

I Bd 1055

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015 - 699111

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

RAPPORT No.: M 1065

Stroombestendigheid grasmat.

AUTEUR: WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM.

DATUM: aug., 1970

CODE No.:

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015 - 699111

25 SEP 1970

RIJNWOUD
Waterbouw en Waterbouwkunde

Ind 1006
9.6-241
LV

GRASPROEVEN

210813

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015-699111

R.J. de Jong

M 1065

Augustus 1970

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. BESCHRIJVING PROEVEN	2
2.1. Eerste serie monsters	2
2.2. Tweede serie monsters	6

FIGUREN

1. Proefopstelling
2. Monsterbak
3. Ontgrondingslijnen

Foto's van de monsters

1. INLEIDING

Het Waterloopkundig Laboratorium heeft een aantal kleimonsters met grasbegroeiing, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Bovenrivieren, beproefd op erosiebestendigheid.

Daartoe werd de opstelling als aangegeven in figuur 1 gebruikt (gewijzigd M 872). De meetsectie staat op bouwtekeningen. De monsters werden aangevoerd in bakken, gelijkend op die getekend in figuur 2. De bodems van de bakken liggen los, zodat opdrukken mogelijk is.

Met behulp van een pitot-pijp zijn de snelheden in de vertikaal bij verschillende debieten vóór in de meetsectie bepaald. Van het onderste deel van deze vertikaal (bodem-hoogte waarop $\frac{dv}{dh} = 0$), werd de gemiddelde snelheid bepaald. De aflezing op 0,4 h werd als ijking gebruikt.

Rijkswaterstaat heeft twee serie's monsters geleverd

Serie 1: A; B; C met gras; C zonder gras°

Gebracht op 2 oktober 1969 en vervolgens tot datum beproeving nat gehouden.

Serie 2: I; II; III; IV.

Gebracht begin april 1970 en vervolgens tot datum beproeving nat gehouden.

Monsters I en IV uit de benedenstroomse berm van de Millingse Dam.

Monsters II en III uit teen van Millingse Dam.

Serie 2 is genomen nà hoog water - het hoogste deel van de dam bleek vol gaten te zitten, veroorzaakt door gevlucht gedierte (volgens R.W.S.)-; monsters I en IV kwamen uit dit deel.

De opstelling werd vóór de beproeving van de 2e serie enigszins gewijzigd, zodat het monster met twee vijzels opgedrukt kon worden, en de bak onder het monster, voorzichtig met water gevuld kan worden.

2. BESCHRIJVING PROEVEN

2.1. Eerste serie monsters

Monster A

Start van de proef 10 oktober 1969.

Vóór de proef: Tijdens onder water zetten werd het monster beschadigd (holle ruimten, of lek?). Gras was 15 cm lang.

Oppervlak vertoonde in het midden, en benedenstrooms breuklijnen. Benedenstrooms ligt een hoek 4 cm te hoog, en dit komt doordat opvijzelen moeilijk gaat.

Tijdens de proef: Bij geringe stroming wegspoelen losliggende korrels.

Na ca. 3 uur stromen met 2,5 m/sec liggen wortels 1 - 5 cm bloot.

Na ca. 3 uur stromen met 3 m/sec liggen wortels 2 - 10 cm bloot.

Echter grote wortellengte op oorspronkelijk hoge plaats, dus niet maatgevend.

Konklusie: Gedurende lange tijd stromen met 3 m/sec weinig slijtage. Dichtheid en lengte van de wortels lijkt zeer belangrijk, naast een goede kleigrond

Monster B - no. 1

Start proef 27 oktober 1969.

Vóór de proef: Monster was hier en daar bedekt met minder kwaliteitgras (doodgaand). Lengte variërend tussen 5 en 15 cm.

Tijdens de proef: Bij een stroom van 3 m/sec was binnen een half uur de helft van het monsteroppervlak, en over een diepte van 10 cm weggespoeld in een zeer korte tijd.

Na de proef: Monster bleek onder de grasmat een vrij zanderige structuur te hebben met hier en daar fijn grind.

Konklusie: Wortels hebben blijkbaar niet veel houvast in de zanderige klei. Eenmaal ergens kapot, dan snelle totale vernieling.

Foto's: B 1 - voor de proef: B 2 - na de proef.

Monster B - no. 2

Start proef 3 november 1969.

Vóór de proef: Monster B - no. 1, werd onder de meetsektie vandaan gehaald, de bovenste 12,5 cm werd verwijderd, en vervolgens werd het monster weer op zijn plaats gebracht. De oppervlakte van het monster was bovenstrooms voor 15% van het gehele oppervlak met fijn grindzand bedekt. Overige oppervlak zanderig klei.

Tijdens de proef: Kleilaag blijkt vrij dun (2 cm) en brokkelt bij lage snelheid reeds af (0,75 m/sec). Onderliggende zandgrind spoelt bij deze snelheid grotendeels weg. Slijtage 1 cm, terwijl de kleilaag uiteindelijk voor 50% weggespoeld is.

Bij 1,0 m/sec kleilaag voor 70% weg. Slijtage (zie ook fig. 3) 1,5 cm. De zandgrindlaag blijkt slechts 1 cm dik te zijn. Laatste 30% kleilaag is erosie bestendiger. Bij 1,5 m/sec zand en kleilagen geheel weg. Totale slijtage ca. 2,5 cm.

Onderliggende kleilaag erosiebestendig.

Bij 3,5 m/sec blijft de onderliggende kleilaag er zeer goed uit zien. Uiteindelijke slijtage 3 cm. Veel wortels zijn zichtbaar geworden. Proef afgebroken doordat rand af ging brokkelen (randeffect).

Konklusie: Bovenliggende laag, welke er afgehaald werd vóór de proef is zanderig. Dunne kleilagen en grindzandlagen weinig stroombestendig. Onderliggende dikere kleilaag zeer goed stroombestendig. Stroombestendigheid vooral weer te danken aan aanwezigheid van een fijne wortelstructuur die goed verankerd ligt.

Foto's B 3: voor de proef; B 4: nadat korte tijd met 3,5 m/sec gestroomd is.

Monster "C met gras" no. 1

Start proef 14 oktober 1969.

Vóór de proef: Gras werd kort geknipt.

Tijdens de proef: Na 6 uur stromen met 3 m/sec en vervolgens 17 uur (zie ook fig. 3) stromen met 3,5 m/sec nauwelijks slijtage (0,5 cm).

Konklusie: Zeer stroombestendig monster.

Foto's C 1: voor de proef; C 2: na de proef.

Monster "C met gras" no. 2

Start proef 23 oktober 1969.

Vóór de proef: Monster "C met gras" no. 1 waarvan bovenste 5 cm (graszode) werd verwijderd. Monster ziet er kleiachtig uit. Tijdens onderwaterzetten kleine beschadiging (luchtbellen van onder het monster).
Opdrukken monster gaat iets scheef.

Tijdens de proef: 0,5 m/sec kleine losse deeltjes spoelen weg,
slijtage 3 mm.

1 m/sec oppervlakte wordt ruwer; reeds vrij veel (korte) worteltjes zichtbaar.

(zie ook fig. 3) 1,5 m/sec - 3 m/sec Wat grotere deeltjes komen los.
Ongelijkmatigheid oppervlak.

1 à 2 cm slijtage 5 à 6 mm.

3,5 m/sec slijtage 9 mm.

Vervolgens verder omhoog persen (ca. 4 cm) om een hogere snelheid, en daarmee schade te forceren; monster bleef in takt.

Konklusie: Zeer stroomresistente klei, te danken aan kleisoort, maar ook in zeer belangrijke mate aan de hechte wortelstructuur.

Monster "C zonder gras"

Start proef 30 oktober 1969.

Vóór de proef: Monster zag er slecht uit: was na gelijkmaken van oppervlak slechts 12 cm dik, en dit vlak ligt dus $50 - 12 = \text{ca. } 38 \text{ cm}$ onder het grasoppervlak. Monster ziet er zanderig uit, hoewel kleiiger dan monster B no. 2.

Tijdens de proef: 0,5 m/sec losliggende deeltjes spoelen weg,
slijtage 1 mm.

0,75 m/sec kluitjes tot 1 cm spoelen weg,
slijtage 6 mm.

(zie ook fig. 3)

Monster wordt ongelijkmatig: geultje van 4 cm diep en 15 cm lang.

1 m/sec Geultje ca. 5 cm diep en langer.

1,25 m/sec Kluiten tot 2 cm spoelen weg.

Echter 70% van het oppervlak blijft gaaf. Geuldiepte 10 cm, slijtage 28 mm.

1,5 m/sec Algehele aantasting in snel tempo.

Konklusie: Monster wordt plaatselijk aangetast. Bij 1,5 m/sec spoelt alles weg. Ook in dit monster, worteltjes aanwezig die ontgroning sterk bemoeilijken.

Algemeen: Met betrekking tot ontgroning wordt opgemerkt dat de slijtage zeer moeilijk vast te stellen valt, in verband met de sterk ongelijkmatige aantasting. Met slijtage wordt steeds bedoeld, het aantal mm of cm dat het monster opgedrukt wordt, t.o.v. de stand bij het begin van de proef.

2.2. Tweede serie monstersMonster I

Start van de proef 7 april 1970.

Vóór de proef: Zie foto I-1. Links vooraan (bovenstrooms deel van monster) is monster licht beschadigd, achteraan (op de foto) ligt het monster 2 cm te hoog.

Tijdens de proef: Bij 2,00 m/sec kwamen op plaatsen met korrelige structuur de wortels bloot te liggen.

Na 2,5 uur stromen met 2,50 m/sec is ergens midden in monster aan de linker kant een zanderige plaats verdiept; links achteraan verzakt het monster en er vormt zich een sleufje: het monster is hier eveneens zanderig.

