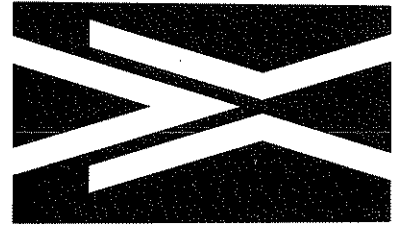


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**



**BANVERKET**

## **Vegetationsbekämpning på Banvallar**

**- En förstudie om förebyggande åtgärder samt  
icke-kemiska metoder**

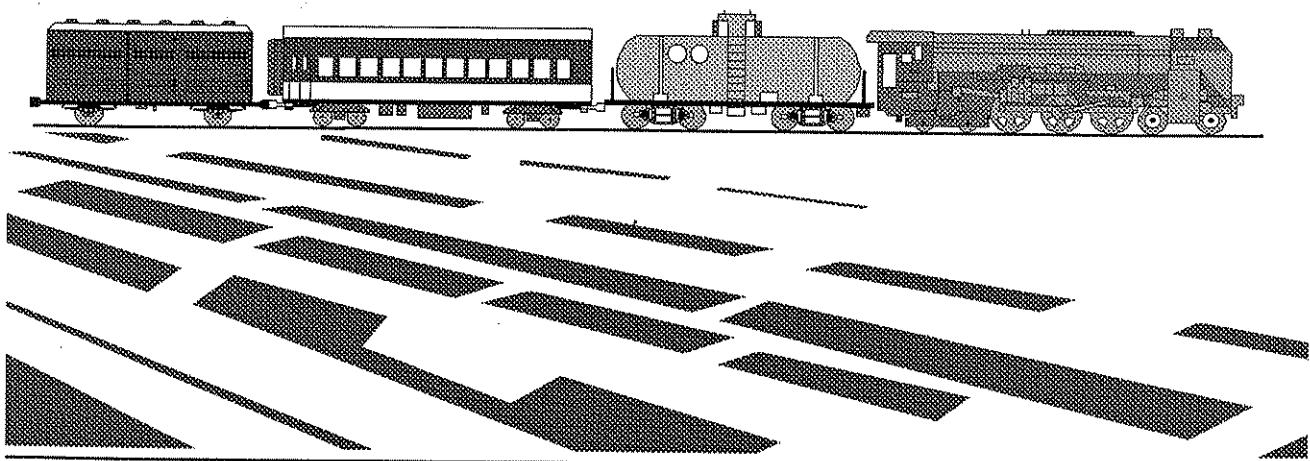
**Vegetation Control on Railway Embankment**

**- A review of preventive measures and non chemical methods**

**David Hansson**

**Berit Mattsson**

**Håkan Schroeder**



**Institutionen för lantbruksteknik  
Avd för park- och trädgårdsteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Agricultural Engineering**

**Rapport 191  
Report**

**Alnarp 1995  
ISSN 00283-0086  
ISRN SLU-LT-R-191-SE**

1. SAMMANFATTNING .....	1
2. SUMMARY .....	5
3. INLEDNING .....	6

## **FÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER**

4. BALLASTRENING/BALLASTBYTE .....	9
4.1. Allmänt .....	9
4.2. Påverkan på ogräs .....	9
4.3. Påverkan på banvallen .....	9
4.4. Åtgärdens varaktighet .....	9
4.5. Ekonomi .....	9
4.6. Miljö .....	9
5. OGRÄSSPÄRR .....	10
5.1. Allmänt .....	10
5.2. Materialtyper .....	10
5.3. Påverkan på ogräs .....	11
5.4. Påverkan på banvallen .....	11
5.5. Varaktighet .....	11
5.6. Ekonomi .....	11
5.7. Miljö .....	11
6. ETABLERING AV KONKURRERANDE VEGETATION .....	12

## **MEKANISK BEKÄMPNING**

7. BORSTNING .....	13
7.1. Teknik .....	13
7.2. Ekonomi .....	14
7.3. Miljö .....	14
7.4. Arbetsmiljö .....	15
8. VAKUUMSUG .....	17
8.1. Teknik .....	17
8.2. Ekonomi .....	18
8.3. Miljö .....	18
8.4. Arbetsmiljö .....	18
9. MANUELL BEKÄMPNING - HACKNING .....	19

## TERMISK BEKÄMPNING

10. FLAMNING	20
10.1. Teknik	20
10.2. Ekonomi	22
10.3. Miljö	23
10.4. Arbetsmiljö	24
11. HETVATTEN	25
11.1. Teknik	25
11.2. Ekonomi	26
11.3. Miljö	26
11.4. Arbetsmiljö	27
12. VATTENÅNGA	28
12.1. Teknik	28
12.2. Ekonomi	28
12.3. Miljö	28
12.4. Arbetsmiljö	29
13. HETLUFT	30
14. ELEKTROTERMISK OGRÄSBEKÄMPNING - DIREKTKONTAKT- OCH MIKROVÅGSMETODEN	31
14.1. Teknik	31
14.2. Ekonomi	32
14.3. Miljö	32
14.4. Arbetsmiljö	33
15. FRYSNING	34
15.1. Teknik	34
15.2. Ekonomi	35
15.3. Miljö	35
15.4. Arbetsmiljö	35
16. UV-LJUS	37
16.1. Teknik	37
16.2. Ekonomi	37
16.3. Miljö	38
16.4. Arbetsmiljö	38

## DISKUSSION & FÖRSLAG TILL FoU-VERKSAMHET

17. DISKUSSION	41
17.1. Ogräsförekomst på banvallar	41
17.2. Behov av vegetationsbekämpning	41
17.3. Förebyggande åtgärder mot ogräs	41
17.4. Metoder för bekämpning av växande ogräs	43

17.5. Sammanfattning av viktiga kunskapsluckor .....	46
18. FÖRSLAG TILL FORSKNINGS-, UTVECKLINGS- OCH INFORMATIONSVVERKSAMHET .....	47
18.1. Forskning och utveckling .....	47
18.2. Utbildning och information .....	48

## **REFERENSER**

19. LITTERATURLISTA .....	49
20. PERSONLIGA MEDDELANDEN .....	51

## **BILAGOR**

21. BILAGOR .....	52
21.1. Bilaga 1. Internationella kontakter .....	52

## BANVERKETS FÖRORD

Vegetationsbekämpning vid järnvägsspår måste utföras för att upprätthålla spårkvalitet, säkerhet och god arbetsmiljö. Om en försämring av ballastkvaliteten erhålles, försämras spårkvaliteten och säkerheten minskas. Ett järnvägsspår måste vara så konstruerat att ballasten är elastisk och släpper igenom vatten som skall dräneras bort.

Det finns en rad områden (vattentäkter, passager över vattendrag m.m.) där kemisk vegetationsbekämpning av olika anledning ej får ske, och där ingen bekämpning för närvarande sker, s.k. restriktionsytor.

Behovet att få fram alternativa bekämpningsmetoder till kemisk bekämpning har ökat. För att kunna genomföra vegetationsbekämpning på dessa restriktionsytor behövdes en inventering av idag kända icke-kemiska metoder inkl. utrustning inom området.

Denna rapport redovisar resultatet från det uppdrag som Avdelningen för park- och trädgårdsteknik vid Institutionen för Lantbruksteknik vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Alnarp fick våren 1994.

Uppdraget var att inventera behovet av en eventuell satsning för att lösa problemet med vegetationsbekämpning inom restriktionsytor.

Denna rapport betraktas som en förstudie och belyser problem och förutsättningar, alternativa icke-kemiska metoder och utrustningar på marknaden samt villkor för vegetationsbekämpning av restriktionsytor.

Denna rapport bör ligga till grund för bedömning av fortsatt utvecklingsarbete med någon eller några bekämpningsmetoder som ev. skall provas under 1995.

Jag vill rikta ett stort tack till hortonomerna Berit Mattsson, David Hansson och Håkan Schroeder som genomfört undersökningen, bearbetat resultatet samt skrivit rapporten.

Arbetet har finansierats av Banverket och Norges Statsbaner (NSB).

Borlänge december 1994

*Lars-Erik Axelsson*

## FÖRFATTARNAS FÖRORD

Föreliggande rapport är utförd på uppdrag av Banverket. Flera ogräsinriktade projekt med tillämpning inom park- och trädgårdssektorerna har genomförts vid Inst. för lantbruksteknik under den senaste tioårsperioden. Detta projekt har gett oss möjlighet att tillämpa våra kunskaper inom ett nytt område, vilket har varit en spännande utmaning. Vi har lärt oss nya saker om järnvägar, banteknik etc. tack vare en rad olika personer vid Banverket som tålmodigt besvarat våra frågor. Vi vill rikta ett varmt tack till dem och till andra personer på universitet och företag som varit till stor hjälp i vårt arbete.

Vi vill rikta ett extra stort tack till Lars-Erik Axelsson och Anne-Cathrine Berggren, våra uppdragsgivare på Banverkets tekniska avdelning vid huvudkontoret, samt till Jan Skoog på planeringsavdelningen för ett aktivt deltagande i projektarbetet som möjliggjort ett kreativt samarbete. Gernot Klinger på NSB har förutom information om förutsättningarna för att använda icke-kemiska metoder för vegetationsbekämpning på norska järnvägar även bidragit med värdefulla internationella kontakter.

Alnarp december 1994

*David Hansson, Berit Mattsson & Håkan Schroeder*

## 1 SAMMANFATTNING

Banverket förvaltar en total banlängd på ca 10 000 km, varav ca 750 km är restriktionsytor som inte ogräsbekämpas med herbicider. Oftast är de enskilda restriktionsytorna relativt korta (mindre än 100 m). I dagsläget sker ingen bekämpning av ogräs på restriktionsytorna. Ogräsbekämpning på banvallar motiveras generellt av att banans egenskaper försämras när det gäller t.ex. bärighet, slirningsrisk för lok, brandrisk etc. Kunskapen om problemens omfattning och de mekanismer som styr ogräsens påverkan på banvallen är emellertid mycket begränsad.

Vid en övergång till icke-kemisk ogräsbekämpning är, väletablerade rotoqräs som försörjs av ett omfattande system av rötter, eller jordstammar i banvallen och angränsande ytor, svårbekämpade. I grusballast härstammar emellertid en stor del av ogräsen från frön som har grott i ballastens ytskikt. Dessa ogräs är lättbekämpade om man utför behandlingen medan plantorna ännu är små. Förebyggande åtgärder används dels för att hindra rotoqräsens rötter och jordstammar från att växa in i banvallen, dels för att försvåra för ogräsfrön att gro och etablera sig i ballastens ytskikt. Exempel på förebyggande åtgärder är ballastrening/ballastbyte, användning av ogrässpärrar och etablering av ogräskonkurrerande vegetation på anslutande ytor. Ballastrening är normalt en alltför dyr åtgärd för att den ska kunna motiveras enbart ur ogrässynpunkt. Användning av ogrässpärrar bör kunna bli en framgångsrik metod vid nyanläggning och i samband med ballastrening. För att öka säkerheten i metoden krävs att material och anläggningsteknik utvecklas.

Metoder för bekämpning av växande ogräs kan delas in i mekanisk bekämpning och termisk bekämpning. Termisk bekämpning är beröringsfri d.v.s. insatsen kan ske utan direktkontakt mellan maskin och växt/banvall. Mekanisk bekämpning genom t.ex. borstning innebär att även ballastmaterialet bearbetas. Signaler, stolpar, kablar, växlar etc. i järnvägsmiljön utgör hinder och begränsningar som nya bekämpningsmetoder måste anpassas efter. I tabell 1 sammanfattas information om de icke-kemiska bekämpningsmetoderna.

Vid en övergång till nya metoder är det väsentligt att känna till dessa metoders påverkan på såväl den yttre miljön som arbetsmiljön för den utförande personalen. Arbetsmiljön bestäms till stor del av redskapsbärarens egenskaper och i mindre omfattning av ogräsbekämpningsmetoden. Eftersom diesel är ett vanligt drivmedel står emissioner från förbränningsmotorn för en stor del av miljöpåverkan. Förbättrad reningsteknik och på sikt avveckling av fossila bränslen är en nödvändig utveckling för att reducera miljöbelastningen.

Denna studie visar att det för vissa metoder saknas tillräckligt underlag för att bedöma den praktiska användbarheten, som t.ex. när det gäller användning av UV-ljus. I andra fall är den grundläggande teoretiska kunskapen om metoderna relativt god, medan de tillämpade erfarenheterna är otillräckliga som underlag för en storskalig satsning. I rapporten redovisas förslag till fortsatt FoU-verksamhet både på kort och lång sikt för att uppnå ett effektivare resursutnyttjande i ett utvecklingskede. Inför introduktionen av nya tekniker måste ett informationsmaterial tas fram med målgrupper både bland beställare och utförare. Under studiens genomförande har flera internationella kontakter knutits och det är naturligt att detta internationella utbyte utvecklas ytterligare i ett fortsatt arbete inom vegetationskontroll på banvallar.

Tabell 1. I tabellen sammanfattas informationen om de olika metoder som behandlas i rapporten. När det gäller uppgifter om energiförbrukning och kostnader kan dessa endast användas för att beskriva storleksordningar. I en jämförelse mellan metoder måste man vara medveten om att uppgifterna inte grundar sig på undersökningar gjorda under jämförbara förhållanden. \* Teoretiskt uträknade uppgifter. \*\* Uppgifter från praktiska försök. Hur praktiskt tillämpbar metoden är på banvallar anges i en skala på 1 - 3 där 1) = metoden ligger på teoriplanet, 2) = försöksutrustning, 3) = utrustning som används

	<b>Borstning</b>	<b>Vakuumsug</b>	<b>Flamning</b>	<b>Hetluft</b>
<b>TEKNIK</b>	2)	3)	3)	2)
Drivmedel	Diesel	Diesel	Gasol	Diesel
Körhastighet	2-4 km/h	Ca 0.03 km/h	2.5 - 3 km/h	Uppgift saknas
Effekt a) ogräs b) ballast c) antal behandlingar/år	a) Skadar ovanjordiska delar, viss effekt på rötter b) Ingen c) Troligen 3-4 ggr/år	a) Tar bort ovanjordiska delar, rötter ned till slipers underkant b) Tas bort c) Uppgift saknas	a) Skadar ovanjordiska växtdelar b) Ingen påverkan c) ca 5 ggr	a) Skadar ovanjordiska växtdelar b) Ingen påverkan c) Uppgift saknas
Påverkan på a) el b) signal c) bana	a) Ingen b) Ingen ? c) Viss risk för skada på skada på ytliga kablar	a) Ingen b) Ingen ? c) Ingen	a) Ingen b) Finns värme-känsliga material c) Ingen	a) Ingen b) Finns värme-känsliga material c) Ingen
<b>EKONOMI</b>				
Anskaffningskostnad	Uppgift saknas	Ca 3.5 miljoner	Ca 20 miljoner för storskalig lösning	Uppgift saknas
Energikost/bek	* 1.5 öre/m <sup>2</sup>	** 74 öre/m <sup>2</sup> , exkl. återfylln. av makad.	** 1.6 öre/m <sup>2</sup>	Uppgift saknas
Beräknad kostnad/m <sup>2</sup> banvall	2-5 kr/m <sup>2</sup> år	Kostnad för en beh. inkl. återfyllnad av ballast 50-110 kr/m <sup>2</sup>	15-25 kr/m <sup>2</sup> år (bemanning 5-6 pers.)	Uppgift saknas
<b>MILJÖ</b>				
Energiförbrukning/bek.	* 180 kJ/m <sup>2</sup>	** 8800 kJ/m <sup>2</sup>	** 280 kJ/m <sup>2</sup>	Uppgift saknas
Utsläpp till: a) mark b) vatten c) luft	a) Inget b) Inget c) Diesellavgaser	a) Inget b) Inget c) Diesellavgaser	a) Inget b) Inget c) Ca 20 g CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	a) Inget b) Inget c) Diesellavgaser
Buller	Ej besvärande	Ej besvärande	Ej besvärande	Risk föreligger
Skada pga a) brand b) explosion	a) Ingen b) Ingen	a) Ingen b) Ingen	a) Risk föreligger b) Risk föreligger	a) Risk föreligger b) Ingen
<b>ARBETSMILJÖ</b>				
Buller	Ej besvärande	Ej besvärande	Ej besvärande	Risk föreligger
Damm	Risk föreligger	Vid tömning av behållare	Inget	Inget
Avgaser	Diesellavgaser	Diesellavgaser	Gaser & partiklar	Diesellavgaser
Olycksrisk pga a) brand b) explosion c) strålning	a) Ingen b) Ingen c) Ingen	a) Ingen b) Ingen c) Ingen	a) Föreligger b) Föreligger c) Risk för brännskador	a) Föreligger b) Ingen c) Risk för brännskador

	Hetvatten	Vattenånga	Elektrotermisk - Mikrovågor	UV-ljus
<b>TEKNIK</b>	2)	3)	1)	1)
Drivmedel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Körhastighet	3 km/h	1.6-4.8 km/h	Troligen mycket långsam	Uppgift saknas
Effekt a) ogräs b) ballast c) antal behandlingar/år	a) Skadar ovanjordiska växtdelar b) Ingen påverkan c) ca 5	a) Skadar ovanjordiska växtdelar b) Ingen påverkan c) Uppgift saknas	a) Skadar ovanjordiska växtdelar b) Ingen påverkan c) Ev. påverkan på rötter	a) Uppgift saknas b) Ingen påverkan c) Uppgift saknas
Påverkan på a) el b) signal c) bana	a) Ingen b) Ev. värmekänsligt material c) Ingen	a) Ingen b) Ev. värmekänsligt material c) Ingen	a) Ingen b) Påverkan okänd c) Ingen	a) Risk föreligger b) Ev. värmekänsligt material c) Ingen
<b>EKONOMI</b>				
Anskaffningskostnad	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Energikost/beh	** 0.1-0.4 öre/m <sup>2</sup>	** 18 öre/m <sup>2</sup>	Uppgift saknas	* 0.7-2.1 öre/m <sup>2</sup>
Beräknad kostnad/m <sup>2</sup> banvall	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas
<b>MILJÖ</b>				
Energiförbrukning/bek.	* 20-70 kJ/m <sup>2</sup>	** 2030 kJ/m <sup>2</sup>	2000-4000 kJ/m <sup>2</sup>	* 80-250 kJ/m <sup>2</sup>
Utsläpp till: a) mark b) vatten c) luft	a) Inget b) Inget c) Dieselavgaser	a) Inget b) Inget c) Dieselavgaser	a) Inget b) Inget c) Dieselavgaser	a) Inget b) Inget c) Ozon ?
Buller	Ej besvärande	Ej besvärande	Ej besvärande	Uppgift saknas
Skada pga a) brand b) explosion	a) Ingen b) Ingen	a) Ingen b) Ingen	a) Risk föreligger b) Ingen	a) Risk föreligger b) Ingen
<b>ARBETSMILJÖ</b>				
Buller	Ej besvärande	Ej besvärande	Ej besvärande	Uppgift saknas
Damm	Inget	Inget	Inget	Uppgift saknas
Avgaser	Dieselavgaser	Dieselavgaser	Dieselavgaser	Ev. Dieselavgaser
Olycksrisk pga a) brand b) explosion c) strålning	a) Ingen b) Ingen c) Risk för brännskador	a) Ingen b) Ingen c) Risk för brännskador	a) Risk föreligger b) Ingen c) Risk föreligger	a) Risk föreligger b) Okänd c) Risk föreligger

	Elektrisk ogräsbek. - Direktkontakt	Flytande kväve	Kolsyresnö	Manuell bekämpning - Hackning
<b>TEKNIK</b>	2)	1)	1)	3)
Drivmedel	Diesel	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	
Körhastighet	5 km/h	Uppgift saknas	Uppgift saknas	10 - 25 m/h
Effekt a) ogräs b) ballast c) antal behandlingar/år	a) Skadar ovanjordiska växtdelar b) Ingen påverkan c) Troligen som vid flamning	a) Skadar ovanjordiska växtdelar b) Ingen påverkan c) Troligen som vid flamning	a) Skadar ovanjordiska växtdelar b) Ingen påverkan c) Troligen som vid flamning	a) Skadar ovanjordiska växtdelar och en del av rotsystemet b) Ingen påverkan c) Ingen uppgift
Påverkan på a) el b) signal c) bana	a) Ingen b) Troligen ingen c) Ingen	a) Ingen b) Ingen c) Ingen	a) Ingen b) Ingen c) Ingen	a) Ingen b) Ingen c) Ingen
<b>EKONOMI</b>				
Anskaffningskostnad	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas	
Energikostnad	Uppgift saknas	Uppgift saknas	Uppgift saknas	
Beräknad kostnad/m <sup>2</sup> banvall	Uppgift saknas	1.2-2.5 kr/m <sup>2</sup> bek. (för enbart frysmidierna)	3.8-5.1 kr/m <sup>2</sup> bek. (för enbart frysmidierna)	ca 20 kr/m <sup>2</sup> per bekämpning (vid 25 m/h)
<b>MILJÖ</b>				
Energiförbrukning/bek.	20 kJ/m <sup>2</sup>	** 510 kJ/m <sup>2</sup>	** 940 kJ/m <sup>2</sup>	
Utsläpp till: a) mark b) vatten c) luft	a) Inget b) Inget c) Dieselavgaser	a) Inget b) Inget c) Inget	a) Inget b) Inget c) Inget	a) Inget b) Inget c) Inget
Buller	Ej besvärande	Ej besvärande	Ej besvärande	Inget
Skada pga a) brand b) explosion	a) Risk föreligger b) Ingen	a) Ingen b) Ingen	a) Ingen b) Ingen	a) Ingen b) Ingen
<b>ARBETSMILJÖ</b>				
Buller	Ej besvärande	Ej besvärande	Ej besvärande	Inget
Damm	Inget	Inget	Inget	Inget
Avgaser	Dieselavgaser	N <sub>2</sub> (kan orsaka kvävning)	CO <sub>2</sub> (verkar bedövande)	Inga
Olycksrisk pga a) brand b) explosion c) strålning	a) Föreligger b) Ingen c) Risk för att komma i kontakt med strömförande delar	a) Ingen b) Ingen c) Frysskador	a) Ingen b) Ingen c) Frysskador	a) Ingen b) Ingen c) Ingen



## 2 SUMMARY

Sweden's National Rail Administration (Banverket) is in charge of approximately 10 000 km of railroad track, of which 750 km are restricted sections where chemical weed control may not be used. Each individual restricted part is relatively short (under 100 metres). Today, there is no weed control carried out in the restricted areas. In general, weed control is necessary because otherwise the safety of the track would deteriorate, with a growing risk for subsidence, engine skidding, and fire etc. Knowledge about the extent of the problems and the mechanisms behind how weeds affect embankments is very limited, however.

