

<https://doi.org/10.3176/biol.1982.1.07>

УДК 631.618:631.427.22

Kallio KILDEMA | Oolu RÕÕS, Erna ANNUKA

REKULTIVEERITUD FOSFORIIDIKARJÄÄRI PINNASE MIKROFLOORAST

Tehnogeensetes ökotoopides (puistangud karjäärides, mitmesugune tööstuslik jäämaterjal — tuhk, flotatsiooniliiv jms.) arvatakse esimesteks asukateks olevat vetikad. Nad kanduvad kergesti edasi tolmu ja võivad paljuneda mitmesugusel substraadil (ШТИНА jt., 1978). Ka looduslikul eluta substraadil, näiteks vulkaanilisel tuhal, peetakse pioneerideks vetikaid (Schwabe, 1973). Lokaalselt on aga mikrofloora väljakujunemises suuri erinevusi, olenevalt substraadist ja teistest teguritest.

Meie eesmärk oli jälgida mulla mikroorganismide esinemist tehnogeensena maastikus erineva kivimilise koostisega pinnases. Uurimisaigaks oli Maardu fosforiidikarjääri kaevandatud ja rekultiveeritud osa, kuhu rajasime kompleksprofiili. Proovid mikrobioloogiliseks analüüsiks võtsime profiili neljast erineva pinnasega punktist aastail 1977—1979, analüüsid tegi ENSV TA Eksperimentaalbioloogia Instituudi mikrobioloogiasektor. Vaatluspunktide pinnase mehaaniline koostis määrati ENSV Autotranspordi ja Maanteede Ministeriumi Teedehituse ja Remondi Valitsuse nr. 2 laboratooriumis, agrokeemiliselt analüüsiti pinnas ENSV Aianduse Ministeriumi KTB aianduse kesklaboratooriumis. Kompleksprofiili iseloomustus ja vaatluspunktide taimkatte analüüs on ENSV TA Tallinna Botaanikaia töötajailt.

Kompleksprofiili piirkonnas kaevandati fosforiiti 1957—1972, puistangud tasandati 1960—1976, kusjuures kõige varem rekultiveeritud alal paikneb vaatluspunkt nr. 1 ja 70-ndate aastate keskel rekultiveeritud alal punkt nr. 4.

Fosforiidikiht oli profiili kohal kuni 15 m sügavuses ja seda katsid liivakivid, diktüoneemakilt, paekivid ja õhuke pinnakate. Pärast kaevandamist jäid puistangute tasandamisel maapinnale ja pinnase ülemisse ossa valitsevana kohati diktüoneemakilt või paekivid, kohati liiv ja liivakivid. Seetõttu on rekultiveeritud karjääris tingimused elustiku tekkeks ja mulla kujunemiseks väga ebaühtlased.

Vaatluspunkti nr. 1 pinnases domineerivad liivakivid, 4. punktis lubjakivid. Mõlemas punktis on üle 10-mm-se läbimõõduga fraktsioonis osatähtselt järgmine diktüoneemakilt. 2. punkti pinnases on suures ülekaalus diktüoneemakilt, liivakive leidub vähesel hulgal. Rähka ja kive on ülemises 20 cm paksuses kihis 57% ja koresesisaldus ulatub 77%-ni (tab. 1). Ka 3. punktis on pinnases ülekaalukalt diktüoneemakilt, kuid liivakive on rohkem kui 2. punkti pinnases. 1. ja 4. vaatluspunkti pinnas on suhteliselt kividevaene ja ka rähasisaldus on tunduvalt väiksem ülejäänud vaatluspunktidega võrreldes, küündides 10—14%-ni massist.

Pinnase reaktsioon 2. punktis, kus leidis ülirohkesti diktüoneemakilt, oli tugevasti happeline (pH_{KCl} 3,2), 4. punktis leeliseline, teistes punktides nõrgalt happeline (tab. 2).

