

SISTE ERK

NOKRE FOREDRAG OM EROSJON 1992/93

1. JORDEROSJON - JORDARBEIDING
2. RESULTAT FRÅ NYARE FORSØK
MED EROSJON
3. UTREKNING AV EROSJON.
GRUNNLAG, VURDERINGAR, JUSTERINGAR

AV

HELGE LUNDEKVAM

Institutt for jord- og vannfag
Ås, NLH 1993

ISSN 0803-1304

INSTITUTT FOR JORD- OG VANNFAG

Norges Landbrukshøgskole

Postboks 5028, 1432 Ås Telefon: (09) 94 75 00 - Agriuniv. Ås
Telefax: (09) 94 82 11 Rapportarkiv: (09) 98 82 04

ISSN 0803 - 1304

Rapportens tittel og forfatter(e):

NOKRE FOREDRAG OM EROSJON 1992/93

1. JORDEROSJON - JORDARBEIDING.
2. RESULTAT FRÅ NYARE FORSØK MED EROSJON.
3. UTREKNING AV EROSJON. GRUNNLAG, VURDERINGAR, JUSTERINGAR

AV: HELGE LUNDEKVAM

Rapport nr : 6/1993

Begrenset distribusjon:
FRI

Dato:
NOVEMBER 1993

Prosjektnummer:

Faggruppe:
VANN

Geografisk område:
AKERSHUS/ØSTFOLD

Antall sider (inkl. bilag) 54

Oppdragsgivers ref.:

Oppdragsgiver:

Ekstrakt: JORDEROSJON - JORDARBEIDING.

Rapporten gjengir tre foredrag, holdt ved 1) SEMINAR OM REDUSERT JORDARBEIDING, Leangkollen, Asker, 15-16. januar 1992, ved 2) KONFERANSE OM EROSJON, Quality Park Hotel, Kolbotn, 17-18. september 1992 og ved 3) Avslutningsseminar for prosjekt JORDDATA, Olavsgaard Hotell, Skedsmo, 14. juni 1993.

Alle tre foredragene omhandler nyere forsøksresultater vedrørende jorderosjon - jordarbeiding basert på ruteforsøk og småfelt. Foredrag 2 inneholder også fosfordata. Foredrag 1 og 3 går inn på beregningsmetoder for erosjon i Norge, basert på en revidert bruk av den Universelle jordtapsligningen, USLE.

4. Emneord, norske

1. JORDEROSJON
2. JORDARBEIDING
3. FOSFORTAP
4. BEREGNINGER USLE

Prosjektleder:

Helge Lundekvam

For administrasjonen:

Annar Abrahamson

INN H O L D:

- FOREDRAG VED SEMINAR OM REDUSERT JORDARBEIDING
LEANGKOLLEN, ASKER, 15-16 januar 1992** s 1 - 27
- FOREDRAG VED KONFERANSE OM JORDARBEIDING
OG EROSJON
QUALITY PARK HOTEL, KOLBOTN, 17-18 september 1992** 28 - 44
- FOREDRAG VED AVSLUTNINGSSEMINAR FOR
PROSJEKT JORDDATA
OLAVSGAARD HOTELL, SKEDSMO, 14. juni 1993** 45 - 54

Helge Lundekvam,
Boks 28, 1432 Ås.

Foredrag ved "Seminar om redusert jordarbeiding", Leangkollen, Asker, 15-16. jan. 1992.

JORDEROSJON - JORDARBEIDING

SAMANDRAG.

Foredraget er basert på resultat frå tidlegare og igangverande ruteforsøk og nokre større felt, andre norske data og utanlandske resultat særleg data rundt den Universelle jordtapslikninga (USLE).

Norske erosjonsgranskingar er kortvarige og utval av jordtypar, klima- og driftstilhøve er lite. Dei fleste ruteforsøk med ulike dyrkingssystem har lege på planert leirjord, og er difor berre representative for slik jord. Det er difor trong for at igangverande forsøk held fram og at nye vert oppstarta.

Ein kan ikkje gje gode nok tal korkje for medel erosjonsnivå eller tiltaksverknad med bakgrunn i norsk forskning.

Rennande vatn synest viktigare enn regnenergi for totalerosjonen i Norge.

Naturleg erosjon kan vere minst like viktig som menneskepåverka erosjon i ravinerte leirjordsområde (td. Romerike).

Det meste av yteavrenninga og erosjonen frå jordbruksareal føregår på tala jord i vinterhalvåret.

Prinsipielt er det difor best å ikkje arbeide jorda om hausten og å late halmen liggje.

På erosjonsutsett jord (planert, siltrik leire) har ein fått 70-90 % mindre erosjon ved vårharving kontra haustpløying utan å ta vare på halmen.

Vårpløying ser ut til å gje berre litt dårlegare resultat, utan å ta vare på halmen. Ved å ta vare på halmen, som er mogleg for dette systemet, vil verknaden truleg verte betre.

Direktesåing vår gjev noko betre verknad enn vårharving utan å ta vare på halmen. Verknaden avheng av typen direktesåmaskin. Sidan ein vanskeleg kan ta vare på halmen i dette systemet, er det ikkje sikkert at det vil vere betre enn vårharving eller vårpløying dersom halmen vert utnytta i dei sistnemde systema.

Harving haust og vår ser ut til å redusere erosjonen mellom 35 og 50 % utan å ta vare på halmen, altså vesentleg dårlegare enn berre vårarbeiding. Graden av harving og graden av halmdekking vil her vere viktig. Om harvinga har meir karakter av jordløyning med mykje halmrestar på yta, så vil verknaden betrast monaleg, truleg 10-20% samanlikna med vanleg ugras-harving, men ugrasverknad og halmnedbryting vert då dårlegare.

Haustkorn vil ha variabel verknad, frå ringare enn haustharving til meir lik vårarbeiding åleine. Verknaden vil i medel vere ringare enn berre vårarbeiding.

Svært sein haustpløying synest å ha svært dårleg verknad.

Planterestar på yta (halm) har gjeve god verknad i utanlandske forsøk, minst 10% ekstra verknad. Verknaden avheng av halmmengda.

Permanent grasdekke reduserer erosjonen med over 95% samanlikna med haustpløygde openåker.

Innblanding av organisk materialet i topplaget (ikkje pløying) har gjeve svært god verknad i norske forsøk. Det krevst store mengder og slik bruk av td. kloakkslam kjem i konflikt med krav til tungmetalltilførsle til jorda. Det er viktig å gjere noko med tungmetallinnhaldet, slik at det verdfulle slammet kan nyttast og ein oppnår resirkulasjon av stoffa.

Erosjonsnivået ser ut til å liggje langt lågare på uplanert enn planert jord, samstundes som verknaden av vårpløying samanlikna med haustpløying er dårlegast på den uplanerte jorda.

Ein har altså best verknad av erosjonsreducerande dyrkingssystem på erosjonsutsett jord.

Ein må sterkt understreke at dei forsøka ein har på dette så vidt har starta, slik at resultatene så langt berre er indikasjonar. Difor må desse forsøka gå vidare for å få betre kunnskap.

Dersom indikasjonane er rette, kan det få betydelege konsekvensar for utrekna erosjonsnivå og prioritering av erosjonsreducerande tiltak.

Organisk materiale, struktur og permeabilitet i jorda er i tillegg til kornfordelinga svært viktig for yteavrenninga og erosjonsmotstanden til jorda. K-faktoren i jordtapslikninga (USLE) greier ikkje å fange opp skilnaden mellom planert og uplanert jord. Heller ikkje andre modellar vil førebels greie dette. Her trengst meir norsk forskning, for di planering er eit sarnorsk fenomen.

Det synest å vere rett å vektleggje hellingsgraden mindre og hellingslengda noko meir enn det som er gjort i USLE. Forsøka tyder på det, og det at rillerosjon er viktig i Norge, tyder òg på det. Førebels er vekta av hellingsgraden redusert ved norsk bruk av jordtapslikninga.

CR-faktorane (erosjonen ved ulike dyrkingssystem samanlikna med vårkorn dyrking med stubbharving og haustpløying som standard) bør endrast etter kvart som kunnskapsnivået aukar. Mykje tyder på at CR-faktorane vil avhenge både av dyrkingssystem og erosjonsrisiko (K-verdi).

Førebels tal viser erosjonsnivå i Norge frå 50-300 kg/daa/år ved openåkerdrift med mest haustpløying. Erosjonsrisikoen er størst i korn dyrkingsområde på marin leire og minst i morenejordsområda. På planert jord kan tala vere monaleg større. Nydanning av jordsmonn vert ofte sett til 150 kg/daa/år, og denne grensa bør ikkje overskridast. Ved å endre dyrkingssystema og/eller gjennomføre andre tiltak (tekniske tiltak) er det von om å redusere erosjonen under denne grensa over store areal.

Sedimentasjonsbasseng verkar mest som sand/silt-fang og synest å ha liten verknad på leirpartiklar og fosfor. Dette er basert på teoretisk/empirisk kunnskap og ikkje norske målingar. Bonden har mest nytta av jorda på åkeren og ikkje i basseng, så sedimentasjonsbasseng kan berre verte supplement til andre tiltak.

Vegetasjonssoner og graskledde vassvegar er nyttige for å redusere grop- og grovrillerosjon og naturleg erosjon i elve- og bekkesider. Sedimentasjonsverknaden er derimot liten, særleg for leire.

Det er store årsvariasjonar i avrenning og jordtap. I perioden 1984-91 var største jordtapet 8 gonger større enn det minste i eit felt i Ullensaker, Romerike. Fordelinga innan år varierer òg mykje. I 1990 og 1991 dominerte vinteravrenninga med mest inkje tap i april-september, medan tapa desse månadene var store i 1987/88.

Dette fører til at kortvarige granskingar kan feile mykje både når det gjeld målt erosjonsnivå og tiltaksverknad. Dessutan vil granskingar av typen "før-etter tiltak" ha så store samspelsverknader med vertilhøva at resultatata vert vanskelege eller uråd å tolke sjølv med referansefelt.

Jordtap og P-tap gjennom grøfter er svært variabelt og kan vere stort. Medelnivået i Norge er ukjent, men faktorar som jord, tid sidan grøfting, planering, kvalitet av grøftearbeid og filter, vær og jordtilstand ved grøftinga har sikkert noko å seie. Her krevst òg meir kunnskap.

Helge Lundekvam
 NLH, Inst. for jordfag/ Seksjon vatn
 Boks 28, 1432 Ås.

Foredrag ved "Seminar om redusert jordarbeiding",
 Leangkollen, Asker, 15-16. januar 1992.

JORDEROSJON - JORDARBEIDINGSTILTAK.

INNLEING.

Foredraget er basert på tidlegare og igangverande erosjonsmålingar i ruteforsøk og i nokon større felt (30 -90 daa) i Akershus og Østfold. Oversyn over igangverande og planlagde ruteforsøk med forsøksplaner finst i vedlegg 1.

Forsøksplanene er totalt omfattande, men dei fleste forsøka har berre gått i 1-2 år eller er ikkje oppstarta. Det er difor for tidleg å dra endelege konklusjonar.

Vedrørande dei større felta finst to på Holt gard i Ullensaker og eit i Ås. Desse har gått sidan 1984 og gjev god indikasjon på årsvariasjonen.

Alle felta (både ruteforsøka og dei større felta) burde avgjort gå vidare for å auke våre sparsame kunnskapar om erosjonsnivå og verknad av endra jordarbeiding.

Det er særleg viktig at dei siste forsøka legg opp til samanlikning av planert og uplanert jord og dyrkingssystem med og utan halm. Her trengst norske tal.

Like viktig er det at ein får betre tal for langtidsmedel, variasjon og trendar i erosjonen i ei tid med store varisjonar i været og påstått klimaendring. Felta vil òg gje datagrunnlag ved modellutvikling.

Det er difor sterkt å beklage at NLVF ikkje vil gje prosjektmidlar til drift av desse felta.

Ein vil i foredraget gå inn på nokon grunnleggjande sider ved erosjonen, og deretter gå inn på måleresultat.

GRUNNLEGGJANDE OM EROSJON.

Vasserosjon er naturlege prosessar der rennande vatn og regn riv laus og fraktar bort jordpartiklar.

Delprosessar

<u>Erosjonsårsak</u>	<u>Lausriving</u>	<u>Transport</u>
Regn	Viktig	Mindre viktig (direkte)
Rennande vatn	Svært viktig	Svært viktig

I Norge har vinterperioden med tele og snøsmelting (eller regn) gjeve mest erosjon på dyrka mark. Ved snøsmelting verkar berre rennande vatn. Vidare er rennande vatn aktivt ved erosjon i elvar, bekker, raviner mv. Difor er rennande vatn viktigare enn regn ved erosjon i Norge.

Ein kan snakke om

- 1) i hovudsak naturleg erosjon, og
- 2) sterkt menneskepåverka erosjon

I fylgje målingar og utrekningar av Bogen og Sandersen (Bogen og Sandersen, 1991) utgjorde naturleg erosjon ca 70% og menneskepåverka erosjon ca 30% i den marine delen av Leiras nedbørfelt på Romerike på 80-talet. Dei meiner at naturleg erosjon har vore ekstra sterk på 80-talet og meiner at denne erosjonstypen normalt vil utgjere ca 50% i området. Sjølv om desse tala er usikre, er det ikkje tvil om at naturleg erosjon er svært viktig, særleg i marine leirområde. Det har difor vore lagt for stor vekt på jordbruket som erosjonsårsak.

Jordbruket har likevel så mykje å seie at det er viktig å få redusert erosjonen frå dei utsette jordbruksareala.

Naturleg erosjon kan inndelast slik:

Sedimentkjelde	Prosess
Elvemateriale	Botngraving Sidegraving
-----	Skred/utgliding med erosjon i skredmasser.
Skråningsmateriale	Bakkesig
-----	Erosjon i skredsår

Menneskepåverka erosjon vil her omfatte erosjon frå jordbruksareal.

Ein har fylgjande erosjonsformer:

- a) Tynnsjiktererosjon
- b) Fureerosjon
- c) Groperosjon
- d) Punktererosjon
- e) Jordtap gjennom lukka grøfter.

- a) vil seie at tynne jordlag oftast under 0,2mm/år går tapt.
- b) er vassgravne furer av varierende storleik som kan fjernast ved vanleg årleg jordarbeiding.
- c) er store vassgravne grøfter eller nydanna raviner som kan fjernast ved mindre planeringstiltak.
- d) kan td. vere erosjon ved usikra røyrutlaup.
- e) er jordtap målt i grøfter. Jorda kan stamme frå yta og/eller indre erosjon i jorda.

Det er viktig å merke seg at erosjonsformene a, b og e føregår over heile jordet. Det må difor setjast inn tiltak som verkar

over det heile, som td redusert jordarbeiding vil gjere.

Erosjonsformene c og d (delvis b) reduserast ved å setje inn rette tekniske tiltak i strategiske punkt. Ein må prøve å vurdere storleiken av erosjonsformene i det einskilde tilfelle og setje inn tiltak deretter. Ofte vil det vere turvande både med tekniske tiltak og endra jordbarbeiding.

Faktorar som påverkar tynnsjikt- og fureerosjon som samla kan kallast flateerosjon.

Dette er oppsummert i den Universelle jordtapslikninga (USLE). Denne likninga er utvikla i USA og kan ikkje utan vidare nyttast i Norge, men dei faktorane som går inn er universelle.

$$A = R * K * L * S * C * P$$

A er jordtap.

R er regnenergi. I Norge er rennande vatn viktigare enn regnenergien, difor høver ikkje denne faktoren så godt her.

K er jordfaktoren, større faktor gjev større tap. Det er rimeleg å tru at denne faktoren langt på veg kan nyttast i Norge. Men faktoren er empirisk, og jordarter som ikkje er med i utgangsmaterialet kan difor syne avvik. Særleg planert jord, jord med høgt innhald av organisk materiale og steinrik morene kan ventast å avvike.

L * S er terrengfaktoren, der hellingslengda L og hellingsgraden S går inn. Ein burde vente at terrenget hadde liknande verknad i Norge som i USA. Men fordi rennande vatn og rillerosjon er relativt viktigast i Norge, kan noko avvik ventast.

C er driftsfaktoren (dyrkingssystemet) rekna i høve til brakk som er jordarbeidd langs fallet. I USA finst eit stort materiale på dette. Men systema avvik ofte frå norske system (vekstval og dyrkingsteknikk), samstundes som erosjonsrisikoen er fordelt annleis over året i Norge enn i USA. Det krevst difor norske data her, og dei fleste norske erosjonsforsøka går ut på å talfeste C-faktoren.

P er faktor for særskilde erosjonsreducerande tiltak som konturarbeiding og terrassering.

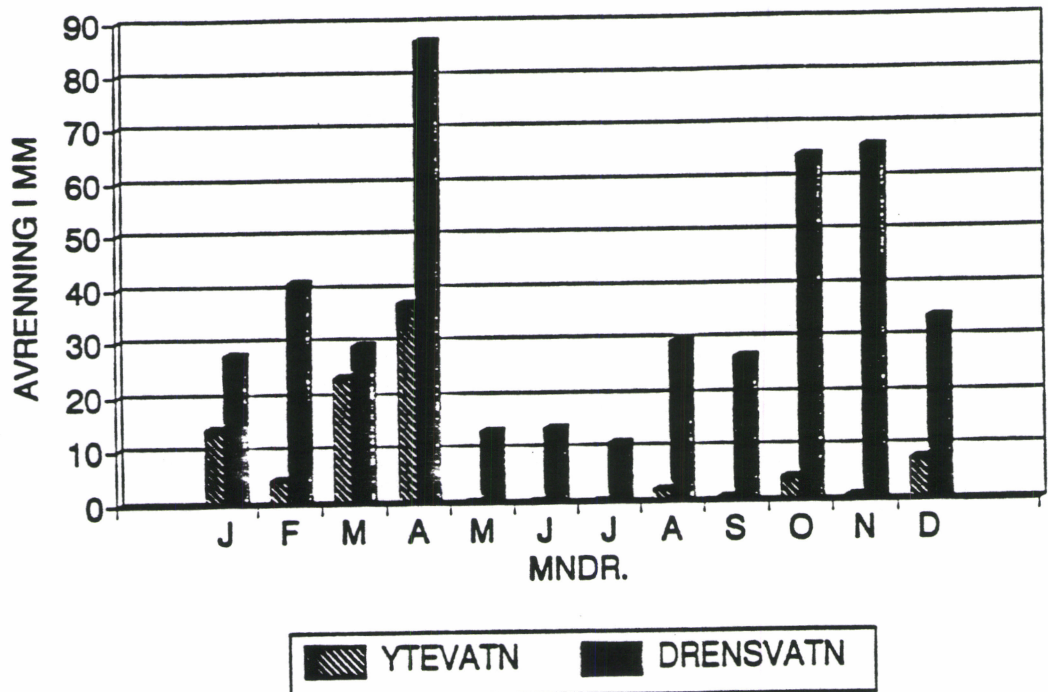
R, K og LS er naturgjevne risikofaktorar som normalt ikkje kan gjerast noko med.