When changing to non-chemical weed control, well established root-propagated weeds supplied by an extensive system of roots or stems in the embankment and adjoining areas, are difficult to combat. In gravel, however, a large part of the weeds come from weed seeds that have germinated in the surface of the gravel ballast. These weeds are easy to control if treatment is started when they are small. Preventive measures are used partly to prevent roots and underground stems from growing into the embankment and partly to prevent seeds from establishing themselves and germinating in the ballast surface. Examples of preventive measures are: changing/cleaning the ballast, using weed barriers and planting vegetation that competes with weeds on adjoining surfaces. Cleaning the ballast is too expensive a step to be motivated by weeds only. Using weed barriers should be a successful method if applied when building new constructions and in combination with ballast cleaning. In order to improve the effectiveness of the method, it is necessary to develop materials and construction methods further.

In this report different non-chemical weed control methods are being compared from a technical, economical, environmental and working environmental point of view. The feasibility of brush weeding, flaming, hot air, hot water, steam, electrothermal weed control and UV-radiation for weed control on railway embankments is being discussed.

Methods of controlling growing weeds can be divided into mechanical control and thermal control. Thermal control does not involve physical contact, that is, it can be carried out without any contact between machine and plant/embankment. Mechanical control, for example brushing, means that also the ballast material is being treated. Signals, poles, cables, switches etc. in the railway environment are obstacles and limitations to which new control methods must be adapted.

When going over to new methods, it is important to know how these affect both the surrounding environment as well as the working environment for the employees who implement them. The working environment is to a large extent determined by the properties of the machines used and to a smaller extent by the control method. Since diesel is a common fuel, the emissions from the combustion engine represent a major influence on the environment. Improved purifying methods and, in the long run, the disuse of fossil fuels is a necessary development to reduce the burden on the environment.

This study shows that for certain methods there is not enough material to evaluate their practical usefulness (for example UV-light). In other cases, the fundamental theoretical knowledge of the methods is fairly good, whereas the practical experience is inadequate as a basis for deciding to try them out on a large scale. The report gives suggestions for continued R&D-activities on both a long-term and a short-term basis in order to attain a more efficient exploitation of resources in a development phase. When introducing new methods, information material must be supplied aimed at target groups both among buyers and those who implement them. While this study was being carried out, several international contacts have been made and it is natural for this international exchange to be developed further in the continuing work with vegetation control on embankments.

### 3 INLEDNING

#### *Varför ogräsbekämpning?*

Kemisk vegetationsbekämpning är vanlig på banvallar och bangårdar. Det finns flera orsaker till ogräsbekämpning. Ballasten förlorar sin dränerande egenskap om den förorenas av ogräs och humus genom att föroreningarna binder vattnet. Vintertid fryser vattnet till is, vilket orsakar förskjutningar av rälets läge som i sin tur ökar risken för urspårningar. Vid tjälförskjutningar måste hastigheten sänkas och axellaster minskas. Andra orsaker till ogräsbekämpning är ökad halkrisk t.ex. för personal vid växlingsarbete, slirningsrisk för tåg och brandrisk om torrt ogräs finns på banvallen. Dessutom förkortas träsliparnas livslängd om de ligger i fuktig ballast (Torstensson & Lindholm, 1988).

Från det att järnvägar började byggas i Sverige fram till mitten av 1940 har ogräs på banvallar och bangårdar bekämpats manuellt. Den kemiska ogräsbekämpningen började tillämpas under 1930-talet för att till slut bli den enda bekämpningsmetoden (Lindholm, 1989b). I början såg man herbiciderna som den moderna lösningen på alla ogräsproblem. Man behövde inte längre ägna sig åt tidskrävande och dyrbar handrensning. Efter hand har nackdelarna med kemisk bekämpning uppmärksamats; kemiska hälsorisker för användarna och risk för oönskad spridning till naturen.

Man är skyldig att iakttaga försiktighet vid spridning av kemiska bekämpningsmedel. I Statens Naturvårdsverkets författningssamling, Kungörelse om spridning av bekämpningsmedel (SNFS 1984:2 PK:19, 4 §) kan man läsa: "*Vid planering av spridningen skall områdets storlek och form samt vind- och temperaturförhållande på platsen beaktas. Betyräggande skyddsavstånd skall iakttagas i förhållande till känsliga objekt såsom bebyggelse, allmänt använda vägar, områden skyddade med stöd av naturvårdslagen, bigårdar, vattentäckter, sjöar och vattendrag.*"

Inom särskilt känsliga områden har man gått så långt att man klassat dem som restriktionsytor, med totalförbud mot kemisk bekämpning.

#### *Restriktionsytor*

Banverket förvaltar en total banlängd på ca 10.000 km. Idag utgör restriktionsytorna 6 - 10 % av det totala järnvägsnätet, vilket innebär att det är ca 750 km som inte bekämpas med herbicider (Axelsson, pers. medd., 1994).

Enligt föreskrifter från Länsstyrelsen betraktas banvallar vara restriktionsytor på följande områden; vattentäckter, naturreservat och skyddsområden (Aulin, pers. medd., 1994). Ofta upprättas det dessutom lokala överenskommelser mellan kommuner och Banverket om vilka bansträckor som ej får bekämpas med kemiska medel. Exempel på sådana restriktionsytor kan vara: bangårdar, områden där banvallar ligger närheten av sjöar och vattendrag, plankorsningar, koloniträdgårdar, villaträdgårdar och fruktodlingar (Dahlén, pers. medd., 1994).

I dagsläget sker ingen vegetationsbekämpning på banvallar och bangårdar som klassats som restriktionsytor. Detta har lett till kraftig igenväxning och kommer på sikt att leda till förkortad livslängd på de aktuella banvallarna. Därför har Institutionen för lantbruksteknik vid Sveriges lantbruksuniversitet fått i uppdrag av Banverket att utvärdera möjligheten att använda en rad olika icke kemiska metoder för vegetationsbekämpning på banvallar. Utvärderingen redovisas i denna rapport.

#### *Tekniska begränsningar*

Körhastigheten är låg vid användning av de icke kemiska bekämpningsmetoderna jämfört med kemisk bekämpning. Detta framförs ofta som ett argument mot icke kemisk ogräsbekämpning. Längden på de enskilda restriktionsytorna är dock relativt begränsad. I den östra regionen är mer än hälften av sträckorna som klassats

som restriktionsytor mindre än 100 meter, och 90% av sträckorna kortare än en kilometer. Om plankorsningarna, som inte heller bekämpas, räknats in hade andelen sträckor under 100 m blivit ännu högre.

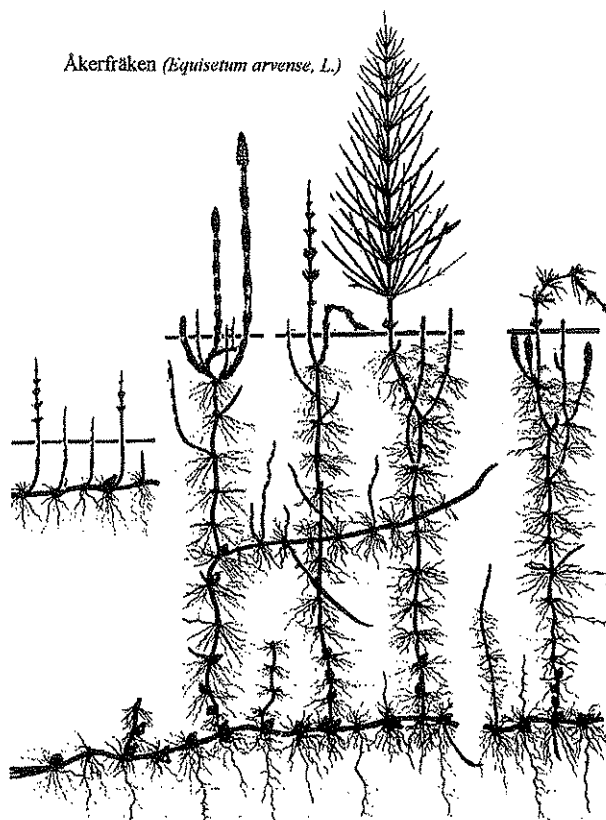
På banvallar och bangårdar finns det flera olika typer av hinder som försvårar den icke-kemiska ogräsbekämpningen t.ex. signaler, stolpar, kablar och växlar. Det finns också komponenter som är känsliga för höga temperaturer och mekanisk påverkan t.ex. ledningar, kablar, signaler och växlar.

### Ogräsbiologi och bekämpningsmetoder

Ur bekämpningssynpunkt är det intressant att dela in ogräsen i **fröogräs** och **rotogräs**. Med rotogräs menas en växt som både kan sprida och etablera sig med frön och vegetativa förökningsorgan, till skillnad från fröogräs som endast förökar sig med frön.

Rotogräsens vegetativa förökningsorgan har olika benämningar beroende på biologiska skillnader:

- Jordstammar (rhizom) - kvickrot, åkerfräken (figur 1), tussilago, vattenpilört.
- Förökningsrötter - åkertistel, strandfräne, åkervinda.
- Ovanjordiska utlöpare - revsmörblomma.



Figur 1. Åkerfräken (*Equisetum arvense*) är ett besvärligt rotogräs på banvallar. Jordstammarna växer normalt på 30 - 50 cm djup (ur Korsmos Ogräsplanscher).

Rotogräsen har följande egenskaper som gör dem till mycket svårbekämpade ogräs (Schroeder, 1992):

- I de vegetativa förökningsorganen finns en stor näringsreserv som säkerställer etableringen trots störningar av olika slag.
- Tillväxtpunkterna, från vilka skotten utgår, är placerade långt under markytan hos många arter, vilket försvårar bekämpningen avsevärt.
- Rotogräsen kan sprida sig över stora ytor och t.ex. växa in i banvallar.

I den fortsatta rapporten kommer begreppen förebyggande åtgärder och direktbekämpning användas. Begreppen förklaras nedan:

**Förebyggande åtgärder används för att:**

- Förhindra spridning av vegetation till banvallen via rötter eller jordstammar från omgivande vegetation.
- Försvåra för ogräsens frön att gro och etablera sig på banvallen.

**Metoder för bekämpning av växande ogräs kan delas in i huvudgrupperna:**

- Termisk bekämpning, där växten skadas genom upphettning eller nedkylning.
- Mekanisk bekämpning, där växten skadas genom att den tillfogas mekaniska skador.

Termisk bekämpning är beröringsfri, det vill säga att insatsen kan ske utan direkt kontakt mellan redskap och växt/banvall. Mekanisk bekämpning innebär däremot att det sker en bearbetning av ogräs och ballastmaterialet i banvallen.

## Förebyggande åtgärder

### 4 BALLASTRENING/BALLASTBYTE

#### 4.1 Allmänt

Ballastrening innebär att befintligt material tas upp från järnvägsbanken och siktas. Efter siktning återförs användbart material medan finmaterialet läggs åt sidan eller förs bort. I de flesta fall räcker det med att byta 0.2 - 0.5 m av underballastens översta skikt (Banverket, 1993). En geotextil (bruksklass 4) kan läggas in som materialskiljande lager under den över ballasten (Geoteknisk projektering, 1994). Kapaciteten vid ballastrening är 100 - 180 m/timme beroende på val av utrustning (Axelsson, pers. medd., 1994).

Ballastbyte kan utföras med ballastreningsmaskin (med stängda siktar), genom utgrävning med bandgrävare eller urgrävning med grävmaskin med specialskopa (Banverket, 1993). Ballastbyte kan också utföras med vacuumteknik i svåråtkomliga lägen (Haugen, pers. medd., 1994).

Under hösten 1993 genomfördes ballastbyte med Raikosystem på bandel 364 Kristinehamn - Storfors (Johansson, 1994). Raikosystemet består av ett "svärd" med ett transportband som var monterat på en Åkerman H7 grävmaskin. Transportbandet för ut den rena ballasten till banvallens kant.

#### 4.2 Påverkan på ogräs

Påverkan på ogräset sker dels genom att befintliga ogräsplantor tas bort, dels avlägsnas det fukthållande finmaterial i ballasten som utgör grogrunden för inflygande ogräsfrön.

Det är oklart i vilken utsträckning skottbildande rot- eller stamdelar kan passera genom sikten i ballastreningsmaskinen och därmed återförs till banvallen.

#### 4.3 Påverkan på banvallen

Genom att ballasten befrias från finmaterial förbättras bärigheten.

#### 4.4 Åtgärdens varaktighet

Effekten av en ballastrening försvinner när nytt finmaterial från omgivning eller trafik tillförts i så stor omfattning att inflygande frön åter kan gro.

Orsaker till nedbrytning av makadamballastlager kan urskiljas (Geoteknisk projektering, 1994):

- Finmaterial "pumpas upp" i makadam ballastlagret från underliggande mark.
- Finmaterial kan rinna tillbaka in i makadamballastlagret om det utskiktade materialet lämnats på sidan vid reovering.
- Förorening från tåg.
- Växtlighet.
- Jord blåser in från omgivande ytor.
- Nedbrytning av ballasten.

Vid förekomst av rotogräs som t.ex. åkerfräken kommer inväxningen i den renade ballasten från omgivande ytor att gå snabbt. Normalt genomförs ballastrening vid spårbyte som vanligtvis utförs med ca 30 års intervall (Dehlbom, pers. medd., 1994).

#### 4.5 Ekonomi

Kostnaderna för ballastrening är 400 kr/m inkl. spårriktning. För att byta grusbballast mot makadam uppgår kostnaden till 600 kr/m (Lundin, pers. medd., 1994).

#### 4.6 Miljö

Miljöeffekterna i form av energiförbrukning och emissioner från en ballastrening är beroende av både ballastreningsmaskinen och det transportarbete som tillförsel av ny ballast medför.

## 5 OGRÄSSPÄRR

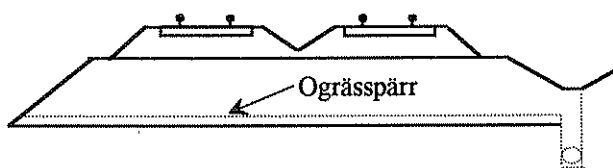
Ogrässpärren används främst för att förhindra ogräs som sprider sig med rötter eller underjordiska jordstammar från att växa in i banvallen. Ogrässpärren påverkar däremot inte inflygande ogräsfröns möjlighet att gro i ballasten.

### 5.1 Allmänt

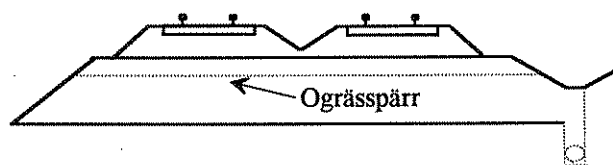
Vid användning av ogrässpärrar kan man tänka sig två huvudprinciper:

1. Den roto-gräsfria ballasten omges helt av ogrässpärren.
2. Ogrässpärren placeras vertikalt i övergången mellan den roto-gräsfria ballasten och den angränsande marken.

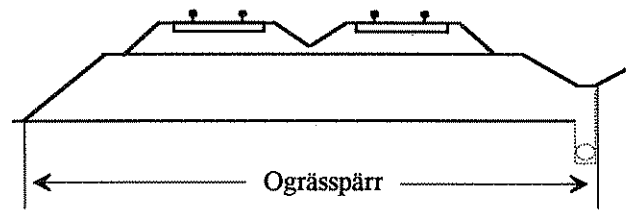
Alternativ 1 kan tillämpas vid nybyggnad (figur 2a). Alternativ 1 kan också tillämpas i samband med ballastrensning då underliggande orenade massor innehåller rot- eller stamdelar från ogräs som kan sprida sig upp i den reade ballasten (figur 2b). Alternativ 2 hindrar roto-gräs i angränsande mark att sprida sig in i järnvägsbanken (figur 3). Om enbart alternativ 2 skall användas måste förutom ballasten även undergrunden vara fri från roto-gräs. Som exempel kan nämnas att åkervindans vertikala rötter, som kan utveckla nya skott, går ned till ett djup av 2 m eller mer (Korsmo m.fl., 1981).



Figur 2a. Principskiss för användning av vattengenomsläpplig ogrässpärr vid nybyggnad.



Figur 2b. Principskiss för användning av vattengenomsläpplig ogrässpärr vid ballastrensning.



Figur 3. Principskiss för användning av tät vertikala ogrässpärrar.

### 5.2 Materialtyper

Valet av material till ogrässpärren styrs av flera olika faktorer som t.ex. förmåga att hindra skott och rötter, genomsläpplighet i samband med dränering, risk för uppkomst av "glidyta" som påverkar banvallens stabilitet negativt och kostnader.

#### 5.2.1 Genomsläppliga material/ Geotextil

Begreppet geotextil kan användas som en samlingsbenämning för de genomsläppliga material som är aktuella att använda som ogrässpärr. Geotextilierna skiljer sig från varandra genom tillverkningsätt och de material de består av. De kan antingen vara vävda (woven) eller bestå av filtade alternativt termiskt sammanfogade fibrer (non woven). Det förekommer även material som är tillverkade både genom filtning och en efterföljande termisk behandling. Geotextilierna är vanligtvis tillverkade av polypropen.

#### 5.2.2 Tät material/ Folie

Med tät material menas i detta sammanhang tät när det gäller genomsläpplighet för dräneringsvatten. På marknaden förekommer olika fabrikat av folier, vanligtvis tillverkade av polyeten.

#### 5.2.3 Flow coat

Denna typ av polymerfilm är relativt ny på marknaden och används som en "flytande" presenning. Detta innebär att materialet sprutas ut på plats till en sammanhängande film. I Danmark planeras försök med Flow coat för att hindra ogräsuppkomst. Tänkbara användningsområden för

Flow coat är både inbyggd i järnvägsbanken och som ett täckskikt på markytan. Med en placering i markytan t.ex. i anslutning till växlar, runt stolpar, större ytor på bangårdar etc bör man även kunna hindra inflygande ogräsfrön från att gro.

#### 5.2.4 Asfalt

I ett fullskaleförsök i Schweiz har man provat asfalt som ett spärrskikt. Asfalten består av fräsmassor från gamla vägbanor som återanvänds. På provsträckor har man också längs järnvägsbankens sidor placerat en avgränsning av betong för att bl.a. förhindra vegetationens inväxning (Zulauff, 1991).

### 5.3 Påverkan på ogräs

Försök har tidigare genomförts med geotextil för att förhindra skott från rotogräs att växa igenom asfalt på gång- och cykelbanor. Resultaten tyder på att termiskt sammanfogade geotextilier (i försöken representerade av Typar 3407 och 3607) har en bättre förmåga att hindra genomväxning än med nålfiltade (Schroeder, 1994). Vid Avdelningen för park- och trädgårdsteknik pågår försök med geotextil för att hindra rotgenomväxning från buskar och träd (Stål, 1993). Rötter från träd och buskar som växer in i järnvägsbanken påverkar också bärigheten. Preliminära resultat visar att rötterna har en stor genomträngningsförmåga även när det gäller de "tätaste" materialen (Typar 3607, 190 g/m<sup>2</sup> och Polyfelt TS 600, 200 g/m<sup>2</sup>) som är med i undersökningen (Stål, pers. medd., 1994).

Det är enbart täta material (folier) som kan ge ett 100-procentigt skydd mot genomväxning. Asfaltskikt som är ca 4 cm eller mindre hindrar inte genomväxning. Det är inte känt om Flow coat kan förhindra rotogräsens genomväxning.

### 5.4 Påverkan på banvallen

Ogrässpärren kan verka som en glidyta i järnvägsbanken, vilket är negativt för stabiliteten. För att inte äventyra järnvägsbankens stabilitet ska ogrässpärren i så liten utsträckning som möjligt minska friktionen mellan de enskilda stenarna som ballasten är uppbyggd av. En nålfiltad geotextil är mer elastisk än en termiskt behandlad vilket bör medföra att den nålfiltade duken är mer följsam och

därför tillåter bättre sammanfogning mellan de enskilda stenarna. Vid användning av en folie ökar risken för uppkomst av en glidyta

Användningen av en tät folie placerad under ballasten medför risk för att dräneringen försämras. Även om materialet från början läggs med ett fall kan sättningar medföra att vattensamlingar bildas i järnvägsbanken.

Geotextilier används sedan tidigare både vid nyanläggning och ballastrening för att förhindra att finmaterial transporteras upp i ballasten.

### 5.5 Varaktighet

De företag som marknadsför folier, som kontaktats, anger livslängden till minst 30 - 50 år då de är nedgrävda i marken.

### 5.6 Ekonomi

Kostnaderna för geotextilier och folier varierar enligt kontaktade leverantörer från 3 - 25 kr/m<sup>2</sup> beroende på typ av material och kvantiteter. Utläggingskostnaden i samband med ballastrening består av transport till utläggingsplats och utrullning som i dagsläget sker som ett separat arbetsmoment.