Orgaanilise aine sisaldus oli uuritud pinnases madal. 2. punkti pinnase kõrgemat orgaanilise aine sisaldust (tab. 2) võib põhjustada diktüoneemakilda suur osatähtsus.

Tabel 1

Vaatluspunktide pinnase fraktsiooniline ja kivimiline koostis (%)

Vaatlus- punkti nr.	Kivim	Mehaaniline fraktsioon (Ø mm)						
		kivid >100	rähk 10—100	kruus 1—10	kokku kores >1	liiv 0,05—1	tolm <0,05	kokku peenes <1
1	Kokku	2,4	10,4	32,2	45,0	54,8	0,2	55,0
	sellest:							
	paekivid	—	2,3					
	diktüoneemakilt	—	35,1					
	liivakivid	100,0	57,2					
	rändkivid	—	4,4					
	muu	—	1,0					
2	Kokku	12,1	45,0	19,7	76,8	22,4	0,8	23,2
	sellest:							
	paekivid	—	0,5					
	diktüoneemakilt	100,0	91,5					
	liivakivid	—	8,0					
	rändkivid	—	—					
	muu	—	—					
3	Kokku	13,7	21,4	13,1	48,2	51,1	0,7	51,8
	sellest:							
	paekivid	—	3,0					
	diktüoneemakilt	5,5	56,5					
	liivakivid	94,5	40,5					
	rändkivid	—	—					
	muu	—	—					
4	Kokku	—	13,9	48,3	62,2	37,6	0,2	37,8
	sellest:							
	paekivid	—	50,9					
	diktüoneemakilt	—	29,3					
	liivakivid	—	13,4					
	rändkivid	—	4,6					
	muu	—	1,8					

Tabel 2

Vaatluspunktide pinnase agrokeemilise analüüsi andmed

Vaatlus- punkti nr.	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Üld-N	Huu- mus	Fe ₂ O ₃	S	Cu	Mn
		mg/100 g				%				mg/kg
1	6,4	>2291	21,7	350	0,048	2,1	0,39	0,018	12,0	145
2	3,2	1604	12,0	150	0,042	3,3	2,64	0,259	7,8	15
3	5,6	2142	14,4	200	0,070	0,7	0,34	0,021	9,8	100
4	7,9	193	19,3	1400	0,022	1,0	0,32	0,051	4,1	160

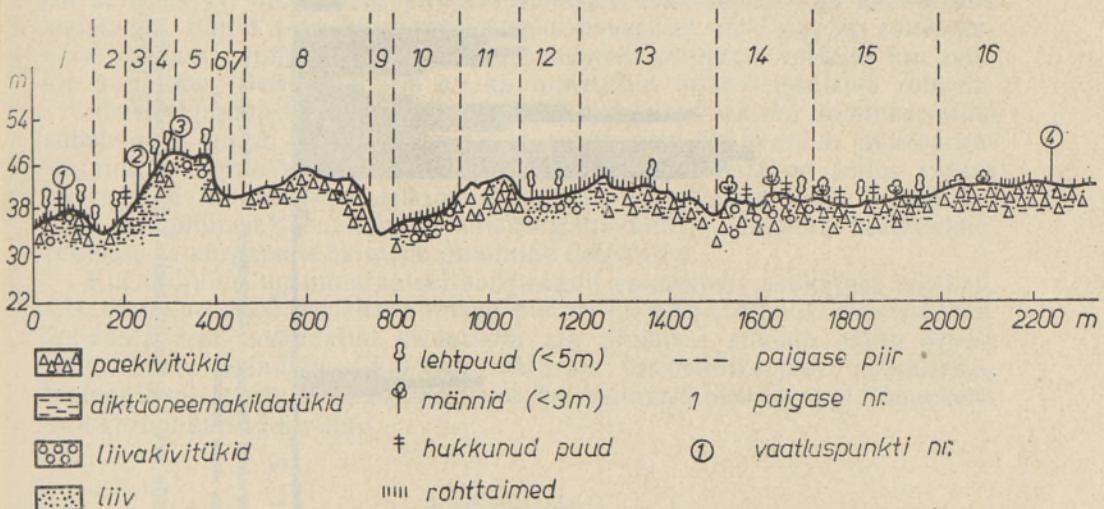
Taimkate oli vaatlusaladel väga hõre ja taimede maapealsete osade mass väike (tab. 3). Ainult 1. punktis, kus katendipuistangud on tasandatud 20 aastat tagasi, oli rohttaimede üldkatvus 40%. Dominantideks olid kõigis punktides kõrrelised.