*geen
tijd
wegspoelen*

Bij 3 m/sec gaat de erosie wat verder, maar omringende graspollen beschermen de verdiepte gedeelten tegen directe stroomaanval.

Bij 3,5 m/sec gaat de erosie op de aangetaste plaatsen toch snel verder: vooral de sleuf links achteraan; na 50 min is deze sleuf 25 cm diep en is de proef gestopt.

Na de proef: Foto I-2 geeft een overzicht; foto I-3 geeft de sleuf in detail weer. Over het hele monster zijn van de graspolletjes de wortels duidelijk zichtbaar. Het gras boven de sleuf is aan de wortels blijven hangen en niet weggespoeld.

Over het algemeen kan gezegd worden dat voor het laten wegspoelen van graspolletjes een flinke ontgronding ter plaatse nodig is, omdat zij aan hun wortels blijven hangen; hierdoor geven foto's als I-2 geen goed beeld van de aantasting.

Konklusie: Vóór de proef was ter plaatse van de later ontstane sleuf de normale graszode aanwezig. Tijdens de proef bleek daar, juist aan de rand, een zanderige structuur aanwezig te zijn, en verzakte het monster (holten in het monster). Dit is mogelijk een rand-effect, maar niet alléén, en vooral niet in de eerste stadia van de kuilvorming (aan de randen

zijn de wortels doorgesneden, en is er nauwelijks cohesie tussen wand en klei waardoor gemakkelijker erosie optreedt).

Het monster bleek dus niet bestand tegen hogere snelheden, en van een gelijkmatige erosie is geen sprake.

Monster II

Start van de proef 13 mei 1970.

V66r de proef: De bovenste 10 cm van het monster werd verwijderd. Oppervlakte van het monster werd opgedrukt, totdat dit gelijk was met de bodem van de meetsectie. Monster oppervlak is glad, maar zanderig.

Tijdens de proef: Bij 1 m/sec, en na een half uur stromen ca. 2 cm erosie; het monster blijkt puin te bevatten. Erosie gaat nauwelijks verder. Bij 1,5 uur stromen met 1,5 m/sec, hebben zich op tal van plaatsen gaten tot 5 cm diepte (ca. 6 à 7 cm t.o.v. oorspronkelijke oppervlak) gevormd. Echter het grootste deel van het oppervlak (60% à 70%) blijkt beter stroombestendig en slijt nauwelijks af.

*puin in
het monster*

Het monster wordt daarom niet verder opgedrukt, zodat de diepe kuilen nu niet meer met directe stroomaanval te maken hebben. Na 3 uur (1,5 m/sec) is de diepste kuil ca. 7 cm diep (8 à 9 cm).

T.o.v. oorspronkelijke oppervlak. Overal zijn wortelhaartjes duidelijk zichtbaar.

Bij 2 m/sec spoelt het puin weg. Op veel plaatsen ontstaat een versnelde aantasting; echter een kleirug blijft nog staan, maar wordt wel zijdelings weggesleten (zie foto II-1). Na 2 uur is de bodemplaat zichtbaar en wordt met de proef gestopt.

Na de proef: Foto's II-1 en II-2 geven een beeld van de erosie. De bovenkant van de kleirug ligt 2 cm onder het oppervlak van het monster bij het begin van de proef (op de foto is het monster teruggezakt in de monsterbak). Van de kleirug is wat klei voor analyse bewaard.

Konklusie:

Het blijkt dat de grond onder de grasmat inhomogeen is: plaatsen met goede klei, en plaatsen met zand, grind en puin. Door dit laatste is een snelheid van 1,5 m/sec op de duur niet toelaatbaar; 1 m/sec geeft ook ontgroning, maar na ca. $\frac{1}{2}$ uur gaat dat nog heel langzaam: 1,25 m/sec is mogelijk een toelaatbare grenssnelheid. De erosiesnelheid is niet aan te geven gezien de verschillen van plaats tot plaats.

Monster III

Start van de proef 10 april 1970.

Vóór de proef: Monster vertoont hier en daar kale plekken, en geeft een zanderige indruk. Veel wormgaten aanwezig (foto III-1).

Tijdens de proef: Kale plekken gaan bij 2,5 m/sec wat verdiepen, en over het algemeen lichte slijtage: ca. 2 cm, met kuiltjes van 2 cm (3 à 4 cm t.o.v. begin). Rechts achter (op foto) langs de rand een sleufje (waarschijnlijk een randeffect). Daar is ook een gat gevormd doordat een los polletje door de stroom tegen de grond geslagen werd.

geen tijd

Bij 3 m/sec gaat de erosie nog langzaam verder. Vooral bovenstrooms deel van het monster blijkt wat minder stroomresistent, maar ligt beschermd, omdat omringende hoogteligging goed is en monster niet wordt opgeperst. Diepte van het gat 7 cm en van de sleuf 3 cm.

Bij 3,5 m/sec breidt sleuf rechts achter uit en vormt één geheel met het gat. Na 3 uur stromen is het monster 4 cm opgevijseld, en is de breedte van de sleuf 5 cm en de diepte 3 cm (+ 4 cm = 7 cm t.o.v. begin).

Het gat is dan 8 cm (+ 4 = 12 cm t.o.v. begin) diep. Achter gaat erosie langzaam.

Bij het nu opvijselen van het voorste gedeelte spoelt dit snel weg - ook bij verder opvijselen - proef gestopt.

Na de proef: Foto III-2 toont het beproefde monster.
 Konklusie: Benedenstrooms bevatte het monster goede klei, maar een slechte begroeiing, waardoor een voortdurende langzame erosie van de kale plekken. Bovenstrooms was de grond echter veel minder stroombestendig, en werd bij direkte stroomaanval snel weggespoeld. Ook nu is niet aan te geven wat de erosie snelheid van het monster is.

Monster IV, proef 1

Start van de proef 8 april 1970.

Vóór de proef: Zie foto IV-1: in het voorste gedeelte - links, is een kale plek zichtbaar.

Het monster ligt hier en daar 3 cm te hoog, terwijl groeven aanwezig zijn, doordat een ander monster tijdens transport op dit monster gestaan heeft (L profielen van de bodemplaat-ondersteuning maakten de groeven).

Tijdens de proef: Na 1 uur stromen met 2 m/sec geen erosie.
 Na 1 uur stromen met 2,5 m/sec slechts op enkele plaatsen lichte erosie.
 Na 2 uur stromen met 3 m/sec op enkele plaatsen erosie tot 2 cm, die nauwelijks verder gaat.
 Na 2 uur stromen met 3,5 m/sec zijn links- en rechtsachter smalle sleuven van 7 à 8 cm diepte ontstaan (waarschijnlijk ook randeffect).
 Hier en daar zitten ondiepe kuilen (oorspronkelijk kale plekken).
 Na in totaal 8 uur stromen met 3,5 m/sec zijn de sleuven achteraan iets groter geworden (10 cm diep) en de verspreid liggende kuilen iets dieper (max. 5 cm). Proef gestopt.

Na de proef: Foto's IV-2 en IV-3 geven het resultaat.

Konklusie: Het monster heeft hoge stroomsnelheden doorstaan, waarbij het hier en daar wat is aangetast. Achteraan zijn sleuven ontstaan (waarschijnlijk door randeffecten), maar door de goede grondsoort en wortelstructuur zijn deze beperkt van omvang gebleven.

Monster IV, proef 2

Start van de proef 21 april 1970.

Vóór de proef: Bovenste 10 cm van het monster verwijderd.
Monsterooppervlak ligt niet helemaal vlak (afwijking maximaal 1 cm).

Tijdens de proef: Na 1 uur stromen met 1 m/sec is het monster ca. 1 cm weggesleten, met hier en daar kuiltjes tot 2 cm onder het oorspronkelijke oppervlak.
De erosie gaat nauwelijks verder. Veel steentjes zijn zichtbaar geworden.

Bij 1,25 m/sec blijkt ca. 40% van het oppervlak minder erosiebestendig.

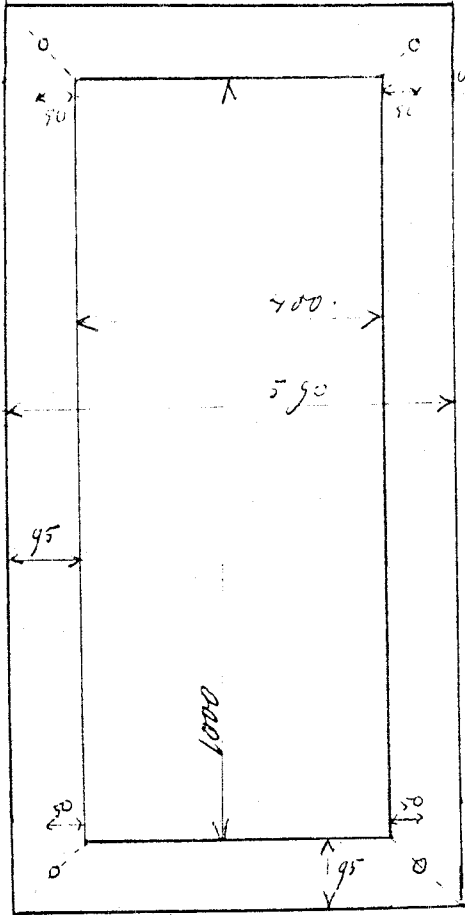
Na 1 uur stromen met 1,5 m/sec is monster totaal 1,5 cm opgevijseld, en zijn er kuilen van 4 à 5 cm t.o.v. oorspronkelijke oppervlak. De erosie gaat nauwelijks verder.

Bij 1,75 à 2,00 m/sec gaat de erosie snel, en stopt niet meer. Na 1 uur stromen hier en daar kuilen tot 12 cm onder het oorspronkelijke oppervlak. De ongelijkmatigheid in de erosie wordt te groot voor de beperkte afmetingen van het monster: de kuilen liggen beschermd en de hoge delen worden bij opersen extra zwaar aangetast. Proef gestopt.

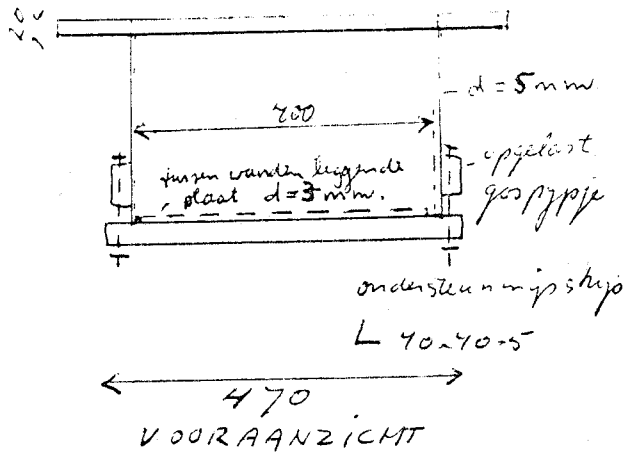
Na de proef: Foto IV-4 laat het beproefde monster zien.
De hoogte-ligging is evenals bij foto's II-1 en II-2 niet juist meer.

Konklusie: Hoewel ook nu de erosiesnelheid moeilijk vast te stellen valt, blijkt dat het monster bij snelheden boven 1,5 m/sec snel sterk beschadigt, terwijl van een weer stoppen van de erosie geen sprake meer is. Bij 1,5 m/sec blijkt na enige erosie van de zwakkere delen het monster nog redelijk stroomresistent.

Let Monster L.

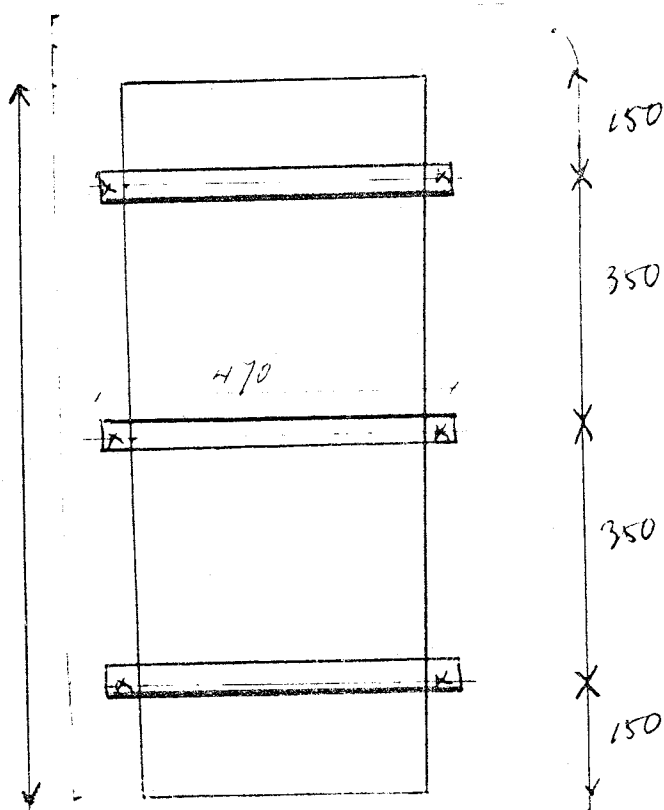


gaten $\phi 10$
 met een getept draad
 (bestaan uit vijf streven met een diameter van 1 mm)



BOVENAANZICHT

monster ca 12
 cm op beide kanten
 (voors in prof)
 Echter er stond willekeurig

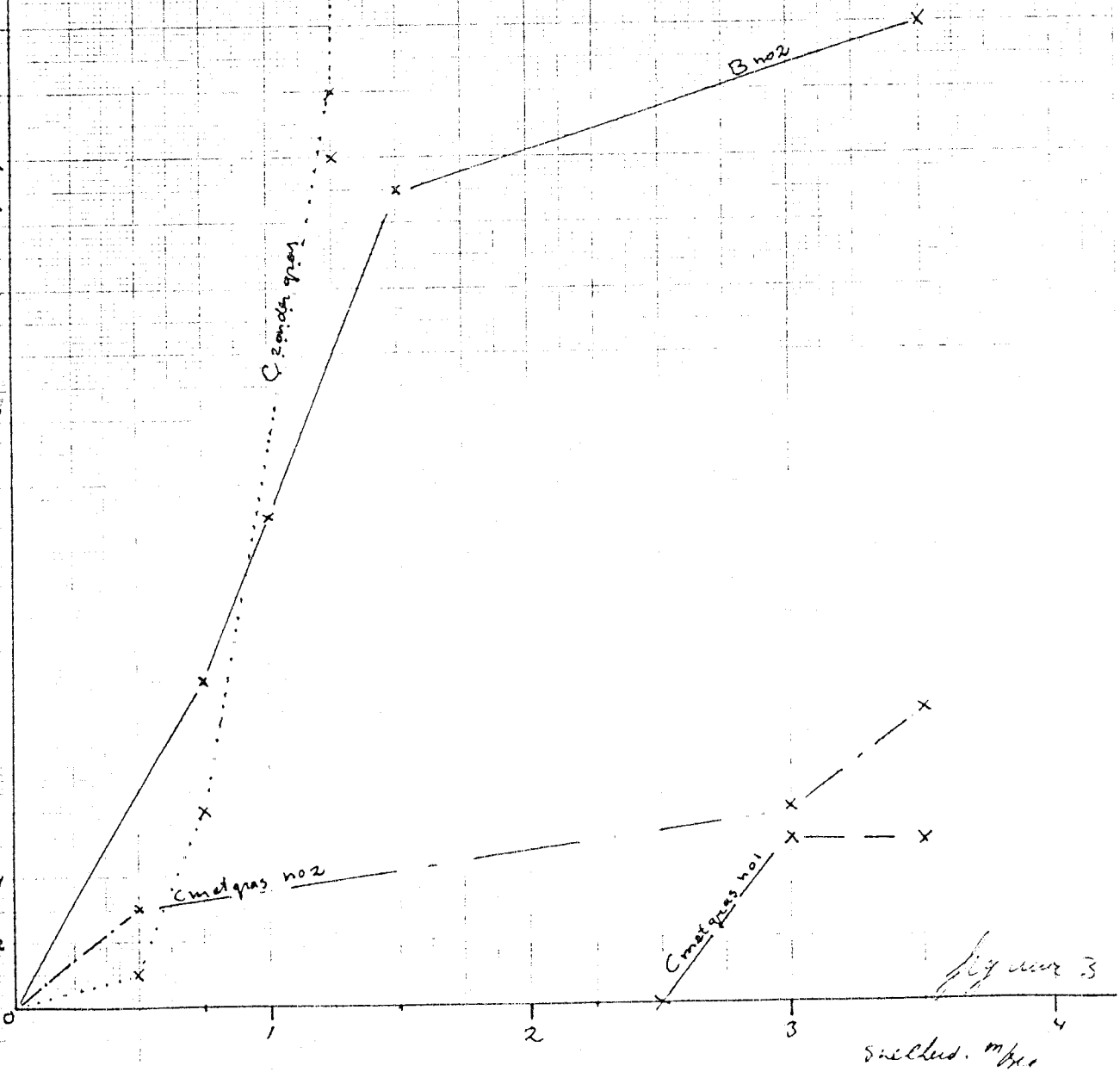


ONDERAANZICHT

figuur 2

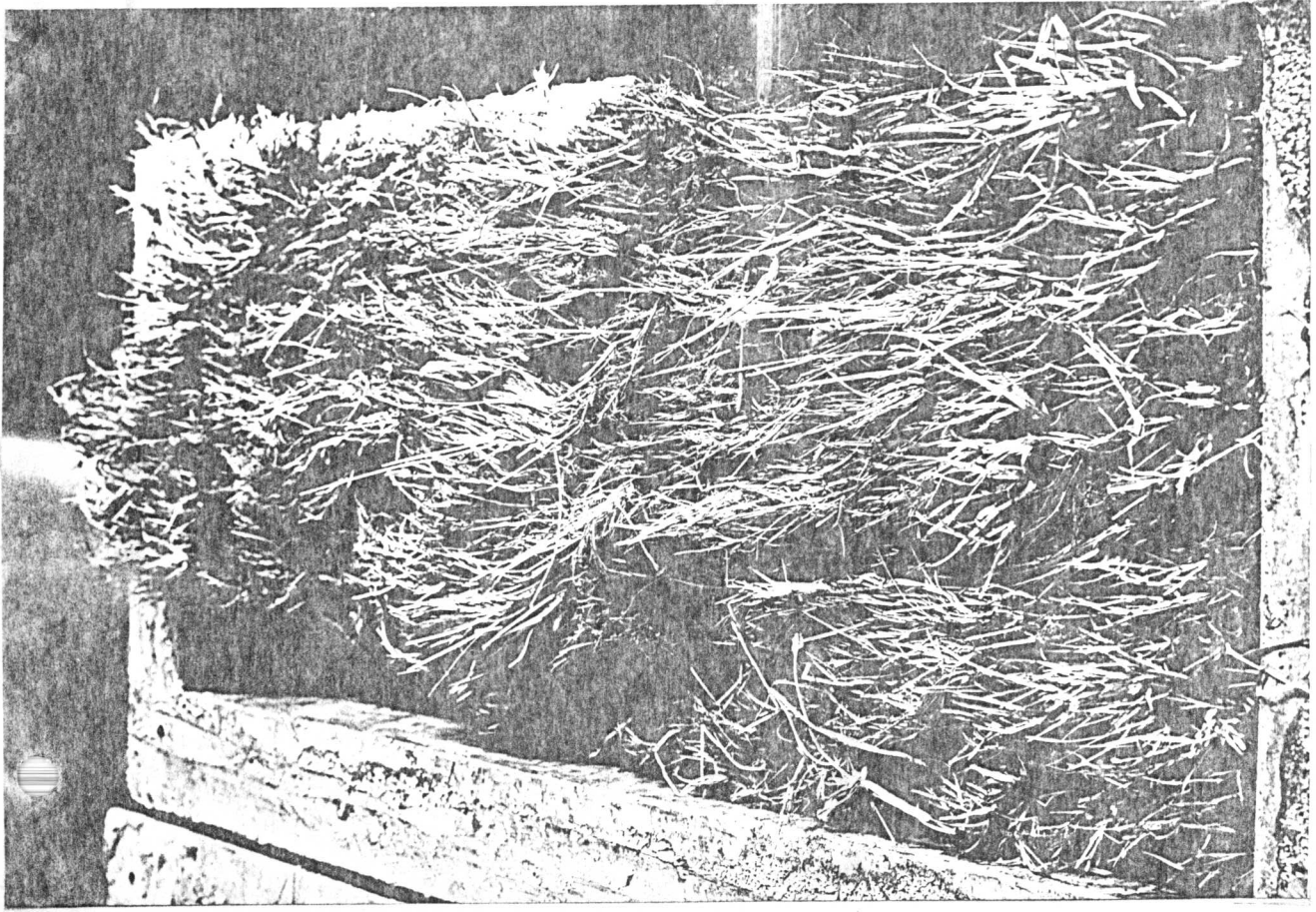
Slechts de verbindingslijn van de meetpunten is getrokken.

De meetpunten hebben betekenis op de situatie waarbij sprake is van enige stilstand in de ontgronding.



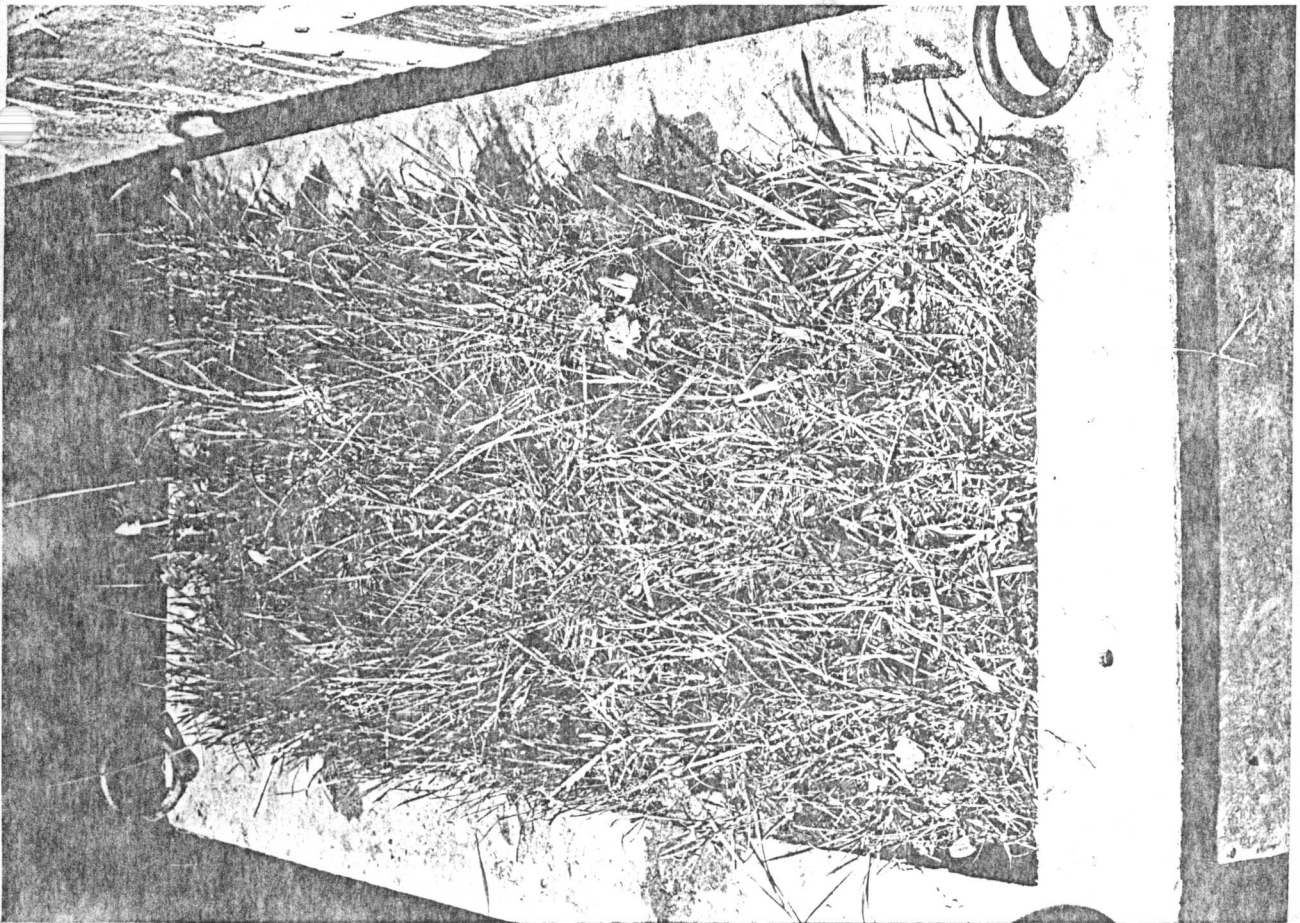
figuur 3

snelheid m/hr

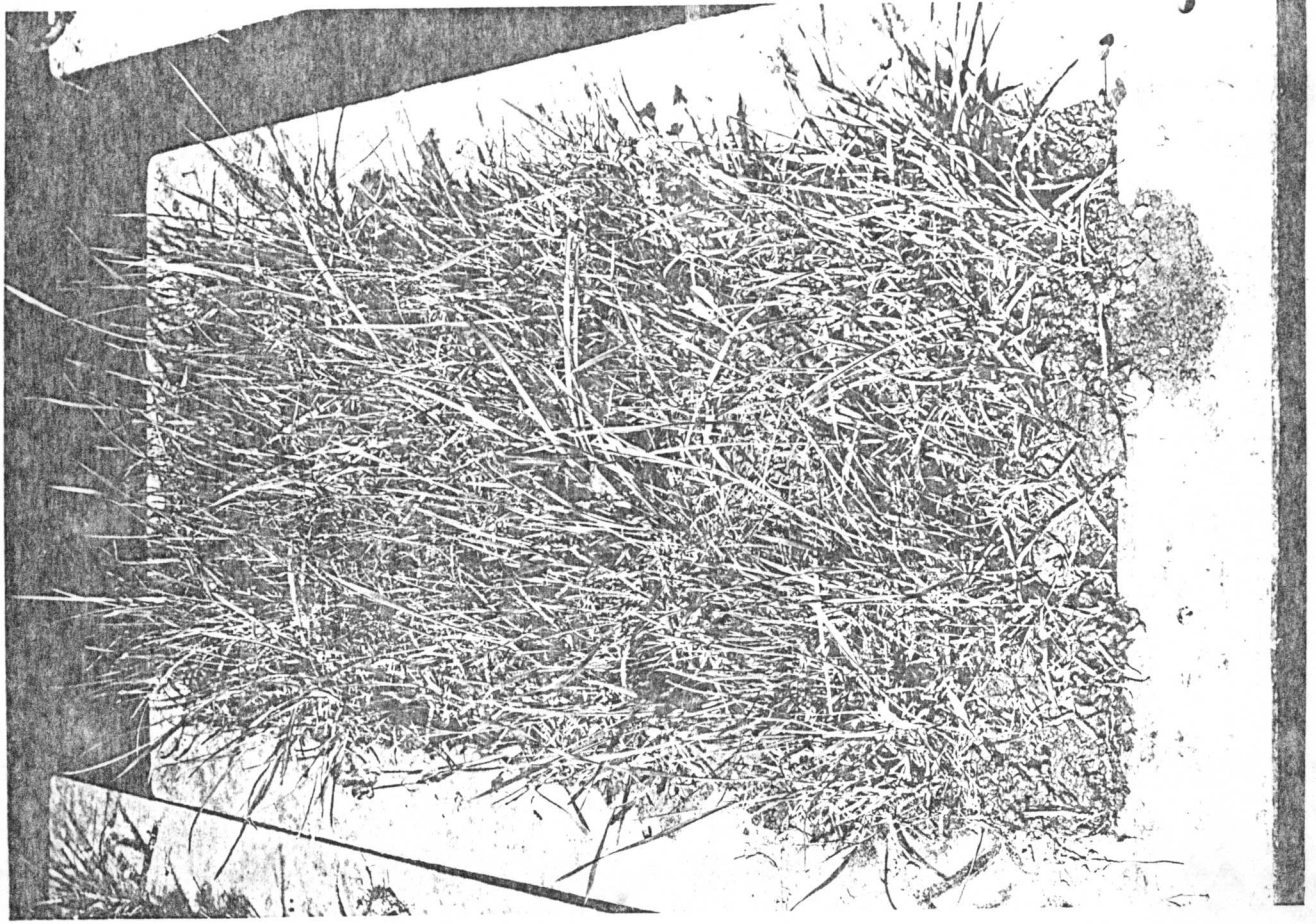


I-2

Stroomrichting



I-1

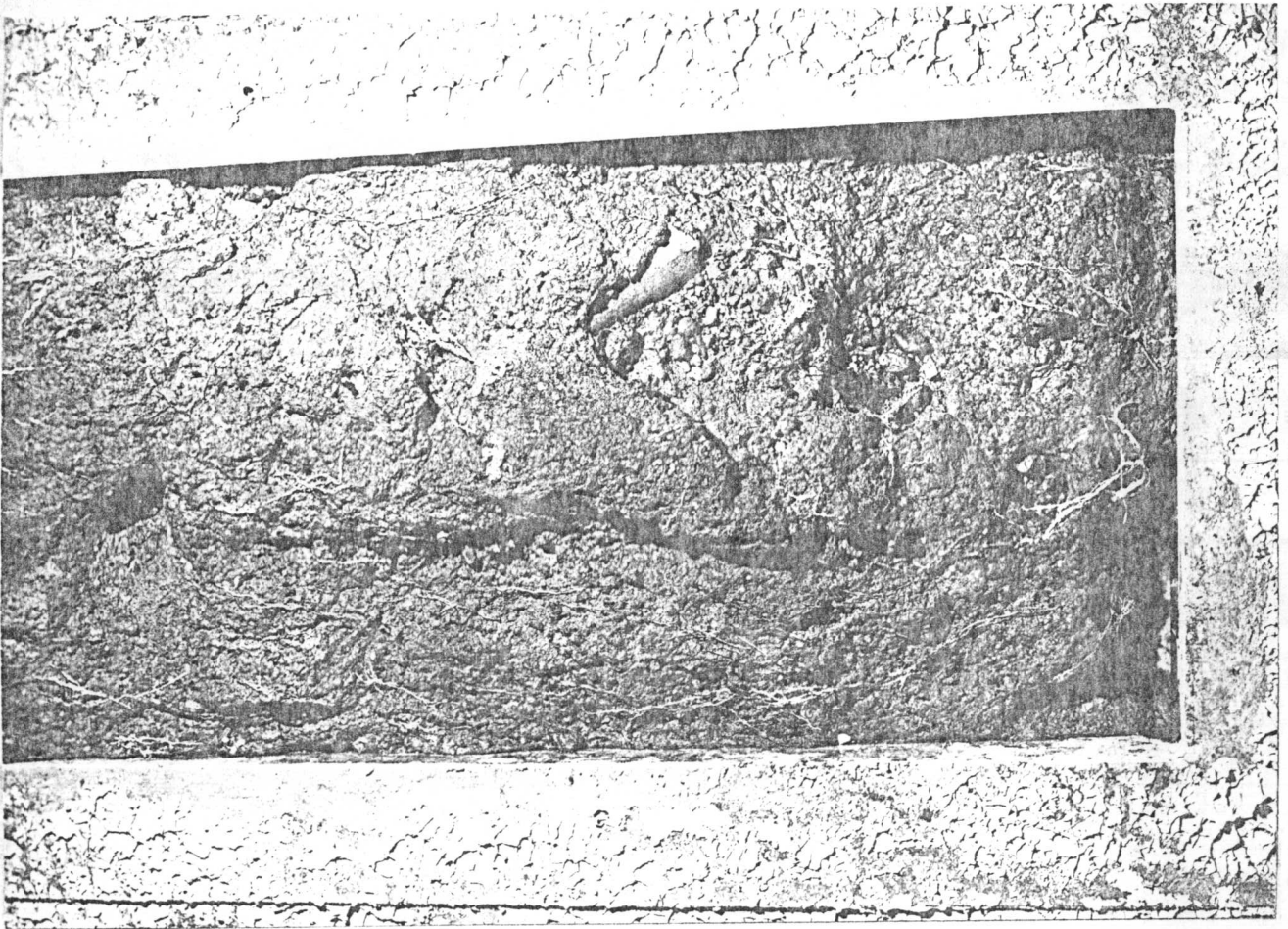


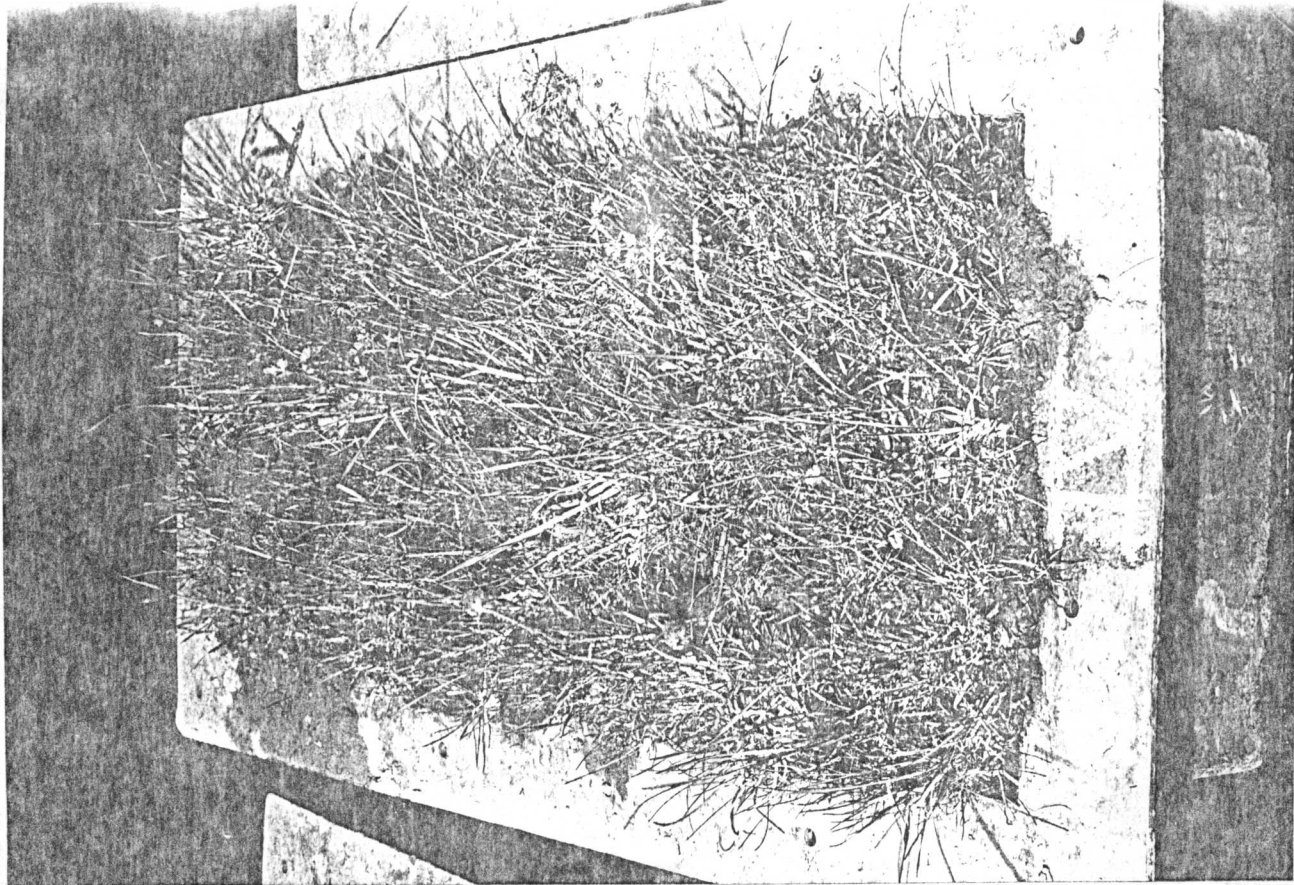
III-1

Stroomrichting



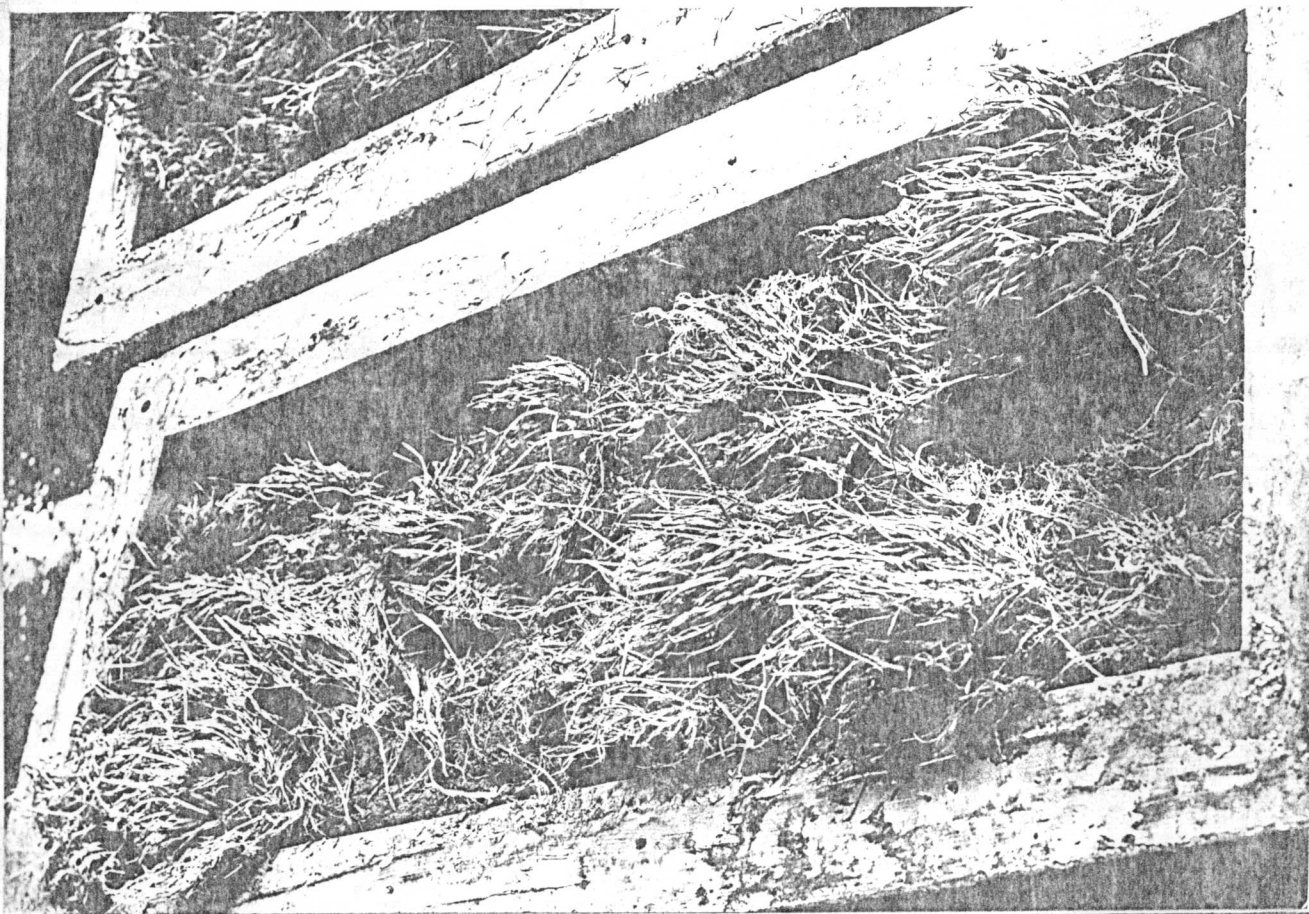
II-2





IV-1

Stromrichtung



III-2

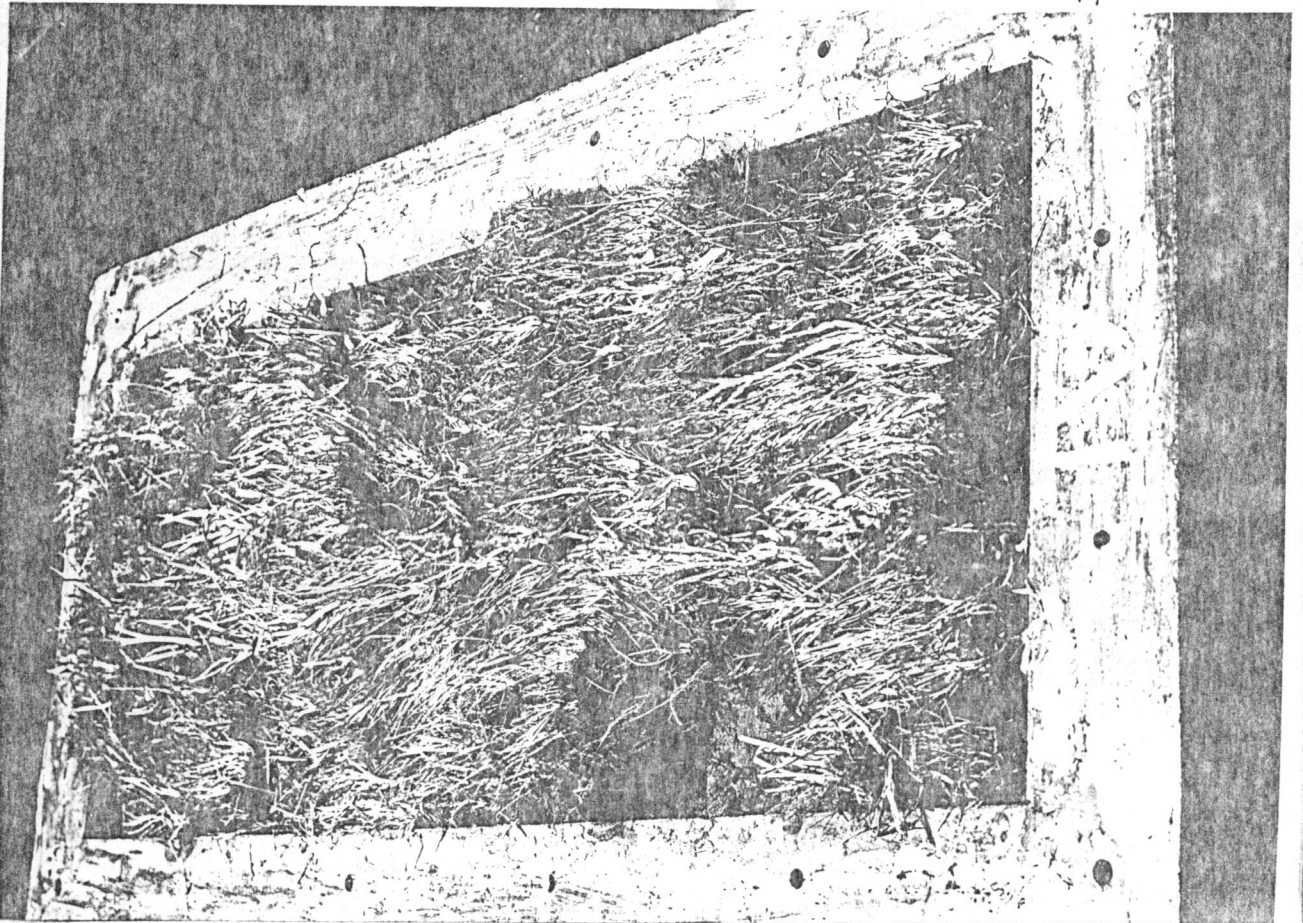


IV-3

Stroomrichting



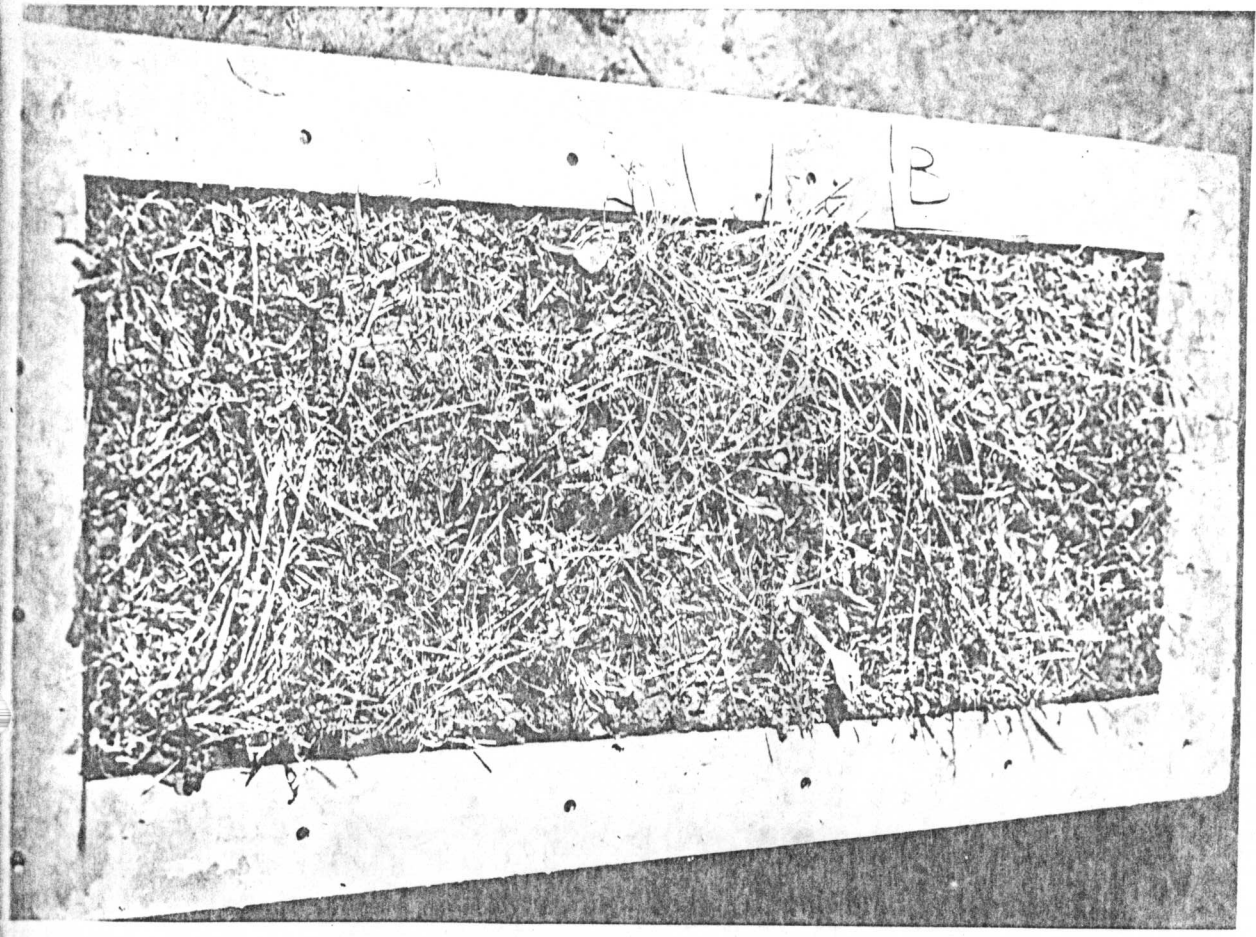
IV-2



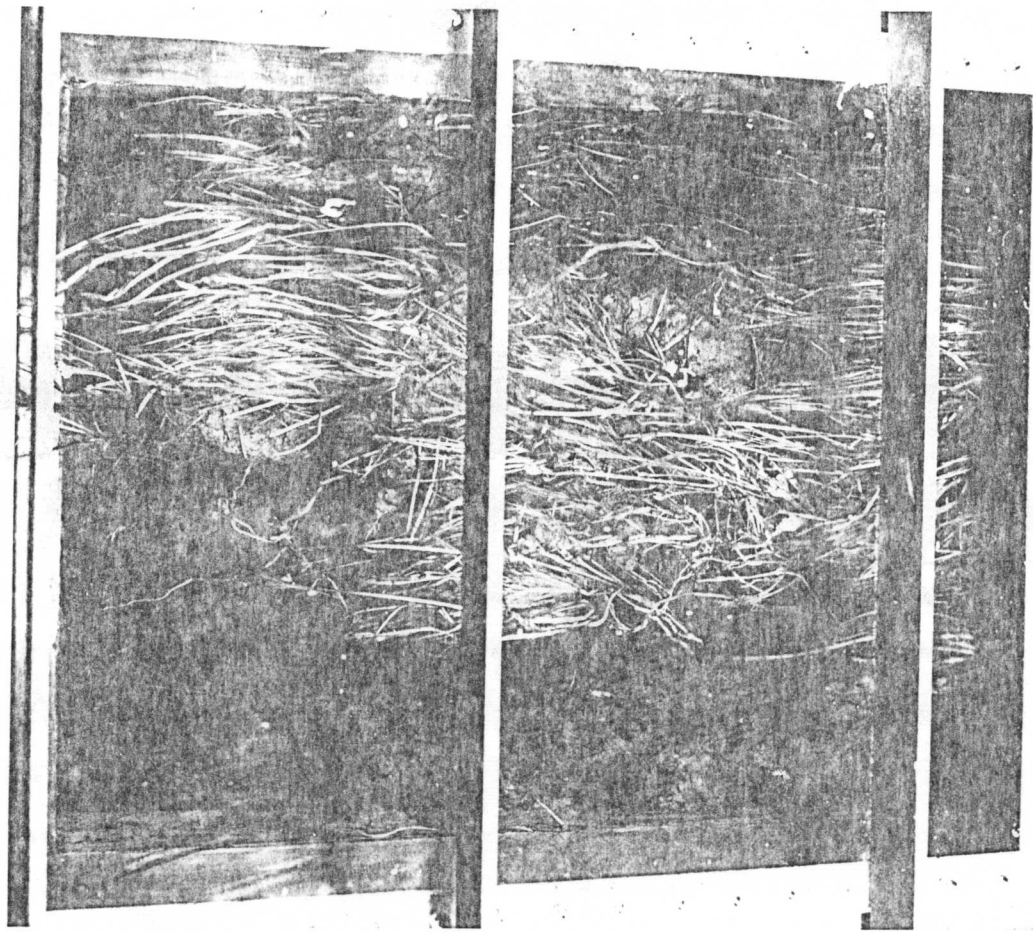
→ Stromrichtung



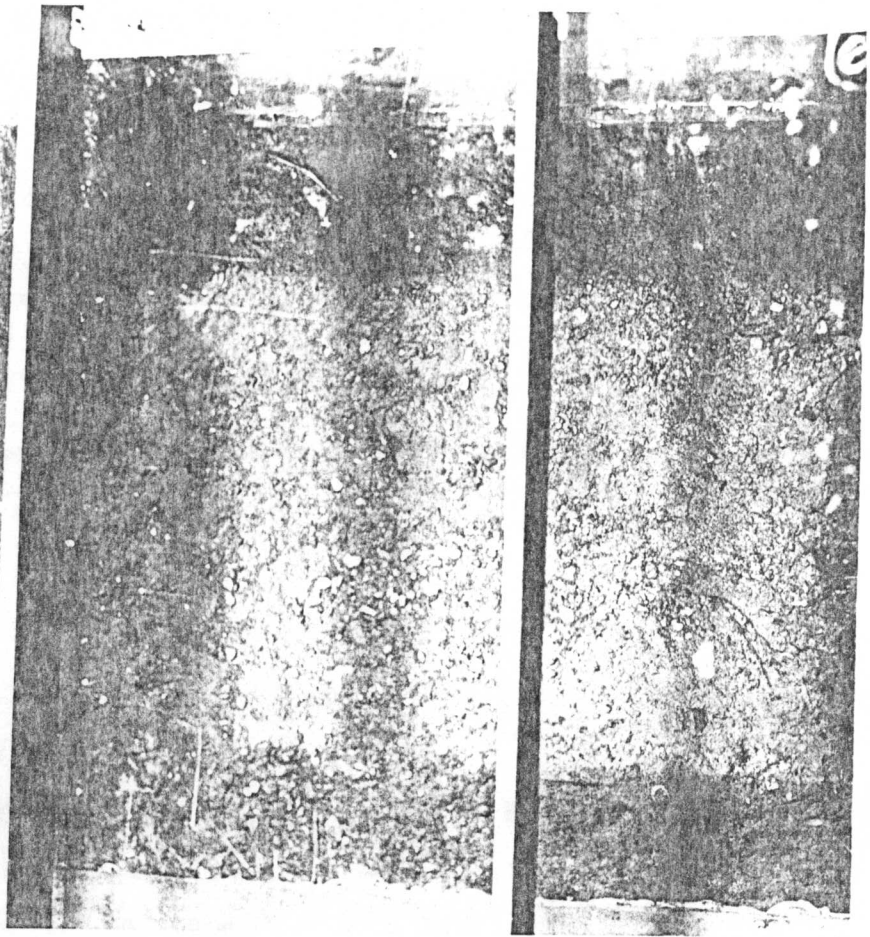
IV-4



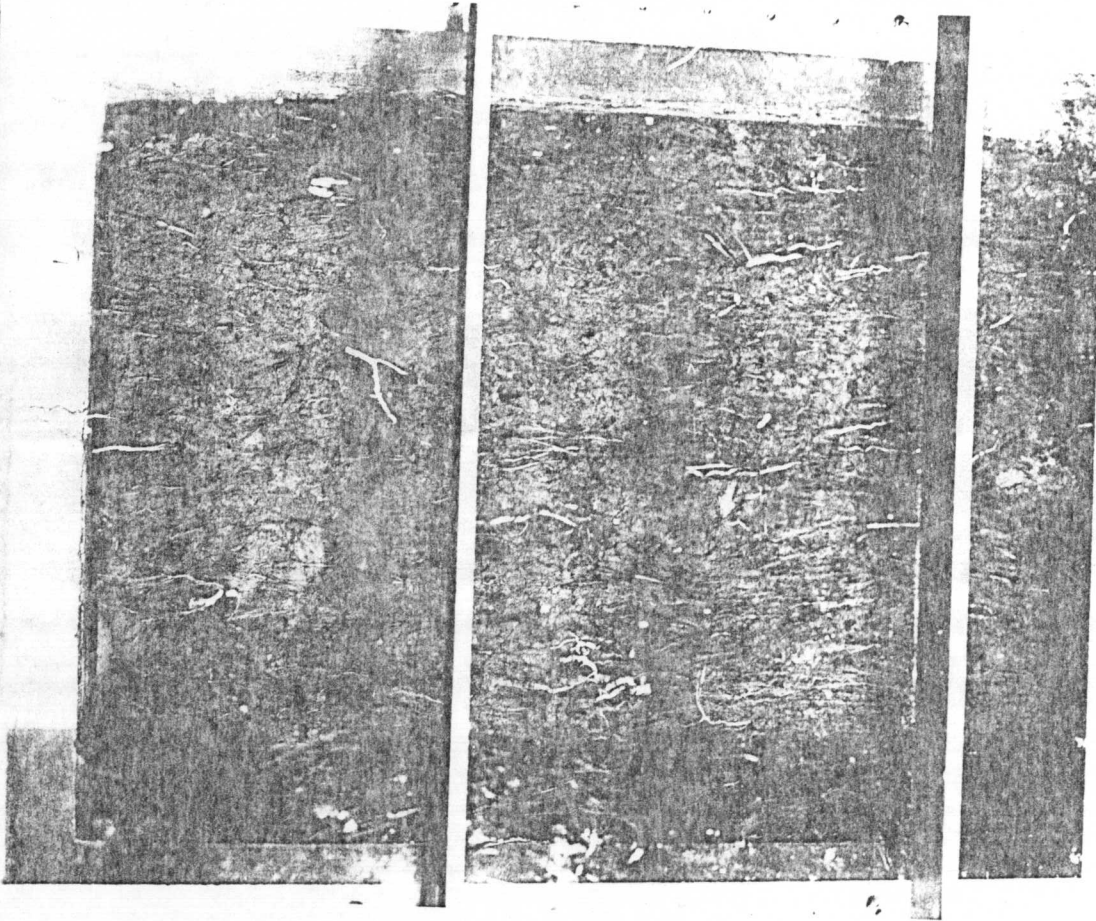
B-1



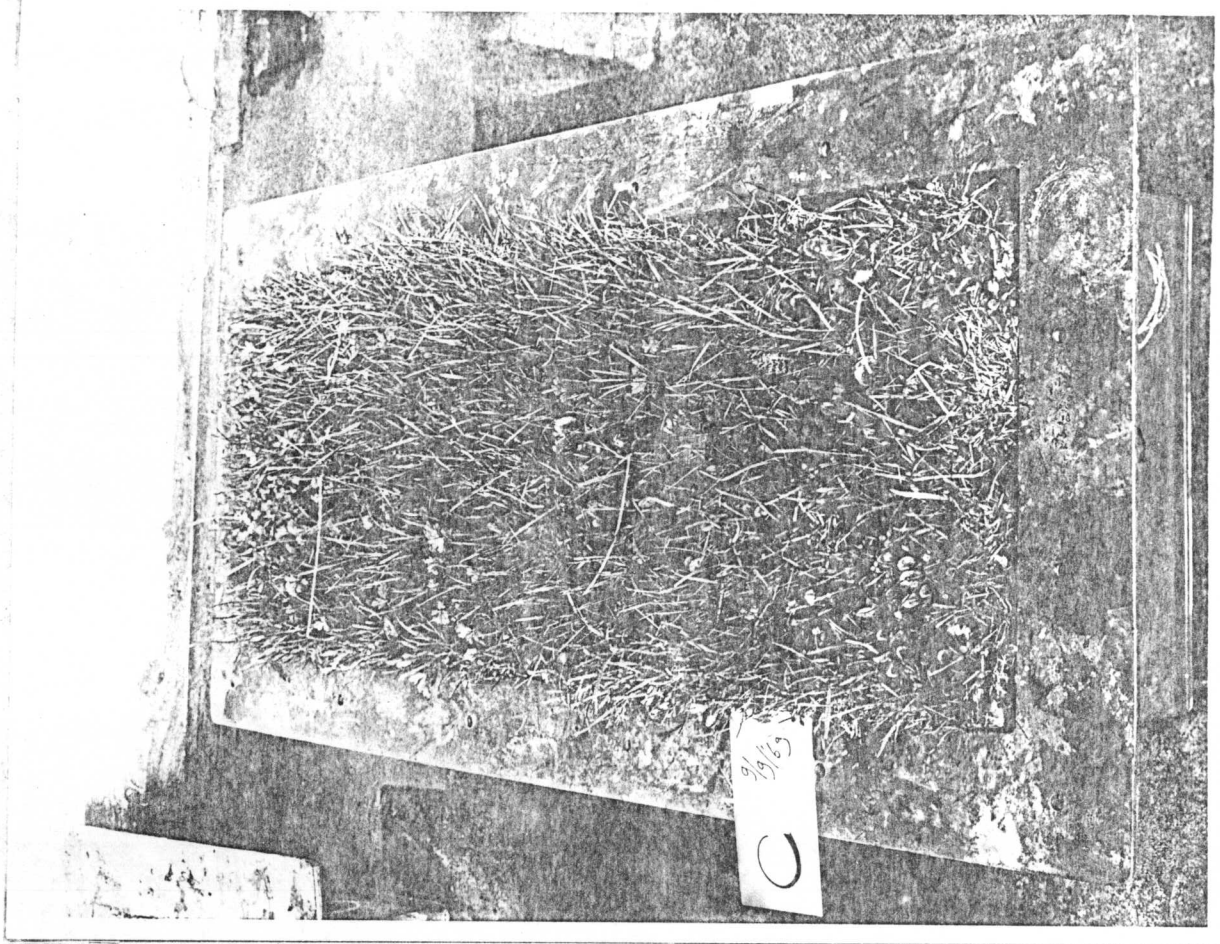
B-2



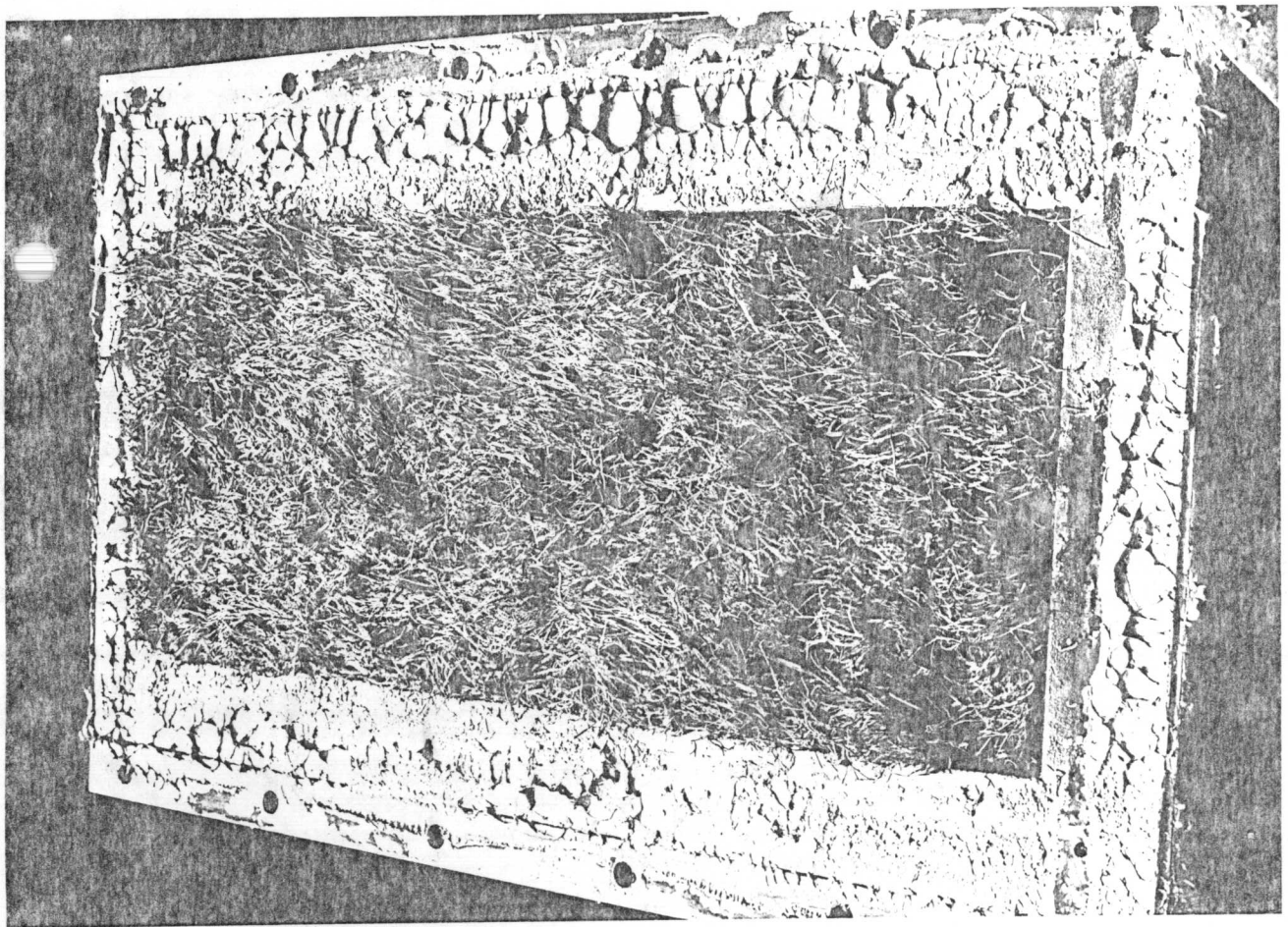
B-3



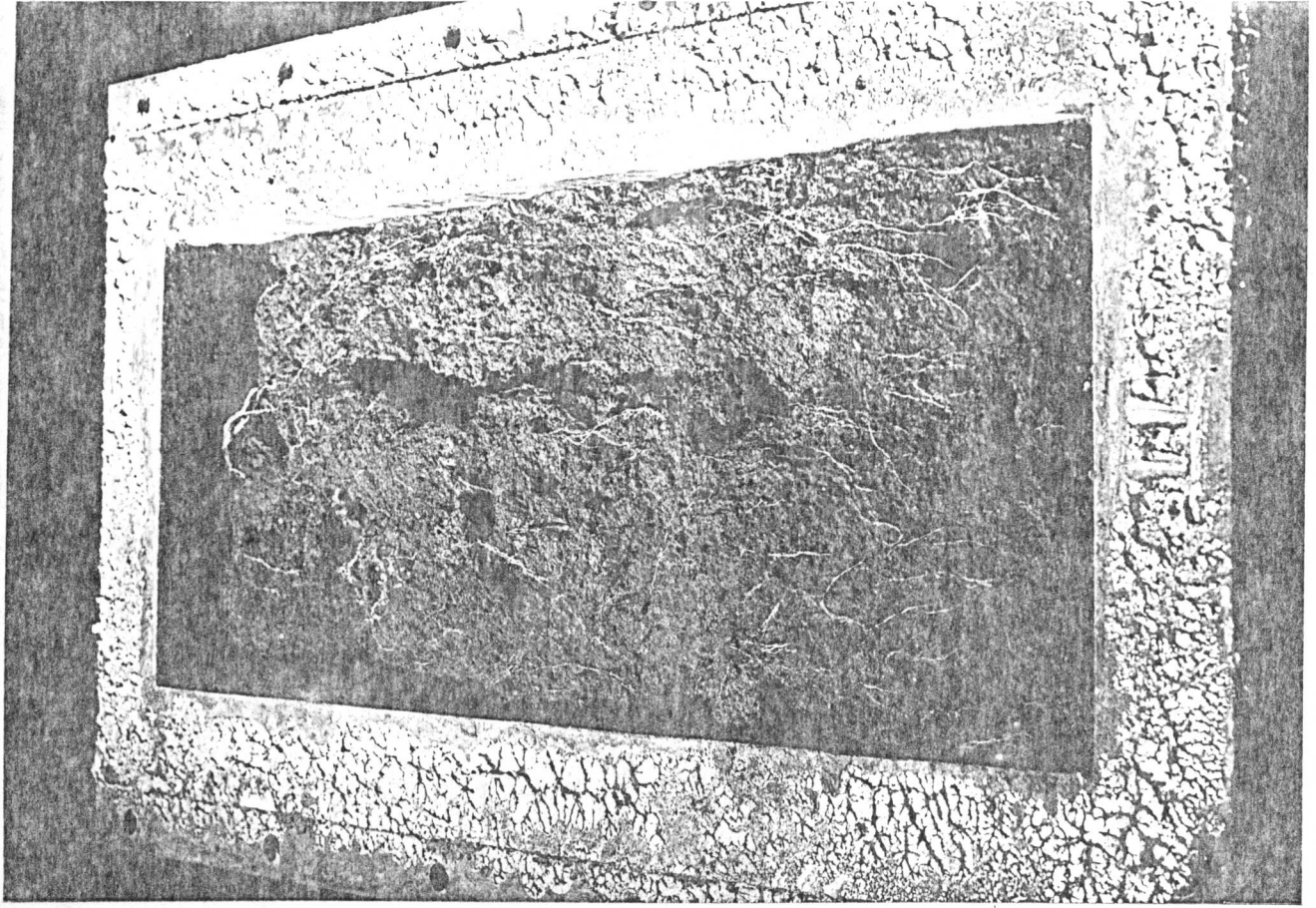
B-4.



C-1



C-2



II-1

→ *Sproomrichting*

I-3

