl, L., Svensson A., Moksnes P-O. och Wennhage, H. 1997. *Utbredning av fintrådiga grönalger i grunda mjukbottensområden i Göteborgs och Bohus län under 1994-1996*. Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, 1997:22.

Pihl, L., Svensson A., Moksnes P-O., och Wennhage, H. 1999. *Distribution of algal mats throughout shallow soft bottoms of the Swedish Skagerrak archipelago in relation to nutrient sources and wave exposure*. Journal of Sea Research 41 (1999 281-294).



## Projektdeltagare

Länsstyrelsen Västra Götaland  
Ålands Landskapsstyrelse  
Göteborgs Universitet  
Kristineberg Marina Forskningsstation  
Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium  
Åbo Akademi  
Husö Biologiska Station  
Västra Götalandsregionen  
Strömstads Kommun  
Fiskeriverket  
Vägverket



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALAND

Rapport 2001:45