



**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET  
UPPSALA**

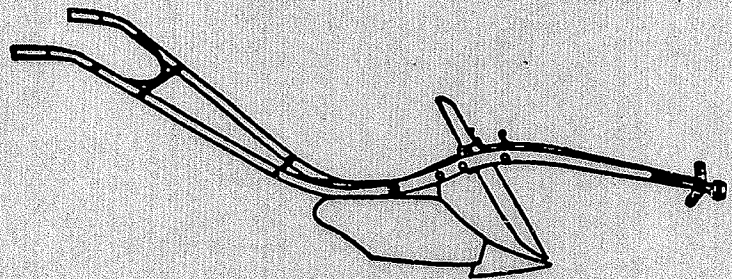
**INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP**

# **RAPPORTER FRÅN** \_\_\_\_\_ **JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN**

**Swedish University of Agricultural Sciences,  
S-750 07 Uppsala**

**Department of Soil Sciences**

**Reports from the Division of Soil Management**



Nr 89

1996

Ingrid M. Karlsson

**Sportgräsytor etablering och skötsel - erfarenheter från ett markbyggnadsförsök.**

*Establishment and maintenance of grassed sports fields - experience from a field experiment on soil construction alternatives.*

ISSN 0348-0976

ISRN SLU-JB-R--89--SE

RAPPORTER från JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

- Nr Ar
- 1 1968 Inge Håkansson: Fysikalisk och kemisk beskrivning av markprofiler från 8 platser i Uppland och Västergötland. 128 s.
- 2 1968 Inge Håkansson: Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning. 6 s.
- 3 1968 Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Försök med harvning till vårsådd 1941-1959. 29 s. *Field trials with harrowing to spring-sown cereals 1941-1959.*
- 4 1968 Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen: Inledande försök med gödsel radmyllning kombinerat med sådd 1964-1966. 37 s.
- 5 1968 Lennart Henriksson: Orienterande försök med bearbetning till höstvetete. 7 s.
- 6 1968 Lennart Henriksson: Försök med olika såtider. 7 s.
- 7 1968 Reijo Heinonen: Berättelse över studieresa till Sovjet den 11-26 juli 1967. 13 s.
- 8 1968 Inge Håkansson: Markfysikaliska studier i ett växtföljdsförsök på As den 15-16 juli 1966. 13 s.
- 9 1968 Bo Thente: Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod. 41 s.
- 10 1968 Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo: Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. 13 s.
- 11 1968 Lennart Fergedal: Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. Ar 1967. 9 s.
- 12 1968 Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Alvluckningsförsök 1937-1963. 32 s.
- 13 1968 Reijo Heinonen: Tidig vårsådd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i såbäddsbereidning och sådd av stråsådd. 19 s.
- 14 1968 Erik Jakobsson: Plöjningsförsök med olika tillbredder och vändskiveformer. 10 s.
- 15 1968 Lennart Henriksson: Försök med grund plöjning. 9 s.
- 16 1968 Stig Ledin: Olika halmedbrukningsmetoders verkan på kvickrot och på några fröogräs. 21 s.
- 17 1969 Inge Håkansson, Börje Gillberg: Lufttrycket i traktordäcken under fältarbeten. En stickprovundersökning hösten 1968. 32 s. *Investigation into the inflation pressure of the tires of Swedish tractors engaged in field work.*
- 18 1969 Göte Bertilsson: Studier över tryckets markpåverkan. 67 s.
- 19 1969 Peter Edling, Nils M. Nilsson, Inge Håkansson: Sju skånska försök med alvluckring och djupplöjning 1964-68. 26 s.
- 20 1969 Bengt Reimersson, Gunnar Falk: Försök på Persbo gård 1968 med minskad jordpackning. 8 s. *A field experiment with reduced soil compaction on a clay soil.*
- 21 1970 Lennart Henriksson: Olika redskapstyper för stubbearbetning. Jämförelser av arbetssätt och arbetsresultat. 19 s. *Different types of implements for stubblecultivation. A study of working methods and working results.*
- 22 1970 Inge Håkansson, Lennart Fergedal: Försök med jordpackningens ackumulativa efterverkningar. Preliminär redogörelse. 21 s. *Experiments with the accumulative after-effects of soil compaction. Preliminary report.*
- 23 1971 Göran Kritz, Inge Håkansson: Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovundersökning 1969-70. 43 s. *Investigation into seedbed preparation and properties of the seedbed on spring sown fields in Sweden, 1969-1970.*
- 24 1971 Lennart Henriksson: Tilljämning av plogtiltan på hösten. Försök med höstharvning och tillsatsredskap till plogen. 68 s.
- 25 1971 Ann Pettersson: Nya redskap för gödselplacering och sådd. 50 s.
- 26 1971 Lennart Fergedal: Jordpackning med traktor vid olika tider för vårsådd. 140 s.
- 27 1971 Göran Kritz: Jordbearbetningsforskning i Europa. Rapport från en studieresa. 16 s.
- 28 1972 Helmut Frese: Zur Frage spezialisierter oder interdisziplinärer Forschung am Boden. 15 s.
- 29 1972 Inge Håkansson, Sven Alvelid: Två försök i Kalmar län med halmedplöjning för att minska vinderosionen. 4 s.
- 30 1972 Ann Pettersson, Sten Wikström: Inledande undersökningar om radmyllning till potatis. 50 s.
- 31 1972 Peter Edling, Lennart Fergedal: Modellförsök med jordpackning 1968-69. 71 s.
- 32 1973 Åke Huhtapalo, Ann Wikström, Sten Wikström: Försök med kombisåmaskiner 1971-72. 46 s.
- 33 1973 Inge Håkansson: Tung körning vid skörd av slättervall. Tre försök på Rübäcksdalen. 1969-72. 20 s. *Effect of heavy machinery when harvesting ley crops. Three field experiments in northern Sweden 1969-72.*
- 34 1973 Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält. Stickprovundersökning 1969-72. Maskinanvändningen på provplatserna. 76 s.
- 35 1973 Lennart Henriksson: Redskap för såbäddsbereidning. Undersökningsmetoder och inledande studier. 35 s. *Implements for seedbed preparation. Methods of investigation and preliminary studies.*
- 36 1973 Inge Håkansson, Jozsef von Polgar: Försök Åren 1969 och 1970 med en maskin för kombinerad såbäddsbereidning och sådd (Svenska Sockerfabriks AB:s värbrukningsmaskin). 26 s. *Experiments in the years 1969 and 1970 with a machine for combined seedbed preparation and sowing.*
- 37 1974 Lennart Engström: Intervjuundersökning om extremt tidig sådd våren 1973. 33 s. *A sampling study into extremely early spring sowing in Sweden in 1973.*
- 38 1974 Lennart Henriksson: Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetssätt och arbetsresultat. 144 s. *Studies of the mode of working and the working results of some soil tillage implements.*
- 39 1975 Tomas Rydberg: Plöjningsfri odling i Sverige. En in-
- 40 1975 Ulf Olsson: Redskap för såbäddsbereidning, arbetssätt och arbetsresultat. 55 s. *Implements for seedbed preparation; studies of the mode of working and the working results.*
- 41 1975 Inge Håkansson: Rapport över studieresa till USA hösten 1974. 15 s.
- 42 1976 Inge Håkansson: Elva försök med alvluckring och djupplöjning i Syd- och Västsverige 1964-1975. 35 s. *Eleven Swedish field experiments with subsoiling and deep ploughing 1964-1975.*
- 43 1976 Peter Edling: Redskap och intensitet vid värbruk till potatis. Resultat av 11 försök i Norrland 1965-1969. 10 s. *Eleven experiments in northern Sweden with spring tillage for potatoes.*
- 44 1976 Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält III. Stickprovundersökning 1969-72. Primärdata för 300 provplatser. 76 s. *Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden III. Sampling investigation 1969-72. Primary results from 300 investigated places.*
- 45 1976 PROCEEDINGS of the 7th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, ISTRO.
- 46 1976 Inge Håkansson, Jozsef von Polgar: Modellförsök med såbäddens funktion. I. Såbädden som skydd mot avdunstning. 52 s. *Model experiments into the function of the seedbed. I. The seedbed as a protective layer against drought.*
- 47 1976 Lars Gunnar Nilsson: Texturanalys och jordartsklassifikation. Rapport från ett NJF-symposium i Uppsala 1976-03-09. 26 s.
- 48 1976 Inge Håkansson: Olika grödors känslighet för packningsgraden i matjorden. Två försök med vallväxter 1971-74. 17 s. *The sensitivity of different crops to the degree of compactness in the plough layer. Two field experiments with forage crops 1971-74.*
- 49 1976 Göran Kritz: Såbäddens utformning på vårsådda fält IV. Stickprovundersökning 1969-72. En översiktlig studie av några viktiga faktorer. 33 s. *Seed bed preparation and properties of the seed bed in spring sown fields in Sweden IV. Sampling investigation 1969-72. A general survey of some important factors.*
- 50 1977 Såbäddsbereidning och sådd. Uppsatser presenterade vid Lantbrukshögskolans försöksledarmöte 1977.
- 51 1977 Lennart Henriksson: Stubbearbetningsredskapens arbetsresultat med hänsyn till mark- och halmförhållandena. 32 s. *The results given by implements for stubble cleaning with regard to different soil- and straw conditions.*
- 52 1977 Arne Ljungars: Olika faktorerers betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976. 43 s. *Importance of different factors on soil compaction by tractors. Measurements in 1974-1976. 43 p.*
- 53 1977 Inge Håkansson & Jozsef von Polgar: Modellförsök med såbäddens funktion. II. Försök med skiktade och oskiktade såbäddar. 22s. *Model experiments into the function of the seedbed. II. Experiments with stratified and unstratified seedbeds. 22 p.*
- 54 1978 Ulf Olsson: Harvens konstruktion och harvningens utförande - inverkan på bearbetningsresultatet. 28 s. *Influence of harrow construction and harrowing on the tillage result. 29 p.*
- 55 1978 Olle Wallbom & Kjell Wretler: Förekomsten av några viktiga växtskadegörare vid plöjningsfri odling. 29 s. *Occurrence of some important plant diseases on ploughless cereal cropping. 29 p.*

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för jordbearbetning

Rapporter från jordbearbetnings-  
avdelningen. Nr 89, 1996  
ISSN 0348-0976  
ISRN SLU-JB-R--89--SE

Ingrid M. Karlsson

**SPORTGRÄSYTORS ETABLERING OCH SKÖTSEL -  
ERFARENHETER FRÅN ETT MARKBYGGNADSFÖRSÖK**

*ESTABLISHMENT AND MAINTENANCE OF GRASSED SPORTS FIELDS -  
EXPERIENCE FROM A FIELD EXPERIMENT ON SOIL CONSTRUCTION  
ALTERNATIVES*



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Varför behövs det kunskap om markbyggnad för sportgräsytor?	1
1.1 Några allmänna principer för byggda sportgräsytor	2
1.2 Vad är användarkvalitet?	4
2. Beskrivning av försöket i Uppsala	7
2.1 Syfte	7
2.2 Lokalisering och konstruktion	7
2.3 Behandlingar	11
2.4 Klimat	16
2.5 Skötsel	20
3. Metoder som använts för att utvärdera egenskaper och funktioner hos de olika markbyggnadsalternativen	24
3.1 Analys av markegenskaper på laboratorium	24
3.2 Analys av markegenskaper i fält	25
3.3 Analys av dräneringsvatten och grundvatten	26
3.4 Marktäckning och artsammansättning	26
3.5 Skörd och innehåll av kväve i växtdelarna	26
3.6 Rotdjupsundersökning	27
3.7 Ytans egenskaper i relation till spelaren	27
3.8 Ytans egenskaper i relation till bollen	27
3.9 Statistisk bearbetning	29
4. Resultat från försök under 1990	30
4.1 Etablering av gräs från sådd respektive från färdigt gräs	30
4.2 Sanddressningsmaterial	39
5. Resultat från försök under 1991-1992	40
5.1 Förändringar i markfysikaliska egenskaper tre år efter anläggning	40
5.2 Etablering av gräs från två typer av färdig gräsmatta	43
5.3 Sanddressningsmaterial	52
5.4 Grästillväxt och kväveupptagning	63
5.5 Kväveförluster	68
6. Diskussion och slutsatser	77
6.1 Etablering	77
6.2 Sanddressning	79
6.3 Bevattning	80
6.4 Markbyggnad och renoveringsbehov	80
6.5 Gödsling	81
6.6 Forskningsmetoder	82
6.7 Framtida forskningsbehov	82

7. Rekommendationer	83
7.1 Markbyggnad	83
7.2 Gödsling	84
7.3 Planeringen av markbyggnaden och skötseln	86
<b>Sammanfattning</b>	<b>86</b>
<b>Summary</b>	<b>88</b>
<b>Tillkännagivande</b>	<b>89</b>
<b>Referenser</b>	<b>90</b>

# 1. Varför behövs det kunskap om markbyggnad för sportgräsytor?

I Sverige finns det mer än 12 000 ha kortklippta gräsytor varav 4-5 000 ha utgörs av parker, gräsmattor på campingplatser och gräsplaner för fotbollspel, resten är golfbanor och privata gräsmattor. Parkerna och fotbollsplanerna är i regel skötta av kommunalt anställd personal eller av föreningar med kommunalt stöd, medan golfbanorna till största delen är privat ägda och sköts av golfklubbarna utan insatser av offentliga medel. Intensiteten på skötseln av de olika ytorna är givetvis skiftande. De gräsytor som behandlas i denna skrift är klippta till 35 - 60 mm höjd och används regelbundet och intensivt under större delen av vegetationsperioden till fotbollspel. På senare tid har många gräsytor av den här typen även börjat användas till bla amerikansk fotboll, baseball och rugby. Klippningsfrekvensen är normalt 3 gånger i veckan utom under början och slutet av säsongen, då man klipper mera sällan.

Fotbollsspelet i Sverige får anses vara den ekonomiskt och rekreativt viktigaste användningen av kortklippta gräsytor i Sverige. Det finns ungefär 3 400 fotbollsklubbar, 500 000 licensierade spelare (i seriespel eller korpspel) och minst lika många till som någon gång under året går ut och spelar boll på en fotbollsplan. 60 000 ledare tränar och 14 000 domare dömer matcher mellan ca 30 000 fotbollslag (Arnesson, pers. meddelande). Fotbollssäsongen varar från mitten av april till månadsskiftet oktober-november, vilket betyder att man i större delen av landet (i stort sett överallt utom i Skåne, Blekinge och Halland), använder gräset utanför dess egentliga vegetationsperiod. Den stora ekonomiska och sociala betydelsen av fotbollsspelet i Sverige är anledningen till att det här redovisade markbyggnadsförsöket genomförts under ett artificiellt slitage av fotbollstyp.

Markbyggnaden och skötseln av dessa ytor syftar att upprätthålla gräsyttans *funktionella* värde i första hand, men även inverkan på *människans hälsa* och ytans *utseende* är viktiga faktorer som inte får negligeras. En fjärde faktor som bör vägas in vid bedömningen av markbyggnad och skötsel är den eventuella *miljöpåverkan* som anläggningen kan medföra. Slutligen måste *kostnadseffektiviteten* för anläggning och skötsel alltid vägas in vid bedömningen av åtgärder.

Gräsyttans *funktion* bestäms framför allt av hur högt slitage och packning man har på ytan. De faktorer som påverkar funktionen är främst vegetationens täckningsgrad, gräsartsammansättning och ytans fasthet och vattenhalt. Dessa beror till stor del av markens markfysikaliska egenskaper: packningsbenägenhet, luftinnehåll vid fältkapacitet; vattenhalt vid fältkapacitet; och vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad - egenskaper som i sin tur framför allt beror av växtbäddsmaterialets kornstorleksfördelning och mullhalt..

Gräsyttans *utseende* bestäms också av graden av slitage, men dessutom av de allmänna krav som bestämmer all växtproduktion, där klimat och markfaktorer är de viktigaste. De mest betydelsefulla markegenskaperna, och som ska avhandlas här, är skiktjocklek hos växtbädd och terrassjord, jordvolym, luftinnehåll vid fältkapacitet, normal dräneringsnivå, innehåll av växttillgängligt vatten vid fältkapacitet, mekaniskt motstånd mot genomrotning, rotförankring, växtnäringssinnehåll, pH, och katjonbyteskapacitet. Frånvaro av toxiska ämnen och mikrobiell aktivitet är också mycket viktiga faktorer, men dessa tas inte upp i detta arbete.

*Hälsoaspekterna* på grässportytor har framför allt att göra med skador under spel. I amerikanska undersökningar har man kommit fram till att över 20% av skadorna vid utövandet av amerikansk fotboll i någon mån är relaterade till spelyttans kondition, dvs dess funktion enligt vad som beskrivits ovan (Harper mfl, 1984). I detta arbete har dock inte markaspekterna direkt relaterats till skaderisker.

När det gäller *miljöpåverkan* har jag här enbart tagit upp kväveutnyttjande och kväveutlakning. Socialstyrelsen i Sverige har antagit samma hälsogränsvärde i dricksvattnet för nitratkväve,  $11,3 \text{ mg N l}^{-1}$ , som WHO. Detta värde har i vissa fall överskridits i områden med stor påverkan från intensiv jordbruksdrift (Andersson & Kindt, 1988). Miljömålet för att komma till rätta med

övergödningsproblemet i Sverige när det gäller kväve är att nitrathalten i dricksvatten i brunnar långsiktigt bör underskrida  $5 \text{ mg N l}^{-1}$  (SNV, 1993). Förutom dessa specifika mål skall givetvis även målsättningen om ett långsiktigt hållbart utnyttjande av naturresurserna i enlighet med Rio-deklarationens Agenda 21 finnas med när det gäller grässportytornas uppbyggnad och skötsel (Miljövårdsberedningen, 1992).

De *ekonomiska konsekvenserna* av val av markbyggnad och renoveringsmetoder har behandlats bla av brittiska forskare. Viktiga faktorer är här hur stor publik anläggningarna regelmässigt har. Endast de mycket stora anläggningarna kan lägga resurser på en mycket påkostad anläggning, och på "vanliga" bollplaner är därför renovering med sk spårdränering den mest kostnadseffektiva åtgärden (Gibbs mfl, 1992; 1993).

I detta arbete behandlas främst markegenskapernas inverkan på faktorerna funktion och miljöpåverkan.

### 1.1 Några allmänna principer för byggda markprofiler

I Sverige har vi hittills haft MarkAMA 83 (Allmän material- och arbetsbeskrivning för markarbeten, 1983) och RA-83 (Råd och anvisningar till MarkAMA 83, 1983) som främsta informationskälla när det gäller riktlinjer för uppbyggnad av gräsytor för intensivt lek och spel. I RA-83 (Tabell RA D/10) finns det 4 typer av gräsytor som kan sägas tillhöra denna kategori, nämligen:

A1. Ytor för gräs med mycket höga krav på utseende och funktion och med framtida hög skötselnivå, t ex golfbanor, tennisbanor av gräs m fl idrottsarenor.

A2. Ytor för gräs med framtida hög skötselnivå (gödsling, vattning, klippning ca 20 gånger per växtsäsong). Gräset ska hållas kortklippt, ca 30 mm.

A3. Ytor för gräs med framtida medelhög skötselnivå (sparsam gödsling, klippning ca 10 gånger per vegetationssäsong). Gräset slås eller klipps ca 50 mm högt.

A4. Ytor för gräs med framtida låg skötselnivå (ringa gödsling, klippning ca 5 gånger per vegetationsperiod). Gräset slås eller klipps ca 50 mm högt.

Enligt RA 83 ska växtbädden, dvs den del av marken där växtens rotsystem i huvudsak ska hämta vatten, växtnäring och rotstöd, vara minst 300 mm tjock. Växtbädden ska dimensioneras med hänsyn till typ av vegetationsyta, typ av växtbädd, materialtyp och dräneringsegenskaper i det underliggande materialet (terrassen), och vilka möjligheter man har att anskaffa jord eller jordförbättringsmedel. Det är främst behovet av vatten och växtnäring som styr dimensioneringen. Riktvärdet för hur tjockt ytlager man bör påföra är enligt samma källa 100 mm för gräsytor av typerna A1, A2 och A3, medan man anger ett riktvärde på 50 mm ytlager för typ A4.

När det gäller de mest påkostade anläggningarna följer man dock i regel inte Mark AMA, utan gör olika specialkonstruktioner. Idag finns det egentligen inga rekommendationer på vilka konstruktioner som kan rekommenderas för fotboll och andra bollsporter som spelas på våra kommunalt ägda och skötta gräsytor. Inom golfsporten har man dock i stort sett anammat de specifikationer som gäller för USA när det gäller uppbyggnaden av de mest krävande ytorna, greener och utslagsplatser (USGA, 1973; 1993). I många andra länder har man däremot arbetat länge och målmedvetet på att ta fram standardbeskrivningar för sportgräsytor konstruktion. I ett tidigare arbete har jag gjort en genomgång av de olika konstruktionerna som idag används mest i Nordeuropa, samt även redovisat de viktigaste konsekvenserna de olika markbyggnaderna får för skötseln (Karlsson, 1988).

Markegenskaper kan bedömas i fält och/eller genom analyser på lab. Nedan (tabell 1) följer ett antal egenskaper som kan bestämmas genom iakttagelser eller analyser och som efter en bedömning ger en mångsidig belysning av olika markegenskaper. Tabellen är tidigare



redovisad i Florgård mfl (i manuskript). Vilka egenskaper man analyserar får bedömas utifrån ekonomiska förutsättningar och kvalitets- och funktionskrav. Inom parentes anges de mark-egenskaper som kan bedömas med ledning av iakttagelserna. Beroende på hur markresursen ska användas i framtiden, kan man göra tre olika bedömningar:

- A. Egenskaper vid användning på platsen
- B. Egenskaper vid jordhantering (avtagning, transport, lagring, kalkning, gödsling, utläggning)
- C. Egenskaper som ny växtjord (växtbädd)

Tabell 1. Markegenskaper och bedömningar av jord för användning till vegetation för utemiljö  
*Table 1. Earth properties and assessment of soil for plant cultivation in urban and recreation areas*

Markegenskaper	A	B	C
<b>vegetationsbeskrivning</b> (indikatorväxter ger upplysningar om samtliga markegenskaper)	x	x	x
<b>topografi</b> (dränering, variationer i jordart och mullhalt, markens motståndskraft mot erosion)	x		
<b>lokal hydrologi</b> (dräneringsdjup, normalt grundvattendjup, dränering, infiltration)	x		
<b>jordlagrens tjocklek</b> (vikt, lämplighet för odling, växtnäringsinnehåll, vatteninnehåll vid fältkapacitet)	x	x	
<b>jordens färg</b> (normalt grundvattendjup, mullhalt, vittringstillstånd)	x	x	x
<b>kornstorleksanalys</b> (bärighet, packningsbenägenhet, filteregenskaper, växtnäringsinnehåll, infiltration)	x	x	x
<b>plasticitet</b> (struktur, bärighet, motståndskraft mot erosion)	x	x	x
<b>aggregatens storlek, form, stabilitet</b> (struktur, bärighet, packningsbenägenhet, innehåll av luft vid fältkapacitet, motståndskraft mot erosion)	x	(x)	
<b>kemiska egenskaper i fält</b> :grov bedömning av mullhalt, vittringsbenägenhet och behov av labanalys, CO <sub>2</sub> -innehåll	x		x
<b>kemiska egenskaper på lab</b> : normalt pH, C, N, P, K, Ca, Mg, CEC, ledningstal* (växtnäringsstillstånd, pH)	x		x
<b>torr volymvikt*</b> (struktur, luftinnehåll vid fältkapacitet, mekaniskt motstånd mot genomrotning, infiltrations- och genomsläpplighetsegenskaper, rotförankring)	x	x	x
<b>penetrationsmotstånd**</b> (struktur, mekaniskt motstånd mot genomrotning, rotförankring, packningsbenägenhet)	x		
<b>innehåll av växttillgängligt vatten vid fältkapacitet*</b> (bestämning behövs bla vid bedömning av bevattningsbehov)	x		
<b>genomsläpplighet för vatten vid vattenmättnad**</b> (bestämning behövs vid anläggning eller renovering av sportgräsytor)	x		

\*Analys måste göras på laboratorium

\*\*Fältbedömning som kräver tillgång till speciell apparatur

## 1.2 Vad är användarkvalitet?

Den viktigaste användarkvaliteten för gräsytor som används för intensivt bollspel är spelkvaliteten. Nedan ges några av de viktigaste spelkvalitetsgenskaperna för fotbollspel:

### *Förhållandet spelare - spelyta*

Förhållandet spelare - spelyta har stor betydelse för spelarens balans och är därmed (förutom för spelet) också mycket viktig när det gäller olycksfallsrisken. Här är sådana faktorer som underlagets elasticitet, friktion mellan sko och underlag, samt sulans "grepp" dvs nedsjunkning i och glidning mot underlaget viktiga. Spelarens kontakt med underlaget kan t ex bedömas genom uppmätning av vilken dragkraft (dvs fotens horisontella skjuvning mot underlaget; eng. "surface traction") som behövs för att underlaget, dvs gräset, ska "släppa". Hälsoaspekterna på en bollplans kvalitet, främst när det gäller riskerna med för stor eller för liten friktion mot underlaget, har berörts bl a av Williams & Sperryn (1976) och Torg et al. (1974).

Även sk penetrationsmotstånd kan användas som ett mått på packningsgrad och därmed dels på rotnedträngningsförmåga, dels på ythållfasthet. Van Wijk & Beuving (1975) har angett minimumvärden för penetrationsmotstånd i ytskiktet till 1,4 MPa på intensivt spelade ytor och 1,0 MPa för ytor med mindre intensivt spel. Dexter (1987) anger siffran 3,5 MPa som det maximalt högsta penetrationsmotståndet där rotframkomligheten fortfarande är möjlig.

En av de mest använda metoderna för att utvärdera hårdheten eller elasticiteten i underlaget kallas för Clegg-metoden efter sin uppfinnare. Det är en 0,5 kg tyngd som får falla från 0,3 m höjd, och apparaten registrerar hur djupt ner i underlaget som tyngden går ner (Clegg, 1976).

### *Förhållandet boll - spelyta.*

Förhållandet boll - spelyta beror av ytans hårdhet och jämnhet och är viktig för att spelet ska vara förutsägbart för spelaren, men också för att spelet ska vara likvärdigt på olika delar av planen och mellan olika spelplaner. Denna kvalitet kan skattas bl a från uppmätning av bollåterstudens höjd i % av nedslagshöjden. Andra mätmetoder registrerar tex hur snabbt bollens rullning avtar när den rullar över en yta.

I tabell 2 nedan återges de i Storbritannien framtagna kriterierna för spelkvalitet för dragkraftsmätning respektive bollstudsmätning och som används i detta arbete (Baker & Gibbs, 1989a; Canaway mfl, 1990).

Tabell 2. Standard för spelkvalitet för fotboll (från Canaway mfl, 1990).

Table 2. *Playing quality standards for soccer (from Canaway et al., 1990).*

Kvalitetsfaktor	Minimum	Maximum
Bollstuds		
rekommenderad	20%	50%
acceptabel	15%	55%
Dragkraftsmätning		
rekommenderad	25 Nm	-
acceptabel	20 Nm	-

Båda de nämnda spelkvalitetsfaktorerna är starkt avhängiga av markens vattenhalt, och vid ytvatten måste i regel allt spel och träning ställas in. Hur snabbt vattnet kan infiltrera i marken

blir därför en av de allra viktigaste kriterierna på hur spelbar en sportgräsyta kan förväntas vara. De två olika aspekterna av spelkvalitet påverkas också av flera andra faktorer som är avhängiga av markbyggnad och skötsel. De viktigaste faktorerna är grässets artsammansättning och marktäckningsgrad, vilka i sin tur påverkas, förutom av klimat, slitage och klippning, av en rad markegenskaper. Minimikravet för marktäckningsgrad för att uppfylla spelkvalitetskrav från spelarna på de mest slitna delarna av en sportgräsyta har av Gibbs mfl (1989) angetts vara 20% (dvs högst 80% bar mark). Vissa markegenskaper har bedömts vara nyckelfaktorer: Det gäller vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad, dränerbar porvolym, växttillgängligt vatten, samt torr skrymdensitet. En klassificering av dessa har gjorts tidigare (Karlsson, 1988; se nedan tabell 3). Till ledning för klassificeringen av vattengenomsläppligheten togs statistik på nederbördsintensiteten under den mest intensiva regnskuren med en varaktighet på minst 0,5 tim under ett år. Denna nederbörd måste kunna dräneras bort från en sportgräsyta som har hög användar- och skötselintensitet (Adams, 1981) och man kan därför använda den som kriterium för dimensioneringen av markens vattengenomsläpplighet. De dimensionerade nederbördsintensiteterna är givetvis något olika i olika delar av Sverige: i Umeå är den 13 mm, i Uppsala 18 mm, i Stockholm 19 mm, i Borås 26 mm, i Göteborg 20 mm och i Malmö 22 mm h<sup>-1</sup> (Bergström, 1976).

Tabell 3. Lämplighetsklassificering av mark för sportgräsytor ( $K_s$ =genomsläpplighet för vatten vid vattenmättnad; DP=dränerbar porositet; VV=växttillgängligt vatten; SD = torr skrymdensitet)

Table 3. Suitability criteria of soil for sports turf ( $K_s$ =saturated hydraulic conductivity; DP=drainable porosity; VV=plant available water; SD=dry bulk density)

Standard	$K_s$ , mm h <sup>-1</sup>	DP, volym%	VV, volym%	SD, t m <sup>-3</sup>
Hög	>25	>12 till 0,2 m djup	12-25	1,25-1,60
Medelhög	>5*	>10 till 0,2 m djup	>8	1,20-1,70
Låg	>1**	> 7 till 0,1 m djup	>5	1,20-1,70
Olämplig	Alla ytor som inte uppfyller kraven för "Låg standard"			

\*Innebär att 1-3 matcher eller träningstillfällen per år måste ställas in

\*\*Innebär att minst 5 matcher eller träningstillfällen per år måste ställas in

Som jämförelse med de i tabellen ovan nämnda värdena på genomsläpplighet vid vattenmättnad ( $K_s$ ) kan nämnas att den tyska DIN-normen (DIN, 1991) anger 54 mm h<sup>-1</sup> som minimivärde för naturliga sportgräsytor.

#### Ytjämnhet

Ytans jämnhet har också stor betydelse för spelkvalitén. På fullstora spelytor bör ytjämnheten kontrolleras t ex med regelbundna avvägningar och genom att iaktta hur vatten infiltrerar i marken under regnväder eller vid bevattning. Ytjämnheten påverkar såväl spelarens balans som bollens studs och rullning. Den har även stor betydelse för att grästillsväxten ska bli jämn, eftersom en ojämn yta ger en ojämn fördelning av nederbörd och bevattningsvatten, vilket även kommer att omfördela växtnäringen och påverka artsammansättning mm. I klimat med upprepade frysnings- och upptyningsperioder kan ytojämnheter ge upphov till att ytvatten blir stående ovanpå tjälad mark, vilket leder till frysskador, sk isbränna. Men även höga markvattenhalter utan att ytvatten syns kan ge upphov till allvarliga utvintringsskador från snömögelangrepp.

Ett exempel på jämnhetskrav är det som ställs i tyska DIN (Deutscher Normenausschuss, 1991), vilken anger att avvikelser på en 4 m lång mätsträcka ej får överstiga 30 mm. I brittisk spelkvalitetstandard krävs 8 mm standardavvikelse för rekommenderad standard och 10 mm standardavvikelse för acceptabel standard (Canaway mfl, 1990).

#### *Gräsets tillväxt och artsammansättning*

Uppmätning av produktion av gräsklipp och uppmätning av kväve i gräsklipp och mark är ytterligare ett sätt att utvärdera gräsytorernas kvalitetsegenskaper. Resultaten visar dels gräsets möjlighet att återväxa efter skador, och dels hur alla de olika ståndorts- och sköselfaktorerna samverkar till den ekologiska nischen i vilken gräset ska kunna växa optimalt. Det är dock inget mål i sig att gräsproduktionen ska vara hög, utan målet är att gräset ska vara friskt, konkurrenskraftigt mot ogräs, och ha en vital tillväxt så att skador tillfogade genom normal skötsel och genom slitage och annan användning snabbt kan läkas.

Förekomsten av vitgröe (*Poa annua*) är en viktig indikator på höga vattenhalter, högt slitage, stark packning och besvärligt vinterklimat. Vitgröen kan även visa att man haft för höga kvävehalter i marken (Dahlsson, 1987), och detta gräs påverkas även av pH-värdet (ett högt pH-värde anses gynna vitgröen). Vitgröen är en oönskad gräsart på sportgräsytorerna, eftersom den är mer mottaglig för snömögelangrepp och därmed för utvintringsskador än andra gräsarter. Den är också med sina grunda rötter sämre rustad än andra gräsarter att stå emot de horisontella dragkrafterna som gräset utsätts för vid starkt slitage. Andra indikatorväxter för höga markvattenhalter och hög packningsgrad i marken är t ex trampört (*Polygonum aviculare* L.) och groblad (*Plantago major* L.).

## 2. Beskrivning av markbyggnadsförsöket i Uppsala

### 2.1 Syfte

Syftet med projektet har varit att på kortklippt gräs under en standardiserad behandling med kraftigt slitage av fotbollspeltyp:

- studera etableringsmetoders och skötselmetoders inverkan på markfysikaliska egenskaper, främst vad gäller vattengenomsläpplighet, vattenhushållning och markpackning
- studera vissa biologiska egenskaper: rotnedträngning, artsammansättning, vegetationens marktäckningsgrad
- studera spelkvalitetsgenskaper, främst gräsyntans hållfasthet mot horisontell skjuvning och ytans hårdhet
- studera kväveutnyttjande och kväveutlakning

Under 1990 studerades mer specifikt två olika tableringssätt. Frågeställningen var om det fanns skillnader i slitagetålighet och spelkvalitetsgenskaper mellan sådda ytor respektive ytor etablerade med färdig gräsmatta (s k turf). En färdig gräsmatta är en flyttbar klippt eller betad gräsyta som förutom den gröna växten består av stoloner, rhizomer och ytliga rötter i ett sammanvävt skikt. Vanligen följer 10-20 mm av ursprungsjorden med vid upptagningen av den färdiga gräsmattan.

Etableringssätt valdes som en faktor att studera eftersom man debatterat dels hur stor skillnaden mellan sådda ytor och ytor etablerade med färdig gräsmatta är när det gäller kvaliteten dvs hållbarheten för spel, och dels om artsammansättningen möjligen kan vara ogynnsam redan från början, tex genom en invasion av ogräs, i den färdiga turfen. Dessutom fanns det en del frågetecken vad gäller hur fort en sådd respektive en yta med färdig gräsmatta yta kan etableras så att den kan börja användas för fotbollspel.

Under 1991-92 studerades etableringshastighet, spelkvalitetsgenskaper, biomassa-produktion, kväveutlakning, kväveupptagningens effektivitet samt olika skötsel aspekter på två olika färdiga gräsmattor.

Särskilt studerades olika sanddressningsbehandlingars inverkan på slitagetålighet och spelkvalitet. Sanddressningen valdes som en intressant sköselteknisk aspekt, eftersom det finns praktiker som menar att man ska dressa med grov sand på svårgenomsläppliga jordar. "Standardvarianten" för sanddressning i Sverige har också hittills varit att dressa med en relativt ograderad sand (alltså med ett innehåll av såväl fina som grova partiklar), medan forskare i USA och Storbritannien hävdar att man måste ha en mycket snävt graderad sand med partikeldiametrar på 0,1 - 1 mm (USGA Green Section Staff, 1977) eller till och med 0,1 - 0,5 (Baker, 1983).

### 2.2 Lokalisering och konstruktion

Fältexperimentet med sportgräsytor var lokaliserat till Ultuna, Uppsala i östra Sverige (17° 38' öst, 59° 50' nord). Det var orienterat i väst-östlig riktning strax väster om Dag Hammarskjölds väg på Mellersta trädgårdsförsöksdistriktets markområde. Experimentet pågick under tre vegetationsperioder (1990-1992). Fyra markbyggnader har ingått i studien (fig. 2). Samtliga var dränerade till 0,6 m djup med samma dikesavstånd, 4,4 m.

Detalldräneringen från vart och ett av de fyra markbyggnadstyperna leddes till fyra olika brunnar. Hela anläggningen var dessutom dränerad med ett avskärningsdike. Grenledningarnas diameter var 50 mm och stamledningarnas diameter var 75 mm. Se fig. 1 för detaljer om försöksuppläggningsen. Följande markbyggnader ingick:

A. *Naturlig lerjord*: 42 vikt% ler (< 0,002 mm), 33 vikt% silt (0,002-0,06 mm), 25 vikt% sand (0,06-2 mm) och mullhalt 2%. Under 0,25 m djup går mullhalten ner mot noll. Dräneringsgravarna grusades med grusmaterial 1 ( fig. 3) till 200 mm från markytan. Före det att färdig gräsmatta lagdes påfördes sandmaterial 1 ( fig. 6) med 20 mm som ett ytlager.

B. *Sandbädd*: 100 mm sandmaterial 2 (se fig 7), med inblandning av 2 vikt% torvmull, underlagrad av naturlig lerjord. I lerjorden var en spårdränering installerad från 100-400 mm djup (ca 70 mm bred och innehållande grusmaterial 2, se fig. 4). Markprofilens dräneringsrör var försedda med ett grusfilter (grusmaterial 3, se fig. 5) upp till 100 mm under den slutliga markytan.

C. *Grund sandprofil*: 150 mm av sandmaterial 1 (se fig. 6) med inblandning av 3 vikt% torvmull, underlagrat av 100 mm av grusmaterial 1 (se fig. 3). Grusmaterial 1 användes även som filtermaterial i rörgraven till dräneringsrören.

D. *Djup sandprofil*: 300 mm sandmaterial 3 (fig. 8), varav de översta 50 mm hade 1 vikt% inblandning av torvmull. Detta lager underlagrades av 50 mm grovsand (sandmaterial 4; fig. 9), i sin tur underlagrat av 150 mm grusmaterial 3 (fig. 5). Grusmaterial 3 användes även som grusfilter i rörgravarna.

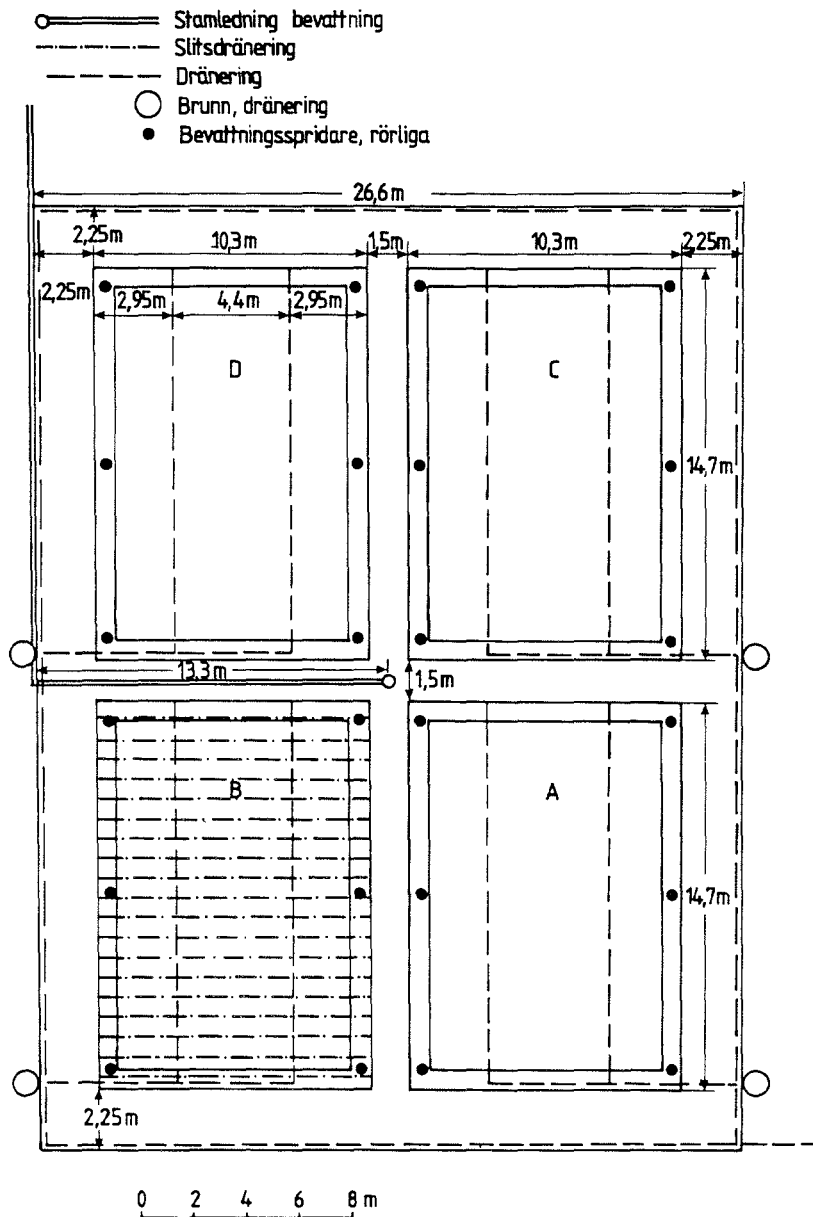
Markbyggnad A är den naturliga jordmånen i Uppsalatrakten, vilken endast modifierats genom att lägga ett stabiliserande och ytutjämnande, tunt lager sand på den matjord som utgjordes av en stubbearbetad ogödslad vall. Ytterligare data om struktur och markfysikaliska egenskaper av denna styva lera går att finna i Wiklert mfl (1983).

Markbyggnad B kallas ibland också "Prunty-Mulqueen-metoden" och finns beskriven bl a i Anonym (1984), Mulqueen (1983) och Prunty (1970). Den har framgångsrikt använts främst i Irland samt i Storbritannien, och kan ge högkvalitetsanläggningar till lägre anläggningskostnad än den djupa sandprofilen (D) som annars rekommenderats av forskare i Storbritannien.

Markbyggnad C är framtagen i Tyskland och byggdes efter den norm som gällde 1989, nämligen DIN 18035 (Deutscher Normenausschuss, 1979; Skirde, 1978). Svenska Kommunförbundets arbetsbeskrivning från 1971, vilken har legat till grund för många av de bollplaner som finns i Sverige idag, är i mycket lik den tyska normen och båda har Langvads (1964; 1971) "Weigrass-metod" som utgångspunkt. De svenska systemen hade dock dräneringsrören på en betydligt grundare nivå (300-450 mm), vilket dock knappast haft någon stor betydelse för ytans funktion, eftersom det är det dränerande gruslagrets nivå som bestämmer profilens kapillära egenskaper.

