

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Afhandlingar och uppsatser.

N:o 236.

ÅRSBOK 4 (1910): N:o 8.

KLARÄLFFVENS
SERPENTINLOPP OCH FLODPLAN

AF

STEN DE GEER

MED 5 TAFLOK OCH 49 TEXTFIGURER

Pris 3 kr.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Afhandlingar och uppsatser.

N:o 236.

ÅRSBOK 4 (1910): N:o 8.

KLARÄLFFVENS
SERPENTINLOPP OCH FLODPLAN

AF

STEN DE GEER

MED 5 TAFLOK OCH 49 TEXTFIGURER

STOCKHOLM

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

1911

[111093]

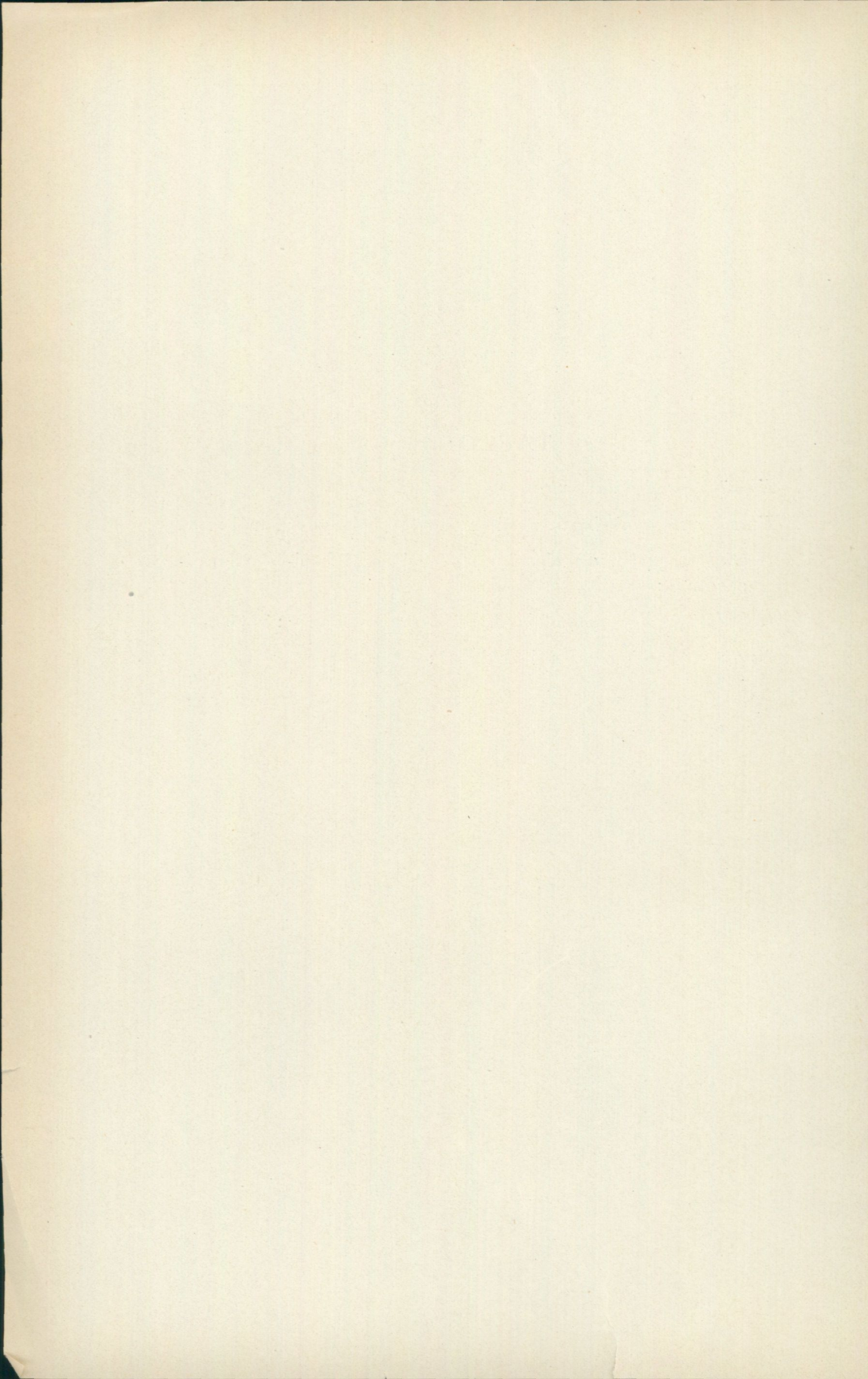
INNEHÅLL.

	Sid.
Inledning	7
Älfvalen	13
<i>Älfvens fallkurva</i> eller dallinjen i dess helhet.	
<i>Den tektoniska dalen</i> eller flodplanets dalsträcka.	
<i>Sedimentterrasser</i> , som omgifva flodplanet.	
<i>Bäckkäglor</i> , som skjuta ut å flodplanet.	
Flodplanets morfologi	26
<i>Benämningarna flodplan, dal och bäcken.</i>	
<i>Flodplanets bredd och medellutning.</i>	
<i>Lutningen af flodplanets särskilda näs.</i>	
<i>Älfvallar och älfaguner.</i>	
<i>Statistisk öfversikt af vallar och laguner.</i>	
<i>Näsafatsen.</i>	
Flodbäddens morfologi	51
<i>Flodens bågar.</i>	
<i>Serpentinsierier.</i>	
<i>Meandersjöar.</i>	
<i>Djupförhållandena i flodens tvärsektioner.</i>	
<i>Klarälfvens djupkurvor.</i>	
<i>Relationen mellan bäckendjup och serpentinens böjningsgrad.</i>	
<i>Erosionsbranternas morfologi.</i>	
<i>Mjåldalar af Säterstypen.</i>	
<i>Konkava och konvexa stränder.</i>	
<i>Sandbankar af fyra ordningar.</i>	
Flodplanets stratigrafi	80
<i>Marina och fluviala lager.</i>	
<i>Tolf stratigrafiska profiler af flodplanet.</i>	
<i>Flodaflagringarna i litteraturen.</i>	

	Sid.
Flodbågars utveckling i allmänhet	98
<i>Flodbågarnas utveckling.</i>	
<i>Serpentiniseringens orsak.</i>	
<i>Serpentiners, meandrars och meandersjöars utveckling.</i>	
<i>Meanderutvecklingens slutstadium.</i>	
Älfvens horisontella erosion	130
<i>Serpentinernas förskjutning enligt älfvallarnas vittnesbörd.</i>	
<i>Serpentinernas förskjutning enligt vissa andra rön.</i>	
<i>Erosionsprocessen.</i>	
<i>Villkoren för slamtransport.</i>	
<i>Aflagringsprocessen.</i>	
Älfvens vertikala erosion	156
<i>Bevisen för Klarälfcens djuperosion.</i>	
<i>Serpentinperiodens längd.</i>	
<i>Näsafsatsens bildning.</i>	
<i>Djuperosionens framtid.</i>	
Älfvens urholkande erosion	166
<i>Serpentin- och meanderbäcken.</i>	
<i>Vattenhastigheten i ett serpentinbäcken.</i>	
<i>Klarälfcens vattenmängd.</i>	
Exempel på fria flodplan	175
Säters erosionsdal	179
Sveriges större meanderlopp	181
Litteraturförteckning	183
Upplysningar till taflorna	190

TAFLOR.

1. *Klarälvens flodplan*, karta i skalan 1:8 000.
 2. *Klarälvens aflagringar*, profiler i höjd- och längdskalan 1:200.
 3. *Hastighetsprofiler af Klarälven*, sektioner i höjd- och längdskalan 1:300.
 4. *Österdalälvens flodplan vid Mora*, karta i skalan 1:50 000.
 5. *Karta öfver Sättersdalen*, i skalan 1:6 000.
-



Inledning.

Den gren af geografin, som behandlar flodläran, borde skilja mellan två slag af fluviogena landformer. En mångfald geografiska företeelser hafva visserligen uppkommit genom floders verksamhet, men deras former äro beroende på andra faktorer, väl främst på växlingar i underlagets beskaffenhet. Men därjämte finnes en serie fluviogena bildningar, som både till sin uppkomst och till sin form bero helt och hållet af flodprocesserna själfva. De uppträda som ett enhetligt system af morfologiska och stratigrafiska företeelser, så snart de yttre faktorerna äro så likformiga, att de icke inverka störande. På jämna sedimentslätter och på dalbottnar af fint material visa sig tydligast dessa flodernas egenheter, som på det intimaste äro förbundna med deras bekanta benägenhet att flyta i regelbundna »meander»-kurvor. Meanderformerna äro de i de finaste detaljer mest lagbundna af flodernas geografiska lifsytringar och därför mest ägnade för vetenskapliga studier. Emellertid gäller ännu i viss mån M. HONSELLS yttrande till de tyska geograferna 1887, däri han betecknade hela »flodfysiologien» såsom »ett hittills föga beaktadt gränsområde mellan geologien och geografin, öfverlämnadt åt hydroteknici» (48).¹

Då den föreliggande afhandlingen just kommer att behandla detta vetenskapsområde, är det på sin plats att se, hvilken ställning det kan anses intaga till öfriga delar af flodläran.

¹ Kursiverade siffror inom parentes hänvisa till litteraturförteckningen i arbetets slut.

Flera forskare hafva sökt gifva en öfversikt af denna såsom en själfständig gren af geografin. A. PENCK särskilde 1898 som flodlärans hufvuddelar: 1) det rinnande vattnets fysik; 2) vattenmängden och dess växlingar; 3) vattnets verkan på sin bädd; 4) det rinnande vattnets utbredning på jordytan och 5) det rinnande vattnets biologi (65).

Enligt W. ULE, 1900, behandlar den moderna flodkunskapen: 1) flodernas läge, lopp och storlek; 2) de rinnande vattnens vattenhushållning; 3) floderna som geologiska faktorer; 4) det rinnande vattnets fysik; 5) det rinnande vattnets biologi och 6) flodernas antropogeografiska betydelse (85).

I båda dessa framställningar är det tredje afdelningen, som omfattar de af flodernas eget arbete framkallade geografiska formerna.

PENCK berör också detta ämne 1894 under rubriken »Flusswirkungen» (64, s. 259—385), dit han för: 1) floders och vattendelares allmänna egenskaper; 2) floders rörelse och hastighet; 3) flodarbete och vattenhastighet; 4) materialtransport utmed botten; 5) transport af uppslammade och lösta ämnen; 6) transport genom simmande is och växtdelar; 7) ackumulation och erosion; 8) fallkurvans utveckling; 9) störningar af normalkurvan; 10) forsar och fall; 11) flodbäddens omläggning och bifurkationer; 12) flodbäddars förskjutning genom meandrar; 13) floders förskjutning genom jordrotationen; 14) förskjutning genom vinden; 15) vattendelarnas förskjutning; 16) vattendelarnas omläggning och flodernas genetiska indelning och 17) recent denudation. Särskildt afdelningarna 4, 8 och 12 beröra något föremålen för denna undersökning.

Något äldre (1886) är F. VON RICHTHOFENS program för iakttagelser af det rinnande vattnets mekaniska arbete (70, s. 133). Det omfattar: 1) flodrännornas normala utbildningsformer; 2) betydelsen af olikheter i strömmens kraft för det rinnande vattnets mekaniska arbete; 3) betydelsen för erosionen af bergarternas lagringsförhållanden och beskaffenhet; 4) sedimentaflagring genom det rinnande vattnet och 5) förändringar i det rinnande vattnets arbete genom ändrade

yttre förhållanden. Han kommer härvid dock endast föga in på behandlingen af flodernas egen formbildande verksamhet.

Som naturligt är, söka många, kanske de flesta forskare på detta område, att framställa de geografiska hufvuddragen hos floder och flodsystem. Denna sträfvan efter öfversikt leder öfver till berggrundsgeologi, tektonik och till spekulationer öfver geografiska cykler. Endast detaljstudier föra till de geografiska fenomen, som öfver hela jorden äro följdföreteelser af flodernas eget lif. Äfven i Amerika har man en viss benägenhet att så att säga behandla floderna i liten skala.

Under skildring af flodutvecklingen kommer I. C. RUSSEL (73) sålunda in på: 1) bergarternas förvittring och sönderfallande; 2) flodernas naturlagar; 3) floddalarnas beroende af olikheter i bergarternas hårdhet; 4) af floder medfördt material i uppslammadt och löst tillstånd; 5) flodaflagringar; 6) flodterrasser; 7) flodutvecklingen; 8) de amerikanska flodernas karakteristik och 9) en flods lefnadslopp. Här af kunna endast kapitlen 2 och 6 omnämnas såsom berörande de verkligt fluviogena landformerna.

I dessa och andra framställningar af flodgeografien liksom i flertalet geografiska handböcker har man med små variationer nöjt sig med att återgifva en viss, kortfattad redogörelse för »korvsjöars» och terrassers bildning. Däremot torde man i regeln förgäfvets i litteraturen söka efter en i någon mån detaljerad och tillförlitlig redogörelse för flodplans topografi och lagerbyggnad samt för de förändringar, som flodprocessen framkallar.

Af specialarbeten är det märkvärdigt få, som behandla dessa företeelser, fastän de ju förekomma snart sagdt i alla länder och på mångfaldiga vis ingripa i människans lefnadsförhållanden. Detta beror nog till en del därpå, att dessa frågor just aldrig varit fullt aktuella bland geograferna.

Åtskilliga arbeten komma emellertid att anföras i det följande. Däraf äro flera klart tänkta teoretiskt-schematiska utredningar, hvarjämte det finnes några viktiga undersökningar grundade på studier af goda specialkartor samt äfven

uppsatser, som äro resultat af författarnas egna fältarbeten och mätningar i naturen.

Flodplanens alla mera typiska företeelser torde sålunda hvar för sig någon gång varit iakttagna. De flesta, men knappast alla, äro omnämnda i den vetenskapliga litteraturen, än af den ene, än af den andre författaren. Stundom är någon företeelse icke förstådd eller till och med missförstådd. Att så ännu är fallet, torde i någon mån bero därpå, att ingen forskare ens tycks hafva försökt att så allsidigt som möjligt studera ett begränsadt område af ett väl utveckladt flodplan. Genom ett så speciellt planlagdt fältarbete synes möjlighet finnas att småningom vinna förtrogenhet med det nödvändiga sammanhanget mellan ett flodplans dynamik, stratigrafi och morfologi, så att äfven dess finaste detaljformer kunna uppfattas på ett vetenskapligt sätt.

Denna afhandling representerar ett första försök i sådan riktning. Klarälfvens flodplan i öfre Värmland har varit undersökningens hufvudföremål. Älfven bildar där på en smal dalbotten Skandinaviens största och praktfullaste serpentinlopp med alla dess följdföreteelser. Oafsedt detta område hafva fluviogena bildningar af mig studerats i naturen vid andra delar af Klarälfven, vid Dalälfven, Lagan och Oder.

Undersökningarnas gång 1905—1910 har i hufvudsak varit följande:

Dalälfven vid Älfkarleby 1905: härvid studerades erosionens sekulära framskridande. (Ymer 1906, s. 83—92 och tafla 1.)

Klarälfven 1906 (större delen af sommaren): serpentinloppet och flodplanets morfologi. Klarälfven från norska gränsen till Väneren. (Ymer 1906, s. 383—414, tafla 2.)

Dalälfven vid Mora 1908: flodplanets morfologi och kronologi. (Geol. Fören. Förhandl. 1908, s. 452—456.)

Sätters dalar 1908: morfologiska och dynamiska studier.

Lagan och Bolmsån 1909: flodplanens morfologi.

Klarälfven 1909 (större delen af sommaren): flodplanets stratigrafi, morfologi och dynamik.

Klarälven 1910 (under vårflodens maximum): dynamiska studier.

Oder 1910: flodplanets morfologi.

Det mesta, af denna afhandlings innehåll är grundadt på egna iakttagelser vid nämnda floder. I många afseenden hafva sedan litteraturstudierna verkat bekräftande och kompletterande.

Afhandlingen har disponerats så, att redogörelsen för de faktiska förhållandena vid Klarälven föregår den dynamiska afdelningen eller skildringen af de processer, som verka om-danande på flodplanet. Först behandlas Klarälfsdalen och sådana företeelser, som icke höra till det egentliga flodplanet. Närmast följer afdelningen om flodplanets morfologi. Där granskas i detalj flera förut mindre kända geografiska yt-former i anslutning till taflan 1. Som en särskild afdelning har utbrutits redogörelsen för själfva flodbäddens ytformer.

Till framställningen af dalbottnens morfologi sluter sig undersökningar af dess lagerbyggnad eller stratigrafi, åtföljd af taflan 2.

Förf. har sökt framställa iakttagna fakta på ett objek-tivt och så vidt möjligt åskådligt sätt men har däremot sökt undvika att här draga de slutsatser, som tydligen på flera håll ligga nära till hands. Detta har sparats till längre fram i den dynamiska afdelningen.

Den senare inledes genom refererande af vissa utländska arbeten, som gifva en öfversikt af serpentin-meander-processen. Därpå karakteriseras Klarälvens horisontella, vertikala och urholkande erosion med motsvarande aflagringsprocess samt arten af de geografiska förändringar de åstadkomma.

Flodplanets framtida öde förutsäges.

Till jämförelse med Klarälven omnämnas några typer af fria meanderlopp, som kunna betraktas såsom mera nor-malt men mindre instruktivt utbildade än denna.

Ehuru liggande på sidan af ämnet, karakteriseras äfven dalar af Säterstypen. Sådana förekomma i miniatyr å Klar-älfsplanet och representera ett system af erosionsformer, som är helt olika det af meanderprocessen framkallade.

Slutligen vidfogas en förteckning öfver Skandinaviens mera betydande meanderlopp samt en litteraturförteckning.

Afhandlingen åtföljes af fem taflor, framställande kartor och profiler, för hvilkas uppmätande och konstruktion redogöres under rubriken »Upplysningar till taflorna».

Författaren har genom dessa undersökningar af flodplan kommit in på ett forskningsområde, där han haft ganska ringa stöd af den förhandenvarande litteraturen, som i regeln blott tangerar ämnet. Det har därför varit nödvändigt att taga allt från början, iakttagelser, sammanställningar, slutsatser. Åtskilliga dunkla frågor hafva visserligen klarnat under arbetets gång, men ännu finnas nog vissa problem, som ej erhållit någon definitiv lösning. Några framkastade hypoteser kunna i dessa fall möjligen peka åt rätt håll. För öfrigt måste förf. framhålla, att här, som alltid, vinnes klarheten lättast genom att så mycket som möjligt försöka att samtidigt taga fenomenets alla sidor i betraktande.

Till sist får jag framföra min tacksamhet till Geografiska Föreningen i Uppsala för resestipendier 1906 och 1909, till Stiftelsen Lars Hiertas Minne för ett liknande anslag 1910 samt till Hydrografiska Byrån, som ställt till mitt förfogande instrument och öfrig utrustning för strömhastighetsmätningar. Äfven vill jag hjärtligt tacka den vakna och intresserade befolkningen i Klarälfsdalen för allt visadt tillmötesgående, särskildt ett tack till hemmansägaren P. J. NORDQVIST på Västra Torp, där jag ofta haft mitt hufvudkvarter.

I april 1911.

STEN DE GEER.

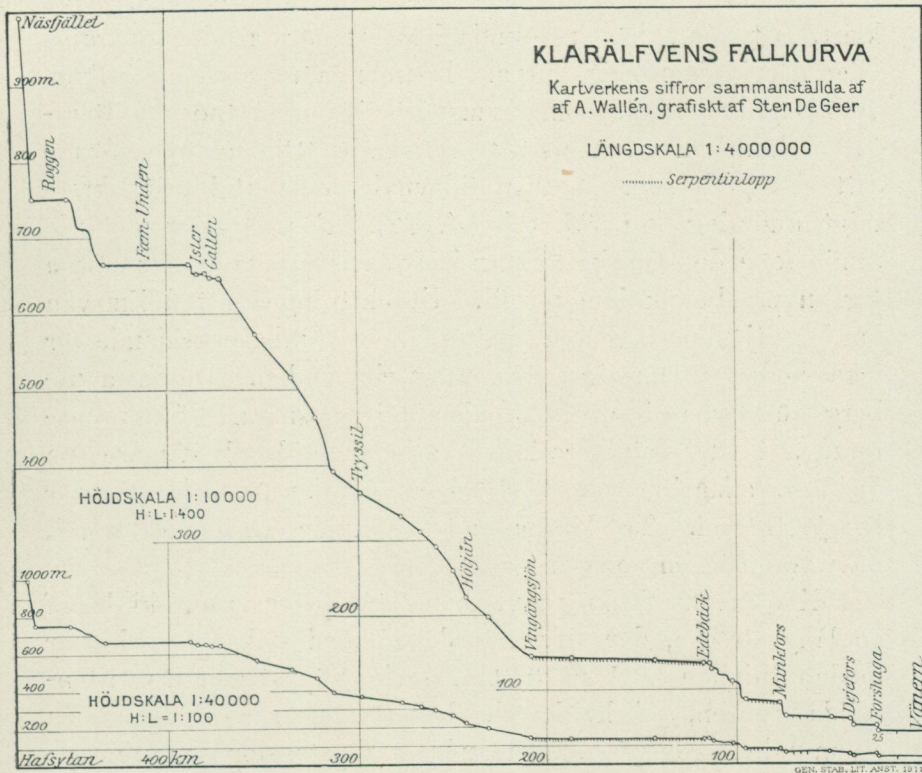


Fig. 1. Klarälvens fallkurva.

Älf dalen.

Älfvens fallkurva. Hufvuddragen af Klarälvens lopp och omfattningen af dess vattenområde synas helt bero af hvad man skulle kunna kalla yttre förhållanden. Intet tyder med säkerhet på, att älfvens egen verksamhet härvidlag åstadkommit några mera väsentliga förändringar.

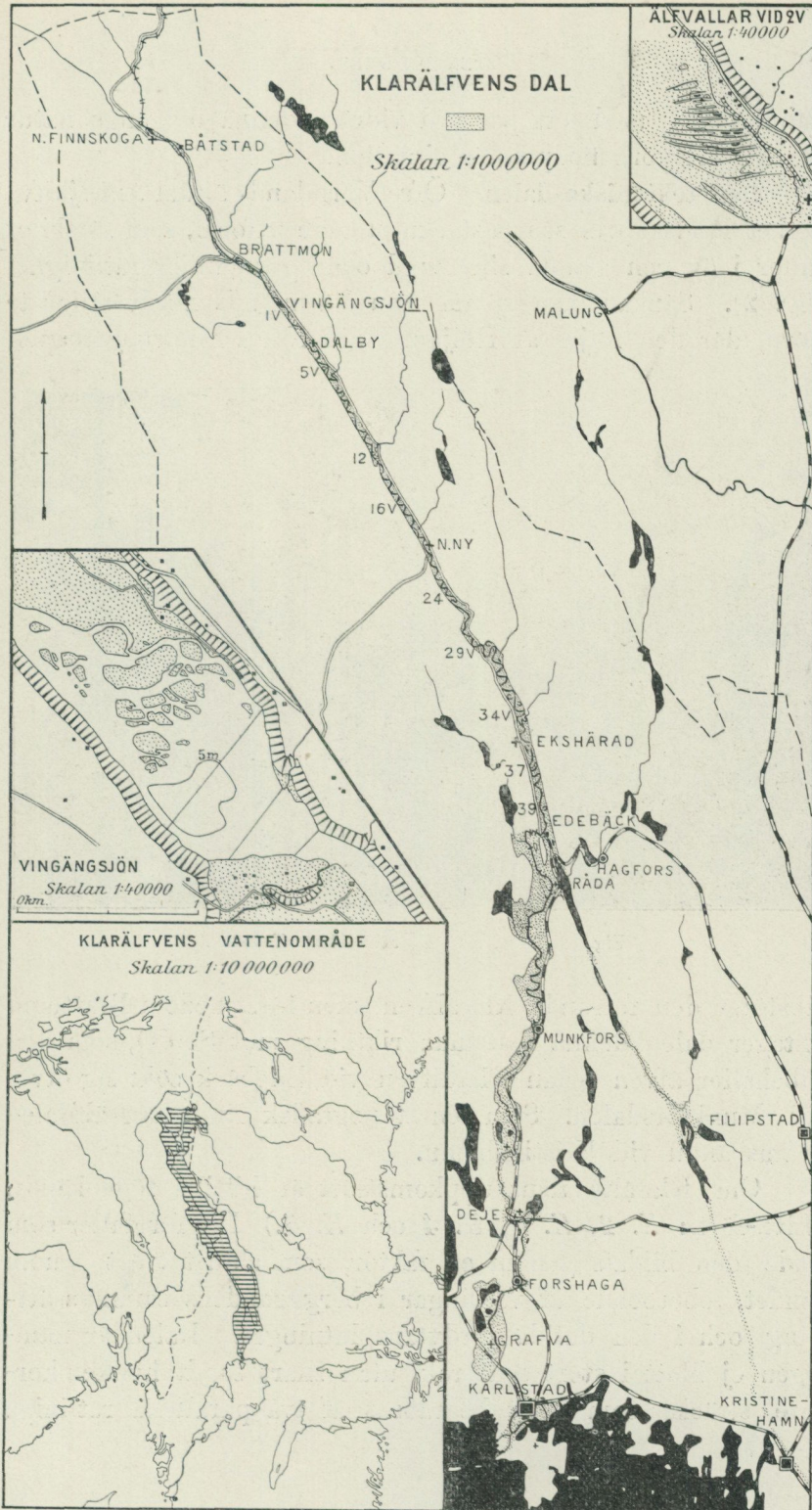
Saken belyses kanske bäst af en längdprofil, som visar, hur älfven sänker sig från källan till sin mynning i Vänern (fig. 1). I verkligheten är fallkurvan en nästan horisontell linje, och endast med hjälp af en starkt öfverdrifven höjdskala framträda de viktiga oregelbundenheter, som karakteri-

sera denna linje. Det torde icke desto mindre genast vara klart, att man här ingalunda har att göra med en parabel eller därvid jämförlig kurva. De många teorier om fallkurvornas lagbundenhet, som framställts i den utländska litteraturen, kunna nog hafva sitt teoretiska berättigande men förutsetta så godt som oändliga tidrymder och ett idealt likformigt underlag (66, 35, 64, 84, 42). För närvarande torde åtminstone de svenska älfvarna icke ens arbeta på att närma sig en parabolisk längdprofil. Uppfattningen att fallkurvan borde utjämnas genom vattenfallens tillbakaskridande är icke heller tillämplig på våra förhållanden. De fasta urbergströsklarna i våra älfdalar blifva snarare frampreparerade, i det att erosionen arbetar vida kraftigare på de lösa aflagringarna å sträckorna nedanför och ofvanför hvarje tröskel. Trösklarna motstå sålunda erosionen rätt väl, men trappstegen sopas rena.

Klarälfvens fallkurva visar två trappstegslopp, skilda af en lång sträcka, där älfven torde gå med slak fors och där medellutningen är 1 på 330. De öfre trappstegen äro vattenfyllda bäcken, af hvilka de bekanta sjöarna Roggen och Faemunden äro störst. Det andra trappstegsloppet träffas på en vida lägre nivå och åtskilligt under marina gränsen. Det sträcker sig mellan Vingäng och Väneren. Trappstegen torde äfven här vara betydande bäcken, ehuru utfyllda af mäktiga sediment, som afsatts på botten af det sen-glaciala havets fjordar. Trösklar framträda numera dels i en serie nedom Edebäck, dels vid Munkfors, Dejefors och Forshaga.

På fem af dessa trappsteg visar älfven benägenhet att slingra eller meandra (fig. 1 och 2), och på det öfversta och längsta trappsteget mellan Vingäng och Edebäck har den genom sina krökningar utbildat det flodplan, som är denna undersöknings hufvudföremål.

Denna långsträckt, oafbrutna sedimentslätt hoptränges af omgifvande, kuperade högländ till en dalbotten, så smal, att Klarälfven under sitt lopp öfver den kommer i kollision med bergssluttningarna å ömse sidor. Det blir därför nöd-



S.D.G. del.

Fig. 2.

vändigt att med ett par ord vidröra denna dalgångs natur för att klargöra flodplanetets situation.

Den tektoniska dalen. Öfre Värmlands älfdal är i själfva verket landskapets skarpast skulpterade ytform, som särskildt faller i ögonen genom sin längd och egendomliga rätlinighet (fig. 2). Sänkan kan spåras från Värmlands nordvästligaste hörn, där den följes af Höljån. Vid Norra Finnskoga kapell

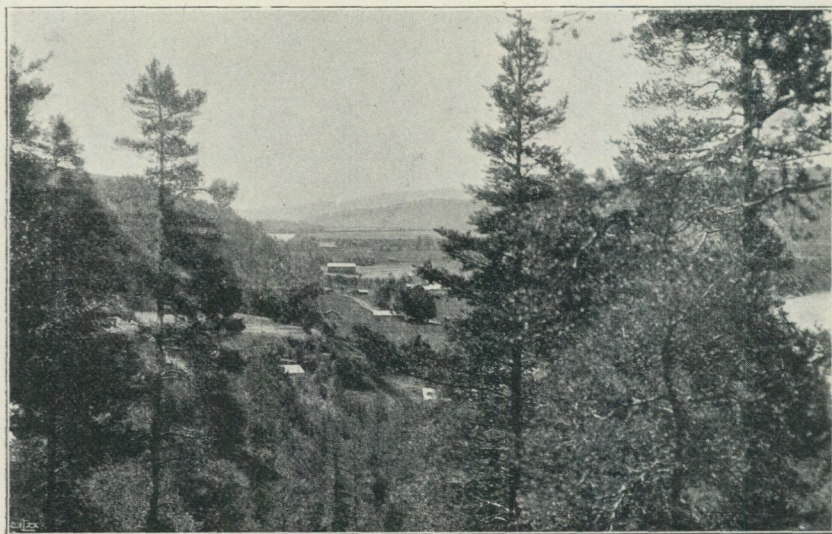


Fig. 3. Parti från Klarälfvalen. Torpnäs.

tillstöter den forsande Klarälfven, men först nedom Brattmon antager dalen denna bestämda riktning mot $S30^{\circ}O$, som den bibehåller äfven sedan Klarälfven vid Edebäck sökt sig öfver till Munkforsdalen. Som en topografisk linje kan älfvalen spåras ännu vid Kristinehamn.

Om Klarälfvalens uppkomstsätt är hittills föga känt. (Litt.-fört.: *K. 2*, *K. 3*, *K. 4* och *K. 6*.) Det förefaller som hade den bildats genom en faktor, som skurit tvärt genom landet, oberoende af växlingar i berggrundens sammansättning och i den dåtida jördytans lutningar. Dalen är nämligen ej blott i stort sedt rak, utan snart sagdt hvilken kortare sträcka som helst begränsas af två parallella rätliniga

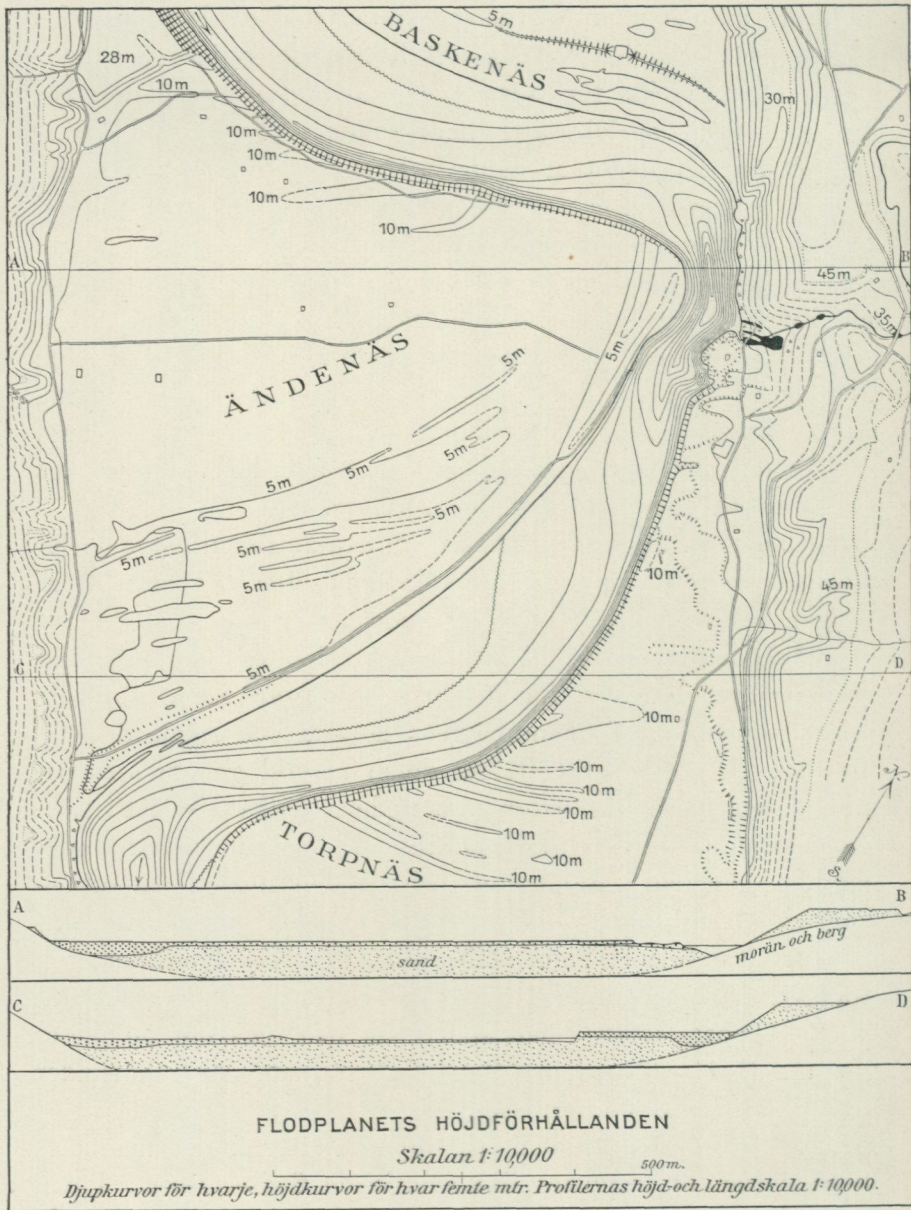
sluttningar, strykande i dalens hufvudriktning. Endast nedom Norra Ny gör dalen på ett ställe (vid N. Torp och Ennarbol) ett dubbelknä under nästan räta vinklar. Dessa morfologiska förhållanden antyda, att Klarälfsdalen icke har floderosion att tacka för sitt läge, utan detta har snarare betingats af en sprickzon i berggrunden. Emellertid fanns föga hopp, att något af denna tektoniska svaghetszon skulle vara tillgängligt för undersökning, då ju dalen till stor del är fylld af sediment och sluttningarna moränklädda. Sommaren 1909 fann dock förf. i skogen på östra dalsluttningen en lodrät bergvägg, strykande noga i dalens riktning och beklädd med en praktfull rifningsbreccia (vid Ulfsheden, älfkröken n:r 14; fig. 2). Denna iakttagelse synes styrka uppfattningen, att Klarälfsdalen är af tektoniskt ursprung, ett bälte, där berggrunden blifvit sönderdelad af sprickor och krossad genom förkastningsrörelser.

Dalen såsom en geografisk form kan antingen hafva börjat utskäras genom preglacial floderosion, eller ock är urholkningen väsentligen ett verk af landisens erosion.

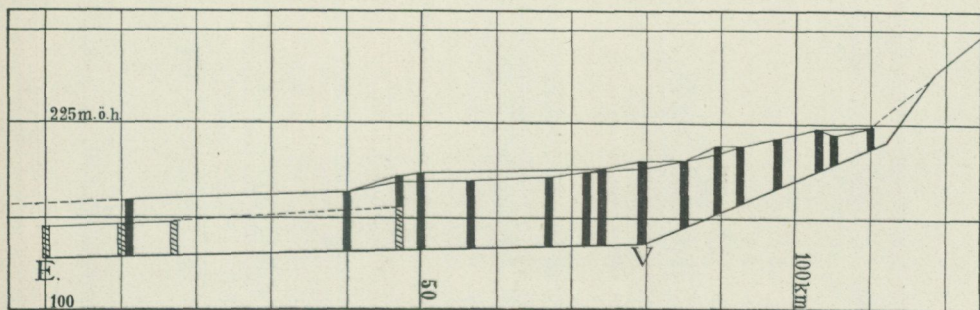
Sedimentterrasser. Vid tiden för landisens afsmältning från trakten, d. v. s. för 7 000 à 8 000 år sedan, bildade Klarälfsdalen en af Skandinaviens längsta och smalaste hafsfjordar. Den blef till största delen utfylld genom afsmältningstidens oerhörda sedimentmängder, hvilka afsattes i fjorden såsom tydligt årshvarfvig finsand. Sedermera har landet höjt sig omkring 200 meter, och på den förra fjordbottnen har en älf uppstått, som förlängts mot norr i mån af isens tillbakavikande och mot söder allt efter som landhöjningen fortskred. Den sålunda uppkomna Klarälfven har sedan under den postglaciala tiden skurit sig ned omkring 50 meter genom fjordsedimenten till sitt nuvarande läge, därunder utbildande vissa flodterrasser.

I bredare dalar och på öppna slätter finner man ofta hela serier af trappstegslikt anordnade flodterrasser. I den trånga Klarälfsdalen har däremot älfven skurit undan de lägre afsatserna, så att snart nog deras branter kommit att

Fig. 4.



sammanfalla med den högsta terrassens. Endast på ett par ställen kunna spår iakttagas af fyra terrassplan ofvanför hvarandra. Oftare finner man blott två afsatser, såsom vid älfkröken n:r 16, där de blifvit närmare undersökta genom inmätande af 5-meters nivålinjer (fig. 4). På denna sträcka finnas åtskilliga små rester af det lägre terrassplanet på 28 till 30 meters höjd öfver älfven. Det förefaller sannolikt, att man här endast har att göra med lämningar från ett stadium af floderosionens fortskridande i vertikal led. Emellertid synas dessa terrassrester vid kröken 16 motsvara hvarandra i höjd på ömse sidor om dalen.



S. D. G. del.

Fig. 5. Klarälfdalens terrasser.
Höjdskala 1 : 5 000, Längdskala 1 : 1 000 000.
E = Edebäck. V = Vingängsjön.

Kanske de till och med kunna sammanställas med vissa terrasser längre söder ut i Ekshärads socken (fig. 5, de sträckade höjderna).

Af vida större geografisk betydelse är dock den högre terrassen, som i själfva verket utgör återstoden af den sen-glaciala hafsfjordens botten. Vid kröken 16 (fig. 4, kartan och profilerna) har den blifvit alldeles bortroderad på den brantare västra dalsidan, men bildar ännu betydande sand-platåer på den mera långsluttande östra sidan. Ytan ligger här 46 till 50 meter öfver älfven och är alldeles plan. Fig. 6 visar hur moränslutningen i öster (till höger) med sina stora block sänker sig ned under terrassytan, som här

är 60 meter bred. Därpå vidtager den stora terrassbranten, hvilken här som i allmänhet har en lutning af 35° eller något mera. Ofta är den sönderskuren af raviner och bäckdalar af Säterstypen, som närmare karakteriseras nedan i anslutning till tafl. 5. På fig. 4 förekomma bortåt ett tiotal sådana dalar, hvaraf en mera utvecklade och redan tregrenade. Terrassytans gränslinje mot den uppdykande moränmarken är däremot mera jämn och rak äfven i smått.

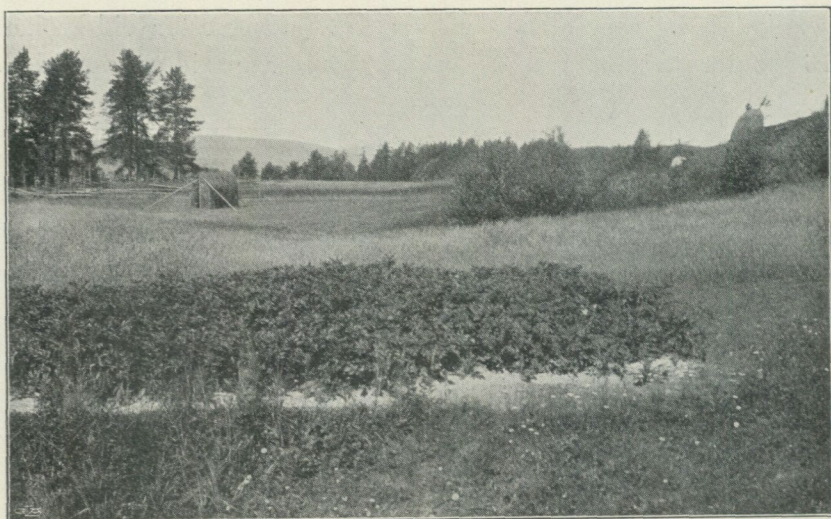


Fig. 6. 46-meters terrassens yta ofvan Torpnäs.

Denna högsta terrassyta finner man eljest på långa sträckor utmed båda sidor af Klarälfsdalen. Dess höjd öfver älfven är växlande och åskådliggöres bäst af längdprofilen, fig. 5. På den 80 km. långa sträckan från Edebäck upp till Vingängsjön höjer sig den nutida dalbotten blott 10 meter. Terrassytan lutar något mera, i det att den vid Edebäck ligger c:a 35 och vid Vingängsjön 54 meter öfver älfven. Öfvanför Vingängsjön är förhållandet omvänt. På 30 km. stiger man här 60 meter nere i älfåran, under det att terrassytan har en vida mindre lutning. Dess höjd öfver älfven minskas därför till blott c:a 15 meter. Något högre upp,

vid omkring 230 meters höjd öfver hafvet, torde terrassplanet skäras af älfven. Terrassplanet har sålunda hela vägen en jämn lutning och känner intet af den betydliga förflackning, som älfven nu är underkastad vid Vingängsjön.

Då den stora Klarälfsterrassens byggnad och bildningsätt nu kunna betraktas som definitivt klargjorda, så återfinnas hänvisningar till den internationella diskussionen om terrassproblemet först i samband med frågan om uppkomsten af en terrassartad afsats nere på flodplanet, tills vidare betecknad som »näsafsatsen».

Bäckkäglor. De höga sedimentterrasserna liksom de moränklädda bergslutningarna äro tydligen geografiskt och landskapligt skarpt skilda från Klarälfvens flodplan. Där emot finnas på denna dalbotten vissa aflagringar, hvilka endast mera obetydligt höja sig öfver flodplanstopografien, men som af en närmare undersökning måste betecknas såsom för flodplanet fullkomligt främmande bildningar. De äro att beteckna som en egendomlig form af bäckkäglor (»alluvial fans»).