Vi kan gjere noko med dyrkingmåten (C og P). Er naturleg erosjonsrisiko stor, må vi velje eit dyrkingssystem med liten risiko. Er naturleg erosjonsrisiko liten, står vi mykje friare i val av dyrkingssystem.

Hydrologiske tilhøve.

I figur 1 viser ein som døme data frå Enerstujordet i Ås, eit felt på ca 90 daa. Det går fram at yteavrenninga for det meste føregår i månader med tele (desember-mars), elles har ein berre hatt sporadisk avrenning (mest ved ekstrem nedbør i oktober 1987 og august 1988).

Grøfteavrenninga dominerer på denne uplanerte jorda. Avrenningsmønsteret tilseier at jorda ikkje burde arbeidast om hausten.



Figur 1. Enerstujordet Ås, 90 daa. Medelavrenning 1984-91 fordelt på månader. Jorda er uplanert siltig lettleire.

Jorda sin erosjonsmotstand.

$$K = 2,1 * M^{1,14} * (12-a) / 10^6 + (3,25 * (b-2) + 2,5 * (c-3)) / 100.$$

M er (% silt + % sand <0,1 mm) * (100 - % leire).

a er % organisk materiale.

b er strukturklasse (varisjon 1 til 4, 1 er best struktur).

c er permeabilitetsklasse (variasjon 1-6 der 1 er høgast permeabilitet).

Erosjonsrisikoen aukar med aukande innhald av silt og finsand, - avtek med aukande innhald av organisk materiale og - aukar med dårlegare struktur og avtakande permeabilitet. Resultat frå Hove og Njøs (Hove og Njøs, 1986) viser sterkt redusert erosjon ved innblanding av slam eller husdyrgjødsel i

topplaget på planert jord. Dette viser at vektlegginga av organisk materiale i likninga er rett, men likninga kan ikkje nyttast når % organisk materiale vert stort. Nomogrammet til Wischmeier (Wischmeier and Smith, 1978) stansar ved 4% organisk materiale.

Døme på utrekna K-faktorar, som kan illustrere verknaden av planering på ei siltrik mellomleire.

Jordeigenskap	Jordtype	
	I	II
Silt + finsand	70 %	70 %
Leire	28 %	28 %
Organisk materiale	6 %	3 %
Strukturklasse	2	4
Permeabilitetsklasse	2	4
K-faktor	0,185	0,404

Det går fram at erosjonsrisikoen vert meir enn fordobla om planeringa har medført dei endringane i jordeigenskapar som er vist over.

Utrekna K-faktorar for nokre felt der det ligg føre jordprøver.

Jord-eigenskap	Felt		
	Holt Ullensaker	Syverud Ås	Enerstujordet Ås
Silt + finsand	68 %	55 %	65 %
Leire	29 %	23 %	22 %
Organisk matr.	2,5 %	5,5 %	4,4 %
Strukturklasse	3	2	2
Permeabilitetskl.	3-4	2-3	2-3
K-faktor	0,366	0,174	0,253
Relativt (Syv = 1)	2,1	1,0	1,45

Struktur og permeabilitet er subjektivt vurdert, men ein veit at jorda på Enerstujordet er meir permeabel enn den på Holt, fordi det vert meir overflatevatn ved same nedbørmengde på Holt enn Enerstujordet.

Syverud har i mange år lege som eng og beite og vart pløygd hausten 1989, Enerstujordet har delvis lege som åker og eng, medan Holt har vore under einsidig korn i minst 15 år og er delvis planert.

Det er i hovudsak lågare innhald av organisk materiale og dårlegare struktur og permeabilitet som gjer at Romerikeleira er lettare å erodere (større K) enn jorda i Ås.

Betring av desse jordeigenskapane vil difor auke erosjonsmotstanden. Auka innhald av organisk materiale vil også betre strukturen og permeabiliteten.

Terrenkfaktoren (LS) i USLE.

Likninga for denne faktoren er i følgje Wischmeier (Wischmeier and Smith, 1978) når hellingsgraden (S) > 4 %:

$LS = (L/22,1)^{0,5} * (0,065 + 0,045 * S + 0,0065 * S^2)$.
Standard er rutelengde på 22,1 m og fall 9 %, då er LS lik 1.

Denne likninga er omdiskutert og det må nemnast at Zingg (Zingg, 1940) hadde ei erosjonslikning som såg slik ut:
 $A = \text{konstant} * L^{0,6} * S^{1,4}$, altså større vekt på hellingslengda og mindre vekt på fallet.

I nyare renneforsøk har Agarwal (Agarwal and Dickinson, 1991) sett opp følgjande likning:

$A_{er} = f(\text{nedbørintensitet}, S^{1,76}, \text{partikkeldiameter})$.
Det er òg her lagt mindre vekt på fallet enn Wischmeier gjorde.

Ut frå utrekningar på Romerike samanlikna med målingar, føreslo Lundekvam (Lundekvam, 1990) følgjande likning for LS:

$LS = (L/22,1)^{0,5} * (0,065 + 0,045 * S + 0,0065 * S^{1,8})$.

Her er vekta på hellingsgraden redusert, noko som gav rimelegare resultat. Resultat frå eit forsøk med ulik hellingslengde i Askim, tyder på at vekta på hellingslengda bør aukast. Det samsvarar med at rillerosjon truleg er relativt viktigare enn tynnsjikterosjon i Norge samanlikna med USA.

Problemstillinga er viktig, for større vekt på hellingslengda vil føre til at hellingsreduserande tiltak vil verte viktigare. Vi bør likevel ha meir norske data før likninga vert endra.

Likninga i den sistnemde versjonen vert no nytta av NIJOS (Norsk institutt for jord- og skogkartlegging) ved utarbeidinga av erosjonsrisikokart.

Jordtapslikninga kan nyttast i nokon grad om terreng, jordart eller drift varierer i hellingsretninga. Likninga kan ikkje nyttast der ein har markert rill/eller groperosjon i terrengsøkk.

FØREBELS NORSK BRUK AV JORDTAPSLIKNINGA.

Basert på målingar i feltet Holt på Romerike føreslo Lundekvam (Lundekvam, 1990) følgjande bruk av jordtapslikninga:

Uplanert jord:

$$A = 224 * K * L * S * CR.$$

Planert jord:

$$A = 700 * K * L * S * CR.$$

A er jordtap i kg / daa / år

K er som I USLE (tidlegare definert)

LS er terrenglikninga i versjonen modifisert av Lundekvam, vist før.

CR er driftsfaktor der vårkorn med stubbarbeiding og haustpløying langs fallet er sett lik 1. Dette avvik frå C-faktoren i USLE der C er lik 1 for brakk med jordarbeiding langs fallet.

Ein må merke seg at likninga for planert jord er basert på at K-faktoren vert fastsett som om jorda ikkje var planert. Konstanten 700 i staden for 224 skal kompensere for den mindre erosjonsmotstanden og dårlegare infiltrasjonen på planert jord. Dette er delvis skjønnsbasert, då ein ikkje har gode tal.

Dersom ein nyttar jorddata for planert jord, må ein nytte likninga for uplanert jord, elles får planeringa dobbel vekt. Det er tvilsamt om jorddata og likninga for K-faktoren heilt ut greier å fange opp planeringseffekten.

Likninga over er kalibrert på Holt, Ullensaker for tida 1984-88, og kan nyttast i nørområdet for same tidsrom. Ho kan ikkje nyttast for stader med andre værtilhøve og sterkt avvikande jordarter.

Nedanfor viser ein nokre CR-faktorar baserte på ei skjønsmessig vurdering av forskingsresultat. Jordtap ved vårkorn, stubbharving og haustpløying er sett lik 1.

Dyrkingssystem	CR (planert)	CR (uplanert)
1) Vårkorn, stubbharving med haustpløying	1,0	1,0
2) Vårkorn, harving haust og vår.	0,55	0,65
3) Vårkorn, vårpløying	0,33 (0,22)	0,4
4) Vårkorn, berre vårharving	0,29 (0,15)	0,35
5) Direktesåing, vår	0,25 (0,16)	0,30

Tala i parentes er målte på planert jord. For system 3 og 4 gjeld det åra 1989-91 og siltig leire, for system 5 åra 1982-87 og ei stiv leire.

Det er mogleg at verknaden av redusert jordarbeiding skulle ha vore auka (CR-faktorane reduserte i høve til haustpløying) på planert jord. Men åra 1989-91 var spesielle, slik at ein bør ha fleire år. For uplanert jord har ein berre nokon svært førebels tal som indikerer at verknaden av redusert jordarbeiding er dårlegare enn på planert jord (høgare CR-faktorar).

Det er sikkert for enkelt å differensiere erosjonen og verknaden av tiltak etter om jorda er planert eller ikkje planert. Det er særleg på stader der undergrunnsjorda har mykje lågare erosjonsmotstand enn den overliggjande jorda at

planeringa har ein uheldig verknad (leirjordsområde). Sidan det meste av planeringa har føregått i leirområde, har ein funne det rettast å ha dette skiljet. Men i nokre tilfelle (lite erosjonsutsett jord, eller lite planert) vil det slå for sterkt ut.

Ein førebels konklusjon er at erosjonen vil verte vesentleg redusert ved ikkje å arbeide jorda om hausten, særleg på erosjonsutsett jord (planert jord). Verknaden på planert jord kan vere større enn det som går fram av tabellen over. På uplanert jord er verknaden oftast mindre enn på planert jord.

Haustharving er ikkje så gunstig, på grunn av at haust/vinteravrenninga då vil erodere meir enn om jorda ikkje var harva. Graden av harving vil her vere avgjerande. Vert jorda harva heilt svart vert erosjonen stor, dersom harvinga utførast slik at mykje stubb og halm vert att på yta, kan verknaden verte noko betre (CR-faktoren lågare) enn vist i tabellen over.

Men ved svært lett harving vert ugrasverknaden ringare.

Ved direktesåing er òg graden av "jordarbeiding" avgjerande. Utstyr som berre skjer ei spalte for korn og gjødsel vil berrleggje lite jord, som medfører lite erosjon. Anna utstyr arbeider det meste av jorda som ei harv og då vil direktesåing om våren verte om lag det same som vårharving. Det finst òg utstyr som berre freser ei stripe for kvar maskinlabb.

Andre dyrkingssystem:

- Svært sein haustpløying: Dei måleresultat ein har frå 1990-91 viser helst negativ verknad. Det var lite haustavrenning desse to åra, medan vintererosjonen var stor. Dårlegare struktur i seint pløygde jord medførte større jordtap frå seint pløygde ruter. I 1987 med kraftig erosjon midt i oktober ville sein haustpløying vore positivt. Alt i alt vil dette tiltaket truleg ha liten positiv erosjonsverknad og er ikkje å tilrå. Men det er sjølv sagt ingen grunn til å haustpløye for tidleg, ein bør vente så lenge det er forsvarleg ut frå omsynet til strukturen.
- Haustkorn. I haustar med tidleg såing, godt ver og godt tilslag av haustkornet, vil erosjonen verte redusert meir enn ved berre haustharving, men knapt så mykje som ved å la åkeren liggje i stubb. Med sein såing og dårleg haustver vil kornet utvikle seg dårleg, og erosjonen kan verte større enn ved vanleg haustharving. Systemet vil i medel truleg ha ein noko betre verknad enn haustharving, men er ringare og meir usikkert enn berre vårarbeiding.
- Fangvekst isådd vår. Dersom fangveksten ikkje vert nedpløygde før om våren, må ein rekne med svært god verknad, minst så god som ved direktesåing. Skjer pløyinga om hausten, vil verknaden truleg liggje mellom haustpløying utan fangvekst og haustharving, altså langt ringare.
- Permanent eng reduserer erosjonen til mest null (minst 95 %

reduksjon).

- Halm på yta. Er rekna som svært effektivt i USA. Ein må òg rekne med god verknad i Norge, men dette er lite granska. Avgjerande er at halmen får liggje på yta over vinteren. Det oppnår ein best ved ikkje å jordarbeide om hausten, eventuelt må ein arbeide med slik reiskap (jordløysar) at halm og stubb for det meste vert verande på yta. Halmen vil skape problem ved såing om våren og må difor finkuttast og spreist jamt på yta om hausten. Det må så truleg vårpløyast eller grundig harvast før såing. Her trengst betre teknologi. Halm er verdfull som erosjonsvern (vil redusere CR med ca 0,1), og vil medføre større moldinnhald i jorda enn ved fjerning.

Andre tiltak.

- Strukturbetring av jorda. Kloakkslam og organisk materiale innharva i topplaget har gjeve godt resultat (Hove og Njøs, 1986). CR var ca 0,1. Det vart nytta 5 tonn tørrstoff pr daa, noko som overskrid dagens normer. Fjerning av tungmetall frå slammet vil gjere at større mengder kan nyttast, og ein oppnår resirkulasjon og redusert erosjon på ein gong. Verknaden vert langt ringare om det organiske materialet vert nedpløygd.
- Tversarbeiding av jorda. Det er i USA målt 10-50 % reduksjon av erosjonen, best verknad ved 2-7 % fall. Men det er sterke restriksjonar på hellingslengda (td. maks 60 m ved 8 % fall). Det krev òg at ytevatt i søkka vert kontrollert elles kan ein få auka grovrill- eller groperosjon. Norske data vantar, men forsøk er oppstarta.
- Stripedyrking på tvers av fallet. Ved alternerande eng-åker har ein i USA fått halvert erosjonen samanlikna med vanleg tversdyrking utan striper. Også her er det restriksjonar på hellingslengda. Metoden passar ikkje utan vidare i norsk terreng eller ved einseitig korn, men kan truleg nyttast nokon stader.

Partikkeltap gjennom grøfter.

Den delen av partiklane som skuldast erosjon på yta, vil verte redusert av dei tiltaka som verkar mot flateerosjon som er nemt over. Indikasjonar på dette er funne av Lundekvam (Lundekvam, 1990). Partiklar frå indre erosjon må eventuelt fjernast med betre filter. Det er i laboratorieeksperiment vist at knust Leca har verknad, særleg på P-binding (Jensen og Krogstad, 1991). Feltforsøk på dette vantar, like eins er langtidsverknader ikkje granska. Dessutan er det knapt aktuelt å grave opp att grøfter som fungerer. Uansett vil difor nye filtermateriale ikkje kunne få nokon større verknad før om mange år.

Tiltak for å fange lausrivne partiklar.

Tiltak som reduserer flateerosjonen, reduserer lausriving og transport og gjer at jorda vert verande på jordet der ho høyrer heime. Dette er viktig for jorda som ressurs. Ser ein på skadeverknader i vassdrag, vil også fjerning av jord på vegen mot vassdrag vere viktig, men slike tiltak vil vere mindre nyttige for bonden.

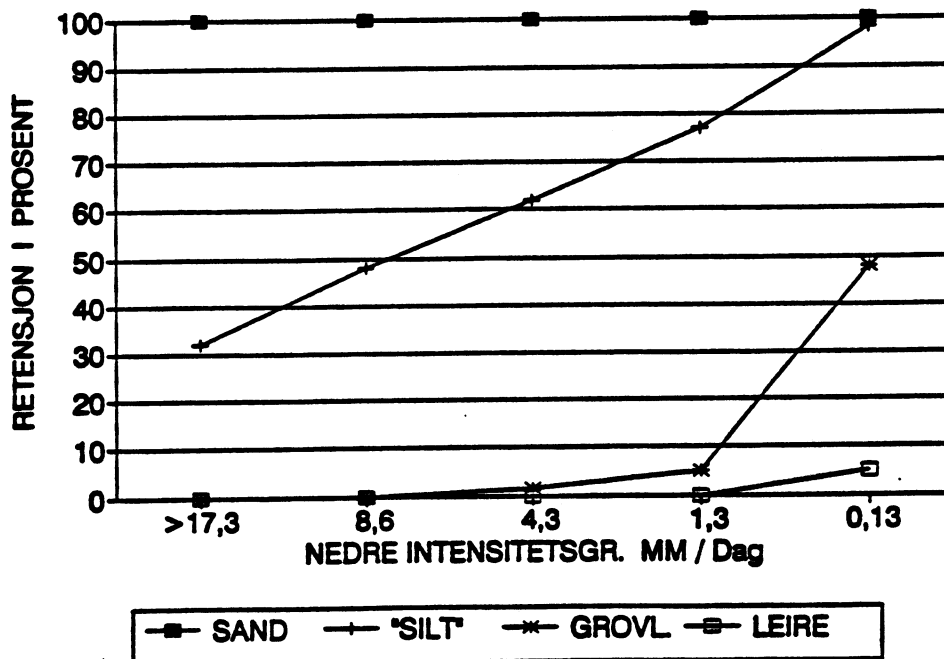
- Vegetasjonskledde areal. Dette kan vere graskledde vassvegar eller vegetasjonsstriper (stripedyrking) eller vegetasjonssoner mot vassdrag. Stripedyrking er før omtala. Graskledde vassvegar eller vegetasjonssoner vil ha liten verknad mot konsentrert overflateavrenning, særleg i vinterhalvåret då vegetasjonen er nedvisna. I beste fall vil noko sand og silt fjernast, medan det meste av leirpartiklane vil passere. Når ein tynn vassfilm passerer sakte, vil fangevna truleg auke noko, men i forsøk har Ulèn (Ulèn, 1991) funne liten verknad.