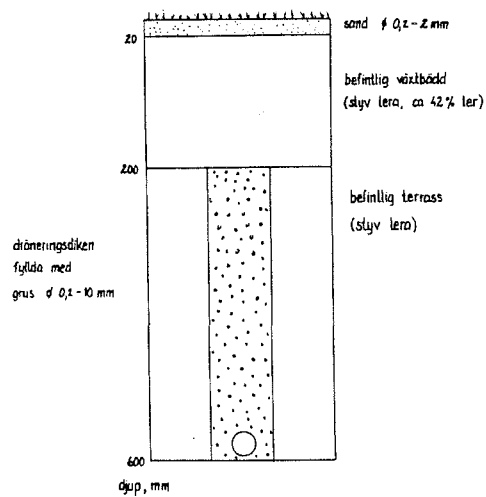
Markbyggnad D är en metod som i stort är uppbyggd efter samma principer som amerikanska golfförbundets specifikation för golfgreener av hög standard (USGA 1960, 1973) med undantag för kornstorleksfördelning och mullhalt i växtbäddsmaterialet. Det senare har anpassats för Storbritanniens klimat- och spelförhållanden genom forskning och försök på Sports Turf Research Institute i Bingley, West Yorkshire, England (Baker 1982a, 1986), och har använts på många av de största fotbollsstadia i Storbritannien. Den torvmull som användes för inblandning i markbyggnaderna B, C och D var finfördelad, och enligt tillverkaren ogödslad och okalkad med en humifieringsgrad på H2 - 4, med ett pH- värde på 3,0 - 4,0 och med en torr skrymdensitet på 0,07 t m<sup>-3</sup>.

I tabell 4 ges växtnäringssinnehållet i de olika markbyggnadstyperna efter etableringsgödslingen 1989.

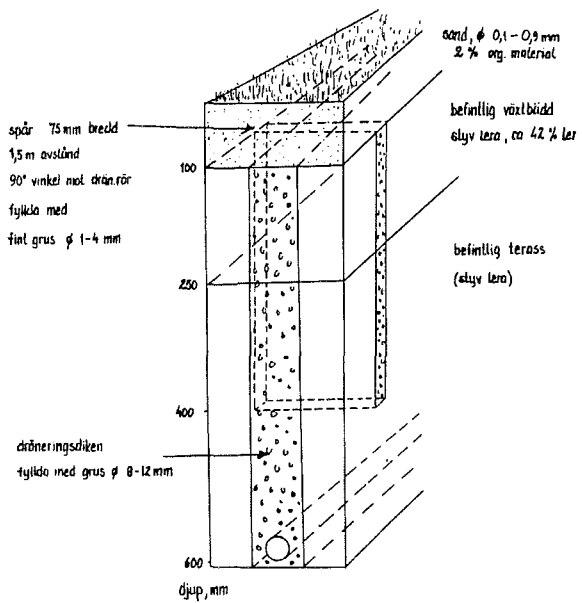


Figur 1. Markbyggnadsförsökets design.  
 Figure 1. Experimental design of the soil construction field experiment.

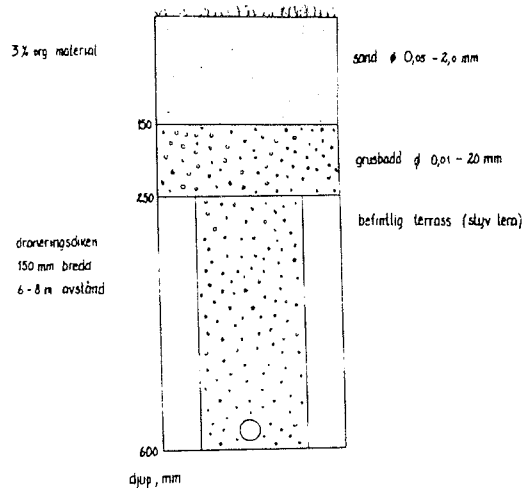
## Lerjordsprofil (A)



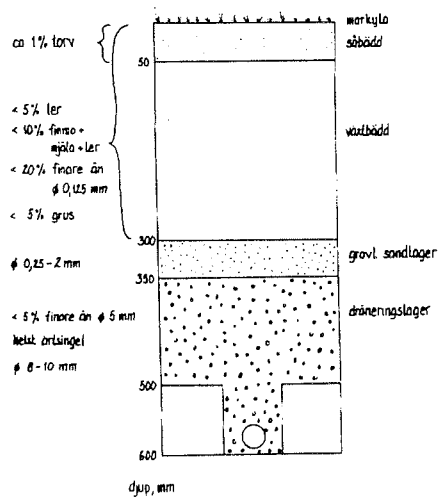
## P-M-profil (B)



## DIN-profil (C)



## STRI-profil (D)



Figur 2. Markprofiler och materialspecifikationer för de olika markbyggnadstyperna.  
Figure 2. Soil profiles and specifications of the materials of the different soil constructions.



Tabell 4. Växtnäringsinnehåll i växtbäddslagret på 0-0,10 m djup i november 1989  
 Table 4. Analyses of soil nutrient contents in the surface layer at 0-0,1 m depth in November 1989

Mark- byggnad	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	N <sub>03</sub>	B	Cu	Mn
		(mg 100 g <sup>-1</sup> lufttorr jord)				(mg kg <sup>-1</sup> lufttorr jord)			
A	7,2	3,9	11,5	418	21,2	<1	0,3	22,7	1,4
B	6,4	0,8	2,0	24	1,5	<1	<0,1	1,3	1,8
C	7,9	1,5	3,3	771	7,3	<1	<0,1	13,6	2,2
D	7,2	0,8	1,2	13	0,9	<1	<0,1	1,3	0,6

### 2.3 Behandlingar

Fältexperimentet bestod av 4 separata markbyggnadsförsök (markbyggnaderna A, B, C, och D) vardera med två faktorer (2 etableringssätt och 4 sanddressningsbehandlingar), där varje behandling kombination fanns i 3 upprepningar och var fullständigt randomiserade. Varje markbyggnadsalternativ hade således  $2 \times 4 \times 3 = 24$  individuella rutor, vardera med ytan 4,8 m<sup>2</sup>. Nedan följer en beskrivning av de olika faktorer som ingått:

#### Faktor 1. Etableringssätt

##### I. Etableringssätt 1990:

S. sådd med 45% rödsvingel (15% Rubin, 15% Agram/Barnica och 15% Menuet/Puma) och 55% ängsgröe (25% Amason/Baron, 20% Fylking och 10% Nugget); Utsädesmängd 1,5 kg 100 m<sup>-2</sup> sått den 12 oktober 1989, och stödsätt med lika stor utsädesmängd den 9 april 1990.

T. färdig gräsmatta (s k turf), "lerhaltig" (se tabell 5), sådd från Weibulls gräsfröblandning "Kick-Off" med 55% ängsgröe (20% Fylking, 25% Amason/Baron och 10% Nugget) och 45% rödsvingel (15% Rubin, 15% Agram/Barnica, samt 15% Menuet/Puma); utlagt den 12 oktober 1989.

##### II. Etableringssätt 1991:

Ts. färdig gräsmatta, "sandig" (sådd från Weibulls gräsfröblandning "Kick-Off II" med 15% rödsvingel (Wilma), 10% engelskt rajgräs (Pavo) samt 75% ängsgröe (30% Unna och 45% Haga), utlagt den 17/5 1991.

Tl. färdig gräsmatta, identisk med färdig gräsmatta "T" enligt ovan (dvs utlagt den 12 oktober 1989).

I tabell 5 ges kornstorlekssammansättningen för det ca 20 mm tjocka jordskikt som medföljde för de två färdiga gräsmattorna. Uttrycket  $D_{90}/D_{10}$  definieras så att 90 vikt% av materialet har en korndiameter som är mindre än  $D_{90}$ -värdet, och på motsvarande sätt har 10 vikt% av materialet en korndiameter som är mindre än  $D_{10}$ -värdet.  $D_{90}/D_{10}$ -värdet är således en kvot mellan två partikelstorlekar.

#### Faktor 2. Sanddressningsbehandling

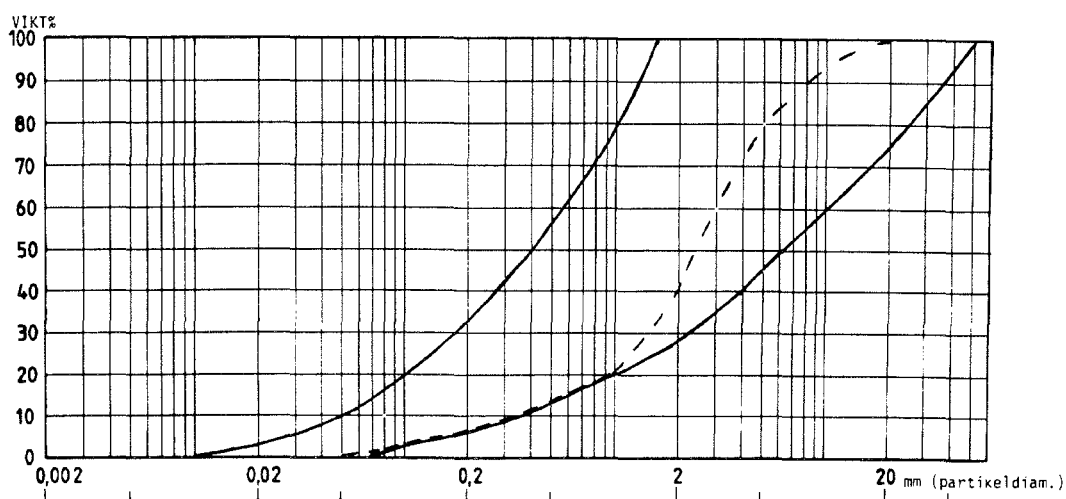
1. "Standard" (sandmaterial 1, se fig. 6); korndiameter 0,06-2 mm
2. Fin/mellansand (sandmaterial 3, se fig. 8); korndiameter 0,1-0,6 mm
3. Grovsand (sandmaterial 5, se fig. 10) korndiameter 0,6-2 mm
4. Ingen sanddressning

Tabell 5. Kornstorleksfördelning (vikt%),  $D_{90}/D_{10}$  och halt organiskt material (vikt%) i två typer av färdig gräsmatta (Ts resp. Tl)

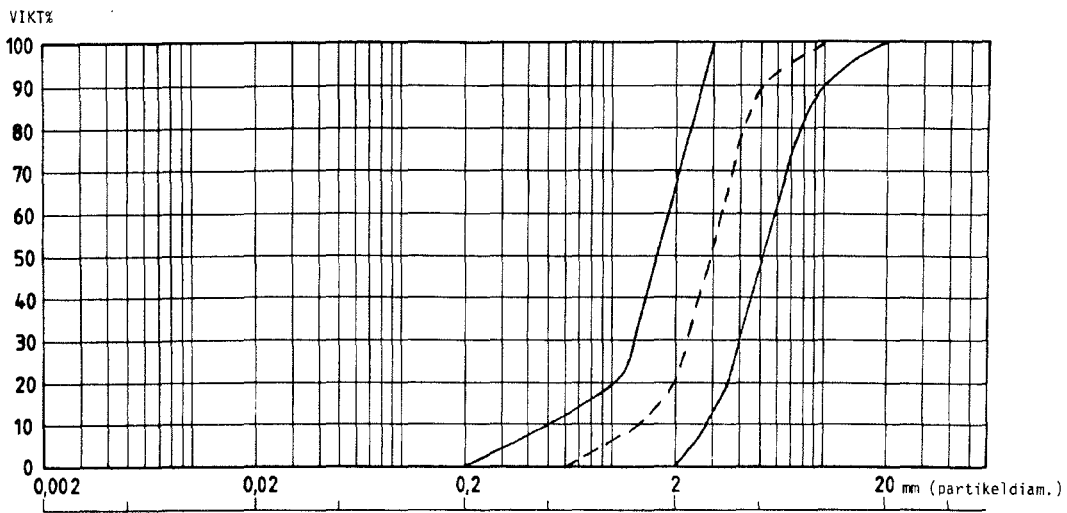
Table 5. Particle size analysis (% by weight),  $D_{90}/D_{10}$  and organic matter content (% by weight) in the two types of sod (Ts and Tl)

Grästyp	Kornstorlek (diameter i mm)						$D_{90}/D_{10}$	org. material
	<0,002	0,002-0,006	0,006-0,02	0,02-0,06	0,06-0,1	>2		
Ts	0	0	0	2	28	4	7,5	3,1
Tl	10	3	6	10	13	8	600	3,2

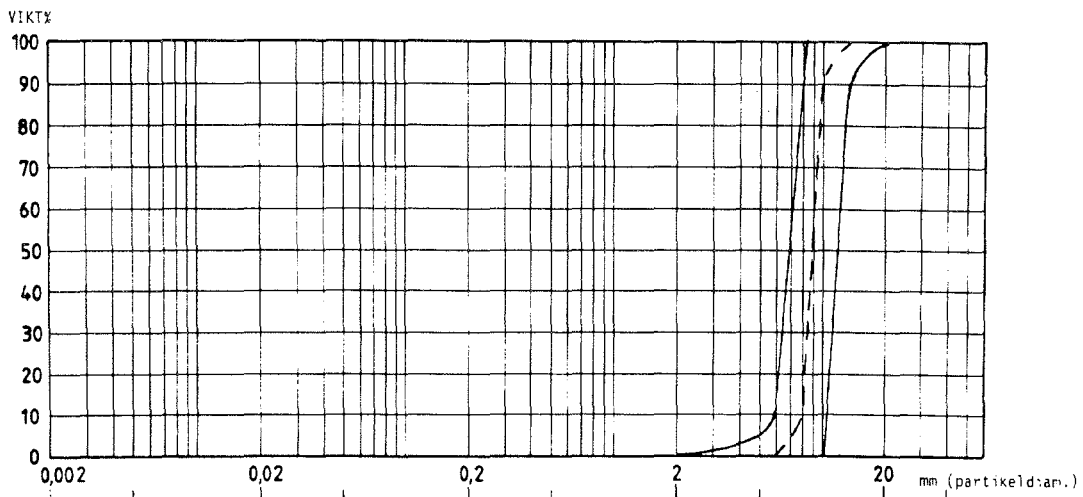
Sanddressningen utfördes direkt efter en hålpipeluftning 1 gång under 1990 (i augusti) samt 2 gånger per år (i maj och i augusti) under 1991 och 1992. Vid varje tillfälle påfördes  $0,5 \text{ m}^3 100^{-2}$ , en mängd som rekommenderats bli av Baader (1981).



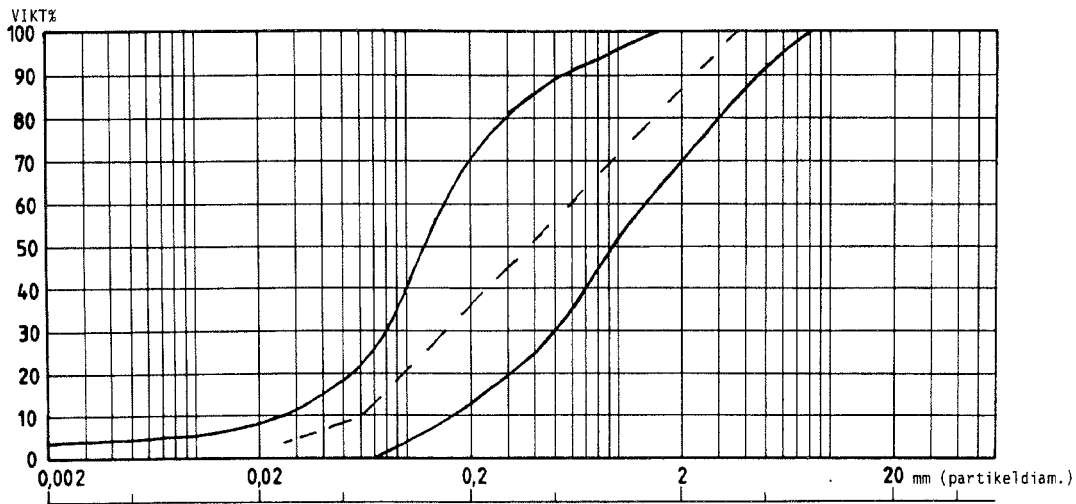
Figur 3. Grusmaterial 1.  
Figure 3. Gravel type 1.



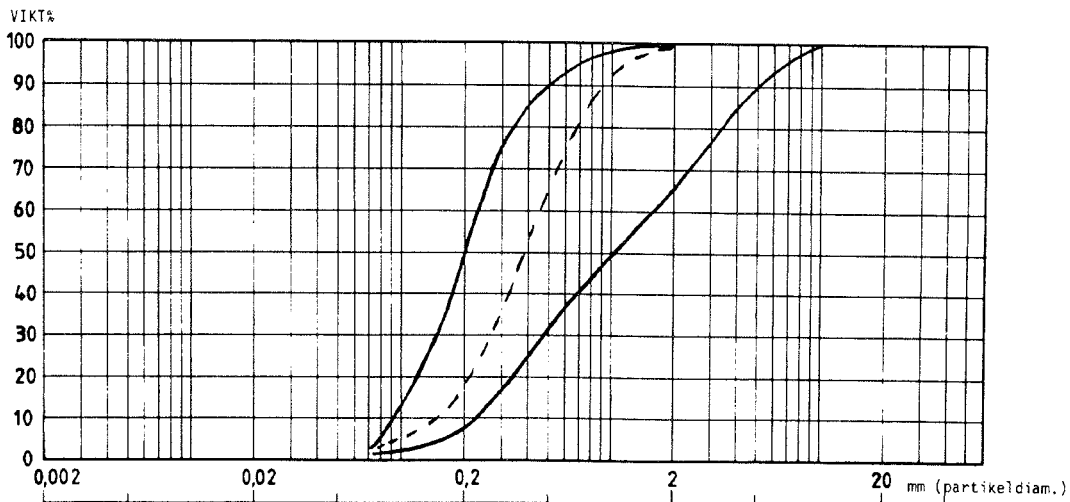
Figur 4. Grusmaterial 2.  
Figure 4. Gravel, type 2.



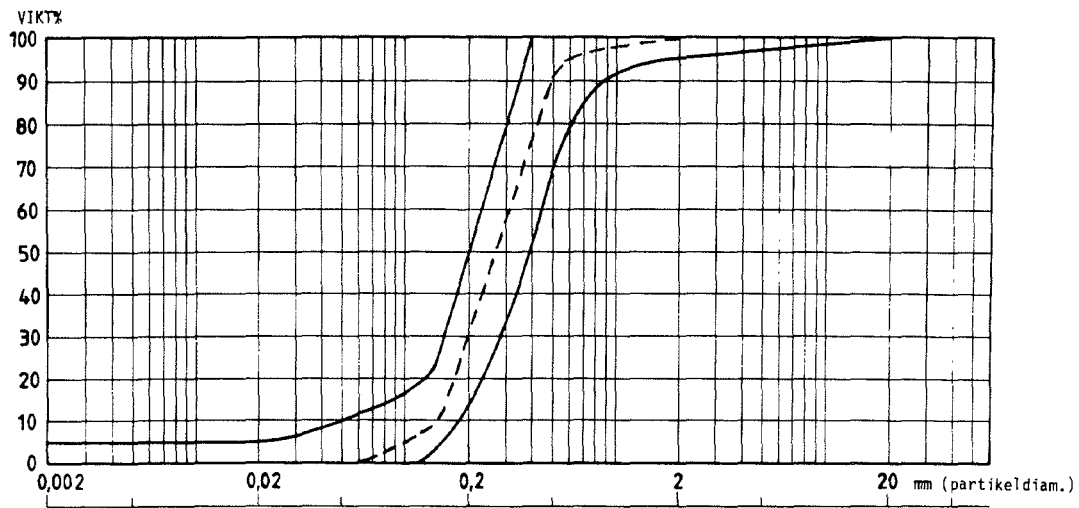
Figur 5. Grusmaterial 3.  
Figure 5. Gravel, type 3.



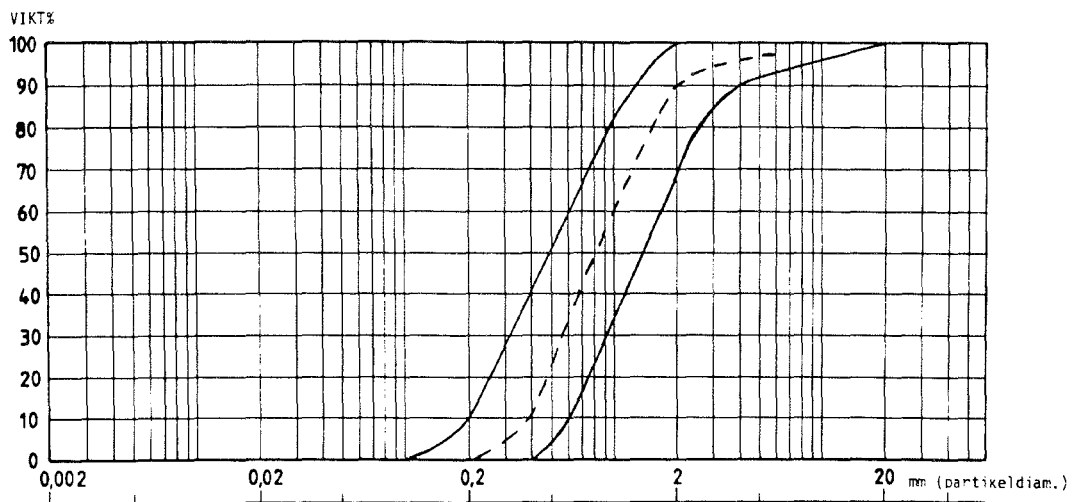
Figur 6. Sandmaterial 1.  
 Figure 6. Sand, type 1.



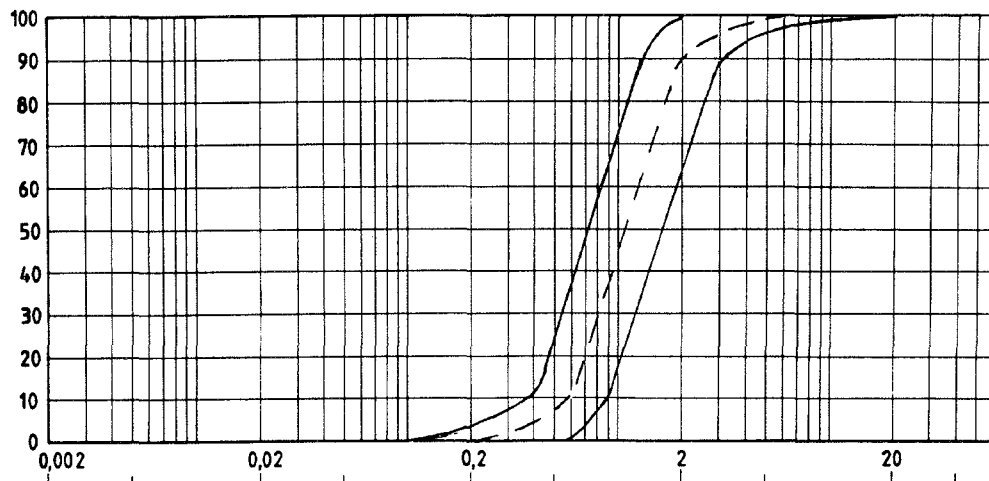
Figur 7. Sandmaterial 2  
 Figure 7. Sand, type 2.



Figur 8. Sandmaterial 3.  
 Figure 8. Sand, type 3.



Figur 9. Sandmaterial 4  
 Figure 9. Sand, type 4.



Figur 10. Sandmaterial 5  
 Figure 10. Sand, type 5.

## 2.4 Klimat

Ytorna studerades under den spelsäsong som råder för fotbollsspel i Sverige, dvs från ungefär 15 april till 31 oktober. Vissa mätningar gjordes även efter spelsäsongens avslutning. I Uppsala varar vegetationsperioden (definierad som den period när dygnets medeltemperatur är lika med eller högre än +6 °C) normalt från 20 april till 20 oktober (Karlsson, 1988).

### *Temperatur*

Data på lufttemperatur och marktemperatur erhöles från Ultunas klimatstation, lokaliserad ca 200 m från experimentytan. Dessa redovisas ej här; siffrorna användes under experimentets genomförande bla som en information för att styra appliceringen av första gödselgivan för säsongen.

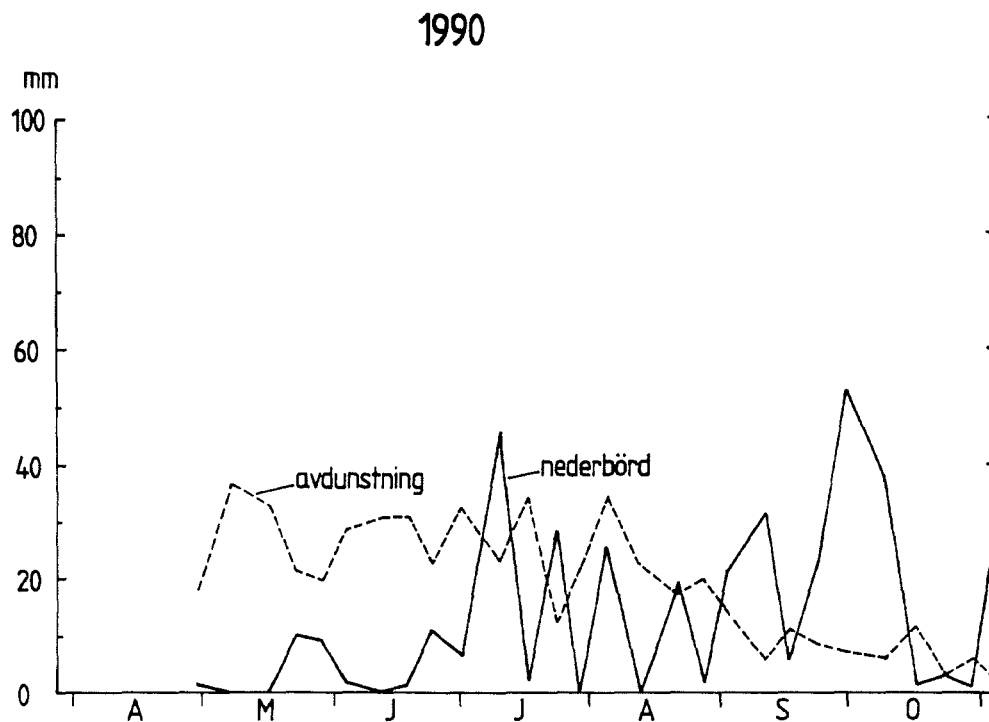
### *Potentiell evaporation*

Den potentiella evaporationen uppmättes med Anderssons evaporimeter (Andersson, 1969; Johansson, 1969) vilken var uppställd på 1,5 m höjd i direkt anslutning till försöksplatsen. Registrering av avdunstningen gjordes i regel på förmiddagen 2-3 ggr per vecka. Mätaren kan sägas integrera inflytandet av olika klimatfaktorer av vilka temperatur, vind, relativ luftfuktighet och instrålning dominerar (Johansson, 1969).

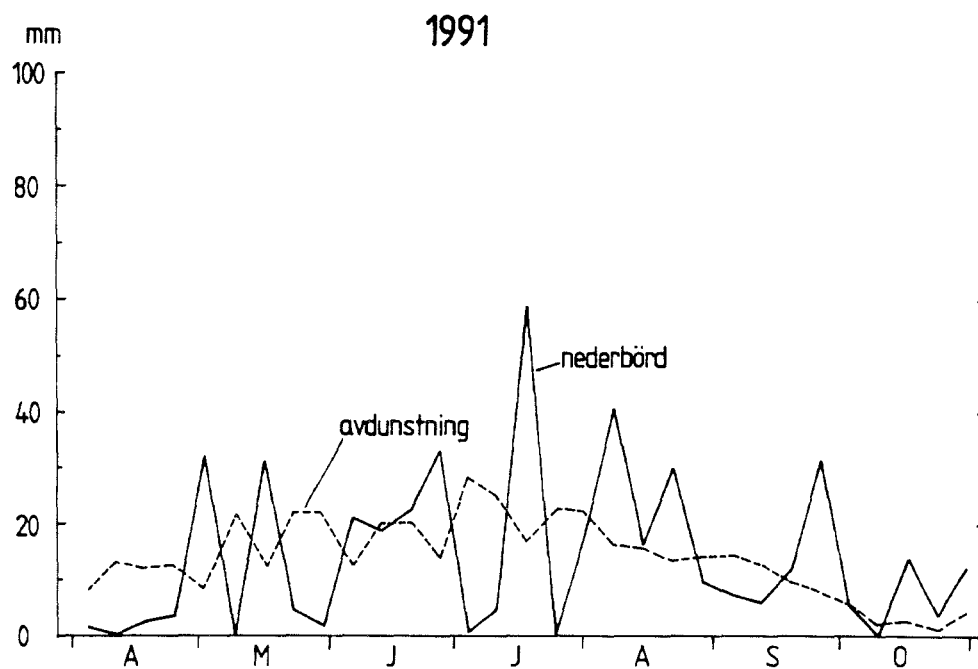
### *Nederbörd*

Nederbörden uppmättes i en standardregnmätare ("Pluvius") och parallellt även i en elektronisk mätare av märket "Digi-Rain" uppställda i direkt anslutning till försöksplatsen. De två mätarnas registreringar jämfördes och i vissa fall, när avdunstning förmodades ha skett, användes enbart data från den elektroniska mätaren. Normalt togs ett medelvärde mellan de två mätarna. De skilde sig inte åt mer än 0,5-1 mm utom vid två skyfall (ett 1991 och ett 1992). Vid dessa tillfällen användes nederbördsdata från den elektroniska mätaren. Registrering

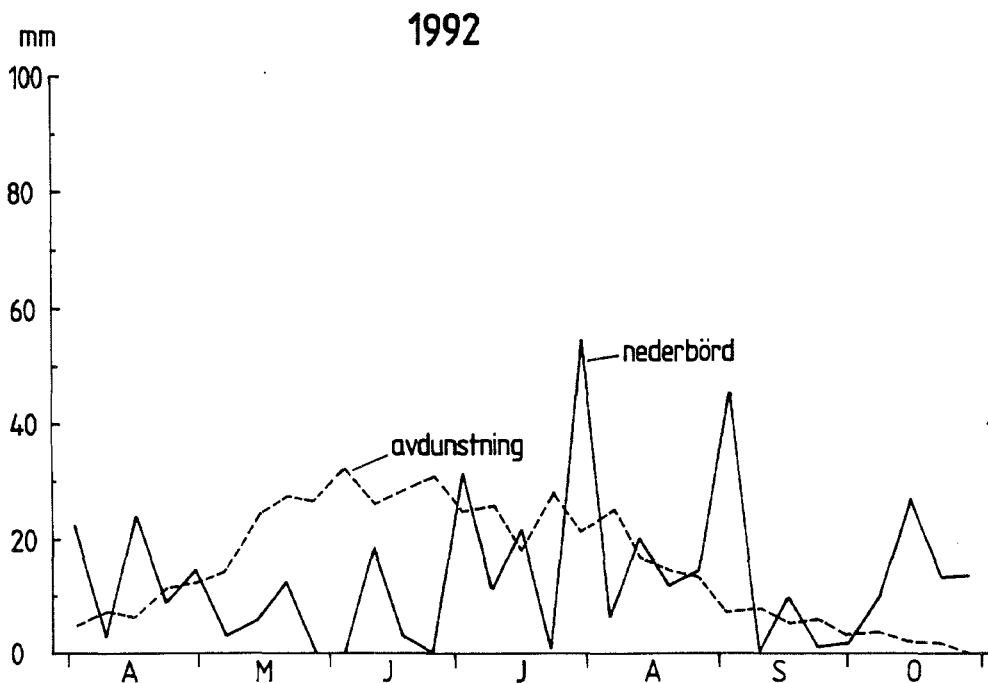
gjordes i regel på förmiddagen 2-3 ggr per vecka. Veckovis summerade data på potentiell evapotranspiration och nederbörd redovisas i figurerna 11-13.



Figur 11. Nederbörd och potentiell evapotranspiration under 1990.  
Figure 11. Precipitation and potential evapotranspiration in 1990.



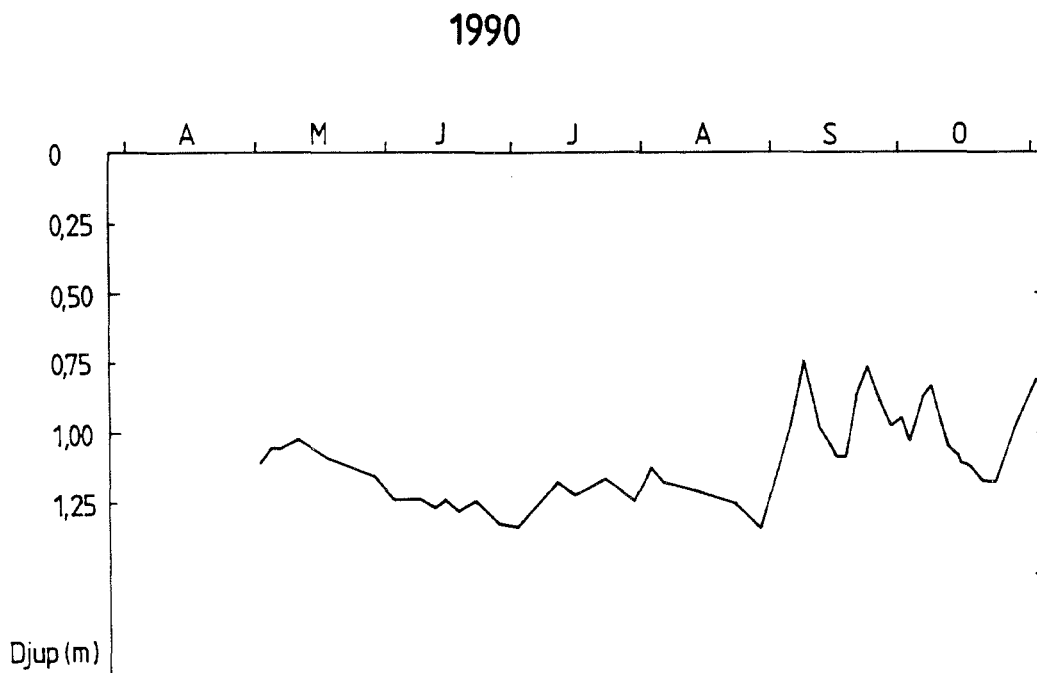
Figur 12. Nederbörd och potentiell evapotranspiration under 1991.  
Figure 12. Precipitation and potential evapotranspiration in 1991.



Figur 13. Nederbörd och potentiell evapotranspiration under 1992.  
 Figure 13. Precipitation and potential evapotranspiration in 1992.

#### Grundvattennivå

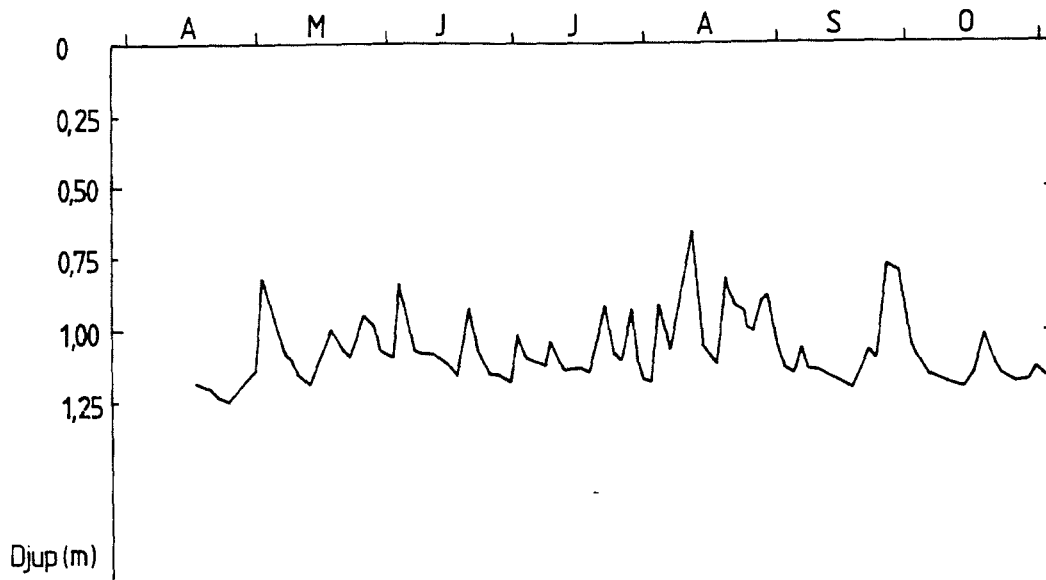
Grundvattennivån registrerades i 2 st grundvattenståndsrör som stod i mitten av anläggningen med 10 m avstånd, i den övre delen av markbyggnaderna A och B (se fig. 1). Registreringar gjordes 2-3 ggr per vecka (fig. 14-16). Grundvattnet låg relativt stabilt på strax under 1 m under markytan, med fluktuationer mellan 0,6 -1,3 m.



Figur 14. Grundvattennivå 1990.  
 Figure 14. Ground water level in 1990.

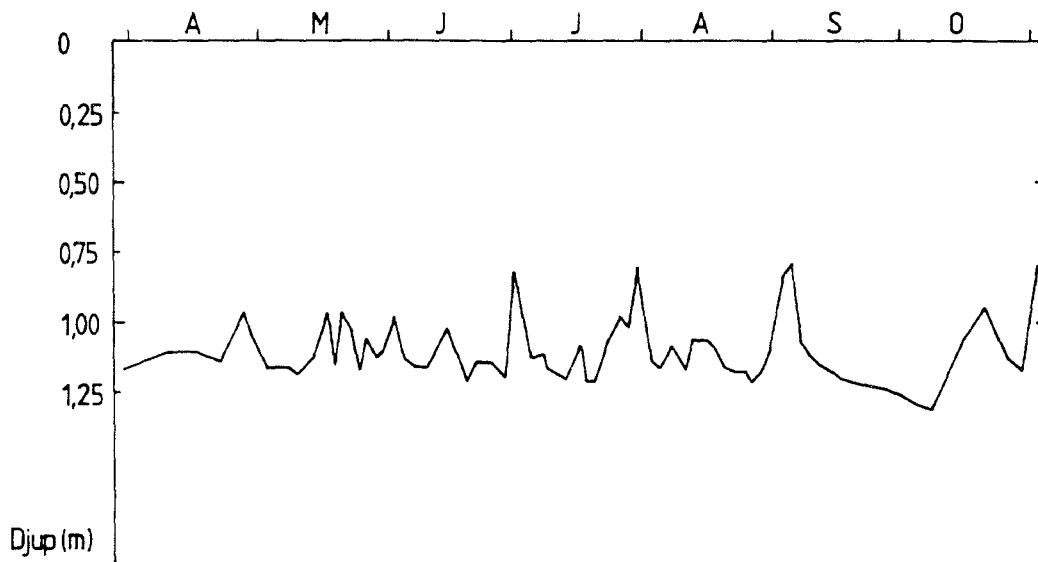


1991



Figur 15. Grundvattennivå 1991.  
Figure 15. Ground water level in 1991.

1992



Figur 16. Grundvattennivå 1992.  
Figure 16. Ground water level in 1992.

## 2.5 Skötsel

Etableringsskötsel utfördes enligt rekommendationer för den mest krävande markbyggnaden, dvs den djupa sandprofilen (markbyggnad D; Baker, pers. meddelande).

### *Klippning*

Klippningen gjordes med en cylinderklippare "Ransomes Marquis" med 0,61 m arbetsbredd, inställd på 35 mm klipphöjd. Klipphöjden åstadkoms med en enkel modifiering av förvälten. Klippning utfördes då gräset växt till ca 50 mm höjd utom vid etablering samt vid tidig vår och sen höst. Under etableringstiden samt under våarna klipptes gräset först på 60 mm höjd och sänktes under de 3-4 första klippningarna till 35 mm. På samma sätt fast med gradvis ökande klipphöjd gjordes på höstarna med början omkring första veckan i september.

### *Gödsling*

På hösten vid anläggningen (1989) gödslades hela försöket med en startgiva motsvarande 30 kg N, 15 kg P och 40 kg K per ha i form av fullgödsel. Kalk och såväl makro- som mikronäringsämnen tillfördes våren 1990 även i form av ett algkalkmedel framställt från rödalger, för att den sterila sanden skulle tillföras tillräcklig mängd av mikronäringsämnen och spårämnen. Algkalken anses ge en god vattenhållning i ytskiktet (Boocock, 1986) och en väl utvecklad och sammanhållen rotfilt på markbyggnader av sandtyp. Enligt engelska undersökningar rekommenderas 7,5 kg/ha vid etablering av såväl sådd som färdig gräsmatta (Canaway, 1992). Enligt varudeklarationen (Anonym, 1989) innehåller 1 ton av algextraktet följande komponenter:

Kalciumkarbonat	700-800 kg	Klor	8 -10 kg
Magnesiumkarbonat	70-100 kg	Kiselsyra	5 - 6 kg
Kväve	25- 30 kg	Svavel	4 - 7 kg
Organisk substans	20- 40 kg	Aminosyror	4 - 5 kg
Natrium	15- 20 kg	Fosfor	4 - 5 kg
Kalciumfosfat	8- 10 kg	Kalium	1,5- 2 kg

Spårämnen: Järn, Jod, Mangan, Indium, Bor, Fluor, Koppar, Brom, Zink, Titan, Molybden, Kobolt, Selen;  
Övrigt: Prolin, Asparbinsyra, Glutinsyra, Aminosyror.

Under 1990-1992 valdes att utföra den första gödslingen när dygnsmedeltemperaturen under tre dygn i rad varit lika med eller över + 4 °C. Under 1990 gödslades ytan 6 ggr med 2,42 kg N, 0,80 kg P och 1,74 kg K per 100 m<sup>2</sup>. Detta gav en något lägre giva N och en högre giva av P och K än vad som rekommenderats för markbyggnad D; rekommendationerna är ca 2,50 kg N, 0,30 kg P och 1,50 kg K per 100 m<sup>2</sup>.

Under de påföljande åren (1991 och 1992) balanserades givan till rätt nivå genom att fullgödsel + mikronäringsämnen gavs 4 gånger per år (på våren och sommaren) och enbart NK-gödsel vid de 2 återstående gödslingstillfällena på hösten. Vid varje gödslingstillfälle gavs lika stor andel kvävegödsel (0,42 kg N per 100 m<sup>2</sup>).

Under 1991 och 1992, då kväveupptagning och kväveläckage studerades, utfördes gödslingen vid följande tillfällen:

1991: 28 mars, 7 maj, 3 juni, 1 juli, 29 juli och 2 september.

1992: 28 april, 25 maj, 15 juni, 6 juli, 27 juli och 24 augusti.

### *Ogräsbekämpning*

Ogräsbekämpning utfördes mekaniskt (för hand) före anläggningen av ytan (hösten 1989, våren 1990, samt våren 1991). Under säsongerna utfördes ej ogräsbekämpning, eftersom ogräsförekomst ingick som en del i registrering av marktäckning och artsammansättning.

### *Växtskydd*

Växtskyddsbehandlingar har ej utförts, då kemisk bekämpning är förbjuden eller ytterst restriktiv i de flesta kommuner i landet.

### *Hålpipluftning*

Luftning med hålpipluftare till ca 150 mm djup har utförts i direkt anslutning före sanddressningsbehandlingarna 1 gång under 1990, i augusti, 2 gånger under 1991, i maj och augusti, samt 2 gånger under 1992, i maj och augusti. Behandlingen gjordes med en traktormonterad maskin av typ Ryan GA 30. Efter att luftningen utförts krattades en stor andel av de uttagna jordpropparna ihop och bortfördes. Därefter utfördes sanddressningen, varefter sanden krattades ut, så att en del skulle fylla de nygjorda hålen.

### *Bevattnings*

Varje markbyggnad hade individuell bevattning. Under 1990 styrdes bevattningen av tensiometerutslag från snabbtensiometrar, placerade 7,5 cm under marknivån. Tensiometermätningarna utfördes en gång per vecka med ca 4 tensiometerregistreringar per markbyggnadstyp. Bevattning sattes in vid 60 dBar för markbyggnadstyp A, samt vid 30 dBar för de övriga markbyggnadstyperna, enligt rekommendationer för bevattningsstyrning och bevattningsregimer från Morgan & Marsh (1965) samt Hanson & Juska (1969). Bevattningen följdes också upp genom beräkning av nederbörd minus potentiell evapotranspiration. Under 1991 och 1992 användes endast den senare metoden, sedan tensiometermetoden befunnits alltför osäker. En grundläggande princip för bevattningsstyrningen var att minimera bevattningen för att undvika svampangrepp och begänsa utlakningen av närsalter.

På varje markbyggnadstyp bevattnades med 6 st Toro roterande lågvinkelspridare med sektorsinställning (spridningsradie ca 7 m och vattentryck ca 1,8 kg) i ett slang-spridarsystem. Bevattningsmängderna vid varje bevattningstillfälle var 30 mm för A, 25 mm för B och 20 mm för C och D. Beräknad evapotranspiration (vilken multiplicerats med avläst potentiell evapotranspiration från Anderssons evaporimeter) sattes till 1,0 för markbyggnaderna B och D, till 0,8 för A och till 0,7 för C, baserat på tensiometerutslag och iakttagelser av grässets tillväxt under säsongen 1990.

Bevattningen utfördes nattetid med en intensitet på ca 10 mm h<sup>-1</sup>. Vid varje tillfälle registrerades jämnheten av spridningen med 4-9 nederbördsräknare per markbyggnadstyp. Jämnheten var sällan bättre än +/- 25-50%, (standardavvikelse på 6-13).

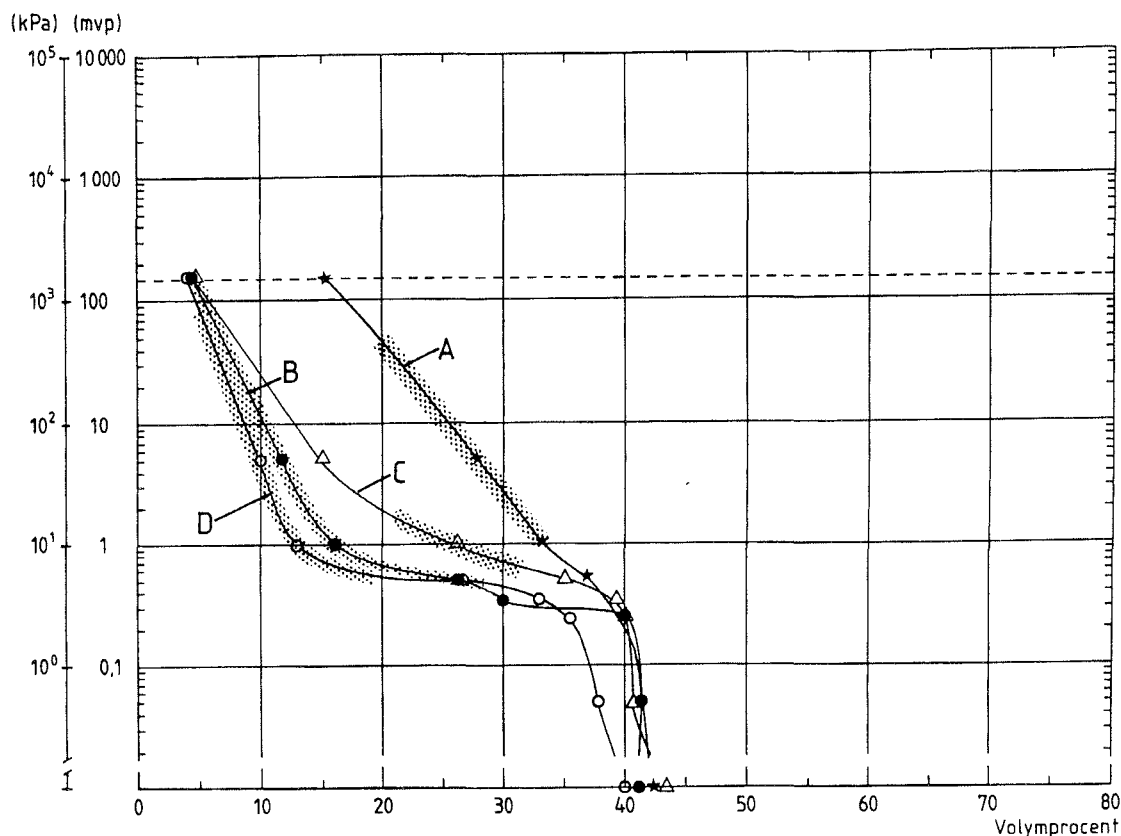
Under 1990 bevattnades de olika markbyggnadsalternativen med följande bevattnings-mängder: A: 237 mm; B: 199 mm; C: 196 mm och D: 202 mm.

Under 1991 var säsongens totala bevattningsgiva för A: 184 mm, för B: 215 mm, för C: 200 mm och för D: 226 mm; och under 1992 var de för A: 354 mm, för B: 380 mm, för C 275 mm och för D 372 mm.

Åren 1991-1992 utfördes gravimetriska bestämningar av markvattenhalten i lagret 0-0,1 m vid 19 tillfällen per säsong. I fig. 17 redovisas inom vilka intervall markvattenhalten hållits. Det visade sig att markbyggnad B och D tillåtits bli för torra, dock inte så att vissningsgränsen överskridits. Normalt bör bevattning sättas in när 1/3 - 1/2 av det växttillgängliga markvattenmagasinet tömts.

### *Slitage*

För slitagesimulering användes en traktormonterad maskin, byggd av SISIS Equipment efter specifikationer av Canaway (1976; se fig. 18). Maskinen fungerar så att både en vertikal och en horisontell komponent av slitage påverkar underlaget. Slitagemaskinen består av två axlar, på vilka sitter monterade järnhjul försedda med fotbollsdoftar av stål (av samma dimensioner som de som används på fotbollsskor och distribuerade slumpmässigt på hjulet. De två axlarna rör sig med olika hastigheter (1.33:1), så att ett horisontellt slitage åstadkoms. För att få en

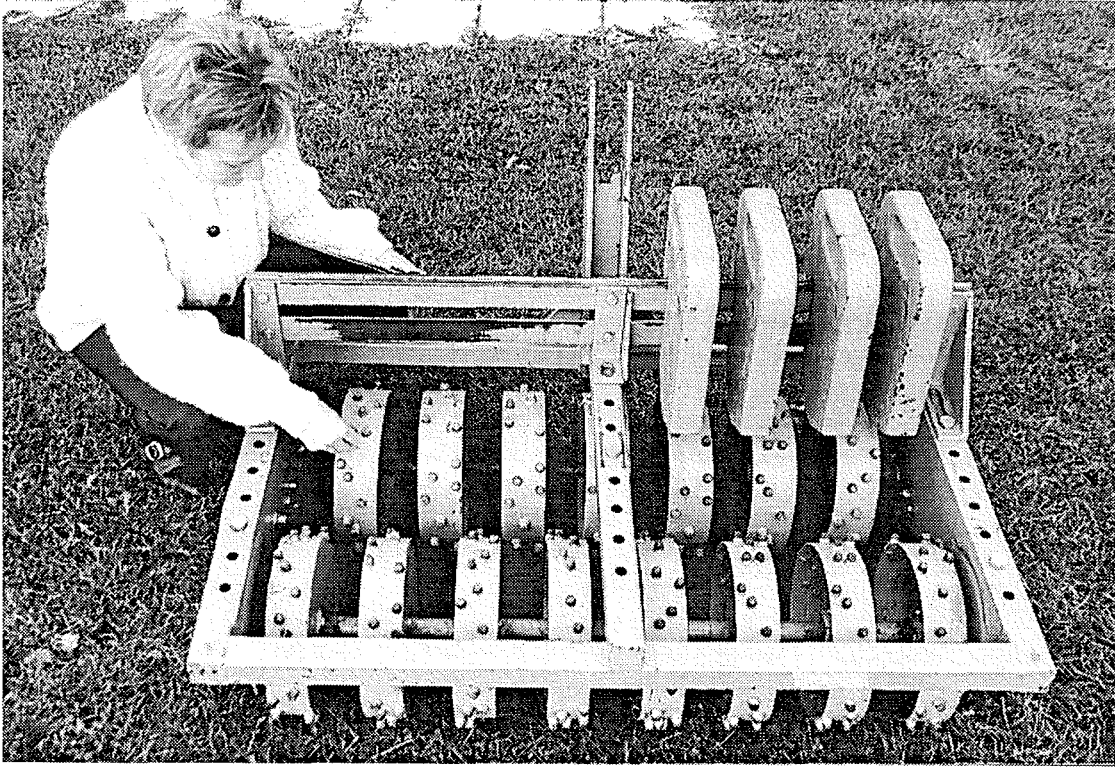


Figur 17. Vattenhalten vid olika undertryck i marken i horisonten 0-100 mm. Rastrerade områden visar intervallen för uppmätta markvattenhalter under 1991 och 1992.  
 Figure 17. Soil moisture content at different soil water pressures in the soil horizon 0 - 0,1 m. Screened areas indicate range of soil moisture contents during 1991 and 1992.

### Slitage

För slitagesimulering användes en traktormonterad maskin, byggd av SISIS Equipment efter specifikationer av Canaway (1976; se fig. 18). Maskinen fungerar så att både en vertikal och en horisontell komponent av slitage påverkar underlaget. Slitagemaskinen består av två axlar, på vilka sitter monterade järnhjul försedda med fotbollsdoftar av stål (av samma dimensioner som de som används på fotbollsskor och distribuerade slumpmässigt på hjulet. De två axlarna rör sig med olika hastigheter (1.33:1), så att ett horisontellt slitage åstadkoms. För att få en jämn packning och slitning över båda axlarna vid normal framförelshastighet, ca  $5 \text{ km h}^{-1}$ , så distribuerades vikter att det över den främre axeln var 85.3 kg och över den bakre 72.5 kg. Tyngden motsvarar därmed en herrseniorspelares "normaltyngd". Vid varje slitagetillfälle kördes i regel två gånger i  $90^\circ$  vinkel mot varandra, för att motverka "spårighet" i slitaget. En passage med slitagemaskinen motsvarar ca 40 passager av en seniorfotbollsspelare som har en steglängd på 1.1 m och 6 doftar per fotbollssko.

Under försöksperioden gjordes slitagesimulering under följande tidsperioder: 1990: 1 augusti - 31 oktober (54 passager på A och 60 passager på B-D) ; 1991: 1 augusti - 31 oktober (64 passager) och 1992: 15 april - 30 juni (34 passager), 1 augusti - 31 oktober (80 passager men med endast 75% av de påhängda vikterna jämfört med 1991 pga problem med traktorns lyftanordning; detta motsvarar approximativt samma slitagenivå som under motsvarande tidsperiod 1991).



Figur 18. Slitagemaskin för artificiellt slitage av fotbollsspeltyp  
*Figure 18. Wear machine for simulation of football type wear*

### 3. Metoder som använts för att utvärdera egenskaper och funktioner hos de olika markbyggnadsalternativen

#### 3.1 Analys av markegenskaper på laboratorium

##### *Kemiska egenskaper*

##### *1. Provtagning*

Jordprovtagning för aktuell vattenhalt, samt för ammonium- och nitratkvävehalter, gjordes med Nääs-borr på djupen 0-0,1 m, 0,1-0,3 m, 0,3-0,6 m, och 0,6-0,9 m. Provtagningen gjordes en gång i mitten av oktober 1989, direkt efter det att anläggningen av experimentytan var klar. I samband med studier av kväveupptagning och kväveutlakning under 1991 och 1992 upprepad sedan samma provtagning 19 gånger per år. 1991 och 1992 gjordes provtagningarna direkt före och samma dag som gödning, 1 vecka efter och 2 veckor efter respektive 6 gödnings-tillfällen under säsongen. Det 19-e tillfället var en provtagning som gjordes direkt efter slitagebehandlings avslutning, dvs första veckan i november. Provtagningen gjordes alltid på samma veckodag (måndagar) och slutfördes inom en dag. Proverna transporterades omedelbart från fältet och frystes in i avvakten på analys. 1989 utfördes provtagningen enbart på markbyggnadstyperna A, B, C och D och 1991-1992 utökades provtagningen med en kontrollyta på en intilliggande ogödslad vall.

Vid den sista provtagningen i november 1992 gjordes även en provtagning på nivå 0,9-1,2 m djup.

För att provtagningen på de olika markbyggnadstyperna inte skulle störa försöksresultaten utfördes den på en yttre provtagningsremsa i vilken även bevattningsspridarna var placerade (se fig. 1). Provtagningsområdet hade 0,75 m bredd och den totala ytan för provtagning utgjorde alltså 35,26 m<sup>2</sup> på var och en av de fyra markbyggnaderna. Provtagningspunkterna för båda åren hade i förväg slumpats ut och markerats på en karta, så att inte en föregående provtagning skulle störa den aktuella. Vid varje provtagningsomgång togs 10 borrstick per markbyggnadstyp slumpvis från en yta på ca 0,5 m<sup>2</sup>.

På den ogödslade vällen gjordes provtagningen 50 m norr om försöksplatsens mittpunkt och parallellt med Dag Hammarskjölds väg, med 10 borrstick slumpvis fördelat inom ett yta på 100 m<sup>2</sup>. Här gjordes dock provtagning endast 7 gånger per säsong, nämligen vid samma tidpunkt som provtagning före gödning utfördes på de fyra markbyggnadstyperna på experimentfältet.

##### *2. Analyser*

Hösten 1989 samt vid första provtagningen 1991 och 1992 gjordes ett fullständigt markkarteringsprov med följande analyser: Ledningstal, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>4</sub>-N, total-N (Kjeldahl), total-C (Walkely & Black), pH(KCl) P-Al, K-Al, Ca-Al och Mg-Al (Egnér mfl, 1960) samt innehåll av B, Cu och Mn (Kungl. Lantbruksstyrelsens Kungörelser, 1965). Dessa markkemiska analyser utfördes på Statens Lantbrukskemiska laboratorium. De analyser som togs regelbundet under säsongen var jordens innehåll av NO<sub>3</sub>-N och NO<sub>4</sub>-N (extraherat med 2 M KCl och därefter bestämda kolorimetriskt med en TRAACS 800). Dessa analyser utfördes på Institutionen för markvetenskap, Avd. för växtnäringlära. Analysdata korrigerades i efterhand för de skrymdensiteter som jorden hade vid den markfysikaliska provtagningen på våren 1993.

##### *Fysikaliska egenskaper*

##### *1. Provtagning*

Jordprovtagning för kornstorleksanalys, glödningsförlust, kompakt densitet och aktuell vattenhalt gjordes med Nääs-borr till nivåerna 0-0,05 m, 0,05-0,1 m, samt därunder i varje dm ner till 0,6 m djup under markytan.

För bestämning av vattenhalt vid olika vattenavförande tryck samt skrymdensitet togs prover i ostörd lagring med stålcyllindrar, 72 mm i diameter och 50 eller 100 mm höga.

Provtagningarna gjordes två gånger: första gången i oktober 1989 vid samma tillfälle som den första kemiska analysen (se ovan), och andra gången i april 1993, efter fältförsökets avslutning. År 1989 gjordes provtagningarna i det 0,75 m breda provtagningsutrymmet utanför själva experimentfältet i hörnet på varje markbyggnadstyp (se fig. 1). Vid denna provtagning, då ännu inga behandlingar eller skötselinsatser genomförts, togs 5 cylindrar per nivå i varje dm-skikt ner till 0,3 m, utom i markbyggnadstyp C där 5 cylindrar togs i tre skikt med 0,05 m djup, dvs ner till 0,15 m djup (=växtbäddsdjupet).

År 1993 gjordes provtagningen inom fältförsökets område från varje markbyggnadstyp (A,B,C och D). I vart och ett av de fyra markbyggnadstyperna utfördes provtagningen på följande sätt: I nivån 0 - 0,05 m togs 24 cylindrar (en cylinder, slumpvis lokaliserad inom varje ruta). På nivån 0,05 - 0,1 m togs 8 cylindrar (en i vardera etableringssätt x sanddressningstyp), och i varje dm-nivå därunder ner till 0,9 m togs 5 cylindrar per nivå. Cylinderprovtagningen på 0,05 - 0,1-nivån var utslumpad över hela försöksytan, liksom de från 0,1 och nedåt. De senare togs dock ut i samma provgröpar, dvs i 5 provgröpar slumpvis fördelade över experimentytan.

## 2. Analyser

De markfysikaliska laboratorieanalyserna har utförts på Institutionen för markvetenskap på Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Följande analyser har ingått: kornstorleksanalys (med pipettmetoden), glödningsförlust, och aktuell vattenhalt (Ljung, 1987); vattenhalt vid de vattenavförande trycken 5,15, 25, 50, 100, 500 och 15000 kPa (Andersson & Wiklert, 1972); kompaktensitet och torr skrymdensitet (Johansson mfl, 1985).

## 3.2 Analys av markegenskaper i fält

### *Infiltration*

Vattnets infiltrationshastighet uppmättes i rutorna A, C och D i en dubbelringinfiltrationsmeter av stål, där den yttre ringen hade diametern 0,63 m och den inre ringen 0,40 m. Höjden på ringarna var 0,25 m. Ringarna slogs ner till ett djup av 0,1 m och vattnets höjd över markytan var 0,10 m vid mätningens start. Ett slutvärde beräknades med hjälp av Darcy's lag (Bertrand, 1965; Karlsson, 1988) från de tre sista mätningarna efter 1,5 tim eller när tre ringar tömts på sitt vatteninnehåll. Detta värde ansågs ge en fältskattning av genomsläppligheten för vatten vid vattenmättnad (genom gräsyta), och gavs benämningen  $K_{(i)}$ . En uppmätning gjordes per ruta. Provtagningarna gjordes 2 gånger per år; en gång under säsongen, i juli, och en gång direkt efter att slitagebehandlingen avslutats i början av november.

I markbyggnaden B gjordes mätningen på samma sätt som i de övriga markbyggnaderna under 1990. Detta gav dock för låga genomsläpplighetsvärden, eftersom mätningarna konsekvent utfördes mellan de inbyggda spåren. Vid kontrollmätning 1991 visade det sig att genomsläpplighetsvärdena borde vara minst 50% högre om den inbyggda spårdräneringen skulle få full effekt. De värden som uppmätts under 1990 ökades därför med 50%.

Under 1991 och 1992 gjordes på markbyggnad B i stället infiltrationsmätning i en enkel stålring med diametern 1,00 m. I det sistnämnda fallet täcktes ett till ytan representativt område av ringen, vilken inkluderade såväl spårdräneringen som partiet mellan spåren. Spårdräneringen utgjorde 10% av ytan. Detta betyder att en cirkelsektor av ringen med höjden 0,15 m ställdes över spårdräneringen (Bjerketorp, pers. meddelande).

### 3.3 Analys av dräneringsvatten och grundvatten

#### *Dräneringsvatten*

Kontinuerlig flödesmätning av dräneringsvattnet från vart och ett av de fyra fälten med olika markbyggnader (A,B,C och D) gjordes i automatiskt registrerande vippkärl i dräneringsbrunnarna. Vippkärlen visade sig vid kontrollmätning rymma något olika mängd vatten: ett dubbelslag motsvarade i brunnen från markbyggnad A 2,414 l, från markbyggnad B 2,387 l, från markbyggnad C 2,5 l och från markbyggnad D 2,63 l. Dräneringsbrunnarna var försedda med lock, varför ingen avdunstning beräknades ha ägt rum medan avrinningen pågick.

Vid varje flödestillfälle togs också proportionella vattenprov, ca 1/2 l per tillfälle, vid långvarig avrinning flera flaskor, för analys av nitratkväve och totalkväve. Analyserna utfördes av Avdelningen för vattenvårdslära, Institutionen för markvetenskap, SLU.

#### *Grundvatten*

I mittpunkten på vart och ett av de fyra markbyggnadstyperna (se fig. 1) installerades 1991 ett grundvattenståndsror, i vilken grundvattenprover på 2, 0 m djup togs 8 gånger per år (en gång per månad). Även på den ogödslade vallen togs grundvattenprov med samma frekvens. Detta grundvattenståndsror var lokaliserat 59,5 m i östlig riktning, ovanför huvudutloppet för dräneringsvattnet från experimentytan och invid staketet mot Ultunas klimatstation (för att inte vallens grundvatten skulle påverkas av avrinningen från experimentytan; marken lutar även från denna sida ner mot huvudutloppet). Ett dygn före provtagningen tömdes varje rör helt på det stående vattnet, så att "färskt" grundvatten skulle rinna till. Hanteringen av proven följde samma rutiner som för dräneringsvattnet, dvs vattnet analyserades på nitratkväve och totalkväve.

### 3.4 Marktäckning och artsammansättning

#### *Provtagningar och bedömningar*

På varje individuell ruta gjordes arträkning och marktäckningsgraden bedömdes visuellt inom 2 slumpvis utvalda ytor om 0,01 m<sup>2</sup> vid anläggningen (1989, 1990) samt 3 ggr per säsong under 1990, 1991 och 1992.

Först skattades andelen bar mark. Därefter skattades andelen arter av olika gräsdrag samt andelen örtogräs. Arter som det endast fanns enstaka exemplar av noterades som en anmärkning. Samtliga skattningar gjordes i % av den totala ytan. Vid slutet av varje säsong 1991 och 1992 kompletterades skattningen av marktäckningsgrad med en infrarödfotografering, för att få ett objektivt slutvärde på resultatet av säsongens slitage. Bilderna analyserades med hjälp av en bildanalysutrustning vid Inst. för lantbruksteknik vid Sveriges Lantbruksuniversitet (H-J Olsen, pers. meddelande).

### 3.5 Skörd och innehåll av kväve i gräsklippen

Skörden av gräsklipp registrerades en gång per vecka under hela växtsäsongen under år 1991 och vid varje klipptillfälle under 1992. Med cylindergräsklipparen, försedd med uppsamlingsanordning (bredd 0,61 m) gjordes ett drag i mitten av varje ruta i vart och ett av de fyra markbyggnadstyperna A, B, C, och D. Gräsklippen överfördes i en plastpåse och vägdes. Skörden från ett klipptillfälle per vecka analyserades på sitt torrsubstansinnehåll under både 1991 och 1992 genom att direkt efter provtagningen ta ut ca 20 g gräsklipp som torkades i 105 °C. Totalproven från ett klippningstillfälle per vecka packades i linnepåsar och torkades i 60 °C för att sedan malas och analyseras på totalkväve (Kjeldhalanalys). Analyserna utfördes av Avdelningen för växtnäringlära vid Institutionen för markvetenskap, SLU.



### 3.6 Rotdjupsundersökning

Under 1990 utfördes vid 5 tillfällen en rotdjupsundersökning. I kanten på varje ruta gjordes två borrhstick med Nääs-borr (yta 4, 906 cm<sup>2</sup>) ner till markbyggnadsdjupet eller till 0,5 m. Därefter noterades vid vilket djup levande vita eller vid slutet av säsongen vitbruna rötter återfanns, och detta definierades som maximalt rotdjup.

### 3.7 Ytans egenskaper i relation till spelaren

#### Dragkraftsmätning

Dragkraftsmotståndet (eng. traction) samt friktionen mot gräsunderlaget, vilket är en skattning av spelarens uppfattning om "greppet" i underlaget, uppmättes på följande sätt: På en stålskiva som var 150 mm i diameter var fastsatt 6 st ståldobbar, 15 mm långa och 12,5 mm i diameter, motsvarande de som finns på fotbollsskor. Dobbarna var placerade med 60° mellanrum på 46 mm avstånd från skivans centrum, motsvarande avstånden på en seniorfotbollssko. Skivan, som var belastad med 45,36 kg, släpptes från 0,1 m höjd så att dobbarna trängde en bit ner i underlaget. Därefter vreds skivan runt med hjälp av ett tvåhands vridmomentnyckel, vilken registrerade arbetet som krävdes för att vrida skivan tills gräsunderlaget "släppte", dvs slets av (Canaway & Bell, 1986; Baker & Canaway, 1993). Uppmätta värden på arbetet som krävdes för vridningen kan konverteras till en dragkraftskoefficient  $u$  med hjälp av följande ekvation:

$$u = \frac{3T}{2WR} \quad (1)$$

där  $T$  = vridmomentet (Nm),  $W$  = tyngden på apparaten (N), och  $R$  = skivans radie (m). I regel används dock vridmomentvärdena vid "släppet" från gräsrötterna som mått på gräsets dragkraftsmotstånd.

Denna testmetod används även som ett standardtest för konstgjort gräs i Storbritannien (BS 7044:Section 2.2, 1990). Tre observationer gjordes på varje ruta. Provtagningen utfördes 3 gånger per säsong. I figur 19 demonstreras hur mätningen gick till.

### 3.8 Ytans egenskaper i relation till bollen

#### Bollstuds

En ytas bollstudsegenskaper ("ytans elasticitet") definieras som  $b$  (Bell mfl, 1985):

$$b = \frac{d'}{d} \quad (2)$$

där

$d$  = höjd från vilken bollen släpps

$d'$  = återstuds

En boll som släpps rakt ner från 3 m och som studsar 1,5 m har alltså en bollstuds på 0,5, eller 50%. Detta är ett specialfall av krock mellan klot, för vilka gäller att elasticitetskoefficienten  $e$ :

$$e = \frac{v'}{v} \quad (3)$$

$v$  = hastigheten vid krocken

$v'$  = hastigheten vid återstuds

och  $b = e^2$ , vilket visats av Daish (1972).



Figur 19. Mätning av dragkraftsmotstånd.  
*Figure 19. Traction measurement.*



Figur 20. Bollstudsmätning.  
*Figure 20. Measurement of ball rebound resilience.*

En matchfotboll av märket Select uppumpad till ett tryck av 70 kPa (enligt bestämmelser utfärdade för elitfotboll av Internationella fotbollsederationen, FIFA) släpptes från 3,00 m höjd och återstudsden, i % av ursprungliga höjden, avlästes på en skala (Canaway, 1983; Baker & Canaway, 1993). Tre upprepningar per säsong gjordes på varje yta som testades. Som referens till gräsytorna testades samma bollar med samma uppumpningstryck 3 x 10 gånger mot ett plant betonggol. Vid denna test blev medeltalet för återstudsden 49,6% och standardavvikelsen var 2,283.

### 3.9 Statistisk bearbetning

Data har bearbetats statistiskt med SAS (GLM-procedure, SAS 1985); Minitab (1994), och Excel (1992). När LSD (minsta signifikanta skillnad mellan faktormedelvärden) angetts, har 95% konfidensnivå använts. Proceduren ANOVA Oneway i Minitab användes för variansanalys, med Fischer's LSD procedur. Signifikansnivån var  $p < 0,05$  om ej något annat anges. Ej signifikanta skillnader anges med beteckningen es. När antal observationer var färre än 10 användes medianvärdet som skattning av medelvärde, enligt rekommendation av Dixon (1986). För skattning av genomsläpplighet för vatten med infiltrationsringmetoden,  $K_{(i)}$ , har medianvärdet genomgående använts för att skatta medelvärden, eftersom  $K$ -värden normalt förutsätts vara log-normalt distribuerade (Rogowski, 1972; Nielsen mfl., 1973; Horowitz & Hillel, 1987). E-log-transformerade värden för vattengenomsläpplighet användes för beräkning av skillnader mellan medelvärden.

## 4. Resultat från försök under 1990

### 4.1 Etablering av gräs från sådd respektive från färdigt gräs

#### *Rotdjup*

Under säsongen studerades rotnedträngningen (maximalt rotdjup) för att få ett mått på hur snabbt de två olika etableringsmetoderna, sådd respektive färdig gräsmatta (turf), kunde fås att utnyttja hela den tillgängliga rotvolymen. Utläggningen av färdig gräsmatta samt sådd nr 1 gjordes den 12 oktober 1989, och en förnyad sådd gjordes den 9 april 1990. Som framgår av fig. 21 och 22 var det inte någon skillnad i rotdjup efter en månad, men efter två månader fanns det en signifikant ökning av rotdjupet för markbyggnadstyperna A och D i turfade ytor jämfört med sådda. I dessa markbyggnadstyper kvarstod denna skillnad hela säsongen. I markbyggnad B kunde de sådda ytorna växa ikapp de turfade mot slutet av sommaren (tendensen till djupare rotsystem i turfade ytor var dock inte signifikant). I markbyggnad C var det inte vid någon tidpunkt någon skillnad mellan de två etableringssätten.

Det maximala rotdjupet var störst i markbyggnad B där rötterna i slutet av augusti i de sådda ytorna nådde ner till 400 mm och i de turfade till 380 mm. Även i markbyggnad A gick rötterna relativt djupt, till ca 350 mm i turfade och 320 mm i sådda ytor. I mitten av juli hade rötterna nått ner till växtbäddsdjupet i de markbyggnadstyper som var begränsade i djupled (C och D) i såväl sådda som turfade rutor. På markbyggnad C tog sig rötterna ner i den underliggande grusbädden till 170 mm djup, medan rottillväxten i markbyggnad D stannade upp vid gränsen för den grova sanden i övergången mellan växtbädd och dräneringslager, vid ca 310 mm.

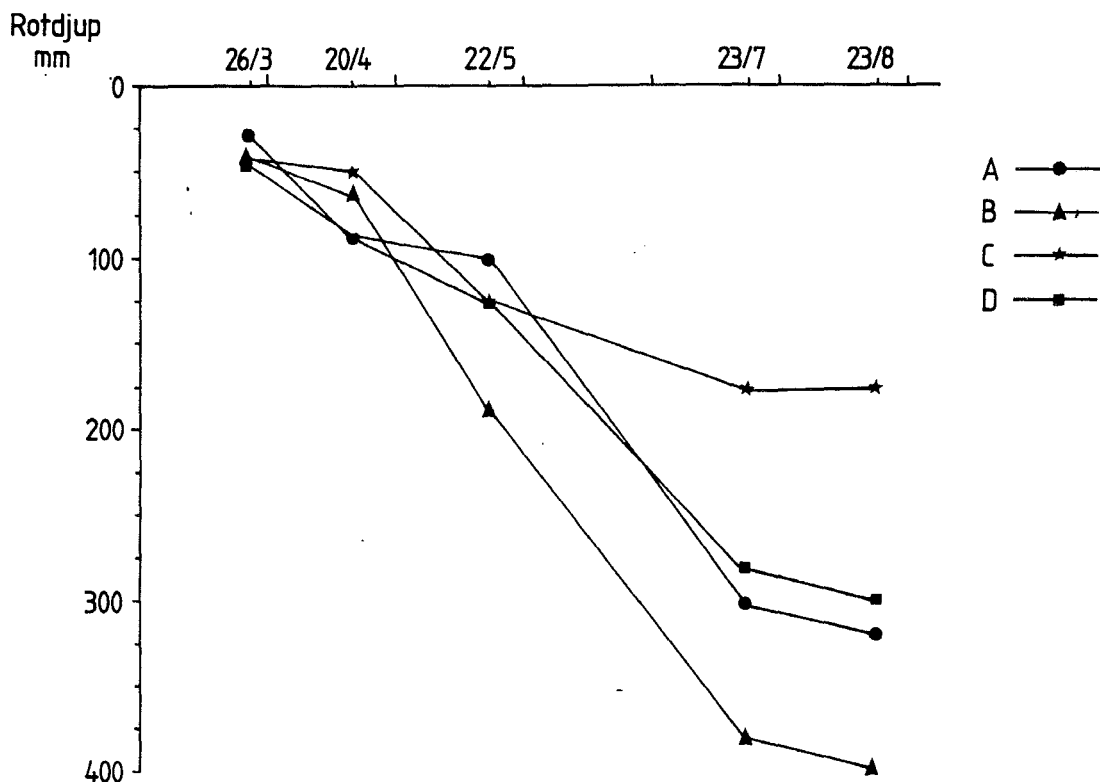
#### *Marktäckning och artsammansättning*

Anvisningarna för etablering genom sådd var att bevattna dagligen och med små mängder. Trots en mycket noggrant utförd bevattning gick etableringen ändå inte bra på markbyggnad A och D. Jorden i ytlagret torkade ut under de varma försommardagarna. I juni hade det sådda gräset etablerat sig bäst på markbyggnad C. Även på markbyggnad B var etableringen relativt god, med mer än 90% marktäckningsgrad. Vitgröe (*Poa annua*) frösåddes dock och fick fotfäste i samtliga sådda ytor redan från början, mest i markbyggnad A (fig. 23). Vid slutet av säsongen hade dock vitgröen försvunnit, troligen på grund av en sämre slitagetålighet än hos de sådda gräsen.

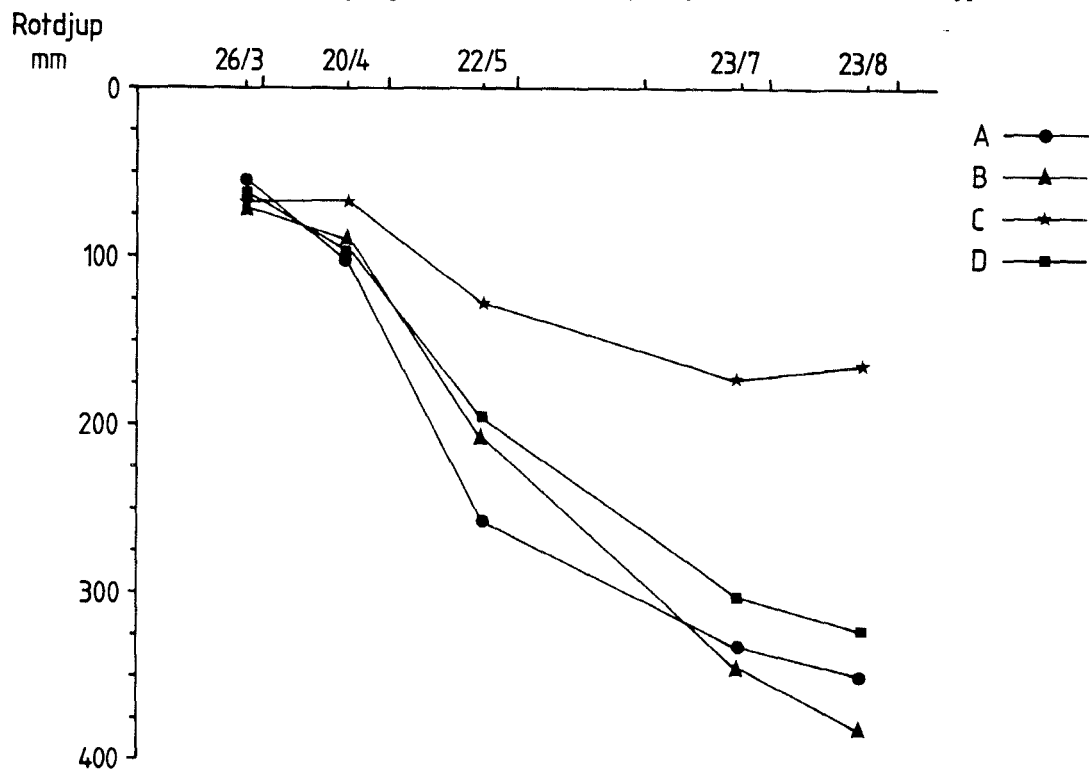
De ytor som etablerats från färdig gräsmatta hade vid utläggningen i stort sett samma artsammansättning som i fröblandningen med vilken den etablerats: 55% ängsgröe (*Poa pratensis*) och 45% rödsvingel (*Festuca rubra*). Samtliga markbyggnader med färdig gräsmatta var etablerade med 100% marktäckningsgrad i juni (fig. 23).

I slutet av augusti (fig. 24) hade marktäckningsgraden förbättrats på de sådda ytorna, men på markbyggnad A (lerjorden), var fortfarande 30% obevuxet. Andelen rödsvingel gick tillbaka främst på de turfade ytorna, och särskilt på markbyggnadstyperna A och B som hade större tillgång på vatten inom rotdjupet (se tabell 7-14 i kap. 5).

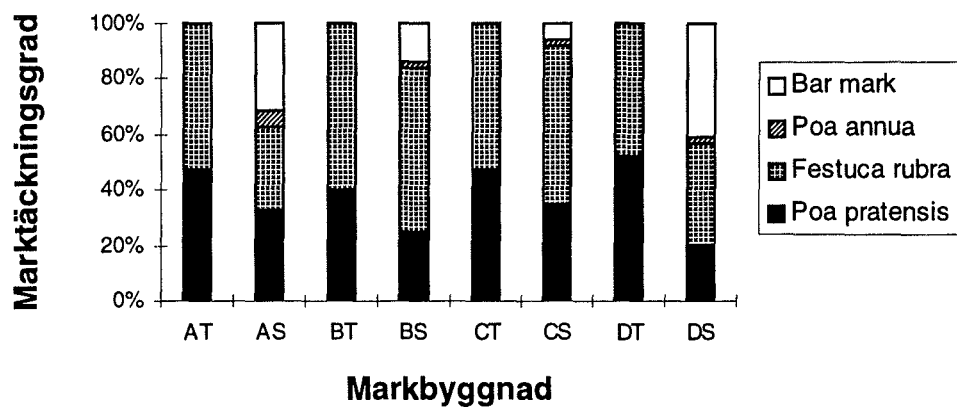
I slutet av året (fig. 25), efter slitage under augusti - oktober, kunde man se en påtaglig förändring sedan inledningen av säsongen av artsammansättningen i samtliga fyra markbyggnadstyper. Rutor etablerade med färdig gräsmatta hade hög andel ängsgröe och mycket liten andel rödsvingel kvar. Marktäckningsgraden var betydligt högre på rutor etablerade från färdig gräsmatta än på de etablerade från sådd. Den största skillnaden mellan sådd och färdig gräsmatta var det i markbyggnad A och D, där de sådda ytorna inte klarat den höga slitagebelastningen. Vitgröe påträffades mest i markbyggnad C. När det gäller övriga ogräs fanns det under hela 1990 mest i de sådda ytorna i markbyggnad A. De vanligaste ogräsen var här *Taraxacum officinale* (maskros), *Cirsium arvense* (åkertistel) och *Polygonum aviculare* L. (trampört). Fram till början av augusti, dvs före slitagebehandlingen hittades även *Tussilago farfara* (hästhov), *Stellaria media* (våtarv), *Chenopodium album* L. (svinmålla), *Sonchus*



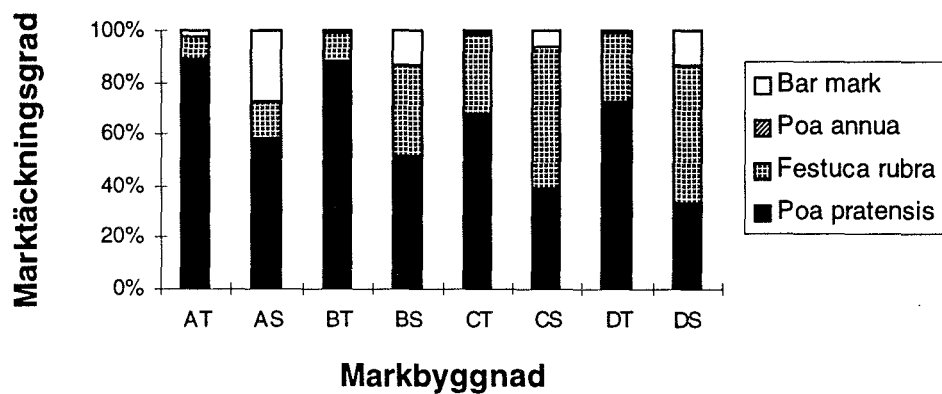
Figur 21. Maximalt rottdjup i sådda ytor i de fyra olika markbyggnadstyperna.  
 Figure 21. Maximum rooting depth on sown areas of the four soil construction types.



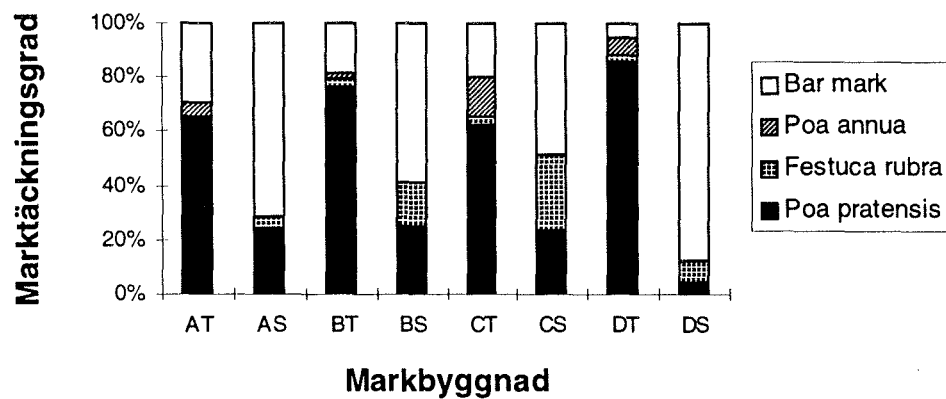
Figur 22. Maximalt rottdjup i turfade ytor i de fyra olika markbyggnadstyperna.  
 Figure 21. Maximum rooting depth on areas established from turf sod in the four soil construction types.



Figur 23. Marktäckningsgrad och artsammansättning den 14 juni 1990.  
 Figure 23. Ground cover and grass species composition on June 14, 1990.



Figur 24. Marktäckningsgrad och artsammansättning den 30 augusti 1990  
 Figure 24. Ground cover and grass species composition on August 30, 1990.



Figur 25. Marktäckningsgrad och artsammansättning den 22 oktober 1990  
 Figure 25. Ground cover and grass species composition on October 22, 1990.

*arvensis* L. (åkermolke) och *Lamium purpureum* L. (rödplister). Även i markbyggnad C invaderade en del ogräs. De vanligaste var här i början trampört, våtarv och rödplister, men våtarven försvann efter någon månads slitagebehandling.

På de sådda ytorna var det fortfarande en stor andel barmark vid slutet av säsongen, särskilt på markbyggnad A (26%). Här (i A-rutorna) hade också rödsvingelandelen gått kraftigt tillbaka. På de sådda ytorna i markbyggnaderna B och D var barmarksandelen ca 13% och i markbyggnad C endast 6%.

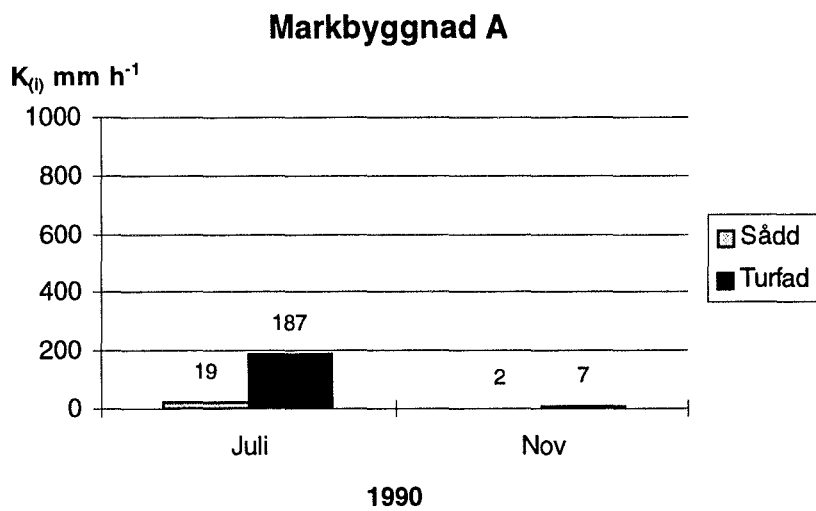
#### *Vattengenomsläpplighet*

Uppmätningen av vattengenomsläpplighet visade att slitagebehandlingen gav kraftigt försämrade dräneringsegenskaper i samtliga markbyggnader från juli till november (fig. 26 - 29).

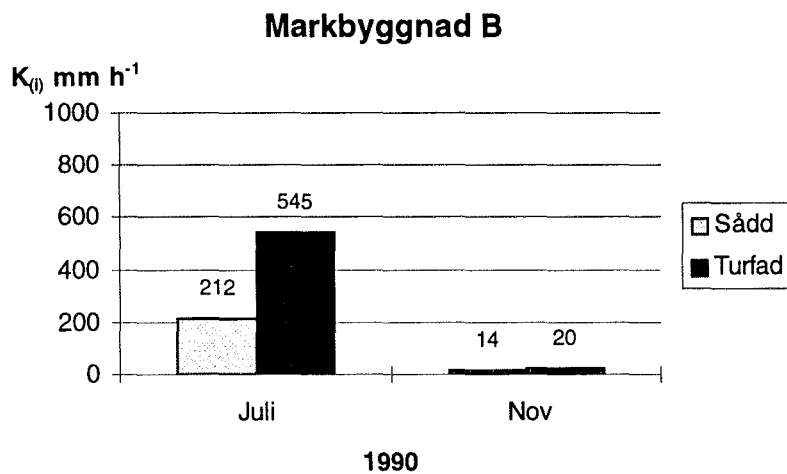
Den i inledningen uppställda kritiska gränsen för vattengenomsläpplighet med klassificeringen "hög standard" (tabell 3 i kap. 2) på  $25 \text{ mm h}^{-1}$  uppnåddes i november endast av de sådda rutorna på markbyggnad D (se fig. 29). Det färdiga gräsets vattengenomsläpplighet var för markbyggnad D hög i juni men i november var genomsläppligheten låg även här ( $16 \text{ mm h}^{-1}$ ). Skillnaderna var i november mycket stora (och signifikanta,  $p < 0,001$ ) mellan sådda och turfade ytor på denna markbyggnad.

I markbyggnad B (fig. 27) var genomsläppligheten i både sådda och turfade av samma storleksordning som på de turfade ytorna i markbyggnad D. Variationen var dock så stor att skillnaden mellan de två etableringssätten inte var signifikant vid novembermätningen.

Såväl sådda som turfade rutor på markbyggnad A och C uppnådde knappt eller inte alls gränsen för "medelhög standard" på  $5 \text{ mm h}^{-1}$ . Efter packning och slitage under endast en halv säsong hade det alltså i dessa ytor skett en ytpackning som effektivt hindrade vattnets nedträngning. Det bör dock noteras att variationen i infiltrationsegenskaper var mycket stor, särskilt i markbyggnadstyp A. Signifikans mellan sådda och turfade ytor kunde därför inte konstateras.

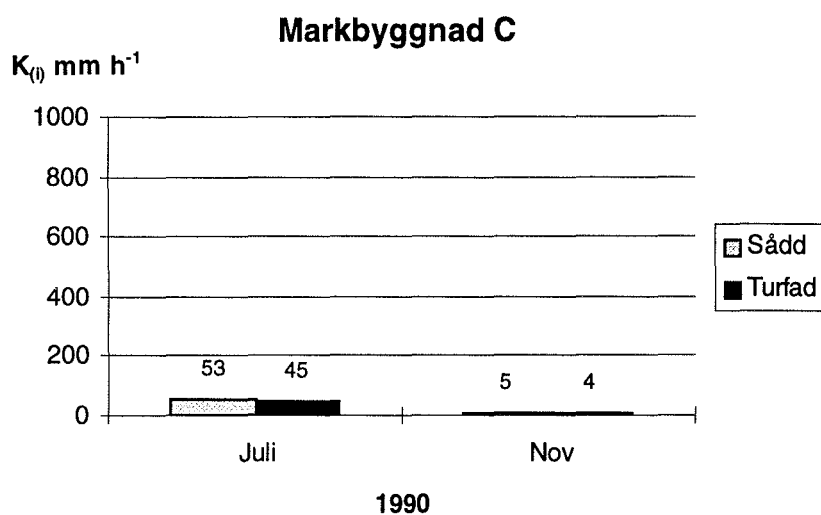


Figur 26. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i markbyggnad A.  
 Figure 26. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in soil construction A.

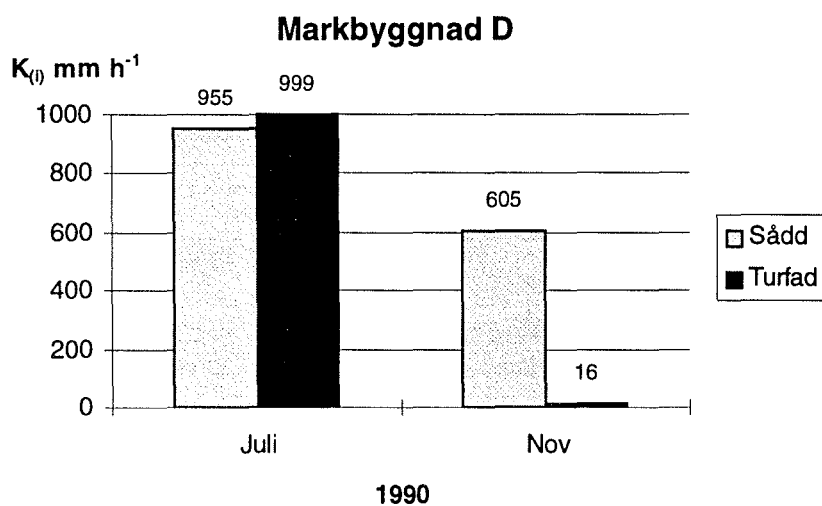


Figur 27. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i markbyggnad B.  
 Figure 27. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in soil construction B.





Figur 28. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i markbyggnad C.  
 Figure 28. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in soil construction C.

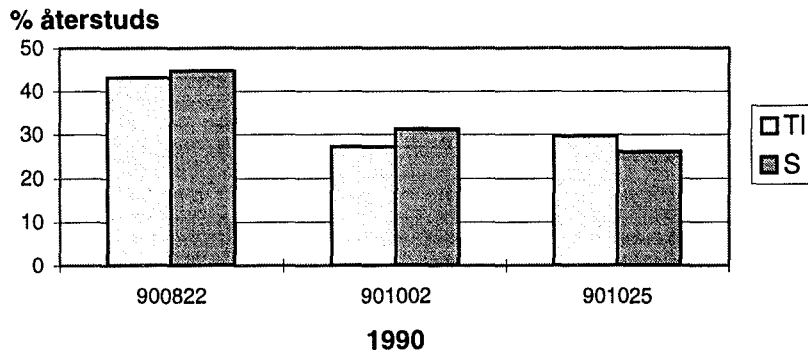


Figur 29. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i markbyggnad D.  
 Figure 29. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in soil construction D.

#### Bollstudsmätningar

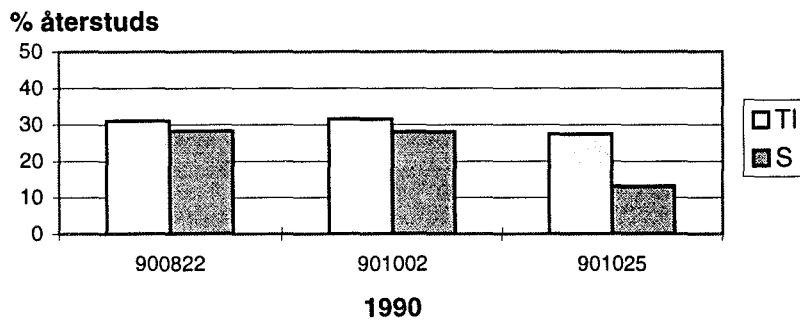
Resultaten från bollstudsmätningarna visas nedan i fig. 30-33. Bollstudsens blev lägre ju längre in på hösten man kom i samtliga markbyggnader. Det fanns ingen skillnad mellan sådda och turfade ytor, utom vid den sista mätningen då sådda ytor hade en högre återstuds. Detta var särskilt tydligt på markbyggnadstyperna B och D. Detta kan bero på att det vid denna tidpunkt var en betydligt lägre marktäckningsgrad på de sådda ytorna i dessa markbyggnader. I de sådda ytorna på markbyggnadstyp D var genomsnittsvärdet endast 10 % återstuds vid höstens sista mätning (fig. 33), vilket är 5% lägre än den undre kritiska gränsen enligt brittiska normer.

### Markbyggnad A



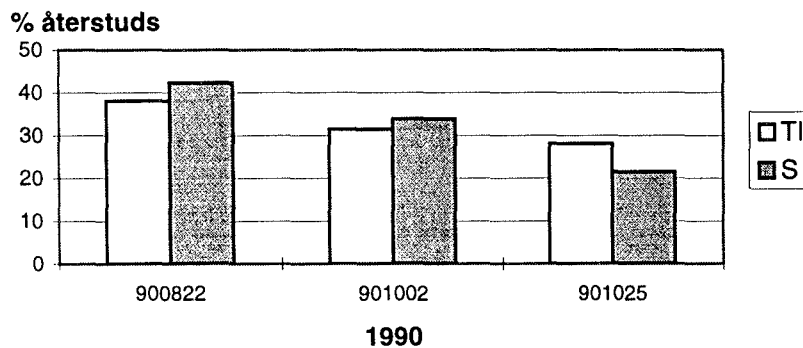
Figur 30. Medelvärden av bollstuds under 1990 års säsong i markbyggnad A.  
Figure 30. Mean ball rebound resilience values during 1990 season, of soil construction A.

### Markbyggnad B



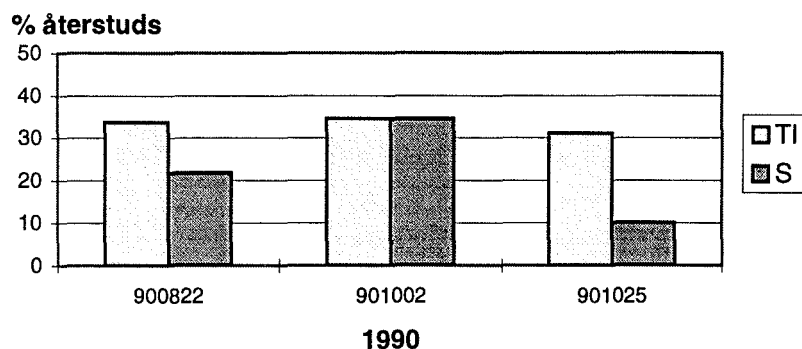
Figur 31. Medelvärden av bollstuds under 1990 års säsong i markbyggnad B.  
Figure 31. Mean ball rebound resilience values during 1990 season, soil construction B.

### Markbyggnad C



Figur 32. Medelvärden av bollstuds under 1990 års säsong i markbyggnad C.  
Figure 32. Mean ball rebound resilience values during 1990 season, of soil construction C.

## Markbyggnad D



Figur 33. Medelvärden av bollstuds under 1990 års säsong i markbyggnad D.  
 Figure 33. Mean ball rebound resilience values during 1990 season, of soil construction D.

Variationen i bollstuds var stor. I tabell 6 redovisas hur stor andel av mätvärdena i samtliga markbyggnader som var under den kritiska gränsen 20%. De "icke godkända" värdena uppmättes i huvudsak i sådda ytor på D, men även till en del i B.

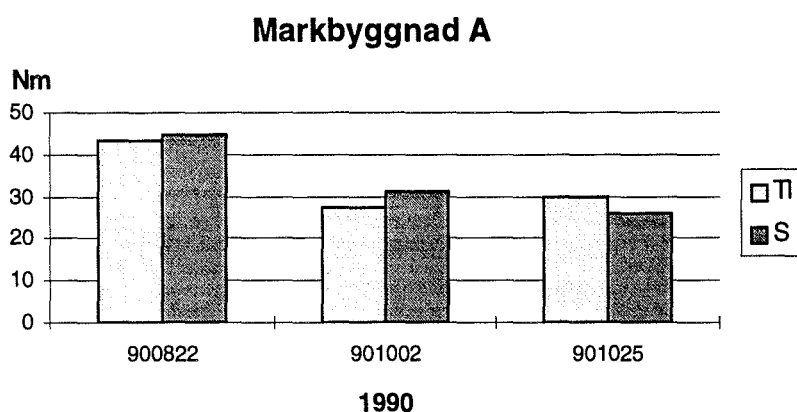
Den höga andelen med låga bollstuds värden i slutet av oktober berodde troligen på en hög vattenhalt i marken. Endast den 25/10, efter att det regnat mycket i flera veckor, var skillnaderna mellan de två etableringssätten signifikanta ( $P < 0,05$ ). Turfede ytor gav således en jämnare och högre studs även under perioder med höga markvattenhalter.

Tabell 6. Andel i % av bollstudsvärden som var under den kritiska gränsen 15% återstuds i markbyggnaderna A-D under mätningar utförda 1990  
 Table 6. Percentage of ball rebound resilience measurements falling below the critical value 15% in soil constructions A-D during 1990

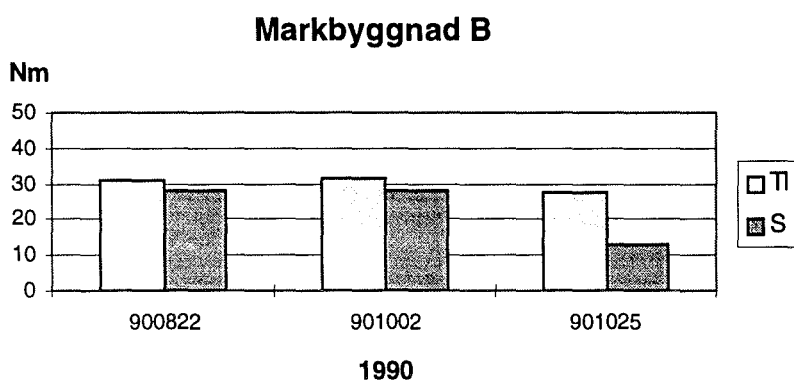
Etableringssätt	Andel (%) under 15% återstuds		
	900822	901002	901025
Sådda ytor (S)	1	2	26
Turfade ytor (TI)	0	0	4

### Dragkraftsmätningar

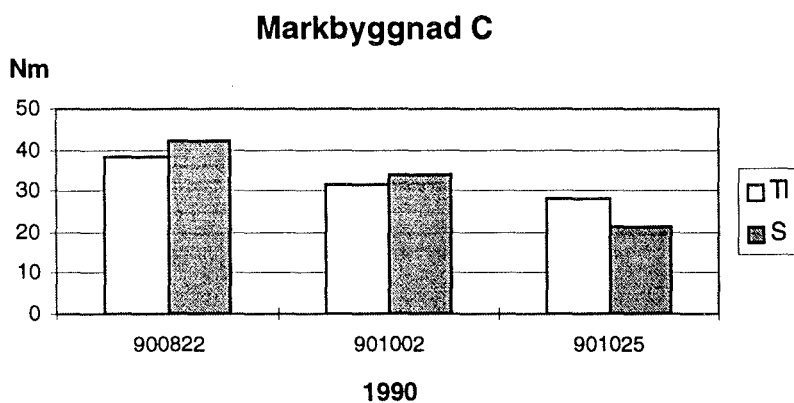
Liknande slutsatser som när det gäller bollstuds mätningarna kunde dras från dragkraftsmätningarna. Endast i oktober gick en del testvärden under den kritiska gränsen på 20 Nm, och det var då bara i sådda rutor i markbyggnad D där det på grund av för låg marktäckning inte uppmättes tillräckligt dragkraftsmotstånd i ytan (fig. 34 - 37; tabell 7). I de turfade ytorna var rotfilten ändå så stark att den kunde klara en kraftig vridning i samtliga markbyggnader, trots att vattenhalten i marken var hög (se tabell 7).



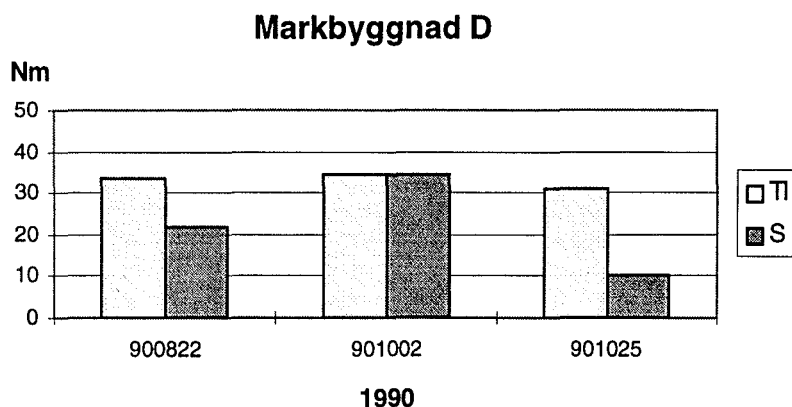
Figur 34. Medelvärden av dragkraftsmätningar under 1990 års säsong i markbyggnad A.  
 Figure 34. Mean traction values during 1990 season, of soil construction A.



Figur 35. Medelvärden av dragkraftsmätningar under 1990 års säsong i markbyggnad B.  
 Figure 35. Mean traction values during 1990 season, of soil construction B.



Figur 36. Medelvärden av dragkraftsmätningar under 1990 års säsong i markbyggnad C.  
 Figure 36. Mean traction values during 1990 season, of soil construction C.



Figur 37. Medelvärden av dragkraftsmätningar under 1990 års säsong i markbyggnad D.

Figure 37. Mean traction values during 1990 season, of soil construction D.

Tabell. 7. Andel i % av dragkraftsvärden som var under den kritiska gränsen 20 Nm i markbyggnaderna A-D under mätningar utförda 1990

Table 7. Percentage of traction measurements falling below the critical value 20 Nm in soil constructions A-D during 1990

Etableringssätt	Andel (%) under 20 Nm		
	900821	901004	901024
Sådda ytor (S)	0	0	6
Turfade ytor (TI)	0	0	0

#### 4.2 Sanddressningsmaterial

Sanddressningsbehandlingen utfördes endast vid ett tillfälle (i augusti 1990) i samband med en hålpipeluftning. Inga mätningar kunde ge signifikanta skillnader mellan de olika typerna av behandling. Den allmänna instabiliteten i markfysikaliska egenskaper vid anläggningen och den första tiden därefter gav troligen en så hög variabilitet att de faktiskt existerande skillnaderna i t ex vattengenomsläpplighet inte kunde säkerställas.

## 5 Resultat från försök under 1991-1992

### 5.1 Förändringar i markfysikaliska egenskaper tre år efter anläggning

Erfarenheter från markbyggnad av mycket intensivt använda ytor av typen golfgreener pekar på att det sker en sättning och packning av materialet i växtbädden under de tre första åren motsvarande en sjunkning av markytan med ca 20 % (USGA, 1973). Packningens effekter på markfysikaliska egenskaper i svensk jordbruksmark har tidigare undersökts av bla av Eriksson (1982). Packningseffekterna på kortklippta gräsytor i Sverige har dock bara studerats i liten utsträckning tidigare (Karlsson, 1988), och då konstaterades att packningszonen i befintliga fotbollsplaner kan gå ner till ett djup av 0,18 m. Vid anläggningen av markbyggnadsförsöket gjordes en stor ansträngning att med vibrering packa sandmaterialet till en maximal packning, så att de vattenhållande och näringshållande egenskaperna skulle vara så stabila som möjligt redan från början. Skedde trots detta någon påtaglig förändring av packningsgrad, porfördelning och de vattenhållande egenskaperna i de olika markbyggnaderna?

I tabell 8-15 redovisas undersökningar av markfysikaliska egenskaper som genomförts direkt efter anläggning och gräsetablering (1990) samt efter tre års slitage och skötsel. Vattenhalten vid olika vattenavförande tryck från analyserna 1993 i växtbäddens översta lager, 0-0,05 m, har dessutom tidigare redovisats grafiskt i figur 17 i kapitel 2. Resultaten från bestämningen av jordens skrymdensitet visade att packningszonen gick ner till mellan 0,15 och 0,2 m i markbyggnad A och B. I markbyggnad C skedde det en packning ner till växtbäddsdjupet (0,15 mm) och i D fortsatte de höga skrymdensitetsvärdena också ner till det betydligt djupare växtbäddsdjupet 0,35 m. I samtliga markbyggnader hade det däremot också skett en ganska drastisk minskning av skrymdensiteten i det översta lagret, 0-0,05 m, vilket troligen mest berott på den kraftiga rotutvecklingen och på anrikningen av organiskt material i denna horisont.

I lagret 0,05-0,10 m, där den största förändringen i porstorleksfördelning skett, hade porvolymen i markbyggnad A minskat med 5 vol%, i markbyggnad B med 2 vol%, i markbyggnad C med 2 vol% och i markbyggnad D med 5 vol%. Andel tillgängligt vatten (vattnet vid dräneringsjämvikt - vattenhalten vid vissningsgränsen) hade också förändrats under de tre åren; i lagret 0-0,05 hade det ökat medan det i regel hade minskat i underliggande lager (här var markbyggnad D ett undantag). Dräneringsnivån var i markbyggnad A och B 0,6 m, i markbyggnad C 0,15 m och i markbyggnad D 0,35 m.

Tabell 8. Markfysikaliska data på markbyggnadstyp A 1990

Table 8. Data on soil physical properties of soil construction A in 1990

Nivå, m	n	skrym- dens. t m <sup>-3</sup>	porvol. vol%	Vattenhalt, volym% vid vattenavförande tryck i kPa						
				5	15	25	50	100	500	15000
0-0,1	5	1,47	44,9	40,4	39,8	39,0	38,1	34,7	30,3	22,3
0,1-0,2	5	1,51	43,9	41,8	41,4	41,2	40,9	39,6	36,4	22,2
0,2-0,3	5	1,47	42,4	40,2	39,5	39,4	38,9	37,1	35,5	23,5

Tabell 9. Markfysikaliska data på markbyggnadstyp A 1993

Table 9. Data on soil physical properties of soil construction A in 1993

Nivå, m	n	skrym- dens. t m <sup>-3</sup>	porvol. vol%	Vattenhalt, volym% vid vattenavförande tryck i kPa						
				5	15	25	50	100	500	15000
0-0,05	24	1,41	45,7	45,0	-	-	35,8	29,8	21,2	9,1
0,05-0,1	8	1,60	39,5	39,5	-	-	38,5	35,8	34,6	21,9
0,1-0,15	5	1,56	41,0	41,0	-	-	37,8	36,4	33,3	14,5
0,15-0,2	5	1,52	42,5	42,5	-	-	37,1	35,5	32,7	14,5
0,2-0,3	4	1,47	44,5	42,2	-	-	36,8	34,4	33,2	14,5
0,3-0,4	5	1,51	43,8	42,2	-	-	38,4	36,5	35,1	21,8
0,4-0,5	5	1,52	43,3	43,3	-	-	41,4	40,4	38,5	23,1
0,5-0,6	5	1,55	42,5	41,0	-	-	37,0	36,3	33,9	22,8
0,6-0,7	5	1,52	44,1	42,5	-	-	39,2	38,4	36,4	28,1
0,7-0,8	5	1,52	44,1	42,8	-	-	39,4	37,6	36,5	27,7
0,8-0,9	5	1,56	42,5	42,1	-	-	39,5	38,0	36,9	26,5

Tabell 10. Markfysikaliska data på markbyggnadstyp B 1990

Table 10. Data on soil physical properties of soil construction B in 1990

Nivå, m	n	skrym- dens. t m <sup>-3</sup>	porvol. vol%	Vattenhalt, volym% vid vattenavförande tryck i kPa						
				5	15	25	50	100	500	15000
0-0,1	5	1,57	39,5	34,2	29,4	15,5	6,4	4,8	4,0	0,7
0,1-0,2	5	1,51	43,7	41,0	40,0	39,6	39,1	38,7	36,0	21,5
0,2-0,3	5	1,55	42,4	39,1	38,7	38,1	37,7	37,4	35,2	22,7

Vid ett vattenavförande tryck av 50 kPa töms alla porer som är större än 0,06 mm. Denna porstorlek sammanfaller med den minsta diameter som en gräsrot normalt har (Adams & Gibbs, 1994), och är också en gräns som ungefär sammanfaller med dräneringsdjupet i de markbyggnader som undersökts. Den luftfyllda porvolymen vid 50 kPa kan därför användas som jämförelse mellan de olika markbyggnaderna när det gäller luftsituationen i marken i "flaskhalsnivån". 1993 var volymsandelen luftfyllda porer vid 50 kPa i lagret 0,05-0,1 m markbyggnad A 1%, i markbyggnad B 27,9%, i markbyggnad C 7,6% och i markbyggnad D 29%. Dessa siffror ska jämföras med rekommenderade värden för sportgräsytor i tabell 3 (kap. 1). Enligt dessa är standarden på markbyggnad A "olämplig", på markbyggnad B och D "hög" och på markbyggnad C "Låg".

Tabell 11. Markfysikaliska data på markbyggnadstyp B 1993  
*Table 11. Data on soil physical properties of soil construction B in 1993*

Nivå, m	n	skrym- dens. t m <sup>-3</sup>	porvol. vol%	Vattenhalt, volym% vid vattenavförande tryck i kPa						
				5	15	25	50	100	500	15000
0-0,05	24	1,43	45,0	44,0	43,1	39,1	30,7	25,8	18,4	4,6
0,05-0,1	8	1,63	37,7	30,1	29,7	21,3	9,8	6,7	5,5	4,7
0,1-0,15	5	1,56	40,6	40,6	-	-	38,1	37,3	35,1	24,6
0,15-0,2	5	1,51	42,9	44,0	-	-	39,6	38,9	36,2	24,6
0,2-0,3	5	1,53	42,4	41,9	-	-	38,0	36,7	35,5	24,6
0,3-0,4	5	1,52	43,3	41,5	-	-	38,0	36,9	35,3	25,0
0,4-0,5	5	1,55	42,2	40,0	-	-	35,7	35,0	31,6	18,3
0,5-0,6	5	1,52	43,6	41,1	-	-	37,6	37,1	34,3	22,6
0,6-0,7	5	1,50	44,8	42,5	-	-	38,9	38,2	35,7	24,7
0,7-0,8	5	1,55	42,9	42,1	-	-	38,6	37,8	36,0	27,5
0,8-0,9	5	1,55	42,7	42,2	-	-	39,5	38,8	37,0	26,2

Tabell 12. Markfysikaliska data på markbyggnadstyp C 1990  
*Table 12. Data on soil physical properties of soil construction C in 1990*

Nivå, m	n	skrym- dens. t m <sup>-3</sup>	porvol. vol%	Vattenhalt, volym% vid vattenavförande tryck i kPa						
				5	15	25	50	100	500	15000
0-0,05	5	1,41	46,8	40,0	39,0	37,9	33,9	20,2	8,2	1,8
0,05-0,1	5	1,56	41,5	34,2	32,7	31,1	28,1	15,3	5,7	1,7
0,1-0,15	5	1,56	41,8	33,5	31,4	29,9	23,6	13,6	6,4	1,8

Tabell 13. Markfysikaliska data på markbyggnadstyp C 1993  
*Table 13. Data on soil physical properties of soil construction C in 1993*

Nivå, m	n	skrym- dens. t m <sup>-3</sup>	porvol. vol%	Vattenhalt, volym% vid vattenavförande tryck i kPa						
				5	15	25	50	100	500	15000
0-0,05	24	1,37	47,3	45,8	45,4	43,6	37,0	31,3	19,3	5,0
0,05-0,1	8	1,60	39,2	36,1	34,5	34,5	32,1	20,7	11,4	4,1
0,1-0,15	5	1,67	37,3	32,1	30,5	28,9	26,0	15,1	6,1	2,0
0,15-0,2	5	1,72	35,7	28,0	17,5	14,4	12,2	9,2	4,8	1,1
0,2-0,3	5	1,66	37,0	30,6	-	-	22,0	21,4	19,8	10,7
0,3-0,4	5	1,51	43,3	39,8	-	-	35,4	34,9	33,1	19,7
0,4-0,5	5	1,56	42,1	38,5	-	-	34,2	33,6	31,9	21,0
0,5-0,6	5	1,53	42,8	39,4	-	-	35,9	35,4	33,7	21,3
0,6-0,7	5	1,51	43,5	42,0	-	-	38,5	38,1	36,2	24,0
0,7-0,8	5	1,51	43,5	42,2	-	-	39,3	38,8	36,6	25,1
0,8-0,9	5	1,55	42,2	41,8	-	-	38,5	38,1	36,4	26,7



Tabell 14. Markfysikaliska data på markbyggnadstyp D 1990  
 Table 14. Data on soil physical properties of soil construction D in 1990

Nivå, m	n	skrym- dens. t m <sup>-3</sup>	porvol. vol%	Vattenhalt, volym% vid vattenavförande tryck i kPa						
				5	15	25	50	100	500	15000
0-0,1	5	1,57	39,9	28,7	26,5	21,0	4,4	2,5	2,2	0,5
0,1-0,2	5	1,58	39,7	31,4	28,3	19,9	6,8	3,6	2,0	0,3
0,2-0,3	5	1,58	40,0	31,0	28,5	19,3	5,7	2,0	1,4	0,3

Tabell 15. Markfysikaliska data på markbyggnadstyp D 1993  
 Table 15. Data on soil physical properties of soil construction D in 1993

Nivå, m	n	skrym- dens. t m <sup>-3</sup>	porvol. vol%	Vattenhalt, volym% vid vattenavförande tryck i kPa						
				5	15	25	50	100	500	15000
0-0,05	24	1,44	44,6	42,2	40,6	37,4	24,6	20,6	16,3	4,2
0,05-0,1	8	1,69	35,3	32,8	30,1	28,3	6,3	5,0	3,0	1,3
0,1-0,15	5	1,70	34,7	31,9	30,0	25,8	5,2	3,2	2,4	0,7
0,15-0,2	5	1,66	36,5	31,2	29,1	21,7	4,3	3,1	2,1	0,4
0,2-0,3	5	1,64	37,3	31,1	28,8	17,4	4,7	3,3	2,9	0,3
0,3-0,4	5	1,69	36,1	19,9	8,9	7,3	6,2	5,4	5,0	0,4
0,4-0,5	5	1,64	39,3	4,6	1,9	1,9	1,4	0,9	0,8	0
0,5-0,6	5	1,61	40,3	28,3	-	-	25,9	24,1	23,4	15,2
0,6-0,7	5	1,54	43,5	39,8	-	-	37,0	34,8	34,1	23,7
0,7-0,8	5	1,57	42,5	41,9	-	-	39,3	38,5	36,7	24,3
0,8-0,9	5	1,56	42,6	42,5	-	-	39,9	39,2	37,4	24,9

## 5.2 Etablering av gräs från två typer av färdig gräsmatta

### Mullhaltsförändring

För att få en uppfattning om mullhalten i lagret 0-0,05 m i de två olika färdiga gräsmattorna i väsentlig grad skilde sig från varandra redan efter två säsongers användning gjordes en beräkning av skillnaderna i de olika markbyggnadstyperna, vilket redovisas nedan i tabell 16. I de två markbyggnadstyper med med mycket snäv kornstorleksfördelning i växtbäddssanden och med lägst mullhalt vid anläggningen (B hade 2% torv och D hade endast 1% torv inblandat) hade mullhalten i den leriga turfen stigit så mycket att signifikanta skillnader kunde konstateras.

Tabell 16. Effekter av etablering med två olika färdiga gräsmattor på vikt% organiskt material i skiktet 0-50 mm

Table 16. Main effects of two turf sod types on percentage organic matter in the top 0-50 mm layer

Behandling	Organiskt material, vikt% Markbyggnadstyp			
	A	B	C	D
Sandig turf	4,06	3,62	3,96	2,62
Lerhaltig turf	3,98	5,01	4,08	3,28
LSD <sub>0,05</sub> *	es	0,93	es	0,40

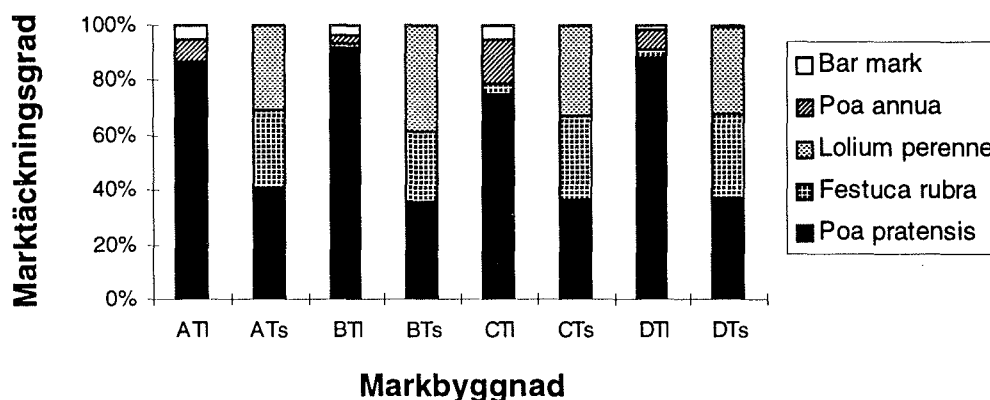
\*Minsta signifikanta skillnad vid signifikansnivån 0,05 för jämförelse av medeltal inom varje kolumn

#### Marktäckning och artsammansättning

I figurerna 38-41 nedan redovisas artsammansättning och marktäckningsgrad under säsongerna 1991-1992.

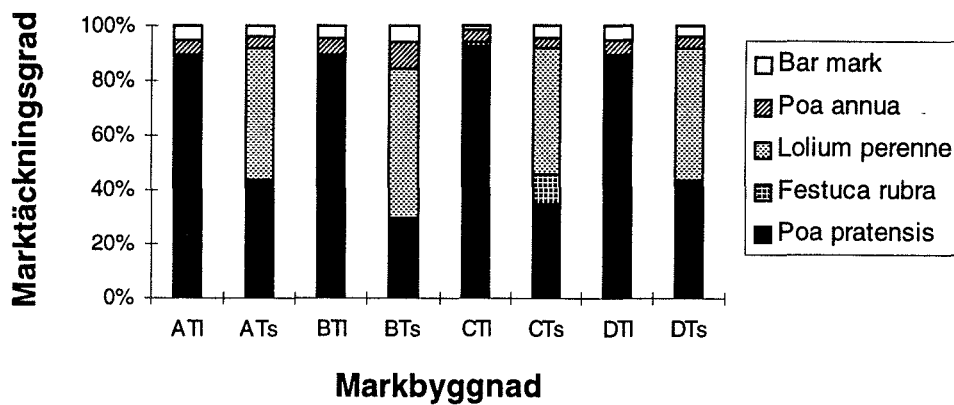
Den lerhaltiga turfen, "TI", hade etablerats under 1990 medan den sandiga turfen "Ts" etablerades under första hälften av 1991. TI-gräset hade därför i början av 1991 några få procent kvar något av sin ursprungliga andel *Festuca rubra*, men denna art försvann helt efter höstens slitage. *Poa annua* hade däremot vid mätningen i maj hunnit etableras i samtliga markbyggnader, och mest i markbyggnadstyp C.

Den sandiga turfen, Ts, hade ursprungligen en artblandning med en relativt stor andel *Lolium perenne* (engelskt rajgräs), i kombination med nästan lika stora andelar *Poa pratensis* och *Festuca rubra*. Även i denna typ av färdig gräsmatta försvann andelen *Festuca rubra* praktiskt taget totalt redan efter första säsongen.

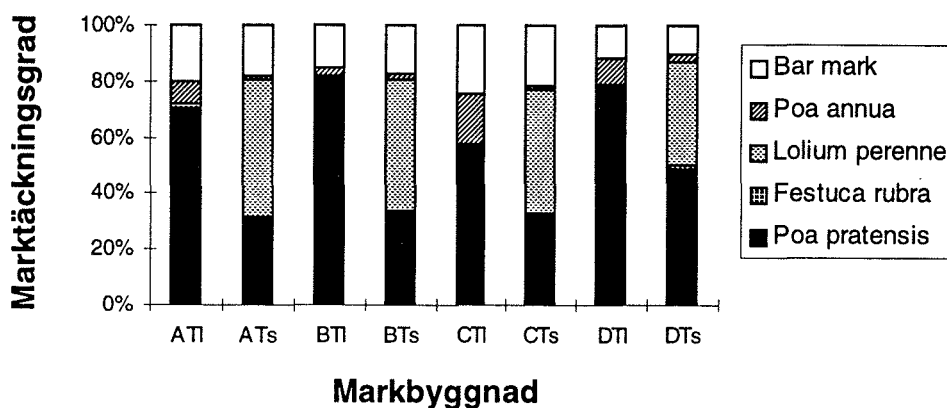


Figur 38. Marktäckningsgrad och artsammansättning den 23 maj 1991

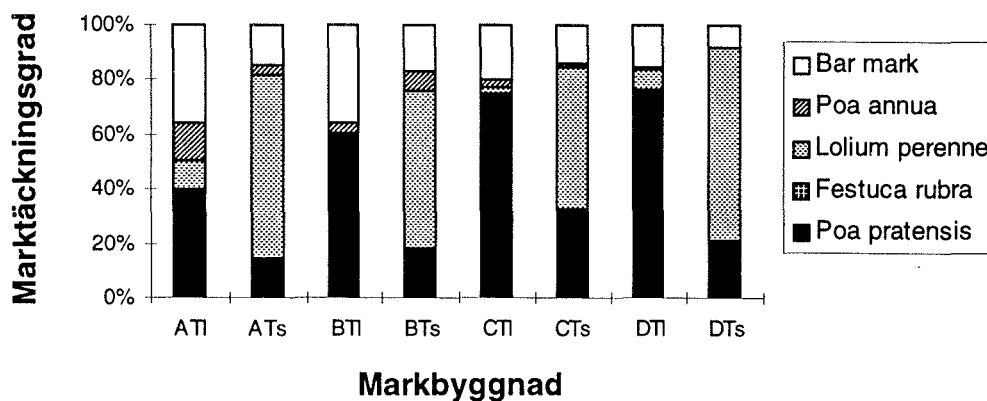
Figure 38. Ground cover and grass species composition on May 23, 1991.



Figur 39. Marktäckningsgrad och artsammansättning den 29 oktober 1991  
 Figure 39. Ground cover and grass species composition on October 29, 1991.



Figur 40. Marktäckningsgrad och artsammansättning den 21 maj 1992  
 Figure 40. Ground cover and grass species composition on May 21, 1992.



Figur 41. Marktäckningsgrad och artsammansättning den 1 oktober 1992  
 Figure 41. Ground cover and grass species composition on October 1, 1992.

Effekterna på andel bar mark uppmättes vid experimentets slut, den 1 oktober 1992.

Jämförelsen mellan de två olika typerna av gräsmatta under säsongerna 1991-92 visade att den sandhaltiga turfen "Ts" var mer motståndskraftig mot slitaget än den lerhaltiga turfen "Tl" i samtliga markbyggnadstyper utom i markbyggnad C (se tabell 17).

Tabell 17. Medeltal för effekter på andel bar mark av etablering med två olika färdiga gräsmattor

Table 17. Main effects of two turf sod types on percentage ground cover

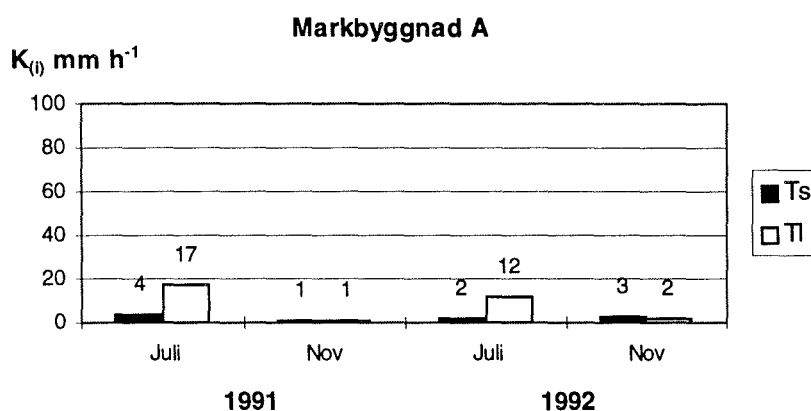
Behandling	Andel bar mark, % Markbyggnadstyp			
	A	B	C	D
Sandig turf	14,38	17,92	14,38	8,12
Lerhaltig turf	36,25	34,58	19,58	15,62
LSD <sub>0,05</sub> *	12,21	12,40	es	6,12

\*Minsta signifikanta skillnad vid signifikansnivån 0,05 för jämförelse av medeltal inom varje kolumn

#### Vattengenomsläpplighet

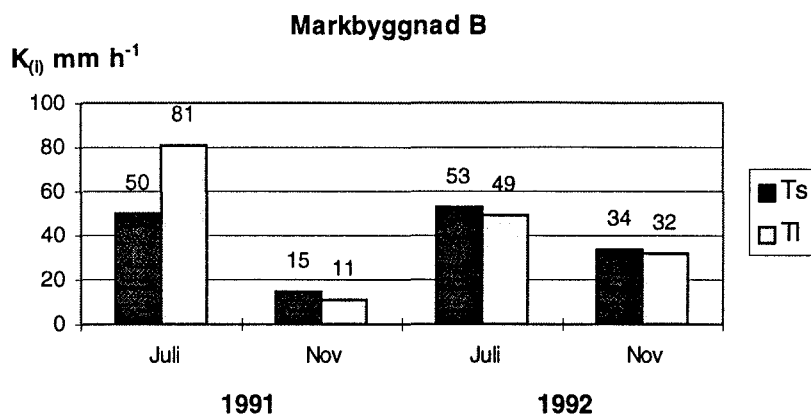
Genomsläppligheten för vatten ( $K_{(i)}$ ) uppmätt genom infiltrationsmätningar i fält redovisas nedan i figurerna 42-45. Observera att skalan på y-axeln i figurerna 42-44 är 0 - 100 mm h<sup>-1</sup>, medan den i figur 45 (markbyggnad D) är 0 - 1000 mm h<sup>-1</sup>. Variationen var genomgående stor och signifikanta skillnader mellan de två typerna av färdig gräsmatta kunde endast konstateras i markbyggnad C i november 1991 samt i juli och november 1991 och i juli 1992 i markbyggnad D. Samtliga av dessa jämförelser av medelvärden visade att den sandiga turfen gav högre genomsläpplighetsvärden än den lerhaltiga turfen.

I markbyggnad A var förhållandet det omvända, alltså den lerhaltiga turfen visade högre genomsläpplighetsvärden än den sandiga (se figur 42). Denna skillnad var dock inte signifikant.



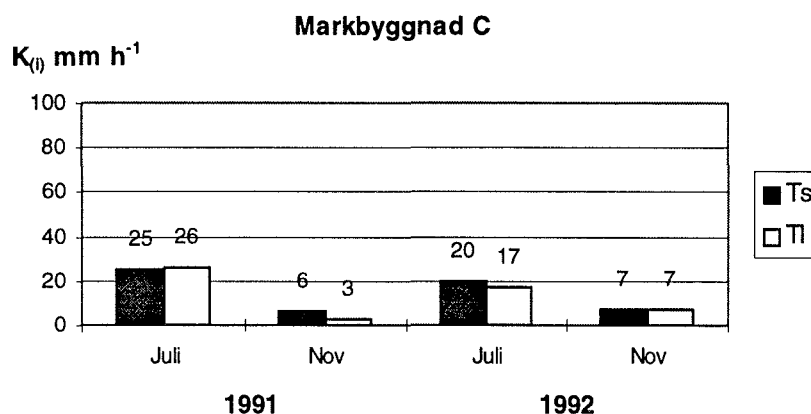
Figur 42. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , på två olika färdiga gräsmattor i markbyggnad A.

Figure 42. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in two different turf sod types in soil construction A.



Figur 43. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , på två olika färdiga gräsmattor i markbyggnad B.

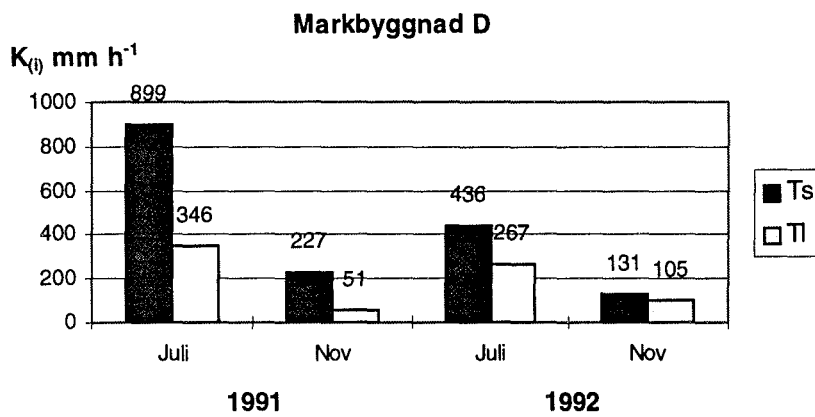
Figure 43. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in two different turf sod types in soil construction B.



Figur 44. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , på två olika färdiga gräsmattor i markbyggnad C.

Figure 44. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in two different turf sod types in soil construction C.

I samtliga markbyggnader var genomsläppligheten betydligt lägre i november än i juli. I markbyggnad A och C (se figurerna 42 och 44) underskred  $K$ -värdena den kritiska gränsen 25 mm h<sup>-1</sup> både i juli och i november 1992.



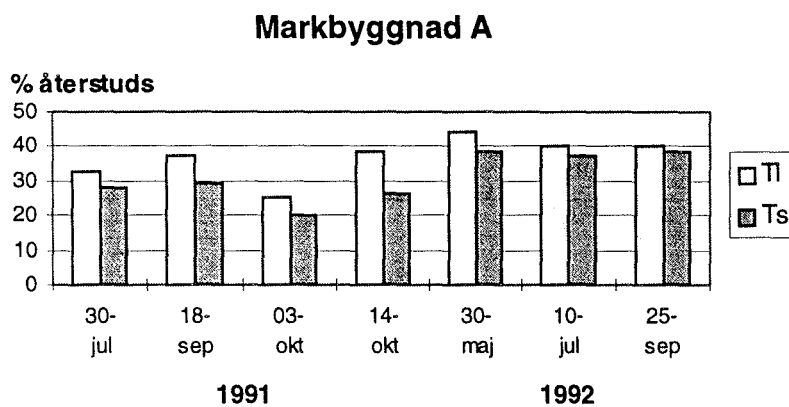
Figur 45. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , på två olika färdiga gräsmattor i markbyggnad D.

Figure 45. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in two different turf sod types in soil construction D.

#### Bollstudsmätningar

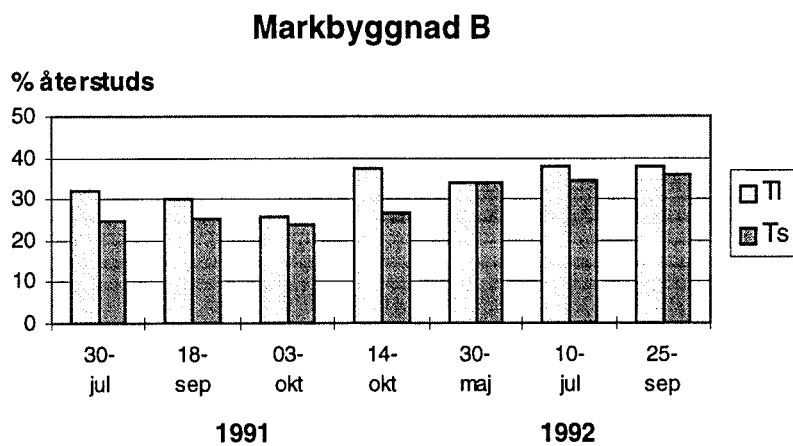
Resultaten från bollstudsmätningarna visas nedan i figurerna 46-49. Bollstudsens var i samtliga markbyggnader signifikant högre på lerig turf än på sandig turf vid samtliga mättillfällen. Bollstudsens var tydligt högre under 1992 än under 1991 i samtliga markbyggnader.

Under hela perioden 1991-1992 registrerades endast 4 enskilda bollstudsvärden under den kritiska gränsen 15%. Dessa inträffade på sandig färdig gräsmatta i markbyggnad A och i markbyggnad D den 18/9 och den 3/10 1991.

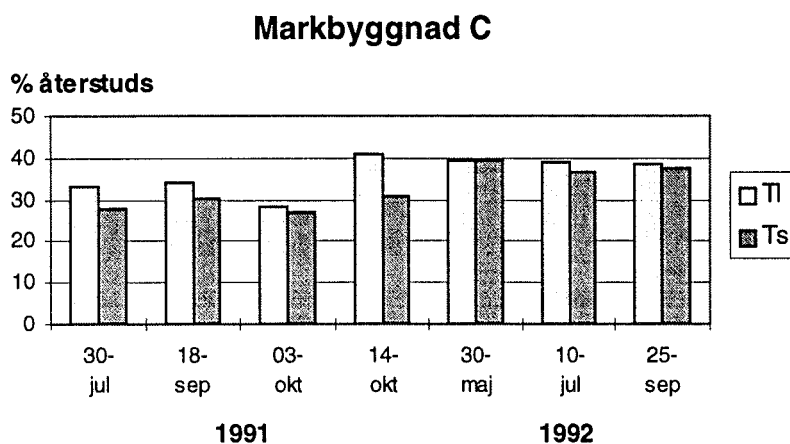


Figur 46. Medelvärden av bollstuds under säsongerna 1991-1992 i markbyggnad A.

Figure 46. Mean ball rebound resilience values during 1991-1992 for soil construction A.

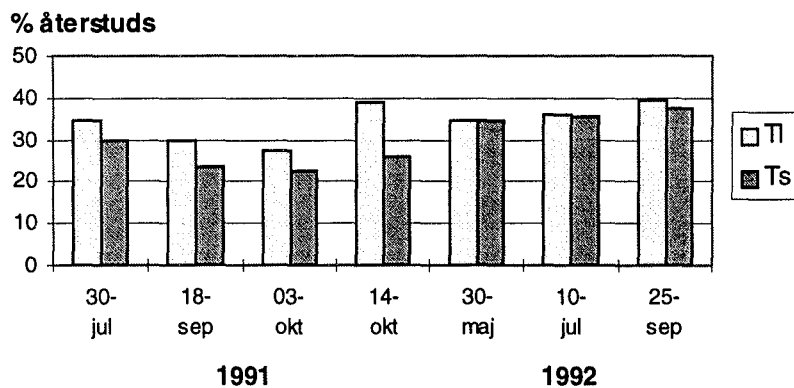


Figur 47. Medelvärden av bollstuds under säsongerna 1991-1992 i markbyggnad B.  
 Figure 47. Mean ball rebound resilience values during 1991-1992 for soil construction B.



Figur 48. Medelvärden av bollstuds under säsongerna 1991-1992 i markbyggnad C.  
 Figure 48. Mean ball rebound resilience values during 1991-1992 for soil construction C.

## Markbyggnad D



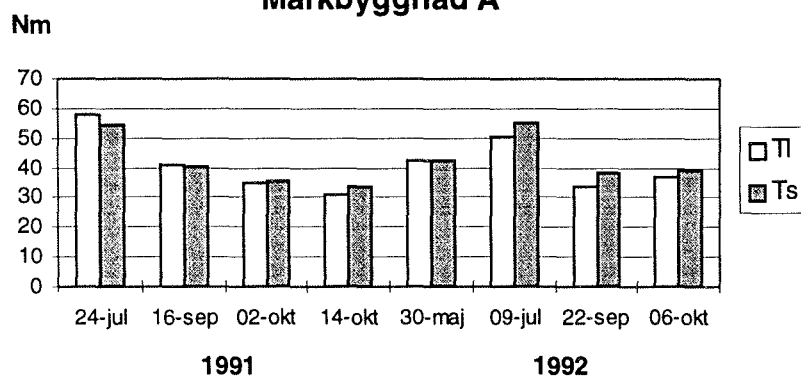
Figur 49. Medelvärden av bollstuds under säsongerna 1991-1992 i markbyggnad D.  
 Figure 49. Mean ball rebound resilience values during 1991-1992 for soil construction D.

### Dragkraftsmätningar

En tendens kunde noteras att den lerhaltiga turfen gav högre skjuvmotstånd under torrare perioder, medan det i perioder med nederbördsöverskott var högre skjuvmotstånd på den sandiga turfen. Statistiskt säkerställt att den leriga turfen gav högre dragkraftsmotstånd än den sandiga turfen var det för samtliga markbyggnader vid mättillfället 24/7 1991. Att den leriga turfen gav lägre dragkraftsmotstånd än den sandiga turfen för samtliga markbyggnadstyper kunde statistiskt säkerställas vid mättillfällena den 22/9 och den 6/10 1992. I den lerhaltiga turfen var det således i samtliga markbyggnader en större spännvidd mellan dragkraftsmotståndet från tidpunkt till tidpunkt, dvs i torr väderlek var värdena högre och vid fuktigare väderlek var de lägre än i den sandiga turfen.

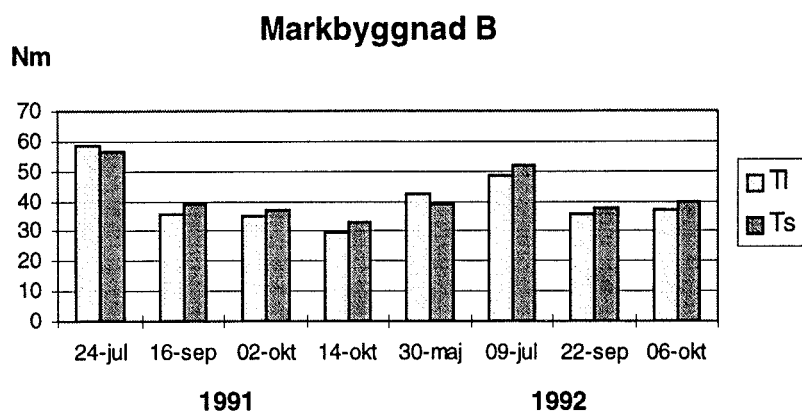
Under hela perioden 1991-1991 registrerades inget värde under det kritiska värdet 20 Nm .

## Markbyggnad A

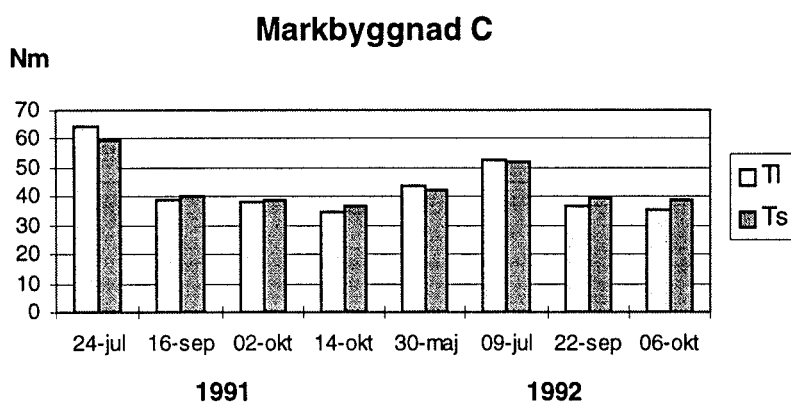


Figur 50. Medelvärden av dragkraftsmätningar under 1991-1992 i markbyggnad A.  
 Figure 50. Mean traction values during 1991-1992 for soil construction A.

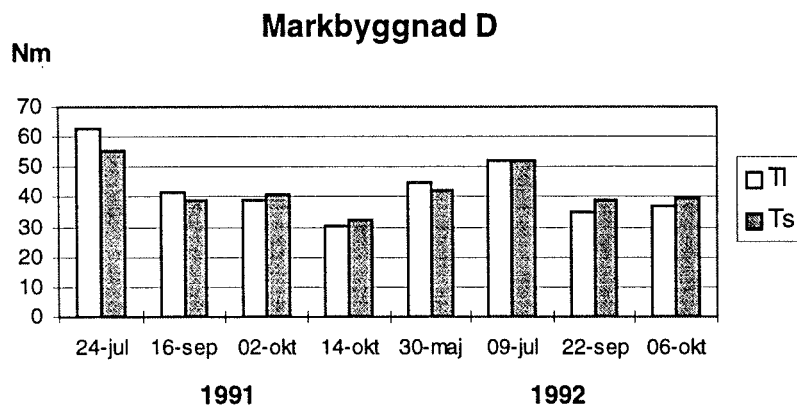




Figur 51. Medelvärden av dragkraftsmätningar under 1991-1992 i markbyggnad B.  
 Figure 51. Mean traction values during 1991-1992 for soil construction B.



Figur 52. Medelvärden av dragkraftsmätningar under 1991-1992 i markbyggnad C.  
 Figure 52. Mean traction values during 1991-1992 for soil construction C.



Figur 53. Medelvärden av dragkraftsmätningar under 1991-1992 i markbyggnad D.  
 Figure 53. Mean traction values during 1991-1992 for soil construction D.

### 5.3 Sanddressningsmaterial

#### *Mullhaltsförändring*

I tabell 20 redovisas en sammanställning på medeltalen för mullhalten i den översta delen av växtbädden (0-0,05 m) vid försöksperiodens slut (våren 1993). Mullhalten var i medeltal högre i de ej sanddressade rutorna på markbyggnad A, B och C, men denna skillnad var endast statistiskt säkerställd i markbyggnad A. Skillnaderna mellan sanddressningsbehandlingarna var ej signifikanta, men de redovisade medelvärdena antyder att mullhalten skulle kunna vara något lägre i sanddressningsbehandling 2 (fin sand).

Tabell 20. Medeltal för effekter på vikt% organiskt material i skiktet 0-50 av sanddressning 1,2 och 3 samt ej sanddressning

Table 20. Main effects of sand dressing treatments 1, 2 and 3 and no sand dressing on percentage by weight organic matter in the top 0-50 mm layer

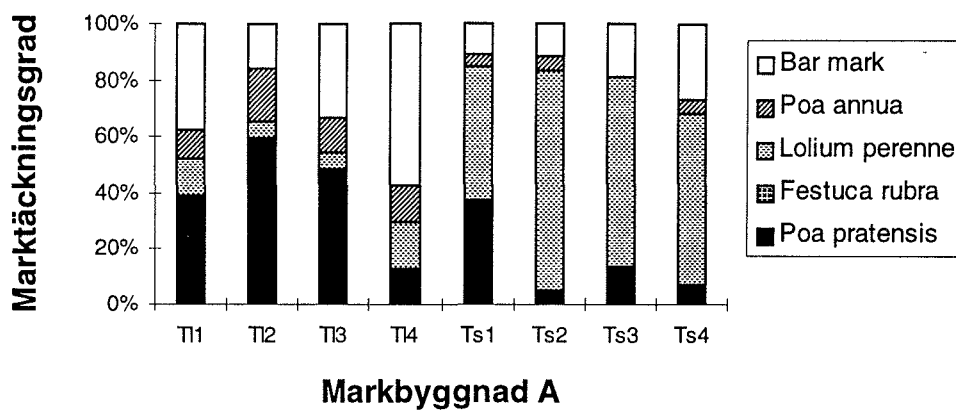
Behandling	Organiskt material, vikt%			
	Markbyggnadstyp			
	A	B	C	D
1	3,900	5,057	4,102	3,047
2	3,318	3,650	3,680	2,847
3	3,227	4,120	4,070	3,033
Ingen sand	5,620	4,423	4,225	2,870
LSD <sub>0,05</sub> *	1,24	es	es	es

\*Minsta signifikanta skillnad vid signifikansnivån 0,05 för jämförelse av medeltal inom varje kolumn

#### *Marktäckning och artsammansättning*

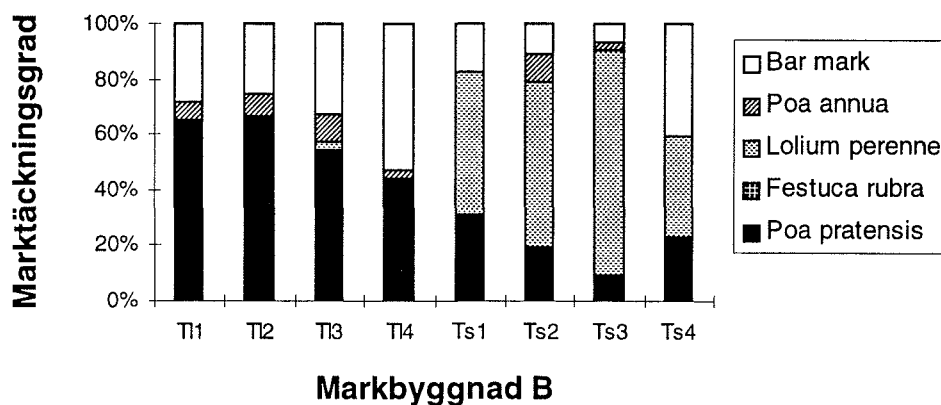
Resultaten från arträkningar och marktäckningsmätningar visas i figurerna 54-57 nedan. Sanddressningsbehandlingarna har haft effekten att andelen bar mark var lägre där man dressat än i odressade rutor. *Festuca rubra* gick ut redan under första hälften av 1991 och kom sedan ej tillbaka i någon av behandlingarna. Den gräsart som sedan främst gick tillbaka i de odressade rutorna var *Poa pratensis* (ängsgröe).

Det engelska rajgräset (*Lolium perenne*) har hävdats sig väl i alla behandlingar och även gått in i nästan alla behandlingar i den leriga turfen. *Poa annua*-andelen varierar alltför mycket för att man ska kunna konstatera några skillnader mellan de olika sanddressningsbehandlingarna.



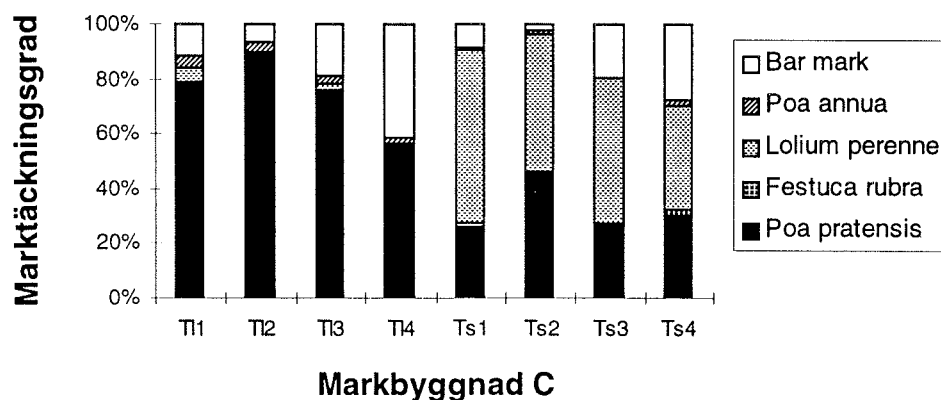
Figur 54. Marktäckningsgrad och artsammansättning i de olika sanddressningsbehandlingarna i markbyggnad A den 1 oktober 1992.

Figure 54. Ground cover and grass species composition in the different sand dressing treatments of soil construction A on October 1, 1992.



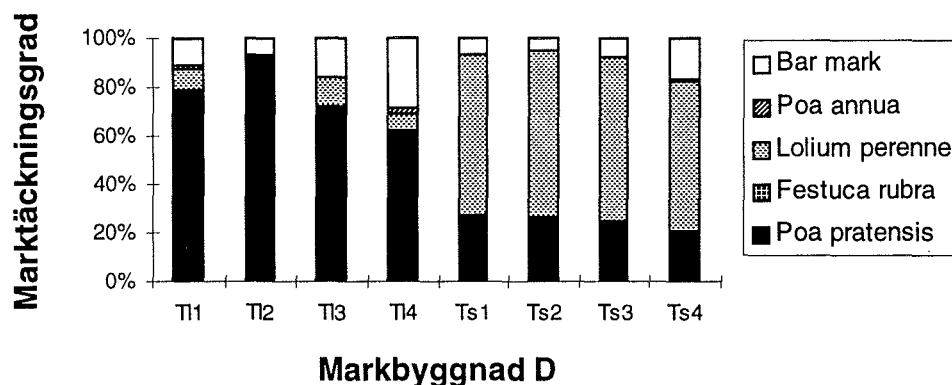
Figur 55. Marktäckningsgrad och artsammansättning i de olika sanddressningsbehandlingarna i markbyggnad B den 1 oktober 1992.

Figure 55. Ground cover and grass species composition in the different sand dressing treatments of soil construction B on October 1, 1992.



Figur 56. Marktäckningsgrad och artsammansättning i de olika sanddressningsbehandlingarna i markbyggnad C den 1 oktober 1992.

Figure 56. Ground cover and grass species composition in the different sand dressing treatments of soil construction C on October 1, 1992.



Figur 57. Marktäckningsgrad och artsammansättning i de olika sanddressningsbehandlingarna i markbyggnad D den 1 oktober 1992.

Figure 57. Ground cover and grass species composition in the different sand dressing treatments of soil construction D on October 1, 1992.

I tabell 21 nedan jämförs andelen barmark i november 1992 i de olika sanddressningsbehandlingarna. I markbyggnad A var variationen så stor att signifikanta skillnader mellan behandlingarna inte kunde påvisas. Skillnaden mellan sanddressningsbehandling 2 och odressat (behandling 4) var dock nästan signifikant ( $p=0,073$ ). I de övriga markbyggnadstyperna, däremot, var det en signifikant större andel barmark i de odressade rutorna jämfört med de övriga tre dressningsbehandlingarna. I markbyggnad C var det dessutom en signifikant högre andel barmark i sanddressningstyp 3 (grov sand) än i sanddressningstyp 2 (fin sand). Även i de övriga markbyggnaderna är andelen bar mark högre i sanddressningstyp 3 än i typ 1 och 2, men här har inte signifikans uppnåtts.

Tabell 21. Medeltal för effekter på andel bar mark i november 1992 av sanddressning 1, 2 och 3 samt ej sanddressning

Table 21. Main effects of sand dressing treatments 1, 2 and 3 and no sand dressing on percentage ground cover in November 1992

Behandling	Andel bar mark, % Markbyggnadstyp			
	A	B	C	D
1	22,92	22,92	10,00	8,75
2	12,50	17,08	4,58	5,00
3	29,17	18,75	18,75	11,25
Ingen sand	36,67	46,25	34,58	22,50
*LSD <sub>0,05</sub>	es	16,48	11,80	7,56

\*Minsta signifikanta skillnad vid signifikansnivån 0,05 för jämförelse av medeltal inom varje kolumn

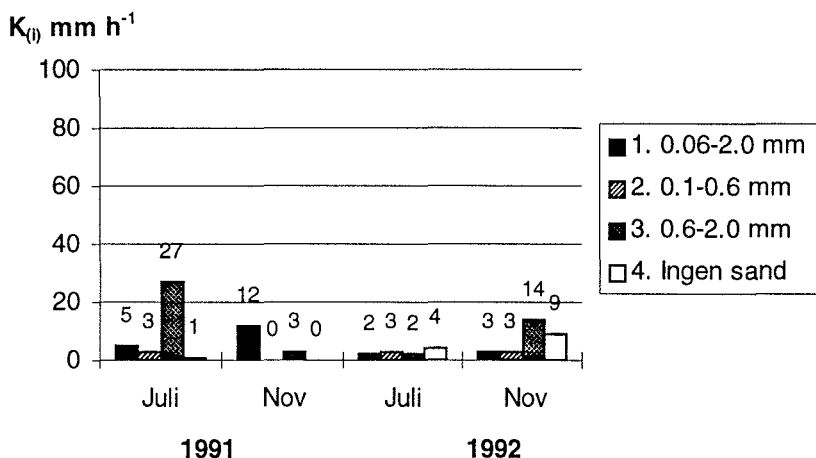
#### Vattengenomsläpplighet

Nedan, i figurerna 58 - 65, redovisas vattengenomsläpplighetsvärden i olika markbyggnader, turtyper och sanddressningsbehandlingar. Variationen var mycket stor. Signifikanta skillnader mellan olika sanddressningstyper kunde endast noteras:

1) i juli 1992 i markbyggnad A, då medelvärdet för genomsläpplighet var signifikant lägre i rutor dressade med sandtyp 1 (0,06-2,0 mm) än för sandtyp 2 (0,1-0,6 mm) och sandtyp 3 (0,6-2,0 mm). Även i ej dressade rutor (behandling 4) var genomsläpplighetsmedelvärdet signifikant lägre än i sanddressningstyperna 2 och 3. Genomsläpplighetsmedelvärdena i behandlingarna 1 och 4 respektive 2 och 3 var dock ej sinsemellan signifikant skilda åt.

2) i juli 1992 i markbyggnad B, då även här medelvärdet för genomsläpplighet var signifikant lägre i rutor dressade med sandtyp 1 än för sandtyp 2 och sandtyp 3. Även i behandling 4 var genomsläpplighetsmedelvärdet signifikant lägre än i sanddressningstyperna 2 och 3. Genomsläpplighetsmedelvärdena i behandlingarna 1 och 4 respektive 2 och 3 var ej heller här sinsemellan signifikant skilda åt.

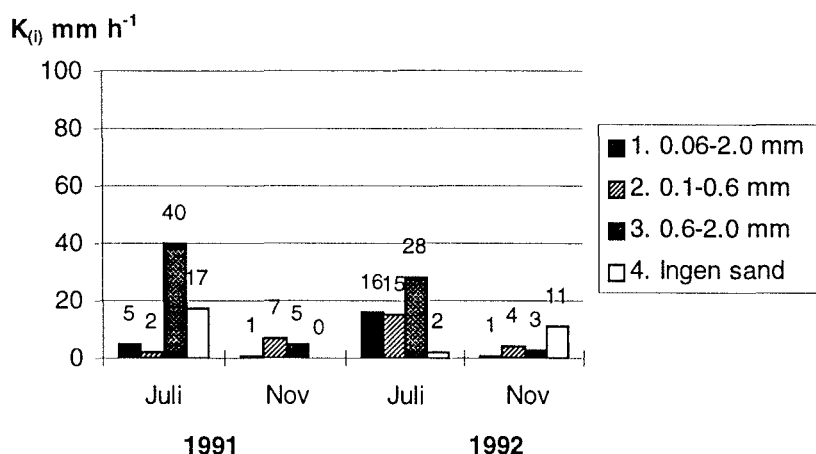
### Markbyggnad A, sandig turf



Figur 58. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i gräsmatta etablerad från sandig turf på markbyggnad A.

Figure 58. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in grass established from a sandy turf sod on soil construction A.

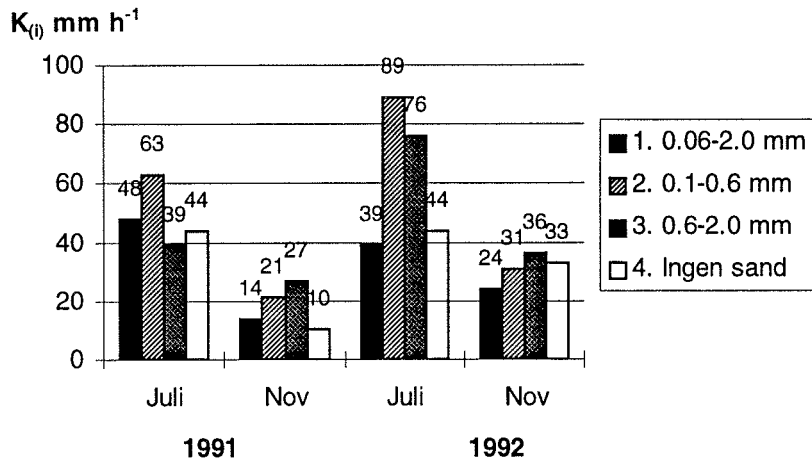
### Markbyggnad A, lerhaltig turf



Figur 59. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i gräsmatta etablerad från lerhaltig turf på markbyggnad A.

Figure 59. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in grass established from a loamy sand turf sod on soil construction A.

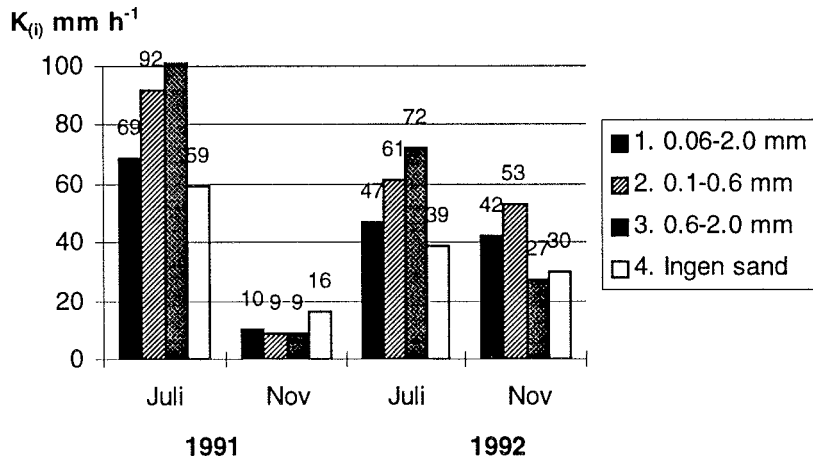
### Markbyggnad B , sandig turf



Figur 60. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i gräsmatta etablerad från sandig turf på markbyggnad B.

Figure 60. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in grass established from a sandy turf sod on soil construction B.

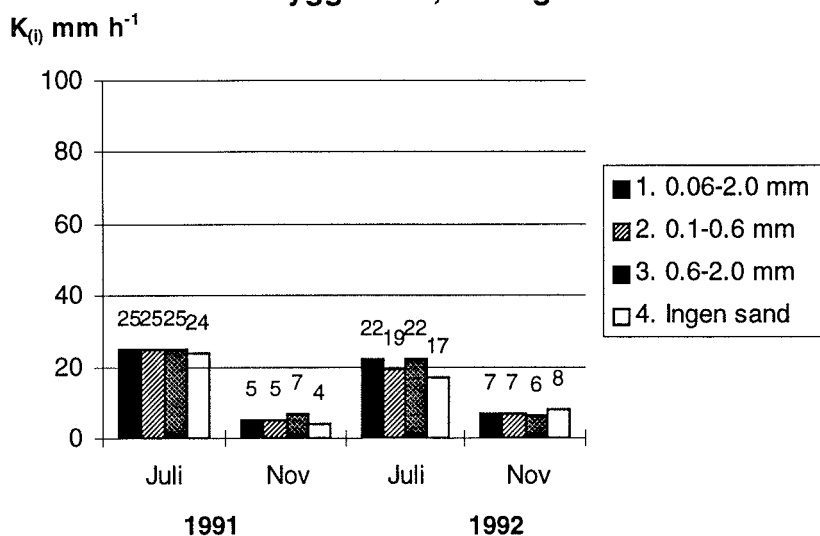
### Markbyggnad B, lerhaltig turf



Figur 61. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i gräsmatta etablerad från lerhaltig turf på markbyggnad B.

Figure 61. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in grass established from a loamy sand turf sod on soil construction B.

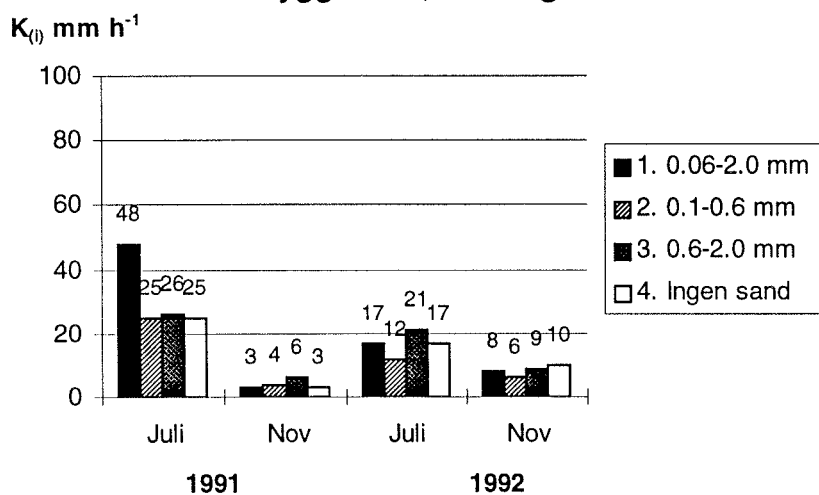
### Markbyggnad C, sandig turf



Figur 62. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i gräsmatta etablerad från sandig turf på markbyggnad C.

Figure 62. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in grass established from a sandy turf sod on soil construction C.

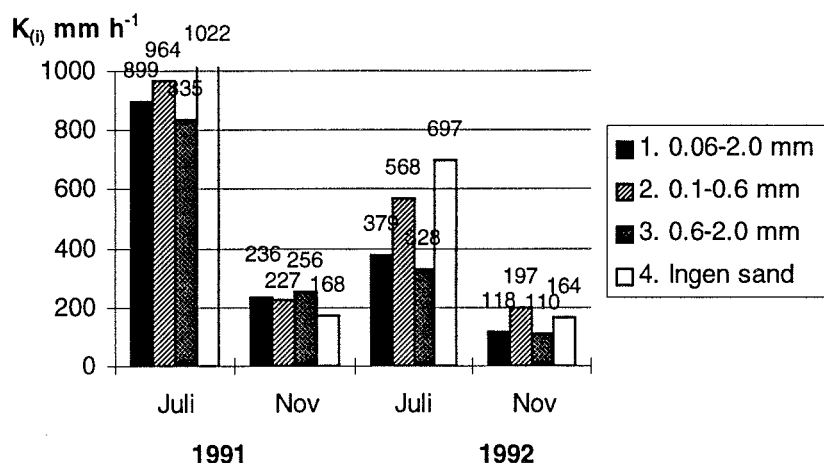
### Markbyggnad C, lerhaltig turf



Figur 63. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i gräsmatta etablerad från lerhaltig turf på markbyggnad C.

Figure 63. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in grass established from a loamy sand turf sod on soil construction C.

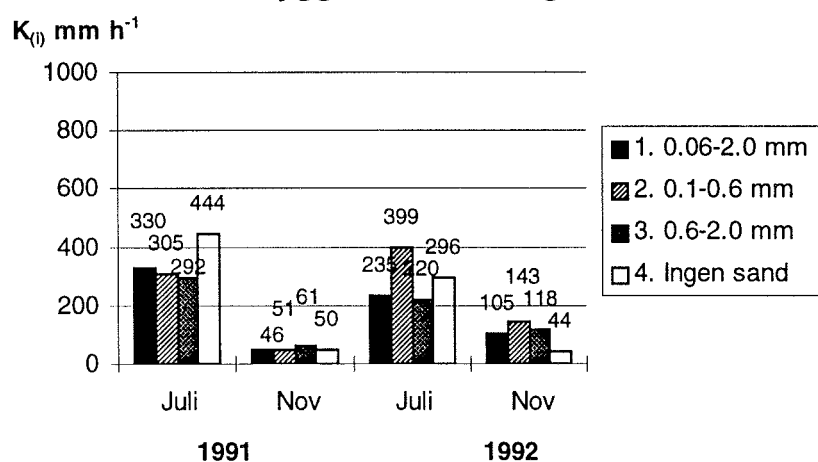
### Markbyggnad D, sandig turf



Figur 64. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i gräsmatta etablerad från sandig turf på markbyggnad D.

Figure 64. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in grass established from sandy turf sod on soil construction D.

### Markbyggnad D, lerhaltig turf



Figur 65. Fältvärden för vattengenomsläpplighet vid vattenmättnad,  $K_{(i)}$ , i gräsmatta etablerad från lerhaltig turf på markbyggnad D.

Figure 65. Field measurements of saturated hydraulic conductivity,  $K_{(i)}$ , in grass established from a loamy sand turf sod on soil construction D.

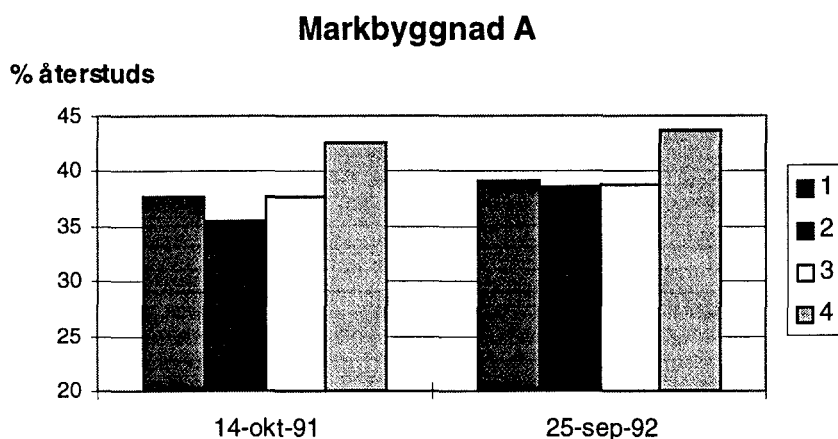
#### Bollstudsmätningar

För effekten av sanddressningsbehandlingarna ansågs bollstudsens vid slutet av säsongerna vara av störst intresse, efter att sanddressningsbehandlingarna avslutats. Nedan, i figurerna 66-69, redovisas återstudsens i mitten av oktober 1991 och i slutet av september 1992.



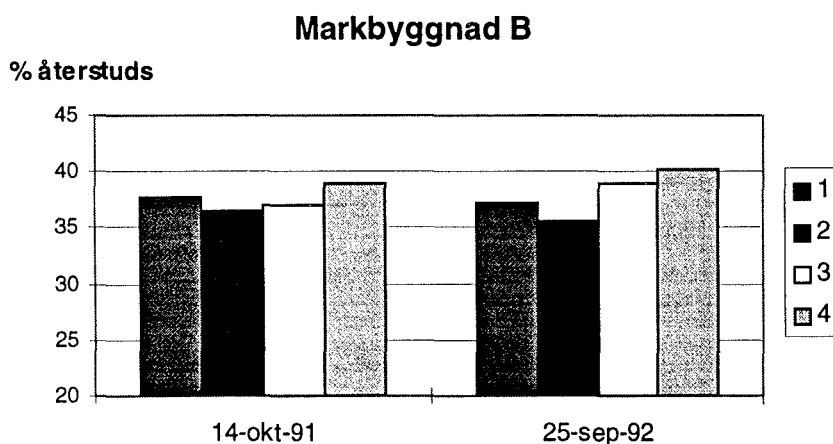
Under de bollstuds­mätningar som också utfördes 30/7, 18/9, 3/10 och 14/10 1991 samt 30/5, 10/7 samt 25/9 1992 var det bara vid ett tillfälle (den 3/10 1991) som kritiskt låga bollstuds­värden noterades. Dessa låga värden (under 15% återstuds) uppmättes dels i markbyggnadstyp A, i sanddressningsbehandling 1 på sandig turf, och dels i markbyggnadstyp D, i sanddressningsbehandling 4 (osandad) på sandig turf.

I samtliga markbyggnadstyper gav behandlingen utan dressning högst återstuds. I markbyggnad B och D är bollstuds­en i stort sett oförändrad mellan de två åren. I markbyggnad A ökar återstuds­en, och i markbyggnad C minskar återstuds­en från 1991 till 1992. Vattenhalten i marken var vid de två tidpunkterna relativt jämförbara; mätningarna utfördes vid båda tillfällena under en period med låg nederbörd.



Figur 66. Effekten av sanddressningsbehandlingar på bollstuds­en vid slutet av spelsäsongen i markbyggnad A.

*Figure 66. Main effects of sand dressing treatments on ball rebound resilience at end of playing season on soil construction A.*

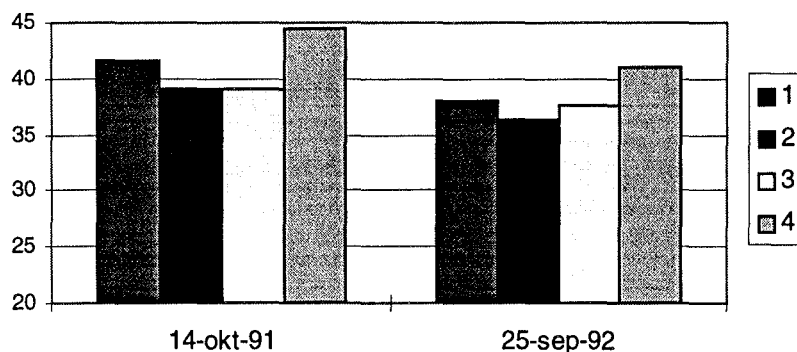


Figur 67. Effekten av sanddressningsbehandlingar på bollstuds­en vid slutet av spelsäsongen i markbyggnad B.

*Figure 67. Main effects of sand dressing treatments on ball rebound resilience at end of playing season on soil construction B.*

### Markbyggnad C

% återstuds

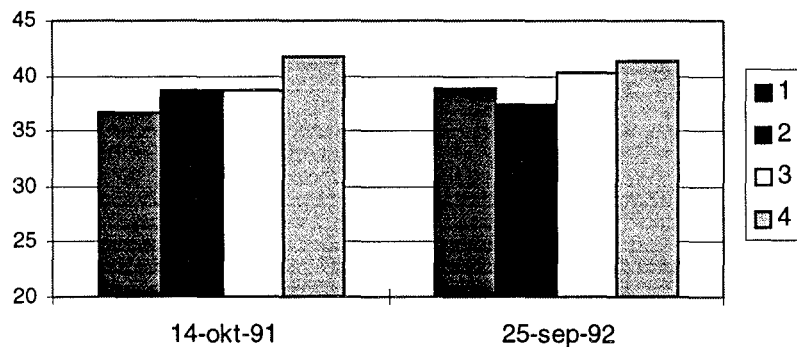


Figur 68. Effekten av sanddressningsbehandlingar på bollstudsens vid slutet av spelsäsongen i markbyggnad C.

Figure 68. Main effects of sand dressing treatments on ball rebound resilience at end of playing season on soil construction C.

### Markbyggnad D

% återstuds

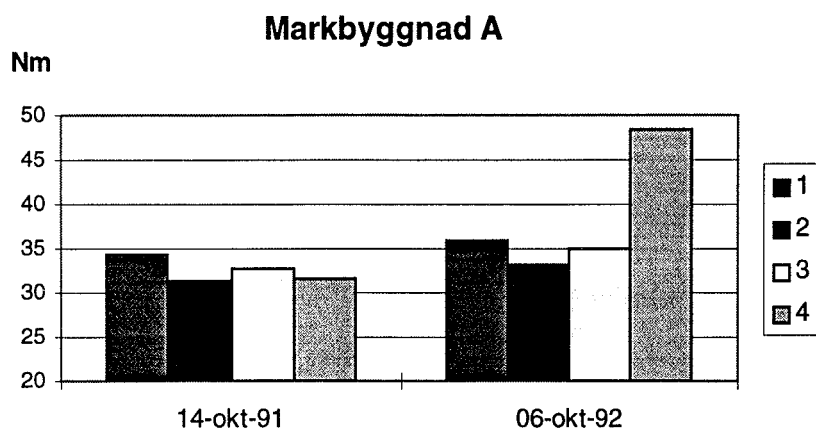


Figur 69. Effekten av sanddressningsbehandlingar på bollstudsens vid slutet av spelsäsongen i markbyggnad D.

Figure 69. Main effects of sand dressing treatments on ball rebound resilience at end of playing season in soil construction D.

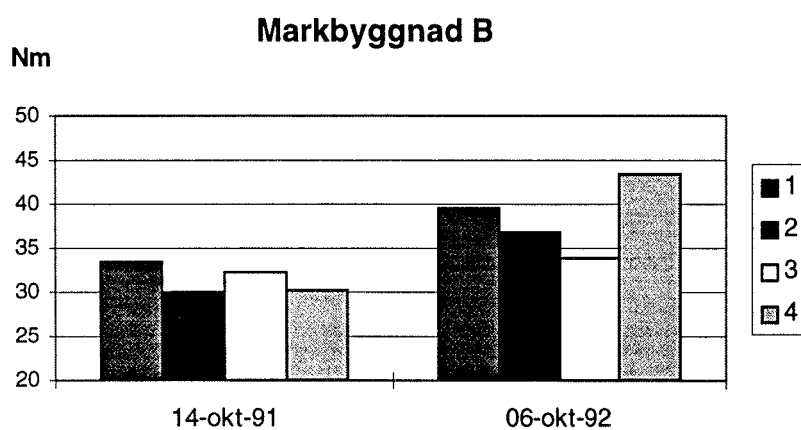
#### Dragkraftsmätningar

Nedan redovisas resultaten från de dragkraftsmätningar som utfördes vid slutet av säsongerna 1991 och 1992 (fig. 70-73). År 1991 var det endast i markbyggnad C och D som den odressade behandlingen medförde signifikant högre dragkraftsmotstånd än i de sanddressade. Vid mätningen 1992 uppmättes signifikant högre dragkraftsmotstånd i den odressade behandlingen än i de sanddressade i samtliga markbyggnader. Under hela perioden 1991-1992 registrerades inget värde under det kritiska värdet 20 Nm .



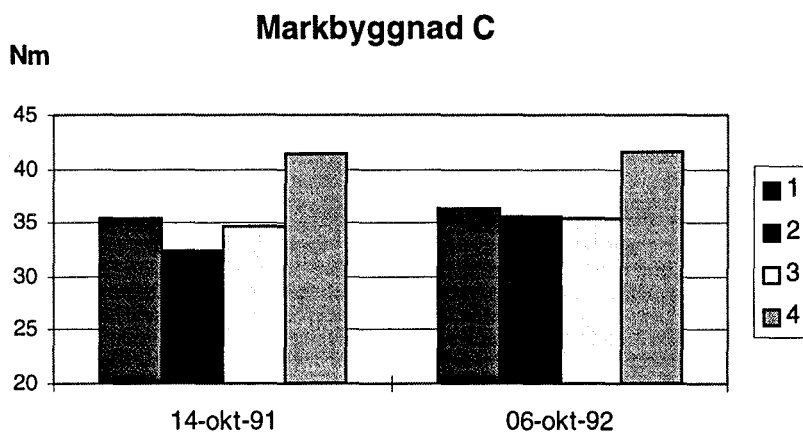
Figur 70. Medelvärden av dragkraftsmätningar i slutet av säsongen 1991 och 1992 i markbyggnad A.

*Figure 70. Mean traction values at end of season in 1991 and 1992 on soil construction A.*

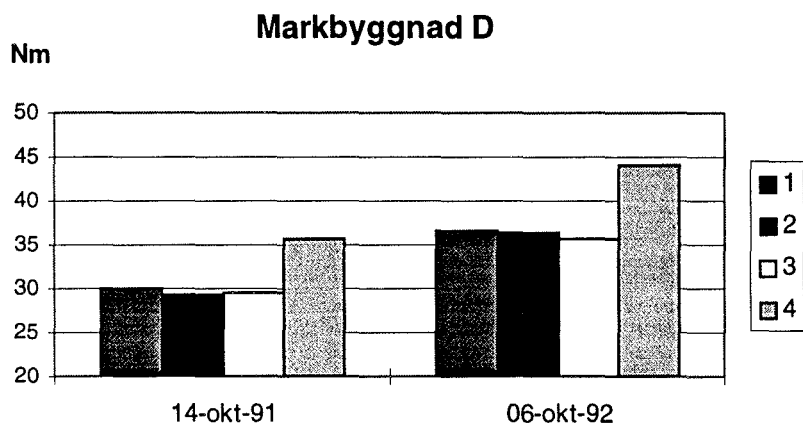


Figur 71. Medelvärden av dragkraftsmätningar i slutet av säsongen 1991 och 1992 i markbyggnad B.

*Figure 71. Mean traction values at end of season in 1991 and 1992 on soil construction B.*



Figur 72. Medelvärden av dragkraftsmätningar i slutet av säsongen 1991 och 1992 i markbyggnad C.  
 Figure 72. Mean traction values at end of season in 1991 and 1992 on soil construction C.



Figur 73. Medelvärden av dragkraftsmätningar i slutet av säsongen 1991 och 1992 i markbyggnad D.  
 Figure 73. Mean traction values at end of season in 1991 and 1992 on soil construction D.

## 5. 4 Grästillsväxt och kväveupptagning

Tillväxten uppmättes under åren 1991-92. Under våren 1991 gjordes ingen slitagebehandling, eftersom en nyetablering av färdigt gräs pågick. Först i första veckan i augusti påbörjades slitaget. 1991 blev därför ett "etableringsår" när grässets tillväxtbetingelser var mycket goda under maj till slutet av juni. Den totala torrsubstansskörden var 1991: 2,34, 2,16, 1,78 och 1,94 t ha<sup>-1</sup> i markbyggnaderna A, B, C, och D.

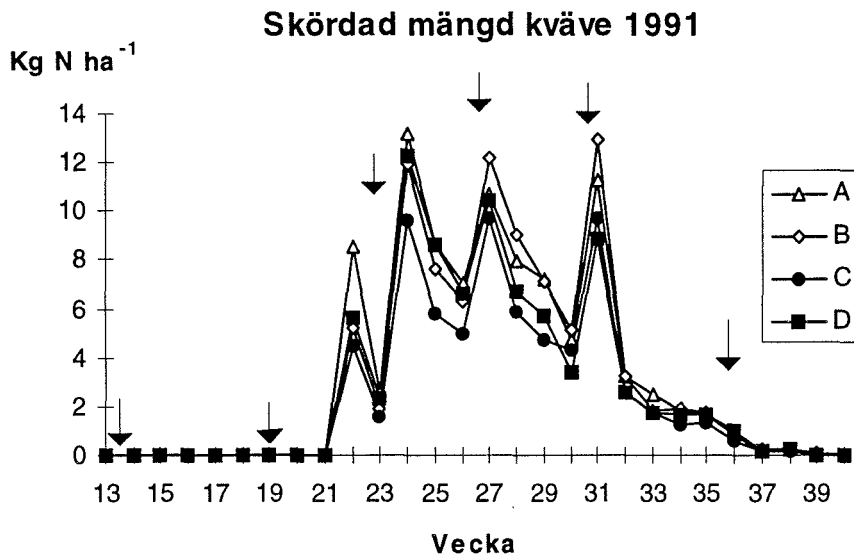
Under 1992 gjordes däremot slitagebehandlingen under hela året, och skörden blev också betydligt nedsatt i förhållande till säsongen 1991. Detta år blev torrsubstansskörden 1,47, 1,32, 0,85 och 1,04 t ha<sup>-1</sup> i respektive markbyggnader. Trots noggrann bevattningsstyrning och en kvävegiva uppdelad på 6 gånger per säsong var således skördarna på markbyggnadsförsöket 5-10 gånger lägre än i normala gräsvallar med ungefär samma gödsling. En gräsvall i Uppsalaområdet ger normalt en torrsubstansskörd på 8-10 t ha<sup>-1</sup> (Halling, pers. meddelande).

Både 1991 och 1992 hade gräset på samtliga markbyggnader slutat växa i vecka 37-38, dvs omkring den 15 september (se fig. 74 och 75 nedan). Den första hälften av 1991, då ej någon slitagebehandling gjordes, noterades en betydligt högre skörd av gräsklipp och en större kväveupptagning än vid motsvarande period 1992. 1992 pågick slitagebehandlingen från den 15 april -30 juni och med "speluppehåll" i hela juli månad. Slitagebehandlingen började i vecka 31 år 1991, och en vecka därefter minskade skörden betydligt (fig. 74). Kväveskörden hade under våren 1992 halverats i markbyggnad A och B och var endast 1/3 så stor i markbyggnad C och D, jämfört med samma period 1991 (se tabell 22).

Tabell 22. Skördad mängd gräsklipp under perioden 15 april - 30 juni 1991 och 1992  
*Table 22. Amount of grass clippings harvested during April 15 - June 30 1991 and 1992*

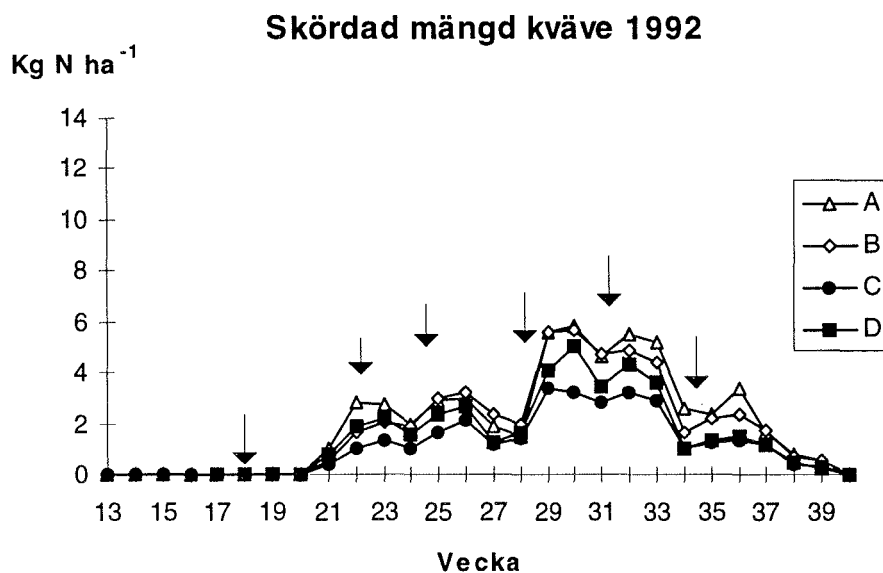
Säsong	Skörd, torrsubstans t ha <sup>-1</sup>			
	A	B	C	D
1991	1,09	0,88	0,75	0,91
1992	0,45	0,39	0,25	0,34

Under både 1991 och 1992 började gräset att växa i vecka 20-21 vilket betyder omkring den 20 maj (se fig. 73 och 74). Om dessa år kan räknas som normalår i grässammanhang, så skulle gräset på de slitna "fotbollsplanerna" i markbyggnadsförsöket ha en odlingssäsong som är ca 5 veckor kortare än en gräsyta som ej slits och som skördas 3 gånger. Normalt startar tillväxten på gräsvallar i Uppsalatrakten med ungefär motsvarande årliga gödselgivor som i markbyggnadsförsöket, alltså 250 kg ha<sup>-1</sup>, den sista veckan i april och pågår fram till slutet av september (Halling, pers. meddelande).



Figur 73. Kväveskörd per vecka i skördat gräsklipp under 1991. Pilarna visar tidpunkterna för gödsling.

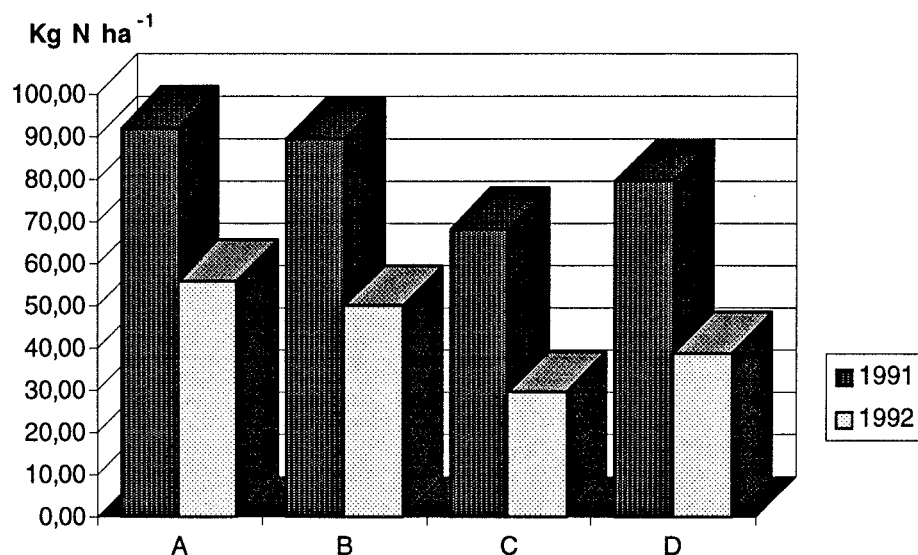
Figure 73. Nitrogen in harvested grass clippings during 1991; arrows mark dates of fertilizer application.



Figur 74. Kväveskörd per vecka i skördat gräsklipp under 1992. Pilarna visar tidpunkterna för gödsling.

Figure 74. Nitrogen in harvested grass clippings during 1992; arrows mark dates of fertilizer application .

Kväveutnyttjandet var betydligt lägre under 1992 än 1991 (se fig. 75). I % av det under året tillförda kvävet var kväveupptagningen under 1991 37%, 36%, 27% och 32% i respektive markbyggnader A, B, C och D, och under 1992 var motsvarande siffror 22%, 20%, 12% och 16%.



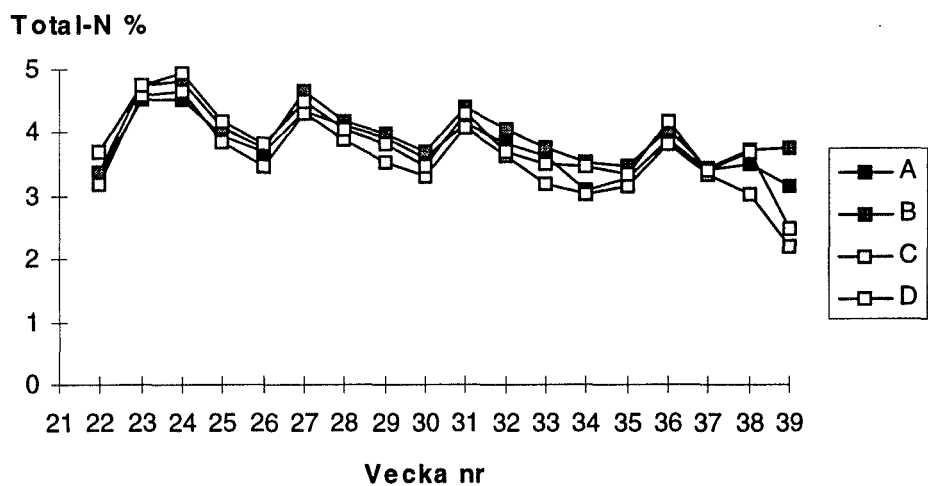
Figur 75. Skördad mängd totalkväve i de fyra olika markbyggnaderna under 1991 och 1992.  
 Figure 75. Amounts of nitrogen harvested in the four soil constructions during 1991 and 1992.

Kväveskördens storlek beror dels av torrsubstansskörden, och dels av kvävehalten i gräsklippet. Vid varje provtagningstillfälle analyserades grässets kvävehalter, och resultaten visade att dessa var mycket varierande under säsongen (se tabell 23 samt fig. 76 och 77). Det kan noteras att de genomsnittliga kvävehalterna i gräsklippet genomgående var lägre i markbyggnad C än i de övriga markbyggnadstyperna. Även minimumvärdena var lägst i markbyggnadstyp C, medan maximum-värdena var på ungefär samma nivå i alla markbyggnadstyperna.

Tabell 23. Maximum- och minimumvärden för kvävehalten (% N i torrsubstansskörden) i skördad mängd gräsklipp för de olika markbyggnaderna  
 Table 23. Maximum and minimum values of nitrogen content (% N of harvested dry substance) in harvested amount of grass clippings in the different soil constructions

År	Kvävehalt, % av ts							
	A		B		C		D	
	min	max	min	max	min	max	min	max
1991	3,09	4,52	3,37	4,82	2,21	4,64	2,48	4,93
1992	3,01	4,72	2,24	4,77	2,12	4,80	2,44	4,87

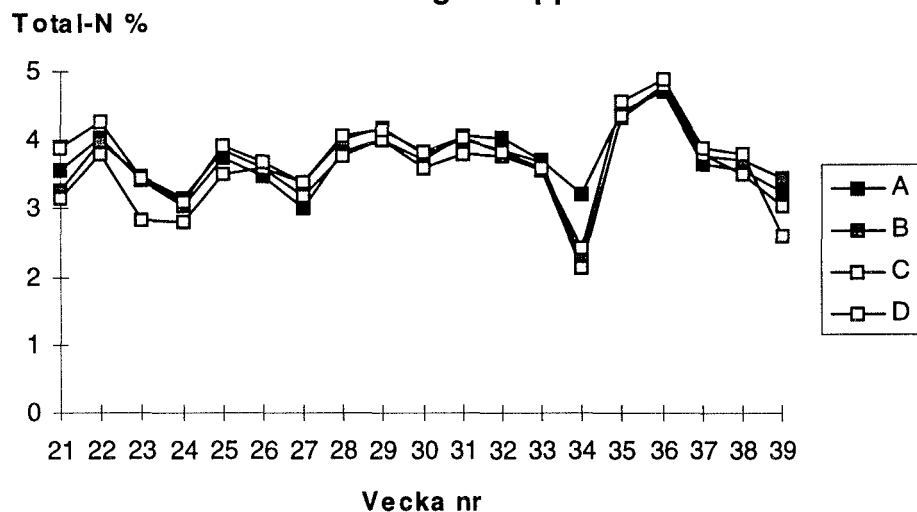
### Kvävehalter i gräsklipp 1991



Figur 76. Totalkvävehalten i % av skördad mängd torrsbstans gräsklipp under 1991 års säsong.

Figure 76. Total N content as % of harvested amount of dry matter grass clippings during 1991.

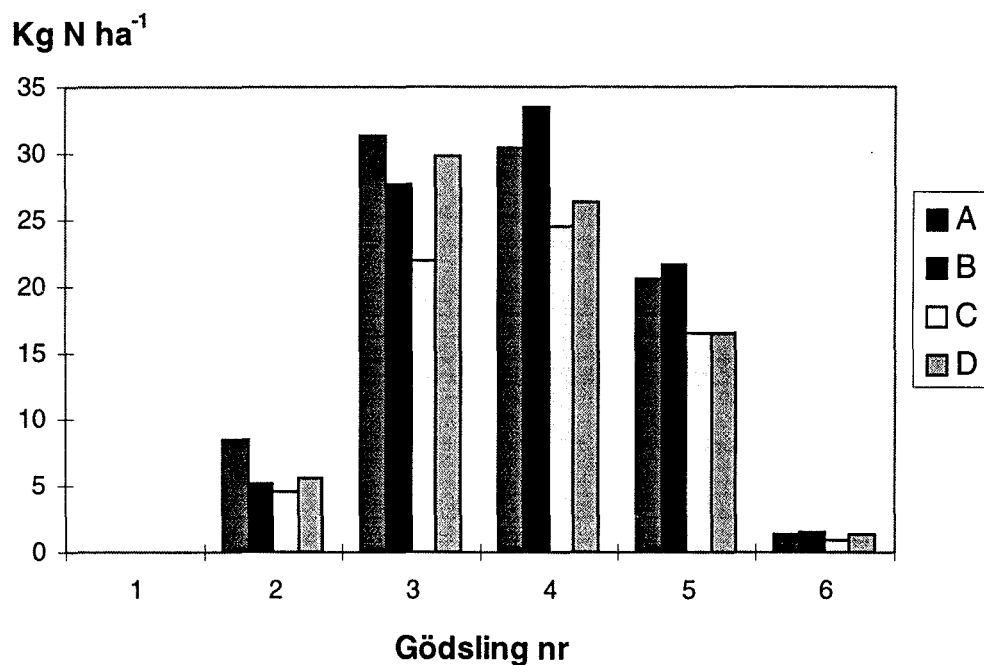
### Kvävehalter i gräsklipp 1992



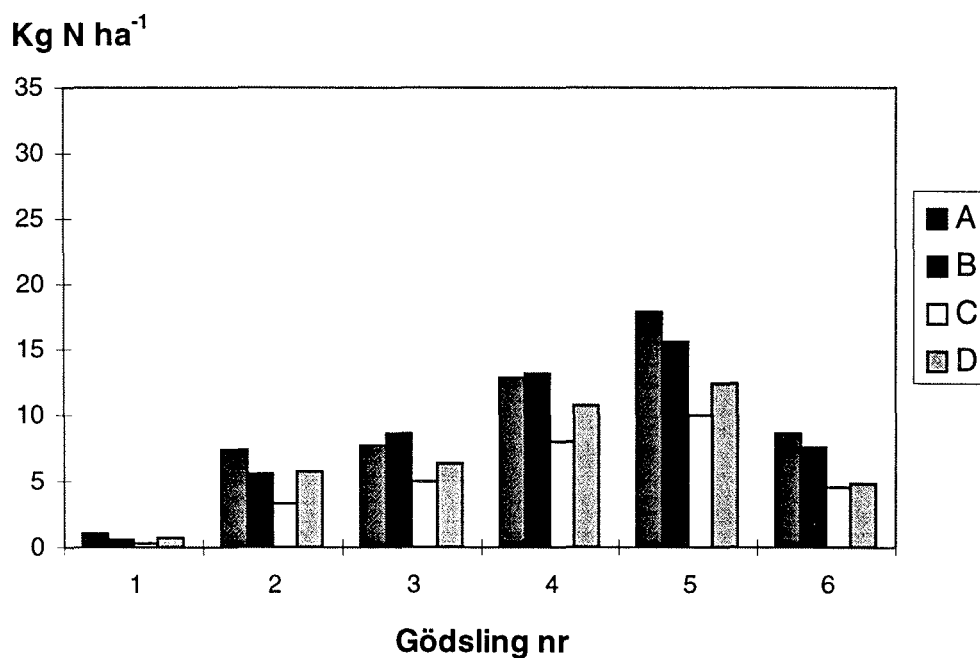
Figur 77. Totalkvävehalten i % av skördad mängd torrsbstans gräsklipp under 1992 års säsong.

Figure 77. Total N content as % of harvested amount of dry matter grass clippings during 1992.





Figur 78. Skördat totalkväve i gräsklipp (torrsubstans) efter varje gödsling under 1991.  
 Figure 78. Total N content in harvested amount of dry matter grass clippings after each individual fertilizer application during 1991.



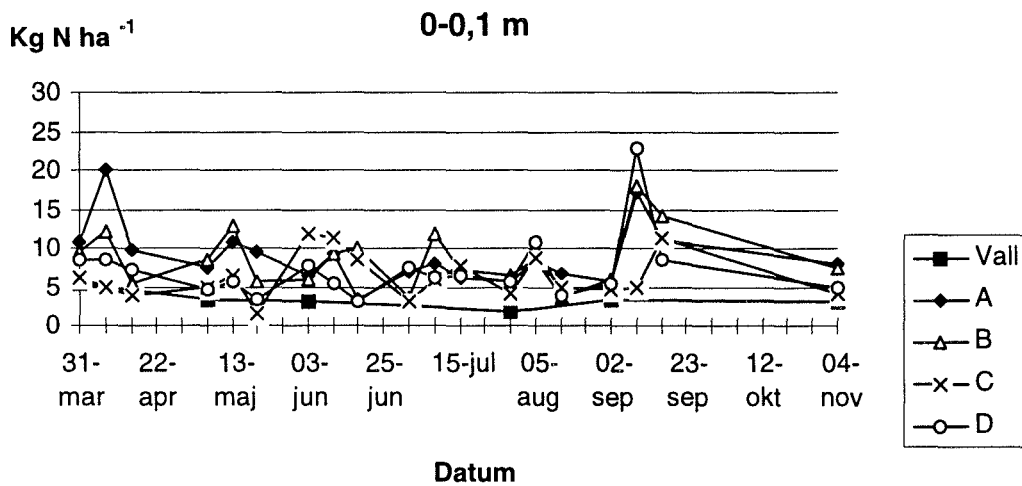
Figur 79. Skördat totalkväve i gräsklipp (torrsubstans) efter varje gödsling under 1991.  
 Figure 79. Total N content in harvested amount of dry matter grass clippings after each individual fertilizer application during 1991.

## 5.5 Kväveförluster

Kväveförlusterna har skattats genom mätningar av mineralkvävehalter i jorden samt genom mätningar av totalkväve i dräneringsvatten och grundvatten.

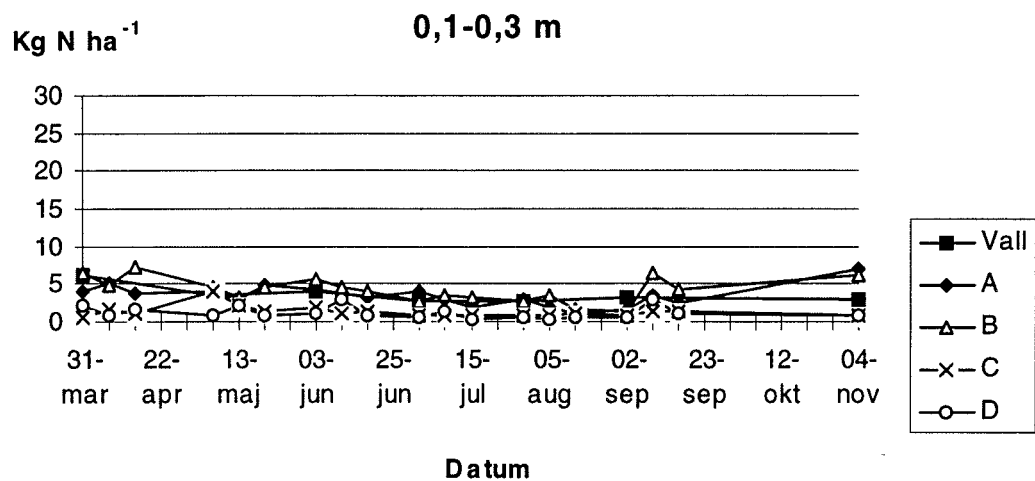
I figurerna 80-87 nedan ges resultaten av mätningarna av mineralkvävt i fyra olika horisonter i jordprofilerna hos de fyra markbyggnadstyperna. Som referens ges också motsvarande halter i en intilliggande ogödslad vall. Vi kan från den snabba minskningen av kvävehalterna i mars-april 1991, då praktiskt taget ingen tillväxt skedde, sluta oss till att minst 10 kg N försvunnit nedåt i profilen på samtliga markbyggnader. I markbyggnad C och D skedde nedsköljningen troligen momentant till underliggande lager, i markbyggnad B gick det något långsammare, medan det tog några veckor i markbyggnad A.

Även i september 1991 har en utsköljning av kväve skett, vilket märktes tydligast i 0 - 0,1 m-lagret (fig. 80). I markbyggnad A, B och D fick vi då kraftigt ökande kvävehalter vilka lika snabbt minskade igen. Kvävet rann snabbt ner genom profilen och inte förrän i lagret 0,6 - 0,9 såg vi att kvävehalterna var förhöjda i veckorna efter den sista kvävegödslingen. Mätningarna i grundvattnet på 2 m djup (se fig. 89) visade att kvävehalterna var relativt höga i markbyggnad B, C och D under hela hösten jämfört med i den ogödslade vallen.

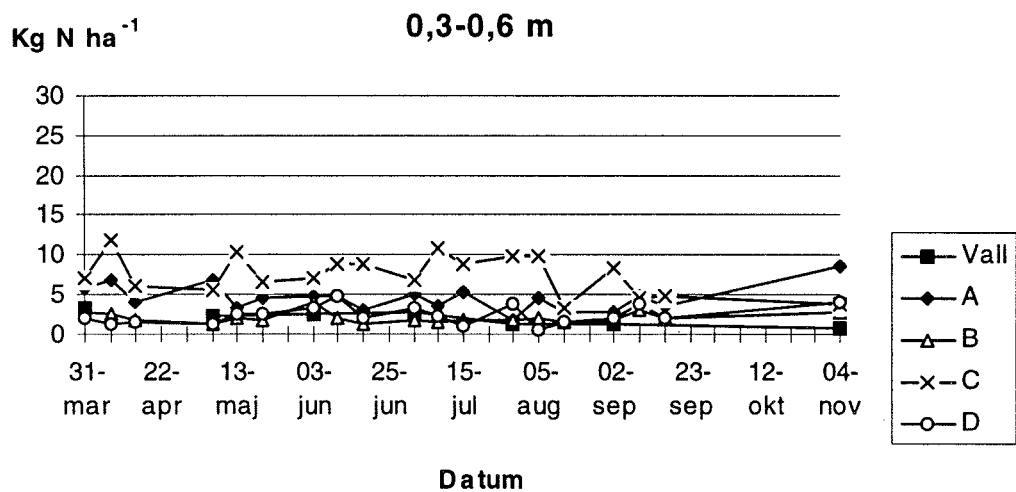


Figur 80. Mineralkväve i lagret 0 - 0,1 m under 1991.

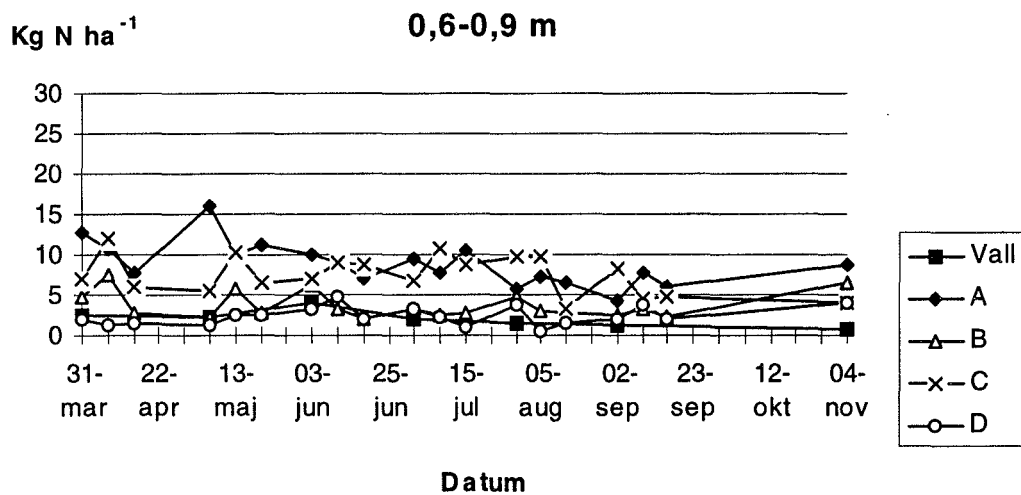
Figure 80. Mineral nitrogen in the 0 - 0.1 m soil horizon during 1991.



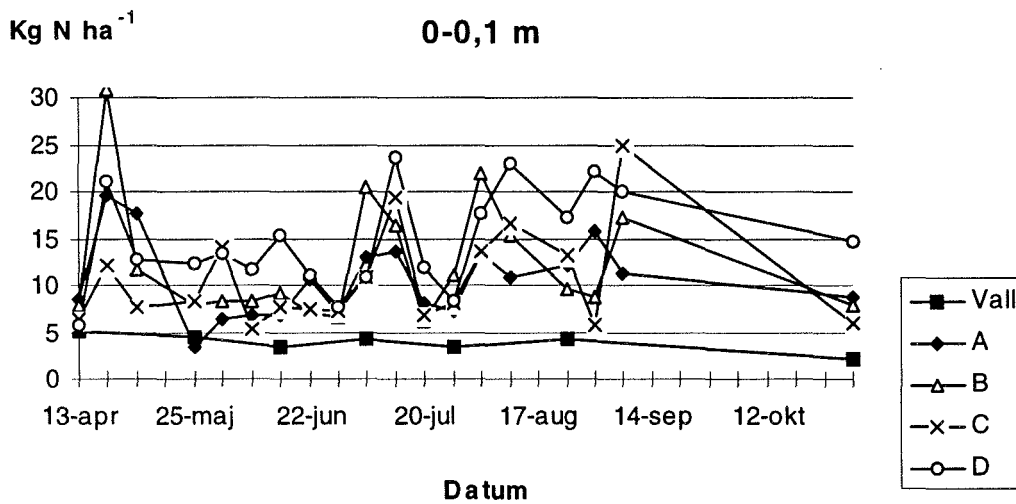
Figur 81. Mineralkväve i lagret 0,1 - 0,3 m under 1991.  
 Figure 81. Mineral Nitrogen in the 0.1 - 0.3 m soil horizon during 1991.



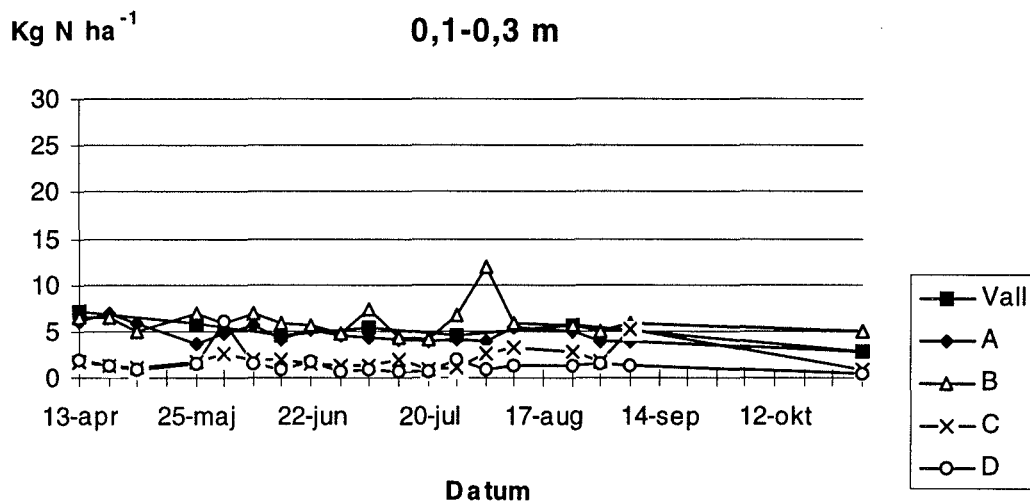
Figur 82. Mineralkväve i lagret 0,3 - 0,6 m under 1991.  
 Figure 82. Mineral nitrogen in the 0.3 - 0.6 m soil horizon during 1991.



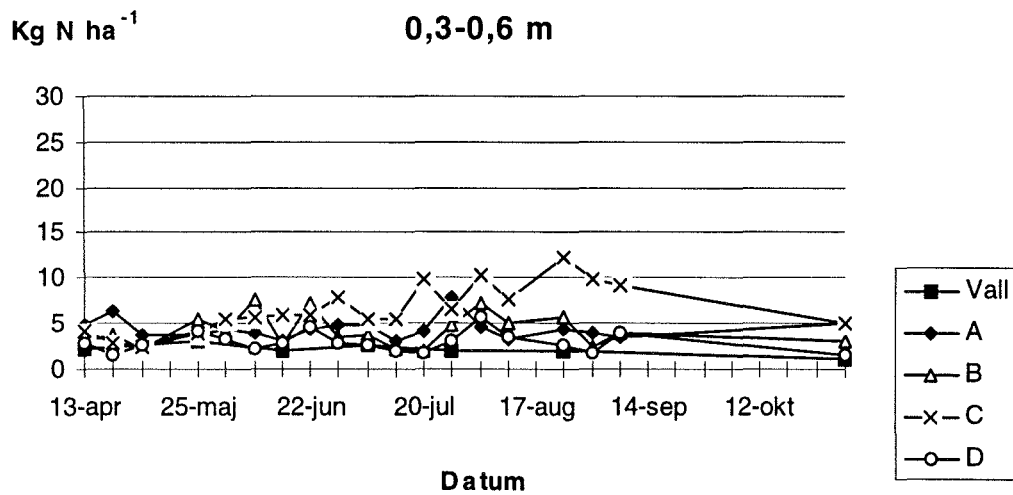
Figur 83. Mineralkväve i lagret 0,6 - 0,9 m under 1992.  
 Figure 83. Mineral Nitrogen in the 0.6 - 0.9 m soil horizon during 1992.



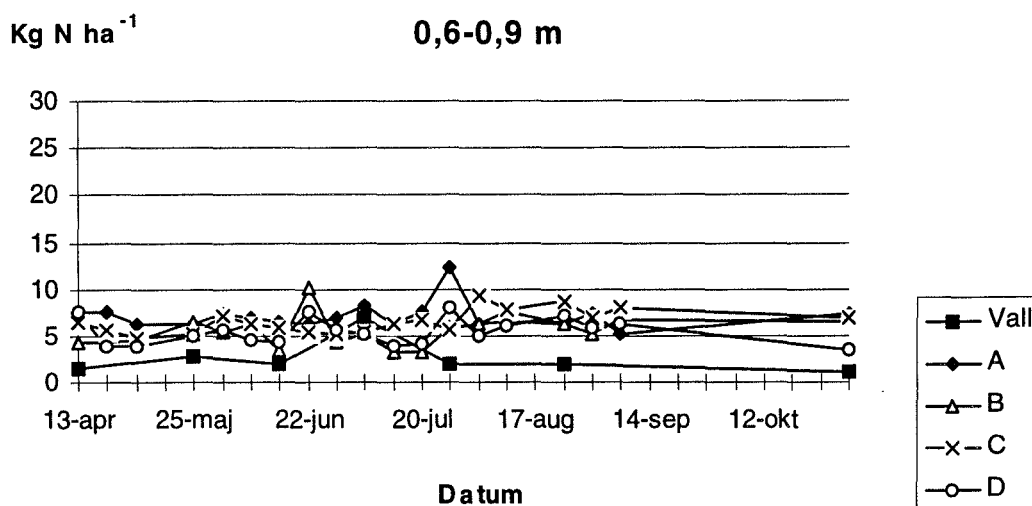
Figur 84. Mineralkväve i lagret 0 - 0,1 m under 1992.  
 Figure 84. Mineral Nitrogen in the 0 - 0.1 m soil horizon during 1992.



Figur 85. Mineralkväve i lagret 0,1 - 0,3 m under 1992.  
 Figure 85. Mineral Nitrogen in the 0.1 - 0.3 m soil horizon during 1992.



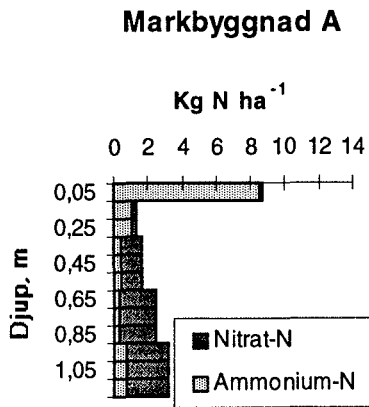
Figur 86. Mineralkväve i lagret 0,3 - 0,6 m under 1992.  
 Figure 86. Mineral Nitrogen in the 0.3 - 0.6 m soil horizon during 1992.



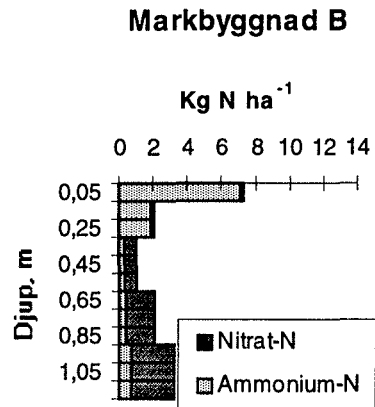
Figur 87. Mineralkväve i lagret 0,6 - 0,9 m under 1992.  
 Figure 87. Mineral Nitrogen in the 0.6 - 0.9 m soil horizon during 1992.

Nedan följer en "ögonblicksbild" från situationen vad gäller nitratkväve resp. ammoniumkväve i marken den 2 nov 1992 (fig. 88-92). Den senaste gödningen hade då gjorts den 24 augusti. Vid detta tillfälle togs även prov på nivån 0,9-1,2 m djup. Liksom vid övriga tillfällen så dominerade ammoniumkvävet i det översta jordlagret (0-0,1m), medan en stor andel nitratkväve återfanns djupare ner (i regel under rotdjup, dvs 0,3 - 0,4 m djup). Den ogödslade vallen hade vid detta tillfälle mycket låga värden på såväl nitratkväve som ammoniumkväve även i de djupaste jordlagren, medan samtliga av de intensivt gödslade och skötta markbyggnaderna hade en nitratkvävehalt som ökade med djupet.

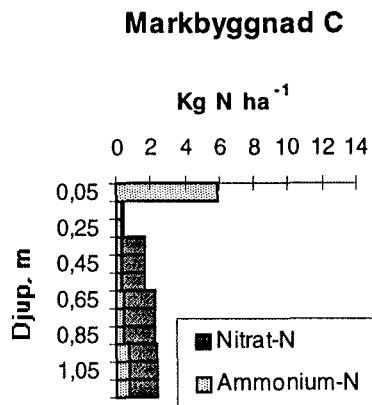
Resultaten av mätningarna av flöden och kvävehalter i dräneringsvattnet visade däremot att utlakningen av kväve denna väg (genom dräneringsrören) var låg under 1991 men något högre under 1992. (se tabell 24 och 25). Från markbyggnad B med sitt "kortslutna" spårdränerings-system rann det dock ut betydligt högre mängder dräneringsvatten än från de andra systemen. Enstaka intensiva regn visade sig utgöra den viktigaste faktorn för att dräneringen skulle gå så snabbt att vattnet fångades upp av dräneringsrören. Om jorden redan var vid fälkapacitet behövdes det ett regn i storleksordningen 20 mm för att det skulle börja transporteras ut vatten genom dräneringsrören på markbyggnad B, medan det på de övriga markbyggnaderna behövdes mer än ca 40 mm i form av en intensiv regnskur för att vattnet skulle börja rinna i dräneringsrören.



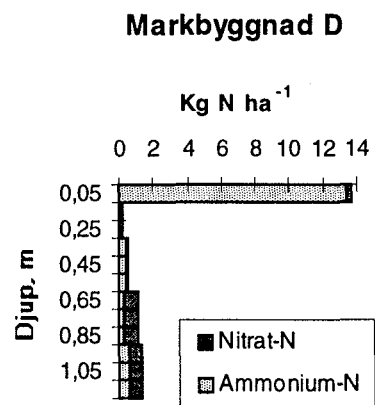
a)



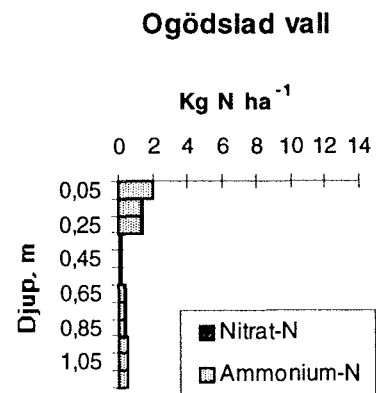
b)



c)



d)



e)

Figur 88a-e. Nitratkväve och ammoniumkväve i ogödslad vall samt i markbyggnad A-D den 2 nov 1992.

Figure 88a-e. Nitrate nitrogen and ammonium nitrogen in unfertilized ley and in soil constructions A-D on Nov. 2, 1992.

Totalt transporterades 6,4 mm vatten motsvarande en uttransport av 0,27 kg kväve ha<sup>-1</sup> ut genom dräneringsrören från markbyggnad B under 1991. Av årets totala avrinning genom dräneringsrören utgjorde extremavrinningstillfället efter regn den 9/8 54,5 % av den totala volymen dräneringsvatten under säsongen och i detta vatten utlakades 51,2% av den totala mängden kväve som uppsamlades i dräneringsbrunnen. Från ytorna A, C och D noterades inget utflöde av dräneringsvatten under 1991.

Under 1992 transporterades totalt 23,1 mm vatten motsvarande en transport av 5,63 kg kväve ha<sup>-1</sup> ut från markbyggnad B. Av årets totala avrinning genom dräneringsrören utgjorde avrinningstillfället den 29/7 85,4% av den totala volymen dräneringsvatten under säsongen och i detta vatten utlakades 95,4 % av den totala mängden kväve som uppsamlades i dräneringsbrunnen.

Tabell 24. Vattenvolymer och kvävehalter i vatten uppsamlat från dräneringsrören i markbyggnad B under 1991

Table 24. Volume of water and total N-content in water collected from subsurface drainage in soil construction B during 1991.

Datum	NO <sub>3</sub> -N mg l <sup>-1</sup>	Total-N mg l <sup>-1</sup>	Vattenvolym, l	Vattenvolym, mm	g N ut
91-03-11	0,019	3,89	176	1,17	0,68464
91-03-14	0,035	4,98	1	0,01	0,00498
91-03-18	3,11	5,01	50	0,33	0,2505
91-03-24	2,67	4,98	1	0,01	0,00498
91-07-19	1,52	5,95	5	0,03	0,02975
91-07-22	1,81	4,87	138	0,92	0,67206
91-08-05	2,27	5,32	55	0,37	0,2926
91-08-09	0,39	3,99	523	3,49	2,08677
91-09-27	1,43	4,65	11	0,07	0,05115

Tabell 25. Vattenvolymer och kvävehalter i vatten uppsamlat från dräneringsrören i markbyggnad B under 1992

Table 25. Volume of water and total N-contents in water collected from subsurface drainage in soil construction B during 1992.

Datum	NO <sub>3</sub> -N mg l <sup>-1</sup>	Total-N mg l <sup>-1</sup>	Vattenvolym, l	Vattenvolym, mm	g N ut
92-03-05	0,032	5,46	64	0,43	0,355
92-07-02	0,582	3,03	112	0,75	0,340
92-07-29	24,3	28	2967	19,78	83,077
92-09-02	3,55	4,82	38	0,25	0,184
92-09-04	0,33	1,18	260	1,73	0,307
92-11-03	0,525	4,12	30	0,20	0,123

Efter ett kraftigt regn i slutet av juli rann det den 29/7 även i dräneringsrören från markbyggnad A, C och D (se tabell 26). Detta var det enda tillfället under året då dräneringsrören från A, C och D forslade ut något vatten. Totalt rann det då 1,5 mm vatten motsvarande en transport av 0,23 kg kväve ha<sup>-1</sup> ut från markbyggnad A, 3,9 mm vatten motsvarande en



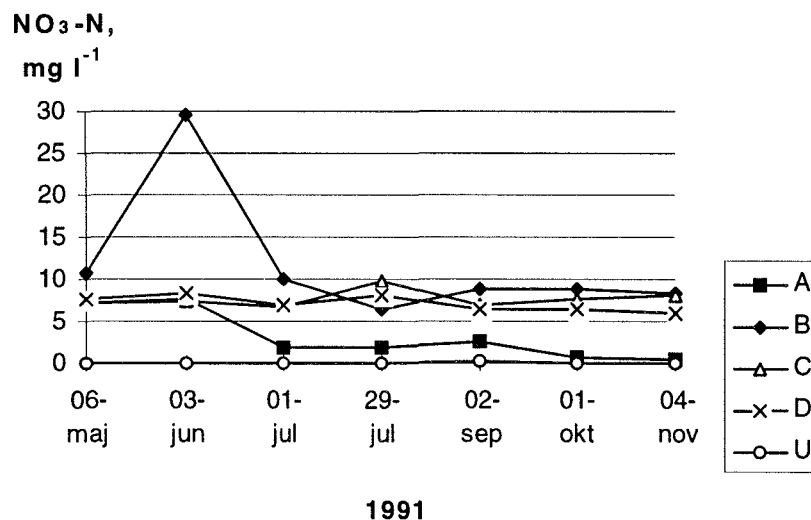
transport av 0,59 kg kväve ha<sup>-1</sup> ut från markbyggnad C, och 4,1 mm vatten motsvarande en transport av 1,41 kg kväve ha<sup>-1</sup> ut från markbyggnad D.

Tabell 26. Vattenvolymer och kvävehalter i vatten uppsamlat från dräneringsrören från samtliga markbyggnadstyper den 29/7 1992

Table 26. Volume of water and total N-content in water collected from subsurface drainage in all soil constructions on July 29, 1992.

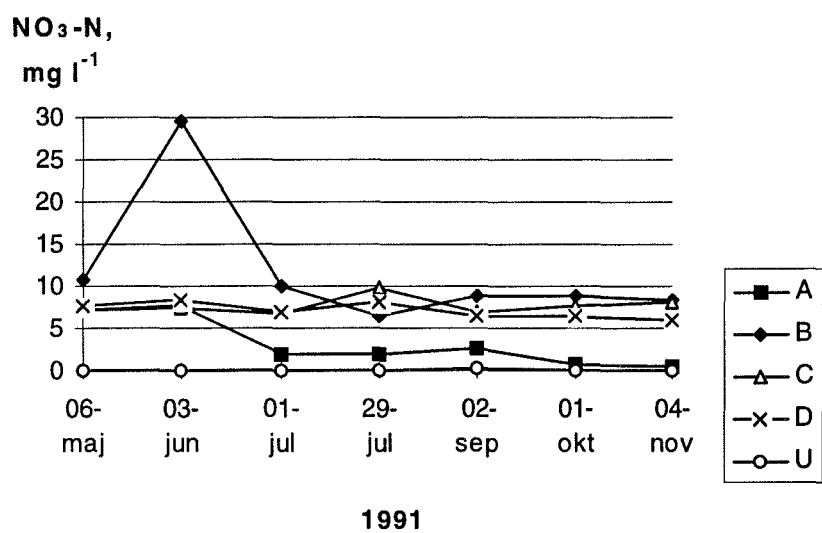
Yta	NO <sub>3</sub> -N mg l <sup>-1</sup>	Total-N mg l <sup>-1</sup>	Vattenvolym, l	Vatten i mm	g N	Kg N ha <sup>-1</sup>
A	14,3	14,8	229	1,53	3,3941	0,23
B	24,3	28,0	2967	19,8	83,077	5,54
C	13,5	15,1	585	3,9	8,8335	0,59
D	31,6	34,3	615	4,1	21,109	1,41

Det är uppenbart att det förutom genom dräneringsrören hade transporterats ner kvävehaltigt vatten genom profilen kontinuerligt under året. Kvävehalterna som uppmättes i grundvattnet en gång per månad på djupet 2 m visade konstant förhöjda värden av framför allt nitratkväve (se fig. 89 och 90). Halterna i samtliga fyra markbyggnader är betydligt högre än i den ogödslade vallen under större delen av säsongen. Grundvattnet under markbyggnad A, som har en stor likhet med den ogödslade vallens markprofil, uppvisade de lägsta nitratkvävehalterna.



Figur 89. Nitratkvävehalter i grundvattnet på 2 m djup under 1991.

Figure 89. Contents of nitrate-N in ground water at 2 m depth during 1991.



Figur 90. Nitratkvävehalter i grundvattnet på 2 m djup under 1992.  
 Figure 90. Contents of nitrate-N in ground water at 2 m depth during 1992.

## 6. Diskussion och slutsatser

### 6.1 Etablering

Valet mellan sådd eller färdig gräsmatta beror av ett antal faktorer, varav de viktigaste är ekonomiska överväganden, krav på utseendet och möjlighet att sköta gräset under etableringsfasen. Etableringstiden blir därmed den viktigaste enskilda faktorn som skiljer sådd och färdig gräsmatta. En gräsmatta som ska utsättas för hårt slitage behöver enligt brittiska försök ett minimum av 10 v etableringstid och en normal etableringstid av ca 14 v vid etablering från sådd. 1990 var etableringstiden i experimentfältet ca 11 v, vilket inte gav tillfredsställande resultat. Bollstuds- och dragkraftsmätningarna visade att det framförallt i markbyggnad B och D blev en ojämn och oacceptabel nivå på spelkvaliteten. Däremot gick det bättre att etablera från sådd i markbyggnad C, troligtvis beroende på den bättre vattenhållande förmågan i ytskiktet i denna profil. Vattengenomsläpplighetsmätningarna i november, å andra sidan, visade att markbyggnad D höll "hög standard" ( $>25 \text{ mm h}^{-1}$ ) och markbyggnad B höll "medelhög standard" ( $>5 \text{ mm h}^{-1}$ ) medan markbyggnad A och C endast uppnådde "låg standard" ( $>1 \text{ mm h}^{-1}$ ; se tabell 3 i kap. 1). Man kan dra slutsatsen att det här och även norrut i regel krävs en hel vegetationsperiod, alltså sådd i april-maj och spel först i april året därpå, eller sådd i augusti och spel i augusti (efter sommaruppehållet) året därpå, för att få en jämn och säker gräsetablering från sådd för bollspel. Möjligen kan en väletablerad sådd i augusti i de södra och västra delarna av Götaland vara färdig att tas i bruk redan i april året därpå; vissa praktiska erfarenheter pekar på detta.

När det gäller färdig gräsmatta ser det ut som om etableringen skulle kunna gå betydligt snabbare. De turfade ytorna var minimalt slitna på samtliga markbyggnadstyper efter en halv säsongens slitage under 1990. På dessa ytor uppstod dock problem med för låg vattengenomsläpplighet efter den halva säsongens slitage. Av de turfade ytorna uppfyllde markbyggnadstyperna A, B och D endast kriterierna för "medelhög standard" vad gäller vattengenomsläppligheten, medan C konstaterades hålla "låg standard".

1991-1992 jämfördes den lerhaltiga färdiga gräsmattan med en gräsmatta som odlats i ren sand. Etableringsperioden var även 1991 ca 11 veckor, dvs en halv spelsäsong, vilket får anses vara minimum för att den ska växa fast och klara ett krävande slitage. En företeelse som var likartad på de två turftyperna var att andelen rödsvingel (*Festuca rubra*) gick ner till nästan noll redan vid den första säsongens slut. Rödsvingeln konkurreras uppanbarligen ut när vattentillgången är god och slitaget är högt. Artsammansättningen i övrigt förändrades på så vis att vid den tvååriga försöksperiodens slut var ängsgröe (*Poa pratensis*) den helt dominerande arten i den lerhaltiga turfen. I den sandiga turfen, däremot, bibehölls eller ökade andelen engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) och denna art började också vandra in i de rutor som etablerats med lerhaltig turf. Rajgräset var mer vinterhärdigt än väntat och det finns all anledning att använda sig av en viss andel i gräsfröblandningarna av denna art, eftersom den är betydligt mer snabbetablerad än ängsgröen och minst lika motståndskraftig mot slitage.

Den lerhaltiga turfen hade högre andel bar mark vid experimentets slut efter 2 säsonger än den sandiga i alla markbyggnader utom i markbyggnad C. Skillnaderna var störst på markbyggnad A och B, där andelen var 36 resp 34% på lerhaltig turf medan den sandiga turfen endast hade 14 och 18 % bar mark.

Försöksresultaten visade också att den sandodlade gräsmattan fungerar bättre vad gäller spelkvalitetsegenskaper (lägre återstuds och jämnare dragkraftsmotstånd) medan vattengenomsläpplighetsegenskaperna var av samma storleksordning för båda typerna av gräsmatta. Ett intressant fenomen som förutom andelen bar mark kan förklara de ojämnare dragkraftsmotståndsvärdena och den högre andelen bar mark i den lerhaltiga turfen är att organiskt material ökade markant i den lerhaltiga turfen på markbyggnadstyp B och D (se tabell 16).

### *Etableringsskötsel*

Sådden och etableringen bör helst utföras under en period då det är nederbördsöverskott och då jorden har en lämplig temperatur. Gräsfröna är ju små och sås grunt, så känsligheten för torka är mycket stor. Såbädden eller den färdiga gräsmattan bör hållas fuktig under minst 3-4 veckor, vilket kan vara svårt att åstadkomma i ett torrt och blåsig klimat ens med en mycket väl fungerande bevattningsanläggning. I de södra och östra delarna av landet helst bör man därför helst göra sådden i augusti och längs norrlandskusten i mitten till slutet av juli.

Det är stor risk för ogräsinvasion, särskilt av fröogräs, i sådda ytor. När det gäller färdig gräsmatta kan en grundlig kontroll förhindra att ogräs får fotfäste från början. Brittiska rekommendationer föreskriver att den färdiga gräsmattan ska ha minst 95% av ursprungsblandningen när det gäller arter och sorter, och att högst 1% vitgröe (*Poa annua*) får förekomma (Adams & Gibbs, 1994).

Både när det gäller sådd och färdig gräsmatta gäller att det underliggande växtbäddsmaterialet så långt möjligt ska vara ogräsfritt både vad gäller fröogräs och roto-gräs.

För etablering av färdig gräsmatta gäller också att jordmaterialet ska vara lika i turfen och i växtbädden (Adams & Gibbs, 1994). Detta ger en bra och jämn fastväxning och en mindre risk för att slitaget ska lämna bara fläckar.

En jämförelse av för- och nackdelar med sådd respektive färdig gräsmatta ges nedan i tabell 27. Observera att tabellen för bl a slitagetålighet och etableringstid redovisar andra slutsatser än de man fått fram i Storbritannien (jfr tabell 5.1 i Adams & Gibbs, 1994).

Tabell 27. För- och nackdelar med etablering av gräs från sådd eller färdig gräsmatta i Sverige

*Table 27. The relative merits of establishing grass cover from seed or turf in Sweden*

Bedömningsgrund	Sådd	Färdigt gräs
Kostnad	Låg	Hög
Ytans utseende vid anläggning	Bar mark, "oskön"	Utmärkt
Etableringshastighet	Långsam	Omedelbar
Slitagetålighet efter 3 månader	Relativt god	God
Ogräsproblem	Beror på växtbäddens kvalitet och på såbäddsberedning	Beror på turfens kvalitet och på växtbäddens kvalitet
Möjlighet att välja art- och sortsammansättning	God	Mycket begränsad
Tidpunkt för etablering	Utan bevattning: tidig vår eller tidig höst, i östra Sverige endast tidig höst	Året runt, frostperioder är dock mindre lämpliga

Oavsett vilket etableringssätt man väljer bör man alltid göra en fosforgödsling vilken inblandas i hela rotzonen före etableringen av gräset (Adams & Gibbs, 1994). Detta är mycket fördelaktigt för rotutvecklingen i etableringsfasen.

## 6.2 Sanddressning

Sanddressning behövs för att späda ut det organiska materialet som tillförs ytan med gräsklipp och avdöende gräsrotter - och denna utspädning uppfyller flera syften: 1) håller infiltrationsvägen ner i jorden öppen för överskottsvatten vid kraftiga regn; 2) minskar risken för stress mot rotsystemet och kan alltså förbättra möjligheterna för gräsets rötter att växa på djupet; 3) ger lägre vattenhalt och därmed högre friktion mot skosulan vilket ger ett jämnare och mer väderoberoende grepp, och 4) minskar risken för denitrifikation eftersom lufttillgången blir högre i ytskiktet.

Sanddressning är även en bra metod för att återställa sättningar i en ojämn yta. Ett tredje motiv för att sanddressa är att man kan åstadkomma en bättre kornstorleksfördelning vilket ökar andelen luftförande porer i växtbäddens översta del.

Sanddressning på sådd resp färdig gräsmatta under 1990 gav inga resultat som visade skillnader efter endast en halv säsong; det behövs fler behandlingar under en längre tid för att ge resultat. Slutsatsen som kan dras är att en etablering inte kan påskyndas av sanddressningsbehandling. Man har däremot också ofta hävdats (och denna studie motsäger inte detta) att sanddressning är särskilt viktigt för funktionen på längre sikt om man lägger på en färdig gräsmatta som har en avvikande materialsammansättning jämfört med underlaget.

Den drastiska sänkningen av vattengenomsläpplighetsegenskaper på samtliga markbyggnader utom i den sådda ytan i markbyggnad D under 1990 visade hur viktiga de markfysikaliska egenskaperna hos det översta skiktet i växtbädden kan vara (se fig. 26-29 i kap. 4). Orsaken till "stryppningen" av vattengenomsläppligheten är dock inte i första hand packningen i själva ytskiktet. I ytskiktet ackumuleras ju såväl levande som dött organiskt material, och om sanddressningen är effektiv så fås här med tiden en högre porvolym och flera stora, dränerande porer. Data från tabellerna 8-15 visar att det istället blir en "flaskhalseffekt" längre ner och som märks tydligast i lagret 0,05-0,1 m djup. Förändringar i porvolym och i porstorleksfördelningen ger mycket stora effekter på rotmiljön - det påverkar bla rötternas möjlighet till utnyttjande av hela rotzonen (ökat mekaniskt motstånd), ökar andelen vatten och minskar andelen luft och kan därmed ge mycket försämrade betingelser bla för växtnäringupptagningen. Denna "flaskhalseffekt" kan endast motverkas av att kornstorleksfördelningen vid anläggningen innehåller en låg andel fina partiklar. Packningseffekten tre år efter anläggning blev ungefär lika stor i alla fyra markbyggnaderna, en volymminskning på 5-6% av de dränerbara porerna, men andelen av dessa porer var större redan från början i markbyggnad B och D. Klassificeringen av markbyggnad A som "olämplig" och markbyggnad C som "låg" när det gäller andelen luftfyllda porer vid dräneringsjämvikt står i klar kontrast med markbyggnad B och D, där klassificeringen var "hög" (se avsnitt 5.1).

Packningstillståndet kan på en lerjord åter bli luckrare genom sönderfrysning och genom upptorkning, medan den på en sandjord är permanent om inte mekaniska luckringsåtgärder genomförs. En vanlig åtgärd på sportgräsytor är luftning. De resultat som redovisats här styrker den rekommendation som getts i flera sammanhang tidigare: luftningen bör om möjligt göras i den zon där de flesta problem finns, dvs ner till minst 0,12 m djup (Adams & Gibbs, 1994). Den bör helst också varieras så att det inte bildas en packningszon under luftningsmaskinens normala arbetsdjup. Hålpiluftning ger möjlighet till kombination med sanddressning som kan fylla i de hål som bildas och därmed även förändra porsystemet, medan luftning med solida pinnar enbart tillfälligt ökar infiltrationsegenskaperna och luftinnehållet men ej ger någon effekt på packningsgraden.

Av de tre sandkvaliteter som testades på försöket (1. 0,06-2 mm; 2. 0,1-0,6 mm; och 3. 0,6-2 mm) har behandling 2 givit lägst andel barmark, särskilt i markbyggnad C (se fig. 54 - 57 i kap. 5). När det gäller vattengenomsläpplighet gav behandling 2 och 3 bättre värden än behandling 1 vid ett par tillfällen. Spelkvalitetsmätningarna vad gäller bollstuds visade att sandtyp 1 samt

kontrollrutorna utan dressning vid några tillfällen underskred lägsta godtagbara värde. Den samlade värderingen av de fyra behandlingarna blir att

1. Sanddressning av någon av de tre typerna är bättre än ingen alls,
2. Sanddressning med typ 2 ger jämnaste spelkvaliteten och bäst utseende
3. Sanddressning med typ 3 ger också en jämn spelkvalitet, men högre andel barmark än typ 2.

### 6.3 Bevattning

Bevattningstekniken hade alldeles för stor variation. Bevattningsgivor på +/- 50% gav troligen stora ojämnheter i bla växtnäringstillgång, större risk för utlakning, samt risk för torkstress. De tunna växtbäddarna och de med mycket likstora partiklar underlagrat av gruslager, och även B-profilen med inbyggda slitsar, hade ju så snabb respons nedåt att utjämningen i sidled kanske inte fungerar så bra. Ojämnheten i bevattningsspridningen kan till viss del ha berott på ojämnt tryck i den kommunala vattenledningen. Andra orsaker skulle kunna ha varit problem med spridar-munstycken, tryckfall i slangar mm.

Bevattningsstyrningen var inte heller tillfredsställande, trots att mycket arbete lades ner på detta. En bevattningsstyrning som utgår från nederbördsmätning + avdunstning fungerar oftast bra, men viktigast är att ha ett tillräckligt stort markvattenmagasin så att det finns marginaler även för ett ordentligt skyfall direkt efter ett regn. Detta är en viktig anledning till att inte bygga växtbäddar med tunna skikt!

### 6.4 Markbyggnad och reoveringsbehov

De fyra markbyggnadstyperna som undersökts i det redovisade fältexperimentet kunde ej jämföras med statistiska metoder eftersom de var uppbyggda i fyra enskilda försöksfält. Resultaten ger dock så tydliga skillnader att man med stöd från bl a brittisk forskning kan föreslå vissa riktlinjer för utnyttjande, ev reovering och skötsel av de olika varianterna på uppbyggnad.

Markbyggnad A kan med sin låga vattengenomsläpplighet under fuktiga förhållanden inte användas på långt när lika mycket under perioder med vattenmättnad i marken, dvs i Uppsala under april samt under oktober-november, som de övriga markbyggnaderna. Orsaken är dels att vattengenomsläppligheten går ner mot noll och dels att spelkvalitetsegenskaperna blir mycket variabla. Brittiska erfarenheter anger att motsvarande ytor under brittiska vinterförhållanden (vilka kan motsvaras av perioden med vattenmättnad angiven tidigare) kan användas ca 4 tim per vecka för seniorspel (Baker & Gibbs, 1989b) och om en spårdränering installerades samtidigt som ett konsekvent sanddressningsprogram infördes, kunde denna typ av yta förmodligen användas 6 tim under vattenöverskottstid i svenskt klimat.

Något högre användningstid kan tålas av markbyggnad C, eftersom slitagetåligheten här var högre. Men i denna markbyggnad är andelen finpartiklar för högt i växtbäddsmaterialet, vilket gör att andelen dränerbara porer blir lågt och genomsläppligheten därmed alltför låg sent på säsongen. Även i markbyggnad C skulle därför ett spårdräneringssystem ha behövt installeras redan efter första säsongen. Svårigheten med markbyggnad C är dock den grunda växtbädden, vilket gör att den snabbt kan utlakas på kväve och kalium. Den har också så liten dränerbar porvolym att vattenhalten kan bli skadligt hög för rotandningen under vattenöverskottsperioder. Under varma och torra perioder kan problemet bli det motsatta: den minimala vattenmagasineringskapaciteten gör att profilen kan torka ut snabbt och att bevattningsstyrningen inte "hinner med". I sitt grundutförande tål markbyggnad C endast något mer användning än A, ca 4-6 tim per vecka under de nederbördsrika perioderna, och med ett spårdräneringssystem och ett generöst sanddressningsprogram som gradvis ökar växtbäddsdjupet kan användningen ökas till 7 - 8 tim per vecka under samma förhållanden.

Markbyggnad B hade, tack vare sina inbyggda grusfyllda spår, en mycket effektiv dränering av överskottsvatten. Denna markbyggnad är därför relativt torr och jämn även under långa nederbördsperioder, så länge systemet förblir öppet. I Storbritannien används denna typ på många håll och anses tåla max 9 tim per vecka under vintern (Baker & Gibbs, 1989b). Påförseln av lerhaltig turf ledde dock till att andelen bar mark var nästan 40% efter 2 års användning, medan den turf som odlats på sand motstod slitaget på ett mycket bättre sätt. Man bör därför vara noga med att om man etablerar gräs från färdig turf på denna markbyggnad så måste den inköpta turfen vara odlad på ren sand med samma kornstorleksfördelning som i underlaget.

Markbyggnad D, slutligen, hade en mycket snabb vattentransport genom profilen även under sen höst. Andelen bar mark var hög vid såddetablering, medan etableringen från turf fungerade utmärkt. En anledning till detta är innehållet av organiskt material vid anläggningen, vilken bör ökas till 1-2 vikt%. Om man använder sig av turf vid anläggningen så bör man även i detta fall rekommendera att köpa in en gräsmatta som i sin kornstorleksfördelning är så lik underlaget som möjligt. Anläggningskostnaderna för denna markbyggnadstyp är emellertid så höga att man endast kan rekommendera den för mycket påkostade anläggningar. I brittiska försök har man bedömt att denna typ av markbyggnad maximalt kan användas för seniorspel ca 12 tim per vecka under vinterförhållanden (Baker & Gibbs, 1989).

Under sommarmånaderna när det är vattenunderskott kan man sannolikt dubblera den användningstid som angivits ovan.

Effekten på infiltrationsegenskaperna av spårdränering varar i regel inte längre än 10 år, ofta betydligt kortare, medan en djup sandprofil har betydligt längre livslängd. Detta tas ofta inte med i beräkningen vid bedömningen av kostnaderna för en ny anläggning (Gibbs mfl., 1992).

Ju mer sofistikerat man byggt en anläggning, dvs ju mer artificiell den är, desto svårare är det att hålla alla skötsel faktorer på den nivå som planen kräver. Skötselpersonalen måste vara väl utbildad och högt motiverad för att klara av detta.

Erfarenheter från England har visat, att sandtäckning och djup sandprofil kan motiveras ekonomiskt endast på sådana platser där spel måste genomföras under alla omständigheter, dvs på elitnivå på de största arenorna i medelstora till större städer (Gibbs mfl., 1992).

För mindre sportplatser bör det vara möjligt att göra en variant av sandtäckningsuppbyggnaden (markbyggnad B) med ett grundare täcke som gradvis byggs på med sanddressning under 3-4 gånger per säsong. Man kan också bygga sådana planer med ett något tjockare lager på mitten och ett tunnare på sidorna för att spara på sandmaterialet, vilket är föhållandevis dyrt. Sådana varianter har med framgång prövats i norra Italien (Altissimo, pers. meddelande).

## 6.5 Gödsling

### *Kväve*

Slitaget på sportgräsytor medförde i denna undersökning en betydande nedsättning av gräsets tillväxt, minst 50%, jämfört med en yta som ej utsatts för slitage. Förutom att gräset ständigt måste läka slitskador på sina gröna växtdelar kan det också vara så att den höga markpackningen medför en fuktigare och därmed kallare jord på våren, vilket innebär att gräset kommer igång senare än om det skulle stå i en mer lucker jord. För det tredje vet vi att ytpackningen av sportgräsytor huvudsakligen sker i de översta 30 mm men att detta inte märks i höga skrymdensitetsvärden och inte ger en omedelbar inverkan på gräsets kondition. Denna effekt kallas därför dold stress (eng. "hidden stress") och dess effekt är att rotdjupet blir grundare när jorden är fuktig och att den totala rottillväxten hämmas när jorden är torr (Carrow & Petrovic, 1992). Den reducerade effektiviteten i rötternas upptagning av vatten och växtnäring gör att rötterna inte hinner ta upp lättlösligt kväve, utan denna försvinner på olika sätt ut från rotzonen.

Kvävegödslings effektivitet beror förutom av rötternas utbredning och upptagningsförmåga också av klimatet, dvs vegetationsperiod, instrålning, nederbörd, temperatur mm, av gödselnivå, gödseltyp, antal appliceringar, och om gräsklippen återförs till ytan eller ej. Vid gödsling med lättlösligt kväve tyder det här redovisade arbetet på att man kanske måste räkna med en effektivitet på de mest utsatta ytorna på endast 15-20%. Detta är givetvis både från miljösynpunkt och ur ekonomisk synvinkel oacceptabelt.

Vart tar allt kväve vägen? Den föreliggande studien har inte kunnat ge ett tillfredsställande svar på denna fråga. En hel del kväve byggs in i levande och död rotmassa som därmed tillsammans med gräsklipp som "faller emellan" kommer att öka andelen organiskt material i marken. Men mycket talar också för att det kan ske såväl ammoniakavgång som denitrifikation, särskilt i markbyggnadstyp C där andelen dränerbara porer var lågt, kväveupptagningen låg, mullhaltsökningen begränsad, och kväveutlakningen av samma storleksordning som i de andra markbyggnadstyperna.

Kväveupptagningen av lättlösligt kväve synes kunna variera dels beroende på hög grad av slitage, dels beroende på klimatfaktorer (särskilt nederbörds- eller snösmältningsintensitet) och av bevattningsstyrningen. Undersökningen har visat att det är nästan praktiskt omöjligt att styra gödsling och bevattning på sandbaserade markbyggnader för sportgräsytor på ett sådant sätt att utlakning av relativt stora mängder kväve undviks. Alla de ovan nämnda faktorerna samverkar till att användning av långtidsverkande gödselmedel i fortsättningen bör rekommenderas på de mest intensivt använda sportgräsytor.

## 6.6 Forskningsmetoder

Fler olika metoder för att bedöma olika aspekter av spelkvalitet borde ha använts i undersökningen, t ex ytjämnhetsmätning och "elasticitetsmätning" (Clegg-metoden, se kap. 3), vilka båda bör vara intressanta vid ett eventuellt framtida samarbete med idrottsmedicinsk forskning.

Angående mätning av genomsläpplighet med infiltrationsringarna: En del av skillnaden mellan juli- och novembermätningen berodde givetvis på skillnaden i vattnets viskositet vid de två tillfällena (vattengenomsläppligheten blir 70% lägre om temperaturen är 20 °C lägre; Baker 1982b). Denna temperaturskillnad är dock vanlig i vårt land när man jämför högsommaren med november månad, och markbyggnaden måste vara så konstruerad att den har en väl fungerande dräneringskapacitet även i november, då vi ofta har en temperatur mellan 0 och +5 °C.

## 6.7 Framtida forskningsbehov

Det är angeläget att börja studera spelkvalitetsegenskaper i samarbete med idrottsmedicinska forskare. Troligen behöver såväl forskningsmetodik som samarbetsformer utvecklas inom ett sådant samarbete.

Bevattningsfrågorna bör studeras, eftersom variationen i bevattningsjämnhet är så stor att den blir orsak till ojämnheter i vattentillgång och växtnäringsförhållanden och därmed får mycket stor betydelse för tillväxten.

Slitaget ser ut att påverka kväveupptagningen på ett drastiskt sätt. Vid utvecklingen av nya sorter bör i större utsträckning än hittills hänsyn tas till slitagetålighet. Engelskt rajgräs gick bra under två säsonger i Uppsala, och motstod slitagebehandlingen väl. Finns det någon möjlighet att få fram ännu hårdigare sorter av denna art?

Kväveupptagning, ammoniumavgång, denitrifikation, och mineralisering av kväve bör studeras under mer kontrollerade former, t ex i lysimeterstudier, men med slitagebehandling inkluderad.



## 7. Rekommendationer

Kraven på gräsyntans funktion och utseende samt det lokala klimatet, den lokala jordsammansättningen och de ekonomiska förutsättningarna bestämmer vilken markbyggnad och vilket skötselprogram som behövs. Med utgångspunkt från resonemanget om utseende och funktion i avsnitt 1 bör man indela gräsytor som ska användas till någon form av spel eller annat slitage på ett något annorlunda sätt än i Mark AMA:

1. Ytor med höga krav på utseende och funktion (golfgreener, högklassiga bollplaner); klipp höjd 5-50 mm, bevattning erfordras.
2. Ytor med höga krav på utseende och med måttliga krav på funktion (begravningsplatser, finparker, paradytor, prydnadsgräs); klipp höjd ca 35-60 mm, bevattning erfordras ofta.
3. Ytor med måttliga krav på utseende och funktion (bollplaner för spel i de lägre divisionerna, lekplatser, skolgårdar, badplatser); klipp höjd ca 30-80 mm, bevattning erfordras ibland.
4. Ytor med måttliga krav på utseende och låga krav på funktion (villaträdgårdar, bostadsnära parkytor); klipp höjd ca 40-100 mm, bevattning erfordras ej.

Angivelserna av klipp höjd är ungefärliga. Klipp höjden bör anpassas till val av gräsart samt bör också anpassas till årstiden (något högre klipp höjd i etableringsfasen samt i början och i slutet av vegetationsperioden).

### 7.1 Markbyggnad

I tabellerna 28-29 nedan har sammanställts tillgänglig information om markfysikaliska egenskaper för gräsytor. Förutom egen erfarenhet baseras informationen på följande publikationer: Bache & MacAskill (1984), Byggnadsstyrelsen (1990), Florgård mfl (1996) Palmer & Jarvis (1979), Karlsson (1988), samt RA 83 (1983).

När de olika markegenskaperna ska bedömas måste man nästan alltid skicka in jordprov för laboratorieanalys. Det kan ofta vara svårt att veta vilka analyser som är viktiga för det aktuella fallet. Det är ännu svårare att välja metod, men det kan vara mycket viktigt att välja rätt. Det allra viktigaste är att man väljer en metod där resultatet anges i de enheter som är angivna i den bedömningsgrund man har.

Tabell 28. Gränsvärden för vissa markfysikaliska egenskaper i gräsyta typ 1  
*Table 28. Suitability criteria of some soil physical properties for amenity grass type 1*

markegenskap	storhet	max	min	ideal
kornstorleksfördelning	partiklar <0,1 mm vikt%	13	5	10
	grus, vikt%	10	-	0
	sten, vikt%	0	-	0
	D <sub>90</sub> /D <sub>10</sub>	10	4	6
växtbäddslagrets tjocklek	mm		100*	*
mullhalt	vikt%	3	2	2,5
växttillgängligt vatten	mm i översta 0,3 m	-	50	90
luftfylld porvolym	volym% i översta 0,3 m	-	10	15

\* Beror av terrassens eller underliggande lagers egenskaper

Tabell 29. Gränsvärden för vissa markfysikaliska egenskaper i gräsyta typ 2  
 Table 29. Suitability criteria of some soil physical properties for amenity grass type 2

markegenskap	storhet	max	min	ideal
kornstorleksfördelning	partiklar <0,2 mm, vikt%	30	10	20
	grus, vikt%	20	-	0
	sten, vikt%	0	-	0
	D <sub>90</sub> /D <sub>10</sub>	12	-	6
växtbäddslagrets tjocklek	mm		50*	*
mullhalt	vikt%	4	2	2,5
växttillgängligt vatten	mm i översta 0,3 m	-	50	90
luftfylld porvolym	volym% i översta 0,3 m	-	10	15

\* Beror av terrassens eller underliggande lagers egenskaper

En felaktig markbyggnad kan aldrig kompenseras med en intensiv skötsel, men däremot kan man medvetet satsa på en kombination av skötselåtgärder som förstärker och förbättrar en viss markbyggnad och sprider kostnaderna i tiden. Man kan också besluta om en markbyggnad i flera steg, t ex. kalkylera med att en renoveringsåtgärd kommer att behövas efter en viss tid.

## 7.2 Gödning

Nedan ges i tabell 30 de rekommenderade näringsnivåer som bör upprätthållas vid anläggningen av en gräsyta av typ 1-4.

Om jorden riskerar att packas i den framtida användningen, tex genom tramp och annan trafik, så bör man även tänka på att packning av mark kan försämra både kväveupptagning fosforupptagning, den senare till och med i högre grad än den förra (Parish, 1971).

Tabell 30. Gränsvärden för vissa markkemiska egenskaper i gräsyta typ 1-4  
 Table 30. Suitability criteria of some soil chemical properties for amenity grass type 1 - 4

markegenskap	storhet	max	min	ideal
pH	-log H <sup>+</sup> konc.	7	5*	6*
C/N		30	-	10-20
ledningstal (salthalt)				
katjonbyteskapacitet	meq 100 g jord <sup>-1</sup>	-	5**	-
K(AL)	mg 100 g jord <sup>-1</sup>	-	8*	10-20
P(AL)	“ “ “	-	4*	6-10
Mg(AL)	“ “ “	-	5	10-20
Cu	mg kg jord <sup>-1</sup>	-	-	6-20
B				1-2

\*Anpassas till grössorter och användning (t ex lägre pH på golfgreener)

\*\* Lägre värden kan tolereras vid intensiv gödsling och bevattning

Kvävegödslingsrekommendationer ges nedan i tabell 31. De långtidsverkande gödselmedlen påstås (enligt tillverkarna) fördubbla effektiviteten. Försök med långtidsverkande gödselmedel på slitageutsatta ytor har påbörjats men ännu inte utvärderats. Mycket talar dock för, bla miljöskäl, att man starkt bör rekommendera alla kommuner och föreningar att gå över till sådana gödseltyper.

Kvävenedfallet i urbana områden är minst 30 kg N per ha och år (Bradshaw, 1982), vilket bör beaktas vid bedömning av växtnäringsbehovet. Rekommendationerna i tabell 31 bör minskas med det kvävenedfall som man beräknas ha på den aktuella orten.

Tabell 31. Rekommendationer för kvävegödsling i några olika gräsytor för rekreation  
*Table 31. Recommendations on nitrogen levels for different amenity grass types*

Kvävegödslingsivå	Typ av yta
mycket låga (gödsas ej)	långgräsytor, gammal hagmark (enebackar o. dyl.), blomsterängar, myrmarker
låga (0-50 kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup> )	extensiva beten, gräsytor intill bostadsområden
måttliga (50-150 kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup> )	villagräsmattor, kyrkogårdar, intensiva beten, parkgräsmattor av "medelstandard", träningsplaner för fotboll, fairways för golfspel
höga (80-200 kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup> )	bollplaner av medelgod standard, paradgräsmattor
mycket höga (150- 250 kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup> )	fotbollsstadion, golfgreener, utslagsplatser för golf

#### *Övriga växtnäringsämnen och spårämnen*

Tillförsel av mikronäringsämnen är särskilt viktigt på sanduppbyggda ytor: särskilt magnesium och koppar finns ofta i för låga halter i ren sand (Lawson & Baker, 1987).

Den positiva effekten av användningen av algomin eller motsvarande produkt vid etablering eller vid nysådd vid renovering av skadade ytor, särskilt på rena sandbäddar, har sedan länge varit känd i Storbritannien (Faulkner, 1950; Dawson, 1958). Den har bekräftats av senare undersökningar i England, då bl a vegetationstäckningen och ett antal spelkvalitetskriterier uppmätta under 2 år befunnits vara positivt korrelerade med mängd applicerad algomin (Canaway, 1992).

### 7.3 Planeringen av markbyggnaden och skötseln

Följande principer bör följas vid val av markbyggnadens och skötselplanens utformning när det gäller gräsytor:

1. En inventering av
  - a) lokalt klimat (temperatur under såväl vegetationsperioden som under vinterhalvåret; nederbördens mängd, fördelning under året, samt intensiteten för den nederbörd som faller på 1/2 tim med en återkomsttid på 1 år; ljusförhållanden; snömängd och snötäckets varaktighet; potentiell avdunstning från mark och växter; relativ luftfuktighet).
  - b) lokal hydrologi (dräneringsdjup, normalt grundvattendjup, dränering, inströmning/utströmning, avrinningsområdets storlek mm)
  - c) topografi (fallförhållanden, sänkor i terrängen mm)
  - d) den lokala platsens jordart, mullhalt, vattengenomsläpplighet, växtnäringssinnehåll, pH, samt de olika jordhorisonternas djup, och utbredning. Variationer ska noteras.
  
2. Bestäm vilka krav som ställs på anläggningen beroende på
  - a) funktion
  - b) klimat
  - c) miljöhänsyn (agenda 21)
  - d) ekonomi

och jämka samman kraven till ett förslag på kravspecifikation.

3. Gör två eller tre alternativa lösningar med avseende på jordmaterial, växtbäddsdjup, dränering, bevattningsbehov, etableringssätt mm. Räkna på alternativen både vad gäller anläggningskostnad och skötselkostnad.

4. Planera ev avtagning av gammal grässvål och av jordmaterial till det djup som är bestämt, med utgångspunkt från de fallförhållanden som skall råda. Gör även en planering för ev. upplagring av jord.

### Sammanfattning

Under åren 1989-1992 utfördes provtagningar och mätningar för att utvärdera effekten av markfysikaliska, och markkemiska egenskaper, grästäckning och fotbollsslitage på spelkvalitetsegenskaper, kväveupptagning och kväveutlakning i ett fältexperiment för sportgräsytor. Experimentsytan anlades i september-oktober 1989 och bestod av fyra olika markbyggnader: (A) naturlig lerjord, 42 vikt% ler och 2 vikt% organiskt material; (B) 100 mm sand  $\varnothing$  0,1 - 0,9 mm med 2 vikt% organiskt material (torv) över styv lerjord, som i A med inbyggd spårdränering på 1,5 m avstånd (en sk Prunty-Mulqueen sandtäckeskonstruktion); (C) 150 mm sand  $\varnothing$  0,06 - 2 mm med 3 vikt% organiskt material (torv) över en 100 mm grusbädd (en tysk DIN-standard-konstruktion); (D) 300 mm sand  $\varnothing$  0,1 - 0,6 mm över ett 50 mm lager filtersand  $\varnothing$  0,2 - 2 mm, i sin tur överlagrat 150 mm grus.

Fältexperimentet studerades under 1990 med syftet att utvärdera sådd gräsmatta i jämförelse med etablering från färdigt gräs (sk turf). Båda typerna av ytor innehöll i huvudsak arterna ängsgröe (*Poa pratensis*) och rödsvingel (*Festuca rubra*). Under 1991 och 1992 jämfördes istället två olika typer av turf: den ena innehöll ren sand och bestod av ängsgröe, engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) och rödsvingel, och den andra innehöll en sand med 12 vikt% lerinslag (samma som jämfördes med sådd under 1990). Under 1990-1992 testades även tre olika sanddressningsmaterial (1.  $\varnothing$  0,06 - 2 mm; 2.  $\varnothing$  0,1 - 0,6 mm; och 3.  $\varnothing$  0,6 - 2 mm) som applicerades 1 gång per år under 1990 och 2 gånger per år 1991 - 1992 med 0,5 m<sup>3</sup> per 100 m<sup>2</sup> och gång. De olika ytorna bevattades separat men övrig skötsel, dvs slitagebehandling,

gödsling, klippning (2-3 gånger per vecka vid 35 mm höjd), och luftning, gjordes på ett enhetligt sätt. NPK-fullgödsel som handelsgödselmedel applicerades samtidigt och med samma mängder på all fyra markbyggnadstyperna: 250 kg N, 30 kg P och 150 kg K per ha och år + magnesium och spårämnen, uppdelat på 6 gödslingstillfällen under vegetationsperioden. Gräset utsattes för slitage från en slitagemaskin vilken simulerade ett standardiserat kraftigt fotbollsslitage. Under 1990 och 1991 användes slitagemaskinen endast under den andra halvan av spelsäsongen (augusti - oktober). Under 1992, däremot, användes slitagemaskinen under hela den svenska spelsäsongen, dvs från mitten av april till slutet av oktober med ett "speluppehåll" under fyra veckor i juli.

Det första årets test av etablering från sådd mot etablering med färdig gräsmatta en kvalitetsmässigt god etablering från sådd inte gick att åstadkomma under de 11 veckor som anslagits för etableringen, trots att bevattning gjordes varje dag under den första tiden. De sådda ytorna kunde därför inte klara av det hårda slitaget som det utsattes för i andra halvan av spelsäsongen, särskilt inte på den mest sanddominerade markbyggnaden D. Trots detta rekommenderas sådd av gräs vid etablering av sportgräsytor, såvida det är möjligt att låta etableringen ta ett helt år, eftersom det då är möjligt att välja en art- och sortblandning som passar de lokala mark-, klimat-, och slitageförhållandena.

Jämförelsen mellan de två turftyperna (sand respektive lerig sand) under 1991 - 1992 visade att sandturfen i regel var bättre när det gällde marktäckningsgraden. Vid dragkraftsmätningarna blev resultatet det att sandturfen höll en jämnare kvalitet än den leriga. Däremot var det vid ett par tillfällen så att bollstudsmätningarna visade för låga värden på sandturfen, medan den leriga turfen hela tiden höll en godkänd standard.

Resultaten från sanddressningsstudien 1991 - 1992 visade att det var bättre att dressa med vilken som helst av de tre olika sandkvaliteterna än att inte dressa alls, eftersom sanddressning förbättrar slitagetåligheten och därmed marktäckningsgraden. Sandtypen  $\varnothing$  0,1 - 0,6 mm var bäst när det gäller vissa av spelkvalitetsegenskaperna samt effekten på marktäckningsgraden.

De fyra olika markbyggnadstyperna var sinsemellan mycket olika när det gällde markfysikaliska egenskaper. När det gällde genomsläppligheten för vatten i fält,  $K_i$ , klassades markbyggnad A och C till respektive "låg standard" ( $<5 \text{ mm h}^{-1}$ ) och "medelstandard" ( $5-25 \text{ mm h}^{-1}$ ), medan både B och D klassades som "hög standard" ( $>25 \text{ mm h}^{-1}$ ). Dessa värden förklarar till stor del gav skillnader i porstorleksfördelningen i materialet närmast ytan: i markbyggnad A och C var den dränerbara porositeten mycket låg medan den var hög i markbyggnad B och D.

Det var låga skördemängder av gräsklipp under såväl 1991 som 1992 i alla markbyggnadstyperna: under 1991 var torrsbstansskörden 2,34, 2,16, 1,78, och 1,94  $\text{t ha}^{-1}$  i respektive markbyggnader A, B, C, och D. Motsvarande siffror var under 1992 lägre, troligen beroende på ett högre slitagetryck: 1,47, 1,32, 0,85, och 1,04  $\text{t ha}^{-1}$ .

Kväveupptagningen i skördat gräsklipp var under 1991 37%, 36%, 27% och 32% i respektive markbyggnad A, B, C, och D av påförd mängd handelsgödselkväve. Under 1992 var den ännu lägre: 22%, 20%, 12%, och 1,04  $\text{t ha}^{-1}$  i respektive markbyggnad. Kvävehalterna i gräsklipppet varierade från 1,8% till 4,8% av torrsbstanshalten under de två åren. Starka indikationer pekade på att kväve utlakas genom profilen direkt till grundvattnet. Genom dräneringsrören transporterades endast en liten del av överskottsvattnet ut; under 1991 registrerades endast mätbara volymer dräneringsvatten från markbyggnadstyp B och det skedde då efter kraftigt eller ihållande regn. Endast en gång under 1992 registrerades vatten från dräneringsrören i alla fyra markbyggnadstyperna.

Nitratkvävehalten överskred socialstyrelsens hälsogränsvärde 11,3  $\text{mg nitrat-N l}^{-1}$  vid ett tillfälle i markbyggnad B under 1991. Med undantag av vid detta tillfälle överskreds inte

hälsogränsvärdet varken i dränerings- eller grundvattnet på 2 m djup under de två säsongerna. Däremot var nitratkvävevärdena förhöjda minst 2-3 gånger under större delen av tiden i grundvattnet vid 2 m djup i de fyra markbyggnadstyperna, jämfört med grundvattenprovtagningar på samma djup i en gödslad vall som provtogs regelbundet ca 60 m från fältexperimentet.

Resultaten understryker vikten av att rådgivningen när det gäller gödselmängder, gödslingstyp, och gödslingstidpunkter bör arbetas om så att den passa det nordiska klimatet och spelsäsongen i Sverige. Även bevattningsteknik, bevattningstidpunkter och bevattningsmängder i relation till dess betydelse för kväveläcket bör studeras närmare. Långsamverkande gödselmedel bör rekommenderas till sanddominerade markbyggnadstyper.

## Summary

Four field plots with different soil constructions located at Ultuna near Uppsala in central Sweden were used to study how soil physical and soil chemical properties, grass sward properties, and football-type wear affect the quality of play, uptake of nitrogen, and leaching of nitrogen through the soil profile. The soil constructions were laid down in September-October 1989 according to the following specifications: (A) an Ultuna heavy clay soil (42% by weight of clay and 1% by weight of organic matter) with 20 mm sand ( $\varnothing$  0.06 - 2 mm) at the surface; (B) 100 mm sand ( $\varnothing$  0.1 - 0.9 mm) with 2% by weight of organic matter (peat) overlying a similar heavy clay soil as in construction (A), in which slit drains were installed at 1.5 m intervals (a "Prunty-Mulqueen" sand carpet construction); (C) 150 mm sand ( $\varnothing$  0.06 - 2 mm) with 3% by weight of organic matter (peat) overlying a 100 mm gravel carpet (a German DIN standard sand construction); (D) 300 mm sand  $\varnothing$  0.1 - 0.6 mm with 1% by weight of organic matter (peat) overlying a 50 mm layer of sand ( $\varnothing$  0.6 - 1 mm) placed on top of a 150 mm gravel layer.

The experiment was run during 1990 on a grass sward established by two different methods: seeding and sodding. Both types were dominated by *Poa pratensis* and *Festuca rubra*. In 1991 and 1992, two different turf sods were compared: one grown on pure sand with *Poa pratensis*, *Lolium perenne* and *Festuca rubra* grasses, and the other grown on a clayey sand (12% clay) dominated by *Poa pratensis* L. and *Festuca rubra* L. Sand dressing treatments (1. 0.06 - 2 mm; 2. 0.1 - 0.6 mm; och 3. 0.6-2 mm and 4. no sand dressing) were applied once in 1990 and twice yearly in 1991-1992 with 0,5 m<sup>3</sup> 100 m<sup>-2</sup>. The experimental plots were maintained according to standard recommendations concerning mowing (2-3 times per week with 35 mm cutting height), fertilization, irrigation and aeration. The irrigation was scheduled individually for the four different soil constructions. NPK fertilizer was applied simultaneously to the four field plots: 250 kg N, 30 kg P and 150 kg K ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> + Mg and trace elements, divided into 6 applications per vegetation season. The grass was worn twice weekly using a differential slip wear machine fitted with football studs, simulating a heavy soccer-type usage. In 1990 and 1991, wear was applied only during the second half of the playing season (August-October), while in 1992 wear was applied from mid-April to the last week of October, with a 4-week break in July, thus adjusted to the playing season of the Swedish soccer league.

The experiment comparing seeded turf versus grass established from turf sods showed that a seeded turf was very difficult to establish in the pre-determined establishment period of 11 weeks to achieve an adequate standard even with very frequent irrigation. Consequently, the seeded areas - especially on soil construction D - could not withstand the wear initiated after the establishment period. However, if a complete vegetation period can be used for establishment, seeding is still to be recommended because it allows for a much better choice of cultivars suitable for local soil conditions, climate and wear tolerance requirements.

The comparison between turf sods grown on pure sand and sods grown on a clayey sand (12% by weight of clay) during 1991-1992 showed that the one consisting of pure sand generally performed better with respect to percentage grass cover. Concerning traction measurements the sandy sod kept a less variable standard than the clayey sod. On the other hand, the ball rebound resilience measurements were not acceptable on a few occasions on the sandy sod, compared with the clayey sod which kept a consistently acceptable level throughout the two seasons.

The results of the sand dressing treatments during 1991-1992 showed that sand dressing with any of the three sand qualities tested was better than no sand dressing, as regards percentage grass cover. A sand quality with particle size 0.1-0.6 mm was best with regard to some play quality aspects and percentage grass cover.

The four soil constructions performed very differently in relation to the soil physical properties tested. Concerning hydraulic conductivity for water, construction types A and C fell into the categories "low standard" ( $<5 \text{ mm h}^{-1}$ ) and "medium standard" ( $5\text{-}25 \text{ mm h}^{-1}$ ), respectively, while B and D were both of "high standard" ( $>25 \text{ mm h}^{-1}$ ). These results correspond closely to the low values of drainable porosity found in soil construction A and C and the much higher ones recorded in constructions B and D.

The harvest of grass clippings recorded during 1991-1992 was low in each soil construction: in 1991 the dry matter measurements in harvested clippings were 2.34, 2.16, 1.78 and 1.94 t ha<sup>-1</sup> in soil constructions A, B, C, and D, respectively. In 1992 the corresponding figures were even lower, due to the heavier wear treatment: 1.47, 1.32, 0.85 and 1.04 t ha<sup>-1</sup>, respectively.

During 1991 nitrogen in grass clippings corresponded to 37%, 36%, 27% and 32% of the applied amounts for constructions A, B, C, and D, respectively. In 1992, harvested nitrogen values were even less: 22%, 20%, 12% and 16%, respectively. N content in the clippings varied from 1.8% to 4.8% of the dry matter during the two seasons. Indications were found of loss of N through leaching with water percolating through the profile direct to the groundwater. However, very little was lost with the drainage water; during 1991 drainflow events with significant volumes of water were only recorded from soil construction B after severe rainstorms. On only one occasion in 1992 was a drainflow event recorded in all four soil constructions, but at this event a significant amount of nitrogen was leached out.

Nitrate-N in drainage water from soil construction B was found to exceed health limits on one occasion in 1991. Apart from this occasion, the health limits were not exceeded either in drainage water or in groundwater at 2 m depth during the two seasons. Most of the time, however, the nitrate-N content was at least 2-3 times as high in the groundwater at 2 m depth inside the four experimental plots as in the groundwater at the same depth in an unfertilized ley situated only approximately 60 m from the experimental field.

The results indicate that the recommendations regarding type, amount, and timing of fertilizer applications for sports turf under Nordic climatic and playing conditions need to be reworked. Also, irrigation methodology, timing and rate of irrigation need to be studied more closely in relation to nitrogen leaching. Slow-release types of nitrogen fertilizer should be recommended on sand-dominated soil profiles.

## **Tillkännagivande**

Medel till uppbyggnad av och till viss skötselutrustning för markbyggnadsförsöken har donerats av Svenska handelsbanken, medan Statens råd för byggnadsforskning samt Stiftelsen svensk växtnäringsforskning stött planläggning, skötsel, provtagning och publicering av de ovan redovisade försöken. Sveriges Lantbruksuniversitet har bidragit med medel för projektledning under perioden 1992-1995.

Under tiden som projektet har drivits har flera personer arbetat med den praktiska skötseln. Den viktigaste personen i det sammanhanget har varit försöksassistent Göran Johansson vid Försöksavdelningen för hydroteknik, Institutionen för markvetenskap, SLU, som med sin noggrannhet och sitt ordningssinne på ett utmärkt sätt kompletterat projektledningen när det gäller huvuddelen av fältarbetet och provtagningen. Flera andra personer från samma avdelning har också bidragit till projektets genomförande: forskningsassistent Karin Blombäck med databearbetning och utvärdering av resultat, laboratorieassistent Cathrine Zaine med fältarbete och markfysikaliska laboratorieanalyser, laboratorieassistent Christina Öhman med markfysikaliska laboratorieanalyser, försökstekniker Sven-Erik Karlsson med fältarbete och provtagning, ingenjör Hans Johansson med databearbetning och illustrationer, samt Margareta Lundahl med administration. Dessutom har även personal från Avdelningen för jordbearbetning vid samma institution deltagit: försökstekniker Sixten Gunnarsson med databearbetning och institutionssekreterare Kersti Rask med administration och ekonomisk redovisning. Forskningsledare Börje Lindén vid Avdelningen för växtnärlärlära, Institutionen för markvetenskap, har bidragit med råd om försöksuppläggning, metodik och utvärdering när det gäller kväveupptagning och kväveutlakning. Samtliga ovan nämnda och ett stort antal onämnda vill jag tacka för ett gott samarbete och ett fint kamratskap.

## Referenser

- Adams, W.A. 1981. Soils and Plant Nutrition for Sports Turf: Perspective and Prospects. Ur: R.W. Sheard (ed.) *Proc. 4th Int. Turfgrass Res. Conf., Guelph, Ontario*, s. 167-179. Ontario Agricultural College and International Turfgrass Society, Guelph.
- Adams, W.A. & Gibbs, R.J. 1994. *Natural Turf for Sport and Amenity: Science and Practice*. CAB International, Cambridge. 404 s.
- Andersson, R. & Kindt, T. 1988. Åtgärder i jordbruket för att motverka nitratförorening av grundvatten. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Fakta Mark.Växter Nr 10/1988*. 4 s. Uppsala.
- Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XVIII. Om en ny och enkel evaporimeter. *Grundförbättring 22*, 59-66.
- Andersson, S. & Wiklert, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIII. Några teoretiska synpunkter på vattenhaltskurvor, dräneringsjämvikter och porstorleksfördelningar. *Grundförbättring 15*, 51-108.
- Anonym. 1984. *Specification for the construction of the Prunty Sand Carpet Playing Surface*. Prunty Contracts Ltd., Newtonbutler, Co. Fermanagh, Northern Ireland. 10 s.
- Anonym, 1989. *Algomin 400 - Miljövänlig gödsel utan kemiska tillsatser*. Informationsblad från TIMAC NORDEN AB, Linköping. 2 s.
- Baader, P. 1981. Untersuchungen an herkömmlich gebauten Rasenplätzen zur Aufstellung eines Renovationskatasters. II. Ergebnisse der Untersuchungen und Erhebungen. *Z. Veg. tech. 5(3)*, 91-100.
- Bache, D.H. & MacAskill, I.A. 1984. *Vegetation in Civil and Landscape Engineering*. Granada Technical Books. London, s.17.
- Baker, S.W. 1982a. How to find a permanent solution to your compaction and drainage problems. *Turf Management, June/1982*, 20-21.
- Baker, S.W. 1982b. The influence of water temperature on the measurement of infiltration rates for sandy sports turf rootzones. *J. Sports Turf Res. Inst. 58*, 21-27.
- Baker, S.W. 1983. Sands for soil amelioration: analysis of the effects of particle size, sorting and shape. *J. Sports Turf Res. Inst. 59*, 133-145.
- Baker, S.W. 1986. Standards for outdoor surfaces. Construction, playing quality and usage levels of natural turf football pitches. In: *Football. The Club in the Community Workshop Report. Proc. 17th National Seminar and Exhibition, Harrogate 25-27 Feb. 1986*, s. 103-110. The Sports Council, London.



- Baker, S.W. & Canaway, P.M. 1993. Concepts of playing quality: Criteria and measurement. Ur: Carrow, R.N., Christians, N.E. & Shearman, R.C. "International Turfgrass Society Research Journal 7, 172-181. Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas, USA.
- Baker, S.W. & Gibbs, R.J. 1989a. *Making the most of natural turf pitches. Case studies: I. Construction, maintenance and usage.* Natural Turf Pitches Prototypes Advisory Panel Report No. 3. The Sports Council & Dept. of Education and Science. London.
- Baker, S.W. & Gibbs, R.J. 1989b. *Making the most of natural turf pitches. Case studies: II. Playing quality.* Natural Turf Pitches Prototypes Advisory Panel Report No. 4. The Sports Council & Dept. of Education and Science. London.
- Baker, S.W., Gibbs, R.J. & Adams, W.A. 1992. Case studies of the performance of different designs of winter games pitches. I. Playing quality and usage. *J. Sports Turf Res. Inst.* 68, 20-32.
- Bell, M.J., Baker, S.W. & Canaway, P.M. 1985. Playing quality of sports surfaces: A review. *J. Sports Turf Res. Inst* 61, 26-45.
- Bergström, T. 1976. *Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar.* Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, Publikation VAV P28.
- Bertrand, R. 1965. Rate of Water Intake in the Field. Ur: C.A. Black (red.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties Including Statistics of Measurement and Sampling.* Agronomy 9 (1st ed.), s. 202-207. Am. Soc. of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Boocock, D. 1986. Good drainage can be easier said than done. *Parks, Golf Courses & Sports Grounds* 52:2, 4-8.
- Bradshaw, A.D. 1982. The biology of land reclamation in urban areas. Ur: Bornkamm, R., Lee, J.A. & Seaward, M.R.D. (red.) *Urban Ecology*, s. 293-303. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- BS 7044: Section 2.2 1990. Artificial sports surfaces. Part 2. Methods of Test. Section 2.2. Methods for Determination of Person/Surface Interaction. British Standards Institution, 8 s.
- Byggnadsstyrelsen. 1990. *Beskrivningsnytt Mark 1990. Erfarenhetsutbyte.* Byggnadsstyrelsen, Fortifikationsförvaltningen och HSB.
- Canaway, P.M. 1976. A differential slip wear machine (D.S.1) for the artificial simulation of turfgrass wear. *J. Sports Turf Res. Inst.* 52, 92-99.
- Canaway, P.M. 1983. The effects of rootzone construction on the wear tolerance and playability of eight turfgrass species subjected to football type wear. *J. Sports Turf Res. Inst.*, 57, 65-83.
- Canaway, P.M. 1992. The effects of two rootzone amendments on cover and playing quality of a sand profile construction for football. *J. Sports Turf Res. Inst.* 68, 50-61.
- Canaway, P.M. & Bell, M.J. 1986. Technical note: An apparatus for measuring traction and friction on natural and artificial playing surfaces. *J. Sports Turf Res. Inst.* 62, 211-214.
- Canaway, P.M., Bell, M.J., Holmes, G. & Baker, S.W. 1990. Standards for the playing quality of natural turf for Association Football. In: *Natural and Artificial Playing Fields: Characteristic and Safety Features.* ASTM STP 1073 (Eds. R.C. Schmidt, E.F. Horner, E.M. Milner & C.A. Morehouse). Am. Soc. Testing and Materials, Philadelphia, s. 29-47.
- Clegg, B. 1976. An impact testing device for *in situ* base course evaluation. *Australian Road Res. Bur. Proc.* 8, 1-6.
- Dahlsson, S.-O. 1987. Del 2. Klippta gräsytor - Kunskapssammanställning. Ur: Dahlsson, S.-O., Hammer, M. & Tuvevsson, M. "Kunskaper om gräs". *Stad & Land Nr 61.* Sveriges Lantbruksuniversitet, MOVIUM, Alnarp, s.2.1-2.165.
- Daish, C.B. 1972. *The Physics of Ball Games*, s. 177. English University Press, London. 180 s.
- Dawson, R.B. 1958. Director's Report. *J. Sports Turf Res. Inst.* IX, No. 34, 533.
- Dexter, A.R. 1987. Mechanics of root growth. *Plant and Soil* 98, 303-312.
- Deutscher Normenausschuss (DNA). 1979. Sportplätze - Rasenflächen. *DIN 18035, Blatt 4.* DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Deutscher Normenausschuss Bauwesen. 1991. Sportplätze - Rasenflächen. *DIN 18035, Teil 4, Jul. 1991.* DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag GmbH, Berlin.

- Dixon, W.J. 1986. Extraneous values. Ur: A. Klute (red.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods* (2:a ed), s. 83-90. Agronomy No. 9(1), Am. Soc. of Agronomy & Soil Sci. Soc. of Am., Madison, Wisconsin.
- Egnér, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kaliumbestimmung. *Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler* 26, 199-215.
- Eriksson, J. 1982. *Markpackning och rotmiljö. Packningsbenägenheten hos svenska åkerjordar. Förändringar i markens funktion orsakade av packning*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Rapport 126. Uppsala. 138 s.
- Excel. 1993. *Excel. Ver. 5.0. Funktioner*. Seattle, WA: Microsoft Corp. USA.
- Faulkner, R.P. 1950. *The Science of Turf Cultivation*. Technical Press Ltd, Kingston Hill, Surrey. 64 s.
- Florgård, C. Karlsson, I. M. & Sjökvist, T. (i manuskript). *Att göra växtjordar av barrskogsjordar*. Rapport till Byggnadsnämnden. 19 s. VBB/VIK, Stockholm.
- Gibbs, R.J., Adams, W.A. & Baker, S.W. 1989. Factors affecting the surface stability of a sand rootzone. *Proc. 6th Int. Turfgrass Res. Conf.* (red. H. Takato), s. 189-191.
- Gibbs, R.J., Adams, W.A. & Baker, S.W. 1992. Case studies of the performance of different designs of winter games pitches. II. Cost-effectiveness. *J. Sports Turf Res. Inst.* 68, 33-49.
- Gibbs, R.J., Adams, W.A. & Baker, S.W. 1993. Playing quality, performance, and cost-effectiveness of soccer pitches in the UK. Ur: Carrow, R.N., Christians, N.E. & Shearman, R.C (eds): *International Turfgrass Society Research Journal* 7, 212-221. Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas, USA.
- Hanson, A.A. & Juska, F.V (red.). 1969. *Turfgrass Science*. Agronomy no. 14. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. 715 s.
- Harper, J.C., Morehose, C.A., Waddington, D.V., & Buckley, W.E. 1984. *Turf management, athletic-field conditions, and injuries in high school football*. Progress Report 384, The Pennsylvania State University, College of Agriculture, Agricultural Experimental Station, University Park, PA, USA.
- Horowitz, J. & Hillel, D. 1987. A theoretical approach to the areal distribution of soil surface conductivity. *Soil Sci.* 143(4), 231-240.
- Johansson, W. 1969. Meteorologiska elements inflytande på avdunstningen från Anderssons evaporimeter. *Grundförbättring* 22, 83-105.
- Johansson, W., Gustafsson, E.-L. & McAfee, M. 1985. *Description of Physical Properties of Twelve Cultivated Soils*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Rapport 148, 66 s. Uppsala.
- Karlsson, I. 1988. Construction, drainage and maintenance of Swedish grassed parks and sports fields. *Acta Agriculturae Scandinavia, Supplementum* 26. 99 s.
- Kungliga Lantbruksstyrelsens Kungörelser mm 1*. 1965. Solna.
- Langvad, B. 1964. Weigrassmetoden för anläggning av avancerade sportytor i gräs. *Weibulls Gräs-tips*, Årg. 7, s. 168-174.
- Langvad, B. 1971. *Våra gräsytor - anläggning och skötsel*. LT:s förlag, Borås.
- Lawson, D.M. & Baker, S.W. 1987. The nutrient content of sands used for turf culture in the United Kingdom. *J. Sports Turf Res. Inst.* 63, 49-56.
- Ljung, G. 1987. *Beskrivning av en rationell metod för jordartsbestämning*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Avdelningsmeddelande 87:2. Uppsala.
- MarkAMA 83. 1983. *Allmän material- och arbetsbeskrivning för markarbeten*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Miljöårsberedningen. 1992. *Vad är en lokal agenda 21?* Häfte om kommunernas ansvar att överföra Riodeklarationens slutdokument till lokala handlingsplaner.
- Minitab. 1994. *Minitab 10.2*. Minitab Inc., PA, USA.
- Morgan, W. C. & Marsch, A. W. 1965. Turfgrass irrigation by tensiometer controlled system. *California Agriculture* 19(11), 4-6.

- Mugaas, R.J., Agrew, M.L. & Christians, N.E. 1991. *Turfgrass management for protecting surface water quality*. Joint publication of The Iowa State University & The University of Minnesota, Bulletin PM 1446.
- Mulqueen, J. 1983. Sand carpet systems provide the answer to sportsfield designs. *Turf Management Dec 1983*, 18-20.
- Nielsen, D.R., Biggar, J.W. & Erh, K.T. 1973. Spatial variability of field measured soil water properties. *Hilgardia* 42, 215-260.
- Palmer, R.C & Jarvis, M.G. 1979. Land for Winter Playing Fields, Golf Course Fairways and Parks. Ur: Jarvis, M.G. & Machney, D. (red.) "*Soil Survey Applications*". Soil Survey Technical Monograph No. 13. Harpenden, England, s. 162-163.
- Prunty, J.P. 1970. Improvements in or relating to lawns, greens or playing fields and to a method of forming same. *British Patent 1217409*.
- RA 83 Mark. 1983. *Råd och anvisningar till Mark AMA 83*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Rogowski, A.S. 1972. Watershed physics: soil variability criteria. *Water Resour. Res.* 8(4), 1015-1023.
- SAS. 1985. *SAS/STAT Guide for personal computers, version 5*. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Skirde, W. 1978. *Vegetationstechnik, Rasen und Begrünungen. Schriftenreihe Landschafts- und Sportplatzbau 1*. Patzer Verlag GmbH u Co. KG, Berlin.
- Statens Naturvårdsverk (SNV). 1993. *Ett miljöanpassat samhälle. Naturvårdsverkets aktionsprogram MILJÖ '93*. Naturvårdsverket, Rapport 4234. Statens Naturvårdsverk, Stockholm.
- Svenska Kommunförbundet. 1971 *Arbetsbeskrivning för anläggande av gräsfootbollsplaner*. Stockholm.
- Torg, J.S., Quedenfeld, T.C. & Landau, S. 1974. The shoe-surface interface and its relationship to football knee injuries. *J. Sports Medicine* 2(5), 261-269.
- United States Golf Association (USGA), Green Section Staff. 1960. Specifications for a method of putting green construction. *US Golf Association J. & Turf Management, Sept. 1960*, 24-28.
- United States Golf Association (USGA), Green Section Staff. 1973. Refining the Green Section Specifications for putting green construction. *US Golf Association Green Section Record* 11(3), 1-8.
- United States Golf Association (USGA), Green Section Staff. 1977. Topdressing mixtures . The Green Section's position. *US Golf Association Green Section Record* 15(6), 5-8.
- United States Golf Association (USGA), Green Section Staff. 1993. USGA recommendations for a method of putting green construction. The Green Section's position. *US Golf Association Green Section Record March/April 1993*, 1-3.
- Wijk, A.L.M., van. 1980. *Playing conditions of grass sports fields*. A soil technological study on effectuating and maintaining adequate playing conditions and playability of grass sports fields. Agric. Res. Rep. 903. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- Wijk, A.L.M., van, & Beuving, J. 1975. Relation between playability and some physical aspects of the toplayer of grass sportsfields. *Rasen-Turf-Gazon* 3, 77-83.
- Wiklert, P., Andersson, S. & Weidow, B. Bearbetning och publicering: I. Karlsson & A. Håkansson. 1983. *Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. Del I Ultunajordar*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Rapport 132. 125 s. Uppsala.
- Williams, J.G.P. & Sperry, P.N. (Eds.). 1976. *Sports Medicine* (2nd ed.). Edward Arnold, London. 547 s.

*Personliga meddelanden*

Altissimo, A. Agronomi Associati, Contrà Pusterla 12, 361 00 Vicenza, Italien.

Arnesson, L. Svenska Fotbollförbundet, Box 1216, 171 23 Solna.

Baker, S.W. Ph.D. The Sports Turf Research Institute, Bingley, West Yorkshire, BD16 1AU, Storbritannien.

Bjerketorp, A. AgrL. Källarbäcksv. 11, 752 57 Uppsala.

Halling, M. AgrD. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för växtodlingslära, Box 7043, 750 07 Uppsala.

Olsen, H.-J. AgrD. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för lantbruksteknik, Box 7033, 750 07 Uppsala

## RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Nr År

- 56 1978 Åke Huhtapalo: Kombisådd av kväve och fosfor till vårsåd. 27 s.  
*Combi-drilling of nitrogen and phosphorus with spring cereals. 27 pp.*
- 57 1979 Inge Håkansson: Försök med jordpackning vid hög axelbelastning. Markundersökningar 1-2 år efter försökens anläggande. 15 s.  
*Experiments with soil compaction at high axle load. Soil investigations 1-2 years after the experimental compaction. 15 pp.*
- 58 1979 Inge Håkansson & József von Polgár: Modellförsök med såbäddens funktion. III. Försök med syrebrist i såbädden. 17 s.  
*Model experiments into the function of the seedbed. III. Experiments with oxygen deficiency in the seedbed. 17 pp.*
- 59 1980 Tomas Rydberg: Storparcellförsök med plöjningsfri odling, 1976-78. 21 s.  
*Big-plot experiments with ploughless farming, 1976-78. 21 pp.*
- 60 1980 Working group on soil compaction by vehicles with high axle load. Report of meeting in Uppsala 1980. 56 pp.
- 61 1981 Behovet av forskning och försök inom mark-teknikområdet. En inventering utförd av samarbetskommittén för mark-teknik vid Sveriges Lantbruksuniversitetets Lantbruksvetenskapliga fakultet. Sekreterare: Lennart Henriksson. 46 s.
- 62 1981 Skördevariationerna i växtodlingen - orsaker och motåtgärder. Seminarium anordnat av Samarbetskommittén för Mark-Teknik på Ultuna 1981-04-09. 64 s.
- 63 1981 Nils M. Nilsson: Plöjningsdjup och tiltbredder vid höstplöjning. 30 s.  
*Ploughing depths and widths of furrow slice in autumns ploughing. 30 pp.*
- 64 1982 Jan Cederlund: Kombinerad bearbetning och sådd (harvsådd). Examensarbete. 54 s.
- 65 1983 Göran Kritz: Såbäddar för vårstråsåd. En stickprovsundersökning. 187 s.  
*Physical conditions in cereal seedbeds. A sampling investigation in Swedish spring-sown fields. 187 pp.*
- 66 1983 N.M. Nilsson: Höst- eller vårplöjning till vårsådd på kapillära jordar. Resultat från 12 fältförsök åren 1971-75. 57 s.  
*Autumn- or spring ploughing before spring sowing on capillary soils. Results from 12 field trials during 1971-1975. 57 pp.*
- 67 1984 Berth Mårtensson: Harvsådd - Preliminära försöksresultat 1979-83. 20 s.  
*Once-over sowing - Preliminary results of trials 1979-1983. 20 pp.*
- 68 1984 Mats Edh: BANDSÅDD - en studie av olika billar för bandsådd. Examensarbete. 44 s.
- 69 1984 József von Polgár: Vältning efter vårsådd. 16 s.  
*Rolling after spring sowing. 16 pp.*

- 70 1986 Tomas Rydberg: Markfysikaliska och markkemiska effekter av plöjningsfri odling i Sverige. 35 s.  
*Effects of ploughless tillage on soil physical and soil chemical properties in Sweden. 35 pp.*
- 71 1986 Jordpackning: Skördepåverkan - Motåtgärder - Ekonomi. Rapport från NJF-seminarium i Sigtuna 28-30 oktober 1986. 187 s.  
*Soil compaction: Effects - Counter-measures - Economy. 187 pp.*
- 72 1986 Bo Thunholm: Termiska egenskaper i åkermark skattade på grundval av den årliga temperaturvariationen. 18 s.  
*Thermal properties of the subsoil estimated from annual temperature variations. 18 pp.*
- 73 1987 Lennart Henriksson: Försök med olika harvar 1977-1985. 32 s.  
*Field trials with different harrows 1977-1985. 32 pp.*
- 74 1987 Tomas Rydberg & Torbjörn Öckerman: Plöjningsfri odling - Dess inverkan på rotutveckling och evaporation. 52 s.  
*The effects of ploughless tillage on root development and evaporation. 52 pp.*
- 75 1987 Hans Svensson: Jordpackningens inverkan på sockerbetans rotutveckling och skördens storlek. 31 s.  
*Effects of soil compaction on root development and yield of sugarbeets. 31 pp.*
- 76 1987 Tomas Rydberg: Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. 53 s.  
*Studies in ploughless tillage in Sweden 1975-1986. 53 pp.*
- 77 1988 Reduceret jordbearbejdning. Rapport från NJF-seminarium i Horsens, Danmark 9-11 februari 1988. 240 s.  
*Reduced cultivation. 240 pp.*
- 78 1990 Inge Håkansson, Mary McAfee, Sixten Gunnarsson: Verkan av körning med traktor och vagn vid vallskörd. Resultat från 24 försöksplatser. 41 s.  
*Effects of traffic during harvest on yield of grass leys. Results from field trials on 24 Swedish sites. 41 pp.*
- 79 1990 Krister Nilsson: Packningsskador vid konservärtskörd - ekonomiska konsekvenser och åtgärder för att minska packningen. 16s.  
*Estimation of the economic consequences of soil compaction when harvesting canning peas. 16 pp.*
- 80 1990 Tomas Rydberg, Mary McAfee, Börje Gillberg. Djupplöjning på lätta mineraljordar. 50 s.  
*Effects of subsoiling on crop yields on light mineral soils. 50 pp.*
- 81 1992 Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström, Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg: 1991 års jordbearbetningsförsök. 58 s.
- 82 1992 Johan Arvidsson, Inge Håkansson: En modell för att beräkna jordpackningens effekter på grödornas avkastning. 23 s.  
*An empirical model for estimating the crop yield losses caused by machinery induced soil compaction. 23 pp.*

- 83 1992 Maria Stenberg, Reynaldo A. Comia, Tomas Rydberg, Inge Håkansson, Sixten Gunnarsson: Harvsådd i konventionella och plöjningsfria bearbetningssystem. 18 s.  
*Soil and crop responses to different tillage systems. 18 pp.*
- 84 1992 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Maria Stenberg, Tomas Rydberg, Mats Tobiasson, Hans Pettersson, Sixten Gunnarsson, Ararso Etana, Inge Håkansson, Ingrid Karlsson, Karin Blombäck. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1992. 86 s.
- 85 1994 Johan Arvidsson, Inge Håkansson: Finns packningsskador kvar efter plöjning? Resultat från 21 långliggande fältförsök. 31 s.  
*Do effects of soil compaction persist after ploughing. Results from 21 Swedish long-term field experiments. 31 pp.*
- 86 1994 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Hans Pettersson, Jörgen Lidström, Lars Olsson, Barbro Beck-Friis, Sasa Ristic, Inge Håkansson, Ararso Etana, Eva Salomon. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1993. 88 s.
- 87 1994 Thomas Grath: Inverkan av jordpackning och anaeroba markförhållanden på grödornas näringsupptagning samt på rotröta och utveckling hos ärter. 61 s.  
*Influences of soil compaction and anaerobic soil conditions on crop nutrient uptake and on root rot and growth of peas. 61 pp.*
- 88 1995 Johan Arvidsson, Lena Hammarström, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Eva Salomon, Staffan Steineck, Ingrid Karlsson, Sixten Gunnarsson, Daniel Johansson, Åse Littorin-Johansson. Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 1994. 77 s.
- 89 1996 Ingrid M. Karlsson: Sportgräsytor etablering och skötsel - erfarenheter från ett markbyggnadsförsök. 94 s.  
*Establishment and maintenance of grassed sports fields - experience from a field experiment on soil construction alternatives. 94 pp.*

På jordbearbetningsavdelningen finns sedan 1992, vid sidan av Rapport-serien, även en Meddelande-serie. I "MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN" finns hittills följande arbeten redovisade.

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnäringsläckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients. 45 pp.</i>
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment. 28 pp.</i>
8	1994	Jörgen Lidström och Lars Olsson: Nya såmaskiner för reducerad bearbetning. Examensarbete. 57 s. <i>New drills for reduced tillage. 57 pp.</i>
9	1994	Sara Lindén: Tidig start och tillväxt av sockerbetor. Examensarbete. 37 s. <i>Early start and growth of sugarbeets. 37 pp.</i>
10	1994	Sasa Ristic och Tomas Rydberg. Optimering av bearbetningsintensitet och jordpackning samt studier av markfysikaliska orsaker till ojämna bestånd i oljevaxter. 13 s.



Nr	År	
11	1994	Jennie Andersson: Vattenhaltsmätningar med TDR (time domain reflectometry) och neutronsond i försök med tidig sådd av korn. 37 s. <i>Soil moisture measurements with TDR (time domain reflectometry) and neutron probe in a field experiment of early sown barley. 37 pp.</i>
12	1994	Anders Gustafsson: Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsdjupsförsök. Examensarbete. 25 s. <i>Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths. 25 pp.</i>
13	1995	Sixten Gunnarsson och Göran Kritz. Olika bearbetningssystem i potatisodlingen. 12 s. <i>Different tillage systems and potato growth. 12 pp.</i>
14	1995	Daniel Johansson: Groning och plantetablering vid låga temperaturer i kärlförsök och i fältförsök med tidig sådd. 35 s. <i>Germination and plant development at low temperature in pot and field experiments. 35 pp.</i>
15	1995	Åse Littorin Johansson: Radhackning i stråsäd. 28 s. <i>Row hoeing in cereals. 28 pp.</i>
16	1995	Johan Arvidsson: Återpackning vid sådd i plöjningsfri odling. 12 s. <i>Recompaction in ploughless tillage. 12 pp.</i>
17	1995	Inge Håkansson, Editor: <i>Reports of project works by participants in the course "Soil Tillage and Related Soil Management Practices". 73 pp.</i>
18	1995	Johan Arvidsson & Virginius Feiza: Låga ringtryck i odling med och utan plöjning. 20 s. <i>Low inflation pressure in conventional and ploughless tillage. 20 pp.</i>
19	1995	Anna Lena Carlsson: Näring, kadmium och bakterier i hushållsavlopp - En fältstudie av ett urinsorterande avloppssystem med lecabädd i Östhammar. 50 s. <i>Plant nutrients, cadmium and bacteria in household wastewater - A field study of a urine separation system combined with a leca-filter in Östhammar. 50 pp.</i>