Vaatluspunktid paiknesid reljeefi kõrgemas osas, kas päris künka lael või nõlva ülemises osas (joon. 1). Keemiatehasest asus 1. punkt 1 km, 2. punkt 1,15 ja 3. punkt 1,25 km kirdes, 4. punkt 2,9 km idas. Kolmes esimeses punktis avaldavad mullaelustiku arengule mõju ka tehase gaasilised heitmed, sest punktid on tehase suunast tuultele avatud. Nende mõju on aga ilmselt nõrgem kui pinnase oma. Seda kinnitab

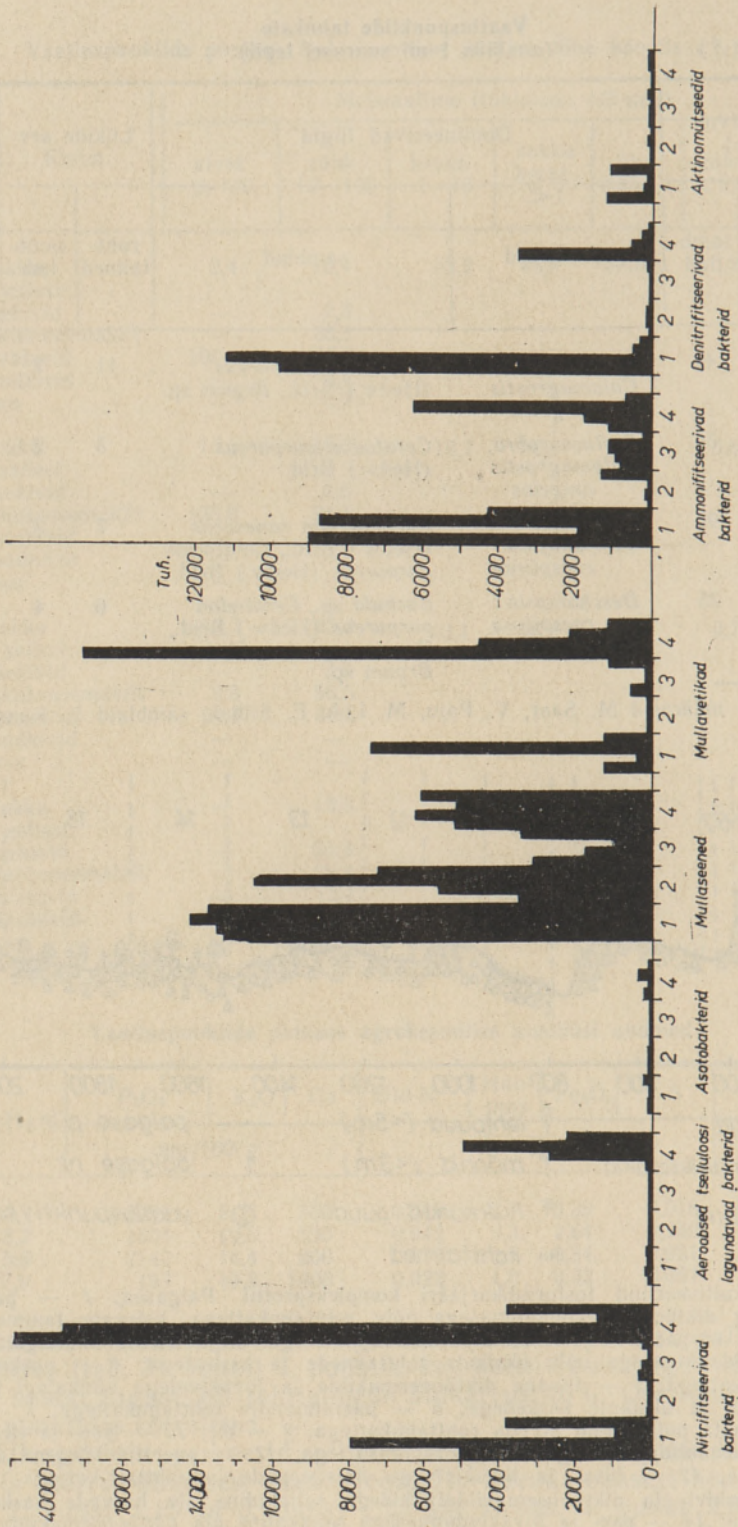
Vaatluspunktide taimkate
(analüüs 1 m² suurusel lapil)

Vaatlus- punkti nr.	Üldkatvus (%)		Domineerivad liigid		Liikide arv		Rohhtaimede maa- pealsete osade õhu- kuiv kaal (g)
	roht- taimed	samb- lad	rohttaimed	samblad	roht- taimed	samb- lad	
1	40	40	<i>Festuca rubra</i> , <i>Calamagrostis</i> <i>epigeios</i>	<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid., <i>Bryum</i> sp.	11	2	385
2	2	35	<i>Festuca rubra</i> , <i>Calamagrostis</i> <i>epigeios</i>	<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	3	2	26
3	7	90	<i>Poa nemoralis</i> , <i>Deschampsia</i> <i>caespitosa</i>	<i>Racomitrium canescens</i> (Hedw.) Brid., <i>Ceratodon</i> <i>purpureus</i> (Hedw.) Brid.	7	3	26
4	5	25	<i>Deschampsia</i> <i>caespitosa</i>	<i>Barbula</i> sp., <i>Ceratodon</i> <i>purpureus</i> (Hedw.) Brid., <i>Bryum argentum</i> Hedw., <i>Bryum</i> sp.	6	4	173

Rohhtaimi määrasid M. Saar, V. Paju, M. Liik, E. Siibak, samblaid L. Kannukene.



Joon. 1. Rekultiveeritud fosforiidikarjääri kompleksiprofiil. Paigased: 1 — pae- ja liivakivi- ning diktüoneemakildapinnasega nõlv rohttaimkattega, kidurate tammede ja kaskedega; 2 — paekivi- ja diktüoneemakildapinnasega nõgu rohttaimkattega; 3 — diktüoneemakildapinnasega nõlv üksikute rohttaimede ja kaskedega; 4 — paekividega nõlv rohttaimkattega; 5 — liivane diktüoneemakilda ja liivakividega künkalagi hõreda rohttaimkattega ja üksikute kaskedega; 6 — paerahunõlv rohttaimkattega; 7 — tee; 8 — tasandamata puistangud hõreda rohttaimkattega; 9 — tee; 10 — pae- ja liivakivi- ning diktüoneemakildapinnasega nõlv rohttaimkattega; 11 — paerahnu kõrgend hõreda rohttaimkattega; 12 — liiva- ja liivakivinõgu mustleppade ja rohttaimkattega; 13 — saviliivane paekivi- ja diktüoneemakildatükidega seljakuline ala harvade kaskedega, rohttaimkattega; 14 — pae- ja liivakivipinnasega seljakuline ala diktüoneemakilda põlemisnõgudega, kahjustatud mändidega; 15 — paekivine lainjas ala kahjustatud mändidega, laigutise rohttaimkattega; 16 — paekivine nõrgalt lainjas ala kidurate mändidega, laiguti rohttaimi.



Joon. 2. Mikroorganismide arv 1 g absoluutselt kuiva pinnase kohta vaatluspunktiides 1, 2, 3 ja 4. Proovid on võetud 27. IX 1977, 31. V ja 28. IX 1978 ning 30. X 1979.

näiteks mikrobioloogilise tegevuse suurem aktiivsus punktis 1, võrreldes punktidega 2 ja 3 (joon. 2), kuigi nende punktide kaugus tehasesst on peaaegu võrdne (kauguse vahe vaid 100—150 m).

Analüüsiandmetest võib järeldada, et bakterite ja vetikate areng on happelises keskkonnas tugevasti alla surutud (punkt 2). Kõige tundlikumateks happelise reaktsiooni suhtes osutusid aeroobsed tselluloosi lagundavad bakterid ja asotobakterid, mõnevõrra vähem nitrifitseerivad bakterid. Vetikatest esines sellises pinnases ainult vähesel hulgal *Chlorella*'t. Leeliseline keskkond oli seevastu eelnimetatuile soodus (punkt 4), kuigi see oli teiste vaatluspunktidega võrreldes tunduvalt hiljem rekultiveeritud alal.

Mullaseente arengut pinnase reaktsiooniga otseselt seostada ei saa. Ilmnes, et mullaseeni on happelises keskkonnas isegi rohkem kui leeliselises (punktid 2 ja 4). Ka ammonifitseerivate ja denitrifitseerivate bakterite ning aktinomütsetide arvukus ei olnud pinnase reaktsiooniga tihe- dalt seotud.

Kivimilisest koostisest tingitud pinnase reaktsiooni erinevused näivad olevat mikroorganismide territoriaalse leviku üheks peamiseks põhjuseks. Seevastu pinnase koreselisus ei näi mikroorganismide esinemist kuigi oluliselt mõjutavat. Kõige vähem on peenemat materjali punktis 2, see- järel punktis 4, suhteliselt suur on peenese osatähtsus 1. ja 3. punktis, kuid nitrifitseerivaid ja aeroobseid tselluloosi lagundavaid baktereid ja asotobaktereid ning vetikaid on kõige rohkem just kõrge koreselisusega 4. punkti pinnases. Suhteliselt peene materjaliga 3. punktis on kõiki mikro- organisme (isegi seeni) väga vähe.

Ammonifitseerivad ja denitrifitseerivad bakterid ning aktinomütseedid ei suuda ilmselt eksisteerida substraadil, kus muld täiesti puudub (punk- tid 2, 3 ja 4), vaatamata pinnase soodsale reaktsioonile ja keemilisele koostisele. Punkt 1 on kõige varem rekultiveeritud alal, siin on rohttaim- kate tihedam, lütomass suurem ning huumust pinnases rohkem kui teis- tes punktides. Selles punktis on ka nimetatud mikroorganismide rohkem.

Meie rekognoosuuringutest ilmneb, et diktüoneemakilda domineerimine substraadis tingib tugevalt happelise reaktsiooni ja avaldab mikroorga- nismide arengule väga negatiivset toimet. Ainukestena on selles suhtes tolerantsed mullaseened. Diktüoneemakilda osatähtsuse tõusu puhul üle 25% on pinnase asustamine mikroorganismidega, samuti mullatekke- protsess ja kõrgemate taimede ilmumine takistatud.

Kui üidjuhul on mineraalsel substraadil esimesteks asukateks vetikad, siis diktüoneemakildarikka pinnase puhul on vetikate levik raskendatud. 20 aasta eest tasandatud kildarikka ala pinnases suudab elada ainult rohevetikate esindaja *Chlorella*. Maardu fosforiidikarjääri looduslikul bioloogilisel asustamisel on sobivaimaks osutunud pinnas, kus domineeri- vad karbonaatsed kivimid.

KIRJANDUS

- Schwabe, G. H. Vulkaninsel Surtsey: ein neues Ökosystem entsteht. — Umschau, 1973, 73, 1, 7—12.
- Штина Э. А., Неганова Л. Б., Шушуева М. Г., Ланина Р. И. За- дачи и методы изучения водорослей, развивающихся на промышленных от- валах. — В кн.: Программа и методика изучения техногенных биогеоцено- зов. М., 1978, 73—88.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Tallinna Botaanikaead

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Eksperimentaalbioloogia Instituut

Toimetusse saanud
6. V 1981

О МИКРОФЛОРЕ ГРУНТА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ФОСФОРИТНЫХ КАРЬЕРОВ

В период 1977—1979 были проведены рекогносцировочные исследования микроорганизмов в грунте рекультивированных фосфоритных карьеров в северо-западной Эстонии.

В исследованном грунте (рис. 1) преобладали из вскрышных пород фосфоритной руды: в пункте 1 — песчаники (разработка руды и техническая рекультивация в 1957 и 1960 г.), в пункте 2 — диктионемовый сланец (1959, 1965 г.), в пункте 3 — диктионемовый сланец и песчаники (1959, 1965 г.), в пункте 4 — карбонатные породы (1972 и 1976 г.).

Анализы численности и видового состава микроорганизмов показали тесную зависимость микрофлоры от породного состава и реакции грунта. Самым неподходящим субстратом для жизни микроорганизмов оказался грунт, в котором преобладал диктионемовый сланец. Реакция такого грунта была кислая ($pH_{КС}$ 3,2). Толерантными к такой среде были только почвенные грибы. Водоросли, являющиеся, по данным литературы, пионерами в биологическом освоении субстратов в техногенном ландшафте, были представлены малочисленно. Преобладали зеленые водоросли *Chlorella*. Самыми чувствительными к реакции грунта оказались целлюлозоразлагающие бактерии и азотобактеры. Зависимость численности микроорганизмов от механического состава грунта не установлена.

Самым подходящим грунтом для биологического освоения оказался грунт с преобладанием карбонатных пород.

VON DER MIKROFLORA DES BODENS DER REKULTIVIERTEN PHOSPHORITGRUBEN

Im Zeitabschnitt von 1977 bis 1979 haben wir in rekultivierten Phosphoritgruben in Nordwest-Estland die rekoognoszierenden Untersuchungen über das Vorkommen der Mikroorganismen im Boden durchgeführt.

Im Boden der Beobachtungspunkte waren die Deckschichtgesteine beherrschenden: im 1. Punkt Sandsteine, im 2. Dictyonema-Schiefer, im 3. Dictyonema-Schiefer und Sandsteine, im 4. Karbonatgesteine. Erzabbau und technische Rekultivierung der Gruben wurden durchgeführt: im 1. Beobachtungspunkt bzw. in den Jahren 1957 und 1960, im 2. und 3. Punkt 1959 und 1965, im 4. 1972 und 1976. Die Analyse von der Anzahl und dem Artenbestand der Mikroorganismen zeigte nahe Abhängigkeit von dem Gesteinbestand und der Reaktion des Bodens. Am ungünstigsten für das Leben der Mikroorganismen erwies sich der Boden, in dem Dictyonema-Schiefer überwiegend war. Die Reaktion eines solchen Bodens war stark säurehaltig ($pH_{КС}$ 3,2). Als tolerant erwiesen sich hier nur Bodenpilze. Die Algen, die nach den Angaben der Literatur als Pioniere beim biologischen Besiedeln der Substrate in der technogenen Landschaft auftreten, waren geringzählig repräsentiert. Als einzige Art kam ein Vertreter der Grünalgen *Chlorella* vor. Am empfindlichsten an Bodenreaktion erwiesen sich die die Zellulose zersetzenden Bakterien und Asotobakterien. Die Abhängigkeit des Vorkommens der Mikroorganismen der mechanischen Struktur des Bodens wurde nicht beobachtet. Am günstigsten erwies sich beim biologischen Besiedeln der Boden der rekultivierten Phosphoritgruben, in dem Karbonatgesteine überwiegend waren.