Det första exemplet på en sådan kägla påträffades 1906 vid Lillebergsgården, tre kilometer norr om Vingängsjön (fig. 7, A). Grusmassans yttre form är här praktfullt regelbunden och jämförelsevis väl bibehållen. Apex eller konens spets ligger intill östra terrassbranten midt för mynningen af en gapande djup bäckdal. Ytan af den blockrika grusmassan sänker sig härifrån först brant, sedan allt flackare åt alla håll utåt dalbotten. I väster afskäres grusplatån af en tvär erosionsbrant. Klarälfven har sannolikt här tagit bort en icke oväsentlig del af konen, så att den nu endast skjuter ut 300 meter i dalen, medan bredden är 600 meter. Hela bildningen är för öfrigt genom erosion på väg att blifva fristående. Den lilla Kvarnbäcken, som kommer ut ur sidoravinen, har fordom böjt mot söder och skurit sig ned mellan gruskonen och den höga sedimentterrassens fot. Nu går den lika tvärt mot norr, skiljande terrass och bäckkon.

Betydande grusaflagringar af analog natur finnas äfven omedelbart nedom den s. k. Vingängsjön, möjligen i viss mån uppdämmande denna (vid älfkröken 1 V å fig. 2). Längre söder ut finnas utmed östra sidan af dalbottnen grusaflagringar vid Likån samt mera betydande grusdeltan vid mynningarna af Femtån och Vårån (5 V, 12 V och 17 V å fig. 2). De båda senare bildningarnas morfologi har studerats något mera ingående (fig. 7, B och C, för Vårån äfven tafla 1).

A. Kvarnbäckens gruskägla. B. Femtåns gruskägla. C. Våråns gruskägla.

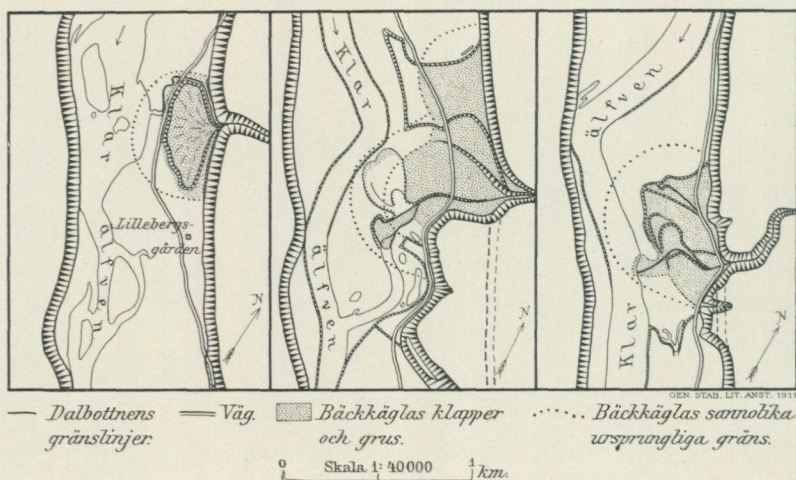


Fig. 7.

Femtån har skurit sig ned till fasta berget och bildar till och med ett vattenfall, innan den når dalbottnen, där ackumulationen tager vid. Af åns eget grusdelta hafva stora delar åter skurits bort, dels i söder af ån själf, dels längst i norr af en numera öfvergifven Klarälfsmeander. Norr ut kvarstår dock ännu en betydande grusplatå, som mot väster öfvergår i en finsandsplatå. Äfven finnas kvar lämningar af ett högt beläget apex. En del af de borteroderade grusmassorna har ån användt till att bygga upp ett framskjutande men föga mäktigt sekundärt grusdelta. Försök hafva gjorts att å kartskissen antyda den ursprungliga formen af Femtåns delta (fig. 7, B). Detta synes hafva utöfvat ett visst

inflytande på förloppet af de båda höga terrassbranterna, som begränsa dalbotten. Vanligen löpa dessa rätlinigt och parallellt, men nedom Femtåns delta, och så att säga i lä af denna anhopning af groft grus, skjuter terrassen fram med ett stort oregelbundet parti. Något liknande kan äfven iakttagas nedom Väråns grusdelta. Man torde därför få taga i öfvervägande, om det kan hafva varit möjligt, att deltanas bildning börjat så tidigt, att deras grusmassor verkligen från början kunnat skydda vissa delar af den högsta terrassytan.

Väråns gruskon har för närvarande en tämligen oskadad och regelbunden form (tafl. 3). Partiet söder om ån sluttar jämnt utåt dalbotten, utan att gränslinjen mot det fina sedimentet topografiskt framträder. I norr antager ackumulationen utpräglad platakarakter och afskäres tvärt af erosionsbranter. Äfven i väster begränsas den af branta afsatser, af hvilka platan med »Kontoret» enligt nivellering höjer sig 14.12 meter öfver älvens sommarlägvatten.¹ Den relativa höjden af norra branten är vid Heden 7.3 meter. Redan dessa höjder på omkring 14 meter öfver älven behärska med ett par meter dalbottnens öfriga topografi kilometervis uppåt och nedåt dalen. Från närheten af Fridhem ser man hur nordsidan af den egenartade grusplatan skjuter ut öfver den flackt undulerande dalbotten (fig. 8).

Hvad som framför allt utmärker denna typ af flata bäckkoner; och icke minst Väråns, är materialets oerhörda groflek. Kornstorleken i Klarälvens sandbankar håller sig under 2 mm., men Väråns delta uppbygges af klapper på 2 till 7 dm.² med spridda block på 1 till 2 meter. Man frågar sig onekligen, om den lilla Värån verkligen har kunnat transportera hit dessa stenmassor, eller om man måste antaga ett kraftigare vattendrag eller någon form af jord-

¹ Närmare bestämdt hänföra sig alla nivelleringar, som utgå från älvens yta, till vattenståndet den 22 juli 1909 klockan 12 midd. Detta datum ligger 5.27 meter under fixkorset i Råbäckssågens sågbord eller 4.53 meter under marken framför sågen (jfr tafla 1).

² ATTERBERGS grofleksgrupper (3) hafva i det följande användts äfven för de finare sedimenten.

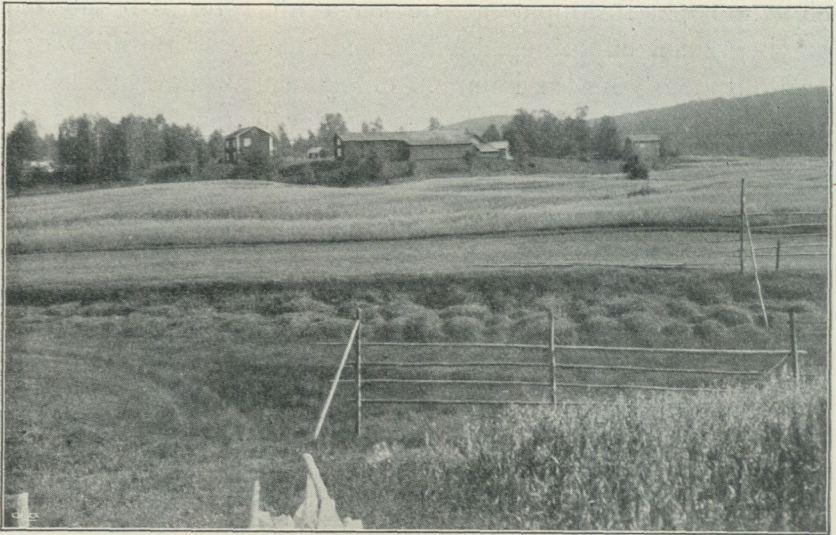


Fig. 8. Vårans grusplatå skjutande ut på dalbotten från vänster (öster).

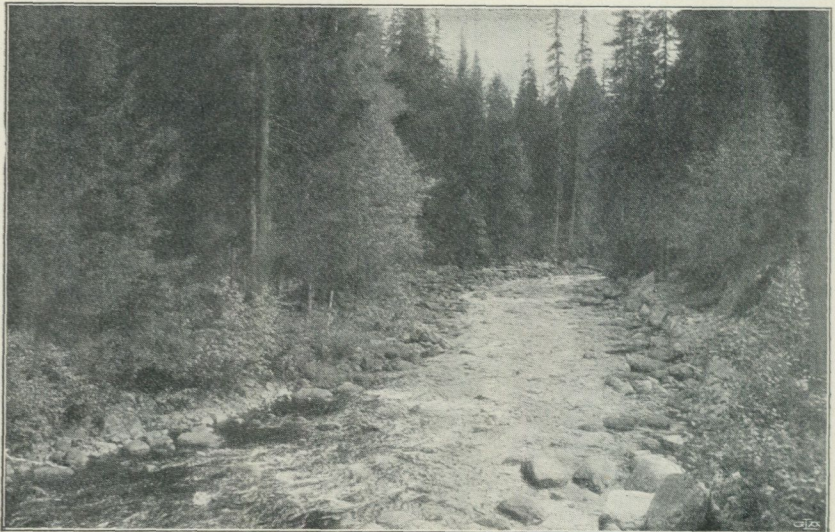


Fig. 9. Vårån i erosionsområdet ofvan grusplatån.

skred. Om bäckägglan norr om Vingängsjön går en sägen, att den skulle härröra från ett fruktansvärdt skred. Man får dock ej fatta sägnen som ett minne af en inträffad händelse,

utan snarare som en geologisk hypotes af befolkningen. Hvad beträffar Våråplatån, synes en närmare undersökning gifva vid handen, att den uppbyggts under den nuvarande åns vårfloder. I erosionsområdet ofvan apex har högvattnet visat sin kraft genom att föra bört från åbädden allt utom de större blocken (fig. 9), och nere på platån finner man regelbundet radierande spår af forna bäcklopp. Den sydligare platåsektorns blockryggar och strömsänkor äro riktade utåt från apex likaväl som två eller tre erosionsdalar på platåns större, nordligare del. Den nuvarande Vårån har skurit sig ned nästan till älfvens nivå och har genom meandrande utskurit ett par cirkeldalar åt norr i platåns grofva material och åter aflagrat något däraf såsom ett långt utskjutande sekundärt delta (tafla 3).

Morfologiskt kan man sålunda med DREW (24 och 31) säga, att Vårån uppbyggt »a double fan», d. v. s. att en ny kon bildats, då den äldre börjat förstöras. Men man måste gå ännu längre för att teoretiskt kunna klargöra bäckkonernas uppkomst i Klarälfsdalen. Då älfven skurit ned den postglaciala jorrdalen till ett visst djup, fingo sidobäckarna tillräckligt fall för att kunna börja aflagring af grusdeltan. Under älfvens meandrande och djuperoderande torde dessa ackumulationer hafva blifvit borteroderade, dock så, att den stora massan af gröfre material ej kunde föras bort af Klarälfven utan blef så att säga nedflyttadt till ett lägre plan. Härigenom blef bäckens fall starkare, mera groft material nedfördes, och gruskonen tillväxte tills den nästa gång blef angripen af erosionsbranter och nedflyttad. Allteftersom jorddalen fördjupas, torde sålunda bäckkäglorna ökas i antal och betydighet.

Deras inflytande på Klarälfvens meandrande är ännu föga märkbart, och man kan här aldrig vänta sig PENCKS slutstadium, där hufvudfloden ringlar sig i pseudoserpentinerna mellan alluvialkoner (64). Däremot måste uppmärksamheten fästas på möjligheten af att en eller annan bäckkon till en tid skulle kunna dämna upp dalen några meter, för

att senare åter blifva genomskuren och nedflyttad. För att belysa denna fråga kvantitativt meddelas här en tabell öfver situationen vid Kvarnbäckens, Femtåns och Våråns bäckkoner.

Bäckkäglor	Dalens bredd i meter	Af dalens bredd lämnas fritt af		
		bäckkäglans nutida rest	b. med se- kundär kägla	hela ur- sprungliga bäckkäglan
Kvarnbäckens	750 m.	450 m.	—	c:a 300 m.
Femtåns	1 000	550	350	c:a 250
Våråns	700	300	150	c:a 100

Flodplanets morfologi.

Benämningarna flodplan, dal och bäcken (90 och 28). Före skildringen af flodplanets egna geografiska former torde här få inskjutas några upplysande definitioner på ett område, där det ofta råder stor begreppsförvirring. Med *flodplan* menas en slätt, som bildats genom en flods erosion och ackumulation. Till det nutida flodplanet räknas flodens öfversvämningssområde samt de slättpartier, som morfologiskt och genetiskt bilda en oafbruten fortsättning af detta. Terrassytor äro ofta rester af äldre flodplan.

Med *dal* menas en långsträckt sänka mellan två branta sluttningar. Den sänka, som Klarälven uteroderat och som i tvärprofil begränsas af flodplanet och 50-metersterrassens sluttningar i öster och väster, är sålunda en däl, likaväl som den vidare och mera afrundade, tektoniskt betingade bergdalen, som Klarälven följer på en så lång sträcka.

Däremot är det alldeles olämpligt att tala om t. ex. Mälardalen, vare sig man tänker på den i söder af förkastningsbranter begränsade Mälarslätten eller på sjöns vattenområde, som bör benämnas Mälarbäckenet. Klarälvens dal

återgifves å fig. 2 samt fig. 4, profilerna; Klarälvens bäcken å fig. 2, bikartan.

Flodplanets bredd och medellutning. Klarälfsdalens flata botten är smal och jämbred. Under hela den långa dalsträckan mellan Vingängsjön och Edebäck är bredden blott omkring 1 km. Närmare bestämdt är medelbredden i Dalby och Norra Ny socknar icke ens 800 m., och blott å den sydligaste tredjedelen, eller sträckan inom Ekshärads socken, vidgar den sig till närmare 1 300 m.

Huru jämbredt flodplanet är, belyses bäst af följande siffror, af hvilka den första angifver bredden i kilometer vid Vingängsjön. De öfriga tvärmåtten följa sedan med två kilometers mellanrum ända till Edebäck. Dalbyloppet: 0.7, 0.9, 0.7, 0.8, 0.7, 0.9, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9, 0.6, 0.7, 0.3, 1.1. Norra Nyloppet: 0.9, 0.8, 0.8, 0.8, 0.7, 0.8, 0.5, 0.7, 0.6, 0.9, 0.6, 0.5. Ekshäradsloppet: 0.5, 0.6, 1.7, 1.5, 1.0, 0.9, 1.1, 1.5, 1.3, 1.7, 1.2, 1.2, 1.0, 1.2, 1.2, 1.7.

På det 78 km. långa trappsteget mellan Vingängsjön och Edebäck sänker sig Klarälven från 144.6 m. öfver hafvets nivå till 134.5 m., sålunda 10.1 m. Häraf framgår, att flodplanets medellutning är 1 : 7 700. Detta, då dess yngsta delar hela vägen tagas i betraktande. Om äfven de högre delarna af det nuvarande flodplanet medtoges, så skulle lutningen blifva något större. Långsammast, eller med blott 1 : 10 300, sänker sig till följd af flodkrökarna själfva älfven. Flodplanets lutning är en produkt af flodens eget arbete och torde äfven i viss mån vara proportionell mot flodsedimentets kornstorlek (20).

Lutningen af flodplanets särskilda näs. I stort sedt bildar Klarälvens flodplan en jämn slätt, öfver hvilken man flerstädes har en god överblick redan från kanten af 50-meterterrassen (fig. 3). En närmare granskning visar dock, att en växling äger rum mellan områden, som ligga nästan i älfvens nivå, och sådana, som höja sig plåtåartadt ett tiotal meter däröfver. Dessa höjdskillnader sammanhänga på det närmaste med älfvens buktande lopp. Den kröker sig zick-

zackartadt från den ena dalsidan till den andra, så att den torra dalbotten blir uppdelad i en serie isolerade flata uddar, af befolkningen kallade *näs* (tafla 1). Hvertannat *näs* är då



Fig. 10. Flodplanets gräns mot terrassbranten. Torpnäs.

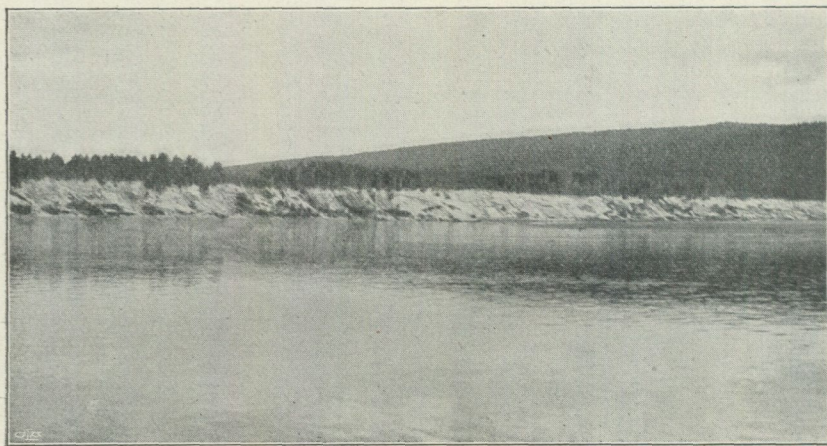


Fig. 11. Erosionsbranten vid Torpnäs' nordsida.

landfast i väster och hvartannat i öster. Nässets form är trekantig. Den längsta sidan stöter intill 50-metersterrassens eller i allmänhet dalsidans fot. Af de båda andra sidorna är den kortaste och något inåtbuktade vänd uppåt dalen,

under det den tredje, utåtbuktade sidan vänder sig snedt utåt och nedåt dalen. Näset är högst i det hörn, som är vänt uppåt dalen och som i allmänhet är utdraget till en långsträckt flik. Härifrån sänker sig ytan småningom utåt den låga sidan af näset snedt nedåt dalen. På andra sidan älfven tager nu nästa näs vid, men ytans lutning är där snedt nedåt och åt motsatt håll, så att näsens stora ytor luta på ett regelbundet sätt i sicksack. Ändringarna i denna strykningsriktning från näs till näs kunna uppgå till bortåt 60° . Näsyornas lutning neddals är blott omkring 1 på 100.¹

Utefter hela de uppåt dalen vända sidorna stupa näsen brant i älfven, ofta med 45° eller lutningen 1 på 1. Rent morfologiskt skulle man sålunda kunna säga, att näsen hafva en brantare nordlig sluttning, som sällan blir mer än 10 meter bred, samt en flackare sydlig, som kan breda ut sig öfver en kilometer. Höjden af nordsidornas branter har nivellerats på talrika ställen, med vattenståndet den 22 juli 1909 som datumplan. De bestämningar, som gjorts inom området för tafl. 1, må här angifvas för att belysa näsens höjdförhållanden i trakten. Inom hvarje näs äro siffrorna ordnade geografiskt från nässnipen i norr och i den följd de nivellerade kantpunkterna ligga utmed den nordliga, branta nässluttningen. Längst i norr å tafl. 1 börjar Baskenäs, där följande höjder uppmätts: 11.9 meter, 10.4, 7.0 och 5.7. Det sista värdet gäller en punkt nära näsets yttersta udde. På västra sidan följer närmast Ändenäs, där båda ändpunkterna af nordbranten höjdmätts och befunnits vara 10.6 och 6.6 m. Å Torpnäsbranten på östra sidan af älfven erhöles värdena 10.9, 10.6, 8.6, 10.2 och 8.9 m. Det följande västnäset är Ljusnäs. Det är något lägre än de föregående, till och med på dess nordflik erhöles blott 8.9, 8.1 och 6.9 m.

¹ Detta hufvuddrag i flodplanets morfologi framträder kanske mest slående vid näsens skuggning med olika toner af en färg. Härvid må hänvisas till ett försök af förf. att på en plansch i skalan 1:20 000 framställa flodplanets 42 näs enligt denna metod. En kopia häraf finnes å Stockholms Högskola.

Kartans sydligaste flodplansparti, Värnäs, är också lågt: 9.3, 8.5, 6.4, 6.8 och 5.8 meter. Siffrorna äro här afrundade till decimeter, ehuru noggrannheten vid mätningarna i allmänhet torde närma sig 1 cm.

Dessa avvägningar visa, liksom andra iakttagelser inom och utom kartans område, att de högsta punkterna på näsen öfverallt närma sig 11 meter, hvilket på en lång sträcka tyckes vara flodplanets maximihöjd öfver älvens sommarlägvatten. Endast vid Ambjörby (utom kartans område) har en brant anträffats, där några punkter nå 12 meter.

Vidare aftaga höjderna i stort sedt regelbundet från näsets nordflik, då man följer den nordliga branten utåt dalen, liksom å näsets yta från norr mot söder. De avvägda höjderna kunna tjäna som ett antal exakta stödpunkter vid bedömandet af flodplanets höjdförhållanden, särskildt dess nutida maximihöjd. Däremot visa de ej några mera vackert lagbundna lutningar. De äro nämligen påverkade af vissa oregelbundenheter, som utmärka näsens i stort sedt så jämna ytor.

Älfvallar och älflaguner. En närmare undersökning af näsens ytor visar snart, att de hafva en säregen detaljtopografi. Äfven på odlad jord, såsom å fig. 12, kan man lätt urskilja, huru markytan på ett karakteristiskt sätt är krusad eller snarare vågig. Trots vågornas flackhet och den i allmänhet mycket obetydliga höjdskillnaden mellan vågdal och vågberg, måste denna vågighet betecknas som den förhärskande ytformen på Klarälvens flodplan. Den ger kort sagt hela dalbotten ett randigt utseende.

För ett rätt förstående af flodplanets företeelser visade det sig snart nödvändigt att i detalj studera älfvallsvågorna. Det gällde att finna en objektiv och så vidt möjligt exakt metod för uppmätande och kartläggande af dessa mjuka, stundom förtonande eller i hvarandra uppgående terrängformer. Härvid hafva två förfaringssätt pröfvats.

Sommaren 1906 gingo arbetena ut på att belysa älfvallstopografien medelst nivelleringar och höjdkurveläggning.

Fig. 4 återgifver de funna 5-meterskurvorna, räknadt öfver sommarlågvattnet.¹ Af denna karta framgår, hur den nedre tredjedelen af Ändenäs i stort sedt ligger under 5-meterskurvan. Denna kurva har för öfrigt ett ganska inveckladt lopp. Upprepade gånger går den fram och tillbaka, antydande älfvallarna genom långa, smala och jämbreda utbuktningar eller kurvöar. Emellertid är det endast vissa älfvallssträckor, som på detta sätt komma till synes på kartan. Många vallar förblifva alldeles obetecknade. Detta gäller särskildt om den mellersta delen af näset, som ligger öfver 5-meterskurvan. Först nära näsets nordbrant finna vi åter den vågande valltopografien, tack vare 10-meterskurvan, som här bildar några uddar och fem djärft formade kurvöar. Ännu vackrare framträda älfvallarna genom 10-meterskurvan å norra delen af Torpnäs (fig. 4).

Af nivelleringarna kan man få en ungefärlig föreställning om de höjdskillnader, som förekomma å vågmarken. Vallar om endast 1 å 2 dm. höjd kunna betecknas som mycket svaga. Nå de 0.5 meter, torde de fortfarande få anses som svaga, om de icke samtidigt äro mycket smala. En normal, väl utvecklad vall höjer sig omkring 1.0 meter öfver omgifvande sänkor. Höjdskillnaden är ofta större, 2.0 å 3.0 meter, särskildt å näsens sydligare, lägre delar. De väldigaste vallarna närma sig men nå aldrig 5.0 meters höjd. Saken kan i någon mån belysas af följande på måfå valda siffror ur nivelleringsprotokollen. Några höjdskillnader mellan vall och sänka å södra Ändenäs: 3.7 m., 0.7, 0.5, 0.9, 0.7, 0.1, 1.2, 1.4, 2.4, 0.6, 1.3, 1.2, 1.1, 1.7; 4.1, 0.3, 0.7, 1.2, 1.1, 1.2, 0.9, 0.6, 0.7, 1.5, 1.2, 0.9, 1.1; 4.7, 0.7, 1.7, 1.4, 1.9, 0.7, 1.2, 1.3, 1.9, 0.8; 4.7, 0.6, 1.6; 4.3, 1.0, 2.3; å norra Ändenäs: 1.7 m., 1.8, 0.7, 1.1, 1.1, 0.9, 1.5, 1.3, 2.1, 3.2, 2.0, 0.5; å södra Baskenäs: 2.5 m., 2.0, 1.3, 1.0, 1.2, 1.7, 0.9, 3.6; 2.9, 1.7, 1.5, 2.1; å norra Torpnäs: 0.8 m., 0.4, 1.0, 1.2; 1.3, 0.4, 1.3, 2.3.

¹ Närmare bestämdt öfver ett datumplan, som låg något (c:a 0.25 m.) högre än 1909 och 1910 års datumplan, eller c:a 5.00 m. under fixkorset i Råbäckssågens sågbord.

Den bifogade höjdkurvekartan (fig. 4) visar med sina 5-meterskurvor flodplanets svaga sicksack-lutning och allmänna flackhet i motsats till dalsidornas lutningar, men som nämnts, skulle det fordras mycket täta kurvor, åtminstone 1-meters, för att återgifva alla älfvallar. Men härvid skulle klarheten och öfverskådligheten gå förlorade, utan att ändå hvarje särskild älfvall blefve tillräckligt tydligt fastställd. Det har visat sig, att älfvallarnas höjd är ganska variabel och af mindre intresse. I stället är det en hufvuduppgift å ett flodplan af Klarälfstypen att exakt fastställa deras förlopp, antal, krönens läge och afstånd från närliggande vallars krön.

Sommaren 1909 återupptogs arbetet med älfvallarnas detaljkartläggning efter dessa nya synpunkter. Samtliga val-lar inlades å stomkartor, som utarbetats på grundvalen af landtmätarkartor i skalan 1 : 4 000. Härvid fastställdes val-larnas läge samt afstånden från krön till krön, där så var be-höfligt (eller närmare bestämdt på 673 punkter) genom direkt uppmätning medelst en 2 meters mätstake. För öf-rigt må hänvisas till »Upplysningar till taflorna». Älfvalls-undersökningen föreligger nu komplett för en sträcka af flodplanet, omfattande fem näs. Resultatet återfinnes å tafl. 1, för reproduktionen minskad till skalan 1 : 8 000.

Älfvallarna visade sig å hvarje näs löpa konformt med den låga, utåtbuktande nedre stranden. Då de närma sig dalsidan, böja de sig något neddals. På näsens lägre delar smyga de sig ibland utmed terrassfoten och få sålunda en svagt S-formig böjning. På de nordligare näspartierna är det vanligare, att älfvallarna stöta tämligen tvärt mot dal-branten. I den yttre ändan afskäras vallarna tvärt af näsens nordbranter.

Före detaljkartläggningen föreföll det som om älfvallarna icke skulle kunna följas i ett sammanhang, utan som vore de mer eller mindre inflätade i hvarandra och alternerande, ungefär som hafsvågornas ryggar. Förhållandena visade sig dock vara förvånande enkla och regelbundna. Hopsvetsnin-

gar äro visserligen vanliga, men hafva nästan undantagslöst samma karaktär. Två vallar gå parallellt från dalsidan utåt

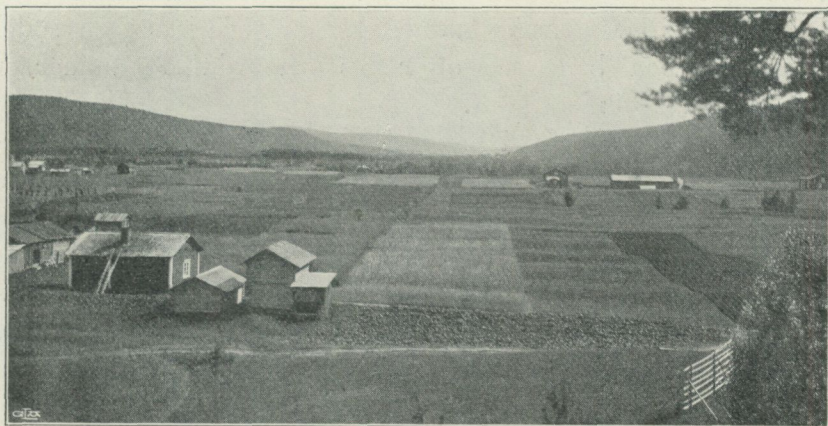


Fig. 12. Vågig älfvallsmark. Ändenäs från norr.

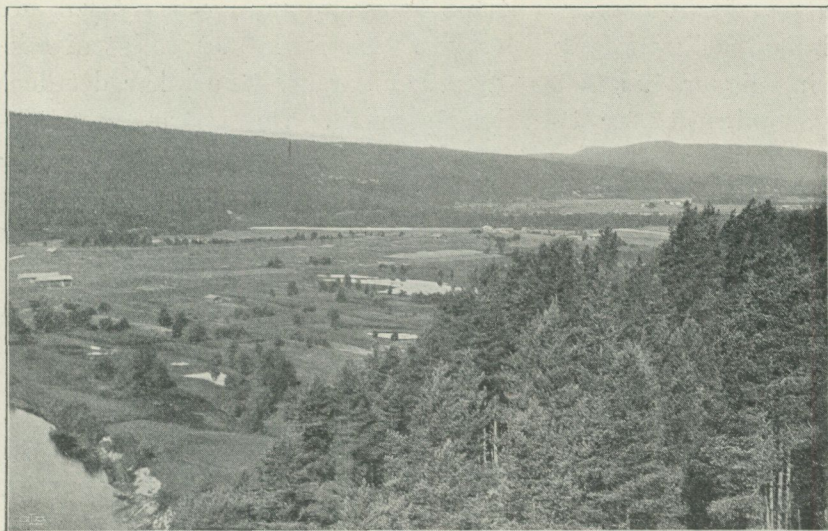


Fig. 13. Älfvallar och laguner å Baskenäs, sedda från 50-meterterrassen ofvan serpentinen 16 ö.

dalen. Den yttre (nedre) närmar sig slutligen sin nordliga granne, bildar med denna en dubbelrygg, blir själf svag och försvinner på den andras utsida. På detta sätt kunna ofta

åtskilliga vallar förena sig. Mest uppdelade i elementär-ryggar finner man dem nära dalsidorna. Deras antal och förlopp i detalj kan lättast studeras å kartan, tafl. 1. De särskilda vallarna hafva numrerats å hvarje näs från söder mot norr och benämnas efter näs och ordningsnummer, t. ex. Baskenäs 39:de älfvall.

Å *Baskenäs* hafva 70 älfvallar urskilts. De äro mest markerade å näsets lägre delar, särskildt längst i söder och nära dalsidan. Inom detta lägre område finner man lagunartade sjöar i åtskilliga af de smala sänkor, som gå mellan älfvallarna. Sålunda afdämmer den förenade 1:a och 2:a vallen en 180 meter lång och blott 10 meter bred sjö. Innanför 3:e vallen ligger dels en mindre sjö, 40 m. lång, dels en dubbellagun, 135 m. lång, som når innanför 4:e vallen och därigenom blir jämförelsevis bred, 20 m. Den 8:e vallen är högst inom detta område och har därför påbyggt något, för att under vårfloderna tjäna som fördämning och skydd för innanför liggande ängsmarker. Ehuru krönet enligt nivellevring ligger 4.53 meter öfver sommarlågvattnet¹, har det dock genombrutits för åtskilliga år sedan. De instörtande vattenmassorna urholkade då en djup sjöhåla af 20 meters genomskärning. Detta lilla bäcken ligger just där den afbrutna älfvallen gick fram och skiljer sig skarpt från de närliggande älfvallssänkornas laguner. Tre sådana, om resp. 25, 10 och 60 meters längd, ligga i dubbelsänkan mellan 11:e och 13:e vallen. Den östligastes vattenyta låg i slutet af juli 1906 1.5 m. högre än älfvens. Afståndet till älfstranden är 110 meter. Om man följer dessa sydligare älfvallar under deras böjning utåt och uppåt dalen, så finner man, att den 1:a till och med den 6:e sammansmälta med hvarandra, den 7:e försvinner, den stora, dammkrönta 8:e vallen blir obetydlig. Den når dock jämte 10:e vallen fram till näsets nordbrant. Några andra förtona, men i stället växer 13:e vallen. Dess

¹ Datumplan = vattenståndet den 22 juli 1909 kl. 12⁰⁰ (jfr anm., sida 23).

yttre sluttning blir på en sträcka så betydande, att den å kartan betecknats som en särskild afsats. Förflytta vi oss åter intill dalsidan, träffas där flera lagunsjöar, en på 65 m. mellan 13:e och 14:e vallen; i nästa sänka en på 110 m. och i den därpå följande två på resp. 40 och 100 m. Den näst sista af dessa är en öfvergångsform till dubbel-lagun, och den sista står i förbindelse med en ganska komplicerad eller femdubbel lagun, 210 m. lång och 70 m. bred. Fig. 13 visar yttre delen af detta vall- och lagunområde i augusti 1909. Norr om den stora lagunen stryker den dominerande 23:e älfvallen, hvars fylliga rundning emellertid krymper till en obetydlighet strax väster om lagunzonen. Mellan 24:e och 25:e vallen är ännu en 150-meters lagun, den sista

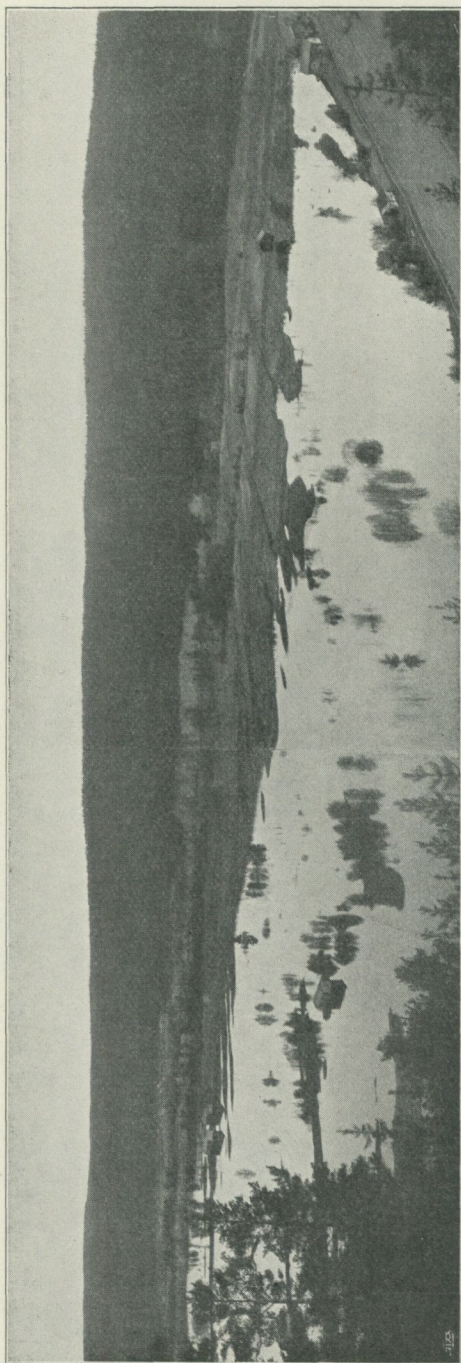


Fig. 14. Lagunzonen å Baskenäs under vårfloden den 18 maj 1910 (från östra dalsidan).

af oomtvistlig lagunform. Sedan följa åtskilliga älfvallar, af hvilka den 25:e sväller lokalt på en sträcka ungefär i jämbredd med lagunernas väständer, under det att den 28:e och den 39:e bli allt mera framträdande ända tills de afskåras af nordbranten. 39:e vallen är särdeles ståtlig. Å fig. 17 ser man borta vid nordbranten dess dominerande rundning afteckna sig mot älfven. Vallarna 35 till 42 äro i öster inom lagunzonen afbrutna af ett par sjöar, som icke äro af den vanliga laguntypen. Den större af dem är hästskoformigt böjd och förefaller, egendomligt nog, att vara en liten meandersjö (fig. 17). Vi äro nu framme vid den nedan omnämnda näsafsatsen, från hvilken vallarna 43 till 48 utgå mot väster under spetsiga vinklar.

Baskenäs högre, nordliga parti är så jämnt, att man öfvertvårar endast 6 urskiljbara, ytterst flacka älfvallar på en sträcka af 250 meter. Möjligen äro här ett antal älfvallar alldeles utplånade. På näsfliken längst i norr möta åter femton vallar, hvaraf den 60:e har den kraftigaste rundningen. Den 70:e och sista vallen ligger nära näsets yttersta nordände.

Af *Björkenäs* har den sydliga hälften undersökts intill roten af den 25:e älfvallen. De fem första älfvallarna hafva ännu ej, såsom å Baskenäs, svetsats ihop med dalsidan utan sluta fritt som uddar. Mellan de kraftigt utbildade 2:a och 4:e vallarna ligger en 110 m. lång dubbellagun. Den vik af Klarälfven, som når in mellan 4:e och 6:e vallen, är i själfva verket en den vackraste 160-meters dubbellagun. För öfrigt står den i förbindelse med en liten 40-meterslagun innanför den 6:e. Denna vall är särdeles präktigt formad och brantare på yttre sidan. Det är en vanlig företeelse hos de vackraste vallarna i söder på näsen, att sydsidan är brant eller liksom tillskärpt, dock endast nära dalsidan.¹ Längre upp i Klarälfsdalen träffas ett mycket vackert exempel härpå. Å näset 2 v förekommer nämligen en hel serie manshögä älf-

¹ Denna erosionsföreteelse förklaras i afdelningen om älfvens urholkande erosion.

vallar, som äro tillskärpta från söder till en nästan trekantig tvärprofil (fig. 2, bikartan öfverst t. h.). Det sydliga Björkenäs högsta vall, den 7:e, är förstärkt med en konstbyggd damm liksom 8:e vällen å Baskenäs. Björkenäsdammen är emellertid något högre, eller 4.98 m. öfver vattenståndet den 22 juli 1909. Äfven i sin fortsättning är 7:e Björkenäsvallen så framträdande, att den å tafla 1 måst framhållas med afsatsbeteckning. Dess fortsättning kan således närmast jämföras med 13:e Baskenäsvallen. De därpå följande Björkenäsvallarna äro tämligen likartade. Den 16:e är störst. Laguner finnas innanför denna (65 och 10 m. långa) samt innanför 11:e vällen (90 m. lång).

Björkenäs lagunzon, eller det lägre området närmast västra dalsidan, karakteriseras väl genom den å tafl. 1 utsatta gränslinjen för ängsmark. Trots de fåtaligare sjöarna, är den geografiska likheten med Baskenäs lagunzon påfallande. En bäck, som kommer ned från dalsidan, böjer mot söder å Björkenäs och håller sig troget inom lagunzonen. Dess naturliga fåra har arbetat sig fram genom älfvallsmarker under ett par stora bågar, hvilka inom parentes sagdt hafva intet gemensamt med meanderbågar. Alla bäckar å Klarälfsdalens näs äro af denna typ. Genom en trumma och för öfrigt äfven en bresch i 7:e vällen når bäcken de yttre lagunerna och älfven.

Ändenäs är det nedom Baskenäs följande västnåset. Det genomdrages af 56 älfvallsvågor. Den 1:a slutar som en fri udde. Tvåan genombrutes af en bäck, men innesluter eljest en 170-meters lagun. Den 4:e vällen är mycket stor (höjden nära 4 meter) och motsvarar synbarligen Baskenäs 8:e och 13:e samt Björkenäs 7:e. Dess yttre sluttning har å tafl. 1 i hela sin längd förstärkts genom afsatsbeteckning. Framåt nordbranten divergera två älfvallar på den lägre sidan från afsatsen, som nu själf tyckes förlora sin älfvallsnatur. Till 4:e vällen ansluter sig från inre, d. v. s. högra sidan, den ena efter den andra af vallarna 5 till och med 22, af hvilka dock sex stycken redan förenat sig parvis. 23:e och

24:e vallen nå själfständigt nordbranten och därpå följer en afsats, motsvarande näsafsatsen ofvan 48:e BaskenäsvalLEN. Intill 24:e vallen sträcker sig också Ändenäs särdeles typiskt utpräglade lagunzon. Lagunerna äro: innanför 5:e vallen en om 15 m., inom 6:e en om 40 och en nästan rund om 30 m., inom 7:e en om 30 m., inom 10:e en om 50 m., inom 12:e en stor dubbellagun om 140 m. och 20 m. bred, inom 14:e en om 40 m., inom 15:e en om 80 m., inom 16:e en om 10 m., och slutligen inom den stora 21:a vallen två laguner om resp. 65 och 20 m.

En liten bäck kommer ned från västra dalsidan, har skurit ut två bäckdalar i näsafsatsen och följer sedan sänkan innanför den betydliga 21:a vallen. Såsom en äkta näsbäck gör den emellertid en tvär böjning och följer lagunzonens lutning och mittlinje under buktningar sökande sig öfver älfvallarna. 4:e vallen genomskäres af en riktig liten erosionsdal, hvarpå bäcken vid 2-vallslagunen mynnar i älfven. Enligt nivellering i slutet af juli 1906 låg ytan af 21-vallslagunen 3.6 m. öfver älfytan, 14-vallslagunen 2.9 och 12-vallslagunen 2.6 meter.

Ofvan näsafsatsen följer ett bälte af synnerligen regelbundet löpande vallar. De flesta nå nordbranten. Efter att hafva beskrifvit en jämn båge konformt med näsafsatsen, stöta de med andra ändan tämligen vinkelrätt och oförmedladt mot dalsidan. 39:e till och med 44:e vallarna göra en ganska oregelbunden inböjning mot norr omkring 200 meter från dalsidan. De nordliga vallarna ligga glest och äro tämligen flacka men dock tydliga, några med starkt framträdande hvälfning. Den 45:e och 46:e förena sig till en mäktig vall framåt nordkanten. Åt andra hållet, närmare dalsidan, ligger mellan dem en tidvis uttorkad 70-meters lagun. Det är det enda kända exemplet på en lagun å de högre delarna af ett näs. 48:e vallen ansluter sig i båda ändarna till den 49:e. Ståtligast är hvälfningen af den 55:e. Den 56:e och sista kan snarare betecknas som en afsats, bildande ett litet trekantigt terrassplan i själfva nordändan af näset. Ände-

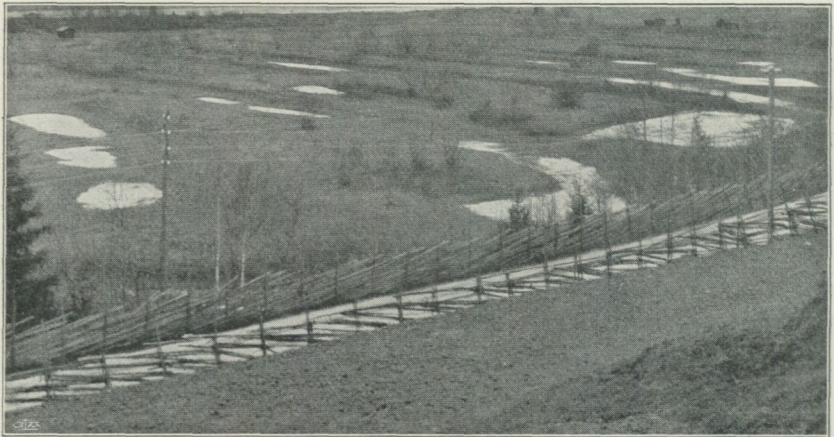
näs nordliga vallar synas å fig. 12; de nordliga och de sydliga å höjdkurvekartan, fig. 4.

