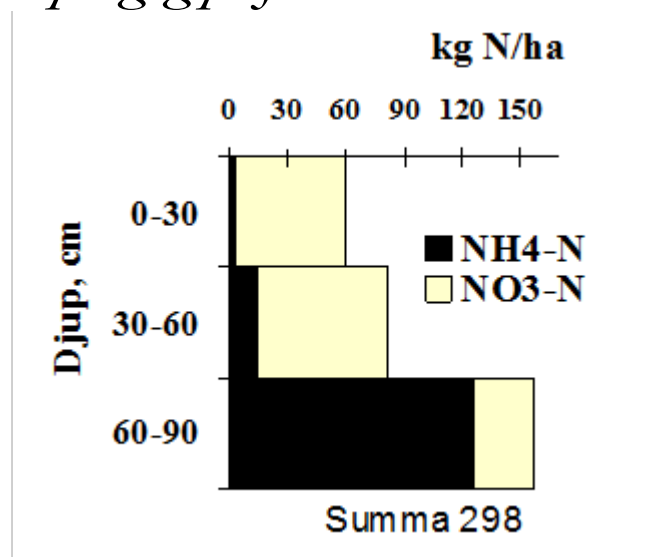


# Kvävetillgång och växtodling på en kärrtorvjord ovanpå lergyttja i Uppland – en fallstudie

*Nitrogen supply and crop production on a cultivated fen peat overlying gyttja soil – a case study*



Börje Lindén

## Innehåll

Förord.....	2
Sammanfattning .....	3
Summary .....	4
Inledning .....	6
Mossodlingens historia i Sverige .....	7
Studier av kvävegödslingsbehovet på organogena jordar.....	9
Uppodlingen av sankmarker vid Vretaån i nordvästra Uppland.....	10
Odlingshistoria på fältet med observationsytan vid Finnsholmen.....	13
Material och metoder i undersökningen vid Finnsholmen .....	14
Försöksplats .....	14
Grödor under åren 1987 och 1988 .....	15
Provtagning av jord och grödor .....	15
Resultat och diskussion.....	17
Jordartssammansättning inom observationsytan.....	17
Inverkan av jordens markkemiska egenskaper .....	21
Markens egenskaper inom observationsytan sedda i ett geologiskt perspektiv.....	21
Skördar 1987 och 1988 .....	22
Mineralkväve i marken .....	24
Jordkväve upptaget av kornet 1987 .....	28
Beräknad kvävemineralisering vid odling av korn 1987 .....	29
Jordkväve upptaget av potatisen 1988 .....	31
Skillnader mellan åren i grödornas upptag av kväve från marken.....	31
Det ekonomiska värdet av markens kväveleverans på fältet vid Finnsholmen .....	32
Odlingens framtida möjligheter på den organogena jorden vid Finnsholmen.....	33
Slutsatser.....	34
Litteratur .....	36
Personligt meddelande .....	40

## Förord

Som odlingsmarker är landets organogena jordar unga och oftast inte äldre än omkring 150 år. Medan mosstorvjordarna ursprungligen var kvävefattiga vid nyodlingen, visade sig många kärrtorvjordar vara rika på kväve, som började frigöras när marken hade torrlagts. Sedan uppodlingen har de senare jordarna i grovt räknat 100-150 år levererat kväve till de odlade grödorna, ofta helt eller i vart fall till stor del utan kompletterande gödselmedelstillförsel. De mineraliserade mängderna kväve bör dock normalt ha avtagit med årtiondenas gång. I detta tidsperspektiv kan det vara intressant att belysa *organogena jordars kväveleverans under senare decennier*.

I föreliggande rapport, som avses bli den första om organogena jordar i en kort serie, redovisas inledningsvis i korthet uppodlingen av organogena jordar här i landet. Som ett exempel på denna nyodling beskrivs torrläggningen av mark genom sänkning av Vretaån i nordvästra Uppland åren 1896-98. Där valde författaren ut ett fält med organogen jord för studier 1987-88. Dessa avsåg tillgången på växttillgängligt kväve i marken inom en vald observationsyta. Skiftet är beläget på gården Finnsholmen i Harbo socken, Västmanlands län (numera Uppsala län). Den mark där undersökningen bedrevs blev således odlingsbar genom sänkningen av Vretaån i slutet av 1800-talet, som senare följdes av en kompletterande rensning och fördjupning av ån. Efter den första sänkningen fick jordbrukarna omkring 17 år på sig för uppodlingen (till ca 1915). Grovt räknat innebär detta, att den organogena jorden på det nämnda fältet torde ha varit odlad i drygt 70 år, när undersökningen utfördes 1987-88, och nu (2013) i omkring 100 år.

Av den tidigare ägaren till Finnsholmen, lantbrukare Rolf Eriksson, har material erhållits som belyser dels Vretaåns åsänkingsföretag och dels odlingshistorien på det nämnda fältet i syfte att beskriva en bakgrund till den redovisade markundersökningen. Rolf Eriksson tackas härmed för denna hjälp.

Skara i maj 2013

Författaren

## Sammanfattning

För att belysa grödornas tillgång på växttillgängligt markkväve i en organogen jord valdes ett åkerskifte med sådan jord ut för studier 1987-88 på gården Finnsholmen invid Vretaån i nordvästra Uppland. Ån sänktes 1896-98, vilket torrlade 3300 ha mossar och översvämmade arealer i Huddunge, Nora, Harbo och Östervåla socknar. Genom åsänkningen kunde det nämnda fältet odlas upp. Det hade brukats i drygt 70 år, när denna undersökning genomfördes, och nu (2013) i omkring 100 år. I en litteraturöversikt som bakgrund till studier av jordmåns-, växtodlings- och kväveförhållandena på platsen beskrivs den omfattande uppodlingen av sankmarker samt sänkta sjöar och vattendrag i Sverige under 1800-talet och i början av 1900-talet. Här kan sänkningen av Vretaån ses som ett exempel. Svenska Mosskulturförbundet (1886-1939) bedrev en omfattande försöksverksamhet på mulljordar. Studierna visade bl.a. att mosstorvjordar var kvävefattiga, medan kärrtorvjordar oftast inte behövde kvävegödsling. Marken inom fältet på Finnsholmen tillhör den senare kategorin.

Undersökningarna bedrevs inom en representativ observationsyta (48\*100 m) inom skiftet. Vårkorn odlades på fältet 1987 och matpotatis 1988, båda åren utan kvävegödsling. Kväveförhållandena inom observationsytan undersöktes främst genom bestämning av de årstidsvisa variationerna i mängderna mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) i markprofilen (0-30, 30-60 och 60-90 cm) samt genom bestämning av totalkväveinnehållet bl.a. i skördarna.

Inom 0-30 cm djup hade jorden inom observationsytan 1987-88 en mullhalt på drygt 60 % och ett pH-värde på 5,3. Under plogdjup och ned till 35-40 cm innehöll marken högförmultnad kärrtorv och därunder lergyttja. Inom 30-60 och 60-90 cm djup var pH-värdena så pass låga som 4,2 respektive 3,5. Rötterna nådde huvudsakligen bara ned i den översta decimetern av lergyttjan. Denna kännetecknades av permanent sprickbildning. Härigenom blev jorden självdränerande. Kornets avkastning (biologisk skörd) 1987 uppgick till närmare 5900 kg kärna per ha inom observationsytan. Potatisen år 1988 gav en knölskörd på 31 ton per ha. Skördarna av både kornet och potatisen var högre än medelavkastningen av dessa grödor i Uppsala län och angränsande län vid denna tid enligt SCB:s statistik.

Jämfört med fastmarksjordar fanns anmärkningsvärt mycket ammoniumkväve i alven (särskilt på 60-90 cm djup), troligen till följd av de låga pH-värdena. Inom 0-90 cm fanns 151 kg/ha som medeltal för alla provtagningstillfällen. Även mängden nitratkväve var jämförelsevis stor, i genomsnitt 131 kg N/ha inom 0-90 cm djup. Under somrarna minskade mineralkvävet inom 0-30 cm genom grödornas kväveupptag. I alven förblev dock detta kväve i hög grad outnyttjat. Under höstarna tilltog mängderna genom fortsatt kvävemineralisering. Dessa förhållanden kan ha medfört ökad kväveutlakning och tyder på behov av fånggrödor. Vidare bör jordbearbetningen skjutas upp till våren för att inte stimulera kvävemineraliseringen.

År 1987, då korn odlades, erhöles ett nettomineraliseringstillskott av kväve på 184 kg/ha från den 12 maj till den 4 november. Detta korn beräknades ha tagit upp 195 kg jordkväve per ha (inkl. en del övervintrande mineralkväve), och potatisen 1988 omkring 100 kg N/ha. Denna stora skillnad i mängderna utnyttjat jordkväve väcker frågan, om inte kvävemineraliseringen i organogena jordar kan variera kraftigt mellan åren. Både kornet och potatisen gav dock höga skördar utan tillförsel av gödselkväve. Beräknat för kvävebehovet för en kornskörd på 5000 kg/ha och en potatisskörd motsvarande 30 ton/ha innebär markens kväveleverans här en besparing på ca 100 kg mineralgödselkväve per ha och år jämfört med normala fastmarksjordar, till ett värde av ca 1100 kr per ha och år enligt gödselpriser 2012-2013.

## Summary

During the 19<sup>th</sup> and the early 20<sup>th</sup> centuries, huge areas of organic soils (moss peat, fen peat and gyttja soils) were reclaimed in Sweden through drainage of peatlands and lowering of lakes and streams. This gave rise to extensive research on the soil fertility conditions and the need for fertilisation of such soils. Later, the interest in investigating plant nutrient conditions in organic soils, e.g. crop demand of fertiliser nitrogen, generally declined. Thus only a few investigations of soil nitrogen dynamics and crop demand for nitrogen in organic soils seem to have been carried out in Sweden during recent decades. In order to describe the supply of plant-available soil nitrogen and other crop production conditions on an organic soil, a field on the Finnsholmen farm in the north-west part of the province of Uppland in central Sweden was chosen for investigations in 1987-88. Here a fen peat overlying a clay gyttja soil had been drained and reclaimed after lowering the neighbouring river Vretaån in 1896-98.

The investigations in this case study were performed within a chosen observation plot (48\*100 m) on the field in question. Spring barley was grown on the field in 1987 and potatoes in 1988, without nitrogen fertilisation in both years. As a background to the studies, the large-scale reclamation in order to increase the agricultural acreage of Sweden through drainage of wetlands and lowering lakes and streams during the 19<sup>th</sup> and early 20<sup>th</sup> centuries is briefly described in a literature review. Here, the drainage and reclamation of wetlands along the river Vretaån serves as an example.

Soil nitrogen conditions within the observation plot were investigated mainly through determination of the seasonal variations in mineral nitrogen (ammonium and nitrate nitrogen) in the soil profile. For this, soil samples from the 0-30, 30-60 and 60-90 cm soil layers were taken repeatedly from May 1987 until November 1988. The samples were also used for analyses of soil composition and chemical properties. During the barley year (1987), the crop was sampled at different development stages until maturity in order to describe plant growth, nitrogen uptake and grain yield. The potato crop in 1988 was sampled only in September in order to determine the tuber yield and its nitrogen content. For determination of dry bulk density (volume weights), undisturbed soil samples were taken in 10-cm layers down to 90 cm. Soil pH was determined in deionised water. On the occasions of soil sampling, the properties of the soil profile were also examined visually.

Due to a rapid increase of the population in Sweden during the 19<sup>th</sup> century and insufficient food supply, more arable land and increased agricultural production were needed. The total agricultural acreage in Sweden increased from less than 900 000 ha in the beginning of the 19<sup>th</sup> century to almost 3 800 000 ha about 1920. This includes ca. 600 000 ha of reclaimed peat- and wetlands until that time, reaching about 700 000 ha in the mid-1940s. Later, the acreage of cultivated organic soils has declined and has been estimated to less than 268 000 ha in 2008, partly due to deteriorated drainage caused by decomposition of the soil organic matter and subsequent subsidence.

In the province of Uppland, extensive drainage projects have been carried out, e.g. the lowering of Lake Tämnaaren and tributary streams, where large areas of peat- and wetland and former lake bottoms have been reclaimed. From the west, the river Vretaån falls into Lake Tämnaaren. This stream was excavated and lowered in 1896-98 (Figures 2-3). Through this, peatland and flooded areas corresponding to about 3,300 ha were drained. Two further excavations were performed, the last one in 1959. Within about 17 years after the excavation in 1896-98, the farmers concerned obviously had reclaimed the gained acreage. This implies

that the organic soil within the field at Finnsholmen had been cultivated for slightly more than 70 years, when the reported investigation was performed in 1987-88, and now (in 2013) for about 100 years. In the 1940s, phosphorus and potassium fertilisers were introduced in the crop cultivation of the farm. The field studied was limed in 1982-83. Then a 3-year crop rotation was introduced, with potatoes, spring wheat and spring barley. The potato crop was fertilised with large amounts of phosphorus and potassium, partly in order to improve soil fertility in the long run. According to the experience of the farmer, the cultivated crops generally had no need for fertiliser nitrogen due to the occurrence of lodging and deteriorated potato quality, obviously caused by a surplus of plant-available nitrogen.

Within 0-30 cm depth, the soil in the observation plot in 1987-88 contained about 60 % organic matter and had a pH value of 5.3. Below ploughing depth and down to 35-40 cm, the soil contained a highly humified fen peat and beneath this a clay gyttja soil. The soil in the 30-60 and 60-90 cm layers had 16 and 9 % organic matter and pH values as low as 4.2 and 3.5, respectively. Root depth was mainly restricted to the uppermost decimetre of the clay gyttja. There, and within the deepest centimetres of the peat, bush-like root concentrations were observed. The limited root depth was probably due to the low soil pH. In November 2012, on average only 30 cm (range: 22-35 cm, n = 11) of the topsoil and underlying peat layer remained above the gyttja soil. This limited, uppermost layer suggests that future soil subsidence should be moderate. The studied gyttja soil layer was characterised by permanent cracks, obviously permitting sufficient drainage of the soil profile. Drainage is also adequate at this site as the soil surface is situated more than 2 m above the neighbouring river Vretaån. Whereas huge areas of agricultural organic soils in Sweden only have been used for a century or much less due to subsidence and hence deteriorated drainage, this implies that there are prerequisites of a more persistent crop production on this field at Finnsholmen.

The grain yield of the barley in 1987, determined by clipping plants randomly within subplots, amounted to almost 5,900 kg/ha. In the potato year (1988), the tuber yield was 31 tonnes/ha. Both yields were larger than average yields in the region at that time according to official statistics.

The amount of ammonium nitrogen within the 0-30 cm soil layer was 7 kg/ha as a mean of 12 sampling occasions. This agrees with normal values for cultivated mineral soils in Sweden. In the 30-60 cm layer somewhat more ammonium nitrogen was found than normal. Within 60-90 cm soil depth remarkably large amounts were present, on average 129 kg/ha, whereas the corresponding layer in Swedish mineral soils normally contain only a few kg/ha. The reason probably is that the low pH values hindered nitrification of ammonium formed through mineralisation. The amounts of nitrate nitrogen were also large compared to mineral soils, amounting to 131 kg N/ha, on average, within the 0-90 cm soil layer.

In the growing seasons of 1987 and 1988, soil mineral nitrogen decreased, obviously due to crop uptake of nitrogen. The 0-30 cm soil layer was almost "emptied" of nitrate nitrogen, until only 4-6 kg/ha remained during the growing season of barley and 14 kg/ha during cultivation of the potato crop. This is similar to the conditions in mineral soils in Sweden. To a smaller extent, crop uptake of nitrogen also seemed to reduce mineral nitrogen in the 30-60 cm layer, but obviously not within the 60-90 cm soil depth. The low pH values in the clay gyttja soil and hence a shallow root system should explain the generally insignificant use of nitrogen in the subsoil, compared to normal conditions in clay soils in Sweden. During the main part of both growing seasons, nitrogen uptake seemed to exceed nitrogen mineralisation

in size. This implies that mineral nitrogen, overwintering in the soil profile and/or mineralised early in spring, also was used by the crops to some extent.

The reduction of the amounts of soil mineral nitrogen during both growing seasons continued until crop uptake of nitrogen ceased in August-September. In the following autumns, however, mineral nitrogen increased again, obviously due to continued mineralisation. The incomplete utilisation of mineral nitrogen within 30-90 cm soil depth in the summer and the accumulation of mineralised nitrogen in the autumn may have led to enhanced nitrogen leaching during the subsequent winters. Nevertheless, soil mineral nitrogen increased from November 1987 until mid-April 1988. This suggests limited nitrogen losses. However, the results indicate a need for catch crops on organic soils of this kind in order to reduce leachable nitrogen in the autumn. Moreover, soil tillage in the autumn stimulates nitrogen mineralisation and should therefore be postponed until the spring.

In 1987, nitrogen mineralisation amounted to 184 kg N/ha from 15 May until 4 November, as calculated on the basis of the nitrogen uptake by the spring barley and changes in soil mineral nitrogen during this period. Of this amount, 125 kg N/ha was released from spring until August, when the nitrogen uptake of the barley obviously was ceasing. This may be compared with mineral soils in Sweden with normal organic matter contents, in which nitrogen mineralisation from spring until the end of nitrogen uptake was found to be 40-50 kg N/ha, on average, according to cited investigations with cereals cultivated following cereals. The barley in 1987 took up 195 kg N/ha originating from the soil, and the estimated nitrogen uptake of the potato crop amounted to about 100 kg N/ha. This large difference between the two years gives rise to the question, whether nitrogen mineralisation and/or nitrogen losses during the growing season may vary considerably between years in organic soils.

Compared to common yield levels in the region, the yields of the barley and potato crops within the observation plot at Finnsholmen were high in spite of no nitrogen fertilisation. The barley in 1987 obviously did not need any fertiliser nitrogen as vigorous lodging occurred in that year. According to the farmer, the quality of the tuber yield frequently had been deteriorated in earlier years obviously due to too much plant-available soil nitrogen. As calculated for the nitrogen demand of spring barley yielding 5000 kg grain per ha and a potato crop producing 30 tonnes per ha, the supply of plant-available soil nitrogen implies a saving of 100 kg of fertiliser nitrogen per ha and year, compared with recommended fertilisation at the same yield levels on normal mineral soils. Considering fertiliser prices in 2012-13, this corresponds a cost reduction of about 1100 SEK per ha and year.

## **Inledning**

Mycket få undersökningar tycks ha genomförts på odlade organogena jordar i Sverige under senare årtionden med avseende på dels grödornas försörjning med kväve genom mineralisering och dels eventuellt behov av kompletterande gödselkväve. Däremot gjordes stora insatser för att belysa växtnäringsstillgången och gödslingsbehovet på mulljordar under den tid då Svenska Mosskulturforeningen var verksam (1886-1939), se Runefeldt (2008a). Moss-kulturforeningens försöksverksamhet uppstod som en följd av den omfattande uppodling av organogena jordar (mosstorv-, kärrtorv- och gyttjejordar) som huvudsakligen ägde rum från 1800-talets mitt till ett par årtionden i på 1900-talet genom utdikning av sankmarker samt sänkning av sjöar och vattendrag. Som odlingsmark är dessa jordar således mycket unga och oftast inte äldre än 100-150 år. Medan de nyodlade mosstorvjordarna

ursprungligen var kvävefattiga, visade sig många kärrtorvjordar vara rika på kväve (Osvald, 1937), som började frigöras när marken hade torrlagts. Det faktum att kärrtorvjordar oftast inte har behövt kvävegödsling tyder på att sådana marker i grovt räknat 100-150 år efter uppodlingen helt kan ha levererat de behövliga kvävemängderna till grödorna (dvs. utan kompletterande gödselmedelstillförsel) eller i vart fall till stor del. Normalt bör dock kvävefrigörelsen ha avtagit med tiden. På mulljordar rekommenderas numera vanligen en mindre gödselkvävemängd (Albertsson, 2012; Nilsson et al., 2012), t.ex. i form av en s.k. startgiva. Mot bakgrund av det nämnda tidsperspektivet (100-150 år) kan det vara intressant att beskriva organogena jordars kväveleverans i kg kväve per hektar och år under senare årtionden i relation till grödornas kvävebehov. Detta exemplifieras här med undersökningar 1987-88 av tillgången på växttillgängligt kväve i en organogen jord på ett fält tillhörande gården Finnsholmen i Harbo socken i nordvästra Uppland. Studierna utfördes inom en vald, representativ observationsyta, där jorden utgörs av kärrtorvjord på lergyttja.

I föreliggande rapport redovisas inledningsvis kort uppodlingen av organogena jordar här i landet för att sätta in dessa odlingsmarker och särskilt jorden på Finnsholmen i det nämnda tidsperspektivet. Som ett exempel på uppodlingen av sankmarker beskrivs torrläggningen av mark invid Vretaån i nordvästra Uppland åren 1896-98. Gården Finnsholmen är belägen vid denna å. Fältet med observationsytan odlades upp efter sänkningen av Vretaån.

Rapporten skall ses som en fallstudie. Dess syfte är förmedla en helhetssyn på odlingen av den organogena jorden vid Finnsholmen med beaktande av odlingshistoriska, geologiska, pedologiska, markkemiska, växtnäringsmässiga och även vissa ekonomiska aspekter på den odlade jorden och dess kväveleverans till grödorna. Det är ju dessa olika betingelser i samspel med varandra, som tillsammans med brukarens erfarenhet och val av åtgärder påverkat odlingens resultat på fältet ifråga och som också inverkar på växtodlingens förutsättningar där i framtiden. Vidare görs jämförelser med fastmarksjordar för att bidra till en generellare syn på odlingsbetingelserna på den organogena jord som här studerats.

I särskilt äldre litteratur brukas ofta beteckningarna ”myrjordar”, ”mossjordar”, ”mossodling” och ”mosskultur” som övergripande begrepp vad gäller organogena jordar. I beskrivningen nedan av mossodlingens historia används sådana benämningar i stort sett såsom förekommit i den citerade litteraturen, bl.a. för att föra traditionen vidare.

## **Mossodlingens historia i Sverige**

Under 1800-talets första årtionden var livsmedelsförsörjningen problematisk i Sverige, bl.a. till följd av det finska kriget 1808-09 och den efterföljande förlusten av Finland. Därför arbetade Hushållningssällskapen och Lantbruksakademien under den efterföljande tiden för att stimulera nyodling (Runefeldt, 2008b). Under 1800-talet och in på 1900-talet nyodlades åkermark i mycket stor omfattning här i landet. Sålunda ökade åkerarealen från 0,8-0,9 miljoner hektar år 1800 (Jansson, 2011; Runefeldt, 2008a) till ungefär 3,0 miljoner hektar år 1866 och till närmare 3,8 miljoner hektar omkring 1920, då den brukade åkerarealen nådde sin största omfattning (Jordbruksverket, 2011a; Jordbruksverket, 2011b). I ökningen fram till tiden närmast efter första världskriget ingick huvudsakligen upplöjning av ängsmark (Osvald, 1959, s. 28-29), som minskade i areal, men även omfattande torrläggningar av sankmarker och sjöar, där organogena jordar odlades upp. Åkerarealen höll sig ganska oförändrad till åren närmast efter andra världskriget, varefter den minskade och uppgick till 2,7 miljoner ha



år 2005 (Jordbruksverket, 2011b; Jordbruket, 2007). I denna minskning ingick bl.a. en hel del organogena jordar eller mulljordar, som togs ur bruk som åkermark (se nedan).

Tidigt under 1800-talet uppmärksammades mossmarkernas odlingspotential av såväl institutioner som privatpersoner (Runefeldt, 2008b). Från omkring 1820 fanns möjlighet att få lån från hushållningssällskapen och Lantbruksakademien till diknings- och nyodlingsprojekt. Uppodlingen av mossmarker gick dock långsamt till att börja med, bl.a. till följd av att bönderna var skeptiskt inställda och förblev så långt senare. År 1840-41 ansåg emellertid riksdagen att landets ekonomi tillät statliga lån och bidrag till torrlägningsarbeten. Detta ledde till att en rad torrlägningsföretag kom till stånd avseende såväl mossar och myrar som sjösänkningar. Vidare infördes en s.k. odlingslånefond 1884. De statliga stöden tillsammans med ökad jordhunger, framsteg inom jordbruksvetenskap (genom bl.a. försöksverksamhet i Svenska Mosskulturföreningens regi, se Runefeldt, 2008a) samt utveckling av mineralgödselmedel och begynnande användning av sådana i jordbruket (Mårald, 2008; Persson, 2008) bidrog till en stark utveckling av mosskulturen 1860-1900 (Runefeldt, 2008b).

Den uppodling som ägde rum från och med 1870-talet skedde huvudsakligen på sjöbottnar samt på myr- och mossmark (Runefeldt, 2008a). Nästan 2 500 av Sveriges omkring 100 000 sjöar påverkades av sänkning eller torrläggning (Lennqvist, 2008). Den största sjösänkningen berörde Mosjön, Hjälmarén och Kvismarén i Närke, som för de båda senare sjöarnas del påbörjades 1878 och avslutades 1887-88. Det näst största sjösänkingsprojektet omfattade Tämnamarén i nordvästra Uppland (Lennqvist, 2008). Tämnamaréns sänkning påbörjades 1872 och avslutades 1878 (Runefeldt, 2008a; Nerman, 1898), varefter sjön ytterligare sänktes 1950-53.

Arealen odlade myrjordar (mulljordar eller organogena jordar) under olika skeden är svårbestämd. Mellan 1870 och 1900 torde dock ungefär 150 000 ha odlingsmark ha tillkommit genom torrlägningsprojekt, och vid 1900-talets början fanns ca 600 000 ha uppodlad myrmark i Sverige (Runefeldt, 2008a; Morell, 2011). Hjertstedt (1946) uppskattade den odlade torvmarksarealen till 705 000 ha år 1945, vilket angavs motsvara 12,3 % av all torvmark i landet och 19 % av den totala åkerarealen vid den tiden. År 1961 hade enligt en uppskattning arealen odlade myrjordar gått ned till 400 000 ha (Hallgren & Berglund, 1962, citerade av Runefeldt, 2008b och av Berglund, 2008). Berglund et al. (2009) beräknade att arealen odlad organogen jord (åkermark, betesmark och slåtteräng) år 2008 uppgick till 5,6 % (7,6 % inklusive gyttjejordar), motsvarande totalt 267 990 ha.

Minskningsen av arealen organogen jord med tiden beror bl.a. på ytsänkning, delvis orsakad av markens sättning när vattenytan eller grundvattenytan sänkts och av bortodling genom nedbrytning av det organiska materialet (Berglund, 1989 och 2008). Detta har i allmänhet försämrat dräneringen, särskilt om torvlagren varit djupa. Där myrarna såsom ofta i Norrland varit grunda vid uppodlingen, medförde bortodlingen att brukarna snart nådde ned till underlaget under myren, som ofta visade sig obrukbart (Runefeldt, 2008a). Där det organogena jordlagret visserligen varit tunt men underlagrats av lerjord, gyttjelera eller annan finkornig jord, har utsikterna varit större att marken kunnat behållas i öppen växtodling. Detta är fallet med jorden inom den studerade observationsytan vid Finnsholmen i Uppland (se nedan).

## Studier av kvävegödslingsbehovet på organogena jordar

Svenska Mosskulturöreningen, som var verksam 1886-1939 för att främja odling av organogena jordar, lät genomföra växtnäringsförsök främst på försöksgårdarna Flahult och Torestorp i Småland, Gisselås i Jämtland samt Sörbyn i Västernorrland men även på andra håll (Runefeldt, 2008a; Persson, 2008; Carlgren, 2008). Undersökningar av kvävegödslingsbehovet på odlad organogen åkermark under Mosskulturöreningens år har redovisats av bl.a. Osvald (1937), Franck (1956) och Lundblad (1956). Generellt fastställdes att mosstorvjordar var näringsfattiga och i behov av såväl allsidig gödsling som kalkning, medan kärrtorvjordar visade sig vara näringsrikare. Av undersökningsresultat sammanfattade av Osvald (1937) framgår variationer i totalkvävehalten på ca 0,5-3 % (av ts) i matjordslagret (0-20 cm) på organogena jordar. Mängderna totalkväve inom detta djup visade sig skifta från ca 2-4 ton/ha till över 16 ton/ha, med de högsta värdena hos gyttjor och kärrjordar. Hjertstedt (1946) visade i en sammanställning av jordanalyser, att gyttjor, vasstorv, starttorv och skogskärrtorv var kväverikast med i storleksordningen 9-11 ton totalkväve per ha inom 0-20 cm djup. Osvald (1937) anger, att på ”välskötta torvjordar i södra Sverige, vilka innehålla 10 000 à 12 000 kg kväve per ha, behöver kvävegödsel ej givas annat än till mycket kvävebehövande grödor”. Hjertstedt (1946) angav som övre gräns för kvävegödslingsbehov ett innehåll av omkring 9 ton totalkväve per ha inom 0-20 cm djup, vilket innebar att ca 40 % av de odlade torv- och gyttjorjordarna i landet ansågs behöva kvävegödsas.

Utöver kvävehalten i jorden framhöll Osvald (1937) betydelsen av kväveleveransens hastighet för grödornas kväveförsörjning. Kvävefrigörelsen angavs bli mindre i Norrlands kallare klimat. Osvald (1937) framhäver även vikten av kalkning och gödsling med fosfor och kalium för att stimulera kvävemineraliseringen i jorden.

Då odlade mossjordar generellt visade sig vara kvävefattigare än kärrjordar och ha långsammare ”kväveomsättning”, förordades generellt kvävegödsling på mosstorvjordar (Osvald, 1937; Franck, 1956). Till stråsåd rekommenderades 10-30 kg N/ha på sådana marker (Lundblad, 1956). Även kärrtorvjordar behövde emellertid ofta en viss kvävetillförsel enligt Osvald (1937). Franck (1956) och Lundblad (1956) anger dock, att man på gyttjorjordar och kärrtorvjordar i södra och mellersta Sverige inte behövde tillföra kvävegödsel till stråsåd, medan man till andra, mer kvävebehövande grödor föreslog mellan 15 och 60 kg N/ha. Den rekommenderade kvävegödslingen till stråsåd (normalt vårsåd) på organogena jordar kan jämföras med att man till vårmete och korn på fastmarksjordar södra och mellersta Sverige ansåg att 30-60 kg N/ha respektive 30-45 kg N/ha behövdes i form av kalksalpeter (Franck, 1956). På gyttjorjordar och kärrtorvjordar i södra och mellersta Sverige rekommenderade Franck (1956) och Lundblad (1956) generellt mellan 15 och 60 kg N/ha till mer kvävebehövande grödor än stråsåd. Till gräsrika vallar på mulljord ansågs 30-45 kg N/ha behövas, och på äldre vallar rekommenderades 30-60 kg N/ha i form av kalksalpeter (Lundblad, 1956). I Norrland räknade man ”på grund av den långsammare kväveomsättningen i marken med kvävegödsling på alla myrjordar” (Lundblad, 1956).

Det tycks i lättillgänglig litteratur inte ha publicerats resultat från kvävegödslingsförsök på mulljordar under 1900-talets senare del och fram till nutiden (2013), fränsett tre ettåriga fältförsök med bestämning av optimalt kvävegödslingsbehov ingående i en undersökning av Mattsson (2006) avseende försök åren 1967-2004 . På dessa mulljordar (av ej angivet slag) fastställdes en optimal gödselkvävegiva på i medeltal 46 kg N/ha, medan kväveoptimum på ett mycket stort antal fastmarksjordar, uppdelade på lätta jordar (<15% ler), lättlorer (15-25%

ler) samt mellanleror och styva leror (>25% ler), uppgick till 67, 79 respektive 86 kg N/ha (Mattsson, 2006).

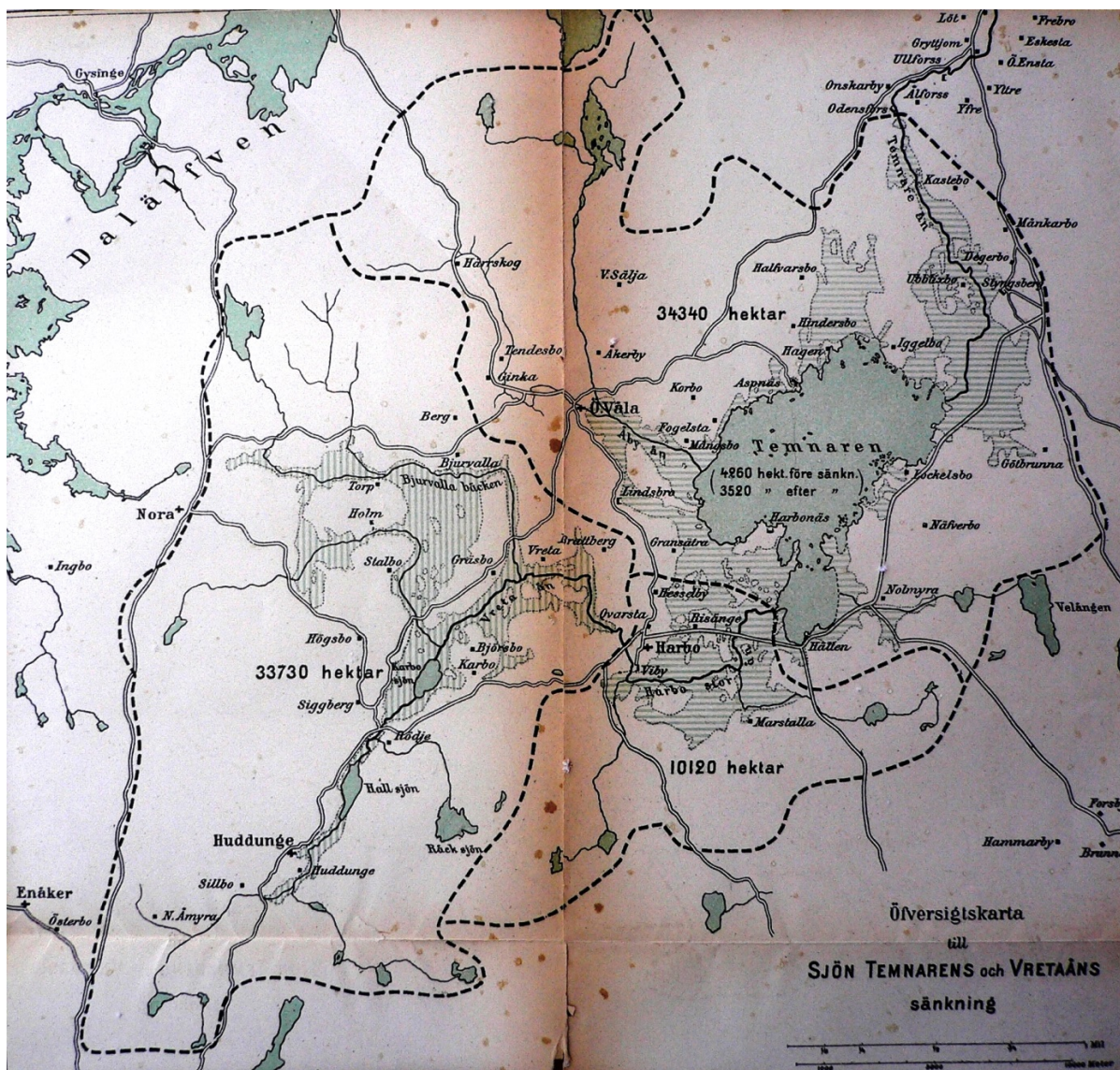
## Uppodlingen av sankmarker vid Vretaån i nordvästra Uppland

I Uppland har flera omfattande torrlägningsprojekt genomförts, bl.a. i Fyris- och Olandsåarnas vattensystem, där stora arealer myrmark och sjöbotten torrlagts. I den nordvästra delen av landskapet sänktes sjön Tämna 1872-78 för att motverka svåra översvämningar (figur 1). Dessa berörde mer eller mindre 6 400 ha mark, som därför inte hade kunnat odlas (Nerman, 1898). Sjöns högsta nivå sänktes med 1,2 m och den lägsta med 1,3 m. Sjöytan minskade därmed från 4 260 ha till 3 520 ha efter sänkningen (Nerman 1898). En andra sjösänkning gjordes 1950-53, denna gång med 44 cm, för att ytterligare förhindra översvämningar. Till Tämna rinner Vretaån västerifrån, som i sin nedre del övergår i Harboån, efter passagen genom samhället Harbo. År 1883 bildades Vretaåns sänkningsföretag, som berörde omfattande marker i Huddunge, Nora, Harbo och Östervåla socknar i Västmanlands län (Eriksson, pers. medd.). Inom Vretaåns vattenområde beräknades åsänkningen påverka 3 300 ha mossar och översvämmad mark (figur 1), som torrlades och kunde odlas upp (Nerman, 1898). Hälften av arealen ansågs ha varit "lidande af bottensyra", dvs. var sank genom för högt grundvattenstånd. Den andra hälften beräknades vara nyvunnen, torrlagd mark, som före sänkningen översvämmats med 0,2-0,3 m i höjd (Eriksson, pers. medd.). Att en sänkning som denna krävde omfattande planering och väl utvecklad ingenjörskonst, framgår av Nerman (1898), som beskriver beräkningar av hur den genom sänkningen snabbare avrinningen från Vretaåns och tillhörande mindre vattendrags avrinningsområde, totalt 33 730 ha (figur 1), skulle motverkas nedströms för att inte orsaka nya översvämningar inom Tämnaens område.

Nedanstående uppgifter om uppodlingsföretaget inom Vretaåns område har lämnats av lantbrukare Rolf Eriksson, som är ledamot av styrelsen för åsänkningsföretaget. Han är dessutom tidigare ägare till gården Finnsholmen i Harbo socken, där den redovisade undersökningen av en organogen jord på gårdens ågor genomfördes 1987-88.

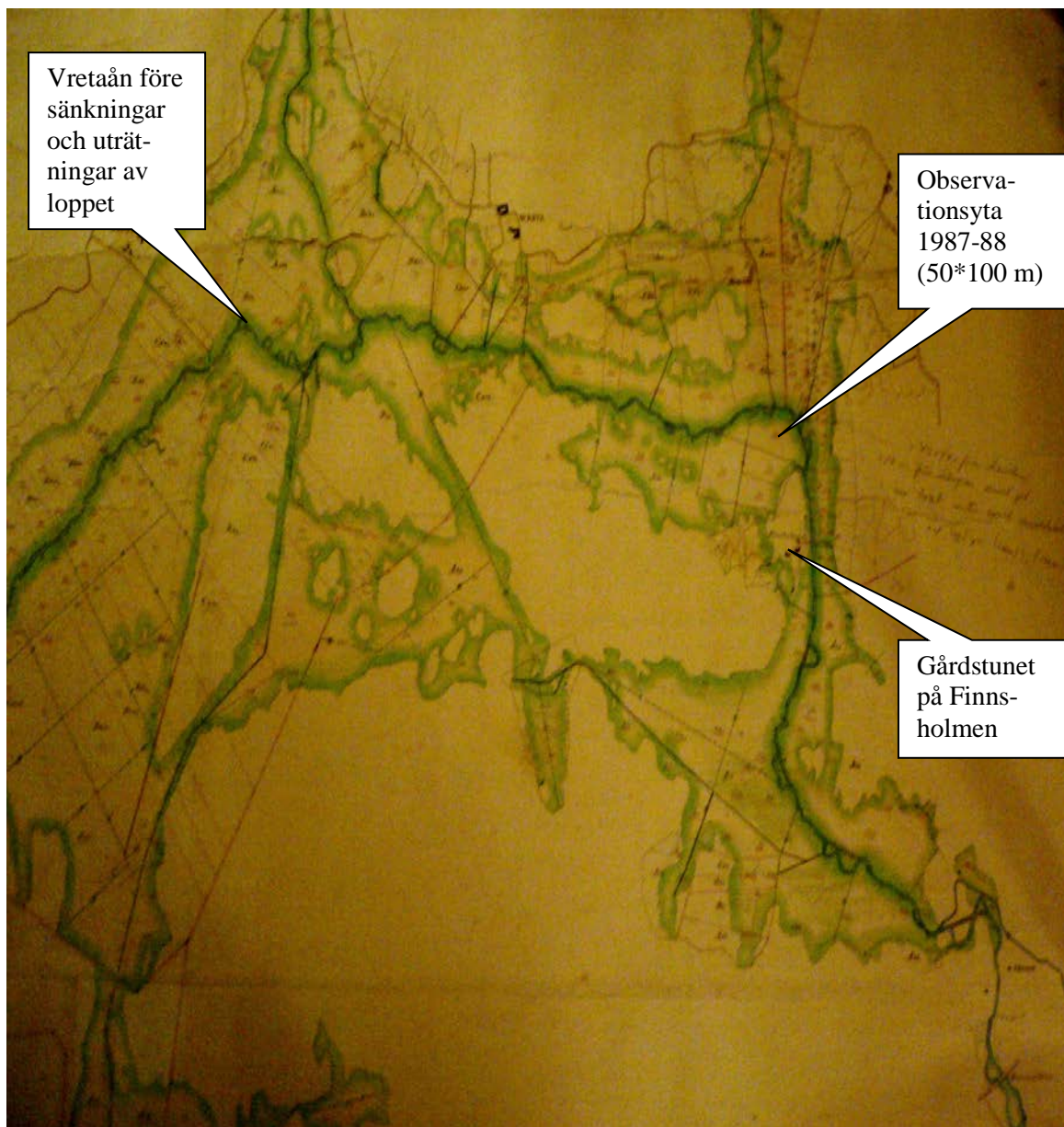
Åsänkningsföretaget började planeras 1883, då en karta över berörda marker upprättades (figur 2). Åren fram till 1896 utfördes planeringsarbeten för sänkningsprojektet, såsom mätningar och beräkningar av åns lutning och vattenhastighet. Själva arbetet med att gräva ur ån genomfördes 1896-98. För sänkningen av Vretaån krävdes att en vattendriven kvarn i Harbo löstes in. Härigenom kunde man avlägsna en fördämning uppströms kvarnen. Vid urgrävningen av ån användes ett mudderverk, som drevs med en vedeldad ångmaskin. I samband med sänkningen rätades ån ut. Härvid togs ett antal åkrökar bort (se åns lopp före åsänkningen i figur 2 och efter sänkningen i figur 3) och fylldes med uppgrävda jordmassor för bättre arrondering. På vissa ställen sprängdes berg bort. För projektet erhöll sänkningsföretaget ett lån från Odlingslånefonden på 227 000 kr, vilket i dagens penningvärde torde motsvara drygt 11 miljoner kronor. Detta belopp betalades med tiden tillbaka av de berörda markägarna, vilket även gällde Rolf Erikssons farfar Emil Eriksson, som köpte gården Finnsholmen 1915 och brukade den till 1938.

År 1914 fann man att det anhopats alltför mycket slam i åbotten. För att gräva upp detta användes ett mudderverk. Till följd av den ytsänkning, som de uppodlade markerna invid Vretaån för med tiden utsatts för, grävdes ån ur igen 1959. Detta skedde denna gång med grävmaskin och med sprängning i berg på vissa ställen. Längs en del sträckor sänktes nu åns yta med 1,8 meter. Åsänkningsföretaget kunde tursamt nog genomföra dessa arbeten med statsbidrag, vilka senare kom att avskaffas.



Figur 1. Äldre karta (i Svenska Mosskulturföreningens tidskrift 1898) över de områden som avsågs att torrläggas genom sänkningen av sjön Temnaren 1872-78 (vågrätt streckade ytor) och sänkningen av Vretaån 1896-98 (lodrätt streckade ytor) i nordvästra Uppland (Nerman, 1898). Uppgiften "33730 hektar" avser Vretaåns och tillrinnande mindre vattendrags avrinningsområde. Den översvämmade areal som torrlades genom Vretaåns sänkning uppskattades enligt Nerman (1898) till 3300 ha.

Figure 1. Old map (in the *Journal of Svenska Mosskulturföreningen*, 1898) over the areas intended to be drained and reclaimed through the lowering of the surface of Lake Temnaren in 1872-78 (horizontally dashed lines) and the river Vretaån in 1896-98 (vertically dashed lines). The flooded area drained by the lowering of Vretaån was estimated to comprise 3300 ha according to Nerman (1898).



Figur 2. Utsnitt av karta över "Wreta ån och de egor som lida skada af vatten för hvilket denna å utgör afledning uti Huddunge, Nora, Harbo och Öster Wåla socknar, Westerås län, upprättad år 1883". De marker på kartan som ligger innanför linjer med grönfärgad bord (grön färg = innanför linjen) utgör områden som skulle torrläggas genom åsänkningen 1896-98. Utsnittet visar bl.a. sankade områden närmast söder och väster om Vretaåns nordöstra åkrök, vilka kom att bli nyodlad mark åkermark på Finnsholmen efter sänkningen. Kartan tillhör lantbrukare Rolf Eriksson, tidigare ägare till Finnsholmen.

*Figure 2. Section of a map from 1883 showing swampy areas along the river Vretaån. The areas situated within lines with a greenish border (green colour = inside the line) refer to areas planned to be drained and reclaimed through the lowering of the river in 1896-98. The map section includes areas to the south and west of the north-eastern bend of the river Vretaån, constituting reclaimed land on the Finnsholmen farm after lowering the river.*



Figur 3. Karta från år 1900 över Finnsholmen och angränsande delar av Vretaån, med nyvunnen åkermark utmed ån efter åsänkningen 1896-98 (jmf. figur 2). Åns lopp rätades ut genom sänkningen. Kartan reproducerades 2005 av Skogsstyrelsen på basis av kartmaterial från Lantmäteriet, Dnr. MS2005/20. Skala 1:10000.

*Figure 3. Map from 1900 showing Finnsholmen and neighbouring parts of the river Vretaån with reclaimed land along the river after lowering the river in 1896-98 (cf. Figure 2). The course of the river was straightened out through the lowering. Scale: 1:10000.*

De gårdar som erhöll odlingsbar mark genom sänkningen 1896-98 fick omkring 15 år på sig för uppodlingen (till ca 1915), men genom ett uppskov förlängdes tiden med två år. Detta innebär att den organogena jorden på fältet med den redovisade undersökningen 1987-88 då hade odlats drygt 70 år och nu (2013) i omkring 100 år. Av kartorna i figur 2 och 3 framgår att Finnsholmen och andra gårdar vann betydande arealer genom åsänkningen. På Finnsholmen fanns ursprungligen odlade jord bara närmast omkring gårdstunet (se karta i figur 2).

## **Odlingshistoria på fältet med observationsytan vid Finnsholmen**

Det är osäkert hur vegetationen på fältet med observationsytan såg ut och hur detta användes före åsänkningen 1896-88. Enligt Rolf Eriksson kan marken ha varit översvämmad under delar av året. Sommartid torde djur ha betat där. Den tidigare odlingshistorien efter uppodlingen är inte heller närmare känd. Under farfadern Emil Erikssons (1915-38) och fadern Ivar Erikssons (1938-66) tid som ägare och brukare ingick nötkreatur samt vall- och spannmålsodling i driften. Under 1940-talet införde Ivar Eriksson mineralgödsel i växtodlingen på gården och började därmed tillföra superfosfat och kalisalt, efter råd från de s.k. vandringsrättare som då fanns.

Ivar Erikssons son Rolf Eriksson, som tillträdde som arrendator på Finnsholmen 1966 och köpte gården 1972, kalkade marken 1982-83, varvid 4 ton dolomitkalk och ett ton kalkslagg från Oxelösunds järnverk tillfördes per ha. Ingen kalkning hade uppenbarligen ägt rum dessförinnan. Rolf Eriksson bedömer att skördarna av korn uppgick till 3-3,5 ton/ha före

kalkningen och till 4-5 ton/ha därefter. Under 1990-talet genomfördes kompletteringskalkning på vissa fält, dock inte inom området där observationsytan låg 1987-88.

Vissa delar av fältet är dränerade med täckta ledningar, dock inte delområdet med observationsytan. Där består alven av lergyttja med permanent sprickbildning, vilket gjort marken självdränerande (se nedan). På andra delar av skiftet har dräneringen måst förbättras med tiden till följd av marksänkning.

År 1970 började Rolf Eriksson att odla potatis. Efter kalkningen 1982-83 användes en treårig växtföljd med potatis (år 1), vårvete (år 2), vårkorn (år 3) och därefter åter potatis år 4. Från 1970 och fram till kalkningen hade en liknande växtföljd använts men med potatis vart fjärde år. Potatisen krävde stora fosfor- och kaliumgivor. Till denna gröda tillförde Rolf Eriksson 1000 kg kalimagnesia och 350 kg superfosfat (P20) per ha. Det efterföljande vårvetet gödslades inte, men under det tredje året (med korn) spreds ett NPK-gödselmedel med litet kväveinnehåll. Potatisen bevattades under somrar med torrt väder. Den förhållandevis intensiva fosfor- och kaliumgödslingen gav förbättrat fosfor- och kaliumtillstånd med åren (tabell 1).

Tabell 1. Växtnäringstillstånd enligt markkarteringsanalyser 1960, 1981 och 1996 avseende prover från punkter inom den fältdel där observationsytan kom att placeras 1987-88.

*Table 1. Plant nutrient conditions according to soil mapping in 1960, 1981 and 1996, with analyses of soil taken from sampling points within the field part where the observation area was chosen in 1987-88. Alv = subsoil, jord = soil, klass = analysis class\*.*

År Year	1960 (ett samlingsprov) (one composite sample)		1981** (medeltal för två provpunkter) (averages of two sampling points)		1996 (medeltal för tre provpunkter) (averages of three sampling points)	
Jordanalyser Soil analyses						
pH (H <sub>2</sub> O)	5,3		5,2 (alv: 4,0***)		6,3	
	mg/100 g jord	Klass*	mg/100 g jord	Klass*	mg/100 g jord	Klass*
P-AL	3	II	8	III/IV	12	IV
P-HCl	59	3	-		135	5
K-AL	16	III/IV	29	IV	22	IV
K-HCl	45	1	-		218	4
Mg-AL	-		-		46	
Cu-HCl	-		-		45	

\*) Klassindelning av AL- och HCL-analyser: se Albertsson (2012) *Division of analyses into AL and HCl classes: see Albertsson (2012)*. \*\*) Före kalkning before liming (1982-83).

\*\*\*) Avser 60-70 cm djup *Refers to 60-70 cm soil depth*.

## Material och metoder i undersökningen vid Finnsholmen

### Försöksplats

I syfte att främst studera 1) grödornas tillgång på mineraliserat kväve och 2) variationer i mängderna mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) under olika årstider i marken på en organogen jord genomfördes som nämnts undersökningar 1987-88 inom det valda åkerfältet på gården Finnsholmen i Harbo socken (figur 2 och 3). Vid starten av undersökningarna våren 1987 valdes på detta åkerfält en observationsyta ut med storleken 48\*100 m för jord- och

grödprovtagningar. Ytan hade långsidorna i stort sett i väst-östlig och kortsidorna i syd-nordlig riktning. Det ”nordöstra hörnet” har koordinaterna 60°07′33,3″N, 17°10′45,9″E och det ”sydöstra hörnet” 60°07′31,8″N, 17°10′45,7″E. Ytan är belägen knappt 3 km nordväst om Harbo kyrka. Det nordöstra hörnet ligger ca 100 m från Vretaån. Marken är mycket plan. Genom åsänkningarna ligger de nordöstra och sydöstra hörnen åtminstone 2,3 m respektive 2,1 m över åns vattenyta vid normalvattenstånd enligt mätning med avvägningssinstrument.

### **Grödor under åren 1987 och 1988**

På fältet i fråga odlades vårkorn (sexradskorn, sort: Bode) 1987 och potatis (King Edward) 1988 (tabell 2). Kornet såddes den 19 maj. Inget gödselkväve (och ej heller någon stallgödsel) tillfördes till kornet av den orsaken, att brukaren inte avsåg att kvävetillskott behövdes. Kornet 1987 drabbades av omfattande liggsäd. Brukarens problem var att potatisens kvalitet ofta försämrades genom för stor kvävetillgång i marken, vilket medförde blötkokning. Därför kvävegödslades inte heller potatisen 1988, men den tillfördes 300 kg superfosfat P20 per ha (60 kg P/ha) före sättning och dessutom 1000 kg PK Mikro 7-16 (70 kg P/ha och 160 kg K/ha), som radgödslades i samband med sättningen. Fosfor- och kaliumtillförseln syftade till förrådsgödsling, särskilt för de efterföljande grödorna i det treåriga växtföljdsomloppet (se ovan). Motsvarande fosfor- och kaliumförsörjning genom tidigare förrådsgödsling ingick i det föregående växtföljdsomloppet, som avslutades med kornet 1987. Berglund (1996b) fann i försök på två organogena jordar på gyttejebotten, att fosfortillförsel i form av förrådsgödsling (50-60 kg P/ha) gav stadigvarande skördeökningar på 4 respektive 7 % under en fyraårig försöksperiod, då främst stråsäd odlades. Nilsson (1982) menar dock, att förrådsgödsling med kalium på organogen jord för mer än ett par år kan vara sämre än årlig kaliumtillförsel, eftersom detta ämne lättare utlakas än fosfor, men så snart det föreligger en inblandning av mineraljord eller sådan finns inom rottdjup förbättras grödornas kaliumtillgång.

Potatisen sattes med 70 cm radavstånd och 23 cm sätstavstånd i raderna. Bladmögel bekämpades tre gånger med Fungiman (i juli och augusti).

### **Provtagning av jord och grödor**

För bestämning av mängderna mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) i markprofilen (0-90 cm) och för att följa de årstidsvisa förändringarna av detta kväve i jorden togs jordprov ut med uppdelning i skikten 0-30 cm (24 borrhstick), 30-60 cm (15 stick) och 60-90 cm (15 stick) vid olika tidpunkter från våren till senhösten både 1987 och 1988 (tabell 2). Borrhstickan vid denna kväveprofilprovtagning fördelades slumpmässigt inom observationsytan, och borrhstickorna slogs ihop till skiktvisa samlingsprover. Jordproverna förvarades svalt och homogenerades i färskt tillstånd samma dag som de tagits ut eller dagen därefter. De extraherades med 2 M KCl i jord-vätskeförhållandet 1:2,5 (jmf. Bremner & Keeney, 1966), varefter ammonium- och nitratkväve bestämdes med en autoanalyser (Technicon autoanalyser) vid Avdelningen för växtnäringlära, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala. Analysvärdena räknades om till kilogram per ha skiktvis i marken med beaktande av fastställda volymvikter (tabell 3) och aktuella vattenhalter i proverna.

Volymvikterna i jorden bestämdes genom provtagning i 10-cm-skikt till 90 cm djup med uttagning av 4 st. 10 cm höga jordproppar i ostörd lagring per skikt med nedslagningscylindrar av stål (Andersson, 1955). Uttagningen ägde rum i början av oktober 1987, då man kunde räkna med att jorden hade satt sig efter vårens jordbearbetning. Synliga körspår undveks vid denna provtagning. Jordartsbestämning utfördes genom mekanisk analys vid dåvarande Provcentralen vid SLU i Uppsala, med bestämning av fraktionerna ler, mjäla+finmo och grovmo+



sand. För detta användes jordprover som tagits ut för mineralkväveanalys. Mullhalterna fastställdes dels genom bestämning av glödningsförlust och dels genom bestämning av totalkol i jorden, med det traditionella antagandet att kolhalten utgjorde 58 % av markens organiska substans (mullhalt = C \*1,724). I samband med jordprovtagningarna av olika slag gjordes visuella bedömningar av markens egenskaper såsom jordarter och rotförekomst på olika djup.

Tabell 2. Tidpunkter för provtagningar av jord och gröda inom observationsytan vid Finns-  
holmen samt karakteristik av odlingsförhållandena på plasten vid dessa tillfällen.

*Table 2. Dates of sampling crop and soil within the observation area at Finnsholmen and characterisation of the crop cultivation conditions on these occasions. Kväveprofilprovtagning = soil sampling (0-30, 30-60 and 60-90 cm soil) for determination of soil mineral nitrogen. Provtagning av grödan för bestämning av kväveupptag (och kärnskörd) = crop sampling for determination of nitrogen uptake (and grain yield). Provtagning av potatisen för bestämning av knölskörd = sampling of the potato crop for determination of tuber yield.*

Datum <i>Date</i>	Provtagning <i>Sampling</i>	Odlingsförhållanden på fältet <i>Cultivation conditions on the field</i>
12/5 1987	Kväveprofilprovtagning	Marken var höstplöjd men ännu inte harvad och sådd.
2/6 1987	Kväveprofilprovtagning Ingen provtagning av grödan <i>No crop sampling</i>	Sådden av fältet ägde rum den 19 maj. Den 2 juni hade grödan (sexradskorn) kommit upp och utvecklat två blad.
20/7 1987	Kväveprofilprovtagning. Provtagning av grödan för bestämning av kväveupptag	Kornet var i axgångens slutfas. Jämnt och fint bestånd med mycket kraftig halmtillväxt. Liggsäd hade börjat uppkomma.
18/8 1987	Kväveprofilprovtagning. Provtagning av grödan för bestämning av kväveupptag	Kornet var i degmognadsstadiet och plantorna var ännu något gröna. Grödan uppvisade mycket god tillväxt, men kraftig liggsäd hade uppkommit.
15/9 1987	Kväveprofilprovtagning. Provtagning av grödan för bestämning av kväveupptag och kärnskörd	Kornet var närmast fullmoget. En stor del av borsten i axen hade fallit av och låg på marken.
4/11 1987	Kväveprofilprovtagning	Marken hade plöjts några dagar tidigare, varvid halmen hade brukats ned. Det var torrt i matjord och alv för årstiden.
19/4 1988	Kväveprofilprovtagning	Jorden låg ännu obearbetad men hade börjat torkat upp väl i hela markprofilen 0-90 cm.
19/5 1988	Kväveprofilprovtagning	Brukaren hade harvat tre gånger före sättnings av potatisen.
14/6 1988	Kväveprofilprovtagning	Potatisen hade satts den 27 maj och dessför-innan gödslats med superfosfat och PK Mikro 7-16. Grödan började komma upp den 17 juni.
7/9 1988	Kväveprofilprovtagning. Provtagning av potatisen för bestämning av knölskörd.	Provtagningen ägde rum några dagar innan blastdödning utfördes på fältet. Blasten var kraftig och ännu i stort sett grön. Knölarna var jämna samt utan skurv och brunröta.
12/10 1988	Kväveprofilprovtagning	Marken plöjdes denna dag. Det var torrt i matjord och alv för årstiden.
7/11 1988	Kväveprofilprovtagning	Marken hade börjat täckas av snö och var frusen till ca 3 cm djup. Det var torrt i matjord och alv för årstiden.

Korngrödan provtogs vid axgångens slutfas (20 juli), degmognad (18 augusti) och fullmognad (15 september) inom tre mindre slumpmässigt valda delområden inom observationsytan, där plantorna inom sex såradssträckor med 0,5 m längd klipptes av vid markytan. Växtmaterialet därifrån slogs ihop till ett prov för delområdet ifråga. Med beaktande av radavståndet (14,5 cm) provtogs härigenom 0,58 m<sup>2</sup> per delområde, dvs. totalt 1,74 m<sup>2</sup> per provtagningstillfälle (n = 3). Efter torkning skildes halmen (inkl. agnar) från kärnan i vart och ett av de tre delproverna, varefter de olika delarna vägdes och innehållet av totalkväve bestämdes genom reguljär Kjeldahl-analys vid Avdelningen för växtnäringslära. För beräkning av kornets samlade kväveinnehåll vid degmognad och fullmognad antogs, att totalkvävemängden i rötterna utgjorde 20 % av innehållet i hela grödan (jmf. Hansson et al., 1987). Den beräknade kvävemängden i hela grödan kan sägas motsvara det jordkväve som kornet kunnat utnyttja under växtsäsongen, eftersom inget gödselkväve tillförts (jmf. Lindén et al., 1992a). För bestämning av kornets kärnskörd (biologisk skörd) utnyttjades de klippta proverna från provtagningen den 15 september.

Potatisgrödan 1988 provtogs inte under växtsäsongen detta år. Enbart knölskörden bestämdes, genom provtagning den 7 september, vilket skedde några dagar före blasdödning. För denna skördebestämmning grävdes potatisstånden upp in 4 st. 8 m långa potatisrader inom vart och ett av sex provtagningsområden inom observationsytan (n = 6).

Kväveprofilprovtagningarna på våren samt vid degmognad och fullmognad 1987 utnyttjades tillsammans med grödprovtagningarna vid de båda senare tillfällena för beräkning av kväve mineraliseringsstillskottet från marken (synbarlig nettomineralisering av kväve) under växtsäsongen detta år enligt följande formel (jmf. Lindén et al., 1992a):

$$N_{\text{net}} = N_{\text{växt}} + N_{\text{md}} - N_{\text{mv}}$$

där  $N_{\text{net}}$  = Beräknad nettomineralisering av kväve under växtperioden (från vår till degmognad eller fullmognad)

$N_{\text{växt}}$  = Kväve i grödan vid degmognad eller fullmognad (= utnyttjbart jordkväve under växtsäsongen)

$N_{\text{md}}$  = Mineralkväve i marken (0-90 cm) vid degmognad eller fullmognad

$N_{\text{mv}}$  = Mineralkväve i marken (0-90 cm) på våren

Den beräknade kvävefrigörelsen kan anses utgöra ett netto med avseende på kväve mineraliseringsstillskott minus förekommande kväveförluster (utlakning, denitrifikation och förluster av kväve från grödan). Kvävetillskott genom atmosfäriskt nedfall har inte beaktats.

## Resultat och diskussion

### Jordartssammansättning inom observationsytan

Jordartssammansättningen i marken inom observationsytan framgår av tabell 3. I markskiktet 0-30 cm innehöll jorden 53 % organiskt material enligt bestämning på basis av glödgningsförlust (tabell 3), men baserat på analys av halten totalkol (C) i jorden (mullhalt = C\*1,724) erhöles drygt 60 % mull (tabell 4). Berglund (1996a) redovisar också skillnader i erhållen mullhalt med dessa båda metoder och tillägger, att korrektion måste göras för strukturellt bundet vatten hos lermineral vid användning av glödgningsförlust. Jordlagret

inom 0-30 cm djup kan karakteriseras som kärrtorvmulljord. Alven utgjordes av lergyttja, som var mycket mullrik (15-16 % mull) och mullrik (9 %) inom 30-60 cm respektive 60-90 cm djup (tabell 3 och 4). Texturellt sett (dvs. enligt kornstorleksfördelning i % av mineralsubstansen) innehöll alvskikten styv lera. Provtagnings-skikten 0-30 och 30-60 cm sammanföll dock inte helt med jordarts- och mullhaltsövergångarna med djupet på dessa nivåer. Under plogbotten (på knappt 25 cm djup) och ned till 35-40 cm fanns 1987-88 ett skikt med höghumifierad torv.

Vid en ny undersökning i november 2012 återstod av denna torv ett högst ca 10 centimeter tjockt, ganska kompakt skikt under den bearbetade matjorden (figur 4). Det innehöll höghumifierad torv, där det inte var möjligt att med blotta ögat urskilja detaljer av ursprungliga växtrester som avlagrats och konserverats i samband med torvens bildning (figur 5). Vid detta tillfälle nådde det sammanlagda matjords- och kärrtorvskiktet i medeltal ned till 30 cm (standardavvikelse: 4 cm, variationsbredd: 22-35 cm, n = 11). Under torvlagret fanns liksom 1987-88 en tvär övergång till den ljus färgade lergyttjan.

Tabell 3. Jordartssammansättning och volymvikter skiktvis i markprofilen (0-90 cm djup) inom observationsytan vid Finnsholmen. Jordarterna uttrycks här både som mekanisk sammansättning (% av jordens ts) och som texturell sammansättning (inom parentes) avseende enbart mineralsubstansen (kornstorleksfördelning i procent av mineralsubstansen). Beräkningarna av mullhalt baseras här på glödgningsförlust.

*Table 3. Soil composition and volume weights layer-wise in the soil profile (0-90 cm) within the observation area at Finnsholmen. Soil composition is expressed as percentage of total soil DM and as textural composition (within brackets), i.e., only including the mineral soil material. Soil organic matter (SOM) data refer to determinations of loss on ignition. Ler = clay, Mjåla+finmo = silt+fine sand, grovmo+sand = sand, glödgningsförlust = loss on ignition, mull = SOM, kornstorleksfördelning = particle size distribution.*

Mark-skikt <i>Soil layer</i> (cm)	Jordartssammansättning (% av torrs-substansen) <i>Soil composition (% of DM)</i>					Jordarts-beteckning <i>Swedish designation of soil types</i>	Volym-vikt <i>Volume weight (kg/dm<sup>3</sup>)</i>
	Ler	Mjåla + finmo	Grovmo + sand	Glödgnings-förlust	Mull		
	<i>Kornstorleksfördelning (mm):</i>						
	<0,002	0,002-0,06	0,06-2				
0-30	16,9 (35,7)	10,0 (21,1)	20,5 (43,3)	61,5	52,8	M	0,43
30-60	35,8 (42,2)	33,6 (39,6)	15,4 (18,1)	18,4	15,0	1 G (mmr SL)	0,54
60-90	39,6 (43,6)	41,4 (45,5)	9,9 (10,9)	11,9	9,1	1 G (mr SL)	0,59



Figur 4. Brottstycken ur torvlagret på omkring 25-35 cm djup inom observationsytan på Finnsholmen i november 2012. Rötterna var koncentrerade till sprickor och gångar, medan den mellanliggande, ganska kompakta torvjorden uppenbarligen utgjorde en mer ogynnsam miljö för rötterna.

*Figure 4. Pieces of the peat at about 25-35 cm soil layer within the observation area at Finnsholmen in November 2012. Roots were concentrated to cracks and other hollows, whereas the rather compact peat soil in between obviously constituted a more unfavourable environment for the roots.*

Lergyttjan under torvlagret kännetecknades vid undersökningen 1987-88 av tydlig sprickbildning och pelarstruktur åtminstone ned till 60-70 cm djup. Det fanns på sina håll sprickor, som var 1 cm breda eller rentav mer. Det var gott om bruna, övervägande lodräta järnutfällningar i övre delen av detta jordlager. Under nivån 60-70 cm avtog sprickbildningen, samtidigt som strukturen alltmer fick en såpaktig karaktär. Ovanför grundvattenytan kännetecknades gyttjan av en prismatisk struktur. Vid sönderbrytning av framgrävda jordklumpar bildades sålunda mer eller mindre kantiga, rektangulära jordfragment (figur 5). De tilltog i storlek med djupet. Berglund (1996a) förklarar dessa bildningar med att tjäle i marken och olika odlingsåtgärder kan förstöra spricksystemet och istället skapa prismatiska aggregat.

Grundvattenytan stod vid ett provtagningstillfälle (oktober 1987) på 80-85 cm djup men befann sig vid andra tidpunkter djupare än så. Den undersökta fältytan visade sig vara väl-dränerad, uppenbarligen tack vare de permanenta sprickorna i lergyttjan. Dessutom fanns en dräneringsledning i närheten inom fältet. Området med observationsytan låg drygt 2 m över Vretaåns normala vattenyta (se ovan), vilket åstadkommits genom sänkningarna av ån.



Figur 5. Jord från omkring 30-40 cm djup inom observationsytan vid Finnsholmen vid provtagning i november 2012. På detta djup och längre ned hade jorden gyttystruktur och kunde sönderdelas i mer eller mindre prismatiskt formade aggregat och fragment. Rötter förekom skiktat främst i sprickor och gångar.

*Figure 5. Soil from the 30-40 cm layer within the observation area at Finnsholmen at sampling in November 2012. At this depth and further down, the soil was characterised by a gytty structure and could be divided into more or less prismatic aggregates and fragments. Roots occurred layer-wise, mainly in cracks and other hollows.*

Egenskaperna i alven inom observationsytan vid Finnsholmen stämmer väl överens med Berglunds (1996a) beskrivningar av gyttejordar, med pelarstruktur och permanent sprickbildning inom den nedre delen av en ca en meter djup markprofil. Den permanenta sprickbildningen uppkommer vid den krympning som uppstår vid dränering (Berglund, 1996a).

Rötter fanns 1987-88 huvudsakligen ned till den översta decimetern av lergyttjan. Enstaka rötter hittades dock ned till ca 80 cm djup. Det kunde inte avgöras om dessa rötter härrörde från årets gröda (korn 1987) eller var äldre. Rotdjupet är något förvånande med hänsyn till att pH-värdena på djupen 30-60 cm och 60-90 cm var så låga som 4,2 respektive 3,5 (se nedan), uppenbarligen beroende på alvens gyttekaraktär. Berglund (1996c) fann likaså enstaka rötter i sprickor djupare ned i alven (till 70 cm djup) på gyttejeleror med mycket låga pH-värden i alven.

Volymvikten (tabell 1) var låg i mulljordslagret på 0-30 cm djup ( $0,43 \text{ kg/dm}^3$ ) men även i lergyttjan i alvskikten 30-60 och 60-90 cm ( $0,54$  respektive  $0,59 \text{ kg/dm}^3$ ). Berglund (1996a) redovisade liknande volymvikter i alven på sex lergyttejordar: som lägst  $0,29$  och som högst  $0,88 \text{ kg/dm}^3$ .

## Inverkan av jordens markkemiska egenskaper

I alvskikten (30-60 och 60- 90 cm djup) var pH-värdena som nämnts mycket låga: 4,2 respektive 3,5 (tabell 4). Detta får anses vara karakteristiskt för gyttejordar (Berglund, 1995, 1996a), genom förekomst av reducerat svavel som efter dräneringen oxideras med bildning av svavelsyra. Berglund (1995, 1996a, 1996b) redovisade gyttejordar med pH-värden omkring 4 och lägre i alven (inom 100 cm djup). I dessa undersökningar avtog pH-värdena med markdjupet, samtidigt som totalsvavelhalterna tenderade att öka med djupet.

Vid pH-värden <5 i alvskikt försämras och vid värden <4 hindras rotutvecklingen på djupet ifråga, vilket även kan vara fallet så ytligt som på 30-40 cm djup (Berglund, 1995, 1996a, 1996c). Ett så pass begränsat rotdjup kan orsaka vattenbrist för grödorna. Berglund (1996a) anger att rötterna i alven på sådana gyttejordar förefaller undvika det inre av jordpelarna och tenderar att finnas på sprickornas ytor, vilket också var fallet vid Finnsholmen (figur 4 och 5). Låga pH-värden (omkring 4 eller lägre) kan som bekant åtföljas av förhöjda aluminiumhalter, som anses ha toxisk inverkan på flertalet grödor odlade i Sverige (Berglund, 1995, 1996b). Berglund (1996c) fann att rötterna ”buskade sig” till tjockare anhopningar vid övergång till pH-värden <5 i den övre alven på gyttejordar. Buskformade rotanhopningar fanns också underst i torvlagret och allra överst i lergyttjan inom observationsytan på Finnsholmen (figur 5).

Tabell 4. Markkemiska egenskaper inom observationsytan vid Finnsholmen. Mullhalten har här beräknats på basis av halten totalkol (men med hjälp av glödningsförlust i tabell 3).

*Table 4. Soil chemical properties within the observation area at Finnsholmen. Soil organic matter (SOM) is here calculated from determinations of total carbon (SOM = C\*1.724). % av ts = % of DM, ton/ha = tonnes/ha, C/N-kvot = C/N ratio*

Markskikt <i>Soil layer</i> (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Total-C (% av ts)	Total-N (% av ts)	Total-C (ton/ha)	Total-N (ton/ha)	C/N- kvot	Mull, % <i>SOM, %</i>
0-30	5,3	35,9	2,23	462	29	16,1	61,9
30-60	4,2	9,4	0,85	149	13	11,1	16,2
60-90	3,5	5,4	0,66	95	12	8,1	9,2

I markskiktet 0-30 cm fanns 29 ton totalkväve per ha, men mängderna avtog nedåt i alven. I mineraljord brukar kol-kvävekquoterna uppgå till omkring 10 (Persson, 2003). Detta gällde i stort sett också för alvskikten inom observationsytan (tabell 4), men inom 0-30 cm djup fastställdes en C/N-kvot på ca 16. Som jämförelse kan nämnas att Berglund (2011) fann C/N-kvoter på 12-16 inom 0-40 cm djup i två organogena jordar. Berglund (1996a) redovisade C/N-kvoter på 12-19 inom 20 cm i torvjordar, som var underlagrade av gyttejord. I alven var värdena lägre (C/N = omkring 8-16), vilket tydde på kväverikare jordmaterial djupare ned.

## Markens egenskaper inom observationsytan sedda i ett geologiskt perspektiv

Det område i nordvästra Uppland, där Harbo socken och sjön Tämnaren är belägna, steg genom landhöjningen upp över havsnivån mellan år 3000 och 2500 f.Kr. (Hagerman, 2011). Mer höglänt terräng, som nu övervägande täcks av skog, bör givetvis ha tillhört de områden som först torrlades. De lägre liggande markerna, vilka nu till stor del kännetecknas av mer eller mindre flacka, uppodlade slätter och dalgångar, torde länge i hög grad ha utgjorts av grundare sjöar, vikar och sund, som alltmer grundades upp med tiden.

Platsen med observationsytan vid Finnsholmen bör en gång ha legat i djupet i en havsfjärd och senare på botten av en sjö av nämnda slag. Ett tecken på detta är den lergyttja som nu finns i alven på platsen. Uppgrundningsförloppet i sjöar av denna typ kännetecknas ju av att det på botten under fria sjötor avsätts dy, huvudsakligen bestående av alger och smådjur (såsom plankton) samt finkornigt minerogent material. Slutresultatet av omsättningen av detta material i bottenarna blir gyttja, t.ex. findetritusgyttja (Osvald, 1937). När sjöområdet sedan grundas upp alltmer, kan näckrosor och andra flytbladsväxter etablera sig, och efter ytterligare uppgrundning tar bladvassen sjöytan i besittning (Osvald, 1937). Senare kan denna ersättas av högvuxna starrarter, som därmed kommer att ingå i ovanliggande torvlager, men enligt Hjertstedt (1946) är vasstorv inte vanligt förekommande i odlade torvjordars ursprungliga matjordslager. De flesta gyttejordar täcks av torvlager med varierande tjocklek, från flera meter ned till ett fåtal centimeter (Berglund, 1996a). En liknande framväxt av torvskikt ovanpå gytthan måste ha skett inom fältet vid Finnsholmen. Tidigare förekommande sjöar och vikar i området kring Vretaån hade genom sådana skeenden uppenbarligen omvandlats dels till periodvis översvämmade våtmarker (med 0,2-0,3 m vattendjup) och dels till sankna områden med högt grundvattenstånd fram till tidpunkten för sänkningen av ån 1896-98 (Eriksson, pers. medd.).

Inom observationsytan vid Finnsholmen fanns ännu 1987-88 som nämnts ett i hög grad nedbrutet torvjordslager under plogbotten och ned till 35-40 cm djup. Under detta till synes ostörda torvjordsskikt rådde som visats en ganska tvär övergång till den underliggande lergyttjan. Det kan enligt det nyss beskrivna igenväxningsförloppet i tidigare sjöområden tänkas, att växtrester som dominerats av vass ingått i torvskiktet närmast ovanför lergyttjan. De ursprungliga torvlagrens översta skikt, som fanns vid uppodlingen några år efter 1900 och som då legat ovanför den nuvarande markytan, torde ha "odlats bort" med tiden genom nedbrytning av det organiska materialet.

### **Skördar 1987 och 1988**

Kornets avkastning 1987 uppgick till närmare 5900 kg kärna per ha (tabell 5). Detta gäller biologisk skörd, emedan grödan klipptes för hand inom provtagningsytorna och då alltså inte skördetröskades. Eftersom det hade uppkommit mycket kraftig liggsäd, torde den bärgade skörden på den omgivande åkern ha blivit mindre, när hela fältet senare skördades med skördetröska. Berglund (1996b) redovisade likaså liggsäd och därigenom nedsatt skörd på grundare kärrtorvjordar (eller ursprungligen kärrtorvjordar) underlagrade av gyttejeler eller lergyttja. Inget gödselkväve hade ej heller tillförts i dessa fall.

Potatisen år 1988 gav en knölskörd på 31 ton per ha, med drygt 3/4 i storleksfraktionen 55-75 mm (tabell 5). Vid kokanalys av 25 knölar i denna storleksgrupp från vart och ett av sex provtagningsområden (n = 6) uppvisade 10 st. knölar (41 %) svag och 13 knölar (51 %) stark sönderkokning, och 3 st. (13 %) drabbades av blötkokning.

Liggsäden i kornet 1987 tyder på att kvävetillgången i marken var överoptimal under växtsäsongen, trots att inget gödselkväve tillförts. Kornskörden låg över de avkastningsnivåer som av Statistiska Centralbyrån (SCB) anges för Uppsala och Västmanlands län vid denna tid. Harbo i Heby kommun var då beläget i Västmanlands län men har senare övergått till Uppsala län, varför uppgifter för båda länen anförs. På basis av s.k. provyteskördar anger SCB (1988 och 1989) för 1987 och 1988 medelskördar av vårkorn på 4220 respektive 3840 kg/ha i Uppsala län och 4180 respektive 3780 kg/ha i Västmanlands län. Även potatisskörden inom observationsytan på Finnsholmen var högre än normalt för landsdelen. Då

Västmanlands län inte togs med i SCB:s skördestatistik för potatisodling anförts här istället skördarna av denna gröda 1987 och 1988 i Uppsala och Gävleborgs län för jämförelse med avkastningen inom observationsytan vid Finnsholmen. För potatisodlingar med bevattningsmöjlighet redovisar SCB (1988 och 1989) medelskördar 1987 och 1988 på 28020 respektive 29810 kg/ha i Uppsala län och 22280 respektive 28480 kg/ha i Gävleborgs län.

Tabell 5. Skördar av korn (1987, 15 % vattenhalt) och potatis (1988) inom observationsytan vid Finnsholmen (n = antal observationer).

Table 5. Yields of spring barley (1987, 15 % moisture) and potatoes (1988) within the observation area at Finnsholmen (n = number of observations).

Gröda och skördedatum <i>Crop and harvest date</i>	Avkastning (medeltal och standardavvikelse) <i>Yield (mean and standard deviation)</i>	Kommentarer <i>Comments</i>						
Korn (kärna) <i>Barley (grain)</i> 15/9	5.850 ± 180 kg/ha (n = 3)	Totalkväve i kärna: 2,3 % av ts (n = 3) <i>Total nitrogen in grain: 2.3 % of DM</i>						
Potatis (knölskörd) <i>Potatoes (tubers)</i> 7/9	31,1 ± 2,6 ton/ha (n = 6)	Torrsubstans i knölar <i>DM in tubers:</i> 21,0 % (n = 6) Totalkväve (% av ts) i knölar <i>Total nitrogen (% of DM) in tubers:</i> 1,20 ± 0,08 (n = 6) Totalkväve (kg N/ha) i knölar <i>Total nitrogen (kg N/ha) in tubers:</i> 78 ± 10 (n = 6) Knölstorleksfördelning (n = 6): <i>Tuber size distribution:</i>						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>&lt;35 mm</th> <th>35-55 mm</th> <th>55-75 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 %</td> <td>77 %</td> <td>13 %</td> </tr> </tbody> </table>	<35 mm	35-55 mm	55-75 mm	10 %	77 %	13 %
<35 mm	35-55 mm	55-75 mm						
10 %	77 %	13 %						

Kärnskornden av kornet hade en totalkvävehalt på 2,3 % (tabell 5) och innehöll 112 kg N/ha. Mattsson (2006) redovisar i medeltal för 282 kornförsök (på fastmarksjord) i Svealand totalkvävehalter i kärnan på 1,96 och 2,08 % efter kvävegivor på 80 respektive 120 kg N/ha. Vid optimal kvävegödning (85 kg N/ha) uppgick kväveinnehållet i kärnskornden till närmare 70 kg N/ha i dessa försök. Av nämnda olika jämförelser framgår att kornet inom observationsytan på Finnsholmen hade mycket god kvävetillgång, som resulterade i jämförelsevis stor skörd och hög totalkvävehalt i kärnan - enbart genom jordens kväveleverans.

Av tabell 5 framgår för potatisen (sort: King Edward) 1988, att knölskornden i medeltal hade en totalkvävehalt på 1,20 % och innehöll 78 kg N/ha. Nilsson et al. (2012) anger på basis av uppgifter från Livsmedelsverket, att knölskörd av potatissorten King Edward normalt innehåller 28 kg kväve per 10 ton färskvikt, vilket för en avkastning på 31 ton/ha skulle bli 87 kg N/ha. Kväveinnehållet i potatisen på Finnsholmen kan även jämföras med data från potatisförsök (sort: Sava) på en måttligt mullhaltig grovmo vid Lilla Böslid i Halland 2003 och 2004 (Lindgren et al., 2007). Där uppgick skörden i medeltal till 39 resp. 38 ton/ha, med en kvävehalt på 1,1 resp. 1,3 % av ts, dvs. ungefär som på Finnsholmen (tabell 5). I ett försök



med potatissorten King Edward på en måttligt mullhaltig mojord vid Fotegården i Västergötland fastställde Lindén et al. (1999) en knölskörd på närmare 40 ton/ha och med en totalkvävehalt på 1,07 %. I försöken vid Lilla Böslid hade potatisgrödan tillförts 130 kg N/ha och vid Fotegården 90 kg N/ha. Kvävemängden i knölskörden uppgick på Lilla Böslid 2003 och 2004 till 108 respektive 105 kg N/ha och på Fotegården till 117 kg N/ha. Inom observationsytan vid Finnsholmen bortfördes som nämnts i medeltal ”bara” 78 kg N/ha med potatisskörden men utan att något gödselkväve behövt tillföras.

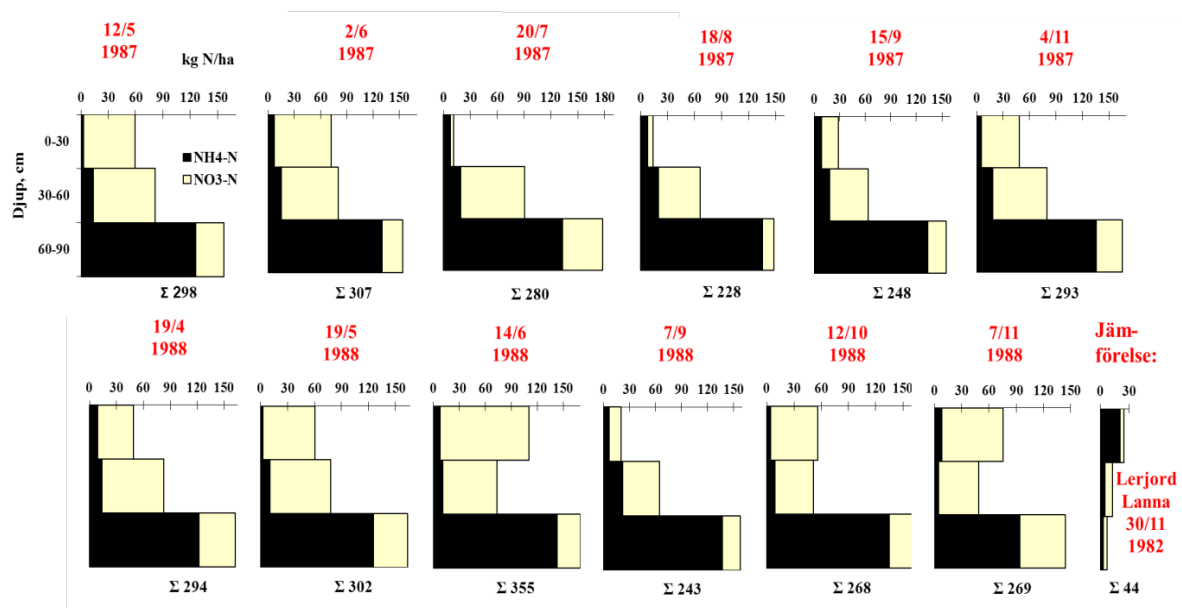
### **Mineralkväve i marken**

Mineralkvävets förändringar med årstiderna i marken inom observationsytan 1987-88 framgår av figur 6 samt 7a och 7b. Mängden ammoniumkväve inom 0-30 cm djup uppgick till 7 kg/ha som medeltal för totalt 12 provtagningstillfällen (data ej redovisade i tabellform). Detta överensstämmer med det normala för åkerjordar, av svenska erfarenheter att döma (jmf. Lindén, 1981). I skiktet 30-60 cm fanns i genomsnitt 15 kg/ha, vilket är mer än vanligt på fastmarksjordar. Ammoniumkväve visade sig emellertid förekomma i anmärkningsvärt stora mängder på djupet 60-90 cm (129 kg/ha som medeltal för alla provtagningstillfällen), där det i svenska fastmarksjordar bara brukar återfinnas något eller några få kg ammoniumkväve per ha (jmf. Lindén, 1981). Orsaken kan här vara att ammoniumkväve, som bildats genom kvävemineralisering i en långvarig process, i viss mån vaskats ned i alven men där inte nitrifierats på grund av det mycket låga pH-värdet (tabell 4). Vidare torde kväve, som trots lågt pH-värde kunnat mineraliseras på detta djup, likaså ha förblivit i ammoniumform. Liknande förhållanden med mycket stora mängder ammoniumkväve fann Lindén (1981) på 150-200 cm djup i en lerjord i Uppland, med påtagligt gyttjeinnehåll på denna nivå. Detta jordlager befann sig inom grundvattenzonen. Markskiktet 60-90 cm inom observationsytan på Finnsholmen låg däremot ovanför grundvattenytan enligt flertalet observationer i samband med kväveprofilprovtagningarna.

Mängderna ammoniumkväve i hela markprofilen 0-90 cm uppgick till i medeltal 151 kg/ha och varierade ganska lite med årstiderna (figur 6 samt 7a och 7b). Orsaken torde vara, att ammoniumkväve, som bildats genom kvävemineralisering inom det översta skiktet med högre pH-värde, fortlöpande omvandlades till nitratkväve inom markskiktet ifråga. Däremot varierade förråden av nitratkväve i betydligt större utsträckning, men mängderna förblev vid alla provtagningstillfällen stora i jämförelse med mullhaltiga fastmarksjordar (Lindén, 1981). I skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm fastställdes 44, 57 respektive 30 kg nitratkväve per ha, sammanlagt 131 kg, som medeltal för alla provtagningstillfällen. Summa ammonium- och nitratkväve blev i medeltal 282 kg/ha.

Från vår till senhöst synes mängderna nitratkväve samt summa ammonium- och nitratkväve inom 0-90 cm djup mest påtagligt ha förändrats av kvävemineraliseringstillskott och av grödornas kväveupptag (figur 6 samt 7a och 7b). Under året med vårkorn (1987) började nitratmängderna minska från ca 155 kg N/ha vid kornets uppkomst i början av juni till 65 kg N/ha vid degmognad i mitten av augusti. Därefter kan ytterligare en mindre minskning ha skett fram till gulmognad (jmf. Lindén, 1981), då stråsådesgrödors kväveupptagning brukar upphöra, men fram till provtagning den 15 september (vid fullmognad) hade mängderna nitratkväve likväl stigit till 87 kg/ha. Därefter medförde fortsatta kvävemineraliseringstillskott en stigning till 159 kg NO<sub>3</sub>-N/ha inom 0-90 cm djup den 4 november, då marken började frysa till. Vid denna tidpunkt uppgick summa ammonium- och nitratkväve till 293 kg N/ha inom 0-90 cm djup. Detta kan jämföras med en nordisk studie med fastmarksjordar (mullhalt i matjorden: 2,3-6,3 %), i vilka Lindén et al. (1992b) i november (efter korn) i medeltal fann 42 kg mineralkväve per ha inom 100 cm djup (n = 12;

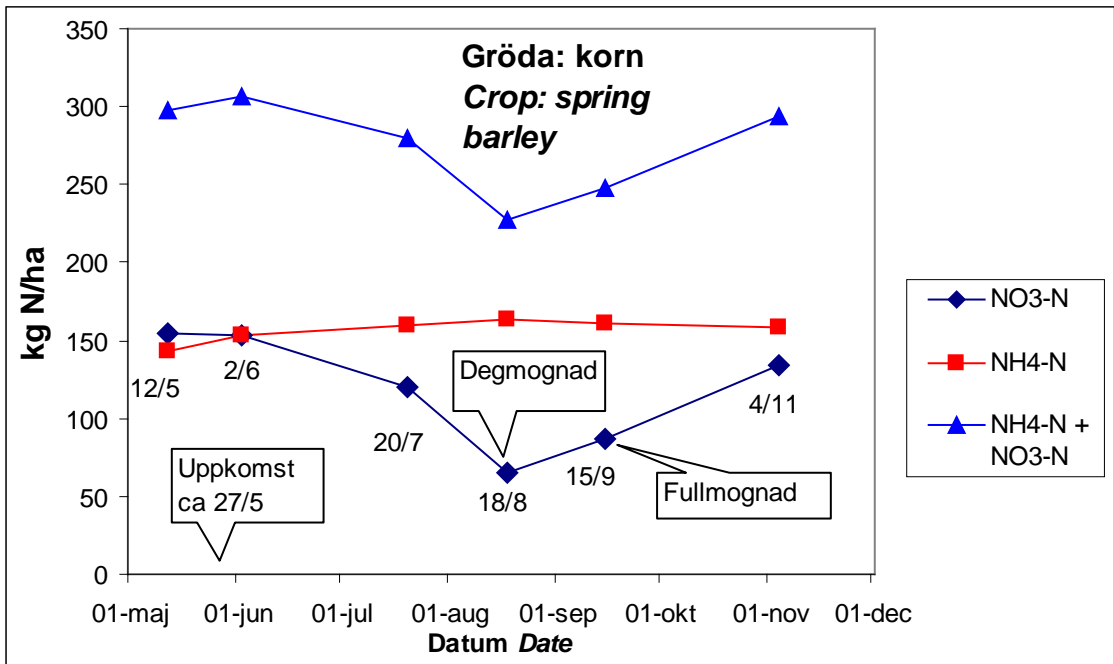
variationsbredd: 20-96 kg). För ytterligare jämförelse visas i figur 6 mängden mineralkväve (43 kg N/ha inom 90 cm djup) i november efter korn på en lerjord vid Lanna försöksstation i Västergötland (Lindén, opublicerat).



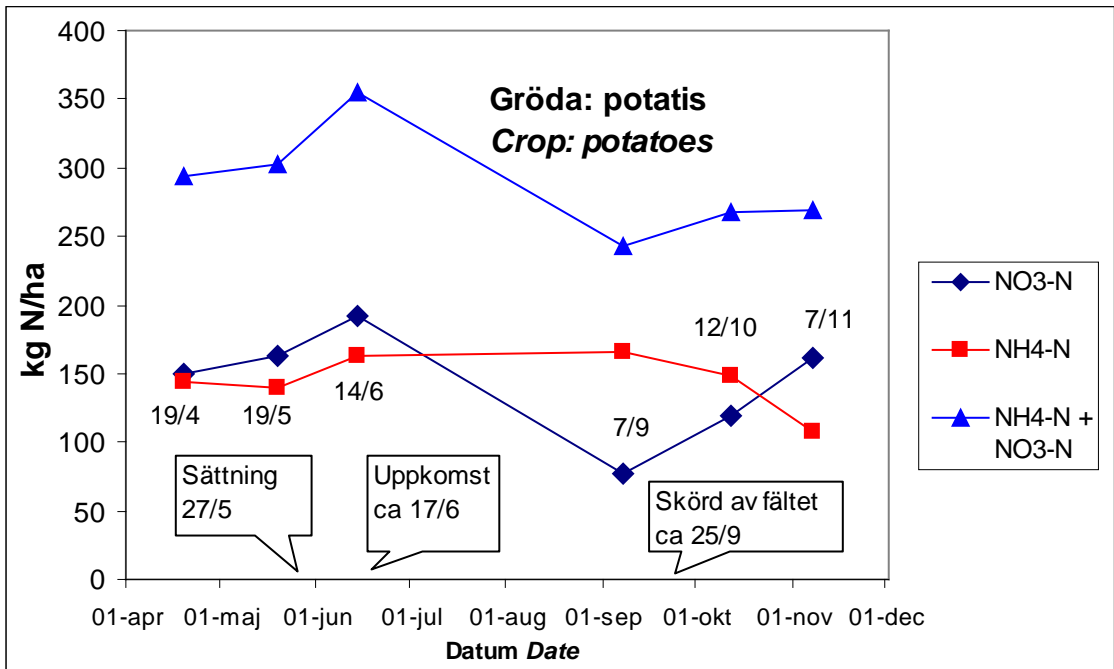
Figur 6. Årstidsvisa förändringar av mineralkvävet ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ , kg/ha) skiktvis i den organogena jorden (0-30, 30-60 och 60-90 cm djup) inom observationsytan på Finnsholmen 1987 och 1988. Grödorna utgjordes av korn 1987 och potatis 1988. Inget gödselkväve hade tillförts. Talen under "kväveprofilerna" avser summa ammonium- och nitratkväve inom 0-90 cm djup. Som jämförelse med en fastmarksjord visas mineralkväve i en lerjord på Lanna försöksstation i Västergötland hösten 1982, med förfrukt korn (Lindén, opublicerat).

Figure 6. Seasonal variations in soil mineral nitrogen ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ , kg/ha) layer-wise (0-30, 30-60 and 60-90 cm depth) in the organic soil within the observation area at Finnsholmen in 1987 and 1988. Spring barley and potatoes were cultivated in 1987 and 1988, respectively. No fertilizer nitrogen had been applied. The numbers beneath the individual figures indicate the sum of ammonium- and nitrate nitrogen within the 0-90 cm soil layer. For comparison with a mineral soil, mineral nitrogen is shown in a clay soil at Lanna Research Station in the province of Västergötland in the autumn of 1982, following spring barley (Lindén, unpublished).

Potatisen 1988 sattes i slutet av maj, varefter denna gröda började komma upp i mitten av juni. Liksom kornet 1987 tillfördes som nämnts potatisen inte något gödselkväve. Den 19 april 1988 fastställdes 149 kg  $\text{NO}_3\text{-N}$ /ha inom 0-90 cm, varefter nitratkväveförrådet tilltog till i mitten av juni (192 kg/ha den 14 juni). Under potatisgrödans tillväxt avtog nitratkvävet sedan till 77 kg/ha den 7 september, då blasten ännu huvudsakligen var grön. Några dagar senare utfördes blastdödning, varigenom grödans kväveupptagning således avbröts. Den fortsatta kväve mineraliseringen under hösten medförde, att mängderna nitratkväve ökade till 120 och 162 kg/ha den 12 oktober respektive den 7 november. Den omrörning som jorden genomgick i samband med potatisupptagningen (ca 25 september) och plöjning (12 oktober) kan ha bidragit till att stimulera kväve mineraliseringen i marken, vilket ju i andra sammanhang fastställts efter jordbearbetning (Stenberg et al., 1999; Lindén et al., 1999). Vid provtagningen den 7 november uppgick summa ammonium- och nitratkväve till 269 kg N/ha inom 0-90 cm djup, således närmare 25 kg/ha mer än vid motsvarande tid efter kornet 1987 (se ovan).



Figur 7a. Mineralkväve (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N, kg/ha) inom 0-90 cm markdjup vid olika tidpunkter år 1987, vid odling av korn.  
 Figure 7a. Soil mineral nitrogen (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N, kg/ha) within the 0-90 cm soil layer at different times in 1987, with spring barley as cultivated crop. Uppkomst = emergence, degmognad = dough ripeness, fullmognad = full ripeness.



Figur 7b. Mineralkväve (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N, kg/ha) inom 0-90 cm markdjup vid olika tidpunkter år 1988, vid odling av potatis.  
 Figure 7b. Soil mineral nitrogen (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N, kg/ha) within the 0-90 cm soil layer at different times in 1988, with potatoes as cultivated crop. Sättning = planting, uppkomst = emergence, skörd av fältet = harvest of the whole field.

Under växtsäsongerna 1987 och 1988 minskade mineralkvävet främst i skiktet 0-30 cm (figur 6), uppenbarligen till följd av kornets och potatisens kväueupptag. Från ursprungligen omkring 60 kg nitratkväve per ha inom 0-30 cm djup under vårmånaderna bäge åren "tömdes" detta jordlager i det närmaste på nitratkväve, tills enbart 4-6 kg/ha återstod under sommaren med korn (1987) och till 14 kg/ha vid odling av potatis 1988. I någon mån uppkom även minskningar i skiktet 30-60 cm under växtperioden, vilka borde kunna relateras till grödornas kväueupptag. Detta är dock inte entydigt, vilket i ännu högre grad gäller inverkan av grödorna på mineralkvävet i skiktet 60-90 cm. Att kväueupptaget från alven inom observationsytan uppenbarligen var litet bör sammanhånga med de låga pH-värdena (tabell 4) i leryttjan och härigenom ett förhållandevis grunt rotsystem jämfört med det normala på lerjordar.

Det bör alltså främst ha varit kväve som härstammade från matjordslagret (eller inom 0-30 cm djup) som bidragit till grödornas kväueförsörjning. I normala lerjordar, med djupare rotsystem, förbrukar växterna vanligen nitratkväve väl ned till åtminstone en meters djup, vilket bidrar till att minska kväueutlakningsrisken (Lindén, 1981). Det ofullständiga utnyttjandet av nitratkväve på 30-90 cm djup inom observationsytan på Finnsholmen kan i liknande fall innebära att nitratkväve som vaskats ned i dessa skikt riskerar att mer eller mindre utlakas under det efterföljande vinterhalvåret.

Den generella utvecklingen av mineralkväveförråden under de båda växtsäsongerna (från vår till senhöst) med korn och potatis som grödor kan på basis av det sagda sammanfattas på följande sätt:

1. Ökning av mineralkväveförrådet under våren genom kvävemineraliseringstillskott.
2. Minskning av mineralkvävemängderna efter grödornas uppkomst och fram till avslutad kväueupptagning (i samband med mognadsförloppet, för potatisens del påskyndad genom blastdödning). Under större delen av denna tid synes kväueupptaget ha överstigit kvävemineraliseringstillskotten i storlek.
3. Ökning av mineralkväveförrådet under hösten genom fortsatt kvävemineralisering, som uppenbarligen var större än förekommande kväueförluster genom utlakning och denitrifikation.

Detta trefasiga förlopp stämmer i princip överens med motsvarande utveckling under växtsäsongen vid odling av stråsäd m.fl. grödor på fastmarksjordar (Lindén, 1981). En av de företeelser, som dock tydligt skiljer mullhaltiga lerjordar från den undersökta organogena jorden vid Finnsholmen, är den vanligen närmast totala "tömningen" av nitratkvävemängderna ned till omkring 1 m djup fram till kväueupptagningens avslutning (ungefärligen vid gulmognad hos stråsäd), efter väl avvägd eller utebliven kväuegödning (Lindén, 1981; Lindén et al., 1993; Lindén et al., 1999). I sådana fall återfinns ofta en outnyttjbar rest på bara något eller några få kg nitratkväve per ha i vart och ett av alvskikten (20- eller 30-cm-skikt i de refererade undersökningarna), och normalt finns bara omkring 15-20 kg ammonium- och nitratkväve per ha kvar i hela markprofilen inom 90 eller 100 cm djup. Trots att inget gödselkväve tillfördes 1987 och 1988 återstod så pass mycket som 65 respektive 77 kg nitratkväve per ha inom 0-90 cm djup i jorden på Finnsholmen ungefärligen vid avslutad kväueupptagning under dessa år. Vidare är tillskotten av mineraliserat kväue under hösten vanligen betydligt mindre på fastmarksjordar (Lindén, 1981; Lindén et al., 1993; Lindén et al., 1999).

Under senhösten 1987 (den 4 november) och våren 1988 (den 19 april) fastställdes inom 0-90 cm djup totalt 134 respektive 149 kg nitratkväve per ha, medan mineralkväveförråden i sin helhet uppgick till 293 respektive 294 kg/ha. Mellan dessa datum genomfördes inga kväveprofilprovtagningar. Nitratkvävemängden ökade som synes från senhösten till i mitten av april. På fastmarksjordar i Mellansverige fastställs mycket ofta tilltagande mineralkväveförråd under kallare vintrar (Lindén, 1981), vilket tyder på jämförelsevis liten kväveutlakning. Även för jorden vid Finnsholmen kan ökningen tyda på liten eller måttlig utlakning under vintern, och i vart fall översteg kvävemineraliseringstillskotten förlusterna av kväve under detta skede. Kväveförluster under perioder med ökad vattenavrinning såsom under senhösten och vid vinterns slut (inkl. tjällossningen) kan givetvis ha förekommit, varefter kvävemineraliseringstillskott och nitrifikation under den efterföljande våren lett till ökning av nitratmängden fram till mitten av april.

Tabell 6. Kväve upptaget i ovanjordiska delar av kornet (kärna och halm inkl. agnar) 1987, kg N/ha samt standardavvikelse ( $\pm$ ). Den 20 juli provtogs dock kornet utan uppdelning på olika växtdelar (helsäd). Kväveinnehållet i hela grödan inkl. rötter den 18 augusti och 15 september har beräknats under antagande att rötterna innehöll 20 % av kvävet i hela växten (jmf. Hansson, 1987).

*Table 6. Above-ground uptake of nitrogen by the barley (kernels and straw) in 1987, kg N/ha and standard deviation ( $\pm$ ). On 20 July, however, the barley was sampled without partition into different plant parts. The nitrogen content of the entire crop, including roots, on 18 August and 15 September has been calculated assuming that the roots contained 20 % of the nitrogen in the whole plant (cf. Hansson et al., 1987).*

Datum <i>Date</i>	Utvecklings- stadium <i>Stage of plant development</i>	Provtagna växtdelar <i>Plant parts sampled</i>	Kväve i växtdelarna <i>Nitrogen in the plant parts</i>	Summa kväve i ovanjordiska växtdelar <i>Sum of nitrogen in above-ground plant parts</i>	Beräknat kväve- innehåll i hela grödan, inkl. rötter <i>Calculated nitrogen content of the entire crop</i>
20/7	Axgångens slutfas <i>End of heading</i>	Helsäd <i>Whole crop</i>	72 $\pm$ 3	72 $\pm$ 3	-
18/8	Degmognad <i>Dough ripe- ness</i>	Kärna Halm <i>Grain Straw</i>	102 $\pm$ 25 54 $\pm$ 12	156 $\pm$ 14	195
15/9	Fullmognad <i>Full ripeness</i>	Kärna Halm <i>Grain Straw</i>	112 $\pm$ 5 38 $\pm$ 1	150 $\pm$ 6	188

### Jordkväve upptaget av kornet 1987

Vid kväveprofilprovtagning den 2 juni 1987 hade kornet utvecklat två blad. Därmed bedömdes det att grödan ännu inte börjat ta upp kväve från marken i nämnvärd mängd, varför grödan inte provtogs. Man kan räkna med att stråsådesplantor i tvåbladsstadiet innehåller 2-3 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna (Lindén et al., 2000), vilket till övervägande del torde komma från utsädet. Från denna tidpunkt, då kväveupptagningen således knappt hade börjat, och fram till den 20 juli ökade kväveinnehållet i kornets ovanjordiska växtdelar till 72 kg N/ha (tabell 6), medan mineralkväveförrådet samtidigt minskade från 307 till 280 kg N/ha inom 0-90 cm djup. Denna minskning är mindre än kväveupptagets storlek under perioden 2 juni – 20 juli, och skillnaden måste utgöras av mineraliserat kväve.

Fram till den 18 augusti (degmognad) hade kväveinnehållet i kornets ovanjordiska växtdelar ökat till 156 kg N/ha, vilket kan beräknas motsvara ca 195 kg N/ha i hela grödan inkl. rötter (tabell 6). Fram till detta datum fortsatte mineralkväveförrådet att minska, till 228 kg N/ha inom 0-90 cm djup. Vid fullmognad (provtagning den 15 september) fastställdes emellertid något mindre kväve i grödan än den 18 augusti. Denna nedgång kan delvis ha orsakats av liggsäden (se ovan). Minskningar i stråsåds kväveinnehåll under de sista veckorna före fullmognad har också redovisats i andra undersökningar (Lindén 1982; Hansson, 1987).

### Beräknad kväveminerisering vid odling av korn 1987

Kvävemineriseringstillskotten i jorden beräknades periodvis under växtsäsongen 1987 (tabell 7). Från den 12 maj, då den första kväveprofilprovtagningen ägde rum, till kornets uppkomst den 2 juni erhöles ett tillskott på 9 kg N/ha. Från detta datum till den 18 augusti (vid degmognad) nettomineraliserades 116 kg N/ha. Under månaden från degmognad till fullmognad den 15 september blev det beräknade kvävetillskottet dock bara 13 kg N/ha. Under tiden den 15 september – 4 november synes 46 kg N/ha ha mineraliserats. Sammanlagt erhöles ett nettomineraliseringstillskott av kväve på 184 kg N/ha från den 12 maj till den 4 november, vilket enligt definition (se ovan) utgör ett netto för kvävefrigörelse minskad med förekommande kväveförluster från mark och gröda.

Tabell 7. Mineralkväve i marken (0-90 cm) under växtsäsongen 1987, kväve upptaget i korngrödan (inkl. antaget kväveinnehåll i rötterna) och beräknade kvävemineriseringstillskott under olika skeden från våren till början av november (kg N/ha). Den beräknade kvävefrigörelsen avser här i princip nettomineralisering minus förekommande kväveförluster.

*Table 7. Soil mineral nitrogen (0-90 cm) during the growing season of 1987, nitrogen uptake by the barley (incl. calculated nitrogen contents in roots) and calculated additions of mineralised soil nitrogen during different periods from spring until early November (kg N/ha). The calculated release of nitrogen here refers to net nitrogen mineralisation minus possible nitrogen losses. Ej beräknat = not calculated.*

Datum <i>Date</i>	Mineral- kväve <i>Mineral nitrogen,</i> kg N/ha	Totalkväve i hela grödan <i>Total nitrogen in the whole crop,</i> kg N/ha	Kvävemineriseringstillskott <i>Additions of mineralised nitrogen</i>		Summe- rade tillskott <i>Sum of additions</i>
			Period <i>Period</i>	kg N/ha kg N per ha och dygn <i>kg N per ha and day</i>	
12/5	298				
2/6	307	2-3*	12/5 – 2/6	9	0,4
20/7	280	Ej beräknat			
18/8	228	195	2/6 – 18/8	116	1,5
15/9	248	188	18/8 – 15/9	13	0,5
4/11	293		15/9 – 4/11	46	0,9

\*) Uppskattat enligt Lindén et al. (2000), ungefär lika mycket som i utsädet. *Estimated according to Lindén et al. (2000), roughly as much as in the seed.*

Det relativt ringa tillskottet av kväve i maj (0,4 kg N/ha per dygn 12 maj – 2 juni, se tabell 7) kan delvis bero på att jorden fortfarande var förhållandevis kall. Desto hastigare skedde kvävefrigörelsen i juni, juli och den första hälften av augusti, med ett kvävetillskott på 1,5 kg per dygn. Även under hösten var frigörelsetakten jämförelsevis hög (0,9 kg per dygn under tiden 15 september – 4 november). Däremot blev den beräknade frigörelsen som framgått

liten under tiden 18 augusti – 15 september, dvs. från kornets degmognad till dess fullmognad. Detta kan vara en artefakt ytterst orsakad av beräkningssättet (se ovan), eftersom kväveinnehållet i grödan samtidigt minskade (tabell 6 och 7). Detta kan i sin tur bero på den kraftiga liggsäden, som bör ha hämmat fortsatt kväveupptag, samtidigt som en viss nedbrytning av växtdelar med förlust av kväve därifrån kan ha ägt rum. Exempelvis återfanns en stor mängd spröt från kornkärnorna liggande på marken den 15 september. Dessa togs inte tillvara vid provtagningen bl.a. på grund av nedsmutsning med jord. Lindén (1982) fann i ett ramförsök likaledes minskat innehåll av kväve i korn som drabbats av liggsäd och stråbrytning.

Den beräknade nettomineraliseringen av kväve från den 12 maj till den 4 november uppgick som nämnts till 184 kg N/ha (tabell 7). På grund av osäkerheten i beräkningen för tiden 18 augusti – 15 september torde denna summa utgöra en viss underskattning av den verkliga nettofrigörelsen av kväve från våren till senhösten på försöksplatsen. Den frigjorda kvävemängden från våren till i mitten av augusti (125 kg N/ha) kan jämföras med den nettomineralisering som med motsvarande beräkningssätt fastställts i 24 samnordiska fältförsök med korn på mullhaltiga fastmarksjordar (Lindén et al., 1992a), där i medeltal 41 kg N/ha (min. 26 och max. 71 kg) erhöles från våren (vanligen april) till gulmognad (augusti). På samma sätt fastställde Lindén (1987) kvävemineraliseringstillskott på i medeltal 45 kg N/ha (min. 7 och max. 119 kg) under växtsäsongen vid odling av stråsäd med förfrukt stråsäd på fastmarksjordar i Mellan- och Sydsverige.

På basis av den kvävemängd som det ogödslade kornet tagit upp fram till degmognad (provtagning den 18 augusti) görs här en uppskattning av hur stor andel denna mängd utgör av det organiskt bundna kvävet i marken. Här görs vidare det förenklade antagandet, att kvävefrigörelsen uteslutande ägt rum inom 0-30 cm djup. Man kan som stöd för detta anta att kvävemineraliseringen i alven varit obetydlig på grund av de låga pH-värdena (tabell 4). Det jordkväve som utnyttjats av kornet (195 kg N/ha, tabell 6 och 7) motsvarar under dessa förutsättningar 0,68 % av totalkvävet inom 0-30 cm markdjup (29 ton/ha enligt tabell 4). Den beräknade kvävemineraliseringen (125 kg N/ha, tabell 7) under tiden från 12 maj (sådd) till 18 augusti (degmognad) utgör 0,43 % av detta totalkväve. Härtill kommer den kvävemineralisering som ägde rum under de kalla årstiderna.

Berglund (2011) undersökte avgången av koldioxid från jord i lysimetrar med ostörda markprofiler från två organogena jordar (Majnegården och Örke). Av resultaten framgår att den koldioxidemission som enbart härstammade från jord (således oräknat koldioxidavgång orsakad av grödor) uppgick till 1,29 respektive 1,43 kg/m<sup>2</sup> under loppet av ett år. Frågan är då om man på basis av Berglunds (2011) data grovt kan beräkna den kvävefrigörelse, som ägt rum från jorden samtidigt som kol mineraliserats. För detta antas här med hänsyn till angiven ”grundvattennivå” i lysimetrarna, att enbart jorden inom 0-40 cm djup i dem berörts av nedbrytning av det organiska jordmaterialet och därmed orsakat koldioxidavgång. Dessutom antas det, att förhållandet mellan mineraliserat kol och kväve i jorden överensstämmer med C/N-kvoterna inom detta djup. Enligt Berglund (2011) varierade C/N-kvoterna mellan 12 och 16. På basis av dessa data finner man för jordarna från Majnegården och Örke, att omkring 230 respektive 255 kg N/ha kan ha mineraliserats per år.

Med hjälp Berglunds (2011) uppgifter om de olika hastigheter, med vilka koldioxid avgick under årstiderna april-november och december-april, kan sedan en grov uppskattning göras av kvävemineraliseringen från april till november. För denna period erhöles för jorden från Majnegården en kvävefrigörelse på ca 215 kg N/ha och för Örke 235 kg N/ha. För jorden på

Finnsholmen beräknades enligt ovan en kvävemineralsättning motsvarande 184 kg N/ha under perioden 12/5 – 4/11 1987. Denna tidsperiod är något kortare än den som här har använts med avseende på Berglunds (2011) resultat, och för Finnsholmen avser uppgifterna per definition enbart det kväve som blivit kvar efter förekommande kväveförluster. För tiden april-november synes dock enligt resultaten från Majnegården, Örke och Finnsholmen således en kvävefrigörelse på grovt räknat 200 kg N/ha kunna förekomma på organogena jordar från vår till senhöst.

### **Jordkväve upptaget av potatisen 1988**

Potatisblasten och rötterna provtogs inte i studierna vid Finnsholmen, varför grödans totala innehåll av kväve egentligen inte kan anges. Andelen kväve i blasten och i en del av rötterna kan emellertid grovt uppskattas på basis av undersökningar vid Lilla Böslid i Halland 2003 och 2004 (Lindgren et al., 2007). Strax före blastdödning bestämdes där kväveinnehållet i knölskörd och i blast med ”vidhängande” rötter, efter det att stånden försiktigt dragits upp ur jorden, så att knölarna och en stor del av rötterna följde med blasten. Tidpunkten motsvarar ungefär potatisgrödans utvecklingsstadium vid grödprovtagningen på fältet vid Finnsholmen. Av resultaten från undersökningen vid Lilla Böslid framgår, att knölarna i medeltal för båda åren innehöll 88,7 % och blasten med vidhängande rötter 11,3 % av den samlade kvävemängden i potatisgrödan, fransett en mindre mängd i den ej provtagna delen av rötterna. Lindén et al. (1999) fastställde vid blastdödning i ett försök med potatissorten King Edward i Västergötland i medeltal 30 kg N/ha i blast med ”vidhängande rötter”, vilket motsvarade 20,4 % av den totala mängden i grödan, frånräknat finrötter.

För användning av dessa data vid beräkning av kväveinnehållet i blast och rötter i potatisgrödan vid Finnsholmen antas här på basis av medeltalet av resultaten från undersökningarna i Halland och Västergötland, att knölskörden vid tidpunkten för blastdödning innehöll 84 % av kvävemängden i hela grödan och rötterna 16 %. Hela potatisgrödan (utom finrötter) vid Finnsholmen skulle med dessa antaganden innehålla omkring 93 kg N/ha, varav 15 kg N/ha i blast och rötter vid provtagningen den 7/9 1988, ca två veckor före den egentliga skörden. Inräknat finrötter kan den genom kväveupptaget utnyttjade mängden kväve från marken uppskattas till grovt räknat 100 kg N/ha år 1988.

### **Skillnader mellan åren i grödornas upptag av kväve från marken**

Enligt tabell 6 tog kornet 1987 upp ca 195 kg N/ha från marken fram till degmognadsstadiet (provtagning den 18 augusti). Potatisgrödan 1988 kan enligt ovan uppskattas ha utnyttjat omkring 100 kg markkväve per ha fram till den 7 september (före blastdödning), förutsatt att inga förluster av upptaget kväve skett från växten. Potatisgrödan tog således upp betydligt mindre jordkväve än kornet. Detta kan till en del tänkas bero på olikheter i dessa grödors egenskaper. Exempelvis anses potatis ha grundare rotsystem än stråsädesgrödor och torde därmed utnyttja mineralkväve i alven sämre än stråsäd, vilket skulle kunna vara en förklaring. Potatisens mindre kväveupptag avspeglas dock inte av en i motsvarande grad större mängd utnyttjat mineralkväve i markprofilen den 7/9 1988 (före blastdödning) jämfört med den 18/8 1987 (vid kornets degmognad), se figur 6. Endast 15 kg mer mineralkväve per ha inom 0-90 cm djup fastställdes vid provtagningen före blastdödning. Detta antyder att variationer i kvävemineralsättningen mellan åren inte kan uteslutas som orsak. Förluster av mineraliserat kväve genom ökad kväveutlakning och/eller denitrifikation till följd av troligtvis större nederbörd i juli och augusti 1988 än 1987 (tabell 8) är också en möjlig, bidragande förklaring. Slutsatsen är emellertid att nettotillgången på kväve för grödorna i en organogen



jord såsom på Finnsholmen tycks kunna växla starkt mellan åren. Liknande skillnader mellan åren fann Lindén (opublicerat) på mulljordar i Kvismardalen i Närke.

Tabell 8. Månadsnederbörd (mm) 1987 och 1988 vid SMHI:s meteorologiska stationer i Uppsala (ca 60 km SO Finnsholmen) och Films kyrkby (ca 68 km NO Finnsholmen). Normalt = normalnederbörd för perioden 1961-1990.

*Table 8. Monthly precipitation (mm) in 1987 and 1988 at Uppsala (ca. 60 km south-east of Finnsholmen) and Films kyrkby (ca. 68 km north-east of Finnsholmen). Normalt = normal precipitation, referring to 1961-1990.*

Plats och år <i>Site and year</i>	Månad <i>Month</i>												Summa <i>Sum</i>
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<u>Uppsala</u>													
Normalt	38	27	28	29	33	45	75	65	59	50	52	43	544
1987	18	23	17	4	44	62	75	98	53	27	43	20	484
1988	58	52	33	30	33	41	86	139	29	56	31	53	641
<u>Films kyrkby</u>													
Normalt	-	30	32	34	32	39	75	74	62	55	62	49	-
1987	48	28	21	2	47	78	52	97	70	19	53	30	545
1988	64	54	53	45	21	29	81	105	36	51	50	69	658
<u>Medeltal <i>Average</i></u>													
Normalt	-	29	30	32	33	42	75	70	61	53	57	46	-
1987	33	26	19	3	46	70	64	98	62	23	48	25	515
1988	61	53	43	38	27	35	84	122	33	54	41	61	650

### Det ekonomiska värdet av markens kväveleverans på fältet vid Finnsholmen

Både kornet och potatisen inom observationsytan vid Finnsholmen 1987-88 gav fullgoda skördar utan tillförsel av gödselkväve: 5900 kg kärna per ha (biologisk skörd) respektive 31 ton potatis per ha (tabell 5). Kornet behövde uppenbarligen inget gödselkväve, eftersom liggsäd uppkom. Potatisens kvalitet hade under tidigare år påverkats av blötkokning, vilket är ett tecken på överoptimal kvävetillgång, och kvävegödsling 1988 skulle ha kunnat ge liknande kvalitetsförsämring. Genom markens kväveleverans inbesparades hela gödslingkostnaden innefattande dels priset för gödselmedel samt dels maskin- och arbetskostnaden för spridning. Värdet av denna kostnadsbesparing har här beräknats på basis av rekommenderade gödselkvävemängder på fastmarksjordar enligt följande:

Vid en avkastningsnivå på 5000 kg kärna per ha föreslås enligt Jordbruksverkets rekommendationer (Albertsson, 2012) en gödselgiva till foderkorn motsvarande 100 kg N/ha på normala fastmarksjordar och med förfrukt stråsäd. Denna mängd gäller vid radgödsling av kvävet. För matpotatissorter som King Edward med måttligt kvävebehov rekommenderas på mineraljordar och med förfrukt stråsäd 90-100 kg N/ha vid en skördenivå på 30 ton/ha. Något mindre riktgivor förordas dock norrut i landet vid samma skördenivå (Nilsson et al., 2012). För att beräkna kostnaden för gödselkväve används här överslagsmässigt priset 11 kr per kg mineralgödselkväve, vilket Jordbruksverket har använt vid beräkning av optimala kvävegivor till stråsäd för 2012 och 2013 (Albertsson, 2012).

Räknar man för fältet på Finnsholmen med en skörd av vårkorn på 5000 kg/ha och för potatissorten King Edward en knölskörd motsvarande 30 ton/ha, skulle det vid motsvarande

skördar på fastmarksjordar med normala mullhalter enligt ovan alltså fordras ca 100 kg mineralgödselkväve per ha och år. Med det nämnda gödselkvävepriset 11 kr/kg motsvarar detta 1100 kr per ha och år. Härtill bör spridningskostnaderna beaktas. Skulle man i praktiken även ha tillfört fosfor och kalium, torde emellertid ett kombigödselmedel av typen NP eller NPK normalt komma att användas, varför det inte uppkommer någon särskild spridningskostnad för kväve. Särskild kostnad för spridning av kvävegödselmedel är då bara aktuell vid tilläggsåtgärder, vilket kan vara fallet vid potatisodling på mineraljordar (Nilsson et al., 2012).

### **Odlingens framtida möjligheter på den organogena jorden vid Finnsholmen**

På Finnsholmen har som framgått potatis, vårvete och korn odlats under senare årtionden. Dessa gröders avkastning har enligt uppgifterna från observationsytan och brukarens egna erfarenheter varit god även i jämförelse med fastmarksjordar i denna landsdel. Det är troligen kalkningen 1982-83 liksom den långvariga uppgödslingen med fosfor och kalium som möjliggjort den framgångsrika odlingen av de krävande grödorna vårvete och potatis, men även kornet måste ha gynnats. Dessa förbättringsåtgärder tillsammans med den självdränerande jorden har bidragit till goda skördar utan egentligt behov av kvävegödsling.

Traditionellt har annars mindre krävande växtslag såsom slåttervall och betesvall varit de viktigaste grödorna på organogena jordar, speciellt på torvjordar (Berglund, 2008). Havre, som betalas sämre än korn och vete, betraktas likaså som en mindre krävande gröda. Den går dock bra på alla, ej alltför kalkrika torvjordar, medan korn trivs på alla någorlunda kalkrika torvjordar (Berglund, 2008). Vete trivs inte särskilt väl på torvjordar men växer bra på gyttejordar. Potatis kan vara en utmärkt gröda på tyngre och högförmultnade kärrtorvjordar och på gyttejordar (Berglund, 2008). Valet av grödor på organogena jordar måste därför anpassas efter markförhållandena. Förutom hyggliga naturliga markförutsättningar på fältet med undersökningsytan på Finnsholmen har uppenbarligen skötseln av detta skifte (inkl. kalkning och uppgödsling med fosfor och kalium) varit sådan, att de mer krävande grödorna potatis, vårvete och även vårkorn har kunnat odlas med hyggliga ekonomiska förutsättningar.

Finns inte möjlighet att motverka markens sättning på odlade organogena jordar genom att fördjupa dräneringen, blir det nödvändigt ta dem ur bruk så småningom, eller också övergår man från öppen växtodling till mer eller mindre extensiv vall eller bete i ett skede, tills marken blir alltför sank. Så har uppenbarligen skett i stor utsträckning. Berglund et al. (2009) angav i en undersökning 1999-2008 av förekomsten av odlade organogena jordar i riket som helhet, att vallandelen utgjorde 40 %, betesmark 22 % och träda (s.k. uttagen areal) ca 7 % av totalarealen sådan odlad jord. Ettåriga grödor upptog bara drygt 29 % av arealen, varav ”radgrödor” såsom potatis, morötter och majs utgjorde 1,7 %.

Uppenbarligen kan marken inom fältdelen med observationsytan på Finnsholmen anses tillhöra de organogena jordar som är mest odlingsvärda bl.a. genom att dräneringen kan förväntas förbli god i framtiden. Inom observationsytan var det ytliga mull- och torvjordslagret i medeltal bara 30 cm tjockt i november 2012, och därunder kännetecknas marken av lergyttja med permanent sprickbildning. På grund av det ganska tunna, återstående mulljordsskiktet torde bortodlingen i framtiden inte komma att sänka markytan särskilt mycket. Marken på denna plats ligger dessutom drygt två meter över den närbelägna Vretaån (se ovan). Medan andra organogena jordar ofta bara kunnat odlas i omkring ett århundrade eller bara ett antal årtionden p.g.a. markens sättning, finns här således förutsättningar för uthålligare framtida odling, och dessutom mer krävande grödor än vall eller bete.

## Slutsatser

Fältet med observationsytan på Finnsholmen odlades upp efter sänkningen av Vretaån 1896-98, dvs. under det skede under den senare hälften av 1800-talet och början av 1900-talet då totalt mycket omfattande arealer sankmark torrlades och nyodlades i Sverige. Fram till undersökningen 1987-88 hade fältet varit odlat i drygt 70 år. Av arealuppskattningar i den citerade litteraturen framgår, att det vid 1900-talets början troligen fanns ca 600 000 ha uppodlad myrmark (odlad organogen jord) i Sverige. Enligt en annan bedömning uppfattade denna slags åkerjord drygt 700 000 ha år 1945. Senare minskade arealen odlad organogen jord, och år 2008 återstod troligen knappt 268 000 ha, dvs. en reducering med grovt räknat 40 %. Minskningen beror bl.a. på försämrade dränering till följd av ytsänkning, till att börja med orsakad av markens sättning när vattenytan eller grundvattenytan sänkts och sedan fortlöpande bortodling genom nedbrytning av det organiska materialet. När sådana odlade marker med tiden blir vattensjukare och då ofta visar sig bli svårdränerade, måste odlingen extensifieras, vanligen med övergång till vall eller bete, eller också tas jordarna ur bruk. Frågan är om minskningen av arealen odlad mulljord verkligen innebär, att i storleksordningen 40 % av denna åkerareal tagits ur bruk. En del odlad organogen jord, särskilt i övergångsområden mot högre liggande mark, kan genom bortodling och mullhaltsminskning ha omvandlats till mullrikare fastmarksjord. Där det organogena jordlagret varit förhållandevis tunt och underlagrats av lerjord, gyttjelera eller annan finkornig jord, är utsikterna större att marken kunnat behållas i öppen växtodling. Detta är fallet med mulljorden inom den studerade observationsytan på gården Finnsholmen i nordvästra Uppland.

Inom observationsytan var det ytliga mull- och torvjordslagret i medeltal bara 30 cm tjockt i november 2012. Därunder kännetecknas marken av leryttja med permanent sprickbildning och är därmed självdränerande. På grund av det ganska tunna, återstående mulljordsskiktet torde bortodlingen bli begränsad i framtiden och bör inte sänka markytan särskilt allvarligt. Marken på denna plats ligger dessutom förhållandevis högt över den angränsande Vretaån. Medan andra organogena jordar endast kunnat odlas i omkring ett århundrade eller bara ett antal årtionden p.g.a. markens sättning, finns här således förutsättningar för uthålligare framtida odling. Marken kan anses tillhöra de organogena jordar som bör förbli mest odlingsvärda i framtiden och som möjliggör odling av mer krävande grödor.

Liksom odlade torvjordar i Sverige i allmänhet kan emellertid den organogena jorden på fältet vid Finnsholmen betraktas som ung, och den kan ännu inte anses ha nått något stabilt stadium vad gäller nedbrytningen av mulljorden inom plogdjup och det därunder liggande torvlagret. Grödornas goda tillgång på mineraliserat kväve från marken och det närmast obefintliga kvävegödslingsbehovet tyder på fortgående större nedbrytning och förluster av organiskt jordmaterial. Som exempel på sådana förluster kan nämnas, att Berglund (2011) undersökte avgången av koldioxid från jord i lysimetrar med ostörda markprofiler från två organogena jordar (Majnegården och Örke). Av resultaten framgår att den koldioxidemission som enbart härstammade från jord uppgick till 1,29 respektive 1,43 kg/m<sup>2</sup> under loppet av ett år. Under antagande här att kol ingår med 58 % i mull skulle detta motsvara en förlust på omkring 6,1 respektive 6,7 ton organiskt jordmaterial per ha och år.

Inom observationsytan vid Finnsholmen var pH-värdet 5,3 inom 0-30 cm djup 1987, trots kalkning 1982-83, men jorden har uppenbarligen ändå gett goda skördar. Leryttjan därunder hade emellertid mycket lågt pH-värde (4,2 och 3,5 inom 30-60 cm respektive 60-90 cm djup). När mulljordslagret såsmåningom blir tunnare genom fortsatt bortodling och leryttjan till

slut kommer att plöjas in i matjordslagret, kan därför pH-värdet inom plöjningsdjup förväntas sjunka. Behov av ny kalkning uppkommer då, om inte förr.

Kalkningen 1982-83 och den rikliga gödsling med fosfor och kalium som under årtionden skett på fältet vid Finnsholmen torde inte bara ha förbättrat kalk- respektive fosfor- och kaliumtillståndet i jorden utan även ha medverkat till ökad kväve mineralisering och givetvis högre skördar. Inom observationsytan på Finnsholmen beräknades kornet 1987 och potatisen 1988 ha kunnat utnyttja omkring 195 respektive 100 kg kväve per ha från marken (utan kvävegödsling), och samtidigt erhöles skördar som översteg avkastningen på fastmarksjordar i den aktuella landsdelen: korn 5900 kg kärna per ha (biologisk skörd) och potatis 31 ton/ha. Räknar man med en avkastning av vårkorn på "bara" ca 5000 kg/ha och för potatissorten King Edward en knölskörd motsvarande 30 ton/ha, innebär markens kväveleverans i jämförelse med normala fastmarksjordar en besparing på ca 100 kg mineralgödselkväve per ha och år till ett värde av ca 1100 kr per år, beräknat enligt gällande kvävegödslingsrekommendationer och gödselpriser för 2012-2013.

Då lergyttjan i alven hade mycket lågt pH-värde, synes främst kväve i matjorden och jorden strax därunder ha blivit tillgängligt för grödorna till följd av ganska begränsat rotdjup och genom att kväve mineraliseringen måste ha varit kraftigast i de ytligare jordlagren. Lågt pH-värde i alven, vilket hindrat nitrifiering av ammoniumkväve som bildats genom mineralisering, torde också vara främsta orsaken till de ovanligt stora mängderna sådant kväve i skiktet 60-90 cm (129 kg/ha av totalt 151 kg/ha inom 0-90 cm djup). Detta ammoniumkväve tycktes grödorna knappast alls kunna utnyttja. I redovisade undersökningar på fastmarksjordar har normalt bara ett fåtal kg ammoniumkväve per ha fastställts på motsvarande djup i alven. Även mängderna nitratkväve var ovanligt stora i alven i jämförelse med fastmarksjordar. De uppgick inom 30-90 cm djup till 87 kg N/ha av totalt 131 kg N/ha i hela markprofilen, räknat som medeltal för alla provtagningstillfällen.

Under växtsäsongerna 1987 och 1988 minskade mineralkvävet främst i skiktet 0-30 cm, uppenbarligen till följd av kornets och potatisens kväveupptagning. Under större delen av denna tid synes kväveupptaget ha överstigit kväve mineraliseringen i storlek under själva växtsäsongen. Detta innebär att en del mineralkväve, som övervintrat inom rotdjup eller i vart fall mineraliserats mycket tidigt på våren, också utnyttjats. Under bägge åren "tömdes" skiktet 0-30 cm i det närmaste på nitratkväve, tills enbart 4-6 kg/ha återstod under sommaren med korn (1987) och till 14 kg/ha vid odling av potatis 1988. Detta liknar förhållandena på fastmarksjordar. I någon mån uppkom även minskningar i skiktet 30-60 cm under växtperioden, vilka borde kunna relateras till grödornas kväveupptag, men knappast alls på 60-90 cm djup. De låga pH-värdena i lergyttjan och ett härigenom förhållandevis grunt rotsystem bör ha varit orsaker till det svaga kväveupptaget från dessa skikt i jämförelse med det normala i alven på lerjordar.

Minskningen av mineralkvävemängderna under växtsäsongerna 1987-88 upphörde vid avslutad kväveupptagning, dvs. i samband med mognadsförloppet och för potatisens del påskyndat genom blastdödning. Under höstarna tilltog mineralkvävet igen genom fortsatt kväve mineralisering, som uppenbarligen var större än förekommande kväveförluster genom utlakning och denitrifikation under denna årstid. Det ofullständiga utnyttjandet av mineralkvävet på 30-90 cm djup under båda växtsäsongerna och anhopningen av mineraliserat kväve i marken på höstarna kan emellertid innebära, att en del kväve skulle ha kunnat utlakas under det efterföljande vinterhalvåret. Detta tyder på behov av fånggrödor för att binda mineraliserat kväve i organogena jordar av detta slag och minskad jordbearbetning

under denna årstid (Stenberg et al., 1999; Lindén et al., 1999) för att inte stimulera kvävemineriseringen ”i onödan”. Ökningen av mineralkvävet inom 0-90 cm djup från senhösten 1987 till i april 1988 tyder dock på att kväveförlusterna var begränsade.

Den stora skillnaden i de mängder jordkväve som utnyttjats av kornet 1987 och potatisen 1988 (195 respektive 100 kg N/ha) väcker frågan, om inte kvävemineriseringen i organogena jordar kan variera mycket kraftigt mellan åren och/eller om kväveförluster under växtsäsongen (inkl. denitrifikation) påtagligt inverkar på de växttillgängliga kvävemängderna vissa år.

## Litteratur

Albertsson, B. 2012. Riktlinjer för gödning och kalkning 2013. Statens Jordbruksverk, Jordbruksinformation 12-2012, 90 s.

Andersson, S. 1955. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. VIII. En experimentell metod. Grundförbättring 8, specialnummer 2.

Berglund, K. 1989. Ytsänkning på mosstorvjord. Sammanställning av material från Lidhult, Jönköpings län. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, avdelningsmeddelande 89:3, 18 s.

Berglund, K. 1995. Optimal drainage depth of five cultivated organic soils. Swedish J. agric. Res. 25, 185-196.

Berglund, K. 1996a. Properties of cultivated gyttja soils. International Peat Journal 6, 5-23.

Berglund, K. 1996b. Agricultural improvement of cultivated organic soils, I. Effects of deep cultivation, liming, irrigation and P-fertilization on crop yields. Soil Use and Management 12, 169-175.

Berglund, K. 1996c. Agricultural improvement of cultivated organic soils, II. Effects of liming and deep cultivation on soil properties and root development. Soil Use and Management 12, 176-180.

Berglund, K. 2008. Torvmarken, en resurs i jordbruket igår, idag och även i morgon? I: Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000 (red. L. Runefeldt), Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, nr 41, Supplement till Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift, 483-498.

Berglund, Ö., Berglund, K. & Sohlenius, G. 2009. Organogen jordbruksmark i Sverige 1999-2008. Rapport 12. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik (<http://pub-epsilon.slu.se/1020/>), 27 s.

Berglund, Ö. 2011. Greenhouse gas emissions from cultivated peat soils in Sweden. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Doctoral thesis no. 2011:2, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, 107 s.

Bremner, J.M. & Keeney, D.R. 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3. Exchangeable ammonium, nitrate, and nitrite by extraction-distillation methods. *Soil Science Society of America Proceedings* 30, 577-582.

Carlgrén, K. 2008. Svenska Mosskulturföreningens gödslingsförsök. Några äldre långliggande fältförsök analyserade med hjälp av undersökande statistik. I: *Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000* (red. L. Runefeldt), Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, nr 41, Supplement till Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift, 165-180.

Franck, O. 1956. Riktlinjer för tillförsel av växtnäring. *Handbok om växtnäring, del IV*, GKS (Gödsel- och Kalkindustriernas Samarbetsdelegation), Tidskriftsförlaget Växt-Närings-Nytt, Stockholm, s. IV 1-77.

Hagerman, M. 2011. Försvunnen värld. Om den största arkeologiska utgrävningen någonsin i Sverige. Norstedts Förlag, Stockholm, första upplagan, 442 s. (se kartor s. 401-409 framtagna av G. Alm och J. Risberg, Inst. för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet).

Hallgrén, G. & Berglund, G. 1962. De odlade myrjordarnas omfattning och användning. Redogörelse för en översiktlig inventering av den odlade myrarealen i landet och en undersökning av bland annat ytsänkningsförhållandena vid Olandsån samt vissa synpunkter på myrjordarnas framtida användning. Utredning gjord på uppdrag av Kungl. Lantbrukshögskolan och Statens lantbruksförsök. *Lantbrukshögskolan, Uppsala, januari 1962*, 118 s. (Otryckt källa citerad av Berglund, K. 2008. *Torvmarken, en resurs i jordbruket igår, idag och även i morgon? I: Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000* (red. L. Runefeldt), Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, nr 41, Supplement till Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift, 483-498.)

Hansson, A.-C. 1987. Roots of arable crops: production, growth dynamics and nitrogen content. Doktorsavhandling, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi och miljövärd, rapport 28, 118 s.

Hjertstedt, H. 1946. De organogena odlingsjordarnas beskaffenhet i olika län med avseende på torvslag, förmultningsgrad och reaktion samt innehåll av kalk, kväve, kali och fosforsyra, organisk substans, seskvioxider och svavelsyra. *Svenska Vall- och mosskulturföreningens kvartalsskrift* 8, 255-277.

Jansson, U. 2011. Markanvändning. I: *Sveriges Nationalatlas. Jordbruk och skogsbruk i Sverige sedan 1900 – en kartografisk beskrivning* (temaredaktör: Ulf Jansson; temavärd: Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien). Norstedts förlagsgrupp AB, 22-35.

Jordbruksverket, 2007. *Jordbruksstatistisk årsbok*, 380 s.

Jordbruksverket och statistiska Centralbyrån, 2011a. *Jordbruket i siffror åren 1866-2007*, 207 s.

Jordbruksverket och statistiska Centralbyrån, 2011b. *Jordbruket i siffror åren 1866-2007. tabellbilaga*, 471 s.

Lenqvist, J. 2008. Våtmarkens brukare – omskapare av Hjälmarens och Kvismarens våtmarker under ett och ett halvt sekel. I: Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000 (red. L. Runefeldt), Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, nr 41, Supplement till Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift, 469-482.

Lindén, B. 1981. Sambandet mellan odlingsåtgärderna och markens mineralkväveförråd. Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, rapport nr 5, 1981, 67-123.

Lindén, B. 1982. Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. III. Inverkan av nederbördsförhållanden och vattentillgång. Studier i modell- och ramförsök. Avdelningen för växtnäringslära. Sveriges lantbruksuniversitet, rapport 143.

Lindén, B. 1987. Mineralkväve i markprofilen och kvävemineralisering under växtsäsongen. I: Kvävestyrning till stråsäd - dagsläge och framtidsmöjligheter. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, rapport 24, 23-46.

Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Sjøgaard, K. & Kjellerup, V. 1992a. Nitrogen mineralization during the growing season. I. Contribution to the nitrogen supply of spring barley. Swedish J. agric. Res. 22: 3-12.

Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Sjøgaard, K. & Kjellerup, V. 1992b. Nitrogen mineralization during the growing season. II. Influence of soil organic matter, and effect on optimum nitrogen fertilization of spring barley. Swedish J. agric. Res. 22: 49-60.

Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingsystem i ett lerjordförsök i Västergötland. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 33.

Lindén, B., Engström, L., Aronsson, H., Hessel Tjell, K., Gustafson, A., Stenberg, M. & Rydberg, T. 1999. Kvävemineralisering under olika årstider och utlakning på en mojord i Västergötland. Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltillförsel och insådd fånggröda. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 51, 57 s.

Lindén, B., Roland, J. och Tunared, R. 2000. Höstsäds kväveupptag under hösten. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet. Serie B Mark och växter, rapport 5, 23 s.

Lindgren, J., Stenberg, M. & Lindén, B. 2007. Teknik för maximerat kväveutnyttjande och minimerad kväveutlakning i potatisodling. Rapport 8. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för precisionsodling, Skara, 54 s.

Lundblad, K. 1956. Växtnäringsstillförsel på myrjordar. Handbok om växtnäring, del IV, GKS (Gödsel- och Kalkindustriernas Samarbetsdelegation), Tidskriftsförlaget Växt-Närings-Nytt, Stockholm, s. IV 78-83.

Mattsson, L. 2006. Kväveintensitet – avkastning och kväveupptag. Rapport 212. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringslära, 43 s.

Morell, M. 2011. Jordbruket i industrisamhället. Mark och husdjur, teknik och arbete. Åker och äng. I: Det svenska jordbrukets historia, band 5 (red. J. Myrdal). Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, Stockholm, s. 191-202.

Mårald, M. 2008. En katalysator för det moderna jordbruket: Mossodlingens betydelse för konstgödselns genombrott 1880-1920. I: Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000 (red. L. Runefeldt), Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, nr 41, Supplement till Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift, 129-146.

Nerman, G. 1898. Temnarens sänkning. Svenska Mosskulturföreningens tidskrift, nr 2, 1998, 61-88.

Nilsson, I., Rölin, Å. & van Schie, A. 2012. Odlar potatis – en handbok. Hushållningssällskapet Skaraborg, 224 s.

Nilsson, L. G. 1982. De organogena jordarna som odlingsjordar. III. Växtnäringsfrågor på mulljordar. Skogs- och lantbruksakademiens tidskrift 121, 109-112.

Osvald, H. 1937. Myrar och myrodling. Kooperativa Förbundets Förlag, 407 s.

Osvald, H. 1959. Åkerns nyttoväxter, AB Svensk Litteratur, Stockholm, 596 s. (s. 26 och 28-29).

Persson, J. 2003. Kväveförluster och kvävehushållning, Förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk. Kortsiktiga och långsiktiga markbiologiska processer med speciell hänsyn till kvävet. Rapport 207. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringslära.

Persson, J. 2008. Svenska Mosskulturföreningen – växtnäringsfrågor. I: Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000 (red. L. Runefeldt), Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, nr 41, Supplement till Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift, 147-164.

Runefeldt, L. 2008a. Svenska Mosskulturföreningen 1886-1939. I: Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000 (red. L. Runefeldt), Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, nr 41, Supplement till Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift, 27-52.

Runefeldt, L. 2008b. Svensk mosskultur som överhetsprojekt före 1886. I: Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000 (red. L. Runefeldt), Kungl. Skogs- och lantbruksakademien, Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, nr 41, Supplement till Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens Tidskrift, 53-96.

Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. Soil & Tillage Research 50, 115-125.



Statistiska Centralbyrån (SCB), 1988. Jordbruksstatistisk årsbok 1988, 262 s.

Statistiska Centralbyrån (SCB), 1989. Jordbruksstatistisk årsbok 1989, 266 s.

### **Personligt meddelande**

Lantbrukare Rolf Eriksson, Hagabergsvägen 14, 740 47 Harbo (arrendator på Finnsholmen 1966-72, ägare till gården 1972-2011).

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från institutionen för mark och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet.

*In this series research results from the department of Soil and Environment at the Swedish University of Agricultural Sciences are reported.*

Sveriges lantbruksuniversitet  
**Institutionen för mark och miljö**

Swedish University of Agricultural Sciences  
**Department of Soil and Environment**

Box 7014  
SE-750 07 Uppsala  
<http://www.slu.se/mark>