### 5.7 Miljö

För att tillverka en polyetenfolie med tjockleken 0.2 mm går det åt ca 0.2 kg olja per m<sup>2</sup>. Vid förbränning omvandlas polyetenplast till koldioxid och vatten. Monarflex AB anger vidare att deras folier inte innehåller lösningsmedel och kan återvinnas. De folier som marknadsföres av AB Mataki innehåller förutom polyeten även mindre mängder stabilisatorer och färgämnen, men man har inga tillsatser av t.ex. halogener.

Vid val av material ska man kräva att leverantören kan lämna uppgifter om produktens miljöpåverkan vid produktion, användning och eventuell kvittblivning.

## 6 ETABLERING AV KONKURRERANDE VEGETATION

Användning av marktäckande växter innebär att man aktivt introducerar växtarter som genom sin konkurrensförmåga minskar spridningsmöjligheterna för de växter som anses vara ett problem på banvallen. Ett konkret exempel är att man före herbicidernas intåg sådde ett band med grässorter utan utlöpare närmast gång- och cykelbanor för att förhindra gräsyntans utbredning in i de hårdgjorda ytorna (Svenska kommunförbundet, 1990). Genom att med marktäckande växter framförallt utestänga ljuset från markytan försvåras möjligheterna för icke önskvärda växter att gro och etablera sig. Denna strategi kan främst vara intressant för att minska förekomsten av "aggressiv" vegetation i banvallens omedelbara närhet.

Daar (1994) beskriver Nordamerikanska erfarenheter av etablering av ogräskonkurrerande vegetation längs vägar. Växter som är anpassade till rådande förhållanden kan åstadkomma ett växttäck som effektivt utestänger oönskade växter. Under den ca 3 åriga etableringsperioden krävs skötselinsatser i form av klippning, svedjning (i vissa fall) och punktbehandling av besvärliga arter med kemiska bekämpningsmedel. Daar (1994) menar vidare att det utöver ekonomiska motiv även är positivt ur ekologisk och estetisk synvinkel att arbeta med vegetationsbeklädda vägrenar.

Växter kan även konkurrera ut varandra genom allelopati. Det innebär att en växt avger kemiska ämnen som hämmar andra från att gro och etablera sig. Allelopatiska ämnen kan frigöras som exudat från levande rötter, blad och frukter, eller genom läckage från växtdelar som håller på att brytas ned (Johansson, 1992). Exempel på växter med allelopatisk effekt är ljung (*Calluna vulgaris*) och nordkråkbär (*Empetrum hemaphroditum*). Det har t.ex. visat sig att nordkråkbär förhindrar tall- (*Pinus silvestris*) och aspfrön (*Populus tremula*) från att gro (Zackrisson & Nilsson, 1992).



## Mekanisk bekämpning - Borstning

### 7 BORSTNING

#### 7.1.2 Kapacitet

Körhastigheten på hårdgjorda ytor med ogräsborste är 2 - 4 km/timme. Praktisk arbetskapacitet är 1 - 2 km/timme beroende på hinder, redskapsbärare, förare och ytmaterial (Svensson, 1991).

#### 7.1.3 Effekt

##### 7.1.3.1 Ogräs

Skall man lyckas med mekanisk ogräsbekämpning, är det viktigt att börja behandlingen i tid när ogräsen börjar växa, d.v.s. i södra Sverige i maj, och i de norra delarna i början av juni.

Borstning tar bort de ovanjordiska delarna av växten och en del av rotsystemet. Metoden har liten effekt på väletablerade roto-gräs. Sopning förhindrar ogräsens etablering genom att på hårdgjorda ytor ta bort frön och organiskt material. Den bästa ogräseffekten fås om materialet i borsten är av stål (Svensson, 1991). De vanligaste penselborstarna och sopvalsarna av plastmaterial kan inte slita upp väl-etablerat ogräs. Trycket mot ytan ska inte vara för hårt, och rotationshastigheten inte så snabb att ogräset skärs av, det skall slitas upp. Den bästa effekten av behandlingen fås då marken är fuktig. Då får man med sig den största delen av rotsystemet (Svenska kommunförbundet, 1990). Ogräsborstning är därför en relativt sett bra metod för bekämpning av större ogräs på "misskötta" ytor.

##### 7.1.3.2 Ballast

Metoden kan eventuellt fungera på banvallar med grusballast (figur 4) men ej på banvallar med makadam. Vid ogräsborstning på grusballast kommer gruset att förflyttas något. Det bör emellertid inte utgöra något problem. På makadam lär det inte fungera så bra eftersom stenarna troligen kommer att slungas iväg vid tillräckligt aggressiv bearbetning.

Det är önskvärt att ogräs som tagits upp flyttas ur spåret för att inte bilda förmultningsrester (Lindholm, 1989a). Det är dock osäkert om för-



Figur 4. Traktorburen borstmaskin.

### 7.1 Teknik

#### 7.1.1 Drivmedel

Diesel används idag men alternativa bränslen är möjliga.

delarna med att ta bort ogräset överskrider kostnaderna för insatsen.

### 7.1.3.3 Antal behandlingar per år

På hårdgjorda ytor som t.ex. kantstensfogar krävs det 3 - 4 behandlingar per år för att få ett tillfredsställande resultat (Svensson, 1991).

### 7.1.3.4 El och signal

Den påverkan som kan ske är mekanisk om ledningarna till el- och signalsystemet ligger för ytligt.

### 7.1.3.5 Banan

Borstaggregatet kan medföra ett visst slitage på rälen i dess kontakt med ballasten. Detta gäller även slipers men slitaget bedöms inte vara av besvärande omfattning.

Banan klarar av dagens snöborstning och rälsborstning (Karlsson, pers. medd., 1994).

## 7.2 Ekonomi

### 7.2.1 Anskaffningskostnad

Det finns ingen färdig utrustning på marknaden.

### 7.2.2 Driftskostnader

Fortsättningsvis kommer alla kostnads- och energiuppgifter anges per m<sup>2</sup>.

På hårdgjorda ytor slits borstmaterialet ned på 50 - 150 timmar, kostnaden för slitage är 0.06-0.20 kr/m<sup>2</sup> (0.03 - 0.10 kr/ löpmeter körd sträcka om ytan behandlas med en 0.50 meter bred borste). (Svensson, 1991).

### 7.2.3 Beräknad kostnad per kvadratmeter banvall

Kostnaden för normal ogräsbekämpning med upp-tagning är på hårdgjorda ytor 0.60 - 1.20 kr/m<sup>2</sup> och behandlingstillfälle d.v.s. 1.80 - 4.80 kr/m<sup>2</sup> vid 3 - 4 behandlingar. En renoveringsbekämpning kostar

4.00 - 6.00 kr/m<sup>2</sup> beroende på ogräs- och jord-mängder (vid bekämpningen tas jorden upp) (Svensson, 1991).

Om man antar att energiförbrukningen för att driva borstaggreatet är 180 kJ/m<sup>2</sup> (se avsnittet energiförbrukning), kommer energikostnaden att bli ca 1.5 öre/m<sup>2</sup>. Vid uträkningen antas att energi-innehållet för diesel är 36 MJ/liter, och att priset på diesel är 2.995 kr/liter).

## 7.3 Miljö

### 7.3.1 Energiförbrukning

En ogräsbörste med en diameter på 500 mm och ett flöde på 50 l/min = 0.83 l/s (Mats Andersson, Pers. medd., 1994), har vid 150 bar ( $1.5 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>) effekten:

Effekt = tryck x flöde

$$\begin{aligned} \text{Effekt} &= 1.5 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \times 0.83 \times 10^{-3} \\ &= 1.245 \times 10^4 \text{ Nm/s (J/s)}. \end{aligned}$$

Om körhastigheten är 1 km/h (0.28 m/s) kommer energiåtgången för en 0.50 meters ogräsbörste att vara:

$$\frac{1.245 \times 10^4 \text{ J/s}}{0.28 \text{ m/s}} = 4.5 \times 10^4 \text{ J/m}$$

Energiförbrukning för att ogräsbekämpa en m<sup>2</sup>:  
 $4.45 \times 10^4 \text{ J/m} \times 2 = 90 \text{ kJ/m}^2$

Vid 50 % verkningsgrad kommer energiåtgången att bli = 180 kJ/m<sup>2</sup>

### 7.3.2 Utsläpp till

#### 7.3.2.1 Mark

Borstmaterialet slits ned kraftigt vid ogräsbekämpningen. Miljöproblem kan då uppstå mycket beroende på materialet i borsten (Svensson, pers. medd., 1994).

#### 7.3.2.2 Vatten

Eventuellt hydraulolja. Det finns vegetabiliska alternativ.

### 7.3.2.3 Luft

Avgaser vid användning av diesel för drivningen av borstmaskinen. Utsläppen är proportionellt mot energiförbrukningen i de fall diesel används (se kapitlet; Jämförande redovisning av metoderna).

### 7.3.3 Buller

Bullernivån är mycket beroende av redskapsbärare. Riktvärden från byggarbetsplatser kan jämföras med de riktvärden som gäller för buller som uppkommer vid ogräsbekämpning (Dahlén, pers. medd., 1994).

För externt buller från byggarbetsplatser finns riktvärden för olika lokaler angivet i tabell 2.

Tabell 2. Riktvärden för externt byggbuller angivna som ekvivalent ljudnivå i dBA mätt i öppet fönster (Efter Statens naturvårdsverk, 1975)

Lokal	Dag 07-18, utom lörd, sönd och helgdag	Kväll 18-22 samt lörd, sönd och helgdag 7-18	Natt 22-07
Industri:	75	70	70
Kontor och liknande byggnder:	70	65	-
Bostäder, skolor, vårdlokaler, fritidsbebyggelse och dylikt:	60	50	45

### 7.3.4 Skada på grund av brand och explosion

Eventuellt kan skada på elektriska ledningar leda till brand och explosion.

## 7.4 Arbetsmiljö

### 7.4.1 Buller

Hörselskydd skall användas om ljudnivån överstiger 85 dB (Kling, pers. medd., 1994). Bullernivån för

utförarna är mycket beroende av redskapsbärarna och arbetsmiljön. Det finns goda möjligheter att åtgärda en dålig arbetsmiljö.

### 7.4.2 Damm

Vid ogräsbekämpning på upptorkade ytor rivs damm upp om inte vatten tillförs. Dammet är ohälsosamt för föraren och kan i värsta fall ge upphov till silikos om det innehåller kvartsdamm. Operatören bör därför ha en förarkarbin med övertryck och filtrerad inloppsluft (Svenska kommunförbundet, 1990), (Svensson, 1991).

Nivågränsvärdet för totaldamm är 10 mg/m<sup>3</sup>, 0.1 mg/m<sup>3</sup> för kvartsdamm (Arbetskyddsstyrelsen, 1993).

### 7.4.3 Avgaser

De avgaser som kan vara skadliga från ogräsbörstning kommer från ogräsbörstens dieseldrivna motor.

Dieselavgaserna består bl.a. kolväten varav polyaromatiska kolväteföreningar (Poly Aromatic Hydrocarbons = PAH) har visat sig framkalla cancer och mutationer. I avgaserna finns det partiklar, vilka ger samma effekter som PAH. Vid ofullständig förbränning bildas CO - kolmonoxid som är dödligt giftig i tillräcklig mängd. Övriga emissioner från dieselmotorer är aldehyder, alkylnitriker, NO<sub>2</sub>, NO och CO<sub>2</sub>. Aldehyder och alkylnitriker kan ge upphov till cancer. NO<sub>2</sub> ger i relativt höga halter slemhinneirriterande effekter, vilket antas påverka utvecklingen av allergier och astma. NO är hälsomässigt ofarlig, men omvandlas till NO<sub>2</sub> med varierande hastighet beroende på ozonhalten i luften. CO<sub>2</sub> från diesel ökar den globala växthuseffekten.

Rening av dieselavgaser är idag möjlig med bl.a. katalysatorer. Oxidationskatalysatorer är bra på att ta bort PAH, men påverkar ej NO<sub>x</sub>-halten. Aldehyder, alkylnitriker och gasformiga kolväten reduceras också i avgaserna. Kolmonoxid försvinner så gott som fullständigt (Jones, 1994).

Nivågränsvärdet för CO = 25 mg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> = 2mg/m<sup>3</sup>, NO = 30 mg/m<sup>3</sup> (Arbetskyddsstyrelsen, 1993).

#### 7.4.4 Olycksrisk p.g.a.

##### 7.4.4.1 Brand, explosion och strålning

Liten risk.

#### 7.4.5 Ergonomi

Är beroende av redskapsbärarens egenskaper. Det kan eventuellt uppstå problem med t.ex. vibrationer, men de kan klaras med rätt utformad redskapsbärare.

#### 7.4.6 Psykosocial miljö

Vid användning på hårdgjorda ytor är utförande personal troligen positiv till borstning p.g.a. det omedelbara synliga resultatet.

## Mekanisk bekämpning - Vakuumsug

### 8 VAKUUMSUG



Figur 5. Vakuumsugmaskinen Railvac 16 000

Banverket har gjort försök med vakuumsug för ogräsbekämpning. Vakuumsugmaskinen (Railvac 16 000, se figur 5) som användes i försöket kan också användas till ballastbyte, kabelschakt, schaktarbeten, rensning av trummor etc. (Marklund, pers. medd., 1994).

Maskinen är i princip en stor dammsugare som är utrustad med tre dieselmotorer på vardera 175 kW. Två av dessa driver vakuumpumparna och den tredje hydrauliken. Med den fjärrstyrda armen kan sugmunstycket arbeta sig igenom asfalt eller 25 cm tjock tjäle. Ballasten sugs upp i en behållare som rymmer 20 m<sup>3</sup> (Haugen, pers. medd., 1994).

#### 8.1 Teknik

##### 8.1.1 Drivmedel

Diesel används idag men alternativa bränslen är möjliga.

##### 8.1.2 Kapacitet

På en timme kan ca 20 m<sup>3</sup> ballast flyttas inkl. borttransport och tömning. Det leder till att körhastigheten kommer att vara ca 30.5 m/h, om man suger bort all ballast på en fyra meter bred yta

ned till slipersens underkant, d.v.s. till 15 - 20 cm djup (Marklund, pers. medd., 1994). Kapaciteten blir då ca 122 m<sup>2</sup>/h.

##### 8.1.3 Effekt

###### 8.1.3.1 Ogräs

Vakuumsugningen tar bort alla ovanjordiska växtdelar, och alla rötter ned till det djup som bearbetas av vakuumsugen

###### 8.1.3.2 Ballast

Det sker ingen rening av ballasten vid vakuumsugningen med denna maskin utan endast en bortsugning av förorenad ballast ned till slipersens underkant. Efter behandlingen skall nytt ballastmaterial fyllas på.

###### 8.1.3.3 Behandlingsfrekvens

Antalet behandlingar per år är okänt, men insatsen kommer att ha en längre varaktighet än beröringsfria metoder. Vegetationen kring banvallen är dock avgörande för hur snabbt banvallen växer igen efter vakuumsugning.

###### 8.1.3.4 El och signal

Ett av vakuumsugens användningsområden är att frilägga kablar vid schaktarbete. Vakuumsugtekniken gör detta arbete praktiskt taget riskfritt (Marklund, pers. medd., 1994). Vid en ytlig bortsugning av makadamet, som vid ogräsbekämpning, kommer risken för skador på el- och signalsystemet att ytterligare reduceras.

###### 8.1.3.5 Banan

Om för mycket makadam av misstag tas bort vid vakuumsugningen, kan man bli tvungen att spårrikta.

## 8.2 Ekonomi

### 8.2.1 Anskaffningskostnad

Vakuumsugmaskinen Railvac 16 000 kostar ca 3.5 miljoner kronor (Haugen, pers. medd., 1994).

### 8.2.2 Energikostnad

Energikostnaden är för Railvac 16 000, vid ett diesel- pris på 2.995 kr/l, och vid en dieselförbrukning på 0.246 l/m<sup>2</sup> ca 74 öre/m<sup>2</sup>.

### 8.2.3 Beräknad kostnad per kvadratmeter banvall

Behandling med vakuumsug har gjorts på en 1450 meter lång och 4 meter bred banvall utanför Lysekil. Vid insatsen sögs 1680 m<sup>3</sup> förorenad ballast bort till en kostnad av 200 kr/m<sup>3</sup> (Det maximala tippavståndet var 1.5 km). Ballasten togs bort ned till sliperens underkant för att slippa spårriktning. Antalet sugtimmar var vid behandlingen 118 (Marklund, pers. medd., 1994). Kostnaden för enbart vakuumsugning är ca 58 kr/m<sup>2</sup>.

Från det praktiska försöket i Lysekil blev den totala kostnaden ca 110 kr/m<sup>2</sup>. Vid uträkning antas att klass I makadam (= tvättad) kostar 150 - 200 kr/m<sup>3</sup>. Priset för makadam inkluderar utläggning och utjämnning av makadamet med hyvel (Duva, pers. medd., 1994).

Entreprenörkostnaden för Railvac 16 000 är 2500 kr/h. Maskinen behöver alltid betjäna av två personer (Marklund, pers. medd., 1994). Med den ovan angivna timmkostnaden, kapacitet på 20 m<sup>3</sup>/h, och en återfyllnad av 15 cm makadam, kommer den totala kostnaden bli 45 kr/m<sup>2</sup>, eller 50 kr/m<sup>2</sup> om man räknar på 20 % spilltid (alla kostnader är inkl. makadam).

Skillnaden mellan den teoretiska kostnaden, och den faktiska kostnaden i Lysekil, beror bl.a. på att ballastmaterialet togs även bort vid sidan av rälen i det praktiska försöket.

## 8.3 Miljö

### 8.3.1 Energiförbrukning

Railvac 16 000 förbrukar vid ogräsbekämpning ca 30 liter diesel per timme. Om den behandlade ytan är 122 m<sup>2</sup>/h kommer dieselförbrukningen bli ca 0.246 l/m<sup>2</sup> (Marklund, pers. medd., 1994). Energiinnehållet i diesel är 36 MJ/l (Larsson, 1993), det leder till att energiförbrukningen kommer att bli ca 8800 kJ/m<sup>2</sup>.

### 8.3.2 Utsläpp till

#### 8.3.2.1 Mark och vatten

Inget.

#### 8.3.2.2 Luft

Utsläpp till luft finns i form av dieselavgaser.

### 8.3.3 Buller

Det finns ingen större risk för att den omgivande miljön kommer att störas allt för mycket av bullret från vakuumsugning. Olika bullerdämpande åtgärder kan göras för att minska ev. problem.

### 8.3.4 Skada på grund av brand och explosion

Ingen risk.

## 8.4 Arbetsmiljö

### 8.4.1 Buller

Det saknas uppgifter på hur mycket buller Railvac 16 000 avger. Det finns dock idag en ny tystare vakuumsugmaskin än Railvac 16 000, som avger max. 75 dBA på sju meters avstånd vid fullt effektuttag. Olika bullerdämpande åtgärder kan göras för att minska ev. problem (Haugen, pers. medd., 1994).

#### 8.4.2 Damm

Vid tömning av uppsuget material kan det virvla upp damm (Haugen, pers. medd., 1994). Dammets är ohälsosamt för föraren och kan i värsta fall ge upphov till silikos om det innehåller kvartsdamm (Svenska kommunförbundet, 1990).

Nivågränsvärdet för totaldamm är  $10 \text{ mg/m}^3$ ,  $0.1 \text{ mg/m}^3$  för kvartsdamm (Arbetskyddsstyrelsen, 1993).

#### 8.4.3 Avgaser

De avgaser som kan vara skadliga kommer från vakuumsugmaskinens dieseldrivna motorer.

#### 8.4.4 Olycksrisk p.g.a.

##### 8.4.4.1 Brand, explosion och strålning

Ingen.

## 9 MANUELL BEKÄMPNING - HACKNING

Manuell ogräsbekämpning med handhackning utfördes under maj månad 1994 på bansträckan Söderhamn - Kilafors av Sundsvalls banddistrikt. Handhackningen gjordes på en yta av  $100 \times 3$  meter. Tiden för att ta bort ogräset på ytan var 32 timmar. Kostnaden per kvadratmeter blev ca  $20 \text{ kr/m}^2$  (Banverket, 1994). Se tabell 1 för ytterligare information om manuell ogräsbekämpning med hackning.

## Termisk bekämpning - Flamning

### 10 FLAMNING



Figur 6. Det Tyska flambekämpningståget TIK 91.

#### 10.1 Teknik

##### 10.1.1 Drivmedel

Gasol (propangas) är i dag den vanligaste drivkällan till flamning (Ascard, 1988).

##### 10.1.2 Kapacitet

I Tyskland finns det ett flambekämpningståg (TIK 91, se figur 6) som kan bekämpa i 2.5 - 3 km/timme. Tåget kan bekämpa 15 - 20 km per dag. Ett nytt (TIK 95) håller på att byggas som kommer att ha en hastighet på 5 - 7 km/timme. (Konecny, pers. medd., 1994)

Det finns aggregat för hårdgjorda ytor som under optimala förhållanden kan bekämpa vid 4 till 5 km/timme (Nyström & Svensson, 1988).

Om flammornas verkningslängd var 1 meter skulle körhastigheten teoretiskt kunna ökas till ca 28 km/timme. I praktiken vållar dock fartvind och

turbulens problem vid hastigheter över 6 km/timme (Ascard, 1988).

Flera undersökningar har visat att enbart infravärme är mindre effektivt för ogräsbekämpning än flammor. Temperaturen är lägre än med flammor vilket leder till att körhastigheten måste sänkas (Ascard, 1988).

Med gasol uppnås en temperatur på 1400 °C - 1600 °C i flammans kärna. I praktisk drift har temperaturer vid markytan uppmätts till mellan 700 och 1000 °C. Det kan jämföras med strålningsvärmare (IR-värmare) som har en ytemperatur på ca 800 °C och vid markytan temperaturer under 300 °C (Ascard, 1988).