Torpnäs har 59 älfvallar, sålunda ungefär samma antal som det snedt emot liggande *Ändenäs*. I betraktande af näsets större längd, betyder emellertid detta, att vallarna å *Torpnäs* ligga åtskilligt glesare. I öfrigt äro de liksom hela näset af typisk Klarälfskonfiguration. Endast i två afseenden skiljer sig *Torpnäs* mera väsentligt från de andra näsen. Dels är lagunzonen påfallande svagt utvecklad, och dels framgår en egendomlig sänka utmed östra dalsidan afbrytande älfvallarna, så att de ej nå fram till denna. Sänkan föreföll först ganska svårtolkad. Enklast hade varit att betrakta den som en ung bäckdal. Den sluttar från »*Åsen*» tämligen starkt nedåt älfven i nordväst men innehåller icke ens något periodiskt vattendrag. På den långa sträckan från *Åsen* och åt söder till »*Tomten*» skulle man snarare vänta en svag lutning åt andra hållet. I själfva verket har dalens botten ingen bestämd, sammanhängande lutning alls, den buktar upp och ned, bildande olika formade sänkor och trösklar. En bäck kan icke hafva haft något med en sådan dalbotten att göra. Efter denna första orientering syntes en annan förklaring af sänkans natur tänkbar. Just där den framgår utmed dalsidan, hafva Klarälfvens djupaste hålor en gång urholkat och sedermera till största delen åter ifyllt ett djupt spår af sin nedan påvisade förskjutning mot söder. Kanske beror den ytliga sänkan på ett eller annat sätt af denna geologiska dal, som enligt den följande utredningen (fig. 44) bevisligen finnes därunder. Det oklara i denna fråga försvann fullständigt genom de noggrannare iakttagelser, som framtvingades af den detaljerade kartläggningen. Å sänkans västra sida kunde otvetydiga bäckmeandrar konstateras mellan *Åsen* och *Soldattorpet* samt mellan 39:e och 35:e älfvallen. Härmed var klart, att en bäck faktiskt måste hafva funnits i sänkan. Dess västra begränsning var för öfrigt en tydlig erosionsbrant, facetterad genom erosion af meandrar med kort radie (c:a 30 meter). Västaftsat-

sens relativa höjd befanns vara vid Åsen 1.9 m., vid Soldat-
torpet 2.9 m., vid ändan af 43:e älfvallen 5.0 m., vid 39:e



Fig. 15. Älfvall å sydligaste Torpnäs under vårloden, den 18 maj 1910.



Emil Lundborg foto.

Fig. 16. Älfvallar och laguner å näset 3 V.

vallen 4.0 m. På östra sidan var afsatsen invid Gertrudstugan 4.7 m. Söder om Åsen försvåras öfversikten öfver sän-

kans östra sida genom vegetation, gärdesgård och landsväg. På moränslutningen öster om vägen ligga ännu kvar rester af 50-metersterrassens mjälsand. Detta fina material råkar vid genomblötning lätt i flytning, och här pågår också ravinbildning af Säterstypen (jfr beskr. till tafl. 5). Det är terrassresternas mjäla, som runnit ut i bäckdalen som en serie flacka alluvialkoner och förstört dess jämna lutning. Sänkans lägsta punkter äro af detta östliga konsystem tryckta tätt intill den ännu uppstickande västkanten af det sandöfversvämmade f. d. bäckmeanderplanet. Den bäck, som utskurit sänkan, är tydligen ingen mindre än den kraftiga Råbäcken, som nu utfaller i Klarälven 280 m. ofvan det ställe, där dess gamla dal nu afskäres af älven. Bäckens har på sin tid gått rätt ut på nu bortskuren dalbotten (Torpnäs) och därpå liksom andra näsbäckar böjt tvärt mot söder. Vi se ännu dess facetter strax intill skolhuset. Den följde sedan sänkan förbi Åsen. Denna del af dalen har blifvit så fylld af flytmjäla från den stora, tregrenade Sättersravinen i terrassen öster om Åsen (fig. 4), att den faktiskt fått bottenlutningen omkastad. Följer man den forna Råbäcksdalen mot söder, så ser man, hur den skär igenom lagunområdets älfvallar och torrlägger lagunzonen, på senare tider understödd genom konstgjord gräfning. Det torde sålunda icke vara en tillfällighet, att lagunzonen i det närmaste saknas just på Torpnäs, som ända till jämförelsevis sen tid haft en verkligt kraftig näsbäck.

Af Torpnäs älfvallar äro 1 och 2 väl utvecklade. Därpå följer en bred sänka med blott två obetydliga lagunrester af resp. 20 och 10 meters längd. Den 3:e vallen är med sin mäktiga rundning särskildt imponerande. Väster om Råbäcksdiket blir den på en sträcka dubbelkrönig och visar sig sålunda vara sammansatt af åtminstone två elementarvallar. Mellan 3:e och 5:e vallen är åter en bred sänka, som nog rätteligen borde inrymma en större dubbellagun. Af de följande älfvallarna äro flera föga ihållande, och de blifva ganska svaga längre utåt näset. Endast den 9:e förtjänar omnäm-

nas. Den sammanfaller för öfrigt i nästan hela sin längd med ängsmarkens gränslinje. Torpnäs 3:e och 9:e vallar kunna i viss mån jämföras med den 4:e å Ändenäs, den 8:e och 13:e å Baskenäs och den 7:e å Björkenäs.

Liksom å de föregående näsen finnes å Torpnäs en utpräglad afsats, löpande konformt med älfvallarna. På ett ställe finnes tätt intill afsatsens fot och innanför 15:e älfvallen en tämligen djup håla med en 30 meter lång, lagunartad sjö. Å planet ofvan afsatsen ansluta sig till denna vallarna 17 och 18, af hvilka den senare blir särskildt stor utåt näsets nordbrant. De följande älfvallarna äro knippevis underkastade vissa variationer i anseende till sin riktning. Så till exempel kan man iakttaga ett sammanlöpande mot väster af vallarna närmast norr om n:r 27. De största vallarna äro, utom den redan nämnda 18:e, den 23:e med Västra Torps smedja, vidare den 27:e, 35:e, 39:e samt den 47:e med Soldattorpet. Den nordligaste skönjbara är den flacka 59:e.

Ljusnäs är det längsta af näsen, från norr till söder räknadt. Älfvallarna ligga glest, och undersökningen har fixerat deras antal till blott 66 stycken. Tätast äro de söderut inom den väl utvecklade lagunzonen. De större lagunerna sammanhänga inbördes och med älfven. Detta gäller den 120 m. långa dubbellagunen mellan 1:a och 3:e vallen, 90-meterslagunen innanför den 3:e och dubbellagunen på 140 m. mellan 4:e och 6:e vallen. Mindre lagunbäddar, 10, 15, 30 och 60 meter långa, finnas inom resp. 6:e, 11:e och 14:e älfvallarna. Den ståtligaste af vallarna är den förenade 1:a och 3:e. Äfven den 6:e och den 8:e äro stora, åtminstone nära dalsidan. De 15 första vallarna sammanlöpa solfjäderformigt till en afsats, som följes nära älfstranden ända till näsets spets. Denna linje liknar i hög grad 4:e vallafsatsen å Ändenäs. Man återfinner äfven i närheten af näsets spets den lägre plattform, som karakteriserar det yttersta partiet af Ändenäs.

Näsafsatsen är å Ljusnäs utbildad endast närmare dalsidan, där den uppbär den 16:e älfvallen. En mindre afsats är märkbar äfven utmed 26:e vallen. Eljest gäller om Ljusnäs ofvan 16:e vallen, att vågmarken är jämn och genomdragen af breda och flacka ryggar. Vid kartläggandet af de enskilda vallarna har å Ljusnäs ett godt stöd erhållits genom ovanligt rikliga konturer å 1889 års landtmätarkarta. Vallarna hafva ett visst ledigt, något buktande lopp. Några visa tendens att sammanlöpa utåt, men i stort sedt äro de regelbundna som på de andra näsen, gå parallellt och med märkvärdigt jämna mellanrum, från krön till krön räknadt. Vallarna 16 till 40 smyga sig intill afsatsen i öster längs älfven, under det de nordliga från 41 till 66 afskäras af nordbranten.

Några småbäckar komma ned på ytan af Ljusnäs, en vid ändan af 37:e vallen och en vid den 20:e. Båda böja på det vanliga sättet mot söder. Den första hålles af en konstdamm tätt intill dalsidans fot, tills de båda i förening skära genom näsafsatsen i en liten erosionsdal, hvarpå de söka sig fram till lagunkomplexet och älfven. Uppe vid den 53:e älfvallen är den något större Spånbacken med konst ledd till nordbranten, där den skurit ut en jämförelsevis stor ravin. Fordom måste den som andra näsbäckar gått söder ut och antagligen genomskurit näsafsatsen vid 16:e vallen i den för de sydliga småbäckarna väl rymliga erosionsdalen. För öfrigt har Spånbacken icke lämnat några tydligare spår efter sig söderut. Den är ju också ojämförligt mindre än Torpnäs Råbäck.

Älfvallsundersökningen omfattar äfven *Värnäs*, ehuru förhållandena här blifvit störande påverkade af Väråns stora gruskon. I detta fall torde måhända äfven afvikelserna vara af intresse, då ju sådana gruskoner äro karakteristiska för Klarälfsdalen. Älfvallarna äro ännu glesare än å Ljusnäs. Deras antal uppgår till endast 30. Vallarnas förlopp är icke konvext mot näsets lägre sida, såsom ju alltid är fallet på normala näs. I stället äro de första sju vallarna rätliniga i

likhet med älfstranden och de därpå följande rent af konkava. Redan den 4:e vallen börjar blifva inåtbuktad i norra ändan, och från den 8:e är den regelbundna konkaviteten särdeles iögonenfallande, åtminstone upp till 17:e vallen. Så godt som alla vallar äro klara och tydliga och näsets randning mycket enkel. Ingen lagunzon eller lagun finnes. Utmed näsets lägre strand går icke, såsom vanligen är fallet, en större vall utan i stället två à tre lägre, tätt sammanpackade. Delar af 5:e och 6:e vallarna hafva förstärkts med konstdammar af 6.1 m. höjd öfver älfytan den 22 juli 1909. De skydda det lägre område väster om Våråkonens spets och 8:e vallen, där man närmast skulle vänta en lagunzon.

8:e till och med 13:e vallarna stöta tämligen vinkelrätt mot Våråkonens 7.3 m. höga norra brant. Denna har för öfrigt två konkaviteter, som tyckas stå i ett visst genetiskt samband med ett par meanderfåror på näsets yta. Meanderbågarnas förhållande till älfvallarna förefaller i vissa afseenden svårförklarligt. Meanderradien tyckes vara af Våråns storhetsordning.

På Våråns gruskon och å sandslätten närmast söder där-om förekomma inga älfvallar. Inom området för det grofva materialet äro de härskande ytformerna plana platåytor och radierande erosionsdalar och strömfåror. Cirklade meanderbranter förekomma utmed det djupast nedskurna, nutida Våråloppet. Längst i söder å tafl. 1 synas spår af gamla Våråbäddar, som skurit sig in i den näsyta, som sedan fortsätter neddals till nästa älfkrök. Å dess nordligaste flik möta åter ett par korta men kraftiga ryggar af älfvalls-habitus.

Statistisk öfversikt af vallar och laguner. Den bästa öfversikten af hela mängden af älfvallar erhålles af kartan, tafl. 1. Emellertid kan den lämpligen kompletteras med motstående sammanställning uttryckt i siffror.

Näsens namn.	Näset i N—S	Antal vallar	Medelvallafståndet
Björkenäs (södra hälften)	430 m.	25	— ¹
Baskenäs	1 060	70	15.1 m.
Ändenäs	920	56	18.2
Torpnäs	1 280	59	21.7
Ljusnäs	1 500	66	23.5
Värnäs	960	30	32.0
5 ¹ / ₂ näs	—	306	20.1 m.

Tabellens andra kolumn uttrycker näsets längd utefter en linje, som börjar vid näsets nordligaste punkt och sedan öfvertvårar älfvallarna på omkring hundra meters afstånd från dalsidan. Det har befunnits rättast, att ej medräkna näsets eventuella lilla sydfflik, utan bör linjen sluta vid den punkt, där älfvens 2-meters djupkurva kommer närmast intill näsets sydstrand. Mätningen visar, att inom denna serie af älfkrökar näsens bredd ökas tämligen regelbundet från 1,000 m. å Baskenäs i norr till 1,500 m. å Ljusnäs i söder. Ändenäs är blott skenbart afvikande. Tillägges dess nordliga del, som är ett utskjutande hörn af 28-meterterrassen, så når bredden upp till c:a 1,100 m. och passar med andra ord förvånande väl i serien.

Älfvallarnas antal per näs framställes i den tredje tabellkolumnen. Det varierar mellan 30 och 70 per helt näs.

Genom division af näsens bredd i norr till söder med resp. antal vallar erhålles medelafståndet från vallkrön till vallkrön å hvarje näs. Dessa medelvallafstånd äro införda i tabellens fjärde kolumn och visa hela vägen från och med Björkenäs till och med Värnäs en stark och regelbunden ökning. Med andra ord: *då näsen äro korta, ligga vallarna tätt*. Längre söder ut på de mera utdragna näsen är också afståndet mellan älfvallarna vidare. På de 5¹/₂ undersökta näsen hafva inalles 306 älfvallar kartlagts. I medeltal ligga

¹ Värdet är betydligt mindre än 17.2 m.

de på 20.1 meters afstånd från hvarandra, räknadt utmed de nämnda linjerna tämligen nära dalsidorna.

Förhållandet mellan detta medelvallafstånd af 20 meter och älfvens dimensioner i öfrigt torde vara särdeles väl ägnadt att belysa älfvallarnas natur å Klarälfvens flodplan.

Att döma af iakttagelser i naturen och studier af olika länders specialkartor, tyckas älfvallar eller vågighet af ett eller annat slag utmärka många, kanske de flesta flodplans ytor.¹ I den geografiska litteraturen har emellertid ej mycken uppmärksamhet ägnats flodplanens detaljmorfologi. Trots ifriga efterforskningar har ej påträffats någon författare, som beskrifvit eller ens omnämnt vallar af Klarälfstypen.

Genetiskt analoga bildningar hafva undersökts af N. M. FENNEMAN å Mississippis lägre sida vid St. Louis (28). Af hans karta framgår, att Mississippivallarna äro af en helt annan morfologisk typ än Klarälfvens. Deras närmare natur tyckes ej vara fullt klargjord. FENNEMAN framhåller, att flodplanet icke har någon bestämd lutning mot eller från floden. »Planets flathet afbrytes (vidare) af låga och raka trösklar med mellanliggande grunda sänkor. De sålunda bildade höjdskillnaderna uppgå till 1 1/2 å 3 meter (5 å 10 feet). Bredden af dessa vågigheter varierar mellan cirka ett par hundra meter och en kilometer (one-tenth to half a mile)». Både ryggar och sänkor kunna öfversvämmas. Mississippis bredd sydost om St. Louis är 500 till 800 meter, Klarälfvens vid Ändenäs 70 till 200 meter. Sålunda äro Mississippis älfvallar äfven relativt mycket bredare än Klarälfvens och skulle möjligen kunna betecknas som *älfvallsplattor*.

En ännu flatare älfvallstyp är känd under namnet *levées* från åtskilliga stora floder, bland annat från Mississippis nedre lopp (50 och 18). Det karakteristiska för dem är att man har att göra med endast en enkel vall, tvärbrant mot floden och ytterst långsluttande åt andra sidan. Bredden

¹ Jfr de topograf. kartorna öfver vissa delar af Elbe i Tyskland och Theiss i Ungern.

vid basen är ofta 5 à 6 km. ($3\frac{1}{2}$ miles), krönets bredd 1 à 2 km. (1 mile). Levéernas sneda byggnad gör, att de konstvallar, med hvilka man förstärker deras krön emot öfversvämningar, läggas så nära floden som möjligt, för att göra mesta nytta med minsta kostnad. I hufvudsak likartade levéer beskriver F. KATZER (53) från stränderna af Amazonas och Rio Trombetas i Sydamerika. Hans varzea-remsor äro oerhördt långa och jämförelsevis smala levéer, som skilja Rio Trombetas från de serier af öfversvämningssjöar, som omgifva floden på båda sidor. Äfven i Sverige förekomma levéer. Särskildt praktfullt framträda de å AXEL HAMBERGS bekanta fotografi af Rapaätнос delta i Laidaure. De följa där de olika deltaarmarna såsom ett nätverk af smala uddar och äro i denna form karakteristiska för de svenska fjälltrakternas deltatyp.

Levéer och älfvallar höra till flodplanens väsentliga, man skulle kunna säga positiva ytformer. De afgränsa lägre områden eller sjöar bakom sig. Ofvan har redan påpekats de lagunsjöar, som utmärka Klarälfsdalen och äro att betrakta som en följdföreteelse till älfvallsfenomenet. I motsats till älfvallarnas är lagunernas antal och storlek af mindre intresse och till en viss grad beroende af tillfälligheter. Deras gruppering är dock ett geografiskt karaktärsdrag hos flodplanet. Som bevis på deras talrikhet må framhållas, att 200 lagunsjöar fördelade å 40 näs upptagits å de ekonomiska originalkartorna i skalan 1 : 20 000, ehuru dessa endast torde återgifva vid pass två tredjedelar af hela antalet ständigt vattenfyllda laguner. (Fig. 16 återgifver ett lagunlandskap från näset 3 V å öfre delen af Klarälfsplanet.) Dessutom finnas exempel på alla öfvergångsstadier till periodiskt uttorkande laguner och sådana, som redan äro ständigt torrlagda. Å de sex särskildt undersökta näsen har kartlagts det antal laguner, som framgår af följande tabell. Af dubbellagunerna är endast en å Baskenäs flerdubbel (5-dubbel).

N ä s	Ä l f l a g u n e r				Lagunzonen är:	Andra sjöar
	Dubbla	Enkla	Små (< 10 m.)	Summa		Summa
Björkenäs	2	3	2	7	Utbildad	—
Baskenäs	3	8	1	12	Utbildad	3
Ändenäs	1	11	1	13	Utbildad	—
Torpnäs	—	2	1	3	Dränerad	1
Ljusnäs	2	5	—	7	Utbildad	—
Värnäs	—	—	—	—	Icke utbild.	3
6 näs	8	29	5	42	4 lagunzoner	7

Sälunda finnas på hvarje näs i medeltal 7 älfلاغuner och en liten sjö af annan typ.

Lagunstatistiken kan så till vida vara af intresse för jämförelser med andra flodlopp, som man å de flesta kartor lättare finner egendomligt formade sjökonturer än terrängformer af så obetydlig höjd som älfvallarna.

Litteraturen tyckes i allmänhet hafva lika litet beaktat älf- eller flodlagunerna som vallarna. SVEN HEDIN omnämner dock »marginal lagoons» vid Tarimfloden nära Busrugvar (44). Han angifver ej något vidare om deras morfologiska och genetiska ställning, men att döma af den åtföljande 100 000-delskartan motsvara de Klarälfslagunerna. Jättelaguner af samma typ, såväl enkla som dubbla, framträda ock på kartor öfver vissa delar af Mississippis lopp. Ehuru icke omnämnda af författarna, förekomma de å en kartsnitt af SHALER öfver flodsjöarna Lake St. Joseph och Lake Bruin (76) samt å en karta af GILBERT och BRIGHAM öfver området kring Arkansas mynning i Mississippi (37).

Näsafsatsen. I det föregående har påpekats, att näsens ytor luta sakta nedåt dalen och att de äro vågiga till följd af älfvallarna med mellanliggande sänkor och laguner. Det har också nämnts, att lutningen ej är alltigenom jämn. Den kan ibland samla sig till en eller annan afsats, som ofta är topografiskt vida mera framträdande än flertalet vallar. En

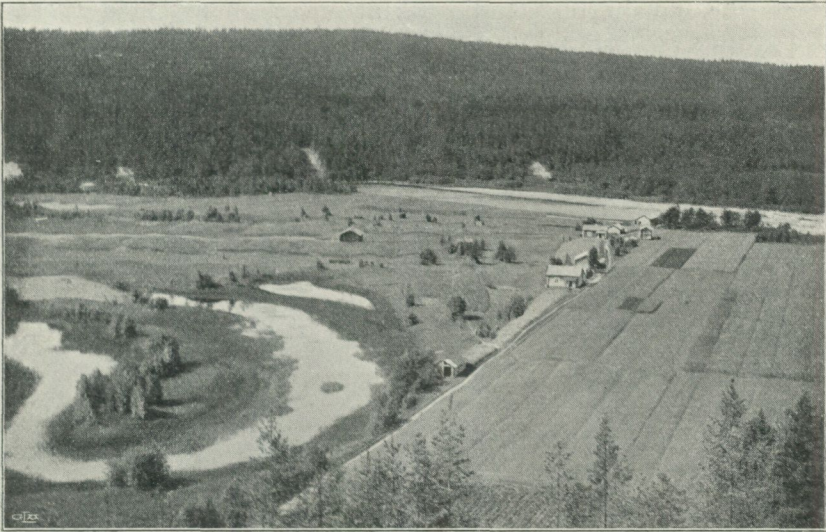


Fig. 17. Näsafsatsen å Baskenäs, sedd från östra dalsidans terrasskant.

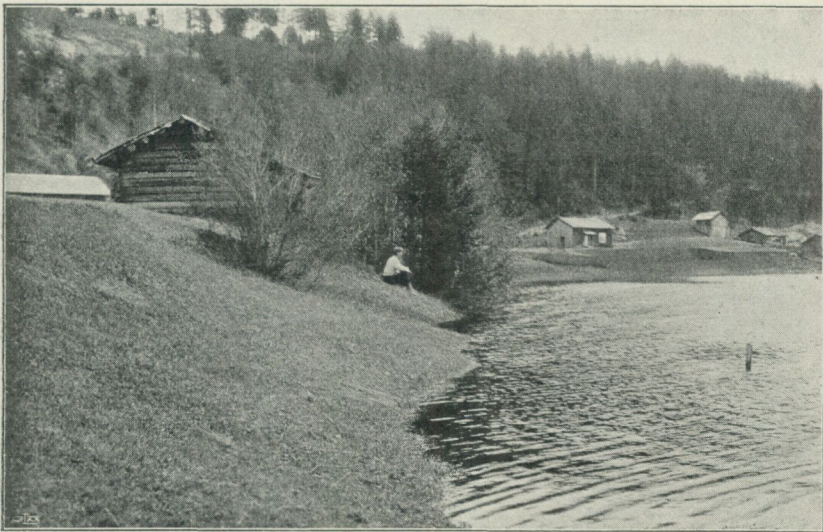


Fig. 18. Näsafsatsen å Baskenäs mot öster.

lägre afsats förekommer ofta å näsens sydligaste del och sammanhänger då gärna med någon mycket stor älfvall, som stänger för lagunzonens sänka. Denna mindre, sydliga

afsats är ganska obeständig, så att man endast med tvekan kan våga en parallellisering från näs till näs. En sådan jämförelse har ofvan försökts i samband med redogörelsen för de speciella älfvallarna (s. 37). Därvid omnämndes den större näsafsatsen och dess läge i förhållande till vallarna.

Den stora näsafsatsen är mest markerad på Baskenäs (fig. 17 t. v. om vägen samt tafl. 1). Redan ute vid nordbranten synes den tydligt. Dess fot ligger där 4.02 m. öfver älfven, kanten 6.53 m., hvadan afsatsen framstår som en 2.51 m. hög brant. Längre öster ut ökas den relativa höjden till den för flodplanet särdeles betydande siffran 4.71 m., och ännu tätt intill dalsidan är en höjdskillnad af 4.60 m. nivellerad (fig. 18). Näsafsatsen är af sådan betydelse för Baskenäs hela karaktär, att befolkningen har olika namn på området ofvan och nedom branten. Området ofvan branten heter Baskenäsmon, själfva näsafsatsen kallas Ängbacken, och där nedanför vidtager Baskenäsängen, ett namn, som väl närmast afser lagunzonen.

Äfven å Ändenäs förekommer en afsats, som väl icke är så hög eller markerad som Baskenäsafsatsen, men som likväl är af den storhetsordning och natur i öfrigt, att man måste beteckna den som näsafsatsen i samma mening som å Baskenäs. Nära näsets nordbrant innebär den en sänkning af 1.62 m. På midten och närmare dalsidan har afsatsens höjd nivellerats till resp. 3.24 och 2.54 m. (jfr tafl. 1).

Torpnäs har en näsafsats, som är fullt lika utpräglad som Ändenäsafsatsen och som på ett afgörande sätt bekräftar parallelliseringen ur morfologisk synpunkt mellan afsatserna å de tre nu nämnda näsen. Torpnäsafsatsen är närmast nordbranten 3.03 m., omkring midten 2.27 m. och nära dalsidan 3.29 m. hög.

Äfven Ljusnäs har en afsats, som åtminstone å sträckan närmast dalsidan, är af näsafsatsens natur. Längre ut försvinner den i älfvallsvågorna. Då emellertid läget i förhållande till lagunzonen och hela näset är analogt, så torde parallelliseringen böra utsträckas äfven till detta näs. Där-

emot tyckes näsafsatsen ej längre vara märkbar å Värnäs, där man närmast skulle vänta den vid 8:e älfvallen.

Å denna serie af näs är näsafsatsen kraftigast utbildad i norr och blir allt svagare mot söder. Tafl. 1 visar ock, hur de delar af näsen (grönfärgade), som ligga nedom näsafsatsen, bli relativt allt mindre mot söder.

Antalet älfvallar, som ligga nedom näsafsatsen, är icke detsamma å olika näs, utan minskas äfvenledes från norr mot söder på ett regelbundet sätt. Å Baskenäs förekomma sålunda 48, å Ändenäs 24, å Torpnäs 16, å Ljusnäs 15, å Värnäs (event.) 8 vallar nedom näsafsatsens linje.

Vi hafva härmed omnämnt de viktigare geografiska formerna å den del af Klarälfvens flodplan, som vid normalt vattenstånd icke upptages af floden själf.

Flodbäddens morfologi.

Flodens bågar. Dalbottnen når inom Dalby och Norra Ny socknar knappast en bredd af 800 meter. Om man härmed jämför älfvens bredd, som enligt tafl. 1 varierar mellan 60 och 210 meter, så inses lätt, att en betydlig del af den opropotionerligt smala dalbottnen tillhör flodbädden själf. Härtill kommer, att Klarälfven på ett regelbundet sätt kröker sig mellan dalbottnens båda sidor, så att älfven blir afsevärdt längre än motsvarande parti af dalen. Mellan Vingängsjön och Edebäck är sålunda flodplanets längd 78 km., under det att älfven på grund af sina buktningar måste tillryggalägga ytterligare 26 km. eller tillsammans 104 km. Buktingarna öka älfvens längd, och därmed äfven dess andel af dalbottnens areal, jämnt i förhållandet 3 till 4.

Man finner redan här af, att Klarälfvens krökar på långt när icke beskrifva sådana djärfva slingor och oerhörda omvägar, som ofta skildras från meandrande flodlopp. Då man tager hänsyn endast till formen, är det till och med tvifvelaktigt, om man bör använda ordet meander i fråga om en

vanlig Klarälfskrök. Man har nämligen sökt definiera begreppet flodmeander på något olika sätt. I den vidsträcktaste bemärkelsen fattas det af W. M. DAVIS' lärjunge W. S. TOWER (83), som säger en meander vara »en af en serie regelbundna kurvor, af hvilka hvarannan ligger åt höger och hvarannan åt vänster utefter flodloppet». Enligt denna mening äro Klarälfskrökarna meandrar. Emellertid framhåller I. BOWMAN (11) viktiga skäl för åsikten, att ordet meander bör reserveras för krökar, som äro mera böjda än halfcirkeln. Svagare krökar kallar han böjningar (»bends»). Hans definitioner återfinnas i den dynamiska afdelningen, sid. 108. Meandrar och böjningar äro sålunda två olika grader eller utvecklingsstadier af de matematiskt regelbundna flodkrökarna. Härmed följer ännu en viktig nomenklaturfråga, som man tyckes hafva förbisett, nämligen att finna ett internationellt användbart ord för de svagare böjningarna. Det gäller att ändtligen söka få ett slut på de ständiga förväxlingarna mellan å ena sidan hvad man lämpligen kunde kalla flodbågar af båda graderna och å andra sidan alla slags oregelbundna och tillfälliga krökningar af floder. »Böjning» måste således utbytas mot en fackterm. Det torde vara lämpligast att upptaga det hittills i samma bemärkelse som meander använda ordet serpentin för att beteckna regelbundna flodbågar svagare än halfcirkeln. Den här föreslagna fixa skillnaden mellan meander¹ och serpentin ligger för öfrigt redan i de båda ordens betydelse enligt vanligt språkbruk.

Granskar man närmare Klarälvens lopp mellan Vingängsjön och Edebäck å de ekonomiska originalkartorna i skalan 1:20 000, så finner man hela vägen en utpräglad tendens hos älven att utbilda regelbundna bågar af serpentintyp. Det nuvarande loppet kan blott uppvisa en enda äkta meanderbåge, kröken vid Mjönäs. Dennas något djärfvare

¹ *Meander* (numera *Menderes*) är som bekant en starkt meandrande flod i Mindre Asien. Dess namn har sedermera användts som beteckning för såväl det kända bärdmönstret som för regelbundna flodbågar.

böjning har också betecknande nog väckt allmän förundran bland befolkningen.

Äfven bland serpentinererna kunna flera grader af olika styrka urskiljas. Kraftigast och på samma gång mest karakteristiska för Klarälfsdalen äro de *tvära* serpentinererna (tafl. 1 och fig. 4). De kännetecknas af att älfven där bildar ett skarpt hörn med ungefärligen rät vinkel. Före en sådan krök går älfven rätt mot dalsidan eller t. o. m. med en dragning uppåt dalen, kröker därpå och går neddals, vikande allt-

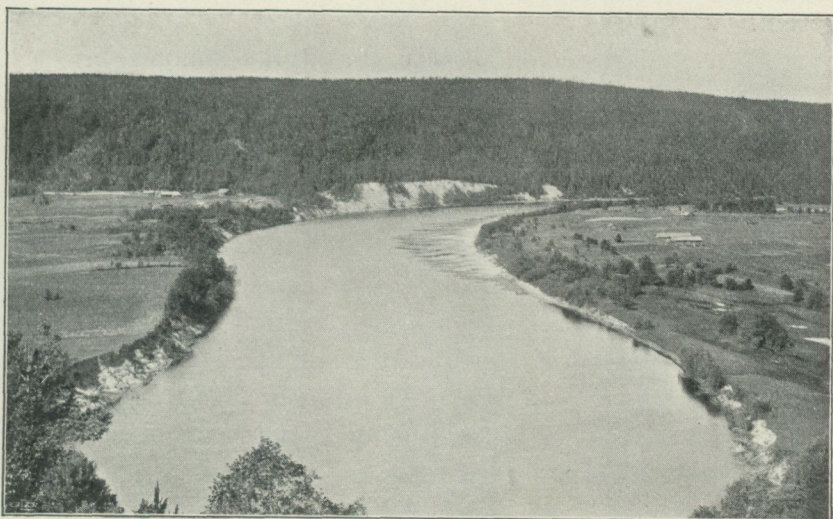


Fig. 19. Tvära Klarälfsserpentinerna n:r 16 ö. Älfven flyter mot åskådaren.

mera utåt dalen. Älfbädden är smalast intill dalsidan omedelbart nedom själfva kröken och bredast midt emellan två på hvarandra följande krökar. Den regelbundna variationen af älfvens bredd belyses bäst af några siffror från de karakteristiska tvära krökarna inom området för tafl. 1. Mellan älfvens omböjningar n:r 15 ö och 15 v är största bredden 200 m., vid själfva hörnet 15 v minsta bredden 70 m., därpå följa i ordning motsvarande maximi- och minimimått sålunda: 160 m., 80 m., 200 m., 70 m., 180 m., 60 m., 170 m., 80 m. Sista värdet gäller hörnet 17 v. Här af finner

man, att älfvens bredd för hvarje krök är underkastad en växling mellan i medeltal 72 och 182 meter, eller med andra ord att de smala ställenas bredd i medeltal blott är 40 % af de bredare sträckornas. För flodsträckor af detta slag vore det alldeles olämpligt att karakterisera bredden genom att angifva *ett* medelvärde. Någon föreställning om Klarälvens och i allmänhet serpentinerande floders bredd kan man endast erhålla genom *två* medelvärden, helst de nämnda medel extremerna. Den för öfrigt egendomligt tillskärpta och markerade formen hos de tvära älfkrökarna torde bäst framgå af tafl. 1.

Närmast i fråga om böjningens styrka komma de *runda* serpentinerarna. De hafva en mera jämn form, sakna tydligt hörn och visa en mindre framträdande variation af bredden.

De *spetsiga* serpentinerarna kunna betecknas som en svagare afart af de tvära. Älfven går här icke rätt mot dalsidan före kröken utan i stället snedt nedåt dalen. Visserligen böjer den skarpt om den trekantiga lobens (näsets) hörn men saknar den tydliga breddvariation och de båglinjer, som gifva de tvära serpentinerarna deras speciella form.

Hos *svaga* serpentiner är krökningen föga framträdande. I några fall hafva de kunnat fastställas blott genom iakttagelser i naturen af den starkaste strömningens buktningar och af växlingen mellan erosions- och aflagringssträckor å stränderna.

Denna gradering af serpentinerarna efter deras styrka bekräftas af följande, låt vara approximativa siffror. I medeltal har en tvär dubbelserpentin (d. v. s. en båge åt öster och en åt väster) en längd af 2.8 km., en rund dubbelserpentin 2.6 km., en spetsig 2.2 km. och en svag blott 1.6 km. En dubbelmeander af samma form och storlek som Mjönäs-bågen vore 3.0 km.

Serpentinsierier. I allmänhet hafva Klarälvens serpentiner nått den högsta grad af buktning, som tyckes vara möjlig för dem i den trånga dalen. De tvära och runda äro sålunda förhärskande och upptaga resp. 41 och 35 km. af den 104

km. långa Klarälsbädden Vingängsjön-Edebäck. De spetsiga och svaga krökarna äro inskränkta till en sammanlagd längd af resp. 11 och 15 km. De olika typerna förekomma visserligen om hvarandra, men man finner dock, att de kraftigare serpentinererna äro grupperade i tre långa serier skilda åt af kortare sträckor af svaga buktningar eller nästan rakt lopp.

Det öfre af dessa afbrott i serpentiniseringen är i närheten af Femtåns mynning. Just där förekomma också vissa störningar å det eljest så jämbreda och regelbundna flodplanet. Där utskjuter från öster lämningarna af Femtåns gruskägla (fig. 20) och i lä däraf ett parti af 50-meters sedimentterrassen. Men därjämte har något längre ned vid mycket lågt vattenstånd påträffats en ändmoränartad rygg med grofva block öfvertvärande dalen. Moränmaterialet har iakttagits dels i själfva älfven, dels väster om denna, där det tyckes hafva hejdat en starkt böjd f. d. flodmeanders utskärningar. Älfven på östra sidan synas spår af en äkta meander. Trots dessa forna häftiga buktningar af älfven omkring den förmodade moränen kvarstå dock två sporrlänkande terrassuddar, ett 20-tal meter höga och alldeles stängande utsikten mellan dalen ofvan och nedom dem. Å fig. 21 synes uppåt dalen på 6¹/₂

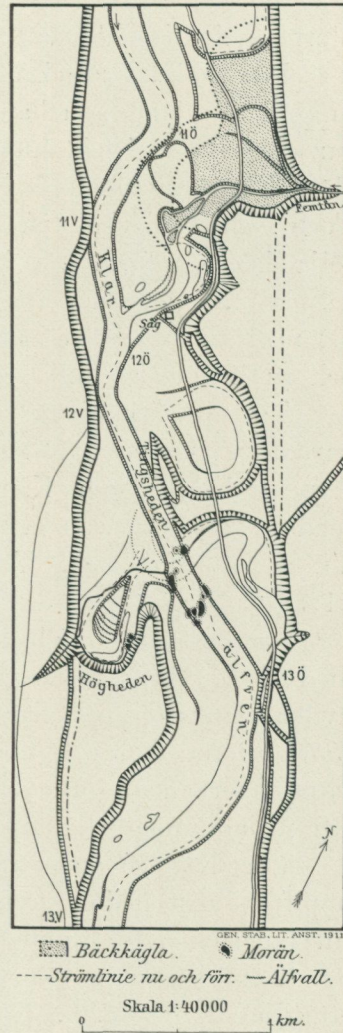


Fig. 20. Regelbundenheter å dalbotten vid norra änden af Norra Nys serpentinserie.

kilometers afstånd det ställe, där rakloppet passerar mellan terrassporrarna.

En gruskägla ensam åstadkommer en vida svagare störning af serpentinformerna, såsom vid Våråns mynning, där blott en flodbåge blifvit försvagad (fig. 7, c).

Den andra förflackade sträckan med benägenhet till raklopp finna vi nere mellan Mjönäs och Åstrand. Den tyckes vara betingad af tektoniska förhållanden, i det att bergdalen själf här blir smalare och bildar två skarpa hörn vid N. Torp och Ennarbol (jfr sid. 17). Älfven måste naturligen följa dalens S-form och bildar sålunda här en falsk dubbelserpentin, under det att en närmare fältundersökning visar, att man har att göra med fem mer eller mindre hoptryckta och rudimentära enkla serpentinbågar.

Trots förflackningar och störningar af serpentinformerna har det visat sig möjligt att fixera till 81 det antal enkla serpentinbågar, som Klarälfven för närvarande (1906) har tendens att utveckla å den 78 km. långa flodplanssträckan Vingängsjön-Edebäck. Af de utvecklade bågarna böja sig 31 åt vänster (öster) och 28 åt höger (väster) d. v. s. ungefär samma antal åt båda håll. Detsamma är förhållandet med de praktfulla meanderloppen på ungerska slätten, af hvilka Theiss-loppet har 655 vänster- och 667 högerbågar (93). Detta synes strida mot den från vissa håll ifrågasatta inverkan af jordrotationen till förmån för högerbågarna (jfr nedan under »Exempel på fria flodplan»).

För Klarälfslppet har en numrering af serpentinerna uppifrån och nedåt kunnat genomföras. Från Vingängsjön till Edebäck hafva dubbelbågarna fått numren 1 till 41 (jfr fig. 2). De enkla öster- och västerbågarna särskiljas med ett tillagdt ö resp. v. Då den första dubbelserpentinen lämnar Vingängsjön med bågen 1 ö, så komma ö-bågarna hela vägen före v-bågarna med samma nummer. Dessa beteckningar tillåta att på ett kort sätt karakterisera en viss serpentinbåges läge i dalen.

Af de ofvannämnda serpentinserierna omfattar den

nordligaste eller *Dalby-serien* dubbelbågarna 1—12, eller från Vingängsjön till Femtå-moränen. Mellan de båda störningarna kommer så *Norra Ny-serien*, som omfattar dubbelbågarna 13—26, och slutligen höra dubbelbågarna 27—41 till den nedanför dalens knä vid Ennarbol vidtagande *Ekshärad-serien*.

Den sträcka af dalbotten, som uppmätts i detalj å tafl. 1 och är hufvudföremål för denna afhandling, innehåller älfbågarna 15 v, 16 och 17 och är sålunda att hänföra till öfre delen af *Norra Ny-serien*.

Meandersjöar. Såsom nämnts, finnes blott en enda lefvande, d. v. s. fortfarande af älfven genomfluten meanderbåge, nämligen 24 ö. Däremot påträffas spår af åtskilliga forna meanderbågar. Vare sig de nu äro utfyllda af sediment, dränerade eller fortfarande vattenfyllda, borde de kanske snarast hafva omnämnts i samband med flodplanets morfologi. De äro emellertid icke typiska för den nordligare och vida längre delen af Klarälfspanet, som här hufvudsakligen kommit i betraktande. Visserligen förekomma ett par torrlagda meanderbågar på grund af särskilda omständigheter vid rakloppet i södra ändan af *Dalby-serien* (jfr s. 55), och vidare hafva vi i södra ändan af *Norra Ny-serien* den lefvande meandern samt en knappt skönjbar torrlagd. Men eljest finnes i båda dessa långa serpentinsier blott en enda öfvergifven meander, den äkta meandersjön i näset inom bågen 5 ö, strax ofvan Likåns mynning. Alla öfriga s. k. korfsjöar äro samlade i *Ekshärad-serien*. Där finnas icke mindre än 6 stycken, af hvilka dock en råkat uppfånga Klarälfvens biflod *Götån*, som redan fyllt ut den forna Klarälfstrännan och nu lugnt meandrar sig fram öfver sina sediment. 5 å 6 sjöar af denna typ är i och för sig icke särdeles mycket på en sträcka af *Ekshärad-seriens* längd, men i jämförelse med bristen på meandrar i Klarälfsdalen för öfrigt, framträder detta som ett beaktansvärdt förhållande, som fordrar en särskild förklaring. Ur morfologisk synpunkt synes denna böra sökas i dalens växlande bredd. De nord-

liga serpentinserierna kunna ju endast svänga med en bredd af 800 meter. Ekshärad-seriens flodplan är hela 500 meter bredare, och därmed tyckes det hafva blifvit lättare för älven att utveckla stora, omböjda meandrar, som kunna öfvergå till korfsjöar.

Djupförhållandena i flodens tvärsektioner. Vid studier af älfbäddens bågar från de svagaste och till meandersjöarna är det naturligt att, som här skett, först uppehålla sig vid strändernas förlopp och själfva vattenytans form och breddvariationer. En vida fullständigare och för öfrigt helt olika bild af flodbäddens morfologi erhålles genom undersökning af djupets fördelning. Redan 1906 klargjordes hufvudragen af älfbottens former genom ett hundratal lodningar. Det var emellertid först efter 1909 års trianguleringar af älvens bredd (jfr »Upplysn. till kartorna»), som ett tillfredsställande underlag till en djupkurvekarta erhöles. 262 nya lodningar, fördelade å 30 profiler, utfördes också i augusti samma år vid mycket lågt vattenstånd.

De uppmätta lodningsprofilerna visade sig vara af ganska olika typer, sedan de uppritats i samma höjd- och längdskalor (1 : 200). Det faller genast i ögonen, att de smalaste älfsektionerna hafva de största djupen och de största genomskärningsareorna, under det att de breda sektionerna äro ytterligt grunda och uppvisa blott i ena ändan nämnvärda djup. Det förra slaget kunde lämpligen sägas vara af bäcken typen, det senare af den starkt excentriska, normala typen. Representanter för båda typerna (sektionerna 10 och 12 i tabellen sid. 60) äro återgifna i tafl. 3.

Bäckenprofilen har här ett djup af fulla 9 meter. Af dess sluttningar är den yttre, med lutningen 1 : 3.3, något brantare än den inre, med i medeltal 1 : 4.4. Detta är ett genomgående drag, som är ännu mera markeradt i andra bäcken. I sektionen 5 äro sålunda motsvarande lutningar ned till 10 meters djup 1 : 1.5 och 1 : 5.0.

Den normala profilen å tafl. 3 har ej större djup 3 meter. Detta ligger endast 8 till 12 meter från yttre stranden,

fastän älven är 84 och älfbädden ända till 205 meter bred. Yttre lutningen blir då 1 : 2.5 och täflar med bäckenprofilernas brantaste lutningar. Insidan är däremot långsluttande, 1 : 24, om man endast räknar med vattenytans bredd vid tillfället, och 1 : 46, om man tager hänsyn till hela älfbädden genom att räkna med 1.2 m. högre vattenstånd. Denna ytterst långsluttande sida af älfbotten är i själfva verket i profil konvex,¹ så att den är ännu flatare närmare stranden och lutar å andra sidan allt starkare nedåt den regelbundet formade »excentriska» samlingsrännan, som framgår utmed yttre stranden.

Då naturligen alla profilerna äro uppgjorda med flodens högra sida åt samma håll, så framträda af de excentriska profilerna omväxlande höger- och vänsterformer, alltefter som djuprännan ligger åt ena eller andra hållet. Ehuru mindre utprägladt, finner man äfven hos bäckenprofilerna motsvarande båda afarter.

De normala profilerna visa ännu två modifikationer, som kunna definieras som fullt bestämbara typer. I några profiler har den sneda rännan förlorat sin dominerande ställning, och i stället finner man två eller tre mindre utpräglade rännor, skilda genom flacka trösklar. I ett par andra profiler finnas alls inga antydningar till smalare rännor. Botten lutar tämligen sakta från båda sidor ned mot älvens midt, där största djupet ligger. I sådana profiler når ingen punkt mer än 2 meters djup. Dessa båda sista sektionstyper kunna betraktas som förflackade afarter af den normala.

Man kan sålunda hos den serpentiniserande Klarälven urskilja följande sektionstyper:

¹ Då de regelrätta profilernas bottenkurva har en viss likhet med en parabel, så hafva vissa forskare (61) ansett, att flodernas normala tvärprofilfigur är parabolisk. Andra (74) påstå däremot, att paraboliska profiler förekomma blott i sällsynta undantagsfall. Undersökningarna vid Klarälven, t. ex. de mätningar, som åskådliggöras af profil I å tafl. 3, antyda, att parabelformen icke spelar någon roll i verkligheten.

- A. Bäckentypen a. högerform.
b. vänsterform.
- B. Normala typen med excentrisk ränna a. högerform.
b. vänsterform.
- C. Förflackade typer a. med två eller tre flackare rännor.
b. flack utan smalare rännor.

Åtskilliga profiler visa kombinationer af dessa typer. De gå då till en del genom ett bäcken och höra för öfrigt till en flackare typ.

Efterföljande tabell visar, huru de olika sektionstyperna geografiskt följa på hvarandra. För jämförelse med tafl. 1 må nämnas, att tabellens profil 1 är kartans nordligaste, vid Signestugan. Profil 5 är midt i bäckenet 15v, profil 10 midt i 16ö, profil 15 i 16v, profil 21 i 17ö och profil 27 i 17v.

Tabell öfver lodningssektionerna.

Profil	Typ	Djup	Birännor	Profil	Typ	Djup	Birännor
1	excentr. v. . . .	2.4 m.	— —	16	bäcken h. . . .	8.0 m.	— —
2	excentr. v. . . .	2.2	— 2.0	17	excentr. h. . . .	3.5	— —
3	flack	1.7	— 1.5	18	excentr. h. . . .	3.2	— —
4	bäcken h. . . .	5.2	— —	19	flack	3.2	— (2.0)
5	bäcken h. . . .	10.0	— —	20	bäcken v. . . .	7.8	— 2.4
6	bäcken h. . . .	5.5	— —	21	bäcken v. . . .	6.3	— —
7	excentr. h. . . .	2.9	— —	22	bäcken v. . . .	7.4	— —
8	flack	2.1	— 1.9	23	flack	3.2	3.2, 2.2
9	flack v.	4.3	— 3.1	24	excentr. v. . . .	3.0	— —
10	bäcken v. . . .	9.0	— —	25	flack	2.0	— —
11	bäcken	5.2	— —	26	bäcken h. . . .	3.2	— 2.6
12	excentr. v. . . .	3.0	— —	27	bäcken h. . . .	6.6	— —
13	excentr. v. . . .	2.2	— —	28	bäcken h. . . .	4.8	— —
14	bäcken	7.2	7.0, 6.5	29	flack	1.5	— —
15	bäcken h. . . .	7.3	— —	30	excentr. v. . . .	2.3	— —

I andra flodlopp återfinnar man analogt formade sektioner och dessutom i vissa fall ännu andra typer. Redan 1781 hade RENELL (68) genom sina förträffliga iakttagelser af de indiska floderna kommit till den uppfattningen,

att de sneda flodsektionerna, som ofvan betecknats som normala, äro de mest utmärkande för serpentinbågar. Därjämte finnas mera symmetriska rakloppssektioner motsvarande Klarälvens flacka.

Hos floder, hvilka icke som Klarälven äro instängda i en smal dal, utan flyta fritt på en öppen slätt, saknas sektioner af bäckentypen. Dock märker man en utpräglad ökning af de excentriska profilernas djup i själfva omböjningarna. Sålunda fann SVEN HEDIN (44) redan i början (21 sept. 1899) af sin bekanta färd utför den praktfullt meandrande Tarim, att största djupet ökades i skarpa omböjningar till 5 à 6 meter från att förut knappt hafva nått 2. Tarims bredd minskas successivt från 84 till 20 m. i följd af ökenklimatet. Typiskt torde den böra sättas till omkring 50 m.

De excentriska profilerna äro alltid branta på yttre sidan. På den inre återfinnes Klarälvens lutning af omkring 1 : 50 hos många floder, t. o. m. i Mississippis jättemeandrar (50). Mississippis medelbredd inom bädden är vid högvatten 1 340 meter med ett största djup af 26 meter. Nedom Arkansas River äro motsvarande tal 1 220 och 29 meter. Nere på Mississippis delta försvagas flodbågarna, och samtidigt minskas bredden till 740 m., under det att djupet ökas till 39 m., hvarvid hela floden ändrar karaktär. Dess tvärsnitt närmar sig på deltat en trågformig typ, som förf. funnit utmärka äfven sådana små vattendrag som Lagan och Bolmsån i Småland på de sträckor, där de flyta fram genom sina lobformiga deltan i resp. Vidöstern och Bolmen. I en sådan sektion är Lagan 35 m. bred. Redan 4 m. från västra stranden är djupet 1.89 m. Det ökas sedan ytterst långsamt och når sitt maximum, 2.45 m., knappa 4 m. från högra stranden. Den breda trågformen förstärkes af 1.1 m. höga erosionsbranter på båda sidor. Bolmsån är blott 18.5 m. bred. Häraf upptaga sluttningarna 5.5 och 5 m. medan botten på 8 meters bredd varierar i djup endast mellan 3.79 och 3.89 m. Trågformen är tydligen här smalare. En

ännu trängre och djupare sektionstyp fann SVEN HEDIN under Tarimfärden den 18 november. Mot en bredd af 20 m. svarade här ett djup af 8 à 9 m. Flodbadden utgjorde i profilen mer än en half ellips, om de öfverhängande strandbrinkarna medräknas. Härmed torde vi hafva kommit till den mest extrema urartningen af serpentinernas och meandrarnas normala, excentriska tvärsektion.

I de vanliga normala profilerna kan en sekundär ränna uppträda, utan att hufvudrännan förflackas, såsom därvid alltid är fallet i Klarälven. Den sekundära rännan kan då antingen taga en genväg öfver näset (loben), således befinna sig inom flodbågen, såsom vid Ganges, Tarim, Isar (68, 44 och 30), eller ock gå på utsidan af bågen såsom en vildgren. SVEN HEDIN meddelar en teckning af en sådan yttre »jarsik», som egendomligt nog är af lika regelbundet normal form som hufvudrännan (44, s. 214). Möjligen har den en större radie passande för högvattenmängden, under det att hufvudrännan användes vid normalare vattenstånd.

Klarälvens djupkurvor. Omnämmandet af de olika sektionstyper, som urskilts i Klarälven genom lodningarna, torde i viss mån illustrera djupkurvkartans mera fullständiga framställning. Kartans 1-meters kurvor hänföra sig till sommarens lägsta vattenstånd. Härför, liksom för mätningemetod, redogöres i »Upplysningar till taflorna».

Följer man å tafl. 1 Klarälvens lopp från norr mot söder, så visa kurvorna från Signestugan och fram mot andra lodningslinjen, huru älfbottnen sakta sluttar ned mot den smala rännan, som ligger så tätt tryckt mot nordbranten af Baskenäs, att 1- och 2-meters kurvorna fått sammanflyta med strandkonturen.

Ungefär utanför näsafsatsens hörn delar sig djuprännan i två flackare sänkor, som skiljas under tämligen stor vinkel. Den grundare fortsätter närmare erosionsbranten, medan den något djupare pekar mot sydspetsen af det ofvanför liggande Björkenäs, eller rättare mot norra ändan af det framför liggande bäckenet 15 v. Förflackningen har gått längst och

djupet är mest likformigt på sträckan närmast före denna öfverraskande djupa sänka. Man kunde genom det klara vattnet se något af den raka, nästan skarpa kanten, där den flata älfbotten öfvergår i bäckenets sluttning och försvinner ned i mörkret.

Denna bäckenets gränslinje utåt dalen är noga parallell med dalsidan, som bildar hålans västra begränsning. Där- emot tyckes den vara oberoende af riktningar hos det ofvanför liggande älfpartiet.

Bäckenets regelbundna spolforn framträder särskildt vacker i denna serpentin. Dess norra ända fördämmas mera tvärt, snedt utifrån älfven, under det den södra är utdragen i en snip, som håller sig stramt intill yttre dalsidan, medan bredd och djup successivt minskas. På så sätt öfvergår bäckenet på nedre sidan mera småningom i en smal 3-meters ränna. Vid sjunde lodningslinjen är den excentriska typen åter fullt utbildad, fast rännan nu flyttat öfver från vänstra älfstranden till den högra. Den följer nu utmed Ändenäs till midt för 45:e älfvallen, där den aflägsnar sig från stranden och börjar förflackas.

I tydlig analogi med förhållandena i flackloppet ofvan Baskenäsbäckenet visar sig, att älfven midt för Ändenäs näs- afsats delat sig i två visserligen flacka, men dock fullt bestämbara rännor. Dessa kunna spåras äfven i nästa sektion och synas något störa Ändenäsbäckenets regelbundna kant utåt dalen. Detta bäcken måste i södra delen kröka sig något kring ett från östra dalsidan utskjutande moränparti (eventuellt bergparti). För öfrigt är Ändenäsbäckenet af alldeles samma karaktär som Baskenäsbäckenet och afsmalnar som detta till en normal ränna, som nu åter uppträder på älfvens vänstra sida tätt intill Torpnäs.

Före omböjningen 16 v inträder som vanligt förflackning. Någon tvådelning af den flacka rännan har ej kunnat spåras i trettonde lodningsprofilen, men skulle möjligen kunna förekomma väster om denna.

Öfvergången till bäckenet 16v sker genom en rak och brant afsats, som är ännu mera markerad än Baskenäsbäckens motsvarande sluttning. Det är tydligt, att man här har att göra med en ytform, som trots sitt öfverraskande läge på tvären mot strömmen måste anses som normal och karakteristisk för älfbäddar af Klarälfstypen.

Bäckenet liknar de föregående, håller sig intill dalsidan under afsmalnandet och öfvergår i högerränna utmed Ljusnäs erosionsbrant.

Äfven Ljusnäsbäckenet 17ö föregås af förflackning. Såsom en rudimentär biränna skulle man möjligen kunna tolka en horisontell afsats i nittonde sektionen. Hufvudrännan går då, som vanligt, nordligast och på betydligt afstånd från erosionsbranten. Tyvärr hafva lodningarna icke särskildt afpassats för studier af detta flackrännornas delningsfenomen. Det skulle också stött på svårigheter att medelst 1-meterskurvor gifva en någorlunda fullständig bild af dessa förflackade älfpartier, där höjddifferenserna i allmänhet uppgå endast till en eller några få decimeter.

Ljusnäsbäckenet har ej så regelbundna former som öfriga bäcken. Den djupare, norra delen störes af ett från öster framskjutande, grofblockigt moränparti. I södra delen sker afsmalnandet ovanligt fort. Den excentriska vänsterrännan börjar sålunda redan långt före moränstrandens slut. I stället för bäckenets sydliga del uppträda närmare högra stranden ännu ett par rännor. Detta innebär en afgjord afvikelse från det normala. Kanske bör det ses i samband med det förhållande att kröken är seriens mest utdragna, så att älfven på en ovanligt lång sträcka följer dalsidan.

Den normala rännan utmed Värnäs nordsida är också mycket lång, förflackas slutligen och går ut från erosionsbranten utan någon märkbar sekundär ränna i söder.

Värnäsbäckenet 17v är utomordentligt väl formadt. Man finner här den regelrätta branten, som afskär det ofvanför liggande flackloppets botten, likaväl som bäckendjupets karakteristiska afsmalnande i nedre ändan.

Midt för Väråns stora gruskägla är Klarälvens serpentinisering störd. Den näst sista eller tjugonionde lodningssektionen är i tabellen, sid. 60, uppförd som »flack», men hör egentligen icke till någon af serpentinloppets typer. Vid sådana störningspunkter eller raklopp, som de ofta benämnas i litteraturen, finner man ofta ett flodlopps grundaste ställen. Det råkar äfven här vara händelsen. På den undersökta sträckan af Klarälven finnes visserligen en sektion norr om Baskenäs med endast 1.7 meter vatten i den djupaste rännan, men eljest når djupet hela vägen åtminstone 2.0 meter. Här, i tjugonionde sektionen, finnes ingen passage på mer än 1.5 m. Vårån tyckes alltså vara orsaken till denna kritiska punkt för en mera djupgående flodfart. Uppgrundningen beror emellertid ej direkt af Väråns sediment, utan är en följd af den nämnda störningen af Klarälfsloppet. Åns gruskägla hindrar nämligen älven att gå i båge, och därmed omöjliggöres också uppkomsten af en normal samlingsränna. Då älven hvarken är bågböjd eller ligger an mot en dalsida, framgår den mera på måfå och väljer en förflackad, grund sektionstyp.

Den trettionde och sista lodningsprofilen vid Väråns nutida mynning är åter af excentrisk typ. Egendomligt nog ligger rännan an mot vänstra älfstranden. Då ju bäckenet 17v närmast ofvan skulle utsändt en högerränna, så kunna vi, med kännedom om Klarälvens djupförhållanden, draga den slutsatsen, att ett helt bäcken här blifvit utplånadt. Det är närmast bäckenet 18ö, som saknas.

Ett rent morfologiskt studium af älfbäddens former kan alltså visa, hvar älven kunde hafva tendens att utveckla ännu någon båge, om den hade friare svängrum.

Relationen mellan bäckendjup och serpentinenes böjningsgrad. Serpentinbäckena äro Klarälfsbäddens ojämförligt största och märkligaste terrängformer. I ingen annan känd flod torde de vara så skarpt begränsade och djupa i förhållande till flodens öfriga dimensioner. Det kan därför vara af intresse att fastställa deras maximaldjup.

Baskenäsbäckenet är afgjordt det djupaste. I femte sektionen lodades 9.2 m., men vid konstruktionen af bottenkurvan visade det sig, att största djupet i verkligheten måste vara 10.0 m. Utom profilen lodades på åtskilliga ställen. Norr ut funnos än större djup, eller intill 11.5 m. Denna djupaste punkt på den undersökta älfsträckan inlades på kartan medelst korsande siktlinjer (»mej»). Jämförelse med de öfriga bäckena sker kanske bäst i tabellform.

Bäckenets		Lodsektionens			Näsens längd i m.
n:r	namn	n:r	observerade djup	sannolika djup	
15 v	Baskenäsbäckenet . . .	5	9.2 m.	10.0 m.	1 060
16 ö	Ändenäsbäckenet . . .	10	9.0	9.0	1 100
16 v	Torpnäsbäckenet	16	7.7	8.0	1 280
17 ö	Ljusnäsbäckenet	20	6.5	7.8	1 500
17 v	Värnäsbäckenet	27	6.5	6.7	(2 000)

I ofvanstående tabell äro bäckena ordnade efter aftagande maximidjup. Kolumnen med »observerade djup» innehåller direkt mätta djup och visar sålunda, att minst så stora djup finnas i de respektive sektionerna. Det är emellertid tydligt, att sektionernas maximidjup i allmänhet böra vara något större, då ju lodningspunkterna ligga jämförelsevis glest (jfr s. 183). I verkligheten torde djupen, på en eller möjligen två dm. när, hålla sig omkring de belopp, som uppförts i kolumnen »sannolika djup». Den korrektion, som i denna kolumn genomförts för hvarje särskildt bäcken, har ökat vissa värden men icke omkastat ordningsföljden. Helt visst skulle värdena ökas ännu något, kanske med ända till en meter, om äfven lodningssektionerna lagts tätare. Allt tyder emellertid på, att ordningsföljden också då skulle blifva densamma eller till och med ännu tydligare.

En egendomlighet framgår på ett slående sätt af tabellen. Fastän ordnade efter djupet, hafva bäckena utan ett enda undantag också kommit i rätt geografisk ordningsföljd. Med

andra ord, bäckenas djup aftager regelbundet från norr mot söder på den undersökta sträckan.

Detta bör sättas i samband med aftagandet af serpentinernas relativa böjningsgrad från norr mot söder. Af tafl. 1 framgår ju, att Baskenäskröken är den skarpaste, därefter följer Ändenäskröken, och de följande blifva alltmera utdragna. I ett meanderlopp skulle man bäst visa detta genom att angifva, huru krökningsradierna växa. Man skulle ock kunna använda radiernas inverterade värden som mått på bågarnas skärpa, såsom VUJEVIĆ gjort vid sina studier af Ungerns meanderfloder (93). Vid serpentinlopp af Klarälfstypen uppnås dock den största noggrannheten, om man för jämförelse mellan olika bågar helt enkelt begagnar näsens längd, uppmätt på sätt, som angifvits å sid. 45.

I tabellen å föregående sida har också införts en kolumn upptagande näsens längd i meter. Värnäs har naturligen i detta sammanhang räknats betydligt längre åt söder, än då det var tal om älfvallarna.

Ju större näsets längd är, desto mera utdragen och svag är serpentinen. Tabellen visar, att serpentinernas försvagning försiggår hand i hand med minskningen af serpentinbäckernas djup. Tydligt är detta direkt proportionellt mot bågarnas relativa böjningsgrad.

Erosionsbranternas morfologi. Mellan serpentinbäckerna är ju älfbädden jämförelsevis grund och flat, om man endast fäster sig vid de delar däraf, som ligga under lågvattnets nivå. Denna lågvattenbädd kan i viss mån betraktas som älfbäddens botten, hvartill sluter sig på flodbågens yttre sida erosionsbranten vid nordsidan af ett näs. Af tafl. 3 I ses, huru denna brant och älfvens excentriska ränna i verkligheten äro sammansmälta med hvarandra till en konkav ytform, sedd i tvärprofil. Man måste således för att få en fullständig uppfattning af älfbädden också studera dessa erosionsbranter, som bilda dess omedelbara fortsättning uppåt.

Då älfrännan i allmänhet är 3 meter djup (sid. 60) och branten närmar sig 11 m. (sid. 29), så förekomma här sam-

manhängande sluttningar af 14 meters höjd. Åt deras lutningar och former har ägnats särskild uppmärksamhet, då de ju i sin mån belysa arten af erosionsprocessens fortskridande. Medellutningen af erosionsbranterna är i genomsnitt 38° , hvilket måste anses som ett tämligen högt värde. Vanligen säges erosionsbranter nå ett par och trettio graders lutning, men härtill kommer, att Klarälfbranterna höra till dem, som allt fortfarande tillskärpas genom erosion.

Enstaka profiler hafva än högre medellutningar, ända till 45° . Variationerna framgå bäst af tafl. 2, där de tolf stratigrafiska profilerna kombinerats med morfologiska. Då lutningsvinklar, hämtade från dessa profiler, kunna göra anspråk på afsevärdt större noggrannhet än vanliga klinometermätningar (jfr »Upplysningar t. k.», sid. 186), må följande värden anföras. De afse lutningen från älfstranden (reducerad till nivån den 22 juli 1909) och till erosionsbrantens kant. Ordningen motsvarar profilernas nummer 1 till 12 å tafl. 1 och tafl. 2. Å Baskenäs var lutningen 39.7° , 44.8° , 33.2° , å Ändenäs 42.5° , 37.8° , å Torpnäs 36.4° , 35.0° , 38.0° , 40.2° , å Ljusnäs 39.5° samt å Värnäs 38.3° och 35.6° . Den minsta medellutning, som iakttagits, var sålunda fulla 33° .

De faktiska lutningarna inom hvarje profil variera betydligt mera. Profilernas nedre del lutar något mindre, under det att det öfversta partiet är nästan lodrätt.¹ Härigenom erhålla samtliga tolf profilerna en konkav eller urholkad form.

Ofta är öfvergången mellan den svagare och den brantare lutningen utomordentligt skarp. I andra profiler bildar hela sluttningen en i stort tämligen regelbunden kurva. Man kan dock äfven i sådana profiler urskilja en brytningspunkt, som kännetecknas däraf, att man under densamma har en viss likformig lutning, under det att omedelbart ofvanför vidtagna större men för öfrigt mycket oregelbundna lutningar.

¹ En profilskiss af liknande typ har SVEN HEDIN tecknat från Jar-kent Darja (44).

Nedanstående tabell upptager lutningens medelvärde i de tolf profilerna, dels nedom, dels ofvan brytningspunkten, samt dessutom dennas höjd i meter öfver älfnivån den 22 juli 1909. Det bör påpekas, att dessa medelvärden hafva en helt annan innebörd än de nyss anförda. Då gällde det medelvärden för hela branten, afsedda att jämföras med de vinklar, som man vanligen ser uppgifna som utmärkande för erosionsbranter. Nu ansluta sig siffrorna däremot till de verkliga lutningar, som karakterisera Klarälfvens brinkar.

Profil	Erosionsbrantens		Brytningspunktens	
	nedre del	öfre del	höjd	orsak
Baskenäs	1	30.5°	59.7°	5.7 m. strat.
	2	31.4°	57.6°	2.4 m. strat.
	3	25.1°	90.0°	4.1 m. eros.
Ändenäs	4	31.4°	74.7°	6.7 m. strat.
	5	26.1°	77.6°	4.1 m. eros.
Torpnäs	6	32.3°	160.0°	8.7 m. (strat.)
	7	31.2°	116.0°	7.6 m. strat.
	8	31.0°	64.2°	6.9 m. (strat.)
	9	26.6°	71.1°	4.5 m. strat.
Ljusnäs	10	32.9°	63.0°	4.7 m. (strat.)
Värnäs	11	?	?	?
	12	27.3°	88.0°	4.1 m. eros.

Detta gäller särskildt om tabellens första kolumn, som visar, huru erosionsbranternas nedre del i medeltal har en lutning af 29.6° eller i rundt tal 30°. Kolumnen visar äfven en påfallande öfverensstämmelse hos alla profilerna, i det att deras lutning håller sig mellan 32.9° och 25.1°. Större delen af dessa sluttningar bestå af sandras, så att sandens rasvinkel härvidlag spelar en bestämmande roll. Den tyckes vara ungefär 33°.

Lutningarna ofvan brytningspunkten framställas i andra kolumnen. Här vore vilseledande att anförda ett medelvärde. Lutningen är minst 58° men är ofta lodrät (90°) eller öfverhängande. Den skulle kunna blifva intill 210°.

Å profilerna, tafl. 2, ha äfven bränternas detaljformer inmätts. Å de lägre partierna finner man i allmänhet en vackert utbildad trappstegsstruktur med afsatser af en à två, högst fyra decimeters höjd (fig. 35). De äro äkta strandterrasser i miniatyr, utbildade på olika nivåer, då vattnet sjönk efter senaste vårfloden.

Ofvan brytningspunkten förekomma, förutom konturlinjens större buktningar, äfven en utpräglad detaljskulptur i form af sandlister, utpreparerade af vinden. (Jfr s. 139 om eolisk erosion.)

Brytningspunkten mellan sluttningarnas öfre och nedre parti ligger på rätt växlande höjd, såsom framgår af tabelsens tredje kolumn. Den fjärde kolumnen angifver brytningspunktens orsak. Vanligen betingas den af stratigrafien (strat. i tabellen), därigenom att ett mera sammanhållande lager af mjåla öfverlagrar ett lösare sandlager. Då öfvergången ej sker alldeles vid gränsen af de båda lagren men ändå torde stå i samband med denna, har »strat.» satts inom parentes. Hos tre profiler finnes ingen stratigrafisk orsak till den särdeles tydliga brytningspunkten. Denna ligger, egendomligt nog, på samma höjd öfver älfven hos dem alla, eller på 4.1 meter. Just till den höjden nådde den närmast följande vårfloden i maj 1910, och kanske hade också någon af de närmast föregående vårfloderna händelsevis nått samma höjd. Detta trappsteg i något större skala skulle sålunda hafva bildats af stranderosionen ensam (eros. i tabellen).

En afvikande typ är 11:e profilen å Värnäs. Branten är här bevuxen och vegetationen tillåter ej någon brytningspunkt att framträda.

Mjåldalar af Säterstypen. Erosionsbränternas yta antager genom erosionen de former, som antydts ofvan i anslutning till profilerna å tafl. 2. Emellertid arbetar också förstörelsen med att sönderskära branterna och bilda sidoraviner. Dessa små miniatyrdalar och niporna mellan dem äro af alldeles samma art, som man finner öfverallt i de norrländska älfdalarna. För en närmare bekantskap med de former, så-

dana erosionsdalar sträfvä att utbilda, må hänvisas till undersökningen af Sättersdalen, sid. 179, 188 och tafl. 5. Liksom vid Säter beror ravinernas uppkomst på den fina mjälans förmåga att upptaga vatten och komma i flytning.

Inom området för tafl. 1 finnas å nordligaste Värnäs icke mindre än fyra fullt utbildade jordflytningsdalar. På nordligaste fliken af Ljusnäs träffas 7, hvaraf en blifvit längre än de öfriga, sedan man ditledt Spånbacken. Af Sättersdalarnas förekomst på dessa båda näs framgår genast lagen för deras geografiska utbredning å flodplanet: de kunna uppträda endast där erosionsbranten följer nära utmed dalsidan (c:a 100 m.).

Endast här uppfyllas de två villkor, som äro nödvändiga för deras tillvaro. Det vatten, som silar ned från dalsidan, höjer här grundvattnets nivå tillräckligt för att mjällagren skola blifva genomblöta och jordflytningen komma i gång (A. G. HÖGBOM, 51). Det andra villkoret för att ravinerna skola kunna bibehålla sig är, att älfvens direkta erosion ej går fortare än ravinbildningen. Ravinerna kunna ju aldrig utbildas, där de ständigt skäras bort hastigare i nedre ändan än hvad de tillväxa i den öfre.

I den dynamiska afdelningen (sid. 134) har på grund af andra förhållanden kunnat bevisas, att älferosionen, räknad vinkelrätt mot erosionsbranten, just går långsammast där branten befinner sig närmast dalsidan. På hundra till femtio meters afstånd från dalsidan bortskäres endast $\frac{1}{3}$ till $\frac{1}{6}$ så mycket af dalmynningarna som midt ute i dalen.

Å den nordliga delen af kartan, tafl. 1, äro älfrökarna kraftigare böjda, och erosionsbranterna gå snart ut från dalsidorna. Det är därför naturligt, att ravinbildningen är mindre framträdande här. Torpnäs har i alla fall en ravin, som ligger just där man skulle vänta sig en sådan. Den inkräftar för öfrigt på ett högst olägligt sätt på därvarande skolgård. Som vanligt har man gjort fåfänga försök att hejda den medelst fasciner af sten, i stället för att dika

bort det underjordiska, från dalsidan härstammaude vatt-
net (51).

Blott Ändenäs saknar hvarje spår af raviner, tydligen emedan det börjar med alltför stor bredd. Den smala nordfiken är ju här ersatt af 28-meterterrassen. Själfva terrassen är dock genomskuren af en storartad bäckravin, som mynnar i älfven längst i norr, där terrasspartiet är smalast; således i analogi med förhållandena på flodplanet.

Baskenäs har åter en ravin, som äfvenledes ligger där nordfiken blifvit tillräckligt smal.

De fem näsen hafva tillsammans tretton små Sätersdalar, med längder varierande mellan 30 och 75 meter. Endast Spånäckens ravin når 160 meter. Man skulle knappt kunna vänta sig mycket större längder, då ju ravinerna äro inskränkta till zoner af högst 100 meters bredd.

Konkava och konvexa stränder. Erosionsbranterna och Sätersdalarna äro bundna vid serpentinbågarnas yttre stränder. Det kan nu uppstå en viss tvekan, om man bör kalla sådana stränder konkava eller konvexa, inåt- eller utåtbuktande. Den frågan kan lämpligen klargöras före beskrifningen af flodbäddens låga innerstränder.

Betraktar man en karta öfver en serpentinflod, där flodens yta färglagts, får man lätt intrycket, att den yttre stranden är den konvexa. Så måste saken te sig ur vattnets synpunkt. Flodens yta och hela vattenmassa buktar ju utåt mot erosionsbranten.

Tager man åter hänsyn till de landformer, som floden bildat, till själfva flodbädden, så är erosionssidan konkav. Den är urholkad såväl i horisontell led (tafl. 1) som i vertikal (tafl. 2) och urholkas allt fortfarande af erosionen. Detta, att bedöma saken ur landets synpunkt, är otvifvelaktigt det geografiskt riktigaste. Vid inre stranden är då landytan konvex å profil som å karta, och utbuktningen tillväxer alltmera genom sandbanksbildning.

De flesta forskare tyckas också vara ense om att beteckna erosionsstranden som den konkava eller urholkade. Så göra

bland andra SVEN HEDIN, fransmännen B. och J. BRUNHES, tyskarna M. HONSELL och B. NEUMANN, österrikaren J. STINÝ, engelsmannen A. TYLOR och ungraren P. VUJEVIĆ (44, 13, 48, 59, 78, 84, 93).

Den bekante amerikanen W. M. DAVIS (22) ställning är ej fullt klar. Han talar något otydligt om att meanderloppens bifloder utmynna i hufvudflodens »konvexa sträckor». Då det icke finnes någon skillnad mellan konkava och konvexa flodsträckor, så menar han tydligen båggar i motsats till de rakare flodsträckorna mellan dem. Syftar man däremot på en viss sida af floden, så ligga biflodsmynningarna alltid å flodbågens yttre sida, således å den konkava enligt de ofvanstående forskarna.

Tvärtom säger engelsmannen CALLAWAY (15), att nio af tio bifloder inträda på den konvexa (yttre) sidan af hufvudflodsmeandrarna. Hans uppsats är för öfrigt knappast af den beskaffenhet, att man behöfver fästa något större afseende vid den. Ett framstående amerikanskt arbete af N. M. FENNEMAN (28) betecknar dock, liksom han, aflagringsidan konkav och således den yttre sidan konvex.

Sandbankar af fyra ordningar. Midt emot Klarälfvens erosionsbranter ligga de låga aflagringsstränderna, och framför dem utbreda sig flata sandbankar. Tafl. 1 och fig. 21 visa, huru de långsträckta sandfälten följa efter hvarandra i sicksack nedåt dalen, hvart och ett anslutande sig till sydsidan af ett näs.

Då vårfloden är öfver, äro de alltjämt täckta af vatten, och först längre fram på sommaren, i juli, börjar den ljusa, vegetationslösa sanden vinna terräng. I augusti har älven sjunkit så mycket, att bankarna ofta upptaga mera än hälften af älfbäddens bredd. Vid ett sådant sommarlägvatten, då älfytan står ända till 0.6 meter lägre än undersökningens datumplan, kan man lättast få en öfversikt af sandaflagringarnas topografi.

I sin helhet får sandområdet alltid formen af en halfmåne eller skära genom sitt läge mellan älfbäddens jäm-

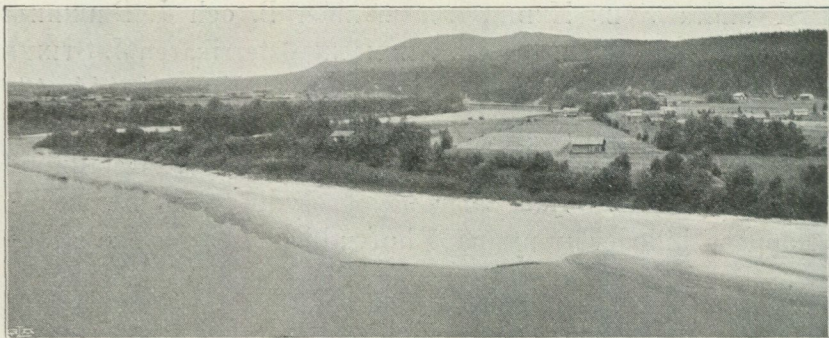


Fig. 21. Björkenäs och Baskenäs sandbankar.

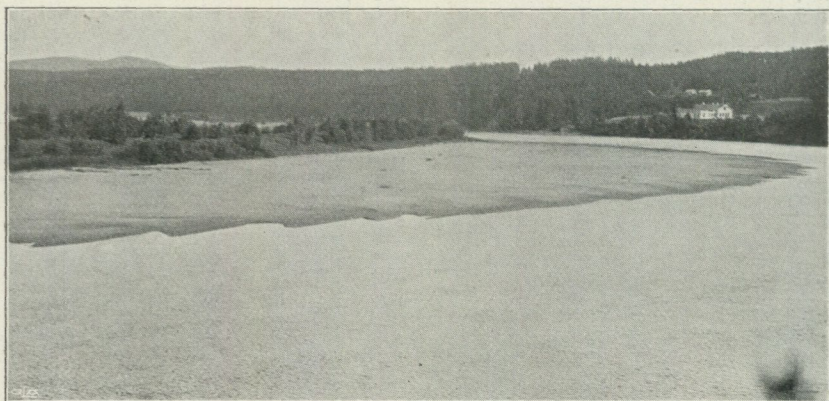


Fig. 22. Ädenäs halfmånbank vid lågvatten.

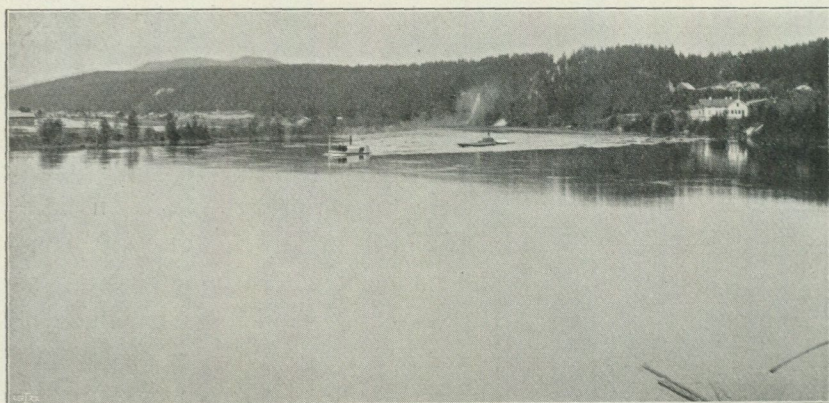


Fig. 23. Densamma vid högvatten.

förelsevis svagt konvexa normalstrand och älfvens lågvattenslinje, hvars konvexa buktning är mycket starkare och till och med öfverträffar erosionsbrantens konkavitets midt emot. Områdenas längd varierar vid de olika näsen mellan 600 och 800 meter, största bredden mellan 70 och 170 meter. Vid hvarje särskildt område är bredden störst på midten och afsmalnar därifrån utåt bankens båda ändar.

Sandytan är högst intill näset midt för den största bredden och sänker sig därifrån ytterst sakta mot bankens ändar, något märkbarare utåt älfven. Såsom framgår af tafl. 3, I, fortsätter sandbanken med allt starkare lutning ända till älfvens djupaste ränna, där den slutar både som sandlager betraktad och som geografisk form.

Till den stora halfmånbanken sluter sig i öfre ändan en liten nagelformad sandplatta, som omgifver det ifrågasvarande näsets spets. En sådan liten bank är att betrakta såsom en del af den större halfmånbankens norra snip, som blifvit nästan isolerad till följd af de tvära älfserpentinernas form.

Halfmånbankarna hafva lika litet som andra sandbanksbildningar någon stadgad benämning i litteraturen. Man skulle kunna kalla dem meanderbankar resp. serpentinbankar, då de ju alltid äro oskiljaktigt förenade med hvar sin flodbåge. Inom bågen ligga de på den konvexa sidan och förstärka dess konvexitet. Konvexitetsbankar vore därför en tänkbar benämning. Särskildt viktigt för undvikande af misstag är att framhålla dem såsom ett slags längsbankar i förhållande till flodens strömriktning. Anspelade på deras form, har man i flera arbeten användt de redan nämnda målade beteckningarna: skärformiga bankar eller halfmånbankar.

Den stratigrafiska undersökningen har visat, att en halfmånbank är att uppfatta som ett sandskikt hvilande taktegel-formigt på en serie äldre bankar af samma slag. Det hela bildar ett sandlager, 1 till 6 meter mäktigt och fortsättande tvärs genom hela näset. Häraf följer, att ett helt näs till en viss grad kan sägas vara en sandbank. Särskildt tydligt skulle detta blifva vid floder, som endast förde sand som

sediment. Näsen hos Klarälven såväl som meanderloppens motsvarande lober angifva sålunda utsträckningen af bågloppens sandbankar af 1:a ordningen. Halfmånbankarna, som uppbygga dem, äro bankar af 2:a ordningen.

Halfmånbankarnas yta visar sig åter sammansatt af bankar af lägre ordning. Torpnäs halfmånbank har i detta afseende underkastats en specialundersökning (fig. 24). Dess bankar af 3:e ordningen äro tvärställda sandplattor, som hafva en ytterst flackt hvälfvd eller platt sida och en tvärbrant, där

En sandbank af 2:ra och 50 af 3:dje ordningen. Torpnäs.

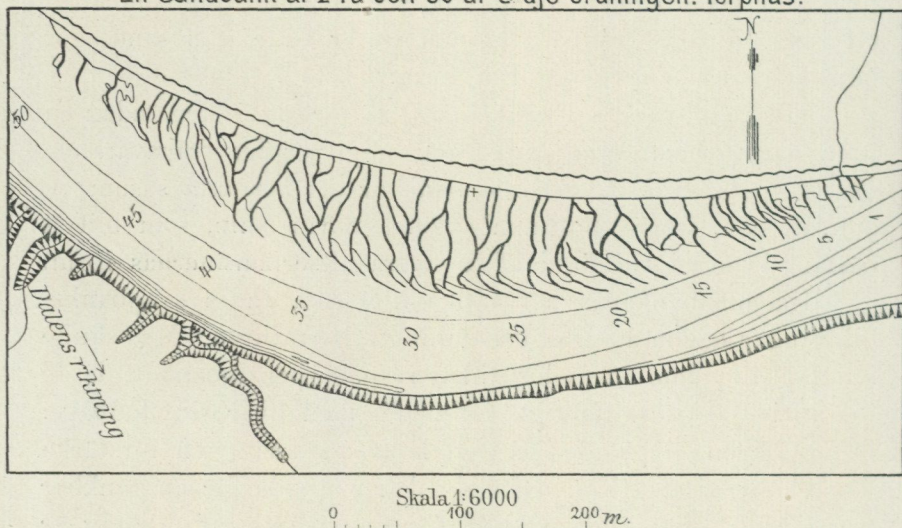


Fig. 24.

sanden ligger i 30 graders rasvinkel. Liksom rundhällarna vända sin flackare sida mot den forna landisens rörelseriktning, så befinnos tvärbankarna alltid vända flacksidan uppåt floden och den tvärbranta nedåt. Fig. 25 visar några sådana bankar sedda uppfifrån älven, fig. 26 från sidan, så att älven flyter från höger mot vänster.

Tvärbankarnas förlopp förefaller vid första anblicken något oregelbundet och vågigt, som å fig. 26, och tyckes i någon mån påminna om fiskfjällsstruktur. Kartläggningen

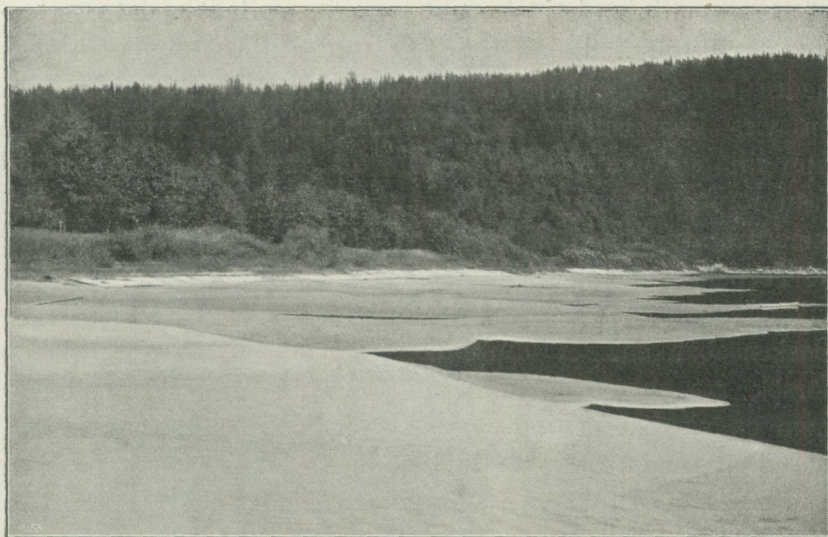


Fig. 25. Tvärbankar vid Torpnäs sedda uppi från floden.

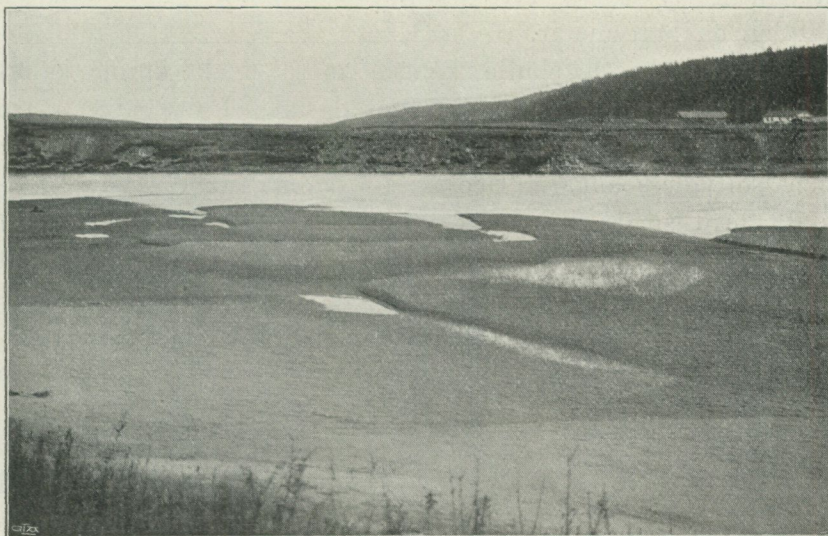


Fig. 26. Tvärbankar vid Torpnäs sedda från sidan.

(fig. 24) har dock klargjort en stor regelbundenhet i deras allmänna anordning. I halfmånbankens mellersta parti utgå de från älfbäddens rand under rät vinkel. Först i närheten

af lågvattenlinjen böja de tämligen oförmedladt nedåt i strömmens riktning. Böjningen framträder allt mindre hos de nedre, kortare bankarna. Enligt kartan (fig. 24) råder dock en viss konformitet från halfmånbankens nedre ända och upp till 40:e tvärbanken. Ända dit gå tvärbankarna rätt ut från första älfvallen, men ofvanför denna punkt hafva de en sned riktning nedåt strömmen. Det förekommer icke endast å Torpnäsbanken, att det öfversta partiet har en något afvikande riktning. Något liknande visar fig. 21 beträffande Baskenäsbanken. Å hufvudkartan (tafl. 1) har gjorts ett försök att schematiskt antyda tvärbankarnas riktningar genom en viss streckning.

Den undersökta halfmånbanken vid Torpnäs omfattar jämnt 50 tvärbankar. Då hufvudbankens längd är 680 meter, blir tvärbankarnas bredd i medeltal 13.6 meter. Deras branta, distala afsats är blott en à två decimeter hög, mera undantagsvis tre à fyra decimeter, och torde icke i något fall nå en half meter.

Tvärbankarna skulle kanske mera exakt kunna kallas tvärställda sandplattor eller något dylikt. I litteraturen äro de ofta belagda med beteckningarna sanddyner, sandribbor och solfjädersbankar. Geologerna känna dem såsom sandskikt med sned eller s. k. korsande lagring, hvilka riktigt tydas som flodaflagringar, utan att man i allmänhet gjort klart för sig hvilken geografisk detaljform de närmast motsvara.

Dessa bankars flata ytor krusas i sin tur af talrika sandbanksvågor af en fjärde ordning. Det är vackert utbildade böljslagsmärken, föga mer än decimeterstora och med höjdskillnader af endast få centimeter (fig. 25 och 26). I öfverensstämmelse med flodvattnets mera oroligt hvirflande rörelse hafva de en kortare och mera toppig form än hafskusternas långsträckta böljslagsmärken. I flodbäddar vore kanske lämpligare att kalla dem strömningsmärken. Vissa författare benämna dem sandvågor.

De fyra slag af sandbankar, som urskilts vid Klarälf-

ven, äro af alldeles olika storhetsordning och art. De visa inga öfvergångsformer till hvarandra. Huru deras viktigare dimensioner förhålla sig till hvarandra, framgår af nedanstående tablå, som upptager starkt schematiserade, typiska värden uttryckta i meter.

Ordning	Benämning	Längd	Bredd	Måktighet
1:sta	Lober, Näs	1 000	1 000	3.00
2:dra	Halfmånbankar	1 000	100	3.00
3:dje	Tvärbankar	10	100	0.30
4:de	Böljslugsmärken	0.1	0.1	0.03

Otvifvelaktigt förekomma liknande sandformer i snart sagdt alla flodlopp. I litteraturen omtalas ofta sandbankar af olika slag, ehuru ofta med så sväfvande uttryck, att det icke är möjligt att afgöra, om de kunna identifieras med de ofvan definierade typerna.

Halfmånbankar omnämnas från en mängd floder, såsom af GREBENAU från Rhen, af RENELL från Ganges och af FENNEMAN från Mississippi-Missouri. Ovisst är, om FRAUENFELDERS »Scheiben» i Donau äro halfmånbankar eller något annat, kanske rent af älfvallar (39, 68, 28 och 30).

Tvärbankarna tyckes vara relativt lättare att karakterisera. Då FRAUENFELDER säger om vissa floddyner, att de luta å proximala sidan cirka 1° och å den distala 25 à 33° , så är det genast klart, att det är fråga om 3:e ordningens tvärbankar. Likaså, då NEUMANN (59) omnämmer sandvågor, som äro vinkelräta mot strömmen och som enligt DUBUAT flyttade sig $2\frac{1}{2}$ m. per 24 timmar. Det är knappast troligt, att det här är fråga om böljslugsmärken, när det torde vara mycket svårt att följa deras förflyttning under 24 timmar.

I sin »Morphologie der Erdoberfläche» (64) anför PENCK efter HÜBBE några ord om sandvågor af trekantig form. De äro långsluttande uppströms och sluta tvärt nedströms.

Tydliggen är det tvärbankar. Den trekantiga formen har snarare setts än uppmätts (jfr fig. 25 och 24).

Tvärbankarna omnämnas äfven af den bekante amerikanske humoristen MARK TWAIN (56). Han började sin bana som lots på Mississippi och blef en praktisk specialist på flodbäddens morfologi i det stora meanderloppet. På sitt lifliga sätt skildrar han huru kaptenen undervisar lotslärlingen hur man skall undvika den starkaste strömmen på uppvägen genom att hålla sig intill halfmånbankens bräm, korsande öfver ändarna af tvärbankarnas »ribbor». — — »Håll tätt inemot udden, säger jag — sakta, sakta, litet i sänder. Så, nu äro vi uppe på sandbanken — det är alltid en sandbank utanför hvar udde, därför att vattnet slammar af sig där i hvirveln. Ser du de där fina linjerna därborta, som ribborna i en solfjäder? — Det är små sandreflar, de där, — dem skall du inte precis ränna upp på, men håll tätt intill dem.»

Äfven flodbankarnas böljslags- eller strömningsmärken äro en vidt utbredd företeelse, omnämnd af t. ex. GIRARD och af GREBENAU (38 och 39).

Sandbankarna, liksom flera af älfbäddens och flodplanets öfriga geografiska former, äro i själfva verket föremål för sporadiska omnämmanden i ett mycket stort antal arbeten. Däremot råder brist på monografiska framställningar af flodmorfologien och på tillförlitliga afbildningar och kartor. I det ofvanstående har gjorts ett försök att beträffande Klarälvens dal, flodplan och flodbädd omnämna alla viktigare geografiska former.

Flodplanets stratigrafi.

Marina och fluviatila lager. Det är allmänt känt, att floderna aflagra sandbankar i sin bädd och att flodplanen uppbyggas af geologiskt unga flodbildningar. Däremot har man mera sällan gått så mycket i detalj vid studiet af dessa aflagringars olika skikt, att man kunnat fullt förstå

hurå det verkligen tillgick, då de bildades. En ännu större ovisshet tyckes i många fall råda, när det gäller att afgöra, hvad som hör till de nutida flodaflagringsarna. Äfven på så viktiga och i öfrigt väl kända flodplan som Mississippis, Pos, Nilens och Ganges gå meningarna vidt åtskils. Några forskare anse, att dessa flodplan och deras sediment äro ytliga företeelser, som nå ned knappt ett tiotal meter. Andra åter mena, att flodaflagringsarna inom samma områden hafva en mäktighet af flera hundra meter.

I Klarälfsdalen finnas vissa betingelser för möjligheten att uppdraga en skarp gräns mellan flodbildningarna och därunder varande äldre sediment. Härvid måste man dock utgå från en närmare undersökning af lagerbyggnad och material i den redan å sid. 19 nämnda 50-meterterrassen. På grund af den geologiska situationen kan man vänta, att den dalfyllning, af hvilken terrasserna äro de enda mera synbara resterna, bildats genom glaciärälfvarnas afsättningar i Klarälfsfjorden under landisens afsmältning. Där ofvanpå kan man möjligen ännu hoppas finna spår af Klarälfsmyningens sanddelta, som framryckte i den mån de nämnda glaciala bildningarnas yta blef höjd öfver hafvets nivå genom den inträdande landhöjningen.

En profil, som helt och hållet svarar mot en sådan utveckling, är någorlunda blottad i en ravin vid Ulfsheden, några hundra meter norr om Signestugan å tafla 1. Här finner man, liksom öfverallt annars, att terrassen väsentligen uppbygges af hvarfvig mjåla af ett mycket regelbundet och karakteristiskt utseende. På ett närbeläget ställe har ett antal lager uppmätts och ett diagram uppgjorts. Aflagringsen är tydligt årshvarfvig med 1 å 2 dm. mäktiga sommarskikt af ljusgrå finsand, s. k. mjåla, med en typisk kornstorlek af blott 0.07—0.02 mm. Vinterskikten bestå ofta af en, men vanligen af två eller tre fina lerränder i mjålan. De äro hvardera endast 1 till 7 mm. tjocka och med skarpa begränsningslinjer. I en sådan grupp af lerränder består vanligen den understa helt och hållet eller till större delen af grå lera.

Där ofvan har leran en varmt rödbrun färg. En sådan färgväxling styrker uppfattningen att aflagringen verkligen består af årsskikt. En ståtlig skärning i samma material erbjuder 28-meterterrassen i norr på Ändenäs (fig. 27). Sluttningen är här så brant, att den är fri från ras men blir på

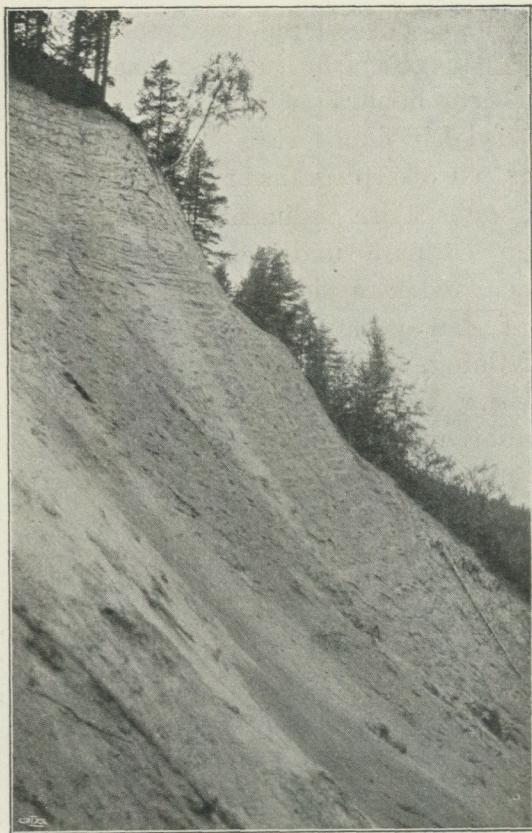


Fig. 27. 28-meterterrassens erosionsbrant. Ändenäs.

samma gång något svårtillgänglig. Redan på afstånd ser man en randning, som efter lagrens upprensning och mätning visade sig motsvara årsskikten. Själva lerränderna synas å bilden endast längst uppe under platåkanten.

I 28-meterterrassens brant når det hvarfviga sedimentet ända upp till terrassytan. Det är däremot icke fallet i 50-

meterterrassen. I profilen vid Ulfsheden vidtager sand några meter, innan man når upp till kanten. Underst är sanden mycket fin med en kornstorlek af omkring 0.20—0.07 mm. Ett par meter högre upp är den något gröfre, 0.7—0.2 mm., och bibehåller sig så ännu ett par meter. Sedan kommer ett lager af småsten af 20—7 och 7—2 millimeters kornstorlek. Det förefaller ganska egendomligt att i dessa märkliga finsediment finna ett tunt skikt af ända till ett par centimeter stora rullstenar. Det återstår nu endast 0.40 m. sand upp till terrassytan.

Profilens bildningssätt i anslutning till hvad som ofvan nämnts är dock fullt klart. Det hvarfviga sedimentet är senglacialt, d. v. s. bildadt under isens afsmältningstid, och marint, eller närmare bestämdt afsatt i en hafsfjord. Dess gräns mot sanden är den gamla fjordbotten. Sanden själf är något yngre och betecknas bäst som postglacial. Den är i själfva verket Klarälfvens deltaaflagring i fjorden. Att sanden blir gröfre uppåt beror därpå, att älfmyningen kom allt närmare, och slutligen bildades stenlagret (kunde kallas »det postglaciala ytgruset»), då den starkaste strömfåran svepte öfver området. Kort därpå hade landet höjt sig så mycket, att älven börjat skära sig ned på djupet. Härmed inträdde ett afbrott i aflagringen, och de redan bildade sedimenten började framträda som terrasser.

För tolkningen af flodplanets stratigrafi är af grundläggande vikt att genom terrassernas vittnesbörd hafva fått full visshet om att den hvarfviga mjälan af ofvan beskrifna typ är en senglacial, marin bildning, som har intet att skaffa med Klarälven och dess aflagringar å det nuvarande flodplanet. Den hvarfviga mjälan har utfyllt hela dalen till 45 meters höjd öfver nuvarande älfytan. Hvarhelst man finner dess yta på lägre nivå, visar detta, att Klarälvens erosion tagit bort såväl en del af hvarfviga mjälan som all den postglaciala deltasanden. Så är fallet på 28-meterterrassens plan. Älven nere å själfva flodplanet förekommer hvarfvig mjäla af samma slag som i terrasserna, ehuru här öfverlag-

rad af yngre flodsediment. Den marina mjälans yta angifver här en betydlig lucka eller diskordans i lagerserien, motsvarande slutet af den sen-glaciala och större delen af den post-glaciala tiden. Vid denna i naturen härskarpa diskordans går gränsen mellan Klarälfvens nutida fluviatila sediment och de sen-glaciala marina aflagringarna.

Tolf stratigrafiska profiler af flodplanet. Flodplanets lagerföljd har undersökts och uppmätts på tolf ställen, hvilka å tafl. 1 utmärkts med ringar såsom geologiska profiler. De ligga alla å näsens erosionsbranter, hvilka ju genomkorsa flodplanet i sicksack. Naturen själf har härigenom i hög grad gynnat undersökningen, så att det nu på de flesta håll var ganska lätt att gräfvä fram de oskadade lagren.

Resultaten af mätningarna återgifvas här nedan (sid. 87—93) i tabellform i syfte att underlätta jämförelser. Än åskådligare belysas vissa sidor af stratigrafien genom profilerna å tafl. 2. Det gäller i främsta rummet de olika lagrens läge i förhållande till älven och näsets yta, hvarjämte man tydligt ser materialets skiftande beskaffenhet återspeglas af erosionsbranternas form.

Genom dessa profiler fastställdes den normala lagerföljden å flodplanet. I tabellernas första kolumn hafva uppförts numren på de urskilda lagren, räknadt från de äldre uppåt de yngre.

Underst ligger den marina mjälan (1 i tabellerna). Man ser ofta, huru älfvattnet, då det sjunkit undan från ett högre vattenstånd, har preparerat fram vinterskiktens karakteristiska grupper af grant bruna lerränder (fig. 29). Sommarskikten äro rikt skulpterade i vertikal led, så att ett parti hvarfvig mjäla ofta kan i formrikiedom täfla med en sluttning af Colorados Cañon. Mjälan är för öfrigt af den konsistens och kornstorlek, att den öfvergår till flytjord vid genomdränkning med vatten. Man behöfver endast stampa något på lägre liggande, fuktig mjäla för att den skall välla fram som en trög lavaström.

Denna mjäla har för öfrigt intet med flodplanet att skaffa, såsom redan påvisats, och vi förbigå därför dess olika årshvarf.

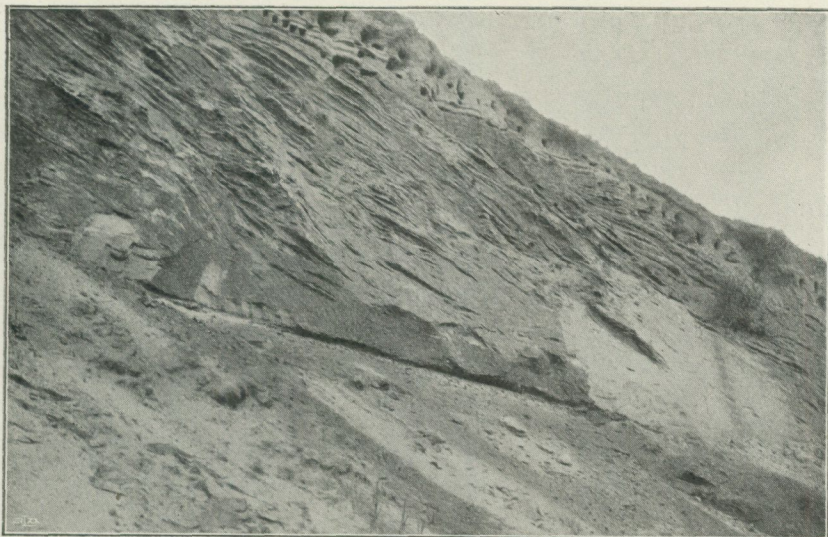


Fig. 28. Älfmjåla, Torpnås.



Fig. 29. Marin mjåla, Åndenås.

Flodaflagringarnas nedersta skikt är ålfgrus (2). Stenarna åro hopkittade med jårnoxidhydrat till ett rødgult konglomerat, som kan brytas loss i skifvor. Lagret år ofta

icke tjockare än stenarnas diameter. Ibland ligga stenarna så spridda, att de öfver- och underliggande lagren hufvudsakligen hvila direkt på hvarandra. Å profilerna hafva i så fall de grofva prickarna satts mera glest.

Nästa lager är älf sand, hvilken i regeln är gröfre i sin undre (3) och småningom blir finare i sin öfre del (4).

Härpå ligger i vissa profiler ett öfre älfgrus (5) af samma art som det undre, men vanligen mindre utveckladt. Det torde möjligen kunna räknas till den normala lagerföljden.

I en af profilerna upprepas lagren 2, 3 och 4 två gånger, hvarvid de öfre ej ansetts höra till normalprofilen utan hafva i tabellen betecknats med 2 a, 3 a och 4 a.

Ofvanpå älf sanden, resp. öfre älfgruset, följer flodaflagringsseriens öfversta lager, älfmjälan, hvars finkorniga undre del (6) omärkligt öfvergår i en ännu finkornigare öfre (7). Älfmjälan uppbygges tydligen af ett tämligen stort antal skikt. De äro emellertid till den grad oregelbundet linsformiga och obestämda, att det icke är möjligt att bestämma deras antal och mäktighet. Skiktningen stupar ofta brant (antydtes i profilerna genom sned streckning) eller är snarare vågformig. Lagret kunde också provisoriskt kallas den snedlagrade mjälan i motsats till den marina trappstegsmjälan. Fig. 28 och fig. 33 visa den sneda skiktningen, som blifvit skönjbar genom vindskulptur. Vid mjälans bas synes öfre älfgruset. Därunder vidtager älf sanden, ehuru täckt af ras.

De egentliga flodsedimenten öfverlagras af ett myllager (8). Detta består nog öfvervägande af älfmjäla men är myllartadt genom en afsevärd halt af humusämnen och har mörkt brun färg. Vegetationsmattans seghet gör, att det ofta i erosionsbranterna kommer att bli öfverhängande eller t. o. m. nedhängande.

I vegetationsmattan aflagras flygsand (9) af få centimeters mäktighet. Mylla och flygsand äro i tabellerna sammanslagna och hafva, hvad de oorganiska beståndsdelarna beträffar, samma kornstorlek som älfmjälan.

Hufvuddata angående dessa 9 lager äro uppförda i tabellernas följande kolumner. Andra kolumnen angifver den typiska kornstorleken i millimeter. Den har bestämts genom att i fältet jämföra det naturliga sedimentet och medförda prof, som genom slanning fått en viss kornstorlek. Metod och grofleksgrupper äro angifna af A. ATTERBERG (2 och 3). Visserligen tager man på detta sätt ej direkt hänsyn till att sandslagen äro blandningar af olika kornstorlekar, men om jämförelsen i fält utföres omsorgsfullt, torde man dock kunna få tal, som karakterisera verkligheten tämligen träffande.

Tabellernas tredje kolumn afser lagrets öfverkant och angifver dess höjd i meter öfver vattenståndet den 22 juli 1909. I fjärde kolumnen äro de resp. lagrens mäktighet i meter uträknad. Den marina mjälan bildar ju den egentliga dalfyllnaden (fig. 44), hvad andess mäktighet i dalens midt torde kunna uppgå till ett hundratal meter.

Profil 1, Baskenäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	10.43	0.20
7 Älfmjäla, öfre delen	0.07—0.02	10.23	} 4.30
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 —	—	—	—
4 Älfsand, öfre delen	0.7 —0.2	5.93	} 2.44
3 Älfsand, undre delen	0.7 —0.2	—	
2 Älfgrus	70 —20	3.49	0.08
1 Marin mjäla	0.07—0.02	3.41	—

Denna profil är i fråga om kornstorlekar och lager fullkomligt normal. Älfsanden blir finare uppåt, ehuru skillnaden ej är tillräcklig för att kunna framträda med de använda grofleksgrupperna. Profilen ligger å Baskenäs nordsnip och ganska nära dalsidan.

Profil 2, Baskenäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	6.96	0.18
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	6.78	} 4.87
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 Öfre älfgrus	20 —7	2.41	0.01
4 Älfsand, öfre delen	0.7 —0.2	2.40	} 1.16
3 Älfsand, undre delen	2.0 —0.7	—	
2 Älfgrus	40 —7	1.24	0.02
1 Marin mjäla	0.20—0.07	1.22	—

Älfven i profil 2 är lagerföljden fullt normal. Här uppträder dessutom öfre älfgruset, ehuru svagare utveckladt än det undre. Älfsandens kornstorlek aftager normalt uppåt. Den marina mjälan är något gröfre än vanligt men innehåller en finare rand af 0.07—0.02 millimeters mjäla på en höjd af 1.02 m. Randen är blott 1 cm. mäktig. Profilen ligger nästan midt ute i dalen.

Profil 3, Baskenäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	5.71	0.10
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	5.61	} minst 6.50
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 } 4 } 3 } oåtkomliga under älfvens yta 2 } 1 }			—

Profil 3 kan vara fullt normal, ehuru de undre delarna ej voro tillgängliga för undersökning. Älfmjälan är ovanligt mäktig och ligger så lågt, att den når under vattenytan

minst så långt handborren räckte. Kornstorleken mättes på sex nivåer men visade ej någon märkligare variation. Profilen ligger nära spetsen af Baskenäs och ej långt från det djupa serpentinbäckenet 15 v.

Profil 4, Ändenäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	10.64	0.20
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	10.44	} 3.95
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 a —	—	—	—
4 a Öfre älf sand, öfre delen	0.7 —0.2	6.49	} 0.74
3 a Öfre älf sand, undre delen	2.0 —0.7	—	
(5) 2 a Öfre älfgrus	30 —7	5.75	0.04
4 Älf sand, öfre delen	0.7 —0.2	5.71	} 0.66
3 Älf sand, undre delen	2.0 —0.7	—	
2 Älfgrus	40 —7	5.05	0.02
1 Marin mjäla	0.07—0.02	5.03	—

I profil 4 uppträda grus- och sandskikten i dubbla serier, hvilket ger profilen en något afvikande prägel. I andra afseenden är den dock normal, och kornstorleken aftager uppåt i alla lager. Älfmjälans öfre del är något finare än groflekstypen 0.20—0.07, dess undre del gröfre än denna. Profilen befinner sig vid hörnet af den 28-metersterrass, som egendomligt nog ersätter Ändenäs nordflik.

Profil 5, Ändenäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	6.63	0.20
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	6.43	} 6.08
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 (2) Öfre älfgrus	70 —20	0.35	0.11

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
4 Älfsand, öfre delen	7 —2	0.24	} 0.86
3 Älfsand, undre delen	0.7—0.2	—	
2 —	—	—	—
1 Marin mjäla	?	—0.62	—

Profil 5 är den enda, som har ett omvänt sandlager, i hvilket kornstorleken aftager nedåt. I samband härmed saknas det som lager 2 betecknade älfgruset. Det ligger i stället ofvanpå sanden såsom ett mäktigt öfre älfgrus. Liksom i profil 3 är älfmjälan ovanligt mäktig och når nästan ned till vattenytan. Båda profilernas läge är också analogt. Profil 5 ligger nära spetsen af Ändenäs och ej långt från serpentinbäckenet 16 ö. Man skulle på grund af dessa öfverensstämmelser kunna uttala den förmodan, att de oåtkomliga lagren i profil 3 antagligen äro omvända på samma sätt som i profil 5.

Profil 6, Torpnäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	10.04	c:a 0.20
7 Älfmjäla, öfre delen	0.07—0.02	c:a 9.84	} 2.00
6 Älfmjäla, undre delen	0.07—0.02	—	
5 —	—	—	—
4 Älfsand, öfre delen	0.7 —0.2	7.84	} 5.84
3 Älfsand, undre delen	2.0 —0.7	—	
2 —	—	—	—
1 Marin mjäla	0.07—0.02	2.00	—

Profil 6 saknar grusränder. Den är för öfrigt normalt utbildad, ehuru sandlagret är ovanligt mäktigt. Älfmjälan är något gröfre än 0.07—0.02, utan att dock kunna hänföras till nästa storleksgrupp. Profilen ligger å Torpnäs nordfläk.

Profil 7, Torpnäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	8.62	0.19
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	8.43	} 0.84
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 —	—	—	—
4 Älfsand, öfre delen	0.7 —0.2	7.59	} 3.97
3 Älfsand, undre delen	0.7 —0.7	—	
2 Älfgrus	70 —20	3.62	0.06
1 Marin mjäla	0.20—0.07	3.56	—

Profil 7 är den mellersta af de tre profilerna å Torpnäs nordflik. Den ligger något längre från dalsidan än den föregående. Här är älfgruset redan fullt utveckladt och profilen alltigenom normal. Sandens öfversta del genomdrages af finare mjälränder.

Profil 8, Torpnäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	10.23	c:a 0.20
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	c:a 10.03	} 3.86
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 —	—	—	—
4 Älfsand, öfre delen	0.7 —0.2	6.17	} 1.63
3 Älfsand, undre delen	2.0 —0.7	—	
2 Älfgrus	20 —7	4.54	0.08
1 Marina mjäla	0.07—0.02	4.46	—

Profil 8 är fullt normal och torde kunna betecknas som den för Klarälfvens flodplan mest representativa af de här meddelade profilerna. Den ligger långt ute i dalen vid början af Torpnäs breda nordflik. Lagret af älfgrus är ännu något gröfre än som kunnat angifvas i tabellen och innehåller mycket sten af 70—20 millimeters diameter.

Profil 9, Torpnäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	8.91	0.20
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	8.71	} 4.15
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 Öfre älfgrus	70 —20	4.56	0.12
4 Älfsand, öfre delen	0.7 —0.2	4.44	} 1.36
3 Älfsand, undre delen	2.0 —0.7	—	
2 [Älfgrus]	[70 —20]	—	—
1 Marin mjäla	0.07—0.02	3.08	—

I profil 9 saknas lokalt älfgruset (lager 2). Det återfinnes emellertid endast fem meter väster om profillinjen. I dess ställe är öfre älfgruset i profilen företrädt af en jämförelsevis tjock bank (fig. 28). Jämte gruset förekomma egendomligt nog svarta strimmor af kol. Sandens nedersta del är färgad starkt gulröd af rost, som samlat sig öfver den marina mjälans mera svärgenomträngliga yta. Det är samma rostzon, som brukar kitta ihop älfgruset till ett konglomerat. Profil 9 påminner mest om profil 2. Båda ligga de, där näsafsatsen stöter intill den resp. nordbranten, profil 9 dock närmare dalsidan och krökbäcken.

Profil 10, Ljusnäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	6.90	0.08
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	6.82	} 1.70
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 —	—	—	—
4 Älfsand, öfre delen	0.7 —0.2	5.12	} 4.46
3 Älfsand, undre delen	2.0 —0.7	—	
2 Älfgrus	?	0.66	—
1 Marin mjäla	0.07—0.02	0.66	—

Profil 10 liknar mest profil 6 och ligger också på motsvarande sätt, ehuru något längre från dalsidan. Af gruslagret finnas endast spridda spår. Sandlagret är tjockt och dess kornstorlek aftager normalt uppåt.

Profil 11, Värnäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	6.40	0.19
7 Älfmjäla, öfre delen	0.07—0.02	6.21	} 5.78
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 —	—	—	
4 Älfsand, öfre delen	[0.7 —0.2]	?	
3 Älfsand, undre delen	0.7 —0.2	—	} 0.03
2 Älfgrus	40 —20	0.43	
1 Marin mjäla	0.07—0.02	0.40	—

Profil 11 ligger nära dalsidan å Värnäs långa nordflik. Profilen tyckes vara normal. Erosionsbranten är täckt af vegetationsmatta och bevuxen med buskar.

Profil 12, Värnäs.

Lager	Kornstorlek mm.	Höjd öfver älfven m.	Mäktighet m.
8, 9 Mylla och flygsand	—	5.76	0.17
7 Älfmjäla, öfre delen	0.20—0.07	5.59	} 5.39
6 Älfmjäla, undre delen	0.20—0.07	—	
5 —	—	—	—
4 Älfsand, öfre delen	0.7 —0.2	0.20	} ?
3 Älfsand, undre delen	2.0 —0.7	—	
2 ?	?	} under älfvens yta	?
1 Marin mjäla	?		

Profil 12 befinner sig nära spetsen af Värnäs och ej långt från dalsidan och bäckenet 17 v. Den kan således till läget jämföras med profilerna 3 och 5. Liksom i dem är

älfmjälan mäktig och når ned ungefär till älfvens yta. Det öfre älfgruset ersättes i profil 12 af svarta kolränder.

Redan af de nu anförda data torde erosionsbranternas lagerbyggnad vara i sina hufvuddrag fastställd. Materialet i de särskilda lagren har ofta en bestämd typ, som utmärkes af en viss kornstorlek. Finast äro de båda mjälorna, som hafva en sammanhängande, sandigt mjölig konsistens. Af dem är åter den marina mjälan afgjordt finare och svarar närmast mot ATTERBERGS grofleksgrupp 0.07—0.02 mm. Älfmjälan motsvarar gruppen 0.20—0.07 mm.

Sandlagret är ännu en à två grupper gröfre. Dess öfre del är typiskt 0.7—0.2 mm., hvarifrån kornstorleken nedåt ökas till 2.0—0.7 mm.

Älfgruset håller ofta blott 20—7 mm., men i regeln kan det föras till gruppen med 70—20 mm.

Skillnaden i kornens diameter inom de olika grofleksgrupperna framträder åskådligare, om man använder en mindre måttenhet, t. ex. hundraedels millimeter. I den marina mjälan är kornstorleken då omkring 2 till 7 enheter, i älfmjälan 7 till 20, i älfens öfre del 20 till 70, i dess nedre del 70 till 200 och i älfgruset 700 till 7,000.

Ännu oerhördt mycket större skillnader skulle erhållas, om man toge hänsyn till kornens volym eller vikt, såsom man bör göra ur dynamisk synpunkt, då det är fråga om villkoren för deras transport (jfr nedan sid. 146).

Jämte kornstorleken upptaga tabellerna de olika flod-sedimentens mäktighet. Därpå framgå omedelbart de största och minsta iakttagna värdena, hvarjämte normala mäktigheter kunna uppskattas, om man tager hänsyn till profilpunkternas läge och till förhållandena i öfrigt å flodplanet.

Älfgruset bildar alltid helt tunna skikt. Mäktigheten tyckes kunna blifva högst 0.12 m. men kan å andra sidan sjunka till under 0.01 m. Lagret kan i medeltal till och med vara tunnare än diametern af de ingående stenarna, om dessa ligga spridda. Som normal kan man anse en mäktighet af 0.03 m.

Älfsanden är mäktigast å näsens nordflikar, således närmare dalsidorna, och kan där nå 5.84 m. På andra ställen är sanden afsevärdt tunnare. Minsta värdet är 0.86 m., eller 0.66 m., om man skiljer båda halvorna af fjärde profilens dubbla sandbank. Sandlagrets normala mäktighet kan sättas till knappa 3 meter.

Älfmjälans mäktighet varierar mellan ett maximum af öfver 6.50 m. och ett minimum af blott 0.84 m. Extremerna äro ungefärligen desamma som sandlagrets, men i medeltal får mjälan en betydligt större siffra, sannolikt 5 meter.

Myllagret är det enda, som har en konstant mäktighet. Endast undantagsvis kan det vara så tunt som 0.10 m., eljest är det alltid i det närmaste 0.20 m. Två decimeter måste på samma gång betecknas som myllagrets normala och absolut största mäktighet i erosionsbranterna.

Under flodaflagringarna utfylles bergdalen väsentligen af marin mjäla. Dess mäktighet är ej känd. Bergdalens djup under älfvens nivå kan på grund af dalsidornas lutningar uppskattas till mellan 50 och 200 meter. Någon ledning får man vidare genom DAHLS lodningar i Rådasjön (*K. 4*). Denna sjö, som är bergdalens fortsättning nedom Edebäck, har ett största djup af 76 meter. Man har dessutom anledning. att i de nordligare och mera markerade dalpartierna vänta betydligt större djup. Det förefaller sålunda ej öfverdrifvet att tänka sig den marina mjälan såsom ett 100-tal meter mäktig. I hvarje fall är den mångdubbelt mäktigare än de öfriga lagren tillsammans, så att flodsedimenten rätteligen böra uppfattas som ett tunt ytlager i förhållande till den hvarfviga dalfyllnaden.

En öfversikt af de olika lagrens läge i dalen i såväl tvärprofil som längdprofil gifva figurerna 43 och 44 (sid. 158). Deras höjdskala är fem gånger längdskalan. Där- emot återgifvas de naturliga lutningarna af profilerna å fig. 4 (sid. 18).

Flodaflagringarna i litteraturen. Den stratigrafi, som härmed påvisats i Klarälfsdalen, är nog i mycket beroende af

lokala förhållanden. Några hufvuddrag synas dock vara gemensamma för snart sagdt alla flodplan. Sålunda bilda flodaflagringarna öfverallt, såsom vid Klarälven, en serie med uppåt aftagande kornstorlek.

RUSSEL (72) har funnit samma förhållande i Alaska vid Porcupine River. Denna flod är segelbar och meandrar på en sträcka af öfver 150 km. Flodplanet består öfverst af 1 meter torf, motsvarande Klarälvens myllager, därunder 1 till 2 meter fint slam, motsvarande älfmjålan, så 1 till 2 meter sand och underst 5 till 10 meter groft grus och sand. Erosionsbranternas höjd är där endast 6 meter.

FENNEMAN (28) har gjort liknande erfarenheter i andra delar af Nordamerika. Han säger, att det gäller öfverallt om Mississippi—Missouris flodplan, att de största stenarna anträffas vid botten af flodaflagringarna. Därpå följer en sandbank, som i sin tur täckes af successiva lager af slam vid sådana floder, som hafva utpräglade öfersvämningar.

Mississippis flodplan i sin helhet är enligt HUMPHREYS och ABBOT att uppfatta som ett tunt sandskikt, hvilande på mäktiga marina leror af tertiär ålder.

Äfven beträffande de andra stora flodplanen torde den åsikten vara den riktiga, att endast det tunna ytskiktet är en verklig flodaflagring i den mening, att den afsatts på ett flodplan. Det har redan påpekats, att de mäktiga sediment, som bilda dess underlag, äro föremål för olika tolkningar. I fordom nedisade trakter hvila nog flodplanen i allmänhet på senglaciala, hvarfviga hafs- eller issjosediment. Inom andra områden består underlaget säkerligen ofta af leror, som afsatts i stora tertiära hafsbukter. Dit höra utom Mississippis och Amazonas flodplan antagligen också Nilens, Ganges m. fl.

Redan i slutet af 1700-talet hade RENELL (68) undersökt nedre delen af Ganges flodplan, det s. k. Gangesdeltat. Grus saknas alldeles. I alla skärningar iakttog han blott regelbundna lager af sand och slam ända ned till leran, som utgör underlaget. I Sanderbans deltaöar äro sand- och slam-

lagren ordnade efter aftagande vikt, hvarmed tydligen menas kornstorlek.

Vid Sydamerikas Rio Amazonas har stratigrafien varit föremål för en undersökning af BROWN (12). Af hans uppgifter tyckes framgå, att flodplanets lera i de flesta fall ligger ofvanpå sanden samt att flodaflagringsringarnas underlag är en blå, möjligen tertiär lera. Jämförelsevis noggrann synes en profil vara, som han meddelar från Porto do Alegre. Den innehåller öfverst 1 meter lera och så 43 meter sand med korsande lagring. Dessa båda lager sammanfattar BROWN som en äldre flodterrass. Den hvilar på sandsten, hvars ytlager utgöres af en grof, vattennött, 1.5 meters grusbädd. Det torde häraf framgå, att BROWN icke uppfattat flodaflagringsseriens rätta natur. Grusbädden är visserligen, liksom vid Klarälven, sammankittad till ett konglomerat, men hör tydligen tillsammans med den öfre lagerserien och utgör dess bas. Sandstenen är en äldre, mera konsoliderad aflagringsserie. Om man från ser grusbädden, börjar denna serie normalt med 3 meter lera och sandsten i växellagring, så följa 16 meter sandstenar och slutligen ännu en bädd af grussten på 1.2 meter. Profilen befinnes sålunda omfatta två fullständiga flodaflagringsserier.

Från England nämner GREEN, att hvarje grusbädd i Yorkshires flodaflagringer är gröfre i sin lägre del. MILLER (57) har gjort liknande iakttagelser och tecknar en profil af en skotsk flod, som skär sig ned i morän, samtidigt uppbyggande ett flodplan af basalblock, grus, sand och öfverst lera.

I Tyskland hafva ytterligare rön gjorts i samma riktning. WALCHNER (89) fann Rhens öar bestå af klapper, sand och humus, hvaraf klapperlagret låg under lågvattenståndet, under det humuslagret nätt och jämnt nådde högvattennivån. En något afvikande mening företrädes af STOLLER (79), som anser, att man i öfre Neckarområdet stundom måste räkna med till flodaflagringsserien ett sandskikt, som ligger under älfgruset. NEUMANN (59) sammanfattar som den tyska litteraturens upp-

fattning, att det gröfre materialet, grus och klapper, i allmänhet öfverlagras af finare sediment.

På Oders flodplan (vid Schwoitz nordost om Breslau) har jag 1910 iakttagit följande lagerföljd: öfverst 0.64 m. lera; så 0.28 m. sand af kornstorleken 0.7—0.2 mm. och 0.20 m. sand om 2.0—0.7 mm. Ett eventuellt gruslager kunde ej nås, då marken låg endast 1.12 m. öfver grundvattnet. Flodplanets ytterliga flackhet omöjliggjorde för meandrarna att skära sig igenom flodaflagringsarna och blotta deras stratigrafi, såsom skett vid Klarälfven. Oders fina lera motsvarar Klarälfvens tämligen grofva älfmjåla. Egendomligt nog äro de gröfre sedimenten af ungefärligen samma kornstorlek i båda floderna.

Det skulle vara af intresse, att i detalj kunna jämföra lagerbyggnaden hos Klarälfvens flodplan med motsvarande förhållanden vid andra båglopp af något olika typer. Det har emellertid icke lyckats att finna något härför lämpadt specialarbete.

Flodbågars utveckling i allmänhet.

Flodbågarnas utveckling. I det föregående har i detalj redogjorts för de geografiska former, som stå i samband med Klarälfvens serpentinlopp och för den lagerbyggnad, som utmärker dess flodplan. De följande afdelningarna om älfvens horisontella, vertikala och urholkande erosion behandla flodplanets dynamik eller de processer, som äro verksamma vid dess ständigt pågående omdaning.

Innan vi ingå på frågan om Klarälfsserpentinernas förändringar, kan det vara lämpligt att göra en rundtur genom litteraturen för att tillse hvad olika forskare känna angående flodernas egendomliga slingringsprocess på andra flodplan.

Det är allmänt bekant, att floder med ringa fall hafva en stor benägenhet att bilda bukter, som småningom utvidgas till serpentin- och meänderbågar. Det landområde, som en

flodbåge omgifver, är i ett tidigare stadium halfcirkelformigt men öfvergår småningom till en alltmera päronformad landtunga (lob). Slutligen kommer ett ögonblick, då lobens bas genombytes af två hvarandra tangerande meandrar och floden tager denna genare väg. Den gamla meandern afsnöres till en korfsjö, och dess utveckling afstannar. Samtidigt har en ny meander börjat bildas.

Man känner ganska väl det närmare förloppet vid den enskilda meanderns utveckling, och har äfven studerat förändringarna hos hela meandersystem. Deras respektive slutstadier angifvas fullt klart af ett flertal forskare. Däremot tyckes man i allmänhet icke kunna lämna någon tillfredsställande förklaring på orsaken till de första svaga serpentinsbågarnas uppträdande.

Serpentiniseringens orsak. Alla forskare, som haft tillfälle att studera serpentinerande floder, hafva känt sig manade att uppställa frågan om den yttersta orsaken till flodernas ringlande. Många antaga, att den bör sökas i tillfälliga störningar af loppet och i ojämnheter af ett eller annat slag i underlaget eller i andra yttre faktorers inverkan; men egendomligt nog är serpentinsbildningen vanligast just å de jämnaste slätter med det finaste och mest likformiga material. Man finner därför ofta, att en författare, sedan han uppräknat vissa tillfälliga hinder, som kunna tänkas föranleda buktningar, tillägger något allmännare förklaringsförsök. Slutligen finnas några forskare, hvilka, såsom det vill synas, på goda grunder antaga, att serpentinerandet på det intimaste sammanhänger med det rinnande vattnets fysik såsom sådant. Buktrandet skulle enligt denna uppfattning vara det naturliga för en flod, som rinner fram öfver en jämn sedimentyta, och man skulle i stället behöfva rådfråga underlagets ojämnheter för att kunna förklara ett möjligen förekommande rakt flodlopp.

I anslutning härtill har AXEL HAMBERG framställt en åsikt, som söker tillämpa HELMHOLZ vågteori på serpentini-

seringen.¹ Då en flods vattenmassa rör sig mellan strändernas sandbrinkar, uppstår nämligen en friktion, som har tendens att utlösas i vågbildning. En sådan kan emellertid icke direkt komma till stånd, då sanden är ett alltför orörligt medium. I stället uppkommer en olikformig fördelning af vattnets tryck mot stränderna. På vissa punkter ökas trycket, och mellan dem ligga nodpunkter med minskad påkänning. Afstånden mellan dessa punkter äro ungefärligen desamma längs flodlopp af likartade tvärdimensioner och äro väl närmast afpassade efter högvattensförhållanden.

Erosionen rättar sig efter tryckdifferenserna och kommer snart att framträda som serpentinbildning. Serpentinerna böra härvid blifva allt tydligare i den mån flodbäddens material är fint, likformigt och lätt låter forma sig. Anledningar till buktningar böra enligt teorien finnas med korta mellanrum utmed båda stränderna af alla flodlopp. Serpentiniseringen bör slutligen blifva intensivast, där floden använder störst procent af sin energi till friktion, hvilket åter enligt GILBERT (35) inträffar, där fallet är minst, d. v. s. å plana slätter. Just dessa förhållanden äro särskildt utmärkande för det stora flertalet, kanske alla serpentinlopp.

Den HAMBERGSKA teorien är från geografisk synpunkt värd särskildt beaktande och synes gifva en allmängiltig förklaring till ett snart sagdt allestädes uppträdande fenomen. Bestämda bevis för eller emot den torde emellertid icke föreligga.

Några kortare notiser ur litteraturen kunna i sin mån belysa frågans ställning i öfrigt och de gängse åskådningarna.

VON BAER (5) anser serpentiniseringen bero på tillfälliga störningars successiva förstörande. På tal om nedre loppet af Kura i Kaukasien tänker han närmast på strandade trädstammar, som gifva upphof till hvirflar och sandbankar och därmed möjligen också till flodkrökar. VON BAER

¹ Föredrag af AXEL HAMBERG om »HELMHOLZ vågteori tillämpad på olika fysiskt-geografiska företeelser», hållet den 26 mars 1908 i Uppsala Naturvetenskapliga Studentsällskaps Geologiska sektion.

har iakttagit, att serpentiniseringen är yppigast vid svag lutning, och anser detta bero därpå, att tillfälliga störningar då kunna spela en större roll.

DAVIS yttrar 1899 (20): »Om en flods sediment är af mycket fin textur, kommer flodplanet att hafva ett mycket svagt fall, och dalen blir då nedskuren till föga öfver basplanet. Sluttningen nedåt dalen är då så obetydlig, att floden lätt förskjutes åt sidan från rakloppet på dess utvidgade flodplan och utvecklar, oberoende af sitt ursprungliga lopp, ett system af krökar eller meandrar». »På ett nästan horisontellt flodplan torde något tillfälligt hinder afleda floden från dess raka lopp och vända strömmen mot den ena eller andra stranden». Ett uttalande af 1903 (22) står möjligen ett steg närmare den ofvan antydda teorien. »Floder kunna vanligen icke vare raka i begynnelsestadiet, och de böjningar, hvarmed de börja, äro liksom en af sig själf färdig form af ett senare utvecklingsstadium.»

SVEN HEDIN (44) uppfattar serpentiniseringen som ett väsentligt karaktärsdrag hos slättlandsfloder sådana som Tarim. Han säger, att floderna *måste* serpentinisera i ett så flackt finjordsland som Ost-Turkestan. Af speciella anledningar till krökar anföras tamariskrötter, små oregelbundenheter i sedimentplanet m. m. En gång uppkomna, förstoras krökarna och blifva slutligen oberoende af de ursprungliga hindren.

LEONHARD (54), som studerat Oders meanderlopp vid Breslau, tänker sig flodens aflagringar som närmaste orsak till buktningarna.

NEUMANN (59) anser, att raskäglor (»talus») och andra hinder göra äfven flodernas öfverlopp kantigt och buktigt, men tror, att floden här kan räta ut sig någorlunda, tack vare det starka fallet. Nederloppetets serpentiner bildas genom studsningar af strömlinjen, och söker han anledningen därtill i något obetydligt hinder.

NIKITIN (60) nämner, att slättlandsfloder torde tvin-

gas till avvikelser redan af smärre motstånd. Efter hvarje hinder torde en krökserie uppstå genom reflexion.

STEFANOVIĆ VON VILOVO (92) söker likaledes förklaringen i inverkan af en yttre faktor, vinden. Den förhärskande vinden eroderar lästranden genom det vågsvall den förorsakar och kan bokstaffligen blåsa ut meanderbubblor, såsom han anser hafva skett på flera ställen vid de ungerska floderna.

A. GEIKIE (34). »En af de mest karakteristiska egenskaperna hos floder, vare sig stora eller små, är deras tendens att slingra sig i serpentinjningar, då lutningsvinkeln är liten och landets allmänna yta någorlunda plan. Denna egendomlighet torde kunna iakttagas hos hvarje flod, som flyter öfver en flat alluvialslätt. Någon obetydlig svaghet hos den ena stranden sätter strömmen i tillfälle att skära bort ett stycke däraf på denna punkt». Härmed inledes serpentiniseringen. GEIKIE undviker att nämna någon bestämd orsak till strändernas svaghetspunkter.

PENCK (64) anför som serpentinjeringens orsak biflodens tryck eller med andra ord vattnets tröghet.

CALLAWAY (15) tillskrifver likaledes bifloderna en hufvudroll. Han tänker närmast, att de skulle bygga upp en deltaartad konvexitet midt emot sina mynningar på hufvudflodens andra sida. Här begår han dock ett misstag, i det att deltat alltid ligger på samma sida som biflodens mynning. CALLAWAY tror, att serpentinjering genom biflodernas inverkan är vanligare än genom andra yttre störningar. »Läroböcker angifva, att en serie flodkrökar uppstår genom ett hinder, såsom ett träd eller bergskred, som föranleder en förskjutning af strömmen mot den motsatta strandbrinken. Eller också skulle kurvorna uppstå genom olika motståndskraft hos det material, genom hvilket floden flyter. Jag har intet förtroende till dessa förklaringar. De slå nog in i enstaka fall — — —». Samma anmärkning kan äfven riktas mot CALLAWAYS egen teori, som icke förklarar meanderlopp, hvilka sakna bifloder.

THOMSON har anställt experiment med en meandrande

miniatyrflod (82). »Hvad angår uppkomsten af flodkrökar i lösa jordlager, så brukar man helt enkelt säga, att då en krök på något sätt har börjat, så förstoras den genom erosion och aflagring» (81). Han söker visa, hvarför yttre stranden eroderas, d. v. s. huru serpentinbuktingen börjar växa ut.

TYLOR (84) påstår, att en flod å en jämn slätt i stort sedt intager midtlinjen, och att den i fråga om detaljerna är resultanten af hufvud- och biflodernas sammanstötande krafter.

WEX (91) har studerat serpentiniseringens första uppkomst i den 1875 öppnade reglerade Donaubädden vid Wien. I den alldeles regelbundet grädda kanalen bildades snart halfmånbankar (af 2:a ordningen, jfr s. 76), alternerande med bäckenartade hålor. Äfven horisontalserpentineringen kom af sig själf i gång, och redan 1880 nödgades man konstatera 5 krökar i det nyanlagda rakloppet.

VUJEVIĆ (93) känner icke något rakt flodlopp på de ungerska slätterna. Öfverallt uppstå meandrar. Han säger också: »I ett rakt flodlopp, såvida ett sådant kan existera i naturen, hålla sidokrafterna hvarandra i jämvikt, deras verkan är noll. Strömlinjen eller den snabbaste vattenrörelsens, således äfven den största energiens linje, ligger någorlunda midt i floden, där vattnet kan verka starkast. Förflyttningen af strömlinjen mot den ena eller den andra stranden angifver meanderutvecklingens början. Till ett sådant fenomen finnas flerfaldiga anledningar. Det kan inledas genom ursprungliga terrängförhållanden och svaga buktingar, genom en sandbank, ja till och med genom en i vattnet nedfallen gren, små bäckkäglor, strandskred, konstanta vindar och annat.»

JEFFERSON (52) anser, att floder börja meandra, då de finna sin lutning för brant. Detta gifver dem mera energi, än hvad som behöfves för att föra deras last af sediment till mynningen. Öfverskottet användes för sideoerosion, hvarvid meandrar utbildas, och loppet blir erforderligt förflackadt.

FRAUENFELDER (30) finner liksom JEFFERSON, att meandrandet beror på flodens öfverskott af fall.

RENELL (68) särskiljer två alldeles olika orsaker till flodkrökar. Vissa slag af sådana bero på oregelbundenheter hos marken och äro själfva lika oregelbundna som sitt underlag. Hit föras Himalayas bergfloder, hvartill vi kunna lägga våra norrländska kantigt ringlande moränfloder samt Klarälven ofvan Vingängsjön. Andra slag af flodkrökar bero åter på friktionen mot flodstränderna och äro själfva jämnt rundade och så lagbundna, att deras radier afpassa sig efter flodens dimensioner i öfrigt. Till den senare gruppen föras Ganges krökar på Bengaliska slätten och i allmänhet sådana, som blifva mera utvecklade nära mynningen och på sedimentslätter. I själfva verket höra alla serpentinelopp till denna grupp. Hans uppfattning af deras uppkomst tyckes sålunda närma sig den af HAMBERG framställda. RENELL är öfvertygad om att Ganges, om den infördes i ett rakt lopp, snart åter skulle utveckla sina krökar.

HONSELL (48) har som baudirektor i Baden förvärfvat en ingående kännedom om öfre Rhens numera reglerade meanderlopp. Han berör också den ofta framställda frågan, hvarför floderna slingra sig äfven där de genomrinna en dalbotten af likformig beskaffenhet. »Denna regelbundenhet hos flodkrökarna, hvilken ju också gifvit anledning till benämningen af det bekanta bårdornamentet meandern, kan omöjligen förklaras genom tillfälliga hinder eller någon sorts verkan i analogi med en elastisk stöt, utan måste tvärtom uppfattas som ett jämviktstillstånd, som uppkommit genom växelverkan mellan afloppsfaktorerna.»

Serpentiners, meandrars och meandersjöars utveckling.

Huru man än må fatta orsaken till serpentinerernas första uppträdande, så är dock deras vidare utveckling, rent geografiskt sedt, af mest intresse. PENCK (64) anför, att redan den bekante jesuiten ATHANASIUS KIRCHER uppmärksammade de meandrande flodernas sidoerosion i sitt 1678 utkomna verk »Mundus subterraneus». Sedan dess har fenomenet studerats

af ett stort antal forskare, af hvilka helt visst många riktigt uppfattat dess hufvuddrag.

För att gifva en föreställning om meanderforskningens nuvarande ståndpunkt refereras nedan ett par mera representativa arbeten. Båda utgå från ett omfattande iakttagelsematerial, som hopbragts af vetenskapliga och tekniska myndigheter. Det ena arbetet härrör från det på meandrar rika Ungern, det andra från Förenta Staterna, där hufvudföremålet för undersökningen varit Mississippis jättebågar.

Det ungerska arbetet af PAUL VUJEVIĆ (93, 1906) behandlar monografiskt Theissfloden (»Tisza»). Han klargör med öfvervägande statistisk undersökningsmetod flera viktiga sidor af meanderproblemet, om man också kan märka en viss tendens att schematisera matematiskt.

Å sid. 20 konstaterar han, att »meandrarna är ett af de mest utpräglade fenomen, som utmärka Theiss och dess bifloder på slättlandet», och fortsätter: »Vi anse det nödvändigt att något utförligare sysselsätta oss med dessa former, emedan de bestämma vår flods karaktär. Om man på en någorlunda stor karta iakttaget Theiss lopp, framträder genast det stora antalet meandrar, särskildt om man också tager i betraktande det omgifvande inundationsområdet, hvilket formligen vimlar af korfsjöar och öfvergifna meandrar.»

»Om man drager en rät linje i flodens nuvarande hufvudriktning, så finna vi, att den är $2\frac{1}{2}$ gånger kortare än den gamla Theiss före regleringen (beträffande Klarälfven, jfr s. 51). Som krökningar betecknas blott de sträckor, hvilkas krökningsradie är mindre än 4 500 meter, allt annat räknas som raka sträckor.»¹ Med detta begränsningssätt visa sig de naturliga flodsträckorna bestå till 78 % af krökar, de reglerade till 40 %.

De olika bågarnas form i förhållande till hvarandra angifves af deras s. k. relativa skärpa (ofvan, sid. 65, benämnd böjningsgrad). Detta tal angifver, »huru många gån-

¹ Enligt den stora hydrografiska Theissbeskrifningen: »A Tisza hajdan és most», band 2, s. 41.

ger gränsvärdet för böjningarna, eller 4 500 m., är större än den föreliggande krökningsradien». Värdet af bågarnas relativa skärpa varierar hos Theiss mellan 1 och 45, då den minsta förekommande radien är 100 m. Tydligt är det nämnda gränsvärdet af 4 500 m. afpassadt för Theiss och kan användas endast för floder af samma storleksordning.

»Vi skola nu taga meandrarnas uppkomst närmare i skärskådande. Liksom vid alla morfologiska fenomen, kan man äfven här sammanställa olika utvecklingsstadier och får då en meanderutvecklingens cykel med talrika öfvergångar från det ena stadiet till det andra, så att ett skarpare särskiljande mycket försvåras.»

I fråga om serpentinernas första uppkomst angifvas mera tillfälliga orsaker, såsom framgår af citatet ofvan, sid. 103.

»Därtill kommer en ny kraft med i spelet, nämligen centrifugalkraften. Den är direkt proportionell mot massan och kvadraten på vattenhastigheten, under det att den är omvänt proportionell mot krökningsradien.¹ Med andra ord, då massan och hastigheten växa, blir äfven centrifugalkraften större, och då krökningsradien växer, blir den allt mindre, tills den vid oändligt stor krökningsradie, således vid rakt lopp, blir noll.»

»Det är klart, att genom denna kraft den yttre stranden kommer att angripas med större energi och de därigenom förorsakade, i början svaga bågarna att ständigt tilltaga i skärpa, medan de ändra krökningsradierna.» Serpentinerna blifva allt större och bilda kurvor, som blott genom allt smalare »halsar» skiljas från hvarandra. Slutligen sammanväxa de, hvarvid »halsen» genombrytes och »afskärning» (»cut-off») äger rum. »Detta inträffar särskildt vid högvatten, då vattenmassan har vuxit starkt och kan besegra alla hinder. Därigenom har floden i stället för det äldre och längre loppet skapat en mycken kortare väg med större fall, hvilken den därefter begagnar, för att lämna det förra loppet å

¹ GILBERT (36) anför samma relationer.

sido såsom en alltmera igensandad korfsjö. Sidoerosionen har för en tid blifvit omvandlad till djuperosion.»

»Vid Theiss har den naturliga flodförkortningsprocessen ersatts med en artificiell, och det ena slaget af erosion har med konst bragts att efterträda det andra. Dock visar det stora antalet korfsjöar, som vi finna öfverallt inom Theiss och dess biflodens inundationsområde, att i gångna tider floden själf ombesörjt detta arbete. Många former hafva naturligen förlorat mycket i skärpa genom senare öfversvämningar och bildning af sanddyner, så att vi nu endast med svårighet kunna urskilja dem.»

»Vi hafva ofvan sett, att meandrarna under inverkan af centrifugalkraften utveckla sig åt sidorna, men det äger äfven rum en vandring af bågarna nedåt floden, beroende därpå, att de nedåt floden riktade bågarna ligga åt det håll, dit hela flodplanet lutar, och därför angripas mera än de uppåt floden liggande.»

»Om fallet i en flod är ringa, blifva kurvorna mera och snabbare förstörade än där fallet är stort och där det inträder en mycket starkare stötkraft, som gör att krökarna snabbt kunna vandra nedåt floden. I förra fallet är meanderutbredningen stor och framskjutningen i dalen långsam, i senare fallet vandra meandrarna snabbt nedåt men hafva svårt att utveckla sig på bredden.»

På en naturlig sträcka af öfre Theiss, vid Tisza Ujlak, hafva meandrarna under 50 år (1840—1890) vandrat 624 meter nedåt, eller årligen 12.5 meter. Sidoerosionen har varit mindre och uppgick blott vid en meander till 300 meter eller 6 meter årligen. »Sidoerosionen antydes äfven af hela meandergördels bredd, hvilken inom detta lilla område var 510 meter år 1840 och vuxit till 740 meter år 1890, motsvarande en årlig tillväxt af 4.6 meter. I dessa tal afspeglar sig tydligt, att meandrarnas vandring nedåt öfverväger utvecklingen på bredden, hvilket står i samband med Theiss större fall i denna trakt.»

»Då vi fråga oss, i hvilket utvecklingsstadium Theiss-meandrarna befinna sig, måste vi framför allt lära känna meandrarnas utvecklingsserie. Man kan därvid urskilja några stadier, som äro särskildt karakteristiska för utvecklingen. BOWMAN (11) har funnit en viktig synpunkt, i det han skiljer mellan böjning (jfr serpentin resp. meander sid. 52), vid hvars utveckling krökningsradien aftager, samt äkta meander som kännetecknas af krökningsradiens tillväxande.» Tydligen skulle man lika väl kunna definiera en serpentin såsom en flodbåge, där centrifugalkraften är stadd i ökning, under det att den minskas i meanderkurvor. Gränsfallet

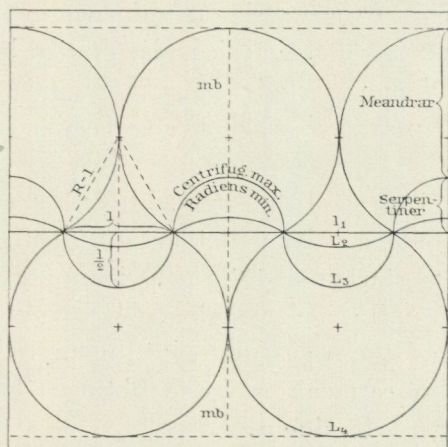


Fig. 30. Meanderutvecklingen (i hufvudsak enligt VUJEVIĆ).

mellan serpentin och meander är sålunda en ideellt halfcirkelformig båge, i hvilken radien nått ned till sitt minimum och centrifugalkraften i stället är i sitt maximum (fig. 30).»

»Föranledda häraf gingo vi ett steg vidare och hafva försökt uppställa en komplett utvecklingsserie under antagande af en cirkelformig utveckling af krökarna och med försummande af nedåtförskjutningen. Därvid kunna vi ställa följande storheter i relation till hvarandra:»

Krökningsradien, R

Meanderbågens längd, L

Afståndet mellan två successiva meandrar, l

Centrifugalkraften

Meandergördels bredd, mb .

»Vi skola utgå från en rätlinig flod och beteckna den som *stadium 1*. På denna fixera vi en godtycklig linje l (motsvarar afståndet mellan två nodpunkter enligt HAMBERGS teori) och betrakta den som enhet för vidare deduktioner. Radien är i detta fall oändligt stor och centrifugalkraften är noll».

»Nu börjar floden af någon anledning att serpentinisera, dess bågar blifva allt större, krökningsradien blir en ändlig kvantitet och förminskas först allt mera. Serpentinbildningen är inledd och befinner sig i sitt ungdomsstadium, under hvilket förändringarna gå särskildt fort.» VUJEVIĆ betecknar som *stadium 2*, då radien minskats så mycket, att den blifvit lika med meanderafståndet, således $R = l$ (jfr tabellerna å nästa sida).

»En stor förändring i meanderns hela habitus inträder med det 3:e stadiet. Krökningsradien når här sitt minimivärde, $R = \frac{l}{2}$. Här lägger BOWMAN, som nämnt, gränsen mellan krök och meander. Bågen bildar en halfcirkel af längden $\frac{l}{2}\pi$ och hvars medelpunkt faller på den ursprungliga raka sträckan (jfr tabellerna)».

»Ändringarna voro hittills raska och allt raskare, men nu minska de ständigt. Medan radiens centrum hittills befann sig utom loben, träder det nu in i denna, och ett tillväxande börjar, ehuru äfven det är begränsadt. Det är intressant att se, att centrifugalkraftens storlek nu aftager, hvilket åter beror på radiens tillväxande. Meandern bildar en alltmera slutna kurva. Dess längd närmar sig värdet $2R\pi$. Två närliggande meandrars bågar närma sig alltmera och beröra hvarandra slutligen. Det uppstår afskärning eller

meandergenombrott, hvilket vi benämna *stadium 4*. Radien har åter blifvit lika med l , bågens längd har vuxit till $\frac{5l\pi}{3}$ och har alltså blifvit 5 gånger större än i stadium 2.»

»Meanderutvecklingen är därmed afslutad. Den ena meandern öfvergifves såsom en korfsjö. Flodens längd blir därigenom förkortad, fallet blir större, floden föryngrar sig. Denna föryngring är emellertid olika det ursprungliga ungdomsstadiet.»

»Om en flod i hela sitt lopp har nått 4:e stadiet, så kan den genom afskärningar förkorta sig med 60 % och samtidigt öka sitt fall med samma belopp.»

Meanderutvecklingsstadier. ¹	1	2	3	4
Krökningsradien, R	∞	l	$\frac{l}{2}$	l
Meanderbågens längd, L . . .	l	$\frac{l\pi}{3}$	$\frac{l\pi}{2}$	$\frac{5l\pi}{3}$
Meanderafståndet, l	l	l	l	l
Meandergördels bredd, mb	0	$2 - \sqrt{3}$	l	$2l + l\sqrt{3}$
Flodens bredd, B	a	$\sqrt[5]{\frac{\pi}{3}}a$	$\sqrt[5]{\frac{\pi}{2}}a$	$\sqrt[5]{\frac{5\pi}{3}}a$

Meanderutvecklingsstadier.	1	2	3	4
Krökningsradien, R	∞	1.00	0.50	1.00
Meanderbågens längd, L . .	1.00	1.05	1.57	5.23
Meanderafståndet, l	1.00	1.00	1.00	1.00
Meandergördels bredd, mb	0.00	0.27	1.00	3.72
Flodens bredd, B	$a \cdot 1.00$	$a \cdot 1.01$	$a \cdot 1.09$	$a \cdot 1.39$

Af tabellerna visar den öfre den matematiska karaktären af VUJEVIĆS fyra viktigare meanderstadier. Den undre tabellen upptager motsvarande siffervärden uttryckta i det

¹ Tabellerna i hufvudsak enligt VUJEVIĆ.

konstanta afståndet mellan två på hvarandra följande meandrar, d. v. s. i det HAMBERGska nodafståndet som enhet.

Siffrorna gifva vid handen, att båglängden i gränsstadiet mellan serpentinier och meandrar är 1.57 gånger motsvarande raka sträcka. En äkta meander bör sålunda teoretiskt göra en omväg, som är mer än 1.57 gånger så lång som fågelvägen. VUJEVIĆ meddelar en tabell, som visar graden af Theiss meanderutveckling. Endast å sträckan ofvan Mező Vári finner man ett så litet omvägstal som 1.43. Men därifrån och under hela loppet förbi Tokaj, Szolnok och Szege-din ända till mynningen i Donau utvecklar Theiss verkliga meandrar med ett omvägstal, som i genomsnitt uppgår till 2.14. Klarälvens serpentinlopp har i medeltal för sträckan Vingängsjön—Edebäck ett omvägstal af 1.33.

Då afskärning inträffar, är det teoretiska omvägstalet 5.2. VUJEVIĆ påpekar dock, att det i verkligheten ofta är afsevärdt mindre, äfven om man mäter starkt utvecklade meandrar, som äro nära 4:e stadiet. Hos sådana lefvande meandrar kan man finna, att värdet $L:l$ (omvägstalet) når 3.1, 3.3 o. s. v. Hos redan afskurna korfsjöar är det i medeltal större, och $L:l$ kan där blifva 4.9, 5.0, 5.2, ja ända till 6.4.

VUJEVIĆs framställning af meandrandets geometri tyckes kräfvä ett teoretiskt tillägg, för att kunna klargöra processens faktiska gestaltning. Han låter meanderutvecklingen utgå från ett rakt lopp, hvilket väl egentligen endast förekommer vid nygräfdade kanaler och diken. I smala dalar, såsom Klarälvens, kunna flodbågarna tvingas att hålla sig på serpentinistadiet, men på tillräckligt breda flodplan börjar meanderutvecklingen med 3:e stadiet, hvilket uppkommer direkt i det ögonblick, då afskärning inträffar. Utvecklingen går sålunda från 3:e till 4:e stadiet, återföres genom afskärning till det 3:e och börjar så på nytt. Då afskärning inträffat, är krökningsradien föga längre än flodens bredd och teoretiskt oändligt liten, hvilket ej framgår af det refererade arbetet.

Förutom de variationer af en flodsträckas längd, som

framkallas af meanderutveckling och afskärningar, förefinnas sannolikt vissa motsvarande men mindre betydande pulsationer af flodbredden.

VUJEVIĆ framhåller såsom oriktigt att betrakta flodens bredd som konstant under meandrandet. Han söker utreda frågan matematiskt och härleder under vissa antaganden satsen, »att för en serpentiniserande flod är fallet i olika stadier omvänt proportionellt mot femte potensen af flodens bredd». Då fallet blir starkt ökad genom afskärningar eller flodregleringar, torde sålunda flodbredden minskas något litet (jfr tabellerna ofvan s. 110).

Det är frestande att, såsom VUJEVIĆ, söka drifva schematiseringen af meanderutvecklingen till geometrisk enkelhet. Den amerikanska geografiska skolan håller sig vida närmare iakttagna fakta. Visserligen schematiserar man äfven där, men mest så, att man hos naturliga meandrar söker bortse från alla tillfälliga oregelbundenheter, störningar och yttre inverkningar, som vanställa den sökta ideala formen.

W. S. TOWERS arbete om »afskärningsmeandrar utveckling» (83, 1904) torde återgifva modern amerikansk uppfattning af frågan. Han har under ett helt år studerat meanderproblemet under ledning af W. M. DAVIS, till hvilken han säger sig vara mycket förbunden för väckande tankar och för kritik.

TOWER söker att så fullständigt som möjligt beskrifva och förklara de väsentliga dragen hos olika utvecklingsstadier af en afskärningsmeander. Under arbetets gång har både induktiv och deduktiv metod användts.

Tillvägagångssättet har varit att först härleda det normala förloppet af flodförändringar i ett förenkladt fall. Sedan hafva dessa härledda förändringar jämförts med iakttagna fakta. De båda undersökningsmetoderna hafva nödvändigtvis fått gå hand i hand. En systematisk studie af de preliminära kartorna öfver Mississippi samt Mississippi River Commissions Annual Reports från 1880 till 1902 hafva varit huvudkällan för observationsmaterialet.

Den deduktiva afdelningen inledes genom följande *definierande af vissa termer*, hvilket blifvit nödvändigt, då tillfredsställande definitioner saknas i såväl handböcker som specialarbeten.

»*Meandrande* är en egendomlighet för mognade floder och kan definieras som ett fritt buktande på ett bredt flodplan i nästan regelbundna, af floden utvecklade kurvor. Under vissa förhållanden kunna meandrar förekomma på plan, som icke väsentligen äro bildade af floder, eller kunna till och med vara nedskurna under sitt ursprungliga plan».

»En *meander* är ett karakteristiskt drag hos en flod, som nått mognad, och är *en* af en serie regelbundna kurvor, af hvilka hvarannan ligger åt höger och hvarannan åt vänster utefter flodloppet. I fig. 31 a (sid. 116) föreställa kurvorna A, B, C och D en serie meandrar, som äro fria från oregelbundenheter framkallade af tillfälliga orsaker. Sådana kurvor utvecklas och påverkas af den normala flodprocessen, som bortskär på den yttre och nedre stranden af hvarje krök och aflagrar på den inre och öfre.»

»Hvarje meanderbåge innesluter ett landområde, som kunde kallas en *lob* (L å fig. 31 a). Dessa lober förenas vanligen med fastlandet genom ett smalare näs, *halsen* (H.)»

»Meandern förstoras allteftersom dess utveckling skrider framåt. Först ökas bågens längd och senare krökningens radien (jfr VUJEVIĆ-BOWMAN s. 108). Meandern förflyttar sig härunder långsamt nedåt dalen.»

»Under en flods utveckling från mognad till ålderdom ändras småningom meandrarnas beskaffenhet i hvarje del af loppet. Allteftersom floden åldras, utvecklar den meandrar med mindre radie och större båge. På samma gång minskas oafbrutet den hastighet, med hvilken meandrarna förskjutas nedåt dalen. Då två kurvor skära hvarandra under denna förskjutning och förstoring, inträffar en 'cut-off' eller afskärning.»

»En *afskärning* är en kortare väg, som en flod följer efter att hafva skurit genom halsen af en lob.»

Meanderns *radie* är medeltalet af krökningens alla radier, och dess *båge* är kurvans längd mätt i grader.

Strömlinjen eller »träden» är orten för de mest snabbflytande partiklarna men behöfver icke nödvändigt vara oafbrutet följd af en och samma vattenpartikel.

I fråga om *den allmänna lagen för meandrarnas tillväxt* ansluter sig TOWER till följande uttalande af DAVIS (22): »Den betydelsefullaste processen i utvecklingen af flodmeandrar är förskjutningen af den snabbaste strömmens linje på grund af tröghetslagen från bäddens midt och mot hvarje kurvas utsida. Däraf följer, att erosionen tenderar till att äga rum på utsidan och aflagringen på insidan af hvarje kurva. Huru svaga också buktningarna äro i sin begynnelse, komma de att ökas, och allteftersom dalbotten blir bredare komma kurvorna att utvecklas till systematiska meandrar med tilltagande radie och bredd. En flod sträfvar icke blott att förstora sina meandrar, den tenderar äfven att förskjuta hela meandersystemet utför dalen. Detta beror därpå, att strömlinjen tränges mot utsidan af hvarje kurva och därigenom kommer att inträda i hvarje efterföljande kurva intill den nedåt dalen liggande stranden, hvilken därför eroderas bort, under det att den motsatta stranden bygges på.»

Inverkan af flodplanets lutning. Storleken af strömlinjens förskjutning bestämmer stranderosionen och beror i sin tur af flodbågens skärpa och af flodens massa och hastighet. Utskärning och igenfyllning af stränderna borde vara sinesmellan lika och proportionella mot förflyttningen, ehuru icke nödvändigt i samma grad. Om allt öfrigt är lika, bör en brantare och därför snabbare flod visa den största strandskärningen och den största utvecklingen af meandrar. Men icke blott skärningens existens bör beaktas, utan äfven dess läge. Ju större en flods hastighet är, desto längre dröjer det, tills en båge lyckats uppnå maximum af strömförskjutning, och desto längre nedåt flodloppet, räknadt från bågens begynnelseläge, kommer den största skärningen att äga rum. Därför komma bågar af en flod med brant gradient att för-

storas långsamt men framskrida hastigt nedåt dalen. Bågar af en mindre snabb flod förstoras starkt och röra sig långsamt nedåt. Vidare komma för en gifven flod (jfr Theiss ofvan Mezö Vári, s. 107) de svagare bågarna af det brantare begynnelseloppet att förflytta sig hastigt nedåt utan att nämnvärdt ändra form.

På de senare stadierna med saktare lutningar utvecklas kurvor af alltmera symmetrisk form, och deras förskjutning neddals minskas. En flod af betydande utsträckning torde samtidigt i olika delar af sitt lopp visa alla stadier af meandertillväxt med ett gradvist öfvergående till enklare och ungdomligare former uppåt källorna.

Meanderafskärning och dess följdföreteelser. Tillväxten af en enda meander af en mogen flod innefattar alla stadier från en begynnande böjning till den mogna flodens slutna kurva. Då under den fortsatta förstöringsprocessen och skridandet nedåt dalen två bågar komma att skära hvarandra, inträffar afskärning.

Den första följen af en afskärning är, att floden får ett nytt, kortare lopp, i hvilket gradienten är mycket brantare än annorstädes. Detta kommer att förmå åtminstone en del af floden att välja det nya loppet och bilda forsar. Floden börjar genast arbeta på att fördela den brantare lutningen uppåt och nedåt, och forsarna komma snart åter att utplånas.

Före en afskärning ligger strömlinjen på båda sidor tätt intill lobens hals. Då denna genomskurits, måste strömmen i själfva genombrottet gå öfver till den yttre sidan. Följande den brantare slutningen, kommer strömmen ofvan halsen att mer och mer rikta sig in genom afskärningskanalen, förstörande denna och alltmera öfvergifvande sitt förra lopp rundtom meanderbågen. På nedre sidan af halsen kommer genombrottsströmmen att tränga undan den ordinarie mot närmast nedanför liggande lob.

Hvarje ändring i strömmens läge förstör förutvarande jämvikt mellan ström och stränder. En afskärning måste

därför medföra förändringar af stränderna. Ställen, där skärning förr ägde rum, blifva nu utfyllda, och sandbankar, som nyss byggts upp, blifva åter bortskurna. Strömmens pressande mot den nedre loben föranleder stranderosion. En brant, där sådan erosion äger rum, kan kallas en *nipa* eller erosionsbrant. Fig. 31 a visar ett tidigt stadium, sedan afskärning inträffat vid S, och med nibbildningar vid KK. Den streckade linjen antyder strandens tidigare läge. Då strömmen drager sig tillbaka från vissa sidor af de gamla kurvorna, kommer lugnt vatten att befinna sig där, och man kan vänta sig, att aflagringar komma att ske. En sådan aflagring kan kallas en *utfyllning* (FF i fig. 31 a).

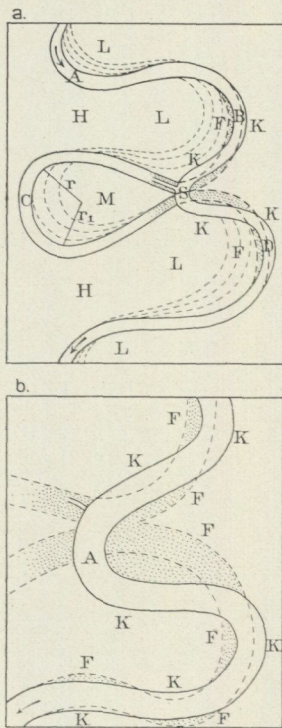


Fig. 31 a och b. Meanderskärning enligt TOWER.

Samtidigt med dessa förändringar beträffande ström och stränder nedåt floden, från afskärningen räknadt, inträffa liknande omdaningar uppåt floden. Om denna strömmar häftigt genom afskärningspassagen, så dräneras vattnet undan från loppet närmast ofvanför. För att ersätta den ström, som uppstått genom det nya utloppet, börjar ett snabbt tillflytande från angränsande högre delar af floden, hvilket sträfvar att draga bort strömlinjen från den yttre stranden, ty en starkare ström fordrar ett rakare lopp. De förändringar, som föranledas af denna strömförskjutning, likna förändringarna nedanför den genombrutna halsen. På det ena stället såväl som på det andra bildas nipor, där aflagring förut ägde rum, och ske utfyllningar, där aktiva skärningar förut inträffade.

En ny serie af strömkrökningar utmed stränderna utvecklas snart, och genom deras tillväxande och fortsatta verk-

samhet torde ett systematiskt mönster af nipor och utfyllningar bildas. De första utfyllningarna bildas på ömse sidor om afskärningshalsen och de första niporna midt emot dem. Andra nipor och utfyllningar af snabbt aftagande styrka borde uppstå hela vägen uppåt och nedåt floden.

Under loppet af dessa förändringar upphör vattnet helt och hållet att använda den gamla meandern. Den blir ett stillvatten. Ändarna af den öfvergifna bågen gynna afsättande af slam och igenfyllas snart, hvarvid en fullt afskild meandersjö (s. k. korfsjö) bildas. I ett senare stadium efter afskärningen torde floden förete förhållandena å fig. 31 b. Niporna K K och utfyllningarna F F tilltaga i storlek och utsträckas längre uppåt och nedåt floden, under det att den ursprungliga strömkröken rundtom resten af den afskurna halstippen utvecklas till en ny meander något neddals om afskärningen.

Kort sagdt, de följer man kan vänta efter en afskärning äro vissa bestämda ändringar i strömmens läge både ofvan och nedom halsen. Dessa strömförskjutningar beledsagas af nipors och utfyllningars bildande med en viss, regelbunden omväxling.

TOWER betecknar den nu refererade framställningen som deduktiv. Meanderfenomenet har, som nämnts, också behandlats rent induktivt i anslutning till den stora Mississippikartan i 32 blad. Undersökningen af år 1883 är där inlagd med svart färg, den förnyade undersökningen 1895—96 med röd, hvilket erbjuder ett utmärkt tillfälle att studera flodens förändringar enligt tillförlitliga källor.

Strömlinjens faktiska förskjutning. Strömlinjen är icke angifven å kartorna. I stället har läget af det största djupet ansetts upplysa om den starkaste strömmens läge. Djupfåran visar den välkända förskjutningen mot kurvans yttre strand, och dess närhet till stranden beror på hvarje särskild båges böjningsgrad. Hos några af de mest fulländade meandrarna, såsom Rowdy Bend ofvan Greenville, föres hufvudfåran genom den maximala förskjutningen till blott ett hun-

dratal meter från flodbrinken, hvilket på detta ställe är en åttodel af flodens bredd. Alldeles samma proportioner visar vid lågvatten Klarälfprofilen I, tafla 3, (jfr ofvan s. 59).

Skärning och utfyllning. Strömlinjens excentriska läge har öfverallt förorsakat någon erosion af flodbrinkarna. Det kanske mest slående exemplet härpå är Raleigh Landing ofvan Vicksburg, där flodbågen på tolf år flyttade sig nära två kilometer utåt. Flera bågar i närheten af Natchez och på andra ställen hafva rört sig omkring en kilometer på samma tid.

Såsom man kunde vänta, beledsagas den ena strandens erosion af utfyllning utmed den andra, så att flodens bredd i det närmaste blir konstant. Af de tjugo fall, i hvilka ett bestämbart belopp af både skärning och utfyllning kunde uppmätas, visade det sig i mer än tio, att båda processerna hade lika stor verkan. Då de voro mycket olika, var i allmänhet fyllningen större. Då det gällde att finna en förklaring till detta oväntade förhållande, visade det sig, att utfyllningsområdet öfverväger vid många af de bäst utvecklade meandrarna, såsom vid Greenville och Raleigh Landing. I de mera utvecklade kurvorna förskjutes strömmen starkare mot utsidan, och man kunde då tänka sig, att vattnet borde gå desto långsammare vid inre sidan, aflagringsbeloppet skulle där kunna ökas äfven med inkräktande af flodbredden. Omvänt kunna vi vänta, att floden är bredast under de svaga böjningarna, ett förhållande som i allmänhet håller streck, ehuru modifieradt genom lokala störningar. Denna TOWERS uppfattning står i strid med VUJEVIĆs ofvan refererade (s. 112). Frågan torde ej vara lätt att definitivt afgöra. Visserligen är det mycket sannolikt, att flodbredden är underkastad en variation med samma period som meanderutvecklingen, men dess belopp är obetydligt i förhållande till de fel i mätningarna, som bero på vattenståndsväxlingarna och svårigheten att efter en längre period afgöra hvad som är ett fullt analogt vattenstånd.

Skärningens hastighet är olika vid skarpare och svagare

kurvor. Nedom Natchez träffas två kurvor med ungefär samma krökningsbåge i grader uttryckt. Den ena har en radie af omkring två kilometer, den andra är mycket längre och har en mer än dubbelt så stor radie. Den förra är således vida skarpare och visar den snabbare skärningen af nära en kilometer på tolf år. Den större och svagare kurvan kommer upp till blott omkring 200 meter på samma tid.

Förskjutningen nedåt dalen framträder mer eller mindre tydligt vid alla kurvor, såsom vid Raleigh Landing, Esperance Point, Louisiana Bend m. fl. Förskjutningens storlek synes emellertid variera. I de tidigare stadierna af meandrarernas tillväxt synes en snabbare förskjutning äga rum, för att senare minskas med ökad krökningsbåge.

Af *meanderafskärningens* *följdföreteelser* har uppkomsten af forsar icke kunnat bekräftas genom kartstudier, men forstadiets realitet har konstaterats af ögonvittnen till afskärningar. Kartorna lämna talrika exempel på strömförskjutning efter afskärning, men de visa icke de första förändringarna utan blott mera framskridna stadier. Det måste väl i alla fall anses sannolikt, att dessa senare stadier, som öfverensstämma med det deducerade utvecklingsschemat, icke hafva uppstått plötsligt utan genom en systematisk serie af stadier, som hvart och ett torde falla inom schemat.

Det kunde hafva framhållits, att de tidigare stadiernas sällsynthet beror på deras ytterst korta lifstid, i det att de torde genomlöpas på ett fåtal timmar eller kanske ännu kortare tid.

Förändringarna hafva tydligen antagit ett betydligt lugnare tempo redan i de unga stadier, som återgifvas å fig. 30 a och 30 b. TOWER meddelar nämligen, att man kartlagt flodbågar, som till sina former nära ansluta sig till dem.

Den alternerande anordningen af nipor (erosionssträckor) och utfyllningar framträder tydligt, t. ex. vid Davis »cut-off». Den märkes både uppåt och nedåt floden med någon antydning till, att niporna äro större nedanför afskärningen. Från afskärningen räknadt minskas nipors och utfyllningars storlek

hastigt åt båda hållen. Så har den första utfyllningen en bredd af fyra kilometer, den andra är icke en tredjedel däraf, den tredje ännu mindre, hvarpå de snart minskas till omärklighet. Teoretiskt skulle de dock finnas obegränsadt långt åt båda hållen. Antalet nipur och utfyllningar har räknats vid femton afskärningar. Ofvan en afskärning fanns minst 1 nipa jämte motsvarande utfyllning, högst 3 och i medeltal mellan 1 och 2. Nedanför en afskärning var minimum äfven 1, men maximum 5 och medeltalet 3. Siffrorna hänföra sig i hvarje fall endast till de förändringar af älfbrinkarna, som säkert bero på afskärningen.¹

En ny meanders bildande. I tidiga stadier efter afskärning blifva ändarna af den gamla meandern igenslammade under bildande af en s. k. korfsjö («ox-bow lake»). En af de största sålunda isolerade meandrarna är Palmyra Lake. Andra exempel finnas på åtskilliga ställen utmed Mississipp. Samtidigt med sjöns igenslamning blir den afskurna lobens hals eroderad af den nya meanderns knopp.² Denna utvecklar sig icke i alldeles samma riktning som den gamla. Meandernarnas vana att gradvis röra sig nedåt dalen för undan den nya kurvan från den inskurna lobens omedelbara grannskap. Med blott ett enda undantag visa alla observationerna, att en ny meander befinner sig mer eller mindre på väg nedåt dalen från afskärningen räknadt.

Den undersökningsmetod, som TOWER använt, tyckes sålunda hafva ledt till flera allmängiltiga slutsatser angående meanderprocessen och dess biföreteelser. Att hafva Mississipp som studieobjekt medför dock en olägenhet: dimensionerna af dess meandrar äro så betydande, att de afskräcka från detaljerade naturstudier.

¹ Förf. kan hänvisa till ett vackert exempel från Sverige på detta fenomen. På Lagans flodplan, strax norr om bron vid Klefshult, har en af åns meandrar afskurits efter 1860 men sannolikt före 1883. En sekundär serpentinisering har därvid uppstått, uppvisande 3 konkava nipsträckor nedom och 1 ofvan genombrottsstället.

² Uttrycket infördt af referenten.

En grundlig förtrogenhet med de fria meanderloppens naturförhållanden torde kunna uppnås genom kartläggning under båtfärder, sådana som BUTAKOFFS (14) på Syr Darja, 1863 och SVEN HEDINS (44) på Tarim 1899. Båda floderna höra till jordens meanderrikaste. Särskildt framgår detta, hvad Tarim beträffar, af SVEN HEDINS klassiska karta, tryckt i skalan 1 : 100 000.

Vill man åter lära känna meanderprocessens resultat för längre tidrymder, får man i regeln tillgripa en historisk metod, då de geologiskt-morfologiska icke ännu äro tillräckligt utbildade med afseende å tidsbestämningen. Man får studera gamla kartor och skriftliga uppgifter, söka korrigera deras fel och jämföra dem med de nuvarande förhållandena. TOWERS förfaringssätt var såtillvida lika detta, att han jämförde äldre och nyare kartor. Båda kartverken voro fullt moderna och tilläto att med en viss precision bestämma, i hvilken riktning förändringarna gingo. Däremot var tidsintervallen endast tolf år, hvilket är så kort både i och för sig och i jämförelse med meanderutvecklingens period, att man knappast kan beteckna undersökningen såsom historisk. Visserligen har man vid åtskilliga floder i Amerika insamlat uppgifter om de årtal, då afskärningar inträffat på olika ställen (beträffande Mississippi i HUMPHREYS and ABBOT, 50), men för att erhålla uppgifter, som sträcka sig längre tillbaka, måste man vända sig till de europeiska floderna.

Såsom prof på en historisk utredning af ett meanderlopps öden kan anföras LEONHARDS arbete om mellersta Oder (54). Han har kunnat i hufvuddragen fastställa dess lopp så långt tillbaka som omkring år 1200, vidare omkring år 1500 samt år 1740. Förändringarna tyckas mindre bestå i egentlig meanderutveckling utan snarare däruti att Oder stundom kan öfvergifva en eller annan sträcka af sin praktfullt ringlande bädd. Förf. hade sommaren 1910 tillfälle att studera dessa meandrar i fältet och kunde då konstatera, att flodplanet är ett par gånger bredare än meandergördeln. Detta gifver också floden större frihet än om den flöte å ett flod-

plan, som vore jämnt afpassadt efter dess nuvarande dimensioner.

En olägenhet, som väl alltid är oskiljaktig från historiska utredningar af detta slag, är, att man med konst ingripit i den naturliga flodutvecklingen, så snart kulturen stigit så mycket i en trakt, att man börjat använda kartor.

Meanderutvecklingens slutstadium. Såväl begynnelsen som slutet af den enskilda meanderns lif angifves af den egenomliga katastrof, som ofvan benämnts afskränning. På ett stort flodplan är den att betrakta endast som en periodiskt återkommande detaljföreteelse, men den kan, mänskligt sedt, antaga betydande dimensioner. MARK TWAIN (56) skildrar känslorna hos en man, som då han vaknar finner, att floden ändrat sitt lopp under natten och öfverflyttat hans plantage från staten Louisiana till staten Mississippi. Mississippi-flodens bågar hafva ofta en radie af flera kilometer, och på en lob kunna ligga flera byar och städer, som äro förenade med järnvägar. En afskränning måste där förefalla som en storartad naturrevolution. Geografiskt sedt, är dess mest synliga resultat bildandet af en meandersjö, vare sig det gäller jättefloder eller de minsta ängsbäckar.

Då sådana sjöar äro af alldeles likartade former och hafva samma uppkomstsätt vid alla jordens meanderlopp, så vore det önskvärdt att för dem hafva en gemensam internationell term. Mindre lämpligt vore uttrycket »flodsjö», som ju också kunde afse de förut beskrifna äflagunerna, hvarjämte termen vid öfversättning skulle få mycket olika utseende. Detta senare gäller äfven benämningen »korfsjö» och amerikanernas »ox-bow lake». Däremot synes »meandersjö» hafva starka skäl för sig och föreslås härmed som en definitiv term. I detta sammanhang bör kanske påpekas, att det aldrig kan bildas några »serpentinsjöar» med det ofvan definierade serpentinbegreppet.

De båda arterna af flodsjöar äro sålunda äflaguner och meandersjöar. I litteraturen är ej alltid lätt att afgöra, hvilketdera slaget som åsyftas. PENCK (64, s. 291) nämner

som slättsjötyper »Altwasser» (=meandersjöar) och »Ox-bows» (förmodligen = älflaguner), DAVIS (17) synes anse, att »River lagoons» har samma betydelse som »Ox-bows» eller »Aigues-Mortes». Meandersjöarna hafva dessutom ett stort antal lokala benämningar på olika språk. Så heta de vid Tarim »bold-schemals» enligt SVEN HEDIN (44, s. 195—205) och i Ryssland »stariza» eller »sawodje» enligt NIKITIN (60). I Klarälfsdalen kallar man en meandersjö helt enkelt för en »lok», hvilket väl närmast betyder sjö.

En vanlig, regelbundet cirkelformig meandersjö är det sista, redan döda stadiet af den enskilda meanderns utveckling. Ehuru sällsyntare, förekomma dock äfven mera komplicerade slutstadier. En meander kan ha vuxit sig ovanligt lång, får därigenom eventuellt nya nodpunkter eller börjar i hvarje fall slingra sekundärt. Flodbäddens form kan stundom blifva ytterligt invecklad. JEFFERSON (52) kallar detta träffande för »sammansatta meandrar» och afbildar en dylik från The Forth vid Stirling (Skottland). Vida mera komplicerad är den af SVEN HEDIN (44) vid Jarkent Darja iakttagna flodslingan Kirk-kischlak, hvilken är nära att afskäras i sin helhet.

De enskilda meandrarna växa i regeln ut å ömse sidor om flodplanets medellinje och vinkelrätt mot denna. Än på det ena, än på det andra stället kvarlämna de meandersjöar långt borta från medelloppet. Man har liknat afsnörningsprocessen vid ett ständigt bubblande utåt slätten. Liksom bubbler, som blåsas ut från samma rör, kunna olika meandrar vara olika stora, när deras utveckling afbrytes. Det finnes dock för de fullt utbildade en viss gräns, utöfver hvilken de icke kunna växa nämnvärdt.

Detta öfverensstämmer ju också med VUJEVIĆS och TOWERS framställningar och torde vara klart för enhvar, som haft tillfälle att närmare studera några fria meanderlopp. Om slätten är aldrig så jämn och bred, så inkräktar en flod under sitt meanderande endast på en viss zon, hvars bredd beror på flodens dimensioner. Det är »meanderzonen» eller

»meanderbältet» och kan definieras som den areal, hvilken inneslutes mellan tangenterna till de yttre kurvorna på flodens båda sidor.

Det är äfven, rent praktiskt sedt, af intresse att söka bestämma gränsen för meanderbältets utvecklingsmöjligheter på bredden. Vid större floder likaväl som vid mindre åar, meandrande bäckar och diken fråga sig öfverallt oroliga jordägare, huru långt skärningarna egentligen kunna gå. På jämna slätter ser man intet föremål, som kan hejda skärningarna.

Härpå svarar DAVIS (20) i anslutning till de åsikter, som framställts ofvan, att »meanderbältets bredd skulle slutligen bli ofantlig, om icke flodlobernas halsar mellan angränsande meandrar blefve allt smalare och genomskuros, hvarvid meandern rundtom loben öfvergafs och ersattes med ett kortare och rakare lopp».

Enligt VUJEVIĆ (jfr ofvan s. 107) är meanderutbredningen stor, där flodens fall är ringa, men där fallet ökas, tyckas meandrarna hafva svårt att utveckla sig på bredden.

Först M. S. W. JEFFERSON tyckes hafva försökt att lösa frågan kvantitativt i sitt arbete 1902 om »meanderbältenas maximala bredd» (52).

»Denna uppsats söker utröna, huru stor bredd en gifven flods meandergördel kan uppnå, och han finner denna maximala bredd vara *aderton gånger flodens medelbredd*, under det att vattnets djup och flodens vattenmängd kunna lämnas ur räkningen på nuvarande stadium af det geografiska vetandet.»

»Om vi undersöka ett noga kartlagdt meanderlopp, såsom Mississippis vid Greenville, så finna vi, att det är mycket oregelbundet. Sträckor af vidt ringlande meandrar omväxla med vågande lopp, där floden buktar kring en rät linje.»

»Utmed hvarje vågande sträcka ligga meandersjöar och lugnvatten både till höger och vänster. Öfverallt synas spår af att floden, då den vandrat för långt åt höger eller vänster, själf drager sig tillbaka genom att afskära loberna — —.»

»För att bestämma bredden af meandergördeln mellan tangerande linjer utmed flodbågarna till höger och till väns-

ter, har man att mäta en kvantitet, som växlar och når sitt minimum vid de vågande sträckorna och sitt maximum i någon utpräglad meandergrupp. Detta värde (maximet) måste utväljas såsom för floden karakteristiskt, emedan dess svängningsförmåga får sitt fullaste uttryck däri.»

»Många svårigheter möta vid uppmätandet af meander-gördlar. I praktiken underlättas omdömet genom närvaron af afskurna lober och genom det empiriskt styrkta faktum, att floderna sällan uppnå maximumbredden hos sina meandrar, med mindre än att denna blifvit 2 eller 3 gånger så stor som afståndet mellan två på hvarandra följande lober.» Detta förhållande gifver en föreställning om ett meandersystems utvecklingsstadium. Det angifves för åtskilliga floder i kolonnen $\frac{mb}{d}$ af tabellen å sid. 126—127.

Sedan JEFFERSON utfört sina mätningar, försöker han bestämma, i hvilken mån meanderbältenas bredd bero af den ena eller den andra af flodens dimensioner i vattenmängd, djup och bredd.

Att vattenmängden icke spelar den bestämmande rollen, framgår af en jämförelse mellan den lilla ån Matfield i Massachusetts, den medelstora Oder och en sådan jätteflod som Mississippi.

Matfield har	1.7 kbm. vatten per sek.,	bältets bredd är	135 m.
Oder	> 65.0 kbm. >	> > >	1 410 m.
Mississippi >	15 400.0 kbm. >	> > >	16 500 m.

Då vattenmängden ökas, ökas också meanderbältets bredd, men bältets ökning blir långsammare vid stora vattenmängder. Redan de nämnda tre exemplen visa, att äfven en enorm stegring af vattenmängden utöfvar endast ett måttligt inflytande på meanderbältet. JEFFERSON anser sig till och med kunna bortse från vattenmängden och likaså från hastigheten, som är en konstant faktor af denna. Återstå då flodens djup och bredd såsom varierande faktorer.

»Vi kunna icke göra gällande, att djupet är konstant vid tiden för den mest effektiva meanderutbildningen, men

det finnes skäl, som tala för att djupet har föga inflytande på meandergördelns bredd.»

»Bredden af en meandergördel beror direkt på huru skarpt en flod kan böja sig rundt om ett hörn, eller kort sagdt, ju längre krökradie, desto bredare bälte — — —. Flodens svårigheter att kröka tilltaga med dess bredd, liksom delvis med dess djup. Vanliga rep och snören erbjuda intressanta analogier. En tråd kan vikas dubbel utan vidare, ett rep mindre skarpt, en tjock kabel kan blott krökas i en vid, öppen båge. Svårigheten ligger på den inre stranden. — — Om det är fråga om böjning åt sidan, så är en ökning af bredden ett större hinder för krökningen än en ökning af tjockleken, och detta i förhållande till kvadraten på ökningen. En dubbelt så stor bredd är fyra gånger så hinderlig som en fördubbling af djupet.»

Flodbredden skulle sålunda vara den viktigaste faktorn, som bestämmer meanderbältets bredd. Båda dessa storheter och relationen mellan dem framgå af en tabell, där JEFFERSON meddelar resultaten af sina mätningar. Nedan följer ett utdrag härur, omräknadt till metriska systemet, och där våra största svenska meanderlopp hafva bifogats.

Det är genast uppenbart, att förhållandet $\frac{mb}{w}$ är, i stort sedt, konstant, trots betydliga växlingar af mb (meanderbältets bredd) och w (flodbredden). Typiska tal äro 18 och 20.

Tabell öfver meanderbältens bredd.¹

Flod	Bältet, mb	Flodbredd, w	$\frac{mb}{w}$	$\frac{mb}{d^2}$	Ort	Kartans skala
Mississippi .	16 500 m.	850 m.	19.4	3.2	Greenville	1 : 63 360
Matfield . . .	135 m.	9 m.	15.0	2.6	Elmwood	1 : 1 200
Oder	1 410 m.	73 m.	19.3	2.2	Kosel	1 : 25 000

¹ Väsentligen efter JEFFERSON.

² d = distansen från lob till lob (meanderdistansen, nodafståndet).

Flod	Bältet, mb	Flodbredd, w	$\frac{mb}{w}$	$\frac{mb}{d}$	Ort	Kartans skala
Oder	2 490 m.	124 m.	20.0	—	Breslau	1 : 50 000
Rhen	5 010 m.	236 m.	21.2	2.6	ofvan Speier	1 : 100 000
Rhen	6 870 m.	375 m.	18.3	3.5	ofvan Worms	1 : 100 000
Donau	7 500 m.	417 m.	18.0	4.0	Theresiopel	1 : 200 000
Theiss	5 580 m.	208 m.	27.0	2.5	Szolnok	1 : 200 000
Theiss	3 370 m.	188 m.	18.0	2.2	Szegedin	1 : 200 000
Seine	8 850 m.	280 m.	31.7	2.0	Paris-hafvet	1 : 80 000
Seine	15 300 m.	180 m.	85.0	3.5	nära Paris	1 : 80 000
Klarälflven . (nuvarande)	760 m.	185 m.	4.2	0.8	inom tafl. 1	1 : 8 000
Klarälflven . (såsom fri)	{ 3 280 m. 2 940 m. }	182 m.	18.0	2.5	inom tafl. 1	—
Österdalälflven	3 500 m.	200 m.	17.5	3.5	Mora	1 : 50 000

Afvikelser uppåt och nedåt förekomma, men siffrorna tyckas hålla sig mellan 15 och 25. Endast Seine är oförenlig med dessa tal. Som bekant, bildar denna smala flod vid Paris några jättemeandrar, som kunde passa Mississippi. Man ledes nästan till tanken, att de urholkats under öfversvämningar af det slag, som 1910 hotade Paris. Öfverensstämmelsen mellan de andra floderna i fråga om $\frac{mb}{w}$ styrkes af mätningar från ytterligare åtta amerikanska flodplan, där detta förhållande var resp. 15.0, 19.3, 19.4, 15.4, 12.8, 18.5, 11.2 och 18.9. JEFFERSON kommer till medeltalet 17.6 och antager siffran 18. Den är visserligen typisk, men fenomenet är i naturen så varierande, att han knappast är berättigad att på detta sätt söka fixera en bestämd siffra.

Förhållandet $\frac{mb}{d}$ visar egentligen mindre variationer.

Det tyckes hafva ett typiskt värde af 2.5.

Meanderbältets bredd kan genom särskilda förhållanden blifva abnormt stor. Så är fallet, då *sammansatta meandrar* förekomma (jfr s. 123) och äfven då meandrar äro nedero-

derade i t. ex. en bergplatå. För de *inristade meandrarna* är $\frac{mb}{w}$ stort, i medeltal omkring 30.

Allt för liten zombredd hafva åter meanderloppen i smala dalar, sådana som Klarälfvens. Ett lopp, som är tätt pressadt mot erosionsbranterna, fordrar enligt JEFFERSON ett bestämdt epitet, såsom »hindradt», »satt i förlägenhet» eller »bundet af branterna», i stället för att betecknas blott som outveckladt. Förf. är af samma mening som JEFFERSON och har i fråga om Klarälfvens serpentinlopp använt sådana uttryck som »tilltryckt» eller »stympadt».

ULE (86) framhåller, att meandrarnas storlek på trånga dalbottnar beror på dalbottnens bredd. Man borde i sådana fall bestämma relationen mellan planets bredd och bågarnas intensitet, emedan den i hög grad är karakteristisk för flodens geografiska skaplynne.

Förf. har försökt att med ledning af JEFFERSONS siffror utföra en sådan undersökning beträffande Klarälfvens serpentiner. De äro tydligen tilltryckta af dalsidorna, men här finnes en möjlighet att ungefärligen beräkna deras naturliga dimensioner, sådana de skulle gestalta sig, om älven kunde ringla fritt.

Inom området för tafl. 1 är flodplanets medelbredd 760 meter. Klarälfvens bredd varierar ju betydligt. I detta fall får man alldeles frånse de smala, tilltryckta ställena och i stället räkna med den största bredden af i medeltal 182 m., emedan den väl närmast skulle vara den typiska vid ett fritt Klarälfslopp. Meanderbältets bredd, $\frac{mb}{w}$, blir då 4.2 gånger älvens. Beloppets litenhet är slående och visar, att stymningen är ganska afsevärd. Om meanderbältet haft tillfälle att nå sin fulla utveckling, hade väl förhållandet $\frac{mb}{w}$ varit vid pass 18.0 och flodplanets bredd 3 280 meter.

Beräkningen kan grundas äfven på meanderbältets relation till lodbistansen. Vid den ifrågavarande sträckan af

Klarälven äro afstånden från lob till lob i medeltal 1 175 meter. De kunna uppmätas på meanderbältets (dalens) längdaxel, om serpentinbäckenas nordändar projicieras på denna. Förhållandet mellan bältets bredd och lobdistansen $\left(\frac{mb}{d}\right)$ är endast 0,8, då det normala värdet är 2,5. Äfven detta tyder på stark stympning, i det att flodplanet borde varit 2 940 meter bredt.

Med hänsyn till fenomenets art, är öfverensstämmelsen mellan siffrorna 3 280 och 2 940 anmärkningsvärd. Man torde häraf kunna draga den slutsatsen, att *Klarälven har tendens att skapa ett 3 000 meter bredt flodplan. Dess serpentiner äro sålunda inskränkta till en fjärdedel af deras naturliga verkningsområde.*

Det har redan sid. 27 omnämnts, att Klarälfsdalen vidgar sig nere i Ekshärads socken till 1 300 meter. Serpentinerna kunna vid denna bredd nätt och jämnt utveckla sig till meandrar och blifva afskurna, men äfven här är dalen vida smalare än ett fritt Klarälfslopp skulle erfordra.

Sveriges största fria meanderlopp befinner sig väster om Mora å ett flodplan, som Österdalälven utskurit i en vidsträckt sandplatå (tafla 4 och s. 177). Meanderbältets bredd är öfver 3 000 meter, på ett ställe till och med 4 000 meter, ehuru den typiska största bredden väl kan sättas till 3 500 meter. Flodbredden är typiskt 200 meter och lobdistansen 1 000 meter. Förhållandena $\frac{mb}{w}$ och $\frac{mb}{d}$ äro 17,5 och 3,5 och närma sig sålunda betydligt till de resp. normalvärdena 18,0 och 2,5. Österdalälven vid Mora är af samma storhetsordning som Klarälven å tafla 1, och en jämförelse mellan deras meanderbälten är därför ägnad att belysa skillnaden mellan ett fritt flodplan och ett af Klarälfstypen.

Älfvens horisontella erosion.

Serpentinernas förskjutning enligt älfvallarnas vittnesbörd. De dynamiska företeelserna på Klarälfplanet äro i grunden ganska likartade med dem, som redan omnämnts från andra flodplan. De modifieras dock genom läget i den trånga dalen, och deras geografiska verkningar blifva därigenom väsentligen andra.

Den kvantitativt viktigaste processen är älfvens horisontalerosion med den däremot svarande aflagringen. Därefter kommer vertikalerosionen och så urholkningserosionen. Öfriga processer äro att betrakta mera såsom biföreteelser till de nu nämnda.

I den morfologiska afdelningen har ägnats en detaljerad redogörelse för älfvallar och älfslaguner, och det torde af denna framställning vara klart, att man här har att göra med äkta strandvallar, som markera den konvexa älfsidans forna lägen.

Särdeles tydligt är detta beträffande den första själfständiga älfvallen på sydsidan af ett näs. Den har en strandvalls regelbundna hvälfning och är uppbyggd af älfmjåla, som ännu ej hunnit öfverklädas med något nämnvärdt mylllager. (Fig. 32). Denna första vall är tydligen den yngsta och följer noga buktingen af den nuvarande älfstranden. Äfven de därefter yngsta vallarna hafva i allt väsentligt samma skaplynne. De äldre vallarna äro ofta svagare och ställvis nästan utplånade. Deras natur af strandvallar är dock omisskännlig ända upp på nordflikarna, som äro näsens äldsta delar.

Älfvallarnas utbredning visar, att älfven förflyttat sig öfver hvarje punkt på dalbotten. Vidare har hvarje serpentinbäck, eller älfsträcka från ett serpentinbäcken till det nästa, alltid förskjutits successivt nedåt dalen, från att en gång hafva befunnit sig minst en kilometer nordligare.

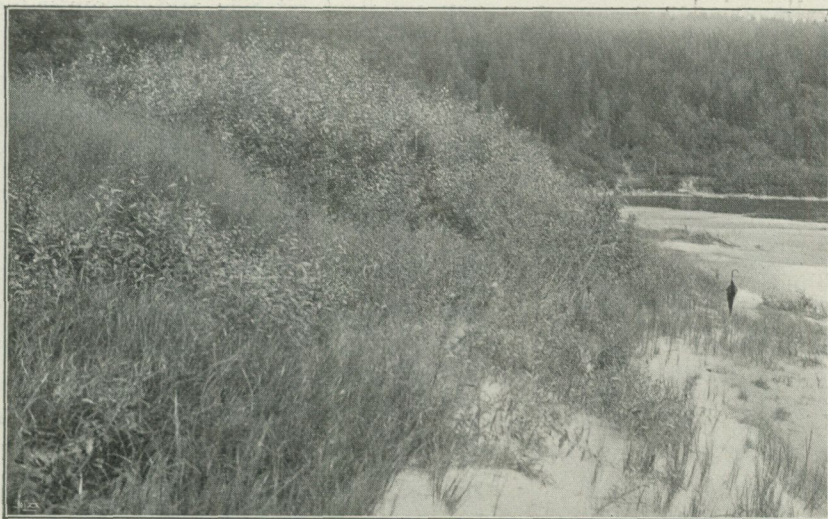


Fig. 32. Hvälfningen af Torpnäs videbevuxna älfvall n:r 1. Gräsrandens nivå markerad.



Fig. 33. En älfvall i genomskärning, Ändenäs.

Huru serpentinförskjutningen tillgått, framgår i detalj af beskrifningen på älfvallarna, jämförd med tafl. 1. Den konvexa strandens senaste lägen äro bäst kända. För ett tiotal älf-

vallsperioder sedan var den på flertalet näs riktad omkring 10 grader mera på tvären mot dalsidan. Näsen voro med andra ord något trubbigare i nedre ändan, men däraf följer äfven, att deras nordflikar voro mera utdragna. Detta skulle möjligen kunna antyda, att förhållandena något förändrats under de båda sista århundradena (jfr s. 136). Afvikelsen är dock icke af något mera väsentligt slag och har icke summerat sig under längre tidrymder.

De riktningar, som äro typiska för yngre och äldre älfvallar under den del af deras lopp, som går från dalens midt och till dalsidan, äro ungefärligen följande. Endast å Ljusnäs går yngsta vallen så snedt nedåt, att den bildar 45 graders vinkel med dalens medellinje. Värnäs måste härvid fränses på grund af bäckkonens störningar. På öfriga näs är yngsta vallens riktning 60 till 70 grader afvikande från dalens. Ungefärligen vid tionde vallen är motsvarande siffra 65 till 75, d. v. s. riktningen är där något mera tvärställd. På näsens nordliga delar finner man äfven 80 grader, ja 85, men det bör observeras, att endast kortare vallsträckor återstå här, och just de sträckor närmast dalsidorna, som hafva mest benägenhet att blifva vinkelräta mot dalens riktning.

Det är tydligt, att man i älfvallarnas lägen och riktningar har ett i sitt slag särdeles rikhaltigt material för rekonstruerande af älfvens forna lopp i olika stadier. Därtill är dalens bredd öfverallt en känd faktor. Älfbredden erhålles från det nuvarande stadiet, som också upplyser om erosionsstrandens form i förhållande till dess samtida, på den konvexa stranden midt emot belägna älfvall. Med ledning af dessa förhållanden kan en sammanhängande rekonstruktion af flodbädden utföras, i den mån det är möjligt att till bildningstiden parallellisera älfvallar på angränsande näs. Detta blir särskildt för de äldre stadierna en ganska vansklig sak. Kartans morfologiska numrering af älfvallarna (tafl. 1) är i detta fall icke tillräcklig, då det ofta händer, att två eller flera vallar på ett annat ställe kunna motsvaras af en skenbart enkel vall, som egentligen är uppbyggd af på hvar-

andra lagda älfvallsbankar. På hvarje enskildt näs kan man däremot utförligt studera den nedanför liggande tvära älfkrökens förskjutning öfver näset och eventuella formförändringar.

Näsafsatsen möjliggör en af de äldre, mera pålitliga rekonstruktionerna för hela området. Vid det stadium, då älfvens konvexa stränder lågo utmed näsafsatsens fot, intogo de olika näsen följande lägen, som alla voro nordligare än deras nuvarande. Baskenäs hade sin spets vid nordkanten af tafl. 1 och sin södra ända vid basen af den ännu kvarvarande delen af dess näsafsats. Ändenäs nådde med sin nordflik antagligen ända till den nuvarande basen af Björkenäs 19:e älfvall. Spetsen låg icke långt från Norra Trång och den trubbiga sydändan där näsafsatsen stöter mot dalsidan. Nordflicken af Torpnäs nådde den punkt, där dalbotten vidgar sig strax nedom Södra Trång. Rundningen af Torpnäs spets sneddade öfver östra delen af Ändenäs stora lagun och de söder därom liggande smålagunerna. Stranden följde så näsafsatsen till näsets sydända, som låg vid korsvägen sydost om Tomten. Ännu långt efter denna tidpunkt utmynnade Råbäcken där i närheten. Älfkröken kring Torpnäs var då något tvärare än nu. Ännu skarpare var den i tidigare stadier, då den gick utmed 45:e eller utmed 56:e Ändenäsullen. Under näsafsatsens stadium låg Ljusnäsullen på Ändenäs vid 7:e eller 18:e vullen, spetsen midt för Råbäckens gamla mynning och den trubbiga sydändan vid 16:e Ljusnäsullen och näsafsatsen. Värnäs nordflik nådde föga längre än nu, men spetsen låg betydligt nordligare, ungefärligen så långt, att den tangerade den nuvarande 8:e Ljusnäsullen, där denna genombrytes af näsbäcken. På Värnäs torde älfven gått utmed näsets 8:e vall fram till den stora bäckkägglans hörn och vidare utmed denna. Älfven tyckes hafva varit svagt böjd mot gruskägglan och har antagligen eroderat dess västra sida.

Genom att studera en sådan rekonstruktion af en längre älfsträcka kan man få en föreställning om i hvilken omfatt-

ningade olika näsen eroderats under samma period. Mest har Baskenäs eroderats (sedan det ofvan refererade stadiet 500 m.), därefter Ändenäs (500 m.), under det att skärningen varit föga mera än hälften så omfattande å Torpnäs och Ljusnäs (300 resp. 250 m.) och ännu mindre å Värnäs (200 m.).

Samtidigt kan man få en god öfverblick öfver förstörelsens relativa hastighet på erosionsbranternas alla punkter. Därvid framgår en lag, som är särdeles viktig för uppfattningen af Klarälfvens horisontalförskjutning. Räkndat i dalens riktning fortgår erosionen med tillnärmelsevis samma hastighet öfverallt. Räknar man däremot vinkelrätt mot erosionsbranterna, går den hastigast på de delar af dessa, som öfvertvåra dalen, men minskas, där branterna börjat böja sig uppåt dalen, så att erosionen utmed näsens nordflikar blir blott en bråkdel af hvad den är nära deras spetsar.

Ur praktisk synpunkt bör man räkna vinkelrätt mot erosionsbranterna. De olikheter, som därvid visat sig i erosionshastighet, gifva sig äfven till känna genom ett par följdföreteelser. Redan sid. 70 har uppmärksamheten blifvit fäst å den säregna fördelningen af branternas små dalraviner af Säterstypen. Endast där erosionen gått långsammast, hafva dessa hunnit utbilda sig och äro därför inskränkta till de mera utdragna nordflikarna af näsen. Att erosionen alltjämt fortgår efter samma regel, är särskildt tydligt, om man iakttagert, hvilka delar af erosionsbranterna, som äro bara och hvilka, som äro bevuxna (jfr tafl. 1). Utmed näsens långsträckta nordflikar inträffar skärning så sällan eller går processen så långsamt, att vegetation, till och med sammanhängande växtmatta och småskog, kunna bibehålla sig eller utvecklas. Stundom är erosionsbranten bevuxen äfven ute å rundningen kring näsets spets. Den bara sträckan, brantens öppna sår, var år 1909 längst å Baskenäs, ej fullt sammanhängande å Ändenäs, men af särdeles karakteristiskt läge å Torpnäs (fig. 11) och Ljusnäs (fig. 26). Å Värnäsbranten funnos blott ett par kortare bara partier.

Vid ägoregleringar och skiften borde man taga hänsyn till erosionens olika hastighet å olika sträckor. Den zon af »gemensam egendom», som man vanligen fastställer utmed erosionsbranterna, borde vara smal uppåt den norra fliken men blifva betydligt bredare utåt näsets spets. Härigenom skulle man kunna förekomma, att skyddszonen, såsom nu ofta är fallet, blefve förr bortskuren för vissa jordägare än för andra.

Det har redan nämnts, att den sammanhängande rekonstruktionen af flodloppet för t. ex. näsafsatsens stadium bör sammanställas med de rön, som kunna göras med ledning af älfvallarna å de enskilda näsen. Man torde af en sådan undersökning komma till den slutsatsen, att näsen och därmed serpentinerne till en viss grad kunna variera sina former. Näsens spetsar kunna blifva aftrubbade från att förut hafva varit tämligen smala och svagt uppåtriktade. Nordflikarna kunna aftaga eller ökas i längd, och näsens sydsidor kunna stöta mer eller mindre tvärt mot dalsidan. I hufvudsak ske dock inga väsentliga formförändringar, variationerna röra sig kring ett jämviktsläge, som ganska väl karakteriseras af det nutida tillståndet (tafl. 1). Däremot förskjutes hela serpentinssystemet småningom nedåt dalen, och alla flodplanets företeelser måste alltjämt afpassas efter förskjutningen. Det råder sålunda en fundamental skillnad mellan de fria meanderloppens horisontalprocess och Klarälfvens med hänsyn till deras geografiska resultat. Hos de förra sker en ständig förändring af flodens alla former. Hos Klarälfven äro formerna oföränderliga. Hos båda försiggår en förskjutning nedåt flodens hufvudriktning.

Serpentinernas förskjutning enligt vissa andra rön. Det har ännu icke lyckats att med naturvetenskaplig metod bestämman de olika älfvallarnas ålder i år räknadt, då nämligen älfmjålan, såsom nämnts i den stratigrafiska afdelningen, saknar någon mera regelbunden hvarfvighet. I stället får man försöka att genom några spridda historiska uppgifter

bilda sig någon uppfattning af de ungefärliga tidrymder, som kräfts för älfvallars uppkomst.

Mellan åren 1906 och 1909 har skett endast en helt obetydlig påbyggnad af den allra yttersta älfvallens fria ända å vissa näs. Det är genast klart, att hvarje vall svarar mot en betydligt längre period än ett år. Ofta är den första, d. v. s. yngsta vallen bevuxen med videbusknår, som måste vara ett par tiotal år gamla. Vallen kan emellertid vara sammansatt af två eller flera bankar och videsnåren jämnåriga med den understa. Å andra sidan kan älfvallen naturligen vara äldre än sina nuvarande videbuskar.

I ett fall tyckes tillförlitligare fakta föreligga. De gälla Ändenäs 2:a älfvall, hvilken afstänger en lång lagunsjö. Vallen fanns icke på den landtmätarekarta, som uppmättes åren 1884 till 1889, och är sålunda 1909 högst 25 år gammal. Af dess videbuskar voro åtskilliga af de större nedhuggna 1906 och visade sig hafva 18 årsringar. Vallens bas måste därför 1909 vara minst 21 år. Den 2:a vallen jämte den ännu vegetationslösa 1:a hafva sålunda uppbyggts på ett par och tjugo år.

På Baskenäs lär älfven för 50 år sedan, enligt uppgift af en äldre man, hafva gått utmed den dammkrönta 8:e vallen. Näset skulle då hafva tillväxt 80 meter på nedre sidan, och af de yngre vallarna skulle en hafva bildats i medeltal hvart sjunde år.

Säkrare upplysningar lämnar för Torpnäs en karta öfver Ljusnästorps inägor i skalan 1:4 000 af NILS BREDBERG år 1801. Den synes vara noggrant gjord och upptager vissa vägar och punkter, som kunna säkert igenkännas på 1909 års karta. Det blir därigenom möjligt att jämföra älfstrandens lägen 1801 och 1909. Den äldre stranden markeras å tafl. 1 genom en rad kors med årtalet 1801. Tydligen var 4:e vallen den yttersta under detta år. De tre yngre vallarna hafva sålunda bildats på 108 år, hvilket motsvarar 36 år pr vall. Om man tager hänsyn till, att 1:a och 3:e vallarna uppenbarligen äro dubbla, så sjunker siffran pr vall

till 22 år. Torpnäs har på samma tid haft en största tillväxt söder ut af 68 meter. Detta tyckes i viss mån bekräfta uppgiften från Baskenäs, då man ju hade anledning vänta, att förskjutningen där skulle hafva gått något mer än dubbelt så fort som på Torpnäs.

Det nybildade området vid Torpnäs afsmalnar regelbundet utåt spetsen och har, innan denna nås, öfvergått till en landförlust af intill 25 m. i bredd. Utmed näsets nordbrant hafva förlusterna måhända varit några tiotal meter. Sedan 1884 tyckas de uppgå till 15 meter.

Sannolikt fortskrider erosionen med synnerligen växlande hastighet eller rent af stötvis. Förf. har kommit till denna åsikt genom studier af Dalälvens skärningar norr om Älfkarleby.¹ Där är tillgången på historiska källor jämförelsevis riklig, så att man kan följa de hufvudsakliga förändringarna under två århundraden. Under så långa tidrymder som århundraden äger nog rum en viss utjämning, och det kan förefalla som om erosionens arbete ginge ganska jämnt. På en något öfver kilometerlång sträcka vid Älfkarleby hafva 12,2 hektar bortskurits mellan åren 1705 och 1905, däraf sedan midten af 1700-talet enligt olika kartor 9,7 9,2 och 8,3 hektar. Efter 1774 hafva 5,1 hektar gått förlorade, efter 1783, 1797 och 1805 gäller detta om 3,4 hektar och efter 1812 och 1841 blott om 1,4 hektar.

Det är visserligen sant, att det i medeltal pr århundrade bortskäres 6 hektar å denna sträcka, men det vore alldeles vilseledande att tala om ett årligt medeltal af 0,06 hektar (600 kvm.). Det förekommer ju hviloperioder på 20 till 30 år, under det att de större förändringarna äro koncentrerade till ett fåtal ovanligt höga vårfloder, såsom åren 1764 och 1860, då väldiga, sammanhängande landrensor gingo förlorade.

Att liknande utskärningar äfven förekomma vid Klarälven, framgår af en fotografi af E. BERGGREN.² Bilden är

¹ Ymer 1906, s. 83—92.

² Skogsvårdsföreningens tidskrift (allmänna upplagan) mars 1911, s. 29.

visserligen från Råda nedom Edebäck, men visar särdeles åskådligt, huru en bred landremsa af en typisk erosionsbrant just sjunkit ned i älven, öfvertäckt af den hopstörtade skogen.

Sådana små katastrofer torde inträffa ungefärligen en eller ett par gånger i mansåldern. Den här af berörda älfsträckan gör då ett ryck nedåt dalen. På den konvexa stranden blir en remsa torrlagd och nästa älfvall kan därför uppbyggas på något afstånd från den föregående och således framträda som en fri vall.

Att döma af de få föreliggande fakta, synes det rimligt att tänka sig en normal älfvall bildad på, låt säga, tjugo år.

Angående hastigheten af serpentinerernas vandring i sin helhet veta vi endast, att bågen 17 ö (tafl. 1) förflyttat sig 68 meter på 108 år. Det gifver dock en hållpunkt vid uppskattandet af den sista serpentinerperiodens maximala längd (jfr nedan s. 161).

Från andra flodlopp föreligga åtskilliga uppgifter om serpentinförskjutningens hastighet, hvilken då i hvarje särskildt fall bör jämföras med resp. floders dimensioner (68, 83, 39, 62). Den tycks stundom kunna blifva öfverraskande stor. Så omnämner TAYLOR efter P. CAUTLEY, huru den 435 meter breda och 2 meter djupa Rutmoo River under ett enda högvatten förflyttade sig 45 meter i sidled. MILLER anför, att enligt A. TAYLOR vid högvatten 1877 inträffade, att en flod vid Dollar Burn under en timme utskar serpentiner, så att åskådarna måste draga sig tillbaka steg för steg. I allmänhet torde dock serpentinerernas vandring gå ganska långsamt, om också stötvis.

Erosionsprocessen. Mellan katastroferna synas endast underordnade krafter arbeta på erosionsbranternas nedrifvande. Under Sättersravinernas vegetationstäckte äger en långsam jordflytning rum. Å de bara branterna nedrasa esomoftast större och mindre stycken från sluttningens alltför branta öfre del (fig. 33 och 34). Nedre delen är trappstegslikt terrasserad (fig. 35) till följd af pulsationerna under vattnets sjunkande från det senaste högvattenståndet.

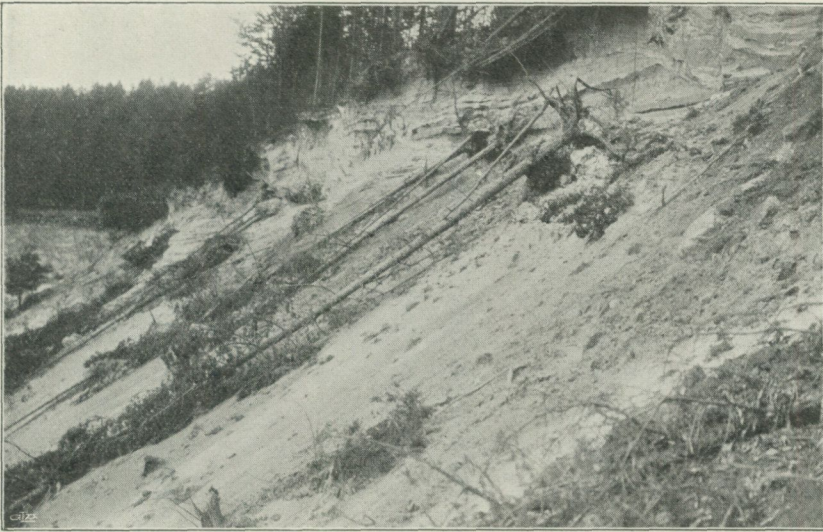


Fig. 34. Nedrasade träd, erosionsbranten, Baskenäs.



Fig. 35. Vattenståndsterrasser å yttre sidan af första älfvallen, Torpnäs.

De vegetationslösa branterna äro utsatta också för eolisk erosion. Vinden har särskildt angripit den fina älfmjålan och djupt skulpterat dess yta. Vid sydlig vind ligga ero-



Fig. 36. Sandmoln vid nordlig storm. Torpnäs nordsida.



Fig. 37. Flygsand, aflagrad å vegetationstäcknet nära Torpnäs norra kant.

sionsbranterna i lä, men då det blåser tillräckligt starkt från norr, börjar vinderosionen verka. Förf. har varit vittne till en nordlig storm i Klarälfsdalen, hvarvid vinden blåste upp formliga sandmoln utefter erosionsbranterna (fig. 36). Så

långt ögat kunde nå uppåt och nedåt dalen, syntes ljusa, hvirflande sandpelare ordnade i en lång sicksäcklinje, som återspeglade branternas anordning utmed älfvens serpentiner.

Flygsanden aflagras å näsets yta ofvan brantens kant men aftager hastigt i mäktighet, från kanten räknadt. Redan på 50 meters afstånd har ett 10 centimeters lager å Torpnäs tunnat ut till knappt 1 centimeters mäktighet (fig. 37 och tafl. 1).



Fig. 38. Vattenhvirflar under vårfloden. Serpentina 16 ö.

Nere i själfva älfven synas äfven vid sommarlågvattnen vissa eroderande faktorer vara i verksamhet. Utmed den konkava stranden gå kraftiga bakströmmar, som grumlas, då de slamma upp och bortföra det lösa, nedrasade materialet.

Längre ut märkas större vattenhvirflar med blank yta samt mindre hvirflar med en trättformigt fördjupad topp (fig. 38). Under lågvattnen inverka hvirflarna föga på älfvens botten, men vid högre vattenstånd torde de utföra det väsentliga erosionsarbetet. Under vårfloden 1910 kunde förf. iakttaga, huru de större hvirflarna rörde upp betydliga sandmassor, något påminnande om bolmande, hvitgul rök. Dessa

hvirflar äro en till flera meter i diameter och må ej förväxlas med de små, trattformiga, som blott mäta några få centimeter. Tratthvirflarna äro antagligen smala och höga, liknande öknarnas sandtromber, och äro att anse som friktionshvirflar på gränsen mellan de större, eroderande hvirflarna. Den uppsugning af bottensediment, som vissa författare (41) tillskrifva dem, synes icke i Klarälven spela någon afsevärd geografisk roll.

Hvirflarnas rörelseintensitet beror i sin tur af vattnets hastighet, hvilken tydligen är den bestämmande faktorn vid Klarälfsbäddens uteroderande. Vattenhastigheterna vid hög- och lågvatten och vid olika djup hafva därför underkastats en särskild undersökning, för hvilken redogöres nedan i anslutning till omnämmandet af älfvens urholkande erosion.

Flodvattnets olika rörelser och hvirflar hafva studerats af ett stort antal forskare. Några därvid gjorda rön kunna här antydast.

Man har funnit, att, fränsedt de redan nämnda hvirflarna, en flods hela vattenmassa är försatt i en långt utdragen spiralrörelse. Enligt PENCK (64) flyttar sig vattnet vid konstant eller fallande vattenstånd från flodens stränder ut mot den svaga konkavitet, som då befinner sig öfver det största djupet. Där sjunker vattnet och drager sig vid botten från de större djupen upp mot stränderna. Vid stigande vatten är flodens yta konvex, och den längsgående spiralrörelsen sker i motsatt led.

Det synes förf., som om man här hade en motsvarighet i floderna till det bekanta, af SANDSTRÖM upptäckta skumrandsfenomenet vid hafskusterna. MÖLLER (58) omnämner också, att isstycken samla sig där vattnet dyker ned på gränsen mellan de båda spiralerna. Han anser, att en dubbel spiral, med strömning mot flodens midt, förekommer endast i symmetriska rakloppssektioner. I normalt excentriska meandersektioner (jfr ofvan s. 58) skulle finnas endast en enkel spiral med ytrörelse utåt och bottenrörelse inåt loben. Den yttre spiralen är vid båglopp så liten och hoptryckt, att den lätt

förbises. Den omnämnes ej direkt af BOUSSINESQ (10) och BOUQUET DE LA GRYE (41), hvilka med rätta lägga hufvudvikten vid bottenrörelsen från det största djupet och mot den konvexa aflagringsstranden.

RUDOLPH (71) anser denna rörelse till och med afgörande för den normala sektionens formen, hvilken enligt honom icke skapas af biföreteelsen hvirflar.

B. BRUNHES och J. BRUNHES (13) hafva påpekat en viktig relation mellan vattnets hastighet, den utdragna spiralrörelsen och de egentliga hvirflarna. Om den konkava stranden är den högra, så rotera alla hvirflar mellan den snabbaste strömlinjen och den konkava stranden (således inom yttre spiralens område) medsols, men alla hvirflar på strömlinjens andra sida röra sig motsols. Om den konkava stranden är den vänstra, så äro rotationsriktningarna omkastade. Förf. har konstaterat fenomenet i Librobäcken vid Uppsala, i Lagan, Klarälven och andra floder. Kanske är det enklare att uttrycka lagen så, att i alla hvirflar rör sig den sida framåt, som vetter mot den snabbaste strömlinjen, hvarpå rotationen går utåt och slutligen bakåt på hvirflarnas mot land vända sida. Genom att se på de små trathvirflarna, kan man finna den snabbaste strömlinjens läge och därmed utan lodning i regeln också älfvens största djup.

Samma arbete framhåller, i motsats till RUDOLPH, hvirflarna såsom de hufvudsakliga verktygen vid flodbäddarnas fördjupning.

BJERKNES (9) har utredt de teoretiska betingelserna för uppkomsten af roterande friktionshvirflar i gränsskikt mellan olika vätskelager.

UNWIN (87) framhåller, att vattnet ej rör sig som en fast kropp utan med ett hvirflande, som gifver anledning till en inre energiförlust. Han anser, att förstärkningen af hvirfvelrörelsen vid ökad hastighet är orsaken till att floder nas friktion tilltager snabbare än hastigheten, då denna ökas.

Enligt REYNOLDS (69) ökas friktionen i det närmaste med kvadraten på hastigheten. Beträffande arten af vattnets

inre rörelse, så skulle två vidt skilda typer förekomma. Antingen sker rörelsen utmed linjer, som föra kortaste vägen till målet, eller sker ett hvirflande i slingrande banor, representerande de största omvägar. Han söker med experiment påvisa en kritisk hastighet, som icke kan öfverskridas, utan att hvirfvelbildning inträder. Hvirfvelrörelsen gynnas genom högre temperatur och uppträder förr, om vattnets viskositet ökas genom större slamhalt.

LOGIN (55) finner vattnets rörelse snarare rullande än glidande. Han anser, att friktionen försätter vattenpartiklarna i rotation i alla riktningar, hvarvid de beskrifva större och mindre cirklar. Då flodens bredd och djup ökas, blir flytningsfriktionen mindre, emedan den rullande rörelsen försvagas vid större cirkeldiameter. En större rotationshastighet medför en förstärkning af vattnets abraderande och transporterande kraft och sätter det i stånd att lossa större korn från flodbädden och därpå hålla dem uppslammade.

De större, eroderande hvirflarna i Klarälven äro tydligen identiska till sin natur med de i Mississippi öfverallt förekommande »sand-boils» eller »mud-boils». FENNEMAN (28, s. 29) beskriver dem sålunda: »De upptaga nästan cirkelrunda fläckar, en till några få meter i diameter (a few feet to a few yards), inom hvilka vattnet tydligen stiger upp, förande med sig så mycket sediment, att i motsats till det omgivande vattnet dessa boils (kokande fläckar) äro tydligt bruna.» Af Mississippis sedimentlast tror han åtta niondelar vara upprörda af sådana hvirflar.

BOUQUET DE LA GRYE (41) stöder sig på vissa experiment, då han anser hvirflar med en central, trattformig depression vara särskildt viktiga för erosionen. Han framhåller, att hvirfveln vid flodbotten lyfter en motsvarande roterande kon af sand, som sedan förflyttas nedåt floden, huru svag strömmen än för öfrigt må vara.

Man tyckes vara enig om att lyftning genom hvirfvelrörelse är hufvudvillkoret för sedimentets uppslammade och därmed för erosionen af en sandbädd.

Alla det rinnande vattnets rörelser blifva hastigare och kraftigare vid ökad vattenmängd. Det är därför vid högvatten, som de verka eroderande i större skala. Härvid anse några forskare, att erosionen är proportionell mot vattendjupet eller trycket och att stranderosionen snarare beror på vattnets stötkraft än på friktionen (59, 88). Andra åter förneka tryckets inverkan och anse den ökade hastigheten och friktionen vara närmaste anledningen till den större erosionen (36, 81, 13).

Det förefaller sannolikt, att vattnets framåtgående hastighet vid flodens botten är af största betydelse för transport af sediment i en flodbädd.

Flodvattnets dynamik är säkerligen vida mera komplicerad, än hvad som här kunnat antydast, hvarför vi med HONSELL (48) kunna citera den skarpsynte GALILEIS uttalande redan för fyrahundra år sedan: »Trots himlakropparnas oerhörda afstånd har jag icke funnit så många svårigheter i utredandet af deras rörelser, som i undersökningen af det rinnande vattnets rörelse, som äger rum strax framför våra ögon.»

Villkoren för slamtransport. Det rinnande vattnets verkan på sin bädd bestämmes väsentligen af dess förmåga att transportera de sediment, hvaraf bädden består. GILBERT (35, s. 100) har sökt att på ett mera allmängiltigt sätt klargöra förhållandet mellan en flods transportkraft och det förefintliga sedimentets kornstorlek. Hans tankegång är följande. »En vattenström, som flyter utför sin bädd, utvecklar en energimängd, som motsvarar produkten af vattenmängden och det vertikala afstånd, som denna sänkes. Om ingen friktion ägde rum mellan vattnet och flodbädden, skulle strömmens hastighet kontinuerligt ökas. Men då, såsom vanligen är fallet, hastigheten icke ökas, så åtgår hela energien till friktion. Friktionen framkallar oregelbundenheter i vattnets rörelse och gifver särskildt anledning till sekundära strömningar, mer eller mindre sneda mot den allmänna rörelsen framåt. Några af dessa sekundära strömningar hafva en uppåtgående tendens, och det är de, som utföra hufvudparten af

flodens transporterande arbete. De lyfta små korn från botten och hålla dem uppslammade under sin rörelse framåt med den allmänna strömningen.»

»De finaste partiklarna sjunka långsammast¹ och föras längst, innan de åter nå botten. Större korn lyftas nätt och jämnt och falla genast åter ned. Ännu större lyftas blott till hälften, d. v. s. de lyftas på strömsidan och kantra öfver utan att lämna botten. Slutligen har man en gräns för hvarje strömkraft, så att de största stenarna i flodbädden alls icke kunna rubbas.»

»Det råder en bestämd relation mellan en ströms hastighet och storleken af de största stenar, som den mäktar rulla. HOPKINS (49) har visat, att *stenarnas vikt är proportionell mot sjätte digniteten af hastigheten.*»

Sålunda skulle mot bottenhastigheter af 1, 2, 3, 4 o. s. v. svara korn vägande resp. 1, 64, 729, 4 096 o. s. v. En så stark variation af kornstorleken synes måhända först otrolig, men styrkes af direkta mätningar i olika floder. HOPKINS lag synes icke heller oförenlig med hvad som redan (s. 94) nämnts om Klarälfssedimentens kornstorlekar.

Vid Klarälven förekomma följande typiska korndiametrar uttryckta i hundradels millimeter: finaste älfmjälan 2—7, älfmjälan 7—20, öfre delen af älsanden 20—70, undre delen 70—200, älfgruset 700—7 000. Om man för ett korn med 2 hundradels millimeters diameter sätter vikten till 1, så erhållas följande relativa vikter af kornen i de olika sedimenten: finaste älfmjälan 1—40, älfmjälan 40—1 000, öfre delen af älsanden 1 000—40 000, undre delen 40 000—1 000 000, älfgruset 40 000 000—40 000 000 000. Då emellertid endast älsanden och älfgruset afsatts inom sjelfva flodbädden (jfr nedan, s. 149), så varierar kornens vikt där

¹ Tydligen, emedan de hafva en större yta i förhållande till vikten. PENCK meddelar (64) en tabell öfver fallhastigheten per sekund vid + 10° Celsius. För korn af 0,01 mm. diameter (finaste älfmjäla) är den 1 millimeter, för korn af 0,1 mm. (gröfre älfmjäla) är den 99 millimeter. Vid ± 0° Celsius äro motsvarande hastigheter blott 0,7 resp. 7 millimeter.

endast mellan 1 och 40 000 000. Sjätte roten ur 40 000 000 är 18,5, hvadan bottenhastigheten inom Klarälfvens bädd skulle variera mellan 1 och 18,5, hvilket förefaller tämligen rimligt.

GILBERT framhåller vidare, att det lätt kan påvisas, att en uppslammad partikels vikt är proportionell mot sjätte digniteten af hastigheten hos den uppåtriktade strömning, som vill hindra dess sjunkande. »Man får däraf ingalunda draga den slutsatsen, att hela den last af fast material, som en flod transporterar, skulle stå i en sådan relation till strömhastigheten. Den riktiga slutsatsen är att hastigheten bestämmer den största kornstorlek, som floden kan förflytta rullande, samt den största kornstorlek, som kan hållas uppslammad.»

»Hvarje partikel, som en flod lyfter och håller uppe, föranleder en förlust af energi. Förlustens storlek angifves af partikels vikt mätt i vatten och multiplicerad med det afstånd, som den skulle sjunkit i lugnt vatten under den tid den hållits uppslammad. Om vi för enkelhets skull antaga, att flodens hela last består af lika partiklar, så angifves mängden af den energi, som åtgår vid deras transport, af deras sammanlagda vikt multiplicerad med den vägsträcka, som en af dem skulle sjunkit under den tid transporten varar. Emedan fina partiklar sjunka långsammare än gröfre, så kommer samma mängd af energi att åtgå vid transport af en större vikt fint material som vid transport af en mindre vikt groft.»

»En klar ströms hela energi åtgår till flytningsfriktion. Friktionen är direkt proportionell mot hastigheten. Om däremot sediment tillføres vattnet, så tages en del af energien i anspråk för transport af lasten. Detta sker på bekostnad af strömningsfriktionen och därmed på bekostnad af hastigheten. Då den för transport använda energien ökas, så minskas hastigheten. Om sedimentet är sammansatt af blott lika stora partiklar, kunna vi äfven säga, att då lasten ökas, så minskas hastigheten. Men då hastigheten minskas, kommer man slutligen till en punkt, då den nått och jämnt räcker

till för transport af partiklar af en viss storlek. Då denna punkt är nådd, har floden sin maximala sedimentlast af en viss kornstorlek.»

Finare sediment fordra emellertid en mindre hastighet för sin transport än gröfre och komma därför icke så snart att nå sin maximala mängd. »En större procent af hela strömningsenergien kan sålunda utnyttjas af fint sediment än af groft.»

»Det bör klargöras, att flytningsfriktionen i och för sig är ett kompliceradt fenomen. Det vatten, som berör flodbäddens botten och sluttningar, framkallar friktion, då det flyter öfver dem, och det snabbare vattnet uti flodfåran flyter också under friktion förbi det vatten, som är närmare stranden. Olikheten i hastighet gifver upphof till bakströmmar, som också utöfva friktion mot hvarandra. Den koefficient, som angifver vattnets friktion mot flodbäddens fasta material, och koefficienten för vattnets friktion mot vatten, d. v. s. vattnets viskositet, samt slutligen flodbäddens form bestämma flytningsmotståndet och utgöra tillsammans hvad man kunde kalla flytningsfriktionens koefficient. Friktionen beror af denna koefficient samt af hastigheten.»

»En flods transportförmåga ökas sålunda på två sätt genom materialets sönderdelning. Å ena sidan behöfver fint material mindre energi för transport af en viss vikt, och å den andra kan det utnyttja en större del af flodens energi.»

»Häraf följer som ett korollarium, att hastigheten af en fullastad flod beror af det medförda materialets sönderdelningsgrad. Då en flod har sin maximala last af fint material, så är dess hastighet mindre än då den för sin maximala last af groft material. Den största lasten svarar sålunda mot den minsta hastigheten.»

»Vidare måste en flod, som tillföres olikartadt material, utvälja det finaste. Om detta förefinnes i tillräcklig mängd, kommer strömmen att blifva så belastad därmed, att det gröfre icke kan röras. Räcker icke det finaste till, så tages äfven det närmast gröfre o. s. v.»

»En flod, som kan transportera material af en viss storlek, kan sägas vara *kompetent* till sådant material. Kompetensen beror på hastigheten, emedan de största partiklar, som floder kunna flytta, ju äro proportionella mot sjätte digniteten af deras resp. hastigheter. Hastigheten i sin ordning beror af lutningen och vattenmängden samt i omvänt förhållande af lasten.»

»Flodens förmåga att transportera ett visst slags material ökas i mer än det enkla förhållandet vid ökning af lutningen och likaledes i mer än det enkla förhållandet vid ökning af vattenmängden.»

Aflagringsprocessen. Det material, som Klarälven transporterar, härrör öfvervägande från älfbädden och från de olika näsens erosionsbranter. De allra finaste beståndsdelarna, ungefärligen motsvarande den marina mjälans kornstorlek, torde älven föra nedom Edebäck, kanske ända ut i Väneren. Detta måste gälla om större delen af all marin mjåla, som borterodas, då ju de finaste älfsedimenten, i hvilka den eljest skulle ingå som omlagringsprodukt, hafva en afgjordt gröfre kornstorlek.

Det gröfsta af den marina mjålan jämte all älfmjålan transporterar älven en eller annan serpentin söder ut, kanske längre, och afsätter det inom öfversvämningssområdet å den låga sydsidan af därvarande näs.

Älfanden transporteras närmast till sandfältet i nästa serpentinskänkel, och älfgruset torde endast flyttas mera obetydligt. De större stenarna torde falla alldeles utom älvens transportkompetens.

Härmed har också antydts den uppfattning af de olika flodsedimentens bildningssätt, till hvilken den föreliggande undersökningen har ledd.

En fullt klar bild af hela flodaflagringscykelns uppkomst torde lättast erhållas i anslutning till tafl. 3, sektion I jämförd med tafl. 2, profil 8.

I den nämnda sektionen å tafl. 3 förekommer erosion endast längst till höger mellan älvens djupaste fåra (18 m.

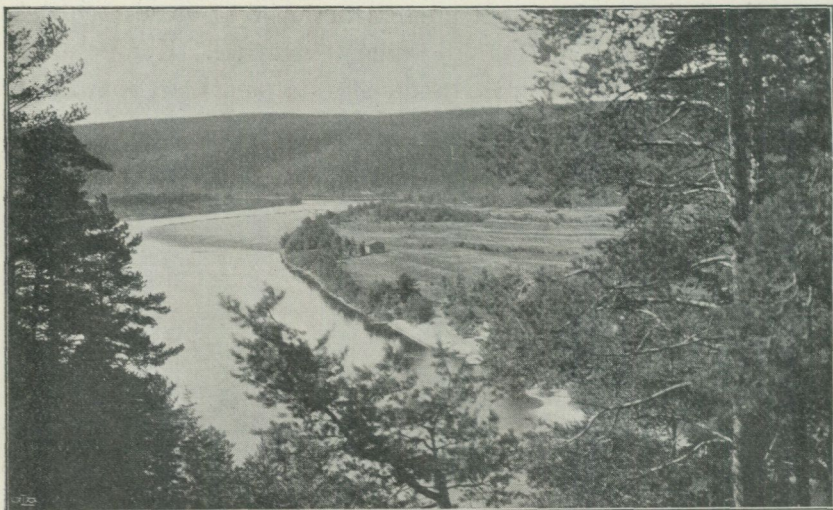


Fig. 39. Aflagringar inom och utom flodbädden. Ändenäs' nedre sida, aug. 1909.



Fig. 40. Högvattnet när in öfver södra Torpnäs. 18 maj 1910.

från den östra högvattensstranden) och erosionsbrantens kant, eller på en bredd af 22 meter. Af hvad som här nedrifves från Torpnäs bortföres allt finare sediment ur sektionen. Blott föremål, hvilkas vikt öfverstiger högvattnets kompetens, blifva

liggande å den flata bottnen af älfvens djupränna. Här bildas *älfgruset*. Detta kommer tydligen att hvila direkt på den marina mjälan och är ett anse som aflagringscykelns bas. Materialet till det under bildning varande gruslagret lämnas väsentligen af det äldre älfgrus, som sticker fram i erosionsbranten $4\frac{1}{2}$ meter öfver lågvattennivån. Detta äldre älfgrus bildades på en tid, då älfvens fall ned till Edebäck var $7\frac{1}{2} + 4\frac{1}{2} + 3 = 15$ meter mot nuvarande $7\frac{1}{2}$ meter. Det bör sålunda vara något för groft för älfvens nuvarande kompetens. En del af detta grus torde till och med härstamma från ännu äldre stadier med än starkare fall och än större kompetens. Det är därför ingalunda förvånande, att man i erosionsbranternas gruslager finner stenar, som öfverskrida de normala storleksklasserna 7—20 mm. och 20—70 mm. Enstaka stenar kunna hålla $130 \times 80 \times 60$ mm., $140 \times 100 \times 90$ mm. o. s. v. En sten hade dimensionerna $390 \times 380 \times 190$ mm. Det är alldeles slående, att de krafter, som bildat gruslagren i öfrigt och bestämt deras kornstorlek, icke hafva kunnat ditföra ett sådant block om 4 decimeter.

Nu är emellertid att märka, att äfven föremål, som legat på näsens ytor, komma att hamna på älfbotten, och om de äro tillräckligt tunga, blifva de liggande och ingå i gruslagret. Där samlas, bland annat, material från gamla strandskoningar och sten, som man vräkt ned i forna sätersraviner för att hejda deras erosion. Vidare stensättningar i brunnar och stengrunder till hus, ja, äfven innehållet i gamla ättehögar. Vid Hara i Ekshärads socken lära nämlingen några sådana hafva blifvit utbrutna af älfven enligt W. EDGREN (*K. I*). Man skulle sålunda kunna beteckna älfgruset såsom ett samlingslager, dit näsens alla gröfre beståndsdelar koncentrerats. Naturligen uppträda de tillfälliga inblandningarna af nyss antydd natur tämligen sporadiskt och mera i det nutida älfgruset än i det äldre, som bildades på en tid, då Klarälfsdalen antagligen ännu var föga bebyggd.

Motsvarigheter till samlingslagret synas hafva anträffats af SMITH (77), som funnit kvarlevor af människor och husdjur

på 7,5 meters djup i en meanderlobs hals vid River Trent i England, samt af FEGRÆUS (27), som vid Krångede i Jämtland funnit en timmerstock 4.5 meter under markytan och 2,8 meter öfver Indalsälvens yta. RUSSEL (72) och andra omnämna leror med enstaka block, som härröra från flodis. Det synes icke osannolikt, att äfven Klarälvens istäcke skulle kunna lossa och transportera block från moränstränderna mellan näsen. Dessa block komma att antingen falla ned på älfgruset eller på älsanden men blifva i hvarje fall omslutna af älsand.

Om vi återvända till sektion I å tafl. 3, så utmärker en horisontell linje, som utgår åt vänster från älfvens djupaste fåra, gränsen mellan den marina mjälan och aflagringssidans därpå hvilande sandbankar. Då älfåran ryckt ett steg inåt Torpnäs, så tillväxa sandbankarna täckande öfver det nyss bildade älfgruset. Denna sandaflagring sker på ett tämligen stort djup, vid lågvatten fulla 2 meter, hvarför sanden blir tämligen grof, motsvarande älsandens undre del å profil 8, tafl. 2.

Under älfvens förskjutning inåt Torpnäs blifva djupet och vattnets hastighet allt mindre för hvarje särskild punkt, som befinner sig till vänster om älfåran. Den aflagrade sanden blir också allt finare mot Ändenäs till. Vid punkten 87 m. från östra högvattenstranden var sandbankens kornstorlek ännu nära grofleksklassen 2.0—0.7. Den var redan något finare 113 m. från öster och kunde där hänföras till grofleksken 0.70—0.20, hvilket äfven gäller om punkten 150. De breda halfmånbankar, som äro torra under lågvatten (fig. 39), motsvara sålunda den finare, öfre delen af de stratigrafiska profilernas älsand (tafl. 2).

Aflagringen å halfmånbankarna sker skiktvis, i det att tvärbankar af ett par decimeters mäktighet växa fram den ena ofvanpå den andra. Deras nedåt strömmen vända, delta-artade aflastningsbrant torde bibehållas skarp genom en vertikal bakströmshvirfvel.

Nära Ändenäs, vid punkt 200, är sandbanken öfvertäckt

af ett tunt slamskikt med kornstorleken 0.20—0.07, hvilket troligen kommer att en gång framträda som en mjälrand af det slag man stundom finner i öfversta delen af erosionsbranternas fossila älf-sand.

Vid punkt 212 höjer sig den första älfvallen å Ändenässidan. Liksom sandbankarna växa fram öfver älfgruset och slutligen bilda ett sandlager, som i tjocklek ungefärligen motsvarar älfvens djup vid lågvatten (3 m.), så växa älfvallarna fram öfver sandlagret och bilda slutligen ett lager af mjäla, hvilket i mäktighet kan jämföras med höjdskillnaden mellan sommarlågvattnets och vårflodens nivåer (5 m.).

Mellan sandlagret och mjällagret i erosionsbranterna finner man stundom ett öfre älfgrus, som strider mot den ofvan fastslagna regeln, att kornstorlekarna i flodaflagringsserien af-taga uppåt. Det gruset måste hafva aflagrats å en sandbanksyta omedelbart intill första älfvallen, hvilket förefaller ganska egendomligt. Man bör emellertid komma ihåg, att den älfvall, som sedermera har öfvertäckt och skyddat det öfre älfgruset, sannolikt på vanligt sätt bildades under ett ovanligt högt vattenstånd, då älfven gjorde ett katastrofartadt ryck nedåt dalen. Vid ett sådant tillfälle var måhända hastigheten äfven vid aflagringsstranden tillräckligt stark för att kunna föra dit en strömstråle med grus, på hvilket den nya älfvallen omedelbart uppbyggdes.

I öfversvämningssområdet utom älfbädden aflagras under de högsta vattenstånden älfmjäla. Den har en stor benägenhet att bygga upp de regelbundet hvälfda älfvallar, som redan i den morfologiska afdelningen varit föremål för en detaljerad redogörelse. Å den begynnande nya vallen utmed den konvexa älfsidan uppstår snart ett långsträckt och tätt snår af videbuskar, som kvarhåller mjälan och gynnar vallens tillväxt (fig. 32). Vallen består af ett antal hvälfda, föga regelbundna skikt, som måhända dock antyda årliga afsättningar (fig. 33). Som naturligt är, har hufvudparten af det fina sedimentet aflagrats i vallens videsnår, som ju ligger på gränsen till öfversvämningssområdet eller med andra ord just



Fig. 41. Det öfversvämmade Baskenäs med näsafsatsen i bakgrunden, 18 maj 1910.

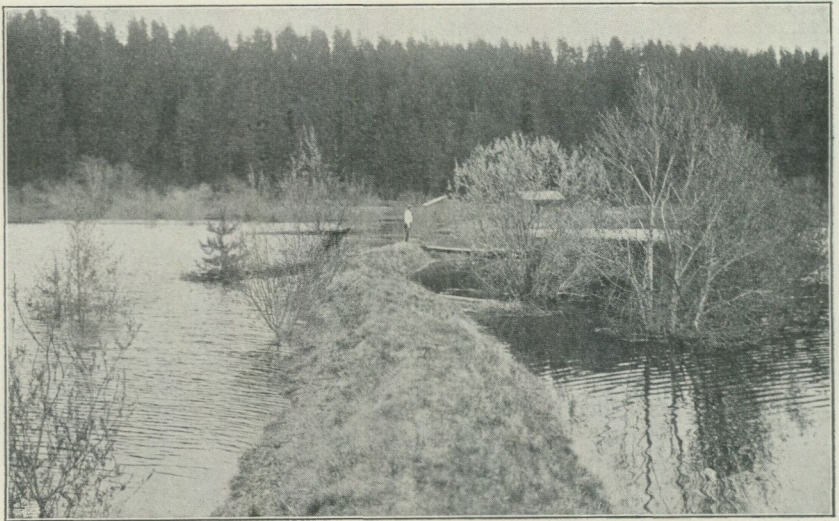


Fig. 42. Genombruten damm å Baskenäs.

där strömmen förbytes till lugnvatten. Sannolikt svarar mot hvarje älfvall ett tunnare skikt af mjäla, sträckande sig inåt öfversvämningsområdet.

Älfmjälan torde utgöra vid pass 60 % af samtliga Klarälfvens aflagringar. Procenten är afsevärdt högre vid fria meanderlopp å mycket flata slätter. Den ungerska Theiss aflagrar enligt VUJEVIĆ (93) ända till 85 % af sitt slamm i öfversvänningsområdet och således endast en mindre del inom flodbädden.

Inom öfversvänningszonen öfverklädes älfmjälan med vegetation, och sedan högvattnet ej längre kan nå platsen, utvecklar sig ett myllhaltigt ytlager. Snart anrycker dock nästa erosionsbrant, flygsand lägger sig i växtmattan, och så nedbrytes näsets yta af nästa flodserpentin, innan myllagret hunnit blifva mera än 2 dm. tjockt.

Detta är i korthet gången af flodaflagringscykelns bildning. Få företeelser i Sverige torde vara så instruktiva vid geografiskt-geologiska studier som utsikten från en af Klarälfvens erosionsbranter. Framför oss ligger älfven, representerande själfva den omdanande kraften, under och bortom den hafva vi hela raden af olika flodaflagringar stadda under bildning. Bakom oss i branten är så att säga hela landskapet med alla dess processer registrerad såsom en geologisk profil.

Förhållandena vid flodaflagringarnas uppkomst tyckas icke vara mera allmänt kända. I samma riktning, som den uppfattning förf. företräd vid deras tolkning, gå uttalanden af RUSSEL (72), NEUMANN (59) och FENNEMAN (28).

Vissa forskare hafva menat, att erosion och aflagring såsom motsatta processer måste utesluta hvarandra vid samma flodsträcka. Detta är emellertid icke fallet. I regeln eroderas utmed ena stranden och aflagras utmed den andra. Vid Klarälfven synes jämvikt råda mellan aflagringen och den horisontella erosionen. Att erosionen i sin helhet visar en afgjord öfvervikt, beror därpå, att älfven eroderar äfven på djupet.

Älfvens vertikala erosion.

Bevisen för Klarälfvens djuperosion. Den allmänna meningen synes vara, att en flod skär sig ned i vertikal led så länge fallet är brant. Lutningen minskas småningom, och när den nått en viss grad af flackhet, upphör djuperosionen, floden börjar bukta sig, utvecklar serpentinser och meandrar och öfvergår helt till sideoerosion. Äfven de nyaste handböcker anse djuperosion vara utesluten vid serpentinserande flodlopp.

En sådan uppfattning ligger också nära till hands men måste i viss mån modifieras. Det är känt, att djuperosionen går saktare och blir alltmera obetydlig i den mån flodloppet lutning minskas och floden närmar sig till sin basnivå. Serpentinbildningen uppkommer, så snart lutningen och därmed vattnets hastighet hafva aftagit till en viss grad. Detta tyckes emellertid inträffa redan under det djuperosionen är högst afsevärd.

Om lutningen är lagom stor, kunna sålunda serpentinserande floder utöfva en stark vertikalerosion. Att man vanligen icke märker någon sådan, är en följd däraf, att så många serpentinlopp befinna sig på slätter, som redan praktiskt sedt hafva nått sina basplan och därför icke längre kunna sänkas ytterligare. Ett vackert exempel härför är Tarim, som enligt SVEN HEDIN (44) till och med visar tendens att höja sin nivå genom aflagringar.

En svagare vertikalerosion är nog icke lätt att med bestämdhet påvisa, men där lutningen är gynnsam, såsom vid Klarälfvens serpentinlopp, framträda djuperosionens verkningar på ett sätt, som icke blott utesluter hvarje tvifvel om dess existens, utan äfven gifver ett medel att beräkna förhållandet mellan den horisontella och den vertikala erosionens belopp.

Redan näsens höjd vore absolut oförklarlig, om serpentinerna skulle förskjutas endast i horisontell led. De öfre delarna

af näsen bestå ju af Klarälfsaflagringar, om man frånser det på sin höjd några centimeter mäktiga flygsandslagret. Markytan når ofta mera än 10 meter öfver sommarlågvattnet den 22 juli 1909. Nässets höjd är sålunda 10.04 m. vid profil 6 (tafl.2), 10.23 m. midt ute i dalen vid profil 8, 10.43 m. vid profil 1 och 10.64 m. vid profil 4.

Sommaren 1909 syntes spår af de föregående högvattens inverkan å erosionsbranterna endast till en höjd af 4.10 meter, räknadt öfver samma vattenstånd. Den efterföljande, betydande vårfloden 1910 nådde samma höjd, eller 4.10 m. Den största höstfloden på senare tider lär hafva varit 1902 mellan den 1 och 8 september. Sedan detta tillfälle har man ett vattenmärke i Torpnäs äng på 4.01 meters höjd öfver det nyssnämnda datumplanet.

Det förefaller sålunda, som om de högsta vattenstånden skulle nå föga öfver 4 meter. Vid mera katastrofartade tillfällen kunna något större höjder förekomma. Vattnet måste t. ex. hafva nått 4.53 meter, då det på sin tid genombröt Baskenäsdammen (fig. 42).

De nämnda data visa, att på nära 11 meters höjd aflagring har ägt rum ur älfvens vatten, ehuru detta för närvarande ej ens vid högvatten når 5 meters höjd. Detta förhållande kan i verkligheten förklaras endast därigenom, att älven skurit ned sin bädd ungefär 6 meter, under det att den förflyttat sina serpentinskänklar en näslängd i horisontell led nedåt dalen. Själftva siffran 6 meter kunde, men behöfde ej, vara mindre, endast om det kunde påvisas, att det undantagsvis inträffat ännu högre vattenstånd. Vore den däremot större, skulle detta blott visa, att aflagringarna ej hunnit uppbyggas ända till högvattennivån. Siffran är sålunda snarast för låg och gifvetvis endast approximativt riktig, då den representerar afståndet mellan en så vågande yta som älfvallsmarken å ena sidan och å den andra en så variabel nivå som högvattenståndet.

En vida större skärpa kan ernås genom studier af höjd och lutning af gränsyterna mellan de olika flodaflagringarna.

Den marina mjälans största höjd i en viss erosionsbrant är exakt samma nivå, på hvilken botten af den närmast

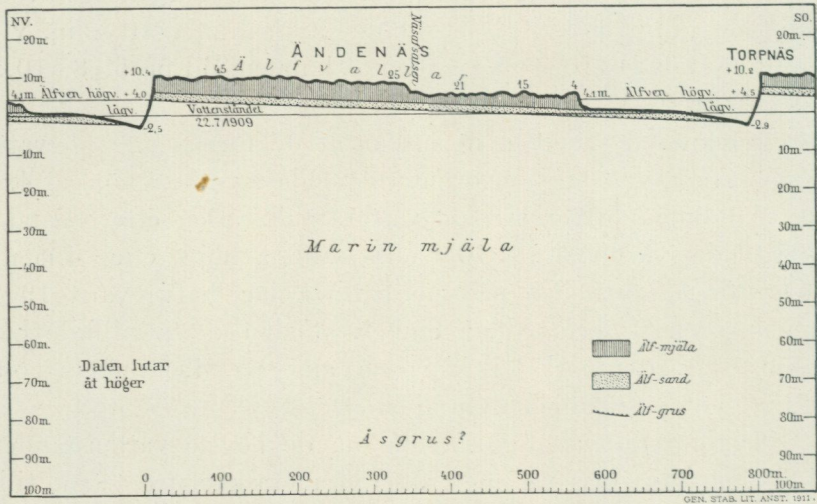


Fig. 43. Längdprofil af Klarälfvens sediment. H. 1:2000, L. 1:10000.

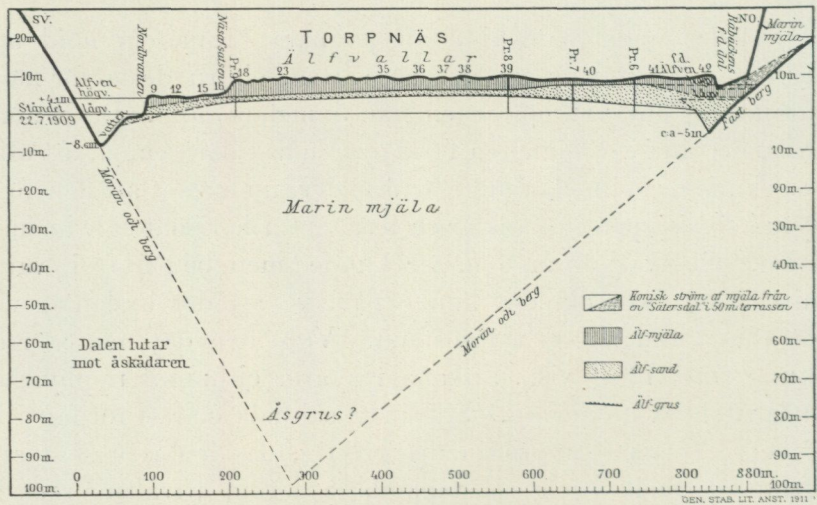


Fig. 44. Tvärprofil af Klarälfsdalens sediment. H. 1:2000, L. 1:10000.

sydligare älfskänkeln befann sig en half serpentinerperiod tidigare. Gränsytan mellan den marina mjålan och det omedel-

bart ofvanpå liggande älfgruset bör således kunna lämna viktiga upplysningar om vertikalerosionen, när den framställes på en profil i dalens längdriktning.

Fig. 43 är en sådan profil, hvilken lagts nära dalens mittlinje, emedan den marina mjälan där nådde högst. Såsom framgår af tvärprofilen, fig. 44, sänker sig nämligen älfgrusets nivå mot dalsidorna, emedan den forna älfskänkeln varit djupare närmare sina serpentinbäcken. Öfverallt ligger dock den marina mjälans yta högre än den nuvarande älfbottnen och bevisar därmed, att vertikalerosion ägt rum ännu under den senaste halfva serpentinperioden. Utom vid spetsen af ett par näs (således intill serpentinbäckena) når mjälan öfver sommarvattenståndet, hvadan erosionen i vertikal led varit mer än tre meter. Af profilen genom Ändenäs framgår, att dess faktiska belopp kan erhållas genom att addera älfvens minsta djup framför Torpnäsbranten, 2.2 m., med den marina mjälans höjd i Ändenäsbranten, 4.0 m. Härtill lägges differensen mellan vattenstånden vid lodningarna och nivelleringarna, eller 0.6 m., samt älfvens nuvarande lutning under en halfbåge, eller 0.1 m. Summan är 6.9 meter.

Under samma period har den älfskänkel, som förflyttat sig öfver Baskenäs, sänkt sin botten nivå $2.1 + 3.5 + 0.6 + 0.1 = 6.3$ meter. För Torpnäs finna vi $4.6 + 3.0 + 0.6 + 0.1 = 8.3$ meter. De låga sydliga näsen, Ljusnäs och Värnäs, gifva betydligt lägre värden, hvilket torde kunna förklaras först genom en fortsatt undersökning af dalbottnen nedom Värans gruskon. Möjligen tyda de på en sänkning af älfvens fall.

Genom ett större antal stratigrafiska profiler skulle siffrorna kunna göras noggrannare. Redan nu kunna vi fastslå, att vertikalerosionen för de tre nordligare näsen faktiskt varit ungefär 7 meter, eller något större än de 6 meter, som kunde konstateras morfologiskt på grund af näsens tillväxt i höjd.

Häraf följer, att förhållandet mellan vertikalerosionen och horisontalerosionen under den sista halfva serpentinperio-

den varit 1:121 för den båge, som nu ligger söder om Baskenäs, 1:115 för bågen nedom Ändenäs och 1:112 för den nedom Torpnäs.

I litteraturen hafva icke påträffats några motsvarande siffror från andra serpentinform. Nästan lika stora värden af vertikalerosionen som för Klarälven skulle antagligen erhållas äfven för Österdalälvens fullt utbildade forna meanderslingor (tafl. 4). Förf. hade tänkt att bestämma den enligt morfologiska metoden (33), då nämligen förhållandet mellan vertikal- och horisontalerosionen är lika med tangenten för den vinkel, med hvilken det af meanderbågen omgifna området lutar utåt från flodplanets medellinje. Tyvärr saknas ännu de för denna beräkning nödvändiga nivelleringsarna.

BROWN (12) har i Brasilien konstaterat en afsevärd djuperosion af den tämligen svagt serpentinerande nedre Amazonfloden. Han framställer på några schematiska profiler, huru floden pendlar mellan de erosionsbranter, som begränsa flodplanet. Det förefaller, som om dess serpentiner icke skulle utvecklas till meandrar utan snarare förskjutas på samma sätt som Klarälvens.

Det finnes intet skäl, som talar för, att vertikalerosionen skulle vara obetydligare vid meanderlopp än vid serpentinform. Men väl torde det vara fallet, att sådana flodplanslutningar, som tillåta flodbågars uppkomst men samtidigt äro tillräckliga för en kraftigare vertikalerosion, äro vanligare i trånga dalar än på vida slätter. Då dalarna ofta hoptrycka flodbågarna till en tvungen serpentinform, så torde det hända relativt ofta, att en stark vertikalerosion och serpentinform af Klarälfstypen uppträda vid samma flodlopp.

Serpentinperiodens längd. Vissa utgångspunkter finnas, som göra det möjligt att erhålla åtminstone någon föreställning om vertikalerosionens och därmed hela serpentinformprocessens hastighet. Det gäller i främsta rummet att bestämma serpentinformperiodens längd i år.

Vi kunna nu lämpligen definiera två nya termer, som redan användts ofvan på några ställen. Med *meanderperiod*

menas den tid, som åtgår för en meanders hela utveckling från afskärning till afskärning. En *serpentinperiod* är den tid, som erfordras för en dubbelserpentins förskjutning sin egen längd nedåt i dalens riktning, eller med andra ord den tid, som erfordras för en serpentinskänkels förskjutning tills den når det läge, som vid förskjutningens början innehades af närmast nedanför liggande skänkel med samma längdriktning. Ett näs skulle sålunda, om det räckte fram till sydändan af närmast ofvanför liggande näs, hafva kraft en hel serpentinperiod för sin bildning. Däraf kommer ungefär halfva tiden på nordfiken och andra hälften på uppkomsten af den ännu breda delen af näset.

Vertikalerosionens hela belopp, sedan Klarälfsbädden först anlades å det nuvarande högsta terrassplanet, har varit 49 meter, om nuvarande älfrännans 3 meter läggas till terrassens 46. Denna erosion började under landhöjningen vid slutet af den senglaciala tiden (landisens afsmältningstid) eller för omkring 7 000 år sedan.¹ De 7 meter, som älfven skurit sig ned vid Ändenäs under en horisontell serpentinförskjutning af 790 meter (jfr fig. 43), skulle sålunda motsvara en tidrymd af 1 000 år, om man finge förutsätta, att erosