

**G. van den Berg en T. R. Klootwijk**  
Vakgroep Bosbouwtechniek Landbouwhogeschool

## 1 Inleiding

De bosbouw wordt de laatste jaren geconfronteerd met sterk stijgende produktiekosten, een tendens die zich naar alle waarschijnlijkheid in de toekomst zal voortzetten. Teneinde deze stijging zoveel mogelijk te beperken, is het noodzakelijk de boswerkzaamheden effectief te plannen, optimaal uit te voeren en waar nodig beter op de omstandigheden afgestemde werkmethoden en machines te ontwikkelen. Om dit te kunnen verwezenlijken is onder meer een gedegen kennis noodzakelijk van alle factoren die de boswerkzaamheden beïnvloeden; deze zijn te onderscheiden in factoren betreffende de omgeving, de werkmethoden, de mens en factoren betreffende functies van het bos anders dan de houtproduktie (natuurbehoud, recreatie e.d.).

In de literatuur heeft het onderzoek naar factoren die de produktie bij boswerkzaamheden bepalen zich vooral gericht op het terreintransport, aangezien tot voor kort hierbij de invloeden van de omgeving, de werkmethoden en de mens zich het sterkst manifesteerden.

De meeste auteurs trachten een relatie te leggen tussen de diverse factoren en de produktie (bijv. in m<sup>3</sup>/uur). Het is juister deze factoren te relateren aan de kosten van de produktie. Op deze wijze worden ook moeilijk of in het geheel niet in produktieramingen op te nemen factoren als brandstofverbruik, schade, absentie e.d. in beschouwing genomen. Met betrekking tot het relateren van de verschillende factoren aan de produktiekosten dient men echter te bedenken dat de kosten zeer variabel zijn naar plaats en tijd, waardoor vergelijkingen tussen studies uitgevoerd in verschillende gebieden of op verschillende tijdstippen moeilijk uitvoerbaar zijn.

In dit artikel, dat een verkorte weergave is van een ingenieursscriptie, wordt getracht een beeld te geven van de aard en de mogelijkheden van een terreinclassificatie. Komend onderzoek binnen de vakgroep Bosbouwtechniek van de Landbouwhogeschool zal gericht worden op de toepasbaarheid van verschillende classificatiesystemen op de Nederlandse omstandigheden.

## 2 Terreinfactoren

De terreinfactoren behoren tesamen met factoren betreffende de vegetatie en het klimaat tot de omgevingsfactoren. Het terrein heeft in zekere mate invloed op alle boswerkzaamheden. Volgens vele auteurs wordt de variatie in produktie slechts voor een beperkt deel door het terrein verklaard. Naarmate de terreinomstandigheden sterker variëren zal echter een toenemend deel van de produktieverschillen door het terrein kunnen worden verklaard. Daarnaast bepalen de terreinomstandigheden ook welke werkmethoden in een bepaald terrein technisch mogelijk zijn. Door middel van kostencomputaties kan men vervolgens bepalen welke van deze werkmethoden voor het betreffende terrein het meeste geëigend is.

De terreinomstandigheden worden door drie hoofdfactoren bepaald:

- bodem,
- oppervlakte-ruwheid,
- helling.

### *Bodem*

De invloed van de terreinfactor bodem op de produktie bij boswerkzaamheden wordt bepaald door het draagvermogen van de bodem en de mogelijkheid om er trekkracht op uit te oefenen.

Het draagvermogen is vooral afhankelijk van het bodemtype (grondsoort en textuur) en het bodemvochtgehalte. Daarnaast zijn van belang de dikte en de structuur van de organische laag, de laagsgewijze opbouw van de minerale bodem, het poriënvolume, de stenigheid, de vegetatie, de temperatuur en de neerslag.

In landen als Canada, de V.S. en Duitsland wordt in de bosbouw voor de bepaling van het draagvermogen met succes gebruik gemaakt van een penetrometer. Bij het onderzoek naar de relaties tussen draagvermogen en bodemtype en tussen draagvermogen en bodemvochtgehalte zijn vele metingen nodig als gevolg van variaties in bodemeigenschappen naar plaats en tijd. Met de penetrometer kunnen deze metingen snel en praktisch worden uitgevoerd. De penetrometer meet de druk die nodig is om een kegel met een bepaald basis-oppervlak met een

constante snelheid de bodem in te drukken. De druk wordt de Cone Index genoemd; deze is een maat voor het draagvermogen van ongestoorde bodems. Daarnaast is ook van belang welke waarde het draagvermogen heeft na een bepaald aantal passages van een voertuig. De penetrometer-waarde van zo'n bereiden bodem noemt men de Rating Cone Index. Deze waarde houdt nauw verband met het vermogen van de bodem om herhaalde passages van voertuigen te verdragen. Bij eenmalige passage is het draagvermogen van de bovenlaag tot 15 cm diepte het belangrijkste. Bij bosbodems zal deze laag doorgaans een hoog percentage organisch materiaal bevatten, waarover met betrekking tot de mechanische eigenschappen nog slechts weinig bekend is. Naarmate het aantal passages toeneemt zal het draagvermogen van dieper gelegen lagen belangrijker worden.

Bij vele boswerkzaamheden, zoals het terreintransport en het machinaal planten, is naast het draagvermogen ook belangrijk hoeveel trekkracht op de bodem uitgeoefend kan worden. Deze mogelijke trekkracht hangt nauw samen met de schuifweerstand van de bodem. De schuifweerstand ( $\zeta$ ) wordt bepaald door  $\tau = c + ptg\varphi$ , waarin  $c$  de cohesie en  $\varphi$  de interne friktie van de bodem is en  $p$  de druk die door het voertuig op de bodem wordt uitgeoefend. De cohesie is afhankelijk van het bodemvochtgehalte. De bodem is nu voor wat betreft de trekkracht bij een bepaald vochtgehalte te classificeren op basis van cohesie en interne frictie.

Naast het bodemtype is het bodemvochtgehalte in hoge mate bepalend voor het draagvermogen van de bodem en de mogelijkheid om er trekkracht op uit te oefenen. Een toenemend vochtgehalte resulteert doorgaans in een afnemend draagvermogen en een geringere mogelijkheid om trekkracht op de bodem uit te oefenen. Volgens Young en Berlyn (1968) wordt de variatie van de Cone Index van een homogene, fijnkorrelige, minerale bodem zelfs voor 89% verklaard door de variatie in het bodemvochtgehalte.

Het vochtgehalte zal in de tijd variëren (seizoensvariëaties) als gevolg van verschillen in neerslagtemperatuur en vegetatie. Ook zal het vochtgehalte op een bepaald tijdstip en een bepaalde plaats variëren met de diepte. In meer horizontale richting zal het vochtgehalte verschillende waarden hebben ten gevolge van de topografie van het terrein.

In verband met de variatie van het vochtgehalte en de invloed van dit vochtgehalte op het draagvermogen en de mogelijke trekkracht, is het noodzakelijk om de relaties tussen het vochtgehalte en het draagvermogen (te bepalen met een penetrometer) en de relatie met de mogelijke trekkracht voor alle bodemtypen of groepen hiervan te bepalen. Deze kennis tesamen met die omtrent de variatie van het vochtgehalte naar plaats en tijd en data omtrent het bodemtype, maken het mogelijk om op elk willekeurig tijdstip en elke plaats het draagvermogen van de bodem

en de hierop uit te oefenen trekkracht vrij nauwkeurig te bepalen. Een dergelijke benadering van de begaanbaarheid van de bodem houdt echter geen rekening met optredende bodemverstoring. Wellicht is hieraan enigermate tegemoet te komen door bij de bepalingen van draagvermogen en mogelijke trekkracht een bepaalde veiligheidsfactor in acht te nemen.

#### *Oppervlakte-ruwheid*

De oppervlakte-ruwheid wordt bepaald door de dimensies, het type, het aantal en de verspreiding van de in het terrein voorkomende anorganische obstakels. De organische obstakels worden in deze benadering dus niet tot de oppervlakte-ruwheid gerekend (zie hieronder). Men kan de anorganische obstakels onderscheiden in depressies (kullen, sloten e.d.) en bovengrondse obstakels (stenen, kleine toppen e.d.).

#### *Helling*

Von Segebaden, Strømnes en Winer (1967) stellen dat niet horizontaal verlopende oppervlakken met een lengte groter dan 10 meter als hellingen moeten worden geklassificeerd. Niet horizontaal verlopende oppervlakken met een lengte kleiner dan 10 meter worden tot de oppervlakte-ruwheid gerekend.

Hellingen kunnen worden beschreven door de gemiddelde en extreme gradient, de lengte, de expositie en de vorm.

#### *Invloed van vegetatie en klimaat op de terreinfactoren*

De vegetatie heeft invloed op de bodemeigenschappen en de oppervlakte-ruwheid.

De invloed van de vegetatie op het draagvermogen van de bodem en de mogelijke trekkracht manifesteert zich door invloed op:

- het bodemvochtgehalte; een bodem bedekt met vegetatie heeft ten opzichte van een naakte bodem een ander evapotranspiratie-patroon en daarnaast een hogere opnamesnelheid en opnamecapaciteit.
- de hoeveelheid organisch materiaal; organisch materiaal heeft grote invloed op de eigenschappen van de bovenste bodemlaag.
- de schuifweerstand van de bodem; een wortelmat heeft een verhoogde schuifweerstand van de bodem tot gevolg.

De vegetatie heeft dus direct invloed op het draagvermogen van de bodem en de mogelijkheid om er trekkracht op uit te oefenen. Daarnaast verdeelt de op de bodem liggende vegetatie de door het voertuig op de bodem uitgeoefende kracht, waardoor de druk (kracht/oppervlakte-eenheid) op de bodem vermindert en de betreffende bodem dus voor zwaardere machines te berijden is dan in geval van een naakte bodem.

Sommige auteurs (Haarlam, 1972 e.a.) stellen dat de

oppervlakte-ruwheid naast de anorganische obstakels ook wordt bepaald door de bovengrondse delen van de levende en dode vegetatie (bodem, struiken, stobben e.d.). De hinder die van deze vegetatie wordt ondervonden is afhankelijk van:

— soorten obstakels; door verschillen in grootte, hardheid en verankering (mede bepaald door het bodemtype) kunnen obstakels meer of minder gemakkelijk vernietigd, weg- of platgedrukt worden.

— aantal obstakels per oppervlakte-eenheid.

— verspreiding (bedekkingspercentage) van de obstakels over het oppervlak.

Bij uitvoering van boswerkzaamheden kan ook hinder worden ondervonden van te beschermen floristische (eventueel faunistische) elementen welke in technische zin geen obstakel behoeven te vormen.

Naast de vegetatie heeft ook het klimaat invloed op de bodemeigenschappen en de oppervlakte-ruwheid.

De neerslag is in hoge mate bepalend voor het bodemvochtgehalte. De sneeuw vormt een laag met een gering draagvermogen; bovendien kan op deze laag slechts een geringe trekkracht worden uitgeoefend. Daarnaast heeft sneeuw een egaliserend effect op het bodemoppervlak.

De temperatuur is bepalend voor de vorm van de neerslag (sneeuw of regen) en heeft verder in geval van vorst direct invloed op het draagvermogen van de bodem.

### 3 Terreïnclassificatie

Teneinde de toename van de kosten in de bosbouw zoveel mogelijk af te remmen is het noodzakelijk de werkzaamheden zo efficiënt mogelijk te plannen, optimaal uit te voeren en waar nodig beter op het terrein afgestemde werkmethoden en machines te ontwikkelen. Wil dit bereikt kunnen worden, dan is het onder meer noodzakelijk een gedegen kennis te hebben omtrent de invloed van de terreïnfactoren op alle boswerkzaamheden (aanleg, verzorging, houtoogst en transport). Om af te kunnen leiden hoeveel hinder de boswerkzaamheden van een bepaald terrein zullen ondervinden is het noodzakelijk de beschikking te hebben over een doelmatige indeling van de terreïnomstandigheden (een terreïnclassificatie). Een terreïnclassificatie moet zodanig van inhoud zijn dat alle benodigde informatie ten aanzien van bodem, oppervlakte-ruwheid en helling eruit betrokken kan worden. Teneinde tot een zo doelmatig mogelijke indeling van het terrein te kunnen komen zullen de van belang zijnde factoren van elkaar moeten worden onderscheiden. Vervolgens zal moeten worden bepaald op welke wijze men deze factoren moet meten en hoe nauwkeurig de betreffende factoren moeten worden onderverdeeld. Het op deze wijze verkregen systeem voor de indeling van de terreïnomstandigheden geeft een beschrijving van het

terreïn die in de tijd in hoge mate zijn waarde behoudt en die dus vrijwel onafhankelijk is van de technische ontwikkeling; met een eenmalige inventarisatie van de terreïnomstandigheden kan dus worden volstaan. Een dergelijke beschrijvende, primaire of fundamentele terreïnclassificatie is toepasbaar voor alle gebieden en voor alle in het bos uit te voeren werkzaamheden.

De wijze waarop van de indeling van het terrein, verkregen uit de beschrijvende terreïnclassificatie, gebruik wordt gemaakt zal verschillend zijn voor de diverse boswerkzaamheden; vellingswerkzaamheden worden anders door het terrein beïnvloed dan het terreintransport. Men zal daarom de terreïndeling verkregen uit de beschrijvende classificatie moeten aanpassen aan de betreffende boswerkzaamheid. Een dergelijke aangepaste terreïndeling noemt men een functionele of secundaire terreïnclassificatie. De functionele terreïndeling is gebaseerd op de bij de betreffende boswerkzaamheid toe te passen werkmethoden en machines en is dientengevolge niet waardeverloopt in de tijd.

Wordt bij een beschrijvende terreïnclassificatie volstaan met het op uniforme wijze onderscheiden, meten en onderverdelen van de belangrijke terreïnfactoren, bij de afleiding van een functionele classificatie moet vervolgens ook nog worden bepaald hoeveel hinder bij de uitvoering van de betreffende werkzaamheid van elke terreïnfactor wordt ondervonden. De mate van hinder bepaalt hoe nauwkeurig de betreffende factor moet worden onderverdeeld. In een op deze wijze verkregen functionele indeling van het terrein worden terreïnklassen onderscheiden, waarin per terreïnklaas de terreïnomstandigheden beschreven staan waarvan bij de uitvoering van de betreffende werkzaamheid in ongeveer gelijke mate hinder wordt ondervonden.

#### *Toepassing*

Een terreïnclassificatie kan worden gebruikt bij:

- planning; een beschrijvende classificatie is in hoofdzaak bedoeld voor de planning op middenlange termijn, waarbij beslissingen inzake de keuze van toe te passen werkmethoden en machines moeten worden genomen. Een functionele classificatie kan gezien zijn beperkte levensduur alleen worden gebruikt bij planning op korte termijn.
- uitvoering van de boswerkzaamheden; met behulp van beschrijvende en functionele classificaties zijn beter op het terrein afgestemde beslissingen vlak voor of tijdens de uitvoering van de boswerkzaamheden mogelijk. Tevens kunnen beter gefundeerde nacalculaties met betrekking tot de geleverde prestaties worden uitgevoerd.
- onderzoek; de beschrijvende classificatie zal het bepalen van de geschiktheid van de machines en werkmethoden voor de verschillende terreïntypen

vereenvoudigen en tevens een hulp zijn bij het ontwerpen van beter op het terrein afgestemde machines en werkmethoden. De toepassing van de beschrijvende classificatie bij het beschrijven van de proefomstandigheden zal vergelijkingen tussen de verschillende studies beter mogelijk maken. Een functionele classificatie is bij onderzoek niet te gebruiken omdat dit type classificatie uitgaat van de reeds bekende toepassingsmogelijkheden van bestaande machines en werkmethoden. Ook vergelijkingen tussen studies zijn met behulp van een functionele classificatie niet mogelijk, omdat ten gevolge van het gebruik van andere machines en werkmethoden (verschillende functionele classificaties) de terreinen op onderling van elkaar verschillende wijzen zijn ingedeeld.

#### 4 Terreinklassifikatie van Haarlaa en Asserstahl

Uitgebreide terreinclassificaties zijn tot nu toe opgesteld door Von Segebaden, Strømnes en Winer (1967), Anonymus (1969), Samset (1969), Bennett (1971) en Haarlaa en Asserstahl (1972). De ook nog in de experimentele fase verkerende classificatie van Haarlaa en Asserstahl is tot nu toe de meest geavanceerde. Met name de beschrijvende classificatie blijkt echter op enkele punten af te wijken van de voorgaand gehanteerde normen voor terreinclassificaties.

##### Beschrijvende terreinclassificatie

De navolgend weer te geven beschrijvende terreinclassificatie van Haarlaa en Asserstahl (zie tabel 1) is gebaseerd op de "Terrain classification for Swedish Forestry" (Anonymus, 1969).

Haarlaa en Asserstahl onderscheiden de volgende terreinfactoren:

##### Bodem

- bodemvochtgehalte; percentage vrij water per volume-eenheid bodem,
- bodemtype; weer te geven in code, waarbij een hogere code betrekking heeft op een bodemtype met een lager draagvermogen,
- dikte van de humus- of sneeuwlaag (cm),
- soortelijk gewicht van de sneeuw (kg/dm<sup>3</sup>).

##### Oppervlakte-ruwheid

- meest voorkomende obstakelhoogte (cm),
- ruimtelijke verdeling; gemiddelde afstand tussen de obstakels gelijk aan of groter dan de meest voorkomende obstakelhoogte (m).

##### Helling

- helling (procenten of graden).

##### Vegetatie

- kapafval; percentage van het bodemoppervlak bedekt met kapafval,
- boomdiameter (dbh in cm),
- verspreiding van de bomen; gemiddelde onderlinge afstand (m).

Aan de diverse klassen worden bepaalde codes toegekend, waarbij een hogere code een verslechterring van de omstandigheden met betrekking tot de betreffende terreinfactor aangeeft.

Met behulp van de in tabel 1 vermelde codering is het volgens deze auteurs mogelijk de eigenschappen van ieder terrein te karakteriseren, waarbij de diverse terreinfactoren steeds in dezelfde volgorde worden weergegeven. Zo zal een code-

Tabel 1: Beschrijvende terreinclassificatie van Haarlaa en Asserstahl (1972).

code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
factor										
bodemvochtgehalte (%)	0-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
bodemtype	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
dikte van humus- of sneeuwlaag (cm)	0-15	-30	-45	-60	-75	-90	-105	-120	-125	-126
gewicht van de sneeuw (0,01 kg/dm <sup>3</sup> )	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-10
domin. obstakelhoogte (cm)	0-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
ruimtelijke verdeling (m)	-9,1	9-	8-	7-	6-	5-	4-	3-	2-	1-0
helling (%)	0-5	-10	-15	-20	-26	-33	-41	-50	-61	62-
graden	0-3	-6	-9	-11	-14	-18	-22	-26	-31	32-
kapafval (%)	0	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
boomdiameter (dbh in cm)	0	-1	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	35-
verspreiding van de bomen (m)	-9,1	9-	8-	7-	6-	5-	4-	3-	2-	1-0

combinatie 1.3.7.3. . . . betrekking hebben op een terrein met een droge, fijnzandige, morene bodem, bedekt met een vrij compacte, dikke sneeuw- of humuslaag, etc.

*Kanttekeningen bij de beschrijvende terrein-classificatie van Haarlaa en Asserstähl*

Haarlaa en Asserstähl onderscheiden in deze classificatie tien belangrijke terrein-factoren, onderverdeeld in tien verschillende codes. Daarnaast zijn er echter ook nog andere terrein-factoren die invloed hebben op de produktie bij bepaalde boswerkzaamheden. Teneinde een terreinclassificatie praktisch toepasbaar te laten zijn, zal het aantal in beschouwing te nemen factoren en codes niet al te uitgebreid mogen zijn.

De in de classificatie weergegeven codes vertegenwoordigen een voor de betreffende terrein-eenheid gemiddelde waarde van de betreffende terrein-factor. In die gevallen waarbij de terrein-factoren in de betreffende terrein-eenheid sterk variëren kan het zinvol zijn ook de extremen en hun lokatie binnen het terrein in de classificatie op te nemen.

Met betrekking tot bodem en bodemvochtgehalte wordt niet vermeld tot op welke diepte deze factoren van belang worden geacht. Volgens de meeste auteurs is in dit opzicht de bovenlaag tot ca. 30 cm diepte het belangrijkste. Het opnemen van de factor bodemvochtgehalte in de classificatie is toch al minder zinvol, aangezien deze factor in de tijd meestal aan sterke variatie onderhevig is. Met betrekking tot de bodemfactoren kan men volstaan met gegevens omtrent bodemtype en organisch materiaal. De bepaling van het draagvermogen van de bodem geschiedt dan op basis van de in de classificatie opgenomen, in de tijd vrijwel constante gegevens omtrent bodemtype en organische laag en daarnaast de niet in de classificatie opgenomen gegevens omtrent het bodemvochtgehalte ten tijde van de uitvoering van de werkzaamheden.

Ook de factoren sneeuw en vegetatie zijn in de tijd aan variatie onderhevig en leveren dus om dezelfde redenen moeilijkheden op bij het gebruik in een beschrijvende classificatie.

De oppervlakte-ruwheid wordt gebaseerd op de meest voorkomende obstakelhoogte en de gemiddelde afstand tussen de obstakels van die en grotere afmetingen. Het aantal obstakels en hun verspreiding (in groepen of regelmatig verdeeld), de hoogten van de verschillende obstakels en de typen (bovengrondse obstakels of depressies) komen op deze wijze onvoldoende of in het geheel niet naar voren.

De helling wordt geclassificeerd op basis van de gemiddelde gradiënt. Daarnaast is het wellicht ook zinvol de maximale gradiënt, de lengte, de expositie en de vorm van de helling hierbij te betrekken.

De factor kapafval wordt geclassificeerd volgens het bedekkingspercentage van de bodem. Daarnaast zijn ook de dikte en de samenstelling van de laag kapafval en de aanwezigheid van stobben van belang. Met betrekking tot de levende vegetatie moet naast de wel in de classificatie opgenomen boomvegetatie ook aandacht worden besteed aan de struik- en kruidenvegetatie.

Dat in de beschrijvende classificatie vegetatie-factoren zijn opgenomen is te verantwoorden door te stellen dat de vegetatie mede bepalend is voor de oppervlakte-ruwheid en het draagvermogen van de bodem.

*Functionele terreinclassificatie*

Haarlaa en Asserstähl vinden dat voor het opstellen van een praktische functionele classificatie de tien factoren en de tien codes van hun beschrijvende classificatie niet afzonderlijk zijn te handhaven, maar dat het aantal factoren en codes tot ten hoogste drie moet worden teruggebracht. De bodem, de oppervlakte-ruwheid en de helling lijken als factorgroepen het meest geëigend. In dit geval kunnen de vegetatie-factoren het beste bij de oppervlakte-ruwheid ondergebracht worden.

Voor elke boswerkzaamheid en de daarbij toe te passen machines en werkmethode moet nu een functionele classificatie worden opgesteld. Hiertoe plaatst men de verschillende code-combinaties die werkomstandigheden vertegenwoordigen waarvan bij de uitvoering in ongeveer gelijke mate hinder wordt ondervonden in dezelfde terrein-klasse. In tabel 2 wordt een en ander cijfermatig weergegeven. Zo is in deze tabel bijvoorbeeld te zien dat een terrein beschreven door de code-combinatie 131 (draagkrachtige bodem, grote oppervlakte-ruwheid, geringe helling) in eenzelfde mate de werkzaamheden beïnvloedt als een terrein beschreven door de code-combinatie 113 (draagkrachtige bodem, geringe oppervlakte-ruwheid, grote helling).

Tabel 2: Cijfervoorbeeld van een functionele terreinclassificatie (Haarlaa en Asserstähl, 1972).

functionele terrein-klasse	code-combinaties			
zeer licht terrein	111 131	121 113	112 211	
tamelijk licht terrein	122 221	212 311	231 132	123 222
tamelijk zwaar terrein	133 312	232 223	322 321	213
zeer zwaar terrein	233 332	331 323	313 333	

## Literatuur

- 1 Anonymus. 1969. Terrain classification for Swedish forestry. Forskningstiftelsen. Skogsarbeten. Redogörelse 9/1969. Stockholm, Zweden.
- 2 Bekker, M. G. 1969. Introduction to terrain-vehicle systems. Ann Arbor. The university of Michigan Press.
- 3 Bennett, W. D., H. I. Winer, A. Bartholomew. 1965. Measurement of environmental factors and their effect on the productivity of tree-length logging with rubber-tired skidders. Woodl. Res. Index Pulp Paper Res. Inst. Can. nr. 166.
- 4 Bennett, W. D. 1971. Identification and measurement of key environmental and operating factors on logging operations. Woodl. Pulp Paper Res. Inst. Can. nr. 26.
- 5 Berg, G. van den, T. R. Klootwijk. Terreïnclassificatie voor de bosbouw - factoren van invloed op de boswerkzaamheden. Scriptie Vakgroep Bosbouwtechniek, Landbouwhogeschool, Wageningen.
- 6 Chappell, T. W., R. Y. Richardson. 1970. Soil trafficability and its application to logging. For. Prod. J. 20(2) (51-4).
- 7 Gill, W. R., G. E. van den Berg. 1967. Soil dynamics in tillage and traction. Agriculture Handbook nr. 316. United States Department of Agriculture.
- 8 Haarlaa, R., R. Asserståhl. 1972. The inter-nordic forest terrain classification project in 1969-1972. Department of Logging and Utilization of Forest Products. University of Helsinki. Research Notes nr. 20.
- 9 Haarlaa, R. 1973. The effect of terrain on the output of forest transportation of timber. Acta Forestalia nr. 123.
- 10 IUFRO, 1964. Proceedings of the meeting of section 32: operational efficiency in Montreal and Port Arthur september 15-25. Norwegian Forest Research Institute. Vollebakk, Norway.
- 11 Samset, I. 1969. The forest terrain in Norway. Driftsteknisk Rapport nr. 8. Det Norske Skogforsøksvesen, Vollebakk, Norway.
- 12 Segebaden, G. von, R. Strømnes, H. Winer. 1967. Proposal for an international system of terrain classification. International Union of Forest Research Organizations. Research Section 32 - operational efficiency. Munich, Germany.
- 13 Young, G. G., R. W. Berlyn. 1968. Some variation in soil trafficability as measured with a cone penetrometer. Woodl. Pulp Paper Res. Inst. Can. nr. 5.