##### 10.1.3 Effekt

###### 10.1.3.1 Ogräs

Cellmembranen kan förstöras på två olika sätt. Om växten under en viss tid utsätts för temperaturer mellan 50 °C och 60 °C denatureras membranproteinerna. Vid det andra sättet, som sker vid flamning, sker en mycket snabb temperaturstegring upp till 100 °C. Detta leder till en snabb tryckstegring i cellen och cellmembranen sprängs (Parish, 1990). En verkningstid på 0.065 - 0.130 sekunder uppges vara tillräcklig för de flesta små ogräsplantor vid uppvärmning till ca 100 °C (Ascard, 1988).

För tunnväggiga celler är en uppvärmning till 94 - 110 °C under 0.1 sekund tillräcklig. Tjocka barkceller med stor värmeisolerande förmåga klarar dock upp till 310 °C under en sekund (Hoffman, 1985).

Enskilda växter och reagerar olika på samma värmebehandling beroende på art (Tabell 3), ålder och storlek. Faktorer som har betydelse för värmetoleransen är skillnader i förvedning, behåring, vävnadstjocklek, vatten och näringsinnehåll. Beståndets täthet och väderlek har också stor betydelse för vilken värmedos som behövs (Ascard, 1988).



Tabell 3. Ogräsarters känslighet för flamning (efter Vester, 1987)

<b>Känsliga.</b> Behandlingen är effektiv upp till 2-bladstadiet. Många arter kan bekämpas fullständigt med en behandling även på senare stadium, med ökad värmemängd.	
Etternässla	( <i>Urtica urens</i> )
Korsört	( <i>Senecio vulgaris</i> )
Rödplister	( <i>Lamium purpureum</i> )
Snärjmåra	( <i>Galium aparine</i> )
Svinmålla	( <i>Chenopodium album</i> )
Våtarv	( <i>Stellaria media</i> )
Åkerbinda	( <i>Polygonum convolvulus</i> )
Åkerpilört	( <i>Polygonum persicaria</i> )
<b>Medelkänsliga.</b> Behandlingen bör utföras på hjärtbladstadiet.	
Nattskatta	( <i>Solanum nigrum</i> )
Åkersenap	( <i>Sinapis arvensis</i> )
Åkerviol	( <i>Viola arvensis</i> )
<b>Toleranta.</b> Rosettväxande arter och gräs. Behandling ger nedvisning av ovanjordiska delar, men tillväxtpunkterna överlever på många plantor, vilket innebär återväxt. Därför behövs upprepade flamningar.	
Badersbrå	( <i>Matricaria inodora</i> )
Gullkrage	( <i>Chrysanthemum segetum</i> )
Lomme	( <i>Capsella bursa-pastoris</i> )
Vitgröe	( <i>Poa annua</i> )
<b>Mycket toleranta.</b> Etablerade fleråriga ogräs. Upprepade flamningar ger nedvisning av ovanjordiska delar, men nya skott kommer snabbt igen.	
Maskros	( <i>Taraxacum vulgare</i> )
Kvickrot	( <i>Elymus repens</i> )
Åkerfräken	( <i>Equisetum arvense</i> )
Åkertistel	( <i>Cirsium arvense</i> )

Generellt gäller att:

- små ogräsplantor är känsliga än större. Ogräsen bör aldrig vara mer än högst 3 - 5 cm vid behandling (Svenska kommunförbundet, 1990), (Ascard, 1988).
- tvåhjärtbladiga ogräs är p.g.a. sämre förmåga till återväxt, känsligare än enhjärtbladiga (gräs).
- arter med skyddade tillväxtpunkter och/eller kraftigt rotsystem skjuter lätt nya blad efter

behandling. De behöver därför flera upprepade behandlingar för att få ett mer varaktigt resultat.

- Flamning ger ingen effekt på ogräsfrön i jorden (Ascard, 1988).

För att uppnå ett bra resultat är det viktigt att markytan är så jämn som möjligt. Ojämnheter i markytan gör att flammen i sin utbredning över marken blir turbulent och reflekteras uppåt (Ascard, 1988).

Resultatet av flambekämpning påverkas av olika förhållanden (Tabell 4). Flamning är t.ex. mest effektiv vid varm, torr och vindstilla väderlek. Brännare med effektiv avskärmning kan även arbeta i blåst (Ascard, 1988). Om ogräset är vått av regn eller dagg åtgår det betydligt mer värme för att nå samma effekt som på torra ogräs. Det innebär att körhastigheten måste sänkas (Svenska kommunförbundet, 1990).

Vid vackert väder kan små ogräs förintas helt inom loppet av några timmar. Vid kall och fuktig väderlek kan nedvisningen ta flera dagar (Ascard, 1988). (Svensson, 1986b).

Tabell 4. Effekten av flambekämpning vid olika förhållanden (Efter Svenska kommunförbundet, 1990)

Sämre effekt	Bättre effekt
Blåsig	Vindstilla
Fuktigt	Torrt
Ostädad yta	Städad yta
Stora ogräs	Små ogräs
Rotogräs	Fröogräs

Flambekämpning är lämpad för kontinuerlig skötsel men inte för renovering av ogräsbemängda ytor (Svenska kommunförbundet, 1990).

#### 10.1.3.2 Ballast

Det dränerande materialet i ballasten förorenas något av de växter som har flambekämpats (om de ej tas bort efter behandlingen). Denna mängd förorenande organiskt material är dock mycket liten i jämförelse med det som fås om ytan ej ogräsbekämpas.

#### 10.1.3.3 Antal behandlingar per år

Antalet behandlingar per år är under tyska förhållanden 5 st med flambekämpningståget (TIK 91).

Ytorna behandlas från maj t.o.m. september med fyra veckors mellanrum (Konecny, pers. medd., 1994).

Om ytan är stark ogräsbemängd behöver den på våren behandlas med en veckas mellanrum (Vester & Rasmusen, 1988). Resten av året behandlas ytan varannan till vartredje vecka (Vester & Rasmusen, 1988), (Nyström & Svensson, 1988). Svenska undersökningar visar att det för grusytor behövs minst 7 behandlingar per år för lägsta godtagbara skötselstandard (Nyström & Svensson, 1988). Lägsta godtagbara skötselstandard är ett flytande begrepp. Jämförelse med grusytor i parkmiljö är svåra att göra p.g.a. estetiska aspekter.

Behandlingarna kan med fördel göras med täta intervaller på våren och på försommaren för att senare under sommaren göras mer sällan om återväxten är liten. På hösten behövs ytterligare behandlingar för att hindra fleråriga ogräs att samla kraft för övervintring (Ascard, 1988).

Skall en hårdgjord yta med flerårigt ogräs renoveras behöver antalet behandlingar per år vara minst 10 (Vester & Rasmusen, 1988).

#### 10.1.3.4 El och signal

Enligt Konecny (pers. medd., 1993) förstörs inte ledningarna av värmen vid flambekämpning. Kablarna värms upp till 50 - 70 °C. Tyska Bundesbahn har noggrant kontrollerat kablarna efter behandling.

Kablarna ligger oftast på 50 - 70 cm djup vid sidan om banan (Karlsson, pers. medd., 1994).

På vissa typer av järnvägsspår skulle ogräsbekämpning med öppen låga ej kunna tillämpas p.g.a. att komponenter i spåret t.ex. elektriska byggelement mellan slipers och räil, elektriska isolermaterial, skadas av värmen (Torstensson & Lindholm, 1988).

ATC-balliserna är tillverkade i plast. De tål upptill 50 °C (Karlsson, pers. medd., 1994).

#### 10.1.3.5 Banan

Temperaturen i rälen kan bli ca 90 °C vid flambekämpning (Blickpunkt Bahn, 1992).

Skarvar i rälen med epoxyharts är känsliga för höga temperaturer (Karlsson, pers. medd., 1994). Pandrol

isolation är av hårdad plast mellan räil och slipers och den är relativt toleranta mot värme Eriksson, pers. medd., 1994).

Träslipers kan börja glöda av flambekämpningen (Konecny, pers. medd., 1994).

## 10.2 Ekonomi

### 10.2.1 Anskaffningskostnad

Det tyska försökståget (TIK 91) för flambekämpning kostar i Tyskland, ca 3 miljoner DM d.v.s. ca 15 miljoner Skr. Ett nytt flambekämpningståg (TIK 95) kommer att byggas. Inköpspriset kommer att vara 4 - 4.5 miljoner DM (Konecny, pers. medd., 1994).

### 10.2.2 Energikostnad

Det tyska flambekämpningståget (TIK 91) behandlar en 8 meter bred yta. Gasolförbrukningen blir då 48 kg per km spår (Konecny, pers. medd., 1994).

Om gasol kan köpas fritt i vagn är gasolpriset för icke industriell verksamhet 2607 kr/ton, industriell verksamhet 1858 kr/ton (Tapper, pers. medd., 1994). Med ovanstående uppgifter kommer energikostnaden att bli ca 1.6 öre/m<sup>2</sup>.

Kostnaden inkluderar endast energikostnaden för ogräsbekämpningsredskapet, d.v.s. ej framdrivningen av redskapsbäraren.

### 10.2.3 Beräknad kostnad per kvadratmeter banvall

Det går åt 60 kg propangas/ha. Det innebär att gasolkostnaden kommer att bli 1.56 öre/m<sup>2</sup> vid varje behandlingstillfälle (om man antar att gasolpriset grundar sig på att verksamheten är icke industriell).

Totalkostnaden för det tyska försökståget är 5000 - 8000 DM per km d.v.s. ca 3.10 - 5.00 kr/m<sup>2</sup> (0.625 - 1.00 DM/m<sup>2</sup>). Den arbetskraft som behövs på flambekämpningståget (TIK 91) är 5 - 6 personer (1 st förare, 4 st som sköter gasolbrännarna, 1 st brandman) (Konecny, pers. medd., 1994).

## 10.3 Miljö

### 10.3.1 Energiförbrukning

60 kg gasol/hektar (Konecny, pers. medd., 1994).  
1 kg propangas innehåller 46 MJ/kg.

Energiförbrukning per m<sup>2</sup> exklusive energi för att producera gasol:

$$\frac{60 \text{ kg/ha} \times 46 \text{ MJ/kg}}{10000 \text{ m}^2/\text{ha}} = \underline{276 \text{ kJ/m}^2}$$

Energiförbrukning per m<sup>2</sup> inklusive energi för att producera gasol:

Den mängd energi som det går åt för att producera ett kg gasol är 1.5 MJ (Larsson, 1993).

$$1.5 \text{ MJ} \times 60 \text{ kg gasol/ha} = 90 \text{ MJ/ha} = 9 \text{ KJ/m}^2$$

$$2760 \text{ MJ/ha} + 90 \text{ MJ/ha} = 2850 \text{ MJ/ha} = \underline{285 \text{ kJ/m}^2}$$

Energiförbrukningen är vid samma ogräseffekt ungefär dubbelt så hög vid användandet av IR-strålning jämfört med inkapslade lågor (Svensson, 1986b).

(I en jämförelse om energiförbrukningen vid ogräsbekämpning med flambekämpning och UHF-strålning kunde man se att det gick åt 340 kJ/m<sup>2</sup> resp. 3400 kJ/m<sup>2</sup> (Sanwald, 1977).)

### 10.3.2 Utsläpp till

#### 10.3.2.1 Mark

Termisk ogräsbekämpning kan påverka markens flora av mikroorganismer och smådjur t.ex. olika insekter. När det gäller ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor bedöms här att ringa påverkan sker på marken. Dessa ytor kan betraktas som nästan sterila (Larsson, 1993). Vid normal flamma hinner inte värmen tränga ner mer än några millimeter (Ascard, 1988), det leder till att mikrolivet endast kan påverkas i den allra översta delen av jordprofilen.

#### 10.3.2.2 Vatten

Det sker inget utsläpp vid bekämpning med gasol till vatten.

#### 10.3.2.3 Luft

När det gäller utsläpp till luft från flamma, från produktions-, transport- och användningsfas, antas dessa vara små i förhållande till andra förekommande luftföroreningar (Larsson, 1993).

Mängd koldioxid som bildas vid framställning av gasol:

Vid tillverkning av gasol används råolja som bränsle. Energiförbrukningen per kilo framställd gasol är 1.5 MJ. Vid förbränning av olja bildas 78 g koldioxid per MJ (Larsson, 1993).

$$60 \text{ kg/ha} \times 1.5 \text{ MJ} = 90 \text{ MJ/ha.}$$

$$90 \text{ MJ/ha} \times 78 \text{ g} = 7.02 \text{ kg CO}_2/\text{ha.}$$

Mängd koldioxid som bildas vid användning av gasol:

Koldioxid bildas vid förbränningen av gasol med 65 g per MJ (Larsson, 1993). 1 kg propangas innehåller 46 MJ/kg.

$$60 \text{ kg/ha} \times 46 \text{ MJ/kg} \times 65 \text{ g} = 179.4 \text{ kg CO}_2/\text{ha.}$$

Om man bortser från den mängd koldioxid som bildas vid transport är det totala koldioxidutsläppet vid flamma:

$$179.4 \text{ kg/ha} + 7.02 \text{ kg/ha} = 186.4 \text{ kg CO}_2/\text{ha.}$$

d.v.s. 18.6 g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

### 10.3.3 Buller

Se kapitel 7.3.3.

### 10.3.4 Skada på grund av brand och explosion

Behandla inte vid fara för gräsbränder (Ascard, 1988). I Tyskland minskas risken för gräsbränder genom att vid torrt väder spruta ut vatten för att släcka den eld som eventuellt har uppkommit vid behandlingen. Det tyska flambekämpningståget kan ta med sig 18 000 liter vatten. Den vattenmängd räcker till 50 - 60 km banvall, om tåget behandlar 8 meter bred yta (Konecny, pers. medd., 1994). En allvarlig situation kan uppkomma om gasolen kommer ut i vätskefas. Stora mängder gasol kan då släppas ut och vid förångning ge ett explosivt gasmoln som kan antändas (Bohgard m.fl., 1988).

## 10.4 Arbetsmiljö

### 10.4.1 Buller

Se motsvarande kapitel om borstning.

### 10.4.2 Damm

Ingen dammbildning.

### 10.4.3 Avgaser

Gasol innehåller inga giftiga beståndsdelar och vid fullständig förbränning bildas endast koldioxid och vatten (Svensson, 1986b).

Vid optimala bekämpningsförhållanden ska växterna endast hettas upp, med det händer ibland av misstag att växterna förbränns. Vid sådana fall emitteras gaser och partiklar från de brinnande växtdelarna. Vid normalt bekämpningsarbete utgör inte dessa föroreningar någon riskfaktor. Uppkommer däremot en mer omfattande brand kan riskerna naturligtvis öka kraftigt (Bohgard m.fl., 1988).

Man kan erfarenhetsmässigt bedöma att utsläppen från flambekämpning är 25 - 100 ppm  $\text{NO}_x$  i avgaserna med ett  $\text{NO}/\text{NO}_2$  - förhållande på 0.05 - 0.1. Detta medför att utsläppen på ansiktshöjd ca 1.5 meter från utsläppet är mycket liten och väsentligt mindre än de nivåer som erhöles i ansiktshöjd bakom en bil (Bohgard m.fl., 1988). Nivågränsvärdet för  $\text{CO} = 25 \text{ mg/m}^3$ ,  $\text{NO}_2 = 2 \text{ mg/m}^3$  (1 ppm),  $\text{NO} = 30 \text{ mg/m}^3$  (25 ppm) (Arbetsarkyddsstyrelsen, 1993).

På grund av att  $\text{CO}_2$  är tyngre än luft finns det under mycket ogynnsamma förhållanden en viss kvävningrisk.

### 10.4.4 Olycksrisk p.g.a.

#### 10.4.4.1 Brand och brännskador

Risker finns för brand och brännskador (Svenska kommunförbundet, 1990).

Oskyddade metallytor och slangbrott kan förorsaka utsläpp av större mängder flytande eller gasformigt bränsle (Bohgard m.fl., 1988).

Risk föreligger för lokala brännskador, och i ogynnsamma fall antändning av kläder. De antänds vanligen vid ytemperaturer av 300 - 450 °C (Bohgard m.fl., 1988).

#### 10.4.4.2 Explosion

All hantering av gasol är förenad med explosionsrisk, och vid en olycka kan personer och föremål i närheten skadas (Svenska kommunförbundet, 1990).

Det tyska flambekämpningståget får av säkerhetsskäl endast ta med sig maximalt 4000 kg gasol (Konecny, pers. medd., 1994).

I Sverige finns det ingen volymbegränsning på den mängd propangas som får tas med vid eventuell flambekämpning på banvallar. En förutsättning är naturligtvis att övriga villkor är uppfyllda t.ex. emballage, hantering. Den praktiska hanteringen är begränsande i sig själv (Kling pers. medd., 1994).

#### 10.4.4.3 Strålning

Värmestrålning kan förekomma från dåligt isolerade flambekämpningsaggregat.

### 10.4.5 Ergonomi

Inga större problem om traktorburna redskap eller liknande maskiner används.

### 10.4.6 Psykosocial miljö

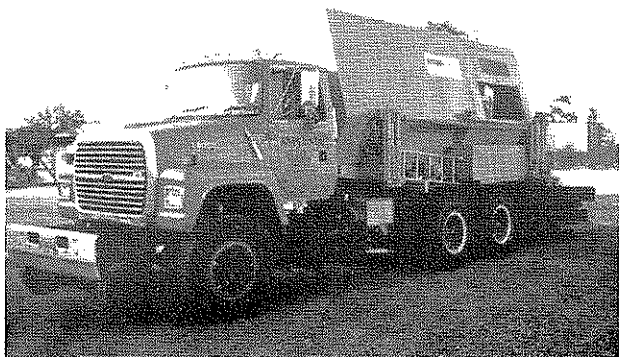
I en kommun har operatörerna klagat på huvudvärk. De trodde att huvudvärken berodde på, rökutveckling från brinnande ogräs, samt att arbetet var tråkigt "Det går så långsamt". Det är ju tråkigt att ytorna inte ser fina ut när man är färdig; ogräset finns ju kvar (Svenska kommunförbundet, 1990).

Olika objektiva iakttagelser av arbetet och arbetsituationen vid flambekämpning på banvallar jämfört med kemisk bekämpning:

- inte mera monotont arbete än vid kemisk bekämpning.
- mer väderberoende.
- lägre hastighet.

## Termisk bekämpning - Hetvatten

### 11 HETVATTEN



Figur 7. Hetvattenaggregatet från Aquaheat monterat på en rälsgående lastbil.

#### 11.1 Teknik

##### 11.1.1 Drivmedel

Hetvattenaggregaten drivs med diesel.

Det är möjligt att förvärma vattnet i stora värmeisolerande tankvagnar med elektrisk ström, för att minska på utsläppen av dieselavgaser (Rajamannan, pers. medd., 1994).

##### 11.1.2 Kapacitet

Det går att bygga hetvattenaggregat, som vid en hastighet på ca 3 km/h kan bekämpa ogräs på banvallar.

Ett hetvattenaggregat för ogräsbekämpning har testats på banvallar som kan leverera ca 340 l

hetvatten/minut. Varmvattenrampens bredd var i försöket 3.6 m (figur 7).

Det största aggregat som finns idag har en kapacitet på ca 570 l/minut. Vid ogräsbekämpning på banvallar går det bra att koppla ihop två sådana aggregat för att få en hög körhastighet (Rajamannan, pers. medd., 1994).

##### 11.1.3 Effekt

###### 11.1.3.1 Ogräs

För att få en bra ogräseffekt, behandlas växterna med hetvatten som har en temperatur så nära kokpunkten som möjligt. Vid behandling av ogräs med hetvatten skadas växternas kutikula och vaxlager. Det leder till att växterna torkar ihjäl inom 24 - 48 timmar (Aquaheat, 1994), (Rajamannan, pers. medd., 1994), (The Great Lakes Fruit..., 1994).

Det går åt mindre energimängd om ogräsen behandlas i ett tidigt stadium. Det leder till att vid ogräsbekämpning av små plantor kommer det att gå åt mindre mängd vatten, alternativt går det att använda lägre temperaturer i vattnet, eller så kan körhastigheten ökas (Aquaheat, 1992).

Rajamannan (pers. medd., 1994) menar att årligen dödas helt och örtartade ogräs mycket lätt av hetvattenbehandlingen. Gräs behöver mer värme p.g.a. tjockare vaxlager och skyddade tillväxtpunkter. Enstaka hetvattenbekämpningar har kortvarig effekt på vedartade växtdelar

Det behövs inget högt tryck vid hetvattenbehandlingen.

Vid behandlingen får det ej vara mer än 10 % ånga som lämnar munstycket. Vattnet som sprids med virvelkammarspridare kyls snabbare av än vatten från spaltspridare.

SJ har gjort ogräsbekämpningsförsök med ånga och hetvatten. De visar att sådan bekämpning endast ger fördröjande växteffekt även med insatser av stora energimängder (Torstensson & Lindholm, 1988).

Cellmembranen kan förstöras av hetvattenbehandling på två olika sätt. Se motsvarande avsnitt om flammning.

#### 11.1.3.2 Ballast

Ballasten påverkas ej av hetvattenbehandlingen om vattnet sprutas ut under lågt tryck. Behandling vid högt vattentryck kan leda till erosion av framför allt grus.

Om de växter som har hetvattenbekämpats ej tas bort efter behandlingen, kommer det att ske en viss förorening av ballasten.

#### 11.1.3.3 Antal behandlingar per år

Ytor med riklig förekomst av ogräs bör under en övergångsperiod hetvattenbehandlas var tredje vecka (gäller för växtförhållanden i Florida) (Rajamannan, pers. medd., 1994).

Antalet behandlingar som krävs per vegetationsperiod är troligen detsamma för alla termiska metoder om tillräckliga energimängder används p.g.a. att de endast dödar de ovanjordiska växtdelarna.

#### 11.1.3.4 El och signal

Maximal temperatur i hetvattnet är p.g.a. dess fysikaliska egenskaper begränsad till 100 °C. Allt för höga temperaturers skadegörande inverkan kan därför begränsas.

Se motsvarande avsnitt om flammning angående höga temperaturers inverkan på kablar och ATC-balliser (Kap. 8.1.3.4).

#### 11.1.3.5 Banan

Se motsvarande avsnitt om flammning angående skarvar i rälen och Pandrol isolation (10.1.3.5).

## 11.2 Ekonomi

### 11.2.1 Anskaffningskostnad

Uppgift saknas.

### 11.2.2 Driftskostnad

Uppgift saknas.

### 11.2.3 Beräknad kostnad per kvadratmeter banvall

Den beräknade kostnaden för hetvattenbekämpning i citrusodlingar i Florida är 15 - 20 dollar per acre d.v.s. 275 - 370 kr/ha (= 37 - 50 dollar per hektar. Kostnaden inkluderar diesel och värdeförminskning på utrustningen) (Aquaheat, 1994).

Är ogräsen 7 - 15 cm höga går det åt ca 470 - 700 liter hetvatten per hektar. Är ogräsen 30 till 61 cm höga går det åt ca 935 - 1870 liter hetvatten per hektar (Williams, 1993).

Om man antar att en liter diesel kan värma upp ca 130 liter vatten, och att det går åt ca 3.6 - 5.4 liter diesel/ha för att bekämpa 7 - 15 cm höga ogräs, 7.2 - 14.4 liter/ha diesel för att bekämpa 30 - 61 cm höga ogräs (Rajamannan, pers. medd., 1994). Och att somrardiesel kostar 2.995 kr/l (Bränslet är befriat från skatt, det går att användas vid temperaturer ned till -10 °C), kommer energikostnaden att bli 0.11 - 16 öre/m<sup>2</sup> resp. 0.22 - 0.43 öre/m<sup>2</sup>.

## 11.3 Miljö

### 11.3.1 Energiförbrukning

#### Energimängd per hektar behandlad yta:

Anta att man värmer upp vattnet från 10 °C till 99 °C. Värmekapacitivet (c) för vatten är 4.19 x 10<sup>3</sup> J/kg x K. Q = energimängd, m = massan. ΔT = skillnaden i temperatur.

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (1)$$

Det leder till att den energimängd som det går åt för att bekämpa 7 - 15 cm höga ogräs kommer att vara ca 17.5 - 26.1 kJ/m<sup>2</sup>. Är ogräsen 30 till 60 cm höga

går det åt 34.9 - 69.7 kJ/m<sup>2</sup>. (Förluster i samband med uppvärmning är ej medräknade !).

Om man antar att en liter diesel kan värma upp ca 130 liter vatten (Rajamannan, pers. medd., 1994), och att energiinnehållet per liter diesel är 36 MJ (Larsson, 1993), är motsvarande energimängder: 13.0 - 19.4 kJ/m<sup>2</sup>, resp. 25.9 - 51.8 kJ/m<sup>2</sup>.

Om ogräset är vått vid bekämpningen kommer energiåtgången bli 30 - 35 % högre (Laursen, pers. medd., 1994).

### 11.3.2 Utsläpp till

#### 11.3.2.1 Mark och vatten

Inga.

#### 11.3.2.2 Luft

Finns i form av diesellavgaser.

### 11.3.3 Buller

Se kapitel 7.3.3.

### 11.3.4 Skada på grund av brand och explosion

Termisk ogräsbekämpning med varmvatten är ett intressant alternativ till flamning, beroende på att brandfaran är eliminerad, och att vattnets maximala temperatur är p.g.a. dess fysikaliska egenskaper begränsad till 100 °C (Svensson, 1986b).

Vid uppvärmning av vattnen åtgår det diesel, som i sig själv kan utgöra risk för brand eller explosion.

## 11.4 Arbetsmiljö

### 11.4.1 Buller

Den största bullerkällan är de dieseldrivna uppvärmningsaggregaten.

### 11.4.2 Damm

Inget

### 11.4.3 Avgaser

Finns i form av diesellavgaser. Se motsvarande avsnitt om borstning (Kap. 7.4.3).

### 11.4.4 Olycksrisk p.g.a.

#### 11.4.4.1 Brand och explosion

Ingen.

#### 11.4.4.2 Strålning

Operatören kommer inte att utsättas för någon större mängd värmestrålning, om han sitter i en rätt utformad förarkabin.

### 11.4.5 Ergonomi

Inga speciella problem.

## Termisk bekämpning- Vattenånga

### 12 VATTENÅNGA

#### 12.1 Teknik

Det Kanadensiska järnvägsföretaget CD Rail har tåg för ångning som hyrs ut till Alaska Railroad Corporation. Företaget Elektrothemit i Österrike har också gjort försök med vattenånga för ogräsbekämpning på banvallar

##### 12.1.1 Drivmedel

Diesel (Cox, pers. medd., 1994).

##### 12.1.2 Kapacitet

1.6 - 4.8 km/timme (Cox, Pers. medd., 1994).

Vid bekämpningen använde Alaska Railroad Corporation sig av 427 °C vattenånga, som sprutas ut vid 1 bar (Cox, pers. medd., 1994).

##### 12.1.3 Effekt

###### 12.1.3.1 Ogräs

Inträngningsförmågan med vattenånga är mycket dålig i täta bestånd (Svensson, 1986b). Vattenångan avkyls dessutom mycket snabbare än större vattendroppar, vilket leder till att mycket energi går förlorad.

###### 12.1.3.2 Antal behandlingar per år

3 - 4 gånger per säsong i Alaska (Cox, pers. medd., 1994).

###### 12.1.3.3 El och signal

Se motsvarande avsnitt om flamning angående höga temperaturers inverkan på kablar och ATC-balliser (Kap. 10.1.3.4).

###### 12.1.3.4 Banan

Se motsvarande avsnitt om flamning angående skarvar i rälen och Pandrol isolation (Kap. 10.1.3.5).

#### 12.2 Ekonomi

##### 12.2.1 Beräknad kostnad per kvadratmeter banvall

Dieselförbrukning för ångbekämpningståget är upptill 3785 liter per dag, och behandlad yta är ca 16.09 km per dag (10 miles) (Cox, pers. medd., 1994).

$$\frac{3785 \text{ l}}{16090 \text{ m}} = 0.235 \text{ l diesel/meter banvall}$$

Arbetsbredd 4.18 meter (hela ytan mellan rälen och 4.5 fot utanför behandlas, d.v.s. den totala behandlade bredden är ca 4 meter, om man antar att spårbredden är den samma i Sverige som i Alaska).

Diesel kostar 2.995 kr/l (Det prisgivna bränslet är befriat från skatt, det går att användas vid temperaturer ned till -10 °C).

$$\frac{0.235 \text{ l/m} \times 2.995 \text{ kr/l}}{4 \text{ m}} = 17.6 \text{ öre/m}^2 \text{ banvall.}$$

#### 12.3 Miljö

##### 12.3.1 Energiförbrukning

Uppgifter från Cox (pers. medd., 1994):

- Dieselförbrukning per dag 3785 liter
- Behandlad yta per dag 16.09 km
- Arbetsbredd ca 4 meter.



Liter diesel per km:

$$\frac{3785 \text{ l/dag}}{16.09 \text{ km/dag}} = 235.24 \text{ l/km}$$

Spårlängden (L) för en ha behandlad yta om spårbredden är 4.18 m:

$$4.18 \text{ m} \times L = 10\,000 \text{ m}^2$$

$$L = 2.392 \text{ km/ha}$$

Antal liter diesel till 1 ha:

$$2.392 \text{ km/ha} \times 235.24 \text{ l/km} = 563 \text{ l diesel/ha}$$

Energiförbrukning per kvadratmeter:

Energi innehåll per liter diesel = 36 MJ (Larsson, 1993).

## För varje behandlingstillfälle:

$$563 \text{ l/ha} \times 36 \text{ MJ} = 20\,300 \text{ MJ/ha, d.v.s. } 2030 \text{ kJ/m}^2$$

*12.3.2 Utsläpp till**12.3.2.1 Mark, vatten och luft*

Den enda form av utsläpp som sker vid ångning för ogräsbekämpning är dieselavgaser.

*12.3.3 Buller*

Se kapitel 7.3.3.

*12.3.4 Skada på grund av brand*

Termisk ogräsbekämpning med vattenånga är ett intressant alternativ till flämning, p.g.a. av att brandfaran är eliminerad.

**12.4 Arbetsmiljö***12.4.1 Avgaser*

Se motsvarande avsnitt om borstning (Kap 7.4.3).

*12.4.2 Olycksrisk p.g.a.**12.4.2.1 Brand och explosion*

Det finns risk för brännskador av den heta vattenångan.

*12.4.2.2 Strålning*

Operatören kommer inte att utsättas för någon större mängd värmestrålning, om han sitter i en rätt utformad förarkabin.

*12.4.3 Ergonomi*

Inga speciella problem.

## Termiska metoder - Hetluft

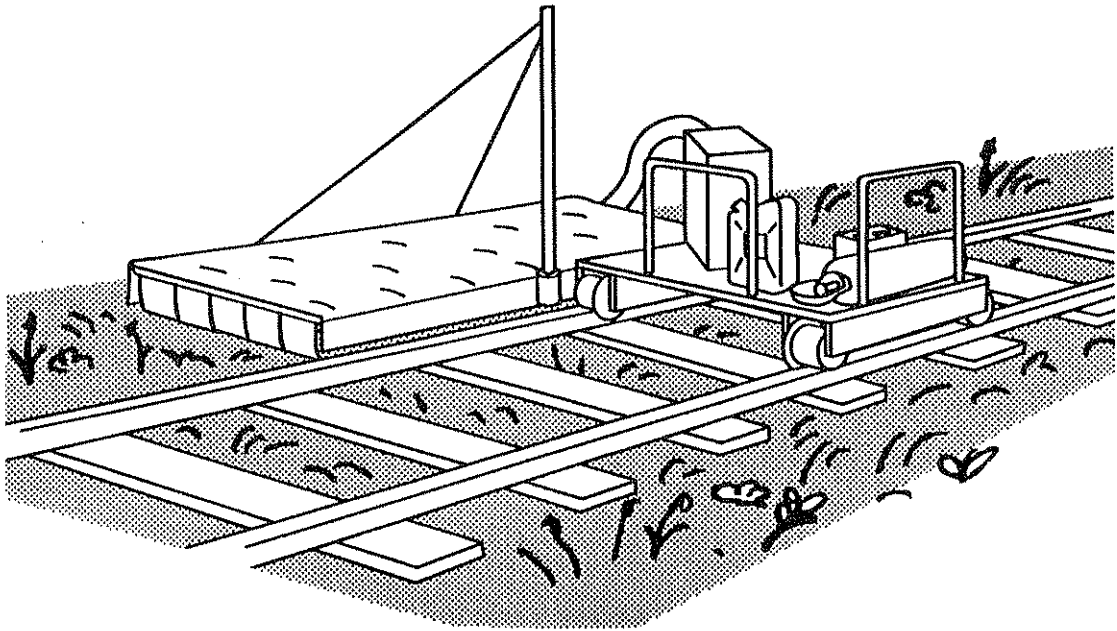
### 13 HETLUFT

Försök med hetluft utförs av Turbomin AB i Bromma för Sundsvalls bandistrikt. (Kontaktperson i bandistriktet är Kjell-Ola Berg. Tel: 026/ 14 42 89, 060/ 18 34 67).

Lantz (pers. medd., 1994) anger att under hösten 1994 gjordes ett försök med hetluft för bekämpning av ogräs. Effekten på gasturbinen var 200 kW. "Eldröret" på utrustningen var monterat längs med banan. För att öka effekten av behandlingen hade en täckande plåthuv monterats ovanpå röret med ett antal plåtremсор hängande mot marken (figur 8). Hetluften mättes i röret till 700 °C. Hastigheten var vid provet 0.6 - 0.7 km/h. Ogräseffekten från behandlingen var otillfredsställande.

I dagsläget är det osäkert vilken energiförbrukning metoden har p.g.a. att utrustningen fortfarande är under utveckling, och att det ej finns några tillfredsställande bekämpningsresultat.

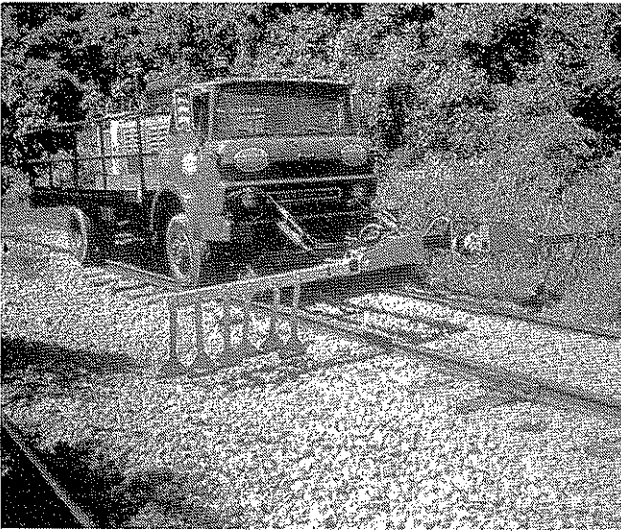
Almé (pers. medd., 1994) Turbomin AB planerar att bygga en utrustning med tre dieseldrivna gasturbinsaggregat på vardera 450 kW. Varje aggregat monteras under en värmeisolerad huv.



Figur 8. Hetluftsaggregat med en 200 kW dieseldriven gasturbin.

## Termisk bekämpning - Elektrotermisk ogräsbekämpning

### 14 ELEKTROTERMISK OGRÄSBEKÄMPNING - DIREKTKONTAKT- OCH MIKROVÅGSMETODEN



Figur 9. Ogräsbekämpning med direktkontaktmetoden

#### 14.1 Teknik

##### 14.1.1 Drivmedel

Diesel som driver generator. Det är förmodligen inte möjligt att använda kontaktledningen som strömkälla, då det är svårt att göra anslutningar på ett säkert sätt (Karlsson, pers. medd., 1994).

##### 14.1.2 Kapacitet

Vid *direktkontaktmetoden* skadas ogräsplantorna genom att en strömförande elektrod kommer i kontakt med dem (figur 9). Körhastigheten begränsas av att plantorna måste hinna få ordentlig kontakt med elektroden för att ström skall kunna ledas genom plantan ner i jord. Vid körning med försöksutrustningar i jordbruket användes en körhastighet på 5 km/h (Diprose m.fl., 1984).

Elektroden var 6 m bred, utrustningen gav en spänning på 15 kV och hade en effekt på 60 kW. En tumregel är att ju fler och större ogräsplantorna är, desto högre effekt krävs, och ju högre plantorna blir desto högre spänning krävs.

Vid en International Workshop on Electromagnetic Weed Control with Special Attention to Applications on Railways kom man fram till att *direktkontaktmetoden* och *mikrovågor* (13.5 MHz) troligen skulle kunna användas för ogräsbekämpning på banvallar. Det saknas praktiska försök vid den aktuella våglängden som kan ge svar på hur hög kapacitet som är möjlig att uppnå. Då det krävs uppvärmning av växtvävnaden för att uppnå god bekämpningseffekt, kan man dock antaga att körhastigheten skulle bli låg.

##### 14.1.3 Effekt

Vid behandling med *direktkontaktmetoden* förstörs cellstrukturen i plantan genom att vävnaden värms upp hastigt, och vätskan i cellerna förångas så att cellmembranen skadas (Diprose & Mattsson, 1994). *Mikrovågsmetoden* ger motsvarande uppvärmning och effekt på plantorna.

##### 14.1.3.1 Ogräs

Med *direktkontaktmetoden* är effekten bättre på örtartade än på vedartade plantor. Mängden ogräsplantor som skall behandlas har betydelse för energiförbrukning och om ogräsbeståndet är tätt kan man få dålig ogräseffekt om inte körhastigheten minskas tillräckligt. Enligt Diprose m.fl. (1984) förbättrades effekten om man behandlade ytan 2 eller 3 gånger då det var ett stort antal plantor som skulle behandlas, upp till 18.000 plantor/ha.

*Mikrovågsvärmning* sker genom att de elektromagnetiska vågorna dämpas så att energin omvandlas till värme. Värmningen sker inuti det material som dämpar vågorna. Mikrovågor inom det aktuella frekvensområdet har begränsad inträngningsförmåga, så det blir i praktiken bara ovanjordiska växtdelar som påverkas.

#### 14.1.3.2 Ballast

Direktkontakt- och mikrovågsmetoderna har ingen direkt påverkan på ballasten, men den kommer påverkas indirekt genom att vegetationen vissnar och bildar humus.

#### 14.1.3.3 Antal behandlingar per år

Jämförbart med andra termiska ogräsbekämpningsmetoder.

#### 14.1.3.4 El och signal

Oklart om elektrotermiska bekämpningsmetoder kan komma att påverka signalsystem. Det är möjligt att ström skulle kunna ledas till rälen vid användningen av *direktkontaktmetoden*.

Signalsystemet kan möjligen påverkas av mycket låga frekvenser (0-2 Hz), medan högre frekvenser bedöms vara ofarliga. Det kan dock finnas en viss risk för att högre frekvenser kan åstadkomma störningar i datakommunikationen i de kablar som finns nedgrävda i banvallen. Risken är svår att bedöma så det krävs mätningar för att vara på den säkra sidan.

#### 14.1.3.5 Banan

Elektrotermisk bekämpning kan utformas så att det inte påverkar banan

### 14.2 Ekonomi

#### 14.2.1 Anskaffningskostnad

Saknas uppgifter om utvecklingskostnader i absoluta tal. Mätzler (1993) har dock gjort en jämförelse mellan olika elektriska bekämpningsmetoder, och han anger att kostnaden för *direktbekämpningsmetoden* skulle vara "rimlig" jämfört bl.a. med utvecklingskostnaden för *mikrovågsmetoden* som anges vara "hög".

### 14.3 Miljö

#### 14.3.1 Energiförbrukning

Energiförbrukningen vid *direktbekämpningsmetoden* är direkt beroende av mängden vegetation. Enligt Vigoureux (1981) var dieselförbrukningen mindre än 6 l/ha (0.002 l/m), medan Diprose et al (1984) anger att dieselförbrukningen var 3.5 l/ha (0.001 l/m).

Enligt Mätzler (1993) är energiförbrukningen vid *direktbekämpningsmetoden* relativt låg medan energiförbrukningen är hög för *mikrovågsmetoden*.

Det saknas relevanta sifferuppgifter på energiförbrukning för mikrovågsmetoden, eftersom de litteraturuppgifter som finns om energiförbrukning är fastställda vid andra frekvensområden än de som är aktuella för banvallar. Dessutom är siffrorna hämtade från försök där man behandlat jorden för bekämpning av groende frön och ibland också rötter.

#### 14.3.2 Utsläpp till

Uppgifterna nedan förutsätter användning av diesel.

##### 14.3.2.1 Mark

Inga vid normal drift.

##### 14.3.2.2 Vatten

Inga vid normal drift.

##### 14.3.2.3 Luft

Diesellavgaser.

#### 14.3.3 Buller

Från dieseldrivna generatorer.

#### 14.3.4 Skada på grund av brand och explosion

Brandrisk kan föreligga då det är torrt i markerna.

## 14.4 Arbetsmiljö

### 14.4.1 Buller

Troligen inget problem.

### 14.4.2 Damm

Inget problem.

### 14.4.3 Avgaser

Dieselaygaser. Se motsvarande avsnitt om borstning (7.4.3).

### 14.4.4 Olycksrisk p.g.a.

#### 14.4.4.1 Brand

Risk föreligger.

#### 14.4.4.2 Explosion

Ingen risk.

### 14.4.4.3 Ström

Vid användning av *direktkontaktmetoden* finns risk för att man kan komma i beröring med strömförande delar av utrustningen. Strömmen måste stängas av automatiskt då fordonet står stilla och strömförande delar förses med beröringsskydd.

### 14.4.4.4 Strålning

Vid användning av *mikrovågsmetoden* måste höga krav ställas på att utrustningen kapslas in väl. Annars föreligger risk för strålningskador.

### 14.4.5 Ergonomi

Utrustningen kan utformas så att det inte blir några problem med ergonomin.

### 14.4.6 Psykosocial miljö

Närheten till strömförande eller strålande utrustning kan både vara och upplevas som farlig.

## Termiska metoder - Frysning

### 15 FRYSNING

#### 15.1 Teknik

##### 15.1.1 Drivmedel

Vid frysning av ogräs kan flytande kväve (-196 °C) och kolsyresnö (-78 °C) användas som frysmedia (Fergedal, 1993).

Vid tillverkning av de båda frysmedierna används elektricitet. Elektrisk ström från vattenkraft och kärnkraft finns i överskott i Sverige under sommarsäsongen när frysning av ogräs är aktuell (Fergedal & Svensson, 1993).

##### 15.1.2 Kapacitet

På grund av att försöken är gjorda med enkel försöksutrustning är kapaciteten okänd vid praktisk användning.

##### 15.1.3 Effekt

###### 15.1.3.1 Ogräs

De synliga skadorna på växterna vid frysning och flamning, finns på växtens ovanjordiska växtdelar, är relativt lika varandra. Frysning skadar främst växtens nedre delar, medan flamning skadar hela växten (Fergedal, 1993).

Effekten är större på plantor i hjärtbladstadiet än på äldre plantor (Fergedal, 1993).

Frysning är jämförbar med flamning på ogräs med skyddad tillväxtpunkt, t.ex. gräs, åkervinda och småplantor av örtogräs. Däremot fungerar frysning sämre på högre ogräs (Larsson, 1993). Pilört är en art som påverkas mycket lite av kyla, medan den är känslig för flamning (Fergedal, 1993), (Larsson, 1993).

Ogräsbekämpningsförsök har gjorts, av ogräsavdelningen Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala, på banvall med flytande kväve. Där kunde en omedelbar effekt ses på fleråriga örter, men efter en tid sköt de nya skott. Gräset påverkades inte omedelbart, men det visnade senare. Den vedartade vegetationen påverkades mycket lite av behandlingen. Vegetationen påverkades mycket mer av behandlingen mellan rälen än utanför, beroende på att det flytande kvävet låg längre kvar mellan rälen än utanför, där det rann av (Westberg, 1981).

Det finns två sätt som frysning kan döda en växt, extracellulär och intracellulär frysning. Extracellulär frysning innebär att is bildas mellan cellerna. Isbildningen börjar från vattenfilmer eller vattendroppar på cellens yta. Vatten från cellen diffunderar ut och kondenserar på den växande iskristallen. Ju kallare det är desto mer vatten dras ur cellerna till iskristallerna i mellanrummet mellan cellerna. Vid låga temperaturer kan så mycket vatten dras ur cellerna att de dör (Fergedal, 1993).

Vid frysning av ogräs med flytande kväve och kolsyresnö är det troligen fråga om intracellulär frysning. (Fergedal & Svensson, 1993). Vid intracellulär frysning fryser lösningen inuti cellen (cellvätskan). Intracellulär frysning förekommer oftast vid snabba nedrysningsförlopp, när temperatursänkningen är snabbare än 2.5 °C per minut. Denna snabba nedfrysning karaktäriseras av att hela cellen ögonblickligen antar en mörk färg. Vid intracellulär frysning dör troligen cellen av att membranen förstörs mekaniskt av de snabbt växande iskristallerna i protoplasman (Fergedal, 1993).

###### 15.1.3.2 Ballast

Ogräsbekämpning med frysning har ingen känd påverkan på ballasten.

###### 15.1.3.3 Antal behandlingar per år

Från försök med flytande kväve på banvallar drogs slutsatsen att det krävs upprepade behandlingar för att hålla tillbaka vegetationen under en längre tid (Westberg, 1981).

#### 15.1.3.4 El och signal

Ogräsbekämpning med frysning har ingen känd påverkan på el- och signalsystemet.

#### 15.1.3.5 Banan

Ogräsbekämpning med frysning har ingen känd påverkan på banan.

### 15.2 Ekonomi

#### 15.2.1 Beräknad energikostnad per kvadratmeter banvall

Priset per m<sup>2</sup> och bekämpning för att nå 90 % ogräseffekt (på en gles gräsyta) var enbart för frysmedierna 1.20 - 2.50 kr för flytande kväve och 3.80 - 5.10 kr för flytande koldioxid (Fergedal, 1993).

### 15.3 Miljö

#### 15.3.1 Energiförbrukning

Jämfört med flamning går det åt ca 3 gånger så mycket energi vid frysning med flytande kväve och ca 6 gånger så mycket energi vid frysning med kolsyresnö, för att reducera antalet ogräs med 90 %.

När flytande kväve och koldioxid värms upp till omgivningens temperatur åtgår det mycket energi som tas från omgivningen. Detta gör kväve och koldioxid till bra kylmedium.

Energiförbrukningen när ett kg flytande kväve respektive flytande koldioxid, värms upp till 0 °C är 383 kJ respektive 364 kJ.

Förbrukningen vid 90 % reduktion av antalet ogräs (på ett fält med naturligt mycket rik ogräsflora) var för frysning med:

\* kväve 1.33 kg/m<sup>2</sup>, 510 kJ/m<sup>2</sup>

\* koldioxid 2.58 kg/m<sup>2</sup>, 940 kJ/m<sup>2</sup> (Fergedal, 1993).

#### 15.3.2 Utsläpp till

##### 15.3.2.1 Mark och vatten

Inget.

##### 15.3.2.2 Luft

Om hänsyn tas till koldioxidutsläppen är frysning med flytande kväve en mer miljövänlig ogräsbekämpningsmetod än flamning, om transporterna är kortare än 10 mil (Larsson, 1993).

##### 15.3.3 Buller

Se kapitel 7.3.3.

##### 15.3.4 Skada på grund av brand och explosion

Ingen.

### 15.4 Arbetsmiljö

#### 15.4.1 Damm

Det bildas inte damm vid användning av flytande kväve och koldioxid för ogräsbekämpning.

#### 15.4.2 Avgaser

Kväve kan orsaka kvävning. Vid höga koncentrationer kväve i luften reagerar kroppen med kvävningssymptom i form av andnöd samt försämrad reaktionsförmåga och muskelkoordination. Allvarligare fall kan leda till medvetslöshet och död. Det flytande kvävet innehåller dock inga giftiga ämnen.

Koldioxid är inte heller giftig, men verkar bedövande i höga halter. Koldioxid finns normalt i luften i en halt av 300 ppm. Halter på 3 - 5 % medför ökad andningstakt och huvudvärk. Vid halter mellan 8 - 15 % inställer sig huvudvärk, illamående och kräkningar, vilket kan leda till medvetslöshet. Halter över 15 % leder till koma och död. Koldioxid bör därför hanteras i väl ventilerade utrymmen (Fergedal, 1993).

### 15.4.3 Olycksrisk p.g.a.

### 15.4.4 Explosion

Det finns ingen risk för explosion vid hantering av gastuber med flytande kväve (Hök, pers. medd., 1994).

#### 15.4.4.1 Frysskador

Kväve i vätskeform eller som kall gas kan ge svåra frysskador på ögon och hud. Vid hantering av flytande kväve måste all hudkontakt med den kalla vätskan undvikas. Den utrustning som används vid

frysning av ogräs blir mycket kall, man får därför inte heller beröra denna utan skyddshandskar.

Om kolsyresnö eller flytande koldioxid kommer i kontakt med huden uppstår frostsador (Fergedal, 1993).

### 15.4.5 Ergonomi

Utrustningen kan utformas så att det inte blir några problem med ergonomi.



## Termiska metoder - UV-ljus

### 16 UV-LJUS

#### 16.1 Teknik

UV-ljus kan delas in i: UV-C som har en våglängd på 200 - 280 nm, UV-B 280 - 320 nm och UV-A 320 - 400 nm (Staxén, 1994).

##### 16.1.1 Drivmedel

Diesel kan användas för att driva lamporna. (Jensen, pers. medd., 1994). Om anslutningarna till kontaktledningarna kan göras säkra, kan energin till bekämpning med UV-ljus tas ifrån kontaktledningarna på de elektrifierade banvallarna.

##### 16.1.2 Kapacitet

Teoretisk är det möjligt att bekämpa vid relativt hög hastighet. Det finns idag ingen färdig utrustning för ogräsbekämpning på banvallar. Det finns i ett patent med UV-ljus för ogräsbekämpning med ett förslag på en utrustning för ogräsbekämpning, som skulle kunna bekämpa ogräs i hastigheter från 24 till 72 km/timme (Jensen, pers. medd., 1994).

##### 16.1.3 Effekt

###### 16.1.3.1 Ogräs

Storbladiga växter är känsligare för UV-ljus än gräs. Växter i ett tidigt utvecklingsstadium är känsligare än äldre. Under växternas utveckling bildas nämligen flavonoider som är ett pigment (Bornman, pers. medd., 1994). Måttligt förhöjda mängder av UV-B leder till en ökning av halten flavonoider i växten. Pigmentet har samma skyddande förmåga mot UV-ljus som melanin har i huden på människor (Staxén, 1994).

Då ogräset utsätts för höga doser av UV-ljus vissnar det redan efter två dagar.

En större del av UV-ljuset absorberas av växten och omvandlas till värme, jämfört med infrarött och synligt ljus (Jensen, pers. medd., 1994). Ogräsbekämpning med UV-ljus kan därför räknas till de termiska ogräsbekämpningsmetoderna.

###### 16.1.3.2 Ballast

UV-strålning har ingen effekt på ballasten.

###### 16.1.3.3 Antal behandlingar per år

Uppgifter saknas.

Antalet behandlingar kan bli fler, jämfört med andra termiska metoder, om det är ett kraftigt ogräsbestånd som behandlas p.g.a. dålig inträngning i beståndet. UV-ljusets höga absorbans, låga transmittans och reflexionsförmåga i växten, leder till att endast de delar av växten som direkt träffas av strålningen som värms upp.

###### 16.1.3.4 El och signal

UV-ljus kan bryta ned olika typer av plaster.

###### 16.1.3.5 Banan

Banan påverkas troligen ej av UV-ljus.

#### 16.2 Ekonomi

##### 16.2.1 Driftskostnader

På grund av att det saknas praktiska försök är det osäkert att säga hur stora driftskostnaderna kommer att bli. Följande uträkningar kan därför endast betraktas som grova uppskattningar.

För ogräsbekämpning går det att läsa i patentet att det finns lampor som kan ge ca 10 kW UV-ljus per kvadratmeter. Vid 30 % verkningsgrad kommer lamporna att ha ett effektbehov på 35 kW/m<sup>2</sup>.

Om man använder sig av en vagn som kan sända ut strålning på en 80 m<sup>2</sup> stor yta (10 meter lång och 4 meter bred), blir det totala effektbehovet ca 3 MW.

Direkta utgifter vid en genomsnittlig hastighet på 24 och 72 km/h (d.v.s. vid 30 resp. 10 kJ/m<sup>2</sup>), och med ett kW-pris på 25 ören ger:

$$3 \text{ MW} \times 0.25 \text{ kr/kWh} = 750 \text{ kr/h}$$

De rörliga utgifterna kommer att bli 1500 kr/h, om lokförarlönen är 250 kr/h, och om utgiften är 500 kr/h för lampbyte.

Den behandlade ytan per timme är:  
24 km/h x 4 meters bredd = 96 000 m<sup>2</sup>  
72 km/h x 4 meters bredd = 288 000 m<sup>2</sup>

$$\frac{1500 \text{ kr/h}}{96000 \text{ m}^2} = 1.56 \text{ öre/m}^2$$

$$\frac{1500 \text{ kr/h}}{288000 \text{ m}^2} = 0.52 \text{ öre/m}^2$$

Kostnaden blir därmed 0.52 - 1.56 öre/m<sup>2</sup> (Jensen, pers. medd., 1994). Det krävs troligen en säkerhetsansvarig på tåget, vilket kommer att fördyra bekämpningen.

#### 16.2.2 Beräknad energikostnad per kvadratmeter banvall

Energi-kostnaden kommer att vara 0.26 - 0.78 öre/m<sup>2</sup> om energikällan till ljusvagnen är elektricitet.

Energi-kostnaden kommer att bli 0.67 - 2.08 öre/m<sup>2</sup>, om energikällan till ljusvagnen är diesel. Energiförbrukningen antas vara 80 - 250 kJ/m<sup>2</sup> (se stycket om energiförbrukning). I beräkningen antas att dieselpriiset är 2.995 kr/l och energiinnehållet i en liter diesel är 36 MJ) (Jensen, pers. medd., 1994).

### 16.3 Miljö

#### 16.3.1 Energiförbrukning

För att få tillräcklig ogräseffekt och bekämpningshastighet antas det, att det behövs ca 10 - 30 kJ UV-ljus per kvadratmeter. Om lamporna som

används har 30 % verkningsgrad, behövs det lampor som ger en effekt på 33 - 100 kJ/m<sup>2</sup>.

Verkningsgraden på diesellaggregat är i bästa fall 40 % (Svensson, pers. medd., 1994). Det leder till att det behövs ca 80 - 250 kJ/m<sup>2</sup> om lamporna drivs med diesel.

#### 16.3.2 Utsläpp till

##### 16.3.2.1 Mark och vatten

Inga.

##### 16.3.2.2 Luft

Ozon bildas av syre, om det bestrålas med 185 - 210 nm UVC-ljus (Arbetsmiljöinstitutet, 1987). Om UV-ljus som har en längre våglängd än 210 nm, används går det att eliminera risken för att det bildas ozon.

#### 16.3.3 Skada på grund av brand och explosion

Det finns risk för brand om aggregatet med full effekt framföres alltför långsamt (Jensen, pers. medd., 1994).

### 16.4 Arbetsmiljö

#### 16.4.1 Damm

Inget.

#### 16.4.2 Avgaser

Ozon bildas från syre och omvandlas åter till syre med ca 250 nm UVC-ljus. Det är därför möjligt att ljusvagnen själv kan begränsa den mängd ozon som bildas vid behandlingen (Jensen, pers. medd., 1994). Det kommer dock att bli ett nettotillskott av ozon till den omgivande miljön om man använder sig av den gasurladdningslampa som beskrivs i "Uddrag af patentskrift" (Vester, pers. medd., 1994). Patentet på lampan finns beskriven i Danmark med patentnummer 167992). Lampan utsänder 16 % av energin i form av UVC-ljus, ca 7 % som UVB-ljus, ca 7 %

som UVA-ljus, ca 14 % som synligt ljus, ca 35 % som infrarött ljus och resten ca 21 % som värme i elektronik, reflektorer och lampa (Jensen, pers. medd., 1994).

Ozon ( $O_3$ ) är ett starkt oxidationsmedel, som kan ge upphov till reaktiva radikaler. Ozon kan med vatten bilda små mängder av väteperoxid. Vid exponering av  $1 \text{ mg/m}^3$  ozon upptill 6 h, uppkommer försämrad lungfunktion, subjektiva besvär i form av hosta, bröstsmärta, andnöd och huvudvärk. Det finns exempel på att svetsare har fått lungödem eller bronkit vid yrkesmässig exponering ( $18.4 \text{ mg ozon/m}^3$ ) och bronkit ( $3.4 \text{ mg ozon/m}^3$ ). Personer med lungsjukdomar är känsligare för ozon. (Arbetsmiljöinstitutet, 1987).

Vid  $0.04 \text{ mg/m}^3$  kunde 9 av 10 personer omedelbart känna lukten av ozon men inte efter 5 minuters adaptation. Vid  $0.1 \text{ mg/m}^3$  kunde 13 av 14 känna lukten, men efter 13 minuter hade adaptation inträtt (Arbetsmiljöinstitutet, 1987).

Nivågränsvärdet för ozon är  $0.2 \text{ mg/m}^3$  ( $0.1 \text{ ppm}$ ), takgränsvärdet  $0.6 \text{ mg/m}^3$  ( $0.3 \text{ ppm}$ ) (Arbets- skyddsstyrelsen, 1993).

### 16.4.3 Olycksrisk p.g.a.

#### 16.4.3.1 Brand, explosion

Det kan uppstå brand om aggregatet får värma upp brännbart material allt för länge.

#### 16.4.3.2 Strålning

Dåligt avskärmat utrustning kan ge upphov till för höga mängder UV-ljus i arbetsmiljön.

Man har kunnat konstatera effekter av för hög exponering av ultraviolett strålning på hud och ögon hos människor. Ögonen är känsligare för UV-strålning än huden. Den hudpåverkan som ultraviolett strålning kan åstadkomma är:

- erytem (allt från hudrodnad till brännskada).
- ökad pigmentering (solbränna).
- förändrad bindevävnad i huden (elastos, "åldrande med förändrad elasticitet, vilket ger ett så kallat väderbitet utseende).
- olika cancerformer (malignt melanom, basalcellcarcinom och skivepitelcancer).

Man har även kunnat konstatera påverkan på ögon genom uppkomst av fotokeratit och fotokonjunktivit (akut påverkan av ögats hornhinna resp. bindehinna - t.ex. snöblindhet och svetsblänk) (Arbetsmiljöinstitutet, 1993).

I princip är erytem, ökad pigmentering, fotokeratit och fotokonjunktivit akuta effekter som försvinner efter en kortare tid. De övriga förändringarna betraktas som irreversibla och uppträder efter en längre tids exponering (Arbetsmiljöinstitutet, 1993).

Graden av UV-ljusets skadegörande förmåga är starkt våglängdsberoende. Den skadligaste våglängden är 270 nm. Längre våglängder av UV-ljus är mindre aggressiva. Ju kortare våglängden är på UV-ljuset fr.o.m. 270 nm, desto större förmåga har hudens hornlager och ögats hornhinna, att skydda sig mot UV-ljuset (Vester, pers. medd., 1994).

Kriteriegruppen för fysikaliska skador vid arbetsmiljöinstitutet föreslår att exponering av UV-ljus i inomhusmiljöer regleras i föreskrifter genom att införa gränsvärden, med mål att:

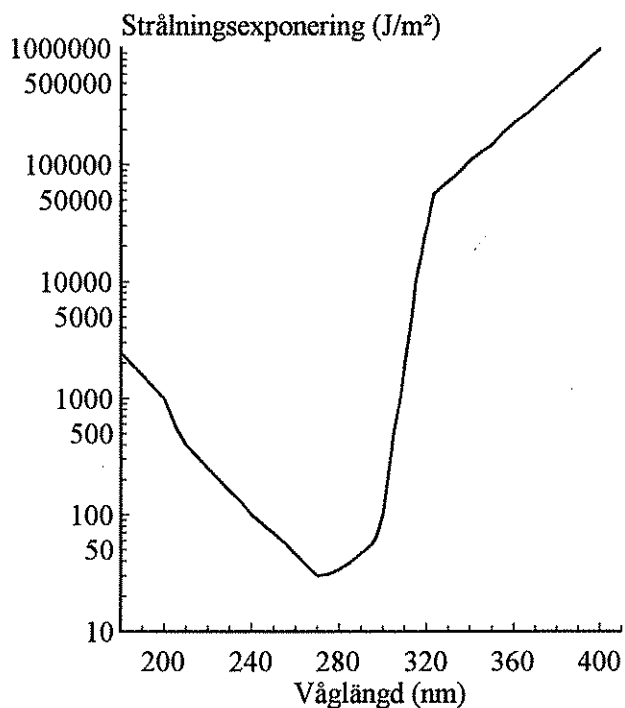
- begränsa den akuta exponeringen så att erytem och/eller fotokeratit ej uppkommer. Detta uppfylls normala fall om exponeringen under stiger ett gränsvärde på  $30 \text{ J/m}^2$  under en 24-timmars period (gäller vid 270 nm) (se figur 10).
- begränsa den totala exponeringen. Samma begränsning som vid den akuta exponeringen till  $30 \text{ J/m}^2$  per arbetsdag, resulterar i en ackumulerad dos på högst  $7 \text{ kJ/m}^2$  per år (gäller vid 270 nm).

Kriteriegruppen finner att situationer med arbete utomhus är svårt att reglera på liknande sätt (Arbetsmiljöinstitutet, 1993).

Vester (pers. medd., 1994) anser att om man använder av så höga doser UV-ljus så att ogräs dör, kommer en utrustning utan skyddsanordningar kunna skada människor som vistas i dess närhet.

Johansson (pers. medd., 1994) anger att kortvägigt UV-ljus kan ge upphov till skador på levande organismers DNA-kedja, och att risken för mutationer är större på mikroorganismer än på växter p.g.a. dess korta livscyklar. Den största skadan på DNA och proteiner sker vid de våglängder som är lika med dess absorptionsmaximum d.v.s. vid 256 respektive 280 nm. Långvägigt UV-ljus och blått ljus

kan reparera de skador som kortvågigt ljus åstadkommer.



Figur 10. Rekommenderad gränsvärdeskurva för inomhusmiljöer i våglängdsområdet 180 - 400 nm vid 24 timmars exponering (Efter Arbetsmiljöinstitutet, 1993).

#### 16.4.4 Psykosocial miljö

Närheten till UV-strålande och ozonbildande utrustning kan vara och upplevas som farligt.

## 17 DISKUSSION

### 17.1 Ogräsförekomst på banvallar

Ogräsproblemen på banvallar och bangårdar är av varierande omfattning och karaktär beroende på lokala förutsättningar. Generellt kan man emellertid dela in ogräsproblemen i två huvudgrupper:

- Rotogräs som vuxit in i banvallen från omgivningen eller eventuellt funnits i underbyggnaden vid byggandet.
- Fröogräs vars frön har kunnat gro och etablera sig i ballastens ytskikt.

Rotogräs som t.ex. åkerfräken har ett omfattande system med jordstammar som säkerställer försörjningen av de skott som växer på banvallen. Förlorade ovanjordiska växtdelar till följd av bekämpningsinsatser kan snabbt ersättas med nya. Teoretiskt kan dessa ogräs bekämpas genom ett kontinuerligt borttagande av de ovanjordiska fotosyntesaktiva delarna, så att näringsreserverna förbrukas. I praktiken är resultatet emellertid mycket osäkert. Detta innebär att rotgräsen är mycket svåra att åtgärda när de väl etablerat sig i banvallen. Dessa ogräs kan också komma tillbaka kort tid efter t.ex. en ballastrening, eftersom jordstammarna finns kvar under den renade ballasten

För att ogräsfröna ska kunna gro och etablera sig krävs det framförallt att vattenförsörjningen kan garanteras. Grusballast utgör en relativt god grogrund för ogräsfrön genom finmaterialets vattenhållande förmåga. En makadamballast som är fri från mindre partiklar är däremot ogräsovänlig. Med tiden får man emellertid en nedsmutsning av ballasten som ökar förutsättningarna för frön att gro.

### 17.2 Behov av vegetationsbekämpning

I vissa fall finns det anledning att ifrågasätta behovet av ogräsbekämpning. Det råder stor osäkerhet om i vilken utsträckning ogräsen påverkar banvallens egenskaper i en negativ riktning. För närvarande saknas ett beslutsunderlag som gör det möjligt att minimera antalet bekämpningstillfällen utan att äventyra banvallens konstruktionsegenskaper. Förutom lägre kostnader är färre behandlingar även önskvärt för att minska miljöbelastning och störningarna i trafiken.

### 17.3 Förebyggande åtgärder mot ogräs

Begränsningar i användningen av kemiska bekämpningsmedel har medfört ett intresse för åtgärder som kan förebygga ogräsproblemen. Tidigare har man med långtidsverkande herbicider kunnat hålla banvallarna ogräsfria till en låg kostnad, även vid ett mycket stort ogrästryck. Svårigheterna att hitta icke-kemiska metoder som till en låg kostnad kan bekämpa ogräs medför att man tvingas försvara tillvaron för ogräsen genom olika förebyggande insatser.

Förebyggande åtgärder kan bestå av:

- ogrässpärrar mot rotogräs vid nyanläggning och underhåll.
- utbyte av "gröningsvänlig" grusballast mot makadamballast.
- införande av ogräskonkurrerande vegetation på angränsande ytor som motverkar ogrässpridning.

### 17.3.1 Nyanläggning av banvallar

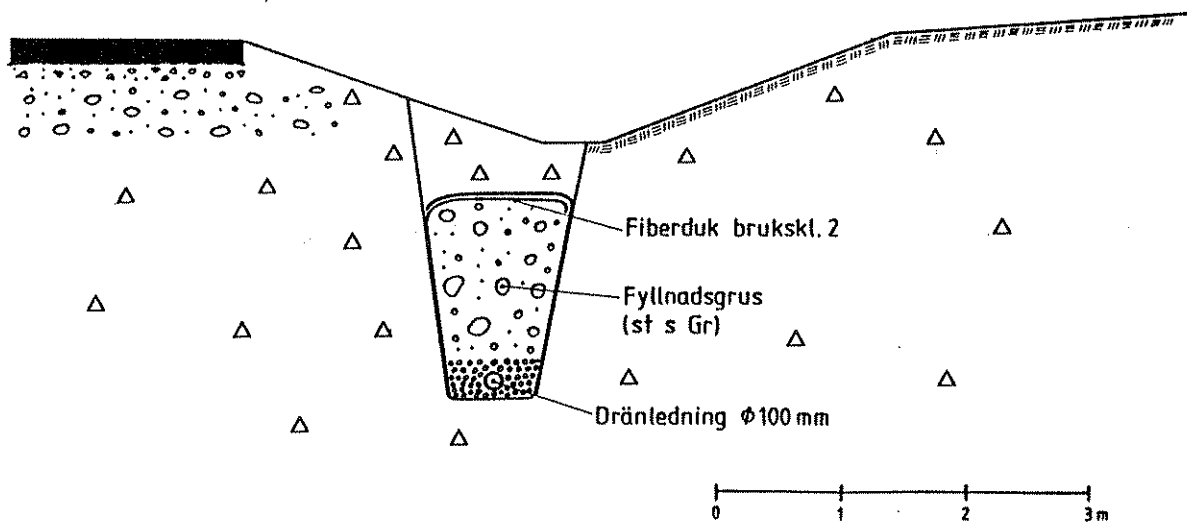
I samband med nyanläggning finns de bästa förutsättningarna att utnyttja förebyggande åtgärder. Det är viktigt att man redan i planerings- och projekteringskedet beaktar möjligheterna att bygga "ogräsovänligt".

Erfarenheter från användning av geotextilier som rotoörsspärr under asfalt och trädrotspärr vid VA-ledningar visar att det är mycket svårt att uppnå ett helt säkert skydd med vattengenomsläppliga material.

Kunskapen om örsspärrs placering och materialegenskaper är av central betydelse. Följderna av olika kompromisser mellan ogrässkydd, bärighet och avvattning är otillräckligt kända för att kunna bygga på ett optimalt sätt.

Nålfiltade geotextilier kan ersättas med termiskt behandlade utan att bärigheten försämras alltför mycket.

Geotextilier används vid nybyggnad idag för att förhindra att underliggande finmaterial transporteras upp i ballasten. Vid nyanläggning är vertikala spärrar vid släntfoten av ett helt tätt material ett intressant komplement eller alternativ till en horisontell placering. Denna typ av vertikal spärr bör nå ner till 1,5-2 m djup och kan eventuellt integreras i det djupdräneringssystem som har börjat tillämpas vid anläggning av nya banvallar och vägar (figur 11).



Figur 11. Trammel-dräneringens utformning (Efter Bäckman, 1993).

Att upprätthålla en yta fri från vegetation (ogräs) innebär en ständig kamp mot en naturlig igenväxningsprocess. En lockande tanke är att aktivt utnyttja vissa växter för att hindra etablering och spridning av icke önskvärda arter. Denna strategi skulle kunna vara tillämpbar på banvallens intilliggande ytor. Det saknas svenska erfarenheter för att framförallt bedöma behov av skötselinsatser under främst etableringskedet och uthålligheten när det gäller att fördröja invandring av ogräs.

### 17.3.2 Underhåll av banvallar

Ballastrening eller byte är en underhållsinsats som effektivt förhindrar ogräsfrön från att gro i ballastens ytskikt, om ballasten är grov. Det saknas undersökningar som visar vilken varaktighet man uppnår ur ogrässynpunkt d.v.s. hur lång tid det tar innan behovet av ogräsbekämpning är det samma som före åtgärd. Denna kunskap är nödvändig bl.a. för att beräkna lönsamheten hos denna typ av investering i jämförelsen med ett antal årligen återkommande bekämpningsinsatser. Varaktigheten är beroende av beskaffenheten hos det material som återförs, samt hur snabbt mängden finmaterial ökar. Användning av materialskiljande geotextil bör öka varaktigheten genom att uppträngning av finmaterial förhindras. Det är oklart i vilken utsträckning förorening från t.ex. tågtoaletter påverkar nedsmutsningstakten. Problemet kommer dock på sikt att försvinna. Vid utgången av 1994 skall nämligen samtliga vagnar i ordinarie trafik ha försetts med slutna toalettsystem (SJ, 1994).

Ballasten renas normalt till ca 0.4 m djup från slipers underkant, vilket medför extra kostnader för efterföljande spårriktning. Ur fröogrässynpunkt behöver inte ballasten inte åtgärdas till så stort djup. Vid utläggning av ett 10-15 cm tunt skikt kan dock en grov makadam medföra en risk för att ogräsfrön kan gro i övergången till den underliggande orenade ballasten. Fröogräsens groning och etablering kan då ske genom att ljus når ner till fröet (groningsprocessen är ofta ljusberoende), vatten finns tillgängligt i den orena ballasten och ogrässkotten kan växa upp till ljuset i hålrummen mellan stenarna. Prov med byte av grusbullast till slipers underkant har utförts med vakuumteknik (för att därmed slippa kostnad för spårriktning). Nackdelen med en så grund insats är att det inte är möjligt att installera en geotextil som både förhindrar nedsmutsning underifrån och fungerar som rotoogrässpär (beroende på geotextilens egenskaper enligt ovan). Möjlighet att genom ett dispensförfarande kunna använda glyfosatpreparat mot rotoogräs före byte av grusbullast är i detta fall en lösning. Dispens från förbud mot kemiska bekämpningsmedel är troligen främst aktuella utanför områden med vattentäkter. För att få dispens bör man ställa krav som minimerar risken för negativ miljöpåverkan. Det kan gälla t.ex. krav på att använda avstrykningsteknik som minskar preparatförbrukningen genom ökad precision vid applicering, eller bättre avskärning av sprutduschen.

### 17.3.3 Bangårdar

När det gäller bangårdar sammanfaller problembilden och lösningarna till viss del med för situationen banvallar. En viktig skillnad är emellertid de krav som ställs då personal skall vistas på ytorna som t.ex. på rangerbangårdar. Halkrisk m.m. vid stor ogräsförekomst påverkar arbetsmiljön i stor utsträckning. Användningen av ett grovt fröogräshämmande stenmaterial i ytan försvåras med tanke på framkomligheten för personalen. Användning av t.ex. "Flow coat" som ett ytskikt kan vara en utvecklingsbar möjlighet. Den stora fördelen med denna metod är att utläggningen av materialet kan ske rationellt och därmed kan kostnaderna begränsas. Det återstår emellertid flera frågor som måste besvaras innan det är möjligt att ta ställning till metodens praktiska tillämpbarhet. Som ett första steg måste man genom försök i främst mindre skala undersöka olika materialsammansättningar och dess varaktighet, slitstyrka (för t.ex. tramp) och vilka kostnader som metoden medför.

## 17.4 Metoder för bekämpning av växande ogräs

Tidigare använda långtidsverkande kemiska bekämpningsmedel resulterade i låga bekämpningskostnader framförallt genom att man kunde arbeta med långa intervaller mellan behandlingarna. De herbicider som idag kan användas utanför restriktionsytorna har en begränsad varaktighet. Systemiskt verkande preparat som t.ex. Roundup eller Avans har ingen långtidsverkan på fröogräs men de har den fördelen att även rotoogräsens underjordiska växttdelar bekämpas så att återväxt efter behandling stoppas. (De herbicider som marknadsföres i Sverige idag har dock begränsad effekt mot åkerfräken). Ogräsfrön kan emellertid börja gro direkt efter behandling med t.ex. Avans.

Banverket har klassat 6 - 10 % av det totala järnvägsnätet som restriktionsytor, där kemisk vegetationsbekämpning inte utförs. Av den totala bansträckan på 10 000 km som förvaltas av banverket är ca 750 km undantagna från kemisk bekämpning. På längre sikt kan ombyggnation minska vegetationsproblemen under förutsättning att förbättrade anläggningsmetoder används. På kort sikt måste dock vegetationen hållas under kontroll med hjälp av icke-kemiska metoder för direkt bekämpning.

Gemensamt för de icke-kemiska metoderna är att behandlingens varaktighet är mycket begränsad. Detta beror framför allt på att det bara är de ovanjordiska växtdelarna som skadas. Beroende på ogräsart kommer återväxten igång mer eller mindre snabbt efter behandling. Mekanisk bekämpning av markens ytskikt som t.ex. vid ogräsborstning medför att även vissa plantor rycks upp med rötterna eller att skyddade tillväxtpunkter i markytan förstörs. Detta utnyttjas t.ex. i samband med ogräsbekämpning på gatumark (kantstenar etc.) med stora väletablerade ogräs, till följd av eftersatt bekämpning. Beröringsfria metoder som t.ex. flamning påverkar enbart de ovanjordiska delarna.

Vid vegetationsbekämpning på banvallar är beröringsfria metoder att föredra, för att undvika förflyttning av makadam, skador på kablar, balliser etc. Exempel på sådana metoder är flamning, hetvatten, hetluft, frysning, elektrisk bekämpning och bekämpning med hjälp av UV-ljus. Vid val av metod är det viktigt att klargöra ogräseffekten av de olika behandlingarna, hur effektivt energin utnyttjas vid användning av de olika metoderna, vilka problem som kan finnas i form av brandrisk, risk för skador på känsliga material etc.

*I det följande avsnittet kommenteras de enskilda metoderna var för sig:*

Mekanisk bekämpning genom *borstning*, med stålwirar roterande runt en vertikal axel, är en metod som kan vara användbar på grusballast. Ogräsborsten har blivit ett vanligt redskap på gatumark under de senaste åren. Till skillnad från de beröringsfria metoderna kan borstningen bekämpa större ogräs genom en bearbetning av markytan. Metoden bör därför vara intressant främst i situationer med väletablerade ogräs till följd av en eftersatt ogräsbekämpning. Genom att metoden inte är beröringsfri måste risken för skador på kablar etc. beaktas.

Under avsnittet "underhåll av banvallar" ovan diskuterades *vakuumtekniken* som en möjlig metod för ytlig ballastbyte. Vakuumtekniken kan också vara intressant att använda som en "renoveringsmetod" för eftersatta ytor med stora väletablerade ogräs. Insatsen koncentreras då på att punktbekämpa ogräshårdar men med minimerat bortagande av ballast. Nya späda ogräs kan sedan klaras med beröringsfria metoder.

Mekanisk bekämpning med *ogräsharv* är en rationell metod som kan användas på gångstråk eller andra större grusytor på bangårdar. Genom att det är möjligt att hålla en hög körhastighet blir kostnaden förhållandevis låg.

Termisk bekämpning genom *flamning* är en beröringsfri metod som tillämpas på banvallar i Tyskland, och i Sverige på hårdgjorda ytor och inom bl.a. grönsaksodling och blastdödning av potatis. Flamning fungerar bättre på en jämn grusyta än en makadamballast. Metoden kan endast tillämpas med framgång om ogräsen är små, vilket resulterar i att det krävs ett stort antal behandlingstillfällen under en säsong. Brandrisken innebär ett problem under svenska förhållanden, främst beroende på risken för skogsbränder. I Tyskland har man försökt att minimera risken för bränder genom att direkt efter bekämpningen spruta ut vatten på den behandlade ytan. Avgaserna från flamning med gasol är vid fullständig förbränning CO<sub>2</sub> och vatten. Dess påverkan på miljön är relativt liten i jämförelse med dieselavgaser. Om växterna förbräns emitteras gaser och partiklar från de brinnande växtdelarna.

Termisk bekämpning med *hetvatten* har ett liknande verkningssätt som flamning. Det är oklart om man kan uppnå en större inträngning med hetvatten och därmed en mer varaktig effekt. Den viktigaste skillnaden i en praktisk tillämpning är att det inte finns någon brandrisk.



Ogräsbekämpning genom *ångning* anses inte vara praktiskt användbar till följd av främst en hög energiförbrukning.

*Hetluft* är en oprövad metod vars utvecklingspotential är svår att bedöma.

*Frysning* med kolsyresnö och flytande kväve har i försök visat sig vara energikrävande. Genom att utveckla tekniken kan man uppnå ett bättre energitnyttjande, men metoden bedöms för tillfället inte vara praktiskt tillämpbar.

Den elektrotermiska *direktkontaktmetoden* är möjlig att använda om risken för störningar på signalsystemet kan elimineras. Enbart stora ogräs kan behandlas med denna metod för att inte riskera att elektroderna kommer i kontakt med rälsen. En viss effekt kan man också få under markytan beroende på förhållanden i ballasten. Utan bra jordning leds ingen ström genom växten. Upphetning med *mikrovågor* leder till energiförluster genom att även ballasten värms upp. Mikrovågstekniken medför också säkerhetsproblem.

Kunskapen om *UV-ljus* för ogräsbekämpning är mycket begränsad. Det går därför i dagsläget inte att uttala sig om metodens praktiska tillämpbarhet. Från en tillverkare har framförts visioner om att genomföra bekämpning med hög körhastighet och med en låg insats av energi per ytenhet. Ur arbetsmiljösynpunkt kommer det att ställas höga krav på skyddsanordningar. Vidare finns det en osäkerhet kring huruvida de mutationer som uppstår vid vissa våglängder kan accepteras. För att eliminera risken för mutationer hos olika organismer är det teoretiskt möjligt att bara utnyttja våglängder som inte ger dessa effekter. Vid ogräsbekämpning med kortvågigt UV-ljus bildas det ozon. Det finns en möjlighet att undvika ozonbildning om UV-ljus med längre våglängder används.

De icke-kemiska metodernas påverkan på såväl arbetsmiljö som den yttre miljön är en viktig kunskap i en valsituation. Arbetsmiljön bestäms till en stor del av redskapsbärarens egenskaper och i mindre utsträckning av bekämpningsmetoden. Eftersom diesel är ett vanligt drivmedel står emissioner från förbränningsmotorer för en stor del av miljöpåverkan. Förbättrad reningsteknik är ett sätt att minska den negativa miljöpåverkan. När det gäller åtgärder mot CO<sub>2</sub>-utsläpp är avveckling av de fossila bränslena den enda utvägen.

Generellt anses de låga körhastigheterna vara ett stort problem för de icke-kemiska metoderna, eftersom man befärrar besvärande störningar i trafiken. Om man koncentrerar sig till restriktionsytorna bör det emellertid vara möjligt att till viss del kompensera en låg bekämpningshastighet med en hög transporthastighet mellan bansträckningarna. Ett annat alternativ är att enkelt kunna köra utrustningen av från banan, för att släppa förbi ordinarie tågtrafik. Insatserna kan också minimeras genom en ökad behovsanpassning, eftersom ogräsförekomsten och därmed bekämpningsbehov varierar på banvallarna.

Den psykosociala arbetsmiljö har visat sig vara besvärande i samband med kemisk bekämpning genom allmänhetens påtryckning på den utförande personalen. Alternativa metoder kan emellertid också utgöra ett problem genom att resultatet efter bekämpningen inte stämmer överens med förväntningarna hos personalen. Detta problem är speciellt stort vid övergången från långtidsverkande kemiska bekämpningsmedel till alternativa metoder. Osäkerhet kring vilka eventuella hälsorisker nya metoder kan medföra, kan utgöra ett stort psykosocialt arbetsmiljöproblem.

De olika ogräsbekämpningsmetoderna är olika känsliga för den väderlek som råder vid behandlingstillfället. Den metod som är minst beroende av vädret är borstning. Bäst ogräseffekt uppnås om marken är fuktig. Ogräsbekämpning med hetvatten är också en relativt väderokänslig metod. Den bästa effekten av flamning och hetluft uppnås vid torr och vindstilla väderlek. Det finns risk för elektriska överslag vid ogräsbekämpning med elektriska metoder under regn.

Då samtliga icke-kemiska bekämpningsmetoder fungerar sämre på större etablerade ogräs och då i synnerhet roto-gräs bör man överväga möjligheterna att i vissa fall få använda glyfosatpreparat i enlighet

med resonemanget ovan under renovering. Dispens kan främst motiveras vid punktinsatser mot roto­gräs och i en övergång till icke-kemiska metoder från ett läge med en eftersatt ogräsbekämpning.

### 17.5 Sammanfattning av viktiga kunskapsluckor

En miljöanpassad vegetationskontroll ställer betydligt större krav på kunskap, behovsanpassning och långsiktigt tänkande för att bli framgångsrik. Som ett underlag för planering av fortsatt FoU-verksamhet har följande kunskapsluckor identifierats:

- Hur mycket vegetation kan tolereras utan att banvallens egenskaper allvarligt försämras?
- I nuläget saknas det kunskap för att behovsanpassa bekämpningsinsatserna och därmed minimera kostnaderna och miljöpåverkan.
- I vilken utsträckning är det möjligt att uppnå ekonomiska och miljömässiga fördelar genom att ersätta grusballast med en groningshämmande makadamballast?
- Hur bör spärrar mot roto­gräs vara beskaffade och hur ska de placeras?
- Är marktäckning med polymerfilm genom flytande applicering på plats en användbar ogräsförebyggande metod?
- Kan rötter och jordstammar från roto­gräs passera sikten vid ballastrening och därigenom på nytt etablera sig i banvallen?
- Vilken metod som bäst kan lösa det akuta problemet med ogräset på banvallar (mekanisk bekämpning, hetvatten el. dyl.).
- De olika metodernas tillämpbarhet på banvallar. Det saknas t.ex. jämförbara uppgifter på energiförbrukning och ogräseffekt för termiska metoder.
- Det saknas kunskap för att bedöma förutsättningarna för användning av UV-ljus för ogräsbekämpning på banvallar, som underlag för ett långsiktigt utvecklingsarbete.
- Det krävs informationsinsatser riktade mot både beställare och utförare för att kunna tillämpa förebyggande åtgärder mot ogräs.

## 18 FÖRSLAG TILL FORSKNINGS-, UTVECKLINGS- OCH INFORMATIONSVERKSAMHET

### 18.1 Forskning och utveckling

Behovet av ny kunskap och utbildning är stort inom området vegetationsbekämpning på banvallar. Forsknings- och utvecklingsinsatserna måste inriktas både mot att lösa problem ur ett kortare tidsperspektiv och en mer långsiktig kunskapsuppbyggnad för att förbättra det framtida beslutsunderlaget. I den långsiktiga satsningen ingår ökad kunskap om ogräsens påverkan på banvallen och möjligheter att förebygga ogräsproblemen.

#### 18.1.1 Ogräsens påverkan på banvallen

För att bedöma behov av vegetationsbekämpning behövs mer kunskap om framförallt ogräsens negativa påverkan på banvallens bärighet. Målet är att kvantifiera ogräsens påverkan på bärigheten och förklara de mekanismer som styr ogräsens påverkan på banvallen.

#### 18.1.2 Förebyggande åtgärder

Följande forsknings- och utvecklingsinsatser inom förebyggande åtgärder kan urskiljas:

##### a. Ogrässpärrar

Målet är att formulera en kravspecifikation som underlag för val av material för ogrässpärrar. Ogräseffekt, påverkan på bärighet och dränering utgör de viktigaste aspekterna. Genom studier i både labbskala och fullskala kan grundläggande materialegenskaper och praktisk tillämpning av metoden studeras.

##### b. Ballastkvalitetens inverkan på fröns gröningsförutsättningar

Ett lager med grövre stenmaterial i banvallens ytskikt hindrar ogräsen från att gro. Målet med projektet är att fastställa kraven på ballasten för att förhindra frögroning. Vidare ska varaktigheten hos den ogräshämmande effekten kartläggas.

##### c. Ogräskonkurrerande vegetation

En möjlighet att minska ogräsproblemen på banvallar kan vara att etablera ogräskonkurrerande vegetation på omgivande ytor. För att bedöma metodens praktiska tillämpbarhet krävs mer kunskap om växtval, etableringsmetoder, behov av skötsel etc.

##### d. Flytande polymerer

Flytande polymerer som t.ex. "Flow coat" är en ny metod att förebygga ogräs. Metoden förhindrar frögroning men det är oklart i vilken utsträckning rotoogräsens skott stoppas. Det saknas också erfarenheter för att bedöma metodens praktiska tillämpbarhet.

#### 18.1.3 Icke-kemiska bekämpningsmetoder

Förebyggande åtgärder gör det möjligt att minska behovet av fortlöpande bekämpningsinsatser. Dessa åtgärder lämpar sig framförallt vid nybyggnad och underhåll. När det gäller restriktionsytorna finns det idag ett akut behov av icke-kemiska metoder. Banverket framhåller ofta att vegetationsbekämpning är nödvändig för att bibehålla bankvalitet och eliminera olycksrisker. Detta används som argument för att berättiga kemisk bekämpning utanför restriktionsytorna, samtidigt som restriktionsytorna lämnas utan

åtgärd i dagsläget. Det finns alltså ett behov av att lösa problem på kort sikt och att bedriva en långsiktig kunskapsutveckling. Föreliggande arbete visar att det för vissa metoder saknas tillräckligt underlag för att bedöma den praktiska användbarheten som t.ex. när det gäller användning av UV-ljus. I andra fall är den grundläggande teoretiska kunskapen om metoderna relativt god, medan de tillämpade erfarenheterna är otillräckliga för att göra en säker bedömning. Metoder som t.ex. hetvatten och borstning på grusballast kan direkt sättas in i en testverksamhet på banvallar

#### 1. Utveckling av beröringsfria metoder för ogräsbekämpning - termisk bekämpning

Vid vegetationsbekämpning på banvallar är beröringsfria metoder som t.ex. termisk bekämpning att föredra. Ett väl underbyggt beslutsunderlag är en förutsättning för ett effektivt resursutnyttjande i utvecklingsskedet av dessa metoder. Arbetet bör därför genomföras i två steg. I en första fas studeras grundläggande parametrar i labbskala. Resultaten från dessa studier utgör underlag för fortsatta fältförsök. I labbförsöken studeras t.ex. energiförbrukning, ogräseffekt, påverkan på kabelhöljen och andra värmekänsliga material vid olika värmedoser. I den andra fasen undersöks ogräseffekt, energiförbrukning och kapacitet under verkliga förhållanden på banvallar.

#### 2. Utvärdering av borstning på grusballast

Borstning på grusballast kan vara en metod som under vissa förutsättningar kan användas för bekämpning av framförallt större ogräs när bekämpningen är eftersatt. Det krävs små resurser för att genomföra praktiska försök med denna metod, eftersom tekniken finns utvecklad för hårdgjorda ytor. Målet är att studera praktisk genomförbarhet på banvallar och fastställa ogräseffekt och kapacitet som underlag för bl.a. ekonomiska beräkningar.

## 18.2 Utbildning och information

Satsningar på utbildning och information behövs med följande inriktningar:

1. Framställning av utbildningsmaterial samt råd och anvisningar för nyanläggning, underhåll och skötsel.
2. Genomförande av kurser
3. Medverkan i ett internationellt nätverk

Det är nödvändigt att kunskapen förmedlas till såväl beställare som utförare. Det är viktigt att resultaten från ovanstående forsknings- och utvecklingssatsningar gör tillgängliga i form av utbildningsmaterial och råd och anvisningar.

Ogräsproblem är ett internationellt problem även om det finns skillnader i form av lagstiftning, klimat etc mellan olika länder. I ett internationellt perspektiv uppmärksammas miljöfrågor i allt större utsträckning. Begränsningar i användningen av kemiska bekämpningsmedel har bl.a. resulterat i att Sverige ligger väl framme inom forskningsområdet icke-kemisk ogräsbekämpning. Det är viktigt att knyta denna kunskap till ett internationellt nätverk som gör det möjligt att utbyta erfarenheter och samordna vissa forsknings- och utvecklingssatsningar. I bilaga 1 finns en förteckning över de internationella kontakter som tagits under projektet.

## 19 LITTERATURLISTA

- Aquaheat. (1992) Aqua heat makes the scientific grade in rigorous weed-control testing across U.S. Aquaheat, 5155 East river road, Suite #405, Minneapolis, Minnesota 55421. USA. Stencil.
- Aquaheat. (1994) Vegetation control system. Aquaheat, 5155 East river road, Suite #405, Minneapolis, Minnesota 55421. USA. Stencil.
- Arbetskyddsstyrelsen. (1993) Hygieniska gränsvärden. Arbetskyddsstyrelsens författningssamling. AFS 1993:9. Stockholm.
- Arbetsmiljöstyrelsen. (1993) Kriteriedokument för gränsvärden - Ultraviolet strålning. Arbete och hälsa 1993:30. Solna.
- Arbetsmiljöstyrelsen. (1987) Vetenskapligt underlag för hygieniska gränsvärden 8. Arbete och hälsa 1987:38. Solna.
- Ascard, J. (1988) Termisk ogräsbekämpning. Flamning för ogräsbekämpning och blastdödning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 130. Uppsala.
- Banverket. (1993) Rapport. Ballastkvalitetsgruppen, slutanteckningar. Banverket HK 930801. Sverige.
- Banverket. (1994) Minnesanteckningar från möte: Provverksamhet beträffande ogräsbekämpning 1994, lägesredovisning. 1994-09-01. Banverket, 781 85 Borlänge.
- Blickpunkt Bahn. (1992) Alternative aufwuchsbe-kämpfung im großversuch. Infrarot statt Chemie. Vol 8.
- Bohgard, M., Holmstedt, G. & Korhonen, M. (1988) Arbetsmiljö vid kemisk ogräsbekämpning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 131. Uppsala.
- Bäckman, L. (1993) Försök med djupdränering. VTI meddelande. Nr 728. Väg- och transportforsknings-institutet. Linköping.
- Daar, S. (1994) Integrated Approaches to Roadside Vegetation Management. The IPM Practitioner. Vol XVI, Number 9, September.
- Diprose, M.F., Benson, F. & Willis, A. 1984. The Botanical Review 50(2) April/June. p 171-223.
- Diprose, M.F. & Mattsson, B. 1994. Non-Chemical Weed Control- Trends in European Practice- with special reference to Electrical Weed Control. Trends in Agricultural Sciences.
- Ellwanger, T. C. Jr, Bingham, S. W, Champell, M.J. & Tolin, S. A. (1973) Cytological effects of ultra-high temperatures on corn. WeedScience 21 (4): 299 - 303.
- Fergedal, S. (1993) Ogräsbekämpning genom frysning med flytande kväve och kolsyresnö. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 165. Uppsala.
- Fergedal, S. & Svensson, S-E. (1993) Ogräsbekämpning genom frysning med flytande kväve och kolsyresnö. Ogräs och ogräsbekämpning. 34:e svenska ogräskonferensen Uppsala 27 - 28 januari 1993. Rapporter. Inst. för växtodlingslära SLU Info/växter. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Geoteknisk projektering. (1994) Kompendium. Kurs för VBB VIAK AB. 940415
- Hansson, S. & Schroeder, H. (1994) Utvärdering av ogräsbekämpning utan kemiska bekämpningsmedel vid Göteborgs kyrkogårdsförvaltning. Sveriges lantbruks- universitet, Inst. för Lantbruksteknik, avd. för park- och trädgårdsteknik. Alnarp.
- Hoffman, M. (1985) Abflammttechnik. KTBL-Schrift 243. Landwirtschaftsverlag. Munster-Hiltrup. 81 s.
- Johansson, B. S. (1994). Sencil. Utvärdering av ballaströjning med Raikosystem. Kristinehamn 1994-02-28.
- Johansson, H. (1992) Ogräsbekämpning i grönsakasodling med vitsenapsexpeller - En naturlig herbicid. SLU Info/Trädgård rapporter. Trädgård 371. Alnarp.
- Jones, P. (1994) Efterbehandling av dieselavgaser, var står tekniken idag ? Miljö i Sverige 4:94. s 12 - 13.
- Korsmo, E., Vidme, T., Fykse, H. 1981. Korson ogräsplansch. LT's förlag. Stockholm.

- Larsson, S. (1993) Miljökonsekvensbeskrivning av termiska ogräsbekämpningsmetoder för hårdgjorda ytor - en jämförelse mellan flammning med gasol och frysning med flytande kväve och kolsyresnö. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 168. Uppsala.
- Lindholm, O. (1989a) Ogräsbekämpning i BVs järnverksspår. Stencil, 890424. Banverket.
- Lindholm, O. (1989b) Ogräsbekämpning vid banverket. Stencil, 890829. Banverket.
- Mätzler, C. Feasibility of Electrothermal Weed Control from d.c. to Infrared. International Workshop on Electromagnetic Weed Control with Special Attention to Application on Railways. Oct. 18-20. p.19-20. Available from the Inst of Applied Physics, University of Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern.
- Nyström, P. & Svensson S-E. (1988) Termisk ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor. Försöksverksamhet 1987. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 123. Uppsala.
- Parish, S. (1990) A review of non-chemical weed control techniques. Biological Agriculture and Horticulture. Vol 7 s 117 - 137.
- Sanwald, V.E. (1977) Physikalische Unkrautbekämpfung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft 8, s 173 - 180.
- Schroeder, H. (1992) Klara rotogräsen. Sveriges lantbruksuniversitet. Stad & Land nr 102. Alnarp.
- Schroeder, H. (1994) Fiberduk under asfalt förebygger rotogräs - En förstudie. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Institutionsmeddelande nr 94:05. Uppsala.
- SJ. (1994) Resjournal. SJ personaltrafikdivision, 105 50 Stockholm.
- Statens naturvårdsverk. (1975) Buller från byggarbetsplatser. Publikationer 1975:5. Lund.
- Staxén, I. (1994) Effekter of ultraviolet radiation on microtubule organisation and morphogenesis in plants. Inst. för fysiologisk botanik. Lunds universitet. Sverige.
- Stål, Ö. (1993). Trädrötter och ledningar - Nya anläggningstekniker och skyddsåtgärder. En arbetsbeskrivning. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Institutionsmeddelande nr 93:8. Uppsala.
- Svenska kommunförbundet, FoU gruppen för gator och trafik. (1990) Ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor. Rapport nr 23. Stockholm.
- Svensson, S-E. (1991) Borstning och harvning. Effektiva alternativ för ogräskontroll på hårdgjorda ytor. Sveriges Lantbruksuniversitet, Movium. Gröna Fakta D5.
- Svensson, S-E. (1986a) Termisk ogräsbekämpning. Rapport från ett seminarium i Malmö den 14 oktober 1986. Svenska kommunförbundet, Movium.
- Svensson, S-E. (1986b) Termisk ogräsbekämpning av hårdgjorda ytor. En förstudie om kunskapsläget och kommersiellt tillgängliga utrustningar. Svenska kommunförbundet.
- The Great Lakes Fruit Growers News. (1994) Minnesota company releases hot water weed killer for use under fruit trees. April, 1994. s 54. USA.
- Torstensson, L. & Lindholm, O. (1988) Ogräsbekämpning på banvallar. Ogräs och ogräsbekämpning. 29:e svenska ogräskonferensen Uppsala 27 - 28 januari 1988. Del 1. Rapporter. Inst. för växtodling och konsulentavdelningen Mark-Växter. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Vester, J. (1987) Flammebehandling til ukrudtbekæmpelse, 2 års resultater. 4. Danske Planteværnskonference/Ukrudt. s. 140 - 153.
- Vester, J. & Rasmussen, J. (1988) Ikke-kemisk ukrudtbekæmpelse i grønne områder. Danske planteværnskonference. Ukrudt 1988.
- Vigoureux, A. (1981) 21st General Meeting. American Society of Sugar Beet Technologists. Paper No. B.29, 24 pp.
- Westberg, C. (1981) Flytande nitrogen mot icke önskvärd vegetation på banvallar. Stencil. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtodling. Uppsala.

Williams, M. (1993) Weeds in hot water with new machine. Iowa farmer today. Jan vol.9. USA.

Zackrisson, O. & Nilsson, M-C. (1992) Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* on seed germination of two boreal tree species. Canadian Journal of Forest Research. Vol 22, s. 1310 - 1319.

Zulauff, J. (1991) Umweltfreundlich schon im Untergrund. SBB-Magazin 4/91.

## 20 PERSONLIGA MEDDELANDEN

Almé, Göran. (1994) Turbomin AB. Författarvägen 19, S-161 40 Bromma.

Aulin, Leif. (1994) Chefsjurist. Banverket, 781 85 Borlänge.

Axelsson, Lars-Erik. (1994) Sektion Mekanik, spår och maskinteknik. Banverket, 781 85 Borlänge.

Bornman, J. (1994) Docent, högskolelektor. Inst. för fysiologisk botanik. Box 117, 221 00 Lund.

Cox, Robert. E. (1994) Alaska Railroad Corporation. Box 107500, Anchorage, Alaska 99501, USA.

Dahlén, Sören. (1994) Utredare. Planeringsavdelningen Miljö. Banverket, 781 85 Borlänge.

Dehlbom, Björn. (1994) Sektion Teknik Bansystem. Banverket, 781 85 Borlänge.

Duva, Lars. (1994) Banverket. Box 67, 571 21 Nässjö.

Eriksson, Bertil. (1994) Sektion Mekanik, spår och maskinteknik. Banverket, 781 85 Borlänge.

Hök, Christina. (1994) Säkerhetsanimatör. Air Liquide Gas AB. Lundavägen 151, 212 24 Malmö.

Johansson, Ulf. (1994) Doktorand. Institutionen för Fysiologisk Botanik. Box 7007, 220 07 Lund.

Jensen, Kaj. (1994) Lic. techn. Electro Light Asp. Kærparken 4, DK-2800 Lyngby, Danmark. Tel. 45 88 98.

Karlsson, Ingvar. (1994) Sektion Teknik Signalsystem. Banverket, 781 85 Borlänge.

Kling, Jan. (1994) Banverket, 781 85 Borlänge.

Konecny. (1994) Firma Wiebe, Postfach 1149, 288 17 Achim. Tyskland.

Laursen, Verner. (1994) Verkställande direktör. Egedal maskinfabrik A/S. Egebjergvej 134, DK-8700 Horsens. Danmark.

Lantz, JanEric. (1994) Banverket. Bandistrikt Sundsvall. Box 864, 851 24 Sundsvall.

Lundin, Göran. (1994) Sektion Mekanik, spår och maskinteknik. Banverket, 781 85 Borlänge.

Marklund, Ulf. (1994) Railvac, Bergvägen 11, 932 33 Skelleftehamn.

Radjamannan, Harry. (1994) AquaHeat. 36 -37th Avenue N.E. Minneapolis, Minesota 55421.

Stål, Örjan. (1994) Avd. för park- och trädgårdsteknik, Box 66, 230 53 Alnarp. Inst. för Lantbruksteknik, Sveriges lantbruksuniversitet.

Svensson, Sven-Erik. (1994) Avd. för park- och trädgårdsteknik, Box 66, 230 53 Alnarp. Inst. för Lantbruksteknik, Sveriges lantbruksuniversitet.

Tapper, B. (1994) Neste Gas AB, Box 762, 851 22, Sundsvall.

Vester, Ulf (1994) Statens Strålskyddsinstitut. Karolinska institutet. Box 60204. 104 01 Stockholm.

## 21 BILAGOR

### 21.1 Bilaga 1. Internationella kontakter

Arbetet med att skapa internationella kontakter inom området icke kemisk vegetations- bekämpning på banvallar har skett på olika sätt. Forskare och andra verksamma inom området har kontaktats direkt. Till medlemmarna inom UIC:s Environment Working Group (10 personer) skickades en förfrågan om de kände till verksamhet inom området. Hälften av medlemmarna har besvarat förfrågan eller hänvisat vidare till andra personer inom den egna organisationen. Det var enbart personer från europeiska länder representerade i den nämnda UIC-gruppen.

För att få kontakt med järnvägsförvaltare utanför Europa skickades brev till drygt 30 av UIC:s medlemsföretag. Samtliga världsdelar var representerade. Hittills har endast en tredjedel av företagen besvarat förfrågan, men det kommer fortfarande nya svar.

En konferens om icke-kemisk vegetationsbekämpning på banvallar gick av stapeln i Alaska i juni 1994. En del av deltagarna har fått en förfrågan om verksamhet inom området. Utskicket har ännu inte gett så mycket resultat.

De personer som har uttryckt intresse för utbyte av information eller samarbete finns med i den bifogade adresslistan. Många av dem som besvarat vår förfrågan har bett att få ta del av slutsatserna av förstudien. Därför är det viktigt att göra en sammanfattning av slutsatserna på engelska och att se till att de intresserade personerna får ta del av den. Även planerna för det fortsatta arbetet bör redovisas.

Vi har skrivit en artikel om förstudien som kommer att publiceras i Railway Gazette i januari 1995. Den avslutas med en uppmaning till intresserade läsare att höra av sig.



## ADRESSLISTA KONTAKTPERSONER

Namn	Adress, telefon & telefax	Anmärkning
Mohammed A. Bubshait	Saudi Railways Organization P.O.Box 36 Dammam 31241 Kingdom of Saudi Arabia	Saknar ogräsproblem, men vill gärna ta del av rapporten.
Pedro Pérez del Campo	RENFE Avda. Pio XII, s/n 28036 Madrid Tel. 00934-13968949 Fax. 00934-13969806	Bekämpar kemiskt pga brandrisk. Har problem med erosion.
David L. Cope	Railtrack Technical Support Group Room220, East Side Offices KINGS CROSS STATION LONDON NI 9AP Tel. 00944-71 465 9201	Vill gärna ta del av rapport från förstudien.
Caroline Cox	Journal of Pesticide Reform NW Coal for Alternatives to Pesticides P.O.Box 1393 Eugene OR 97440 USA Tel. 0091-503 344 5044 Fax. 0091-503 343 3790	Har skickat intressanta artiklar om hur planterad vegetation kan förhindra igenväxning.
Robert E. Cox	Alaska Railroad Corporation P.O.Box 107500 Anchorage Alaska 99510 Fax. 0091-907 279 1037	Har lämnat information om ångning. Organiserade konferens om icke kemisk ogräsbekämpning 1994. Är intresserad av informationsutbyte.
Michael F. Diprose	University of Sheffield Mappin Street Sheffield, S1 3JD U.K. Tel. 00944-742 768555 Fax. 00944-742 726391	Har arbetat med elektotermisk ogräsbekämpning. Är intresserad av tillämpning på banvallar.
Douglas L. Dunbar	Nothern Ireland Railways Company Limited 1, York Road Belfast BT15 3RP Tel. (0232) 235282 Fax. (0232) 753841	Använder mest kemisk bekämpning, men även manuell bekämpning i närheten av vattentäkter. Är angelägen att få ta del resultaten av förstudie

Ms Greet Eijkelenboom	N.V. Nederlandse Spoorwegen P.O.Box 2025 3500 HA Utrecht HOLLAND Tel. 00931-30357193 Fax. 00931-30357008	Har testat flamning med gott resultat. Har dock inte kommit till användning då kem. bek. är tillåten på 99.9% av totala bansträckan. Intresserade av samarbete.
Gunther Ellwanger	UIC 16, rue Jean Rey 75015 Paris FRANCE Tel. 00933-144492030 Fax. 00933-144492039	Föreslår att de skandinaviska länderna skall ta initiativ till samordnad inter- nationell forskning. (940712)
Mohammed Ghassan	Chemin de Fer Syriens Direction Generale P.O.Box 182 Alep Syrien	Använder kemisk bekämpning. Är intresserade av rapport från förstudien.
Michael Jagodkin	Latvian Railway 3 Gogola Str. Riga LV-1547 Latvia	Använder enbart kemisk bekämpning, men är intresserade av samarbete.
A. Kaminski	ERRI (UIC) Arthur von Schandalstraat 754 3511 MK Utrecht Holland Fax. 00931-30368914	Är intresserad av samarbete. Kaminski är ansvarig för arbetsgruppen <i>Environmentally-friendly vegetation control methods for railway tracks</i> (S1074). Möjligt att UIC kommer att finansiera projekt inom området.
Helmut Kuppelwieser	Baudiretion SBB Sektion Umwelt Mittelstrasse 43 3030 Bern Schweiz	Arbetar med förebyggande bek. metoder, elektrotermisk och mekanisk ogräsbekämpning. Intresserad av samarbete.
Christian Mätzler	University of Bern Institute of Applied Physics Sidlerstrasse 5 CH-3012 Bern Schweiz Tel. 00941-31 65 89 11 Fax. 00941-31 65 37 65	Arbetar med elektrotermisk ogräs- bekämpning. Är intresserad av tillämpning på banvallar.

- |                  |  |  |
|------------------|--|--|
| Maurice O'Brien  | KCRC<br>KOWLOON-CANTON RAILWAY<br>CORPORATION<br>KCR House<br>Sha Tin<br>New Territories<br>Hong Kong<br>Tel. 606 9333<br>Fax. 681 0116                        | Undviker herbicider pga risk för<br>spridning till omkringliggande om-<br>råden. Vegetationen slås av manuellt.<br>Använder speciella gräsfröblandningar<br>för att hålla nere skötselkostnaderna. |
| Christa Stark    | Zentrale Hauptverwaltung der<br>Deutschen Bahn<br>ZAU 3117<br>Ruschestraße 59<br>D-10365 Berlin<br>Germany<br>Tel. 999-25216<br>Fax. 999-26173 & 030-297-26173 | Ansvarig för vegetationsbekämp-<br>ningen inom DB.<br>Vill ha samarbete inom området och<br>har skickat en inbjudan för utbyte av<br>erfarenheter  |
| Jaroslav Vosáhlo | České dráhy<br>Chemins de fer Tchèyues<br>Nábr. Ludvika Svobody 12<br>110 15 Praha 1<br>République Tchèque<br>Tel. 422-23 03 11 11<br>Fax. 422-232 71 71       | Har använt geotextilier.   |
| Rainer Wenty     | Plasser & Theurer<br>Johannesgasse 3<br>1010 Vienna<br>Austria<br>Tel. 1/515 72-0<br>Fax. 1/513 18 01  | Skickade artiklar om flamning<br>(TIK 92) och om alternativa bränslen,<br>återanvändning av ballast etc.   |
| Ulrik Winge      | Danske Statbaner (DSB)<br>Sölvgade 40<br>DK-1349 Köpenhamn<br>Tel. 00945-33140400<br>Fax. 00945-33911285   | Intresserad av samarbete.  |