Vegetasjonssoner mot vassdrag vil vere viktig for å stabilisere elve- og bekkekantar mot erosjon. Difor bør det alltid finnast slike soner, og ein må aldri pløye heilt ut mot elva/ bekken.

- Sedimentasjonsbasseng.

Partikkelretensjon i sedimentasjonsbass

Ulike partikkelgrupper og intensitetar



Figur 2.
Partikkelretensjon i sedimentasjonsbasseng for ulike partikkelklasser ved ulike avrenningsintensitetar. Føresetnader: sjå tekst.

Avhengig av bassengvolum i høve til vassmengde (oppaldstid), plantevekst mv. vil partiklar kunna botnfellast i slike basseng. Norske forsøk er starta opp (Roseth, 1990) men førebels ligg det ikkje føre resultat. Eg har prøvd å vurdere dette teoretisk etter ein metode av Camp m.fl. (Camp, 1945) referert av Novotny (Novotny and Chesters, 1981).

Føresetnader:

Nedbørfelt: 540 daa.

Basseng: areal 150 m², volum 150 m³.

Jord: 10 % sand, 40 % "silt", 20 % grovleire, 30 % leire.

Basert på metoden fekk ein den retensjonen for dei ulike partikkelklassene i dei ulike vassføringsklassene som går fram av figur 2.

Sand vart fullstendigllstendig fjerna ved alle intensitetar, "silt" delvis fjerna, medan verknaden mot grovleire var liten og mot leire ca null.

I tillegg til dette føregår mesteparten av transporten ved store vassføringar med lita oppaldstid då fellingsverknaden er minst.

Totalt fekk ein fylgjande retensjon av partiklar i gruppene summert over vassføringsklasser:

Partikkelgruppe.	Retensjon
Sand	100 %
"Silt"	40 %
Grovleire	1,9 %
Leire	0,12 %

Retensjonen av all jord var 26 %.

Ved å auke bassengvolumet til 500 m³ vart totalretensjonen 37 %, men av grovleira vart 5-6% halde attende og av leira berre 0,5 %.

Det er ikkje teke omsyn til lausrivne leiraggregat eller vegetasjon i bassenget, det ville ha auka retensjonen noko. På den andre sida skjer det og selektiv erosjon, og det meste av transporten ville føregå i vinterhalvåret då vegetasjonen ville ha dårleg fangevne.

Det må difor konkluderast med at små sedimentasjonsbasseng vil ha liten retensjonsverknad på finpartiklar og partikkelfosfor som for det meste er knytt til finpartiklar.

Bassenga vil vesentleg fungere som sand- og siltfang. Sedimentasjonsbasseng kan difor ikkje verte det einaste tiltaket, berre eit supplement til andre tiltak. Best vil det vere å ta vare på jorda på jordet ved tidlegare nemde tiltak.

JORDEROSJONEN SIN STORLEIK, TOLEGRENSER.

Jorderosjon er målt i ruteforsøk og i mindre nedbørfelt. Dei fleste av ruteforsøka har så langt vore planerte, og på grunn av skalaverknader mv. er tala neppe reperesentative. Eg har difor valt å vise tal for nokre nedbørfelt, dels frå eigne granskingar, dels med bakgrunn i Handlingsplanen (Berger og Roseth, 1989). Av di fleire av felta hadde varierende innslag av eng eller anna permanent vegetasjon, var det naudsynleg å rekne om tala til 100% åker for å kunne samanlikne dei. Slik omrekning er sjølvsagt usikker, men eg reknar med at dei viste tala er av nokolunde rett storleiksorden. I nedbørfelta er all partikkeltransport frå overflateerosjon og grøfter med, like eins eventuell naturleg erosjon eller retensjon i bekkelaup.

Tabell 1.

Jordtap frå nokre felt omrekna til 100 % åker.

Område/Felt	Jordart	År	Tap kg/daa/år	Referanse
Romerike	Silt. m.leire	86-88	224 *	Handl.plan
Romerike/Holt	Silt. m.leire	86-88	197	Lundekvam
-----"	-----"	84-89	233	-----"
-----"	-----"	84-91	306	-----"
Ås/Enerstuj.	Mell.-lettl.	84-89	100 *	Lundekvam
Rakkestad	Mell.-stiv l.	77-79	(50-150) **	Lundekvam
N. Trøndelag	Silt. m.leire	86-88	300 *	Handl.plan
Hedmark	Morene	86-88	46 *	Handl.plan
Jæren	Morene	86-88	53 *	Handl.plan

* Tala er omrekna til 100 % åker.

** Tala er omrekna til 100 % åker og baserte på målt fosfortap.

Frå Holt er oppgjevne fleire tal baserte på ulike år. For 1984-91 er tala vel 50% større enn for 1986-88 som ligg på nivå med Handlingsplanen sine tal for Romerike. Dette skuldast uvanleg sterk erosjon dei to siste vintrane, særleg i 1990.

Dette viser at det trengst lange måleseriar for å få pålitelege medeltal, og kortvarige granskingar kan gje misvisande resultat. Bruk av gode erosjonsmodellar kan i nokon mon simulere tidsseriar, men det er naudsynleg å ha nokon målingar gåande som eit korrektiv.

Elles er morenejorda på Jæren og Hedmark mindre erosjonsutsett enn den siltige mellomleira på Romerike.

Baserte på volumvektar på 1,2 kg/l svarar tala i tabellen til at jordlag mellom 0,04 og 0,25 mm årleg går tapt. Det største talet betyr at heile pløyelaget på 25 cm vil vere

borte om 1000 år.

Dersom undergrunnsjorda er av god kvalitet, kan truleg eit slikt jordtap tolast i mange år utan nemnande produktivitetsnedgang, men på svært lang sikt er dette jordtapet for stort. På dårleg undergrunn vil det heilt klårt vere for stort.

Nydanningsfarten av matjordlaget er usikker, men i Morgan (Morgan, 1986) er referert tal for nydanning på kring 150 kg/daa/år. Tala i tabell 1 for Romerike og Trøndelag ligg i overkant av dette.

Morgan refererer òg tal for akseptabelt jordtap frå USA som er sett til ca 1000 kg/daa/år og jamvel meir på djup og god jord. Ein reknar då med uendra produktivitet i 20-30 år.

Dei norske tala vil i dei fleste høve liggje under dette, men vi har ikkje så god jord som i USA, vidare er 20-30 år svært kort tid. I tillegg kan vesentleg lågare jordtap ha negative fylgjer for vassdrag.

Difor må grensene for akseptabelt jordtap i Norge setjast vesentleg lågare. Jordtapet burde ikkje overstige 150 kg/daa/år, og helst burde det vere lågare.

Ei grense på 150 kg/daa/år burde vere oppnåeleg over store areal for di mykje areal alt ligg under denne grensa, eller ved å endre dyrkingssystem.

Men på dei mest erosjonsutsette stadene vil det krevast permanent vegetasjon.

NOKRE RESULTAT FRÅ DEI SISTE ÅRA.

Samanlikning av felta Sekkelsten I Askim og Bjørnebekk i Ås.

Desse felta ligg baa på planert siltig lettleire med over 60 % silt. Dei har baa 12% fall og rutene er 24,5 m lange i Askim og 21 m på Bjørnebekk. Avstanden er knapt 30 km. Aktuelle handsamingar er haustpløying på baa felt, vårharving i Askim og vårpløying i Ås.

Tabell 1.

Samanlikning av felta Sekkelsten (Sek) i Askim og Bjørnebekk (Bj) i Ås. Periode: hausten 1989 - april 1991. Handsamingar: haustpløying, vårharving og vårpløying. Jord: planert siltig mellomleire (> 60 % silt), 12% fall.

Handsaming	Yteavrenning i mm		Jordtap kg/daa		Jordkons. mg/l	
	Sek	Bj	Sek	Bj	Sek	Bj
Haustpløying	537	591	1070	900	1993	1528
Vårpløying	-	515	-	180	-	342
Vårharving	499	-	150	-	305	-
----- Relative tal. -----						
Haustpløying	100	100	100	100	100	100
Vårpløying	-	87	-	20	-	22
Vårharving	93	-	14	-	15	-

Når ein ser på tala for avrenning og jordtap må ein hugse at tala gjeld summen for tilnærma to år, av desse ein vinter med ekstremt jordtap 1989/90.

Ein merkar seg at tala for avrenning, jordtap og jordkonsentrasjon er av same storleiksorden i dei to felta. Det viser at dei hydrologiske skilnadene var små i perioden sidan jordartene var om lag like.

Difor var den klimatiske erosjonsrisikoen nokså lik over betydelege areal i denne perioden (deler av Akershus og Østfold). Det tyder på at ein kan bruke same konstantledd i den "norske" varianten av jordtapslikninga over dette arealet.

Sidan felta er såpass like er det òg mogleg å samanlikne dei for andre handsamingar, sjølv om handsamingane ikkje vart utførde på baa felta.

Det går då fram at vårarbeiding på desse planerte felta førde til noko redusert yteavrenning, og kraftig reduksjon i jordkonsentrasjon og jordtap samanlikna med haustpløying. Vårharving har redusert erosjonen 86%, vårpløying 80%. Etter dette skulle CR i den "norske" jordtapslikninga verte 0,14 og 0,20 for høvesvis vårharving og vårpløying på planert jord.

Sidan dei to vintrane var så spesielle, er det likevel for tidleg å ta i bruk desse tala.

Samanlikning av planert og ikkje planert jord.

Ein viser her nokre tal for felta Sekkelsten i Askim og Syverud i Ås for perioden hausten 1990 til våren 1991. Det ville vore best å samanlikne Bjørnebekk og Syverud i Ås, men som før er vist var det liten skilnad på Bjørnebekk og Sekkelsten, slik at konklusjonane ikkje ville avvike. Felta er ruteforsøk med 24,5 m lange ruter på Sekkelsten og 30 m lange ruter på Syverud. Fallet var 10-12 % og jorda var planert siltig leire (> 60% silt) på Sekkelsten, og uplanert siltig lettleire (55% silt) med rel. høgt innhald av organisk materiale på Syverud.

Ein gjer merksam på at feltet på Syverud har lege som eng og beite i mange år og vart pløygd hausten 1989. Ein vil difor ha etterverknader av enga og tala er difor enno ikkje fullt representative for åker.

Tabell 2.

Avrenning, jordtap og konsentrasjon av jord på felta Sekkelsten (Sek) i Askim og Syverud (Syv) i Ås for perioden hausten 1990 - våren 1991. Sekkelsten er ei planert siltig mellomleire, Syverud er ei uplanert siltig lettleire som har lege som beite i mange år og vart ompløygd i 1989.

Handsaming	Yteavrenn i mm		Jordtap kg/daa		Jordkons. mg/l	
	Sek.	Syv.	Sek.	Syv.	Sek.	Syv.
Haustpløying	265	58	149	6,0	562	102
Vårpløying	-	150	-	6,5	-	44
Vårharving	256	-	15	-	59	-

Relative tal						
Haustpløying	100	100	100	100	100	100
Vårpløying	-	259	-	110	-	43
Vårharving	97	-	10	-	11	-

Ved haustpløying har yteavrenninga vore mindre, jordkonsentrasjonen lågare og jordtapet langt mindre på uplanert enn planert jord.

Når jorda ikkje vart arbeidd om hausten, vart skilnaden mellom planert og uplanert jord langt mindre. Det skuldast større yteavrenning frå vårarbeidde enn haustarbeidde ruter på uplanert jord, og langt større reduksjon av jordkonsentrasjonen ved vårarbeiding på planert enn uplanert jord.

Dei siste vintrane har vore såpass spesielle, og Syverudfeltet har gått så kort tid, at ein ikkje kan dra nokon kvantitative konklusjonar av dette.

Årsaka til større yteavrenning ved vårarbeiding på Syverud var mest truleg at telen ikkje gjekk under pløyedjupet. Difor vart ikkje pløygsla tett, medan den upløygde jorda vart nokså tett. Tilsvarande er funne av Børresen og Uhlen (Børresen og Uhlen,

1991).

Den planerte jorda hadde så dårleg struktur at pløygsla vart tett og difor fekk ein ikkje mindre yteavrenning ved haustarbeiding enn vårarbeiding i Askim.

Denne skilnaden mellom planert og uplanert jord kan såleis vere spesiell for den type vintrar ein har hatt i 1989/90 og 1990/91. Skilnaden kan vere mindre i år med djup tele.

Vedrørande jordkonsentrasjon og jordtap, ser det ut for at den uplanerte jorda er vesentleg sterkare mot erosjon ved haustpløyning enn den planerte. Denne skilnaden er mykje større enn det som kan utreknast ved hjelp av jordtapslikninga (USLE). Det er difor nokså sikkert at erosjonsrisikoen på planert jord må utreknast særskilt, jordfaktoren i USLE taklar ikkje dette.

Vidare ser det ut for at ein har langt større nytte av ikkje å haustarbeide ei erosjonsutsett jord (Askim) enn ei lite erosjonsutsett jord (Syverud).

Altså aukar nytteverdien av tiltak både absolutt og relativt med erosjonsrisikoen.

Dersom denne tendensen held seg, kan dette få store konsekvensar vedrørande vurdering av erosjonen sin storleik og nytte av tiltak.

Samanlikning av vintrane 1989/90 og 1990/91.

Dette vert gjort ved å samanlikne periodane desember 1989 - oktober 1990 og november 1990 - april 1991. Mesteparten av avrenninga i desse periodane føregjekk på tela jord.

Vinteren 1989/90 hadde tele, lite og ikkje snø med periodevis mykje regn på berr, tela jord. Erosjonsrisikoen er svært stor under slike vilkår.

Vinteren 1990/91 hadde liknande teletilhøve, men det var meir snø- og isdekke og mindre regn på tela bakke. Erosjonsrisikoen var stor, men ikkje så stor som i 1989/90. Feltet Sekkelsten i Askim er nytta.

Tabell 3.

Avrenning og jordtap på feltet Sekkelsten i Askim for periodane (I) des. -89 - okt. -90 og (II) nov. -90 - apr. -91.

Jorda er planert siltrik mellomleire (> 60 % silt).

Handsaming	Yteavrenning i mm		Jordtap kg/daa		Jordtap relativt		
	Per.	I	II	I	II	I	II
Haustpløyning		272	265	920	150	100	16
Vårharving		243	256	137	15	100	11
Vårharv./haustpl.		0,89	0,96	0,15	0,10		

Det går fram at yteavrenninga var nokså lik for dei to periodane og dei to handsamingane, men jordtapatet var mykje større vinteren 1989/90 enn vinteren 1990/91 på dette feltet.

Dette viser klårt at vassmengda ikkje alltid er avgjerande for

tynnsjikt- og rillerosjon, men tilhøva ved avrenninga er særskilte viktige (avrenningsintensitet, regnintensitet, jorda sin erosjonsmotstand som varierer gjennom året, vern av snø- og isdekke mv.).

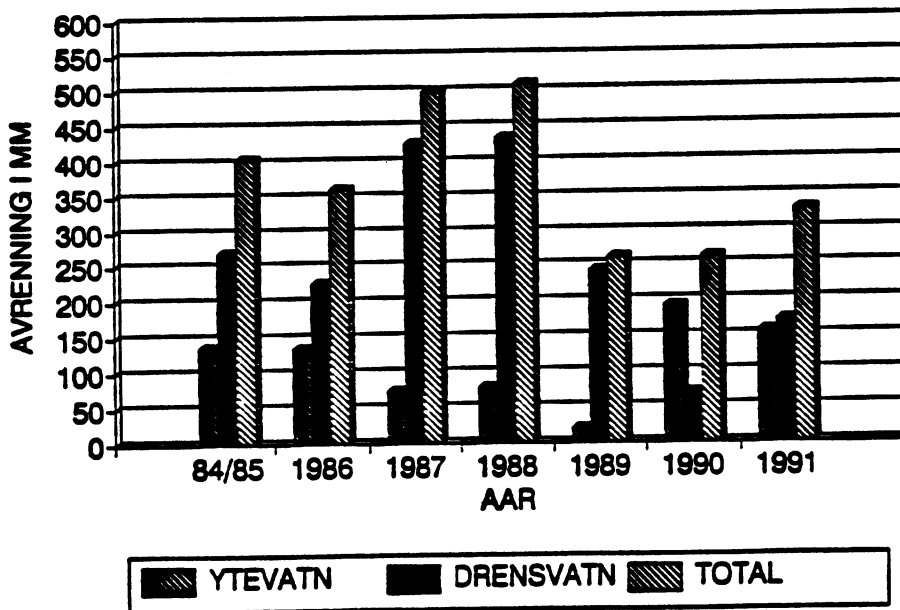
Det går fram at vinteren 1989/90 var ekstrem. Berre vårharving reduserte erosjonen kraftig samanlikna med haustpløying, og om lag like mykje både periodar.

Årsvariasjon i avrenning og jordtap 1984-91.

I figur 3 er vist årleg avrenning i perioden 1984-91 fordelt på yte- og drensvatn. Det går fram at totalavrenninga var svært stor dei nedbørrike åra 1987 og 1988. Yteavrenninga har vore relativt stor 1984-86 og særleg i 1990 og -91, medan grøftevatnet dominerte 1987-89.

HOLT1, AARS AVRENNING I MM 1984-91

YTE=116 DREN=263 TOT=379 MM



Figur 3.

Årsavrenning i feltet Holt 1 i Ullensaker i tida 1984-91. Feltet ligg på siltrik mellomleire (> 60% silt), er 27 daa stort, med fall ca. 8% og hellingslengde ca 300 m.

I figur 4 har ein framstelt avrenninga for april og mai-september for åra 1984-91 i feltet Enerstujordet i Ås. Årsvariasjonen er liknande her som i feltet Holt i Ullensaker. Det interessante er her å sjå den markerte nedgangen i avrenninga i seinvår og vekstsesong som ein har hatt etter 1988. Særleg i 1987 og 1988 hadde ein stor avrenning både like før og i vekstsesongen, medan denne mangla dei 3 siste åra.

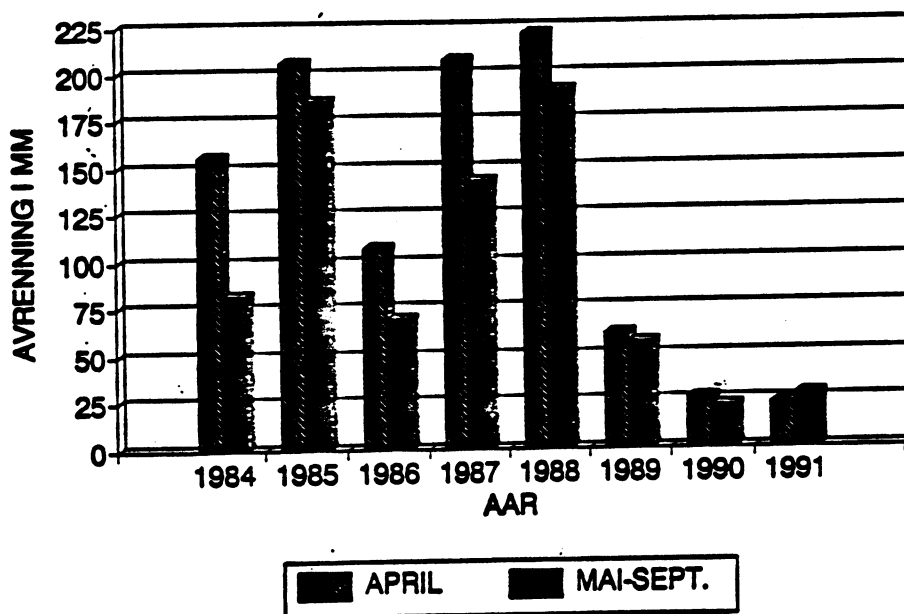
Som fylgje av dette har tilførsla til sjøar i låglandet i vekstsesongen vore markert mindre dei 3 siste åra, enn

føregående år. For sjøar med kort opphaldstid har dette mykje å seie for vasskvaliteten, av di vilkåra for sedimentasjon vert betre i langvarige rolege periodar som ein har hatt dei 3 siste somrane.

Sidan sjøane stort sett vert overvaka om sommaren, kan dette ha ført til ein observert betring av vasskvaliteten dei siste åra. Dette kan då langt på veg forklarast med endra værtilhøve som har endra avrenning og vasskvalitet. Ei vasskvalitetsendring treng difor ikkje ha noko med tiltak i felta å gjere.

Det er viktig å vere merksam på slike tilhøve, for di dei sterkt vil gripe inn i effektane av tiltak. Tiltaksverknader kan difor vanskeleg finnast ved før-etter-eksperiment utan referansefelt.

ENERSTUJ. AAS, SUMAVR. I PERIODANE APRIL OG MAI-SEP. KVART AAR



Figur 4.

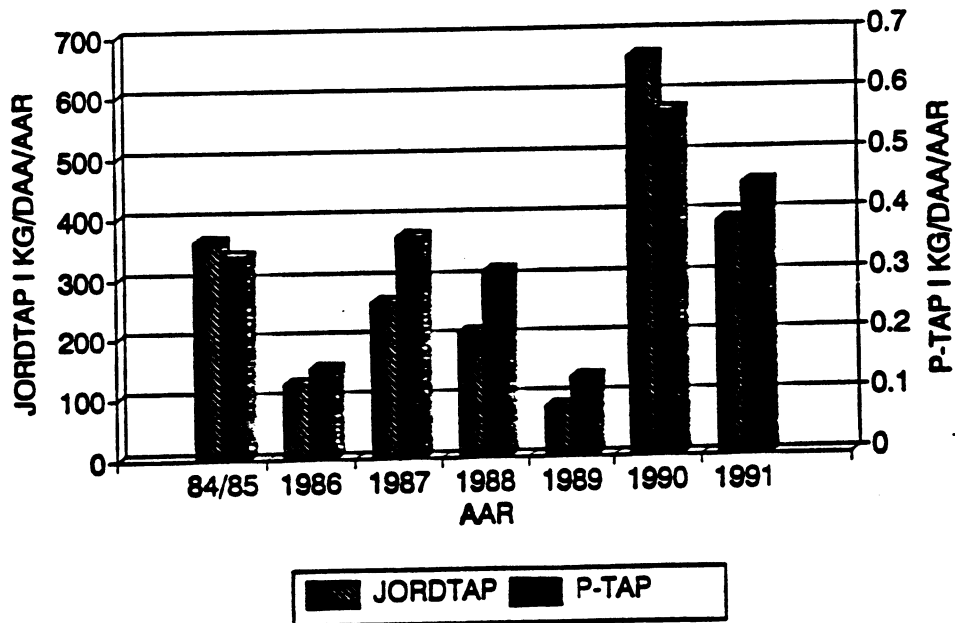
Avrenning i april og mai-september i feltet Enerstujordet i Ås for åra 1984-91. Jorda er siltig lettleire - siltig mellomleire, ikkje planert.

Årleg jordtap og - tap av total-P for feltet Holt 1 i Ullensaker er framstelt i figur 5. Året 1990 hadde ekstra stort jordtap, 1989 ekstra lite. Av figur 6 går fram korleis tapet har vore fordelt på grøftevatn og drensvatn. I 1984/85, 1986, 1990 og 1991 dominerte ytevatnet klårt, medan grøftevatnet var like viktig eller viktigare enn ytevatnet i åra 1987-89.

Største årsverdi for jordtap var ca 8 gonger større enn minste. I åra med mest grøftevatn var P-tapet relativt stort

HOLT1, JORD-, P-TAP I KG/DAA 1984-91

JORDTAP 306-, P-TAP 0,33 KG/DAA/AAR

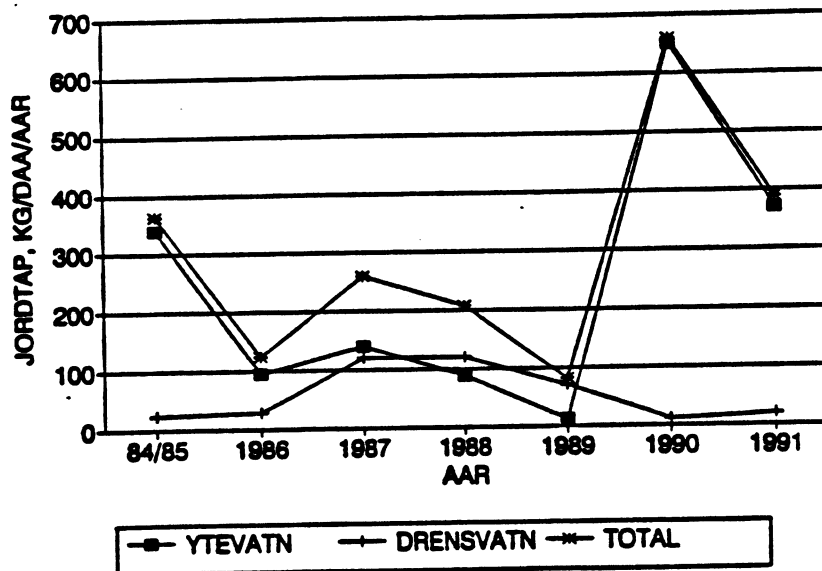


Figur 5.

Totalt årleg jord- og P-tap frå feltet Holt 1 i Ullensaker for åra 1984-91. Jorda er siltrik mellomleire (> 60 % silt), hellinga ca 8 % og hellingslengda ca 300 m. Drifta har vore ein-sidig vårkorn med stubbharving og haustpløying i minst 15 år.

HOLT1, JORDTAP I KG/DAA 1984-91

YTE=254 DREN= 52 TOT=306 KG/DAA/AAR



Figur 6.

Årleg jordtap for feltet Holt 1 i Ullensaker for åra 1984-91 fordelt på yte- og dreinsvatn. Andre feltopplysningar, sjå figur 5.

samanlikna med jordtapet. Medan i år med dominans av ytevatn var P-tapet noko mindre samanlikna med jordtapet. Men åra 1986 og 1991 er her unntak, då relativt høg tynnsjikerrosjon i høve til rillerosjon medførde noko større tap av P samanlikna med jord.

Jamtover er det god samanheng mellom jordtap og P-tap i dette feltet. Medltap av jord var 306 kg/daa/år på 8 år og P-tapet 0,33 kg/daa/år. Drifta var einsidig korn med stubbharving og haustpløying.

Jordtapet var såpass stort at det kan ventast produktivitetsnedgang på lang sikt då nydanninga av jord neppe kan vantast å vere meir enn 150 kg/daa/år (sjå avsnitt om tolegrensar). Både jord- og P-tapet er så stort at det vil ha uheldige konsekvensar for vassdrag (partikkelureining og eutrofiering).

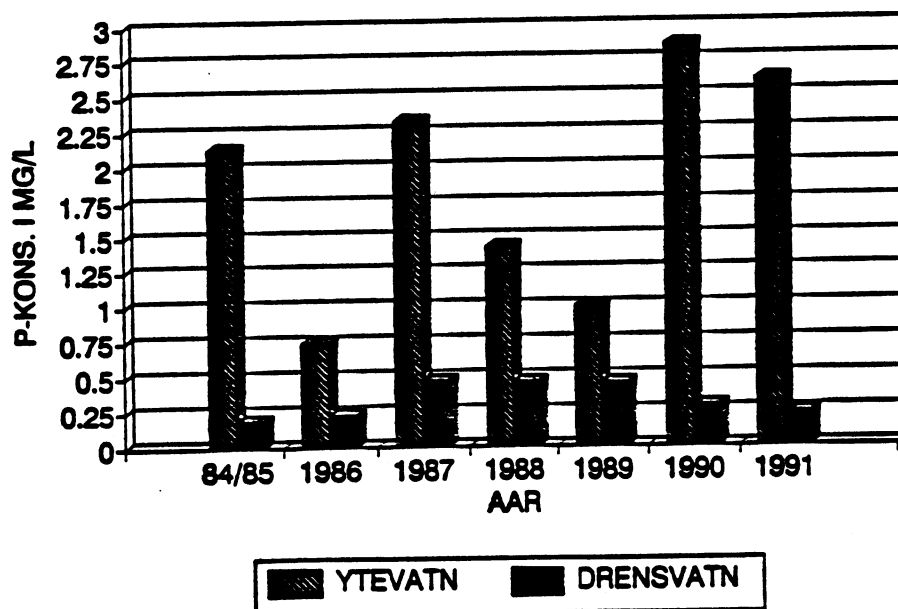
Figurane viser at ein må ha lange måleseriar for få oversyn over medel jordtap og variasjon.

Samanliknar ein figurane 4, 5 og 6 skjønar ein òg at fordelinga innan år er viktig.

Ut frå figur 5 er 1991 året med størst tap som skulle ha størst konsekvensar i vassdrag. Men ut frå figur 4 ser ein at lite skjedde dette året like før og i vekstsesongen, slik at vasskvaliteten i partikkelpåverka sjøar truleg vart betre dette året på grunn av sedimentasjon.

Åra 1987 og 1988 var totaltapa mindre, men tilførsleane i vekstsesongen større enn i 1991. I 1987 og 1988 var grøfteavrenning og naturleg erosjon betydeleg viktigare enn direkte jordtap frå yta.

HOLT1, P-KONSENTRASJONAR 1984-91 YTEVATN, DRENSVATN I MG/L



Figur 7.

Medel P-konsentrasjonar i ytevatn og grøftevatn i feltet Holt 1 i Ullensaker for åra 1984-91. Andre feltopplysningar under figur 5.

Fosforkonsentrasjonar i yte- og drensvatn.

I figur 7 har ein sett opp årleg medelkonsentrasjon av total-P i yte- og grøftevatn i Holt-feltet.

Som venta er konsentrasjonen vesentleg større i ytevatn enn i drensvatn, og det er store årsvariasjonar, 0,75-2,8 mg/l for ytevatn, og 0,2-0,5 mg/l for drensvatn. Skilnaden mellom yte- og drensvatn synest å vere ekstra stor i år med intens erosjon og avrenning på tela mark. Då er grøftevatnet i periodar verna mot direkte tilførsler frå yta på grunn av telen.

Ein merkar seg at P-konsentrasjonane i grøftevatn i dette høvet (0,2-0,5 mg/l) er langt høgare enn i skogsvatn (0,02-0,04 mg/l). Difor har dette grøftevatnet kraftig ureinande verknad.

I Syverudfeltet i Ås var P-konsentrasjonane både i yte og grøftevatn langt lågare, som går fram av fylgjande tabell.

Tabell 4.

Konsentrasjonar av total-P i yte- og grøftevatn i feltet Syverud i Ås. Periode: nov. 1990 - apr. 1991. Jorda er siltig lettleire med rel. høgt innhald av organisk materiale, og har lege som beite i lang tid. Hellingslengde 30 m, hellingsgrad ca 10 ‰. Grøftene er minst 30 år gamle.

Handsaming	Ytevatn Kons i mg/l	Grøftevatn Kons i mg/l
Haustpløying	0,23	0,035
Vårpløying	0,22	0,035

Det var om lag ingen skilnad i P-konsentrasjon mellom handsamingane korkje for ytevatn eller drensvatn i dette feltet, noko som avveik sterkt frå felt med lett eroderande jord. (Holt 1 og planerte felt).

Sidan yteavrenninga i mm var ca 3 gonger større frå vårpløygde enn haustpløygde ruter på dette feltet, vart naturleg nok P-tapa i kg/daa også større.

NB! Ein hadde dette året negativ verknad på P-tapet av å utsetje pløyinga til våren på dette feltet. Det er stikk i strid med det ein tidlegare har funne i erosjonsutsette felt.

Konsentrasjonane i drensvatn var i dette feltet ikkje stort høgare enn i skogsvatn, og var uavhengige av driftsmåten. Dette avvik frå resultata frå feltet Holt 1 frå 1987/88 (Lundekvam 1990), der ein fekk høgare P-konsentrasjonar i grøftevatnet etter haustpløying enn før pløying.

Dei låge konsentrasjonane i grøftevatn i dette høvet kan kome av at filtereigenskapane til denne jorda er god, og at grøftefylla er stabilisert etter over 30 år.

Uhlen og Østerud (Uhlen og Østerud, 1992) har òg jamt over funne låge P-konsentrasjonar i grøftevatn.

Sidan feltet nett er oppstarta med etterverknad av eng og ein spesiell vinter, kan ein ikkje leggje for stor vekt på desse tala.

Kor store P-tapa gjennom grøfter i medel er, er det ingen som veit. Ein veit at tapa kan vere store, og at tid sidan grøfting, planering, leirinnhald, kvaliteten på grøftearbeidet, dyrkingssystemet kan ha noko å seie.

Føreliggjande tal er mykje variable, og denne variasjonen er utan tvil reell. Dette understrekar sterkt trongen for meir omfattande og varige granskingar av erosjon og -tap av fosfor og jord også gjennom grøfter på planert og uplanert jord og ulike jordtypar. Ein må vite meir om korleis tapet utviklar seg over tid etter oppdyrking, planering, grøfting etc både på yta og gjennom grøfter.

Dette er viktig for å seie noko meir presist om stofftapa sin storleik og verknaden av tiltak. Fleire av desse tilhøva kan ikkje modellerast med noverande kunnskap.

REFERANSAR.

- Agarwal, Avinash and W.T. Dickinson (1991). Effect of texture, rainfall and slope on rainfall interrill sediment transport. *Nordic Hydrology*, 22, 227-242.
- Berger, Marit, F. Johnsen og R. Roseth (1989). Utprøving av tiltak mot arealavrenning. Handlingsplanen mot landbruksforurensninger. Rapp. nr 3. ISBN 82-7467-011-6.
- Bogen, Jim og Frode Sandersen (1991). Sedimentkilder, erosjonsprosesser og sedimenttransport i Leira-vassdraget på Romerike. NVE, publikasjon nr 20.
- Børresen, Trond og Gotfred Uhlen (1991). Jorderosjon og fosfortap ved overflateavrenning i feltlysimeter i Ås vinteren 1989/90. *Norsk landbruksforskning* 5: 47-54. ISSN 0801-5333.
- Hove, Peder og Arnor Njøs (1986). Erosjonsundersøkelser - vannerosjon 1 og 2. Sluttrapport nr. 655 frå NLVF.
- Jenssen, P. D., T. Krogstad, T. Briseid and E. Norgaard (1991). Testing of reactive filter media (Leca) for use in agricultural drainage systems. CIGR-seminar 1-4. july 1991 at Ås. Agr. Un. of Norway, Dep. of agr. eng.
- Lundekvam, Helge (1990). Open åker og erosjonsproblem. Foredrag ved konferansen om Landbrukspolitikk og miljøforvaltning i Drammen 30.-31. jan. 1990.
- Morgan, R.P.C. (1986). Soil erosion and conservation. Longman Scientific & Technical, England. ISBN. 0-582-30158-0.
- Novotny, V. and G. Chesters (1981). Handbook of nonpoint pollution. Van Nostrand Reinhold Co. ISBN. 0-442-22563-6.
- Roseth, R. og B. Faafeng (1990). Bekkers evne til selvrensing. *Jordforsk. Statusrapport* pr. 7/12-1990.
- Uhlen, Gotfred og J. G. Østerud (1992). Nitrogen, fosfor og kalium i grøftevannsprøver fra dyrket mark. *Norsk landbruksforskning* 6: 61-72. ISSN 0801-5333.
- Ulèn, Barbro (1990). Erosion av fosfor frå åker i Sverige. Foredrag ved NJF-seminar nr 181, Laugarvatn, Island, 9-13. aug. 1990.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook no 537.
- Zingg, A.W. (1940) Degree and length of slope as it affects soil loss in runoff. *Agric. Eng.*, 21, 59-64.

Vedlegg 1.
Oversyn over erosjonsfelt, igangverande og planlagde, som skulle gå inn under omsøkt prosjekt.

Igangverande felt:

<u>Feltnamn</u>	<u>Kommune</u>	<u>Anlagt</u>	<u>Planert</u>	<u>Jordtype</u>	<u>Helling</u>
Bjørnebekk (BJ	Ås	1989	1979	Silt leir	12%
Øsaker (ØS	Tune	1989	1980	Stiv leire	12%
Sekkelsten (SE	Askim	1986	1985	Silt leire	13%
<u>Syverud</u> (SY	<u>Ås</u>	<u>1990</u>	<u>Nei</u>	<u>leire</u>	<u>ca 10%</u>

Felt under anlegg/planlagde:

Hellerud (HE	Skedsmo	1991	1974	leire	ca 10%
Bjørneb. 2 (BJ2	Ås	1992 ?	1979	silt leire	12%

Forsøksspørsmål	Jordarb. retning.	BJ	ØS	SE	SY	HE	BJ2
Tidl. haustpl. langs		X			X		
Norm. haustpl. langs				X		X	
Norm. haustpl. tvers						X	
Stubbharv. + norm. haustpl. langs			X				
Sein haustpl. langs		X	X				
Vårpløying langs		X			X		
Tidl. høstharv langs		X	X				
Vårharving langs				X		X	
Direktesåing, vår			X				
Vårharving +bark langs				X			
Vårharving +slam langs						X	
Gras kontra vårkorn						X	
To grøfteavstandar				X			
To hellingslengder				X		X	
Med og utan halm					X		X
Planert mot uplanert		X	-----		X		

Ved haustpløying gav ei planert, siltrik mellomleire (Bjørnebekk) i 1991 eit jordtap på 500 kg/daa/år mot 12 kg/daa/år på ei gamal god kulturjord (Syverud, tidlegare grasmark, 23 % leire). Det fyrste tapet er stort og langt over nydanningsfarten av matjord, det siste er svært lite og vil ikkje føre til produktivitetsnedgang sjølv på langt sikt.

Den Universelle jordtapslikninga greier ikkje å få fram denne skilnaden. Likninga føreskriv heller ikkje variabel verknad av tiltak avhengig av jordtype.

Fylgjeleg kan den noverande metoden for klassifikasjon av jord i erosjonsrisikoklasser i fleire høve gje feil resultat. Det kan medføre at trongen for tiltak vert feilvurdert, og at verknaden av føreskrivne tiltak ikkje stemmer.

Det kan i sin tur medføre at feil driftsform vert valt og kan medføre feil bruk av tilskot. Det kan ha økonomiske konsekvensar både for brukar og samfunn.

Den kunnskapen ein har hatt om dyrkingssystem og jorderosjon har i stor mon stamma frå planert leire, den gode kulturjorda har vore lite granska.

Det er difor stor trong for å få fram meir grunnleggjande kunnskap om desse tilhøva slik at dei noverande metodane kan modifiserast. Her er det ikkje nok med modellar, for di den same grunnleggjande kunnskap også trengst der.

Resultata tyder òg på at hellingslengda er tillagd for lita vekt i jordtapslikninga. Dette kjem truleg av at fureerosjonen på grunn av yteavrenning er relativt viktigare i Norge enn i USA, der likninga er utvikla.

Grovfureerosjon i små dalsøkk har dei siste åra vore ei viktig erosjonsform på grunn av mykje avrenning på tela bakke tinande i yta.

Kontroll av ytevatnet er difor viktig. Dette vil ofte vere det viktigaste (og kanskje einaste) tiltaket på lite erosjonsutsett jord (låg erodibilitet).

På erosjonsutsett jord (høg erodibilitet) trengst tiltak både mot grovfureerosjon (kontroll av ytevatnet) og mot tynnsjikt- og småfureerosjon (omlegging av dyrkingssystemet).

Yteavrenninga dei siste åra har vesenteleg føregått i vinterhalvåret. Difor vil inga jordarbeiding om hausten vere best på erosjonsutsett jord, som òg resultata viser.

Avlingsmessig har det i desse forsøka i desse åra vore liten skilnad på haustpløying, vårpløying og vårharving på siltrik mellomleire, medan sein haustpløying og direktesåing har kome dårleg ut. Haustharving kom bra ut på stiv leire, men dårleg på planert, siltrik mellomleire.

Vårpløying gjer det mogleg å late halmen liggje om hausten, som normalt er det beste erosjonsmessig sett.

Vårpløying burde difor nyttast meir, medan svært sein

haustpløying er lite aktuelt. Vårpløygsla må såast før jorda har tørka for mykje.

Tverspløying ser ut til å redusere erosjonen i eit forsøk. I praksis må ein då syte for å kontrollere ytevatnet i søkka, elles kan grovfureerosjonen auke.

2 tonn slamtørrstoff/ daa innharva i yta har òg verka erosjonsreducerande på erosjonsutsett jord. Det er i det heile viktig å ha godt vern av yta og god struktur i ytesjiktet slik at infiltrasjonsevne og erosjonsmotstand vert auka.

Planterestar på yta og organisk materiale i ytesjiktet medfører nettopp dette.

På jord som alt har stor erosjonsmotstand og høg infiltrasjonsevne, vil ein vente mindre verknad av slike tiltak. Her kan tvertimot tapet av plantenæring i løyst form eller med ørsmå partiklar kome til å auke, for di konsentrasjonen i yta kan auke.

Grøfting tettare enn normalt ser ikkje ut til å ha noko for seg. Ein fekk ikkje mindre yteavrenning eller erosjon ved 4 enn 8 m grøfteavstand i eit av forsøka.

Det er mykje lågare partikkel- og fosforinnhald i grøftevatn frå god kulturjord (23% leire) med gamle grøfter enn innhaldet i grøftevatn frå planert leire med nyare grøfter. Relativt nygrøfta erosjonsutsett leirjord, må reknast å ha betydeleg partikkelinnhald i grøftevatnet.

Også grøftevatnet vil difor ofte verke ureinande på vassdrag når det gjeld partiklar og fosfor. Vedrørande nitrogen, verkar det mest alltid ureinande.

Mellomårsvariasjonen i yteavrenning og jordtap er bortimot 10 gonger i lengre dataseriar. Vidare kan tidspunkta for tilførsle variere mykje frå eit år til eit anna. Dei siste åra har ein fått tilførsla om vinteren, medan tilførslene i perioden april-september har vore svært liten.

Trass i store årstilførsler kan likevel vasskvaliteten i sjøane tilsynelatande ha betra seg dei siste åra på grunn av lange sedimentasjonsperiodar utan tilførsler.

Den naturlege årsvariasjonen vil ofte vere langt større enn verknaden av eit tiltak i eit nedbørfelt. Difor må ein vere svært varsam med å dra konklusjonar vedrørande tiltaksverknader i vassdrag dersom ein ikkje er i stand til å korrigere for naturleg variasjon.

OPPLYSNINGAR OM FELTA.

Institutt for jordfag, NLH, har for tida i drift 5 ruteforsøk der erosjon, yteavrenning og i nokon høve grøfteavrenning vert målt. Det er òg i drift 3 større felt (20-90 daa) i vanleg gardsdrift der yte-, grøfteavrenning og stofftap vert målt. Berre 2 av dei sistnemde felta vert her omtala.

Feltdrifta har til og med 1991 vore NLVF-finansiert. I 1992 har ein fått noko tilskot frå LD, men det meste har vore instituttinnsats.

Dersom finansieringa ikkje betrar framover, må mange felt

leggjast ned. Dette vil vere svært uheldig. Kunnskapen om erosjon i Norge er svært mangelfull, felta ligg der, fleire er nokså nyanlagde og vil sterkt bidra til å auke vår mangelfulle kunnskap. Det er meiningslaust å leggje dei ned.

I ruteforsøka målast tynnsjikt- og småfureerosjon, i dei større felta kjem også grovfureerosjonen inn.

Dei fem ruteforsøka er:

1). Bjørnebekk, Ås (8 ruter).

Anlagt: fyrst anlagt ca 1980, omlagt 1989.
 Jord: siltrik mellomleire, planert. Fall: 12 ‰.
 Vassobservasjonar: ytevatn.
 Vekst: vårkorn (bygg eller havre).
 Rutestorleik: 8 * 21 m, (b * 1)

Forsøksspørsmål: (2 gjentak).
 Tidleg haustpløying med vårharving
 Sein haustpløying med vårharving
 Vårpløying med vårharving
 Harving haust og vår.

2). Syverud, Ås (8 ruter for ytevatn).

Anlagt: 1989/90 som erosjonsfelt. Tidlegare eng og beite.
 Grøftene er over 30 år gamle.
 Jord: siltig lettleire, uplanert. Fall ca 10‰
 Vassobservasjonar: yte- og grøftevatn.
 Vekst: som Bjørnebekk.
 Rutestorleik: 7 * 30 m, (b * 1).

Forsøksspørsmål: (2 gjentak).
 Tidleg haustpløying med vårhatrving.
 Vårpløying med vårharving.
 Med og utan halm (frå 1991).

NB! Ved samanlikning av Syverud og Bjørnebekk kan erosjonsnivå og verknad av tiltak på to ulike jordtypar samanliknast (same klima). Bjørnebekk er erosjonsutsett, Syverud er sterk mot erosjon.

3). Sekkelsten, Askim (6 ruter).

Anlagt: 1986. (også nygrøfta då).
 Jord: siltrik mellomleire, planert. (Som Bjørnebekk).
 Fall: 12 ‰.
 Vassobservasjonar: Yte- og grøftevatn (2 og 2 ruter).
 Vekst: som Bjørnebekk.
 Rutestorleikar: 6 * 24 og 6 * 44 m, (b * 1).

Forsøksspørsmål: (1 gjentak for kombinasjonar).
 Haustpløying med vårharving.
 Berre vårharving.
 Berre vårharving + bark ved anlegg.
 2 hellingslengder (24 og 44m).
 2 grøfteavstandar (4 og 8 m).

- 4). Øsaker ved Kalnes, Sarpsborg (8 ruter).
 Anlagt: fyrste gong ca 1980, omlagt 1989/90.
 Jord: stiv leire, planert. Fall: 12 %.
 Vassobservasjonar: Ytevatn.
 Vekst: som Bjørnebekk.
 Rutestorleik: som Bjørnebekk.

Forsøksspørsmål: (2 gjentak).
 Haustpløying med vårharving.
 Sein haustpløying med vårharving.
 Tidleg haustharving med vårharving.
 Direktesåing vår.

- 5). Hellerud, Selsk. for Norges Vel. (8 ruter).
 Selsk. for Norges Vel driv feltet, IJF har fagleg ansvar.
 Anlagt: 1991.
 Jord: truleg siltig mellomleire, planert. Fall: ca 10%.
 Vassobservasjonar: Ytevatn.
 Vekst: 2-radsbygg i 1992. Tidlegare frøeng.
 Rutestorleikar: 6 * 30 m, 12 * 70 m, 24 * 30 m, (b * l).

Forsøksspørsmål:
 Haustpløying med vårharving.
 Berre vårharving.
 Berre vårharving + kloakkslam.
 Eng.
 2 hellingslengder.
 Langspløying kontra tverspløying.

Dei store felta er:

- 6). Holt 1 og Holt 2 på Holt gard, Ullensaker.

Desse felta er 27 og 22 daa høvesvis. Dei ligg ved sida av einannan i 2 smådalar som munnar i elva Rømua.

Anlagt: Holt 1 i 1983, Holt 2 i 1986.
 Jord: siltrik mellomleire, planert ca 1974. Fall: 8-9%.
 Terreng: jamt fall øvst (plant), tydeleg dalsøkk nedst.
 Vassobservasjonar: yte- og grøftevatn.
 Vekst og jordarbeiding:
 Felta ligg inne i den vanlege drifta på garden, som har vore einseitig vårkorn sidan 1974. Det har så langt vore stubbharving, haustpløying med vårharving.

Forsøksspørsmål:
 -Måle erosjon og tap av plantenæring under vanleg gardsdrift (einseitig korn) gjennom yte- og grøftevatn.
 -Skaffe data for mellomårs- og innanårsvariasjonen.
 -Måle grovrfureerosjon.
 -Leggje inn tiltak mot grovrfureerosjon.

RESULTAT:

Felt 1, Bjørnebekk i Ås.

Resultat for dei 3 siste åra (1992 tom. april).

Ytevatn: År: 1990

Handsaming	Avrenn mm	Jordtap Kg/daa	P-tap Kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
				Jord	P-total
Vårpløying	312	195	0,24	625	0,77
Sein haustpl.	388	918	1,10	2367	2,82
Tidl. haust- harving.	348	703	0,70	2021	2,00
Tidl. haustpl.	330	887	0,99	2690	3,01

År: 1991

Handsaming	Avrenn mm	Jordtap Kg/daa	P-tap Kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
				Jord	P-total
Vårpløying	221	24	0,054	106	0,25
Sein haustpl.	291	351	0,63	1203	2,17
Tidl. haust- harving	260	175	0,35	672	1,34
Tidl. haustpl.	252	499	0,63	1982	2,51

År: 1992 tom. april.

Handsaming	Avrenn mm	Jordtap Kg/daa	P-tap Kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
				Jord	P-total
Vårpløying	67	14	0,039	211	0,58
Sein haustpl.	97	313	0,61	3238	6,36
Tidl. haust- harving.	87	47	0,10	534	1,09
Tidl. haustpl.	80	112	0,22	1397	2,71

Totalt: 1990- mai 1992.

Handsaming	Avrenn mm	Jordtap Kg/daa	P-tap Kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
				Jord	P-total
Vårpløying	600	233	0,33	388	0,55
Sein haustpl.	776	1582	2,34	2039	3,02
Tidl. haust- harving	695	925	1,14	1331	1,64
Tidl. haustpl.	662	1498	1,84	2263	2,78

Relative tal 1990-mai 1992. Tidl. haustpløying = 100.

Handsaming	Avrenn	Jordtap	P-tap	Konsentrasjonar Jord	P-total
Vårpløying	91	18	16	20	17
Sein haustpl.	117	127	106	108	90
Tidl. haustharv.	105	62	62	59	59
Tidl. haustpl.	100	100	100	100	100

Samanlikna med tidleg haustpløying har ein fått auka avrenning i mm og auka jordtap ved å utsetje pløyinga til november på denne jorda (planert siltrik leire). Ved vårpløying er avrenninga i mm noko redusert og jordtapet har minka med ca 80%. Tidleg haustharving har redusert jordtapet med ca 40% i sum for desse åra.

Ut frå dette er svært sein haustpløying ikkje å tilrå på denne jorda, sjølv om dei siste åra har vore spesielle.

Ein får lett strukturskade ved så sein pløying, som medfører auka erosjon vinter/vår. Det er likevel ingen grunn til ekstra tidleg pløying.

Vårpløying er erosjonsmessig eit godt alternativ, særleg for di ein då kan late halmen liggje om hausten og verne jorda mot regn og yteavrenning i vinterhalvåret.

Haustharving har òg tydeleg erosjonsreduserande verknad, særleg om harvinga er så grunn at planterestane vert verande i yta. Men ugrasproblema vert klårt større, med auka trong for sprøyting.

Verknaden av haustharving har auka med tida og er ca. 60% dei to siste åra.

Det er stor årsvariasjon.

Fordeling av avrenning og jordtap på ulike periodar:

Sum for 1990- mai 1992.

Periode	Ytevatn (%)	Jordtap (%)	Jordkons. (mg/l)
1. del av vekstsesong	1,1	2,2	3100
2. del av vekstsesong	1,5	4,2	4400
stubbåker	0,6	2,8	700
Mellom tidleg og seint haustarbeid	5,0	10,0	3000
Etter seint haustarbeid før vårpløying	90	81	1400
Mellom vårpl. og såing	2	4	2300

Ovanstående viser at dei siste åra har vinterhalvåret vore avgjort viktigast når det gjeld del av årsavrenning og jordtap.

Dette er vanleg om enn ikkje i så sterk grad som dei siste

åra.

Det er difor klårt at jordarbeiding om hausten er uheldig på denne jordtypen, og at utsett haustarbeiding ikkje vil ha nemnande verknad.

I 1987 hadde ein uvanleg kraftig nedbør og yteavrenning den 16. oktober. Det året ville det tvillaust vore best å vente med pløyinga til etter den datoen. Ved pløying i november får ein lett strukturskader på planert leire.

Ein merkar seg at konsentrasjonane har vore lågast i stubbåkerperioden, for då har jorda hatt best vern av planterestar. Også vinterkonsentrasjonane ligg lågare enn fleire andre periodar, men på grunn av den store vassmengda dominerer denne perioden på årsbasis.

Vinterperioden er i røynda svært samansett. Konsentrasjonane kan vere svært låge ved snøsmelting om det finst eit godt snødekke, men manglar snødekket og det regnar på tela jord tinande i yta, vert erosjonen sterk og konsentrasjonane høge.

Avling:

Handsaming	avling i kg/daa		Relative tal 1990+1991
	1990	1991	
Tidleg haustpløying	423	332	100
Sein haustpløying	312	322	84
Tidl. haustharving	358	263	82
Vårpløying.	380	384	101

Desse to åra har det i medel ikkje vore nokon skilnad på tidleg haustpløying og vårpløying, medan sein haustpløying og harving haust og vår har vore klårt ringare.

I 1992 vert avlinga svært dårleg på dette feltet (ikkje hausta enno), men tendensen er den same som før.

Felt 2, Syverud i Ås.

Hovudresultat (sum for 1991-mai 1992):

Handsam	Vasst. mm	Avr.	Stofftap (kg/daa)			Konsentrasjonar (mg/l)		
			Jord	P-tot	N-tot	Jord	P-tot	N-tot
Vårpl.	Ytev	220	7,8	0,053	0,6	35	0,24	2,7
	Drens	378	3,3	0,014	3,7	8,6	0,036	9,7
	Sum	598	11,1	0,067	4,3			
Haustpl.	Ytev	76	15	0,028	0,2	198	0,37	3,0
	Drens.	459	6	0,017	4,7	13	0,038	10,1
	Sum	535	21	0,043	4,9			

På denne gamle og lite erosjonsutsette kulturjorda har ein dei 1,5 åra feltet har gått, fått vesentleg mindre yteavrenning ved haustpløying enn vårpløying. Partikkelkonsentrasjonane har vore høgare ved haustpløying slik at jordtapet likevel har vorte størst ved den handsaminga.

P-tapet er størst ved vårpløying.

Drensvatnet har låge P- og partikkelkonsentrasjonar i desse gamle grøftesystema, men det er likevel tendens til høgare konsentrasjonar ved haustpløying, særleg i perioden etter haustpløyinga.

N-konsentrasjonane i drensvatn er like ved haust- og vårpløying, men dei større drensvassmengdene ved haustpløying gjer at N-tapa vert størst då.

Tapsnivået av jord og fosfor er svært lågt på denne jorda, slik at trongen for endra jordarbeiding er liten. Verknaden av å endre jordarbeidinga er òg liten.

Verknad av halm.

Forsøk med dette vart fyrst sett i gang hausten 1991, og det er førebels lite verknader å spore på denne jorda.

Avling.

	Kornavling kg/daa (85% ts)		Både år (relativt)
	1990	1991	
Vårpløying	428	251	115
Hautstpløying	388	200	100

Det var ein god del legde og kveke i 1991. Det ser ut til at vårpløying går godt på denne jorda med 23% leire.

Samanlikning Bjørnebekk-Syverud.

Det vil seie å samanlikne ei erosjonsutsett jord (Bjørnebekk) med ei lite erosjonsutsett jord (Syverud).

Ein brukar det heile året 1991 då både felta har gått. Ein gjer merksam på at Syverud vart pløygta hausten 1989 etter langvarig grasdekke. Det er difor for tidleg å dra endelege konklusjonar, då det er kjent at grasmark har etterverknader på struktur og permeabilitet.

Handsaming	Jordtap i 1991 (kg/daa)		Syverud/Bjørnebekk
	Bjørnebekk	Syverud	
Tidl. haustpløying	499	12	0,024
Vårpløying	24	6,4	0,27

Handsaming	Yteavrenning i 1991 (mm)		Syverud/Bjørnebekk
	Bjørnebekk	Syverud	
Tidl. haustpløying	332	74	0,22
Vårpløying	288	217	0,75

Det er kolossal skilnad i erosjonsnivå mellom jordartene ved haustpløying. Den planerte, moldfattige, siltrike mellomleira på Bjørnebekk gjev eit jordtap 40 gonger større enn den gode

kulturjorda (Syverud).

Ved vårpløying er skilnaden mellom jordartene sterkt redusert som viser at verknaden av erosjonsreduserande jordarbeiding er langt større på erosjonsutsett jord.

Konsekvensar for bruken av jordtapslikninga:

Denne er: $A = R * K * LS * C * P$.

Der A er totalt jordtap, R er regnenergifaktor,
K er jorderodibilitet, LS er terrengfaktor
C er driftsfaktor (jordarbeiding, plantedekke)
P er jordvernfaktor.

For Syverud og Bjørnebekk er R, C og P like og LS nokså lik. Skilnaden mellom jordartene skulle altså i hovudsak kunna uttrykkjast ved K-faktoren.

Ved å setje dårlegaste struktur og - permeabilitet på Bjørnebekk og ta terrengomsyn, skulle Bjørnebekk gje eit jordtap 4-5 gonger større enn Syverud. Som vist er tapet 40 gonger større ved haustpløying, men 4 gonger større ved vårpløying. Dette er uråd å få fram ved jordtapslikninga.

Ein førebels konklusjon er:

- 1) Det er for lita spennvidde i K-faktoren i jordtapslikninga, slik at det vert altfor liten skilnad mellom god og dårleg jord.
- 2) C-faktoren ser ut til å vere sterkt avhengig av K-faktoren. Det tyder at ein ikkje får same verknad av eit tiltak på ulike jordarter. Det er heller ikkje i samsvar med jordtapslikninga.

Desse to punkta kan ha store konsekvensar. Det kan medføre at for mykje jord vert klassifisert som erosjonsutsett som ikkje er det, eller at jorda er langt meir erosjonsutsett enn klassifikasjonen viser.

Det vil medføre feil vedrørande trong for endra jordarbeiding og tilskot og feil vedrørande verknader av tiltak.

Det er stor trong for meir grunnleggjande kunnskap på dette området. Det held ikkje med å satse på modellar, då også desse krev slike grunnleggjande kunnskapar for å fungere rett.

Felt 3, Sekkelsten i Askim:

Hovudverknader (Sumtal for perioden 1990- april 1992):

<u>Ytevatn:</u>	Avrenning mm	Jordtap kg/daa	P-tap kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
				Jord	P-total
Vårharving	540	180	0,29	334	0,538
Haustpløyning	668	1905	2,03	2852	3,04
Grøftevatn *	749	328	0,44	437	0,589

* Av grøftevatnet kjem 50% frå vårharva ruter og 50 % frå haustpløygde ruter.

Det går fram at på denne planerte, siltrike mellomleira har vårharving gjeve minst yteavrenning i mm, og har redusert jordtapet med ca 90% i høve til haustpløyning. I perioden 1987-1989 var reduksjonen ved vårharving ca 80%. Det ser altså ut til at verknaden har vorte enno betre enn før.

Grøftevatnet er faktisk like ureint som ytevatnet frå vårharva ruter, men er langt reinare enn ytevatnet frå haustpløygde ruter. Alle vasstypane har sterk ureiningsverknad i vassdrag.

Verknad av hellingslengder: (1990- april 1992).

<u>Ytevatn:</u>	<u>Hellingslengde: 24 m</u>		P-tap kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
	Avrenning mm	Jordtap kg/daa		Jord	P-total
Vårharving	556	166	0,25	299	0,44
Haustpløyning	674	1375	1,53	2040	2,28
Grøftevatn:	771	345	0,46	448	0,60

<u>Ytevatn:</u>	<u>Hellingslengde: 44 m</u>		P-tap kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
	Avrenning mm	Jordtap kg/daa		Jord	P-total
Vårharving + bark.	509	209	0,38	411	0,75
Haustpløyning	656	2967	3,01	4520	4,60
Grøftevatn:	727	310	0,42	427	0,58

Vassbalansen stemmer ikkje heilt, men det går klart fram at jordtapet gjennom ytevatn ved haustpløyning aukar mykje når hellingslengda aukar frå 24 til 44 m på grunn av auka rillerosjon. Auken er større enn venta etter jordtapslikninga. Auken skulle etter jordtapslikninga vere $(44/24)^{0,5} = 1,35$, medan høvetalet for haustpløyning her ligg på ca 2. Forsøket på Hellerud viser liknande tendens. Mykje rillerosjon i vinterhalvåret er truleg årsaka til at hellingslengda slår ut såpass sterkt.

Vårharving + bark har redusert jordtapet meir ved 44 m lengde

enn vårharving ved 24 m lengde samanlikna med haustpløying. Årsaka til resultatet kan vere at vårharving er effektivt mot fureerosjon, det kan òg vere positiv verknad av barken.

Grøftevatnet ser ut til å reagere lite på auka hellingslengde.

Ein gjer merksam på at det ikkje er gjentak på desse samanlikningane, slik at jordvariasjon òg kan spele ei rolle.

Verknad av endra grøfteavstand: (1990- april 1992).

(Dei gjevne tala er medel for vårharving og haustpløying.)

<u>Ytevatn:</u>	Avrenning mm	Jordtap kg/daa	P-tap kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
				Jord	P-total
Gravst. 4m	643	913	0,89	1421	1,39
Gravst. 8m	587	627	0,88	1068	1,51

Desse tala er noko sprikande, men det kan konkluderast at så langt har tettare grøfting ikkje redusert yteavrenninga eller jordtapet i dette feltet.

Ut frå desse resultatata er det førebels ikkje grunnlag for å tilrå tettare grøfting enn normalt.

Årsvariasjonar.

Ein viser berre tal for årleg yteavrenning og jordtap frå haustpløygde ruter, og for årleg grøfteavrenning. Grøftevatnet kjem både frå vårharva og haustpløygde ruter.

År	Yteavrenning			Grøfteavrenning		
	Vatn mm/år	Jordtap kg/daa/år	Kons. mg/l	Vatn mm/år	Jordtap Kg/daa/år	Kons. mg/l
1987	307	486	1583	512	334	653
1988	385	370	962	396	97	244
1989	185	418	2262	273	114	417
1990	294	925	3147	255	118	462
1991	264	307	1162	341	172	503
1992 *	109	143	1309	153	38	251
Medel						
1987-91	287	501	1746	355	167	470

* 1992 går berre fram til og med april.

Medel jordtap gjennom ytevatn ved haustpløying er 501 kg/daa/år på dei 5 åra feltet har gått på denne planerte siltrike leira. Største tap var i 1990 på grunn av mykje regn på tela, snøfri bakke tinande i yta. Også tapet gjennom grøftene, som er medel for haustpløying og vårharving, er betydeleg (167 kg/daa/år). Det er 1/3 av tapet gjennom ytevatnet. Totalt tap er 668 kg/daa/år.

Dette er klart større enn nydanninga av matjord. Reknar ein med 80% reduksjon av jordtapet ved vårharving, ville tapet gått ned til 100 kg/daa gjennom ytevatnet og truleg også noko ned for grøftevatnet. Likevel ville ein totalt hatt eit jordtap i overkant av nydanninga av matjord, og ein ville framleis ha ein vasskvalitet med sterkt negativ verknad i vassdrag.

Avlingar:

Desse har vore svært låge for dette feltet dei siste åra. I medel for 1990 og 1992 har avlinga ved vårharving vore 15% større enn for haustpløying.

Felt 4. Øsaker ved Kalnes, Sarpsborg.

Det siste året 1991/92 har det vore svært lite yteavrenning frå feltet, så ein viser tal frå 1990- april 1991.

Hovudresultat (des. 1989- april 1991).

Handsaming	Avrenn mm	Jordtap Kg/daa	P-tap Kg/daa	Konsentrasjonar (mg/l)	
				Jord	P-total
Direktesåing	199	39	0,093	193	0,47
Sein haustpl.	228	320	0,35	1410	1,54
Tidl. haust- harving	215	134	0,29	626	1,35
Tidl. stubbh. + haustpløying	266	390	0,46	1470	1,74

Jorda her er stiv leire. Samanlikna med tidleg stubbharving + haustpløying har direktesåing vår redusert jordtapet med 90%, tidleg haustharving - med ca 65% og sein haustpløying med 18%. Avrenningsmengda i mm og jordtapsnivået på denne stive leirjorda er vesentleg lågare enn på den siltrike mellomleira i Bjørnebekk og Askim. Men det er òg eit noko anna vinterklima ved Sarpsborg enn i Ås og Askim.

Avling.

Handsaming	Kornavling kg/daa (85% ts)		Relativt
	1990	1991	
Stubbharving + haustpløying	448	393	100
Tidleg haustharving	449	374	98
Direktesåing vår	331	192	62
Sein haustpløying	395	307	83

Direktesåing har gjeve dårleg avling, like eins sein haustpløying, medan haustharving står godt her.

Totalt sett er haustharving det beste av dei prøvde handsamingane på denne jorda.

Felt 5. Hellerud.

Ein har så langt berre data frå perioden jan.-febr. 1992 frå dette feltet. Ein vil difor ikkje presentere tal. Men tendensane på denne planerte leira synest å vere:

- 70 m hellingslengde gjev vesentleg større tap enn 30 m (jamfør Askimfeltet).
- Tverspløying gjev mindre tap enn langspløying.
- Vårharving gjev mindre tap enn haustpløying (jfr. Askim).
- Kloakkslam (2 t tørrstoff/daa) innharva i toppen reduserer jordtapet enno meir.

Tendensane er difor i samsvar med det som ein har funne i andre planerte felt, men ein treng å kvantifisere dette.

Felt 6. Holt i Ullensakar (Større felt i vanleg gardsdrift).

Årleg avrenning, årlege P-konsentrasjonar, årlege jordtap og årlege P-tap for åra 1984-1991 går fram av vedlagde figurar. Medel jordtap gjennom ytevatn er 306 (80-650) kg/daa/år, medan P-tapet er 0,33 kg/daa/år med tilsvarande variasjon.

Åra 1987 og 1988 var grøfteavrenninga svært stor, og desse to åra var jordtapet gjennom grøfter like viktig som på yta, elles har tapet gjennom ytevatnet dominert.

Medel årleg P-konsentrasjon i ytevatnet har variert frå 0,75-2,8 mg/l, medan grøftevatnet har lege på 0,2-0,45 mg/l. Sjølv om dette er lågare enn i ytevatnet, er det langt høgare enn i skogsvatn (0,01-0,03 mg/l), og difor har også grøftevatn klårt negativ verknad på vasskvaliteten i vassdrag.

Mengda ytevatn har variert frå ca 20 - 190 mm/ år, med det største talet i 1990. Dette året var òg jordtapet størst.

Desse store variasjonane skuldast vekslande vær (naturgjevne årsaker). Det er viktig å vere klår over dette slik at det ikkje vert dregne feil konklusjonar vedrørande verknad av ureiningskjelder og tiltak mot desse. Ofte er naturgjevne variasjonar så store at dei heilt dominerer over "tiltaksverknader".

I tillegg til store skilnader i årsmedeltal har ein òg store variasjonar med omsyn til når på året jordtapet skjer og på kva måte. Åra 1989-91 har vintrane vore milde, og mykje av avrenninga har skjedd i januar-februar-mars, mot normalt mars-april. Avrenninga i perioden april-september har vore svært liten desse åra. Dette har medført ein svært lang periode med lite tilførsle til innsjøane. Materialet frå vinterflaumen har

hatt god tid til å sedimentere. Slik sett kan vasskvaliteten i sjøane tilsynelatande ha vorte betre dei siste åra trass i stor årstransport (særleg i 1990).

Grovfureerosjon.

Medan tynnsjikt- og småfureerosjon vert målt i ruteforsøka, har ein i dette større feltet med dalsøkkform hatt betydeleg grovfureerosjon. I 1990 og 1992 har ein prøvd å måle grovfureerosjonen og den var desse åra av storleiksorden 300 - 500 kg/daa nedbørfelt /år.

På grunn av mykje avrenning på tela bakke med tinande yte dei siste vintrane, har vilkåra for grovfureerosjon lege vel til rette. I 1992 er det truleg grovfureerosjonen som har dominert så langt. Dette kjem ikkje fram i ruteforsøk.

Grovfureerosjon får ein i dalsøkk der større vassmengder samlast, og det kan då erodere kraftig også på jord som i ruteforsøk er lite erosjonsutsett (låg erodibilitet).

Difor er det viktig å ha kontroll med ytevatnet i søkka, anten ved mange nok kummar, graskledde vassvegar eller andre tiltak. I nokon høve kan det vere nok å sløyfe haustarbeiding og late halmen liggje.

På lite erosjonsutsett jord kan kontroll med ytevatnet vere det mest vesentlege tiltaket, medan driftsforma kan ha mindre å seie (jamfør Syverud).

I Holt-felta har ein i 1990 og 1992 fått betydeleg grovfureerosjon når hellingslengda var over 150 m eller nedbørfeltet var over 5 daa ved 8% fall. Men dette er nokså erosjonsutsett jord (siltrik mellomleire, planert i 1974).

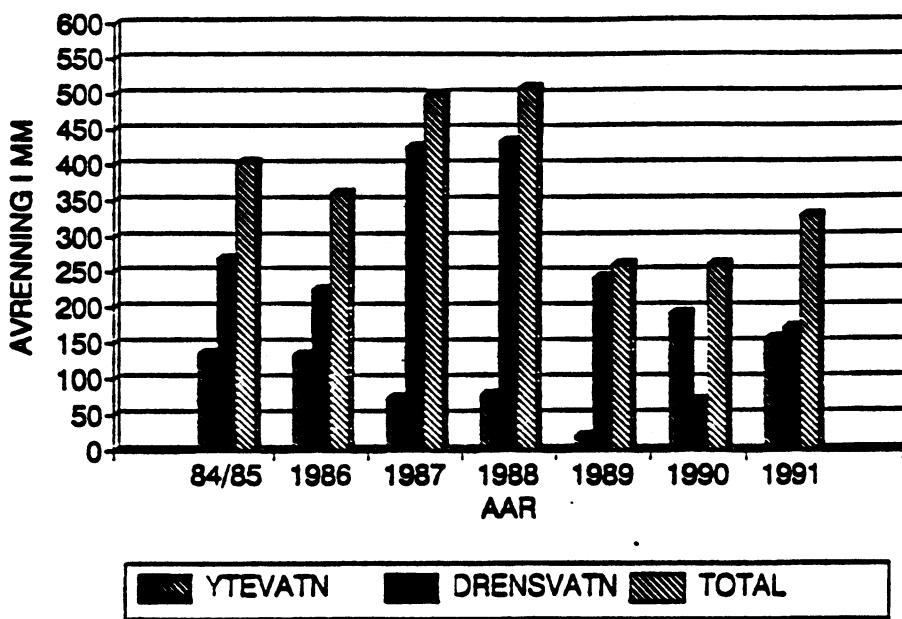
Samanlikning av grøftevasskvalitetar.

Felt/jord:	Grøfta år	P-konsentrasjon mg/l
Askim/ siltrik mellomleire, planert.	1986	0,6
Holt/ siltrik mellomleire, planert	1974	0,3 (0,02-0,9)
Syverud, Ås/ siltig lettleire, uplanert. (Har høgare moldinnhald enn dei 2 andre).	før 1960	0,037 (0,02-0,1)

Det går klart fram at grøftevatn har svært ulik kvalitet, og både tid sidan grøfting og jordtype har noko å seie. Kvalitet på grøftearbeidet, jordtilstand ved grøftinga og bruk av filtermateriale mv. vil òg vere viktig. Ein har altfor lite kunnskap om kvaliteten på grøftevatn her til lands, og korleis denne varierer med ulike faktorar.

HOLT1, AARS AVRENNING I MM 1984-91

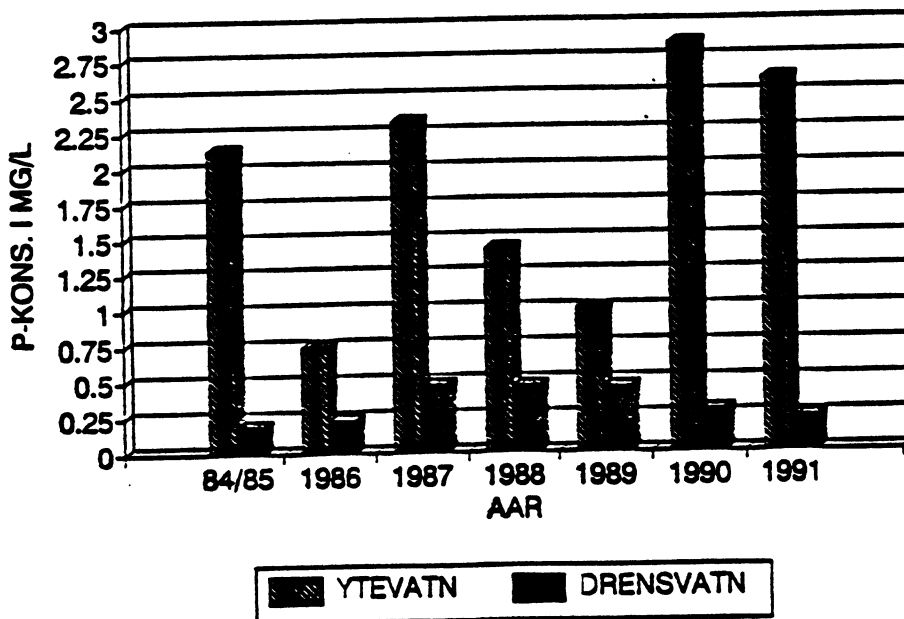
YTE=116 DREN=263 TOT=379 MM



Årsavrenning i feltet Holt 1 i Ullensaker i tida 1984-91. Feltet ligg på siltrik mellomleire (> 60% silt), er 27 daa stort, med fall ca. 8% og hellingslengde ca 300 m.

HOLT1, P-KONSENTRASJONAR 1984-91

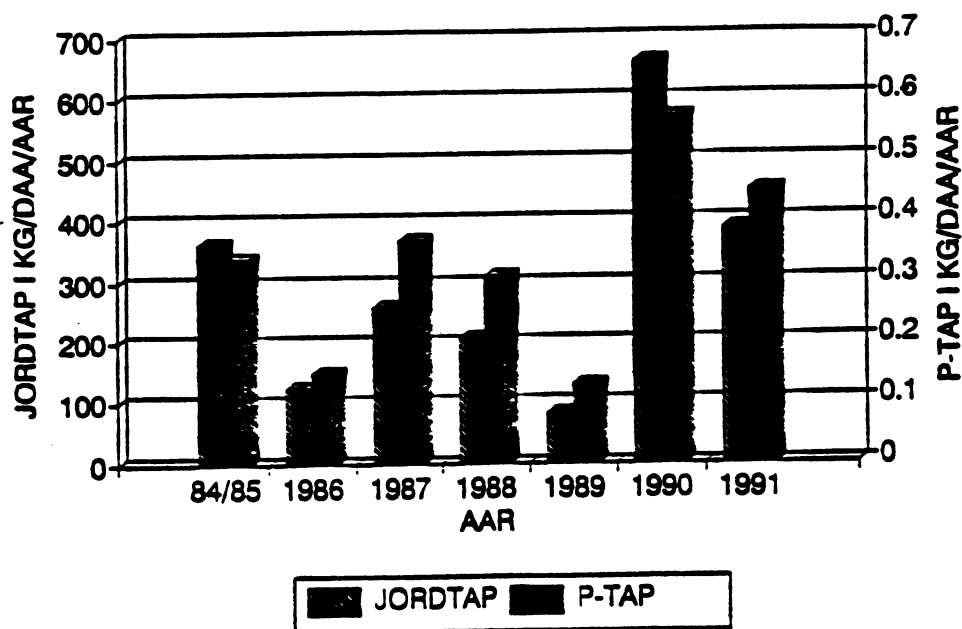
YTEVATN, DRENSVATN I MG/L



Medel P-konsentrasjonar i ytevatn og grøftevatn i feltet Holt 1 i Ullensaker for åra 1984-91.

HOLT1, JORD-, P-TAP I KG/DAA 1984-91

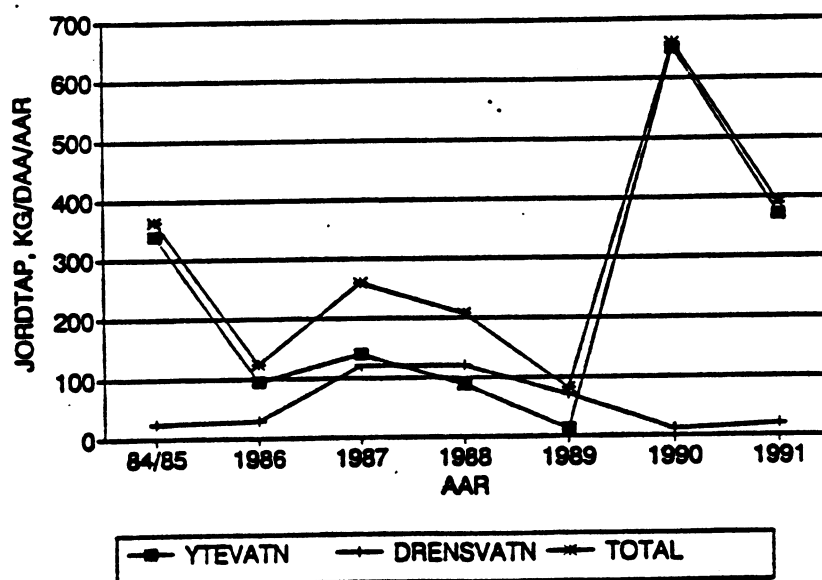
JORDTAP 306-, P-TAP 0,33 KG/DAA/AAR



Totalt årleg jord- og P-tap frå feltet Holt 1 i Ullensaker for åra 1984-91. Jorda er siltrik mellomleire (> 60 % silt), hellinga ca 8 % og hellingslengda ca 300 m. Drifta har vore einsidig vårkorn med stubbharving og haustpløying i minst 15 år.

HOLT1, JORDTAP I KG/DAA 1984-91

YTE=254 DREN= 52 TOT=306 KG/DAA/AAR



Årleg jordtap for feltet Holt 1 i Ullensaker for åra 1984-91 fordelt på yte- og dremsvatn.

Helge Lundekvam
 Inst. for jord- og vassfag
 Boks 5028, 1432 Ås.

Foredrag ved avslutningsseminar for prosjekt Jorddata,
 Olavsgaard Hotell, Skedsmo, 14. juni 1993.

UTREKNING AV EROSIJON. GRUNNLAG, VURDERINGAR, JUSTERINGAR.

Eg vil her halde meg til vasserosjon, som er tap av jord på grunn av rennande vatn og regn. Rennande vatn er viktigast i Norge, og det meste av tupa skjer seinhaustes, vinter/vår og ofte ved tela bakke.

Ein kan snakke om ulike erosjonstypar: tynnsjikterosjon, fureerosjon, grovfureerosjon og grøfteerosjon. Tynnsjikterosjon og fureerosjon føregår over heile arealet og kan til saman kallast flateerosjon. Grovfureerosjonen føregår i små dalsøkk der større vassmengder samlast og renn ukontrollert, medan grøfteerosjon er ei ekstrem form for grovfureerosjon og førekjem td. i usikra fyllingsskråningar.

Det vil krevast ulike grunnlagsdata og ulike utrekningsmåtar for kvar av desse erosjonstypane. Det er mest flateerosjon som vert omtala vidare.

Erosjonsutrekningar krev kunnskap om samanhengar mellom erosjonspåverkannde faktorar og erosjonsstorleik. Slike kunnskapar kan vere reint empiriske, td baserte på målingar i forsøksfelt. Samanhengane kan òg vere meir fysisk baserte og utforma i matematiske modellar.

Det er for lite data til å lage eigne norske utrekningsmåtar. Difor har det vore naudsynleg også å nytte røynsler og modellar frå utlandet i desse utrekningane.

Eg vil vidare gå kort gjennom den måten som no vert nytta for erosjonsutrekningar i Norge, og deretter gå gjennom nyare forskingsresultat og samanlikne med noverande utrekningsmetode.

Utrekningsmåte som no vert nytta i Norge:

Denne måten er vesentleg basert på den såkalla Universelle jordtapslikninga (USLE) (1).
 USLE er empirisk basert, utvikla i USA og vist nedanfor:

$A = R * K * L * S * C * P$, der:.

A = utrekna jordtap
 R = regnenergi
 K = jordfaktor
 L = hellingslengdefaktor
 S = hellingsgradfaktor
 C = driftsfaktor (heile dyrkingssystemet)
 P = særlege erosjonstiltak som terrassering av terrenget eller jordarbeiding på tvers av fallet.

Likninga har med alle faktorar som er vesentlege for erosjonen. Funksjonssmanhengane treng likevel ikkje passe i Norge.

R, K, L og S er dei naturgjevne faktorane og avgjer dermed den naturlege erosjonsrisikoen.

C og P avheng av aktuell jordbrukspraksis. Den reelle erosjonen vert difor avhengig av korleis vi driv jorda. Det må nyttast ei drift med låg risiko om den naturlege erosjonsrisikoen er høg.

For R, K, L og S finst det røynslebaserte likningar frå USA som gjev storleiken på desse faktorane når nok grunnlagsdata ligg føre.

For C og P finst det ei mengde relative tal frå USA som viser kor store jordtap ein får ved ulike driftsformer samanlikna med brakk.

Det vert ei viktig oppgåve å sjå om likningane og røynsletala for faktorane som går inn i USLE passar i Norge. Ein har lite norsk datagrunnlag for å gjere dette med unntak av C-faktoren. Dei fleste forsøka ein har, går på å måle verknaden av ulike dyrkingssystem.

R-faktoren er basert på regnenergi, medan mykje av erosjonen i Norge skuldast snøsmelting og tele. R-faktoren har difor liten verdi her i landet.

Det var større grunn til å tru at jord og terreng hadde liknande verknad på erosjonen i Norge som i USA. Difor nytta ein USA-likningane for K, L og S.

For C har ein vesentleg basert seg på norske forskingsresultat. P-faktoren har i Norge mest alltid verdien 1, då det ikkje er gjort særskilde tiltak.

Kalibrering av USLE.

Utgangspunktet var eit felt på Romerike der erosjonen (A) var målt ved standard vårkorndyrking med haustpløying, og jord- og terrengeskpar kjende slik at K, L og S kunne utreknast. Ein sette så opp fylgjande samanheng (Lundekvam (2)):

$$A_{\text{(målt)}} = X * K * L * S * CR, \text{ og dermed}$$

$$X = A_{\text{(målt)}} / (K * L * S * CR).$$

K, L og S har same tyding som i USLE, medan X erstattar R og CR er ein norsk driftsfaktor som er lik 1 ved standard vårkorndyrking ved haustpløying.

Ein kom fram til at X var 224 kg/daa/år som skulle gjelde på uplanert jord. På planert jord vart X sett 3 gonger større.

På Romerike kan difor medel erosjon for eit areal med eins jord, terreng og drift utreknast slik (Lundekvam (2)):

Uplanert jord: Jordtap (kg/daa/år) = 224 * K * L * S * CR.

Planert jord: Jordtap (kg/daa/år) = 700 * K * L * S * CR.

Når CR = 1, får ein altså erosjonsstorleiken ved standard

vårkorndyrking med haustpløying.
Kjenner ein CR for andre dyrkingssystem, kan erosjonen ved desse systema utreknast.

Det strekast under at ovannemde likningar er kalibrerte i eit felt på Romerike, og kan ventast å gjelde i område med liknande klima og jordtypar som der, ikkje elles.

NIJOS kartlegg jordeigenskapar slik at K kan utreknast etter USA-likninga. Dei kartlegg òg hellingsgraden, slik at S kan utreknast, medan hellingslengda vert sett lik 100 m. NIJOS sine erosjonstemakart er baserte på likningane over ved ei standard hellingslengde på 100 m. CR-faktorane baserte seg på ei vurdering av norske forskingsresultat.

Tabell 1. Opphavlege CR-faktorar. Etter Lundekvam (2).

<u>Dyrkingssystem</u>	<u>CR-faktor=relativt jordtap</u>
Stubbharving med haustpløying	1,0
Harving haust og vår	0,63
Vårpløying, inga haustharving	0,40
Berre vårharving	0,35
Direktesåing	0,29

Det er seinare gjort små justeringar og lagt inn ei variasjonsbreidde i desse tala som finst i "Veileder for bruk av jorddata", Smith (3).

Nyare forskingsresultat.

Jordtap i relasjon til jordtype (K-faktoren).

Dei fyrste erosjonsgranskingane i Norge var utførde på planert jord, og resultatata var difor ikkje representative for andre jordtypar. Figur 1 viser jordtap frå 3 jordtypar, der det lågaste talet er frå uplanert jord med god strukturstabilitet. Den horisontale streken viser eit jordtap på 150 kg/daa/år som kan oppfattast som nydanningsfarten til matjord (Morgan (4)).

Jordtapet på den siltrike, planerte leira ligg langt over nydanningsfarten. Det krevst her eit endra dyrkingssystem eller andre tiltak for å kome ned på eit akseptabelt nivå.

Den uplanerte jorda har her eit svært lite jordtap som ikkje vil medføre avlingsnedgang.

Samanlikning av jorda med største og minste jordtap viser eit høvetal på 1 : 0,021. Utrekning av K-faktorane etter amerikansk likning viser høvetal på ca 1:0,25. K-faktoren forklarar i dette høvet ikkje meir enn ca ein 10-del av reell skilnad i erodibilitet. K-faktoren kan såleis ikkje forklare skilnaden på planert og uplanert jord ut frå dei parametrane som no går inn der.

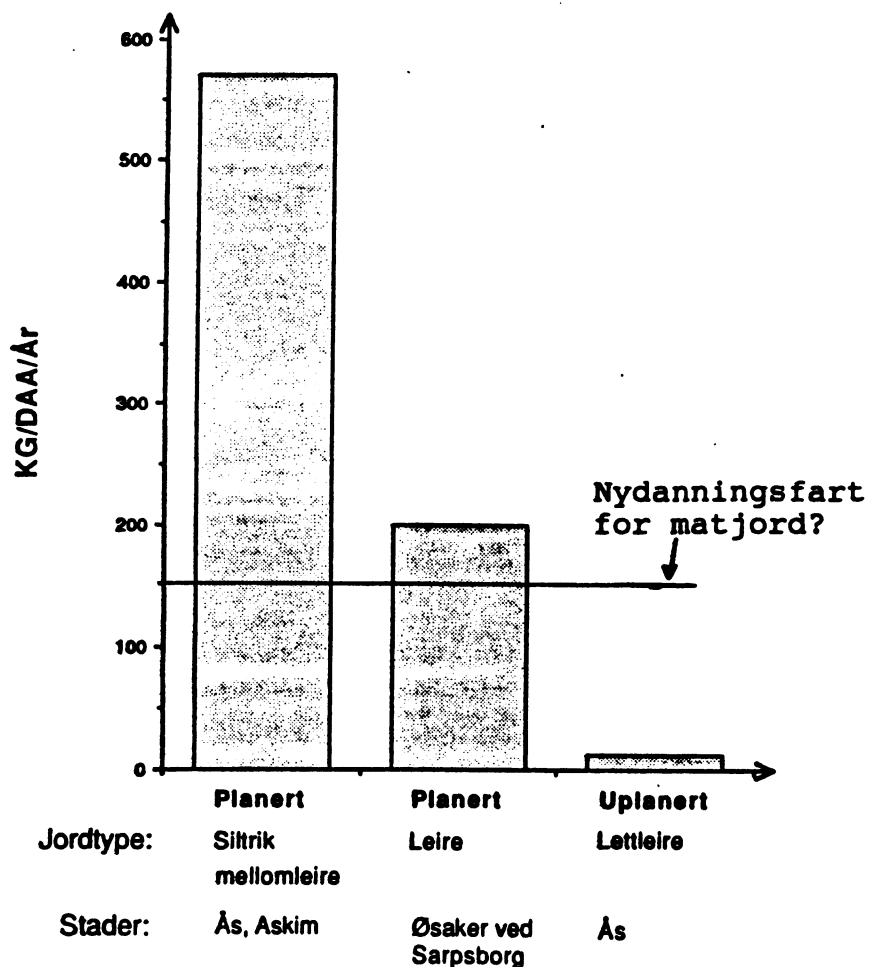
Dei to likningane som før er viste for planert og uplanert jord på Romerike, kan heller ikkje forklare skilnaden. Problemet kan løysast ved å auke skilnaden mellom likningane, eller gjere K-faktoren betre ved å observere fleire jordeigenskapar. Det siste vil vere det beste.

Dei jordeigenskapane som no går inn i USLE er: leirinnhald og innhald av silt + finsand, innhald av organisk materiale, permeabilitetsfaktor og strukturfaktor.

Målingar av Skøien og Hussein (5) viser stor skilnad i aggregatstabilitet mellom jordartene i figur 1.

Eg har freista å endre K-faktoren ved å dra inn aggregatstabilitet og vektleggje organisk innhald meir. Det fører til langt større variasjon i K og dermed langt betre evne til å forklare jordartsvariasjonar. Det kan medføre at ein ikkje treng ei eiga likning for planert jord.

Det er likevel for tidleg å presentere nokon ny K-faktor. Og bruk av denne ville då kreve at fleire jordeigenskapar (td. aggregatstabilitet) vart målt og kartlagd i stort omfang.



Figur 1. Jordtap ved haustpløying og vårkorndyrking frå ulike jordarter i Akershus og Austfold. Data frå 1990-92.

Andel materiale større enn 2 mm har òg sikkert noko å seie for erosjonen, og burde byggjast inn i K-faktoren.

Ein kan konkludere med at den noverande K-faktoren ikkje er i stand til å forklare variasjonsbreidda i norske jordarter.

Verknad av hellingslengde (L-faktor).

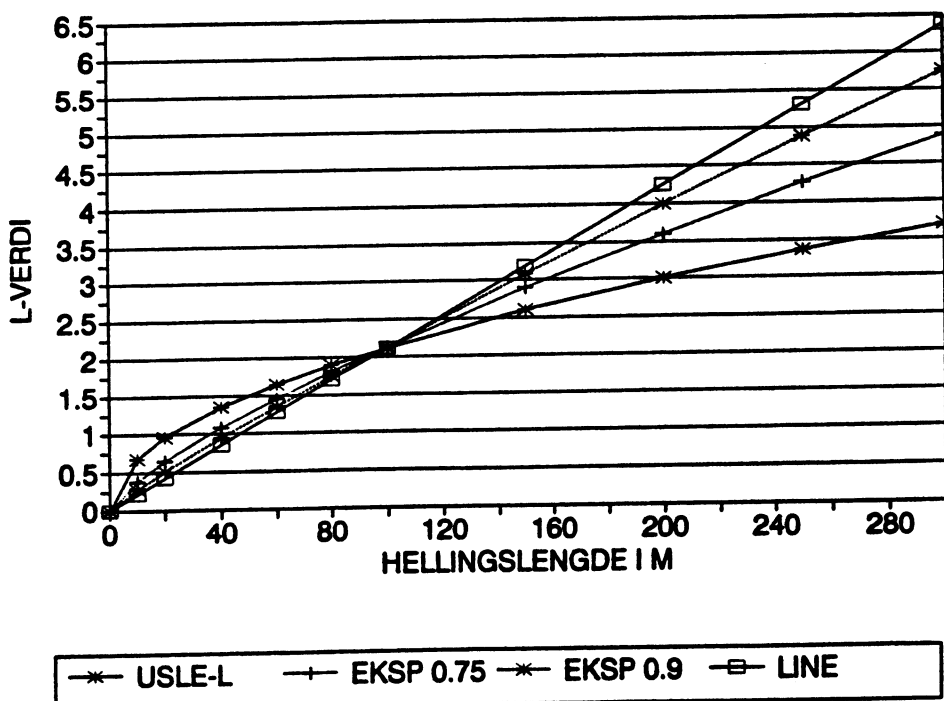
L-faktoren i USLE vert utrekna etter formelen:

$$L = \sqrt{HL/22.1}$$

Altså er erosjonen pr arealeining proporsjonal med kvadratrotta av hellingslengda (HL). Men eit norsk forsøk i Askim med 2 hellingslengder, viser at erosjonen aukar om lag lineært med hellingslengda. Eit nytt forsøk på Hellerud viser liknande tendens (Lundekvam (6)).

Dette tyder på at hellingslengda må tilleggjast større vekt i Norge enn i USA. Årsaka er truleg at erosjon med rennande vatn er relativt viktigare her i landet.

L-FAKTOR MOT HELLINGSLENGDE ULIKE FUNKSJONSSAMANHENGAR



Figur 2. Relativ verknad av hellingslengde på erosjon.
 USLE-L er samanhengen som er nytta i USLE (sjå tekst);
 EKSP0.75 er $L = 0,6 * (HL/22,1)^{0,75}$;
 EKSP0.9 er $L = 0,55 * (HL/22,1)^{0,9}$; LINE er $L = 0,47 * (HL/22,1)$

Ovanfor er vist verknaden av å gje hellingslengda ulik vekt. Funksjonane er tilpassa til å gje same L ved 100 m lengde.

Det er inga tvil om at ei anna vektlegging av hellingslengda vil ha mykje å seie for utrekna erosjon. Det er difor uheldig at NIJOS ikkje kan ta omsyn til hellingslengda i sine erosjonsutrekningar.

Førebels er det for tidleg å lage ei ny likning for L-faktoren. Men det bør gjerast. Det bør difor òg arbeidast for ei meir automatisert registrering av hellingslengda.

Verknad av hellingsgrad (S).

I USLE er S utrekna slik, der S% er hellingsgraden i %:

$$S = 0,065 + 0,045 * (S\%) + 0,0065 * (S\%)^2.$$

Det finst ingen direkte norske forsøk til å teste dette. Men utrekningar i eit større felt på Romerike ga for store erosjonsverdiar ved bruk av ovannemde likning. I annan litteratur td (Zinng (7)) finn ein òg mindre vekt på hellingsgraden enn i USLE. Likninga vart difor endra til fylgjande (Lundekvam (2)).

$$S = 0,065 + 0,045 * (S\%) + 0,0065 * (S\%)^{1,8}.$$

Det er førebels ikkje datagrunnlag for å endre dette.

Verknad av dyrkingssystem (CR-faktoren).

I figur 3 har ein stelt saman forskingsresultat med ulike dyrkingssystem frå dei siste 3 åra. Det går fram at verknaden av inga jordarbeiding om hausten har vore svært god på erosjonsutsett jord (planert, siltrik mellomleire), og betre enn det som er oppsett i tabell 1. Verknaden har vore langt ringare på lite erosjonsutsett jord (uplanert lettleire frå Ås).

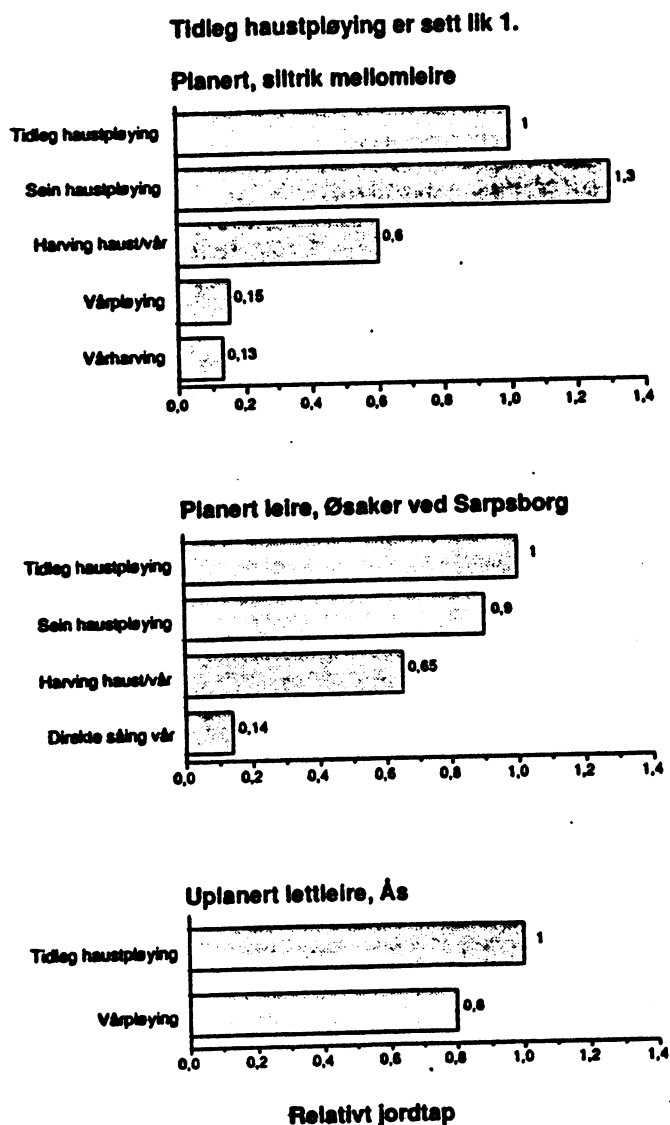
Det ser med andre ord ut til at verknaden av dyrkingssystema avheng av jordtypen. Det er heller ikkje i samsvar med USLE. I fylgje USLE er verknaden av dyrkingssystema uavhengig av jordtype.

Samanlikna med tabell 1 burde altså CR-faktorane senkast for erosjonsutsett (planert) jord, og aukast for lite erosjonsutsett jord. Dette vert gjort i nokon grad i den noverande norske utrekningsmetoden, men verknaden av jordtype ser ut til å vere større enn medrekna.

Vedrørande haustharving er det ikkje større skilnad på resultatata i figur 3 og tabell 1. Men det må merkast at ved haustharving varierte faktorane frå 0,35 til 0,75, lågast tal ved lett haustharving med mykje planterestar på yta og høgast tal ved "svartharva" jord.

Harvinga må difor definerast for å fastslå verknaden.

Konklusjonen er at nokon CR-faktorar bør endrast. Dessutan avheng verknaden av dyrkingssystema av jordart og planering. CR bør difor truleg vere ein funksjon av K.



Figur 3. Relativt jordtap ved ulike dyrkingssystem på 3 jordarter. Data frå 1990-92, Akershus og Østfold. Det er same jordarter som i figur 1.

Resultat frå nokre utanlandske granskingar.

Basert på data frå Puustinen (8) og Sibbesen (9) har eg rekna ut relativt jordtap (CR-faktorar) vist i tabell 2. Det går fram at også i Finland og Danmark har ein hatt god verknad av å ikkje arbeide jorda om hausten. 2 gonger stubbharving om hausten har berre redusert erosjonen med 20 % samanlikna med haustpløying. Dette viser, som i Norge, at det ikkje er mogleg å gjere ein effektiv mekanisk ugraskamp om hausten utan å auke erosjonsrisikoen. Haustharvinga må vere lett, og ta vare på planterestar på yta.

Tverspløying har redusert erosjonen over 60% samanlikna med langspløying, mykje på grunn av redusert yteavrenning. Også på Hellerud er vist liknande tendens (Lundekvam (6)).

Haustkorn etter pløying og harving synest ikkje å vere noko godt erosjonsreducerande tiltak. Men ved direktesåing av haustkornet har Hove og Njøs (10) fått betre verknad.

Grassona nederst er i dette høvet urealistisk brei i høve til den totale hellingslengda, så ein kan i praksis ikkje vente så god verknad som vist her.

Tabell 2. Relative jordtap i Finland (Puustinen (8)) og i Ødum i Danmark (Sibbesen (9)) ved ulike dyrkingssystem. Den finske jorda er mellomleire med 7-8% fall. Den danske jorda er ei lettleire med ca 10% fall.

<u>Dyrkingssystem</u>	<u>Finland</u>	<u>Danmark</u>
Haustpløying, langs, vårkorn	1,0	1,0
Haustpløying, tvers, vårkorn	0,33	-
Stubbharving haust, 2 gonger, vårkorn	0,80	-
Berre vårharving, vårkorn	0,21	-
Vårpløying, vårkorn med fanggrøde	-	0,12
Haustkorn, pløygd og harva på langs	0,79	1,18
Haustkorn, arbeid og sådd på tvers	-	0,62
Grassone nederst	0,36	-
Alt gras	-	0,07
Alt brakk	-	13

Andre tilhøve som verkar på erosjonen.

Grøfting vil redusere yteavrenninga og dermed erosjonen på grøftetregande jord. Særleg gjeld dette planert jord som ikkje er grøfta. På jord som alt er grøfta med vanlege grøfteavstandar kan ein ikkje rekne med verknader. Grøftetilstanden bør trekkjast inn i erosjonsutrekningane.

Planert jord viser stor variasjon med omsyn til tid sidan planering og kvaliteten på planeringsarbeidet dvs. kor godt ein har teke vare på matjorda. Dette vil sikkert verke inn på erosjonsmotstanden. Tilførsle av strukturbetrande materiale (kloakkslam, husdyrgjødsel etc.) vil òg ha verknader. Meir opplysningar om den planerte jorda vil betre erosjonsutrekningane.

Grovfure- og grøfteerosjon (gully erosion) vert i dag ikkje utrekna. Men det er inga tvil om at desse erosjonstypene er særskilt viktige. I to felt i Ullensaker, Romerike utgjorde grovfureerosjonen i 1990 og 1992 minst halvparten av den

totale erosjonen (Lundekvam (6)). Denne erosjonstypen førekjem i små dalsøkk og aukar med hellingsgrad, hellingslengde og areal som drenerer til søkka. Liknande vil vere tilfelle med grøfteerosjonen. Det vil krevast terrengeanalyse i tre dimensjonar for å skaffe datagrunnlag for automatisk utrekning av desse erosjonstypene.

Men i tillegg vil mange lokale tilhøve spele ei rolle. Det kan vere om fyllingsskrentar er sikra, om inntakskummar og avskjeringsgrøfter fungerer, om det finst graskledde vassvegar i søkka eller om desse er sikra på andre måtar. Det må òg utviklast meir norsktilpassa utrekningsmetodar. Det er difor førebels ikkje mogleg å rekne ut storleiken av desse erosjonstypene.

Diskusjon.

Erosjon er resultatet av fleire kompliserte prosessar. Erosjonsforskinga i Norge er av ny dato, og ein har difor på langt nær det datagrunnlag som skal til for å utvikle eigne utrekningsmåtar for erosjon.

Trongen for å rekne ut erosjon og tap av næringsstoff over store areal kom i samband med Nordsjøplanen. Oppdraget var opphavleg å gruppere areala grovt etter erosjonsrisiko med tanke på tiltak.

Ein hadde då bruk for ein enkel modell, og Den universelle jordtapslikninga (USLE) var det naturlege valet for di den er godt dokumentert og krev relativt lite grunnlagsdata.

Sjølv om desse fyrste utrekningane har vore unøyaktige, har dei likevel auka kunnskapane mykje om erosjonen sitt omfang i Norge og kvar dei erosjonsutsette areala finst.

Etter kvart som vi no får meir data og annan kunnskap om erosjon, viser det seg at USLE ikkje er særleg nøyaktig og ikkje passar så godt i Norge. I alle høve ikkje om ein vil ha høg presisjon på utrekningane.

R-faktoren har ein alt forkasta. K-faktoren kan ikkje forklare variasjonen mellom norske jordarter, hellingslengda er gjeven for lita vekt, hellingsgraden for stor vekt og verknaden av dyrkingssystema varierer med jordtypen. Grovfure- og grøfteerosjon vert ikkje modellert av USLE.

Kva er så alternativa? Det finst svært mange erosjonsmodellar som logisk sett er mykje betre enn USLE. Men dei krev mykje meir data som i dag i beste fall kan skaffast på små forskingsfelt, dei må opererast av spesialistar og krev lang reknetid og er difor urealistiske å bruke over store areal.

Dessutan er dei oftast ikkje godt tilpassa norske tilhøve med mykje avrenning og erosjon på tela jord. Eg har sjølv prøvd modellen GLEAMS (Knisel (11)). Det gjekk an å få simulert yteavrenninga rimeleg bra ved å modifisere innstrålings- og temperaturdata, men utrekna erosjon vart mange gonger større enn målingane viste.

Det synest difor som om dei meir utvikla modellane førebels ikkje er noko alternativ.

Difor er det truleg mest realistisk at ein framleis må rekne ut flateerosjonen ved hjelp av ein meir norsktilpassa versjon av USLE. Ein vil òg arbeide vidare med tilpassing av andre modellar.

Det må reknast med ei gradvis betring av reknemetodane og grunnlagsdata og dermed auka presisjon av utrekningane etter kvart.

Dei erosjonsrisikokarta som i dag vert utgjevne av NIJOS, har betydeleg usikkerheit i seg. Dei må oppfattast som vegleiar og må nyttast med godt skjøn i tillegg. Dersom det er tvil om det bør krevast erosjonsreducerande dyrkingstiltak på ein gard, bør difor tvilen kome brukaren til gode dersom tiltaket medfører ulemper for brukaren.

Referansar.

1. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith (1978). Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. US. Dep. of Agric., Agric. handbook nr 537.
2. Lundekvam, Helge (1990). Open åker og erosjonsproblem. Foredrag ved konferansen om Landbrukspolitik og miljøforvaltning i Drammen 30.-31. jan. 1990.
3. Smith, Steinar (1993). Veileder for bruk av jorddata. FLK Akershus og Oslo, Boks 414, 2001 Lillestrøm.
4. Morgan, R.C.P. (1986). Soil erosion and concervation. Longman Scientific & Technical.
5. Skøien S. og Selam Hussein (1993). Pers. info.
6. Lundekvam, Helge (1993). Soil erosion and runoff under different tillage systems. Foredrag ved NJF-seminar nr 228 "Soil tillage and environment". Jokioinen, Finland 8-10 juni 1993.
7. Zingg. A. W. (1940). Degree and length of slope as it effects soil loss in runoff. Agric. Eng., 21, 59-64.
8. Puustinen, Markku (1993). Effect of soil tillage on erosion and nutrient transport in surface runoff. Poster ved NJF-seminar nr 228 i Finland. (Sjå referanse nr 6).
9. Sibbesen, Erik and Per Schønning (1993). Effect of soil tillage on surface runoff, soil erosion and loss of phosphorus - plot studies. Foredrag ved NJF-seminar nr 228 i Finland. (Sjå referanse nr 6).
10. Hove, Peder og Arnor Njøs (1986). Erosjonsundersøkelser - vannerosjon 1 og 2. Sluttrapport nr 655 frå NLVF.
11. Knisel, W. G., F.M. Davis, and R.A. Leonard (1993). GLEAMS, version 2.0. Part III: User manual. University of Georgia, Coastal Plain Exp. Stat., Eng. Dep., Tifton, Georgia 31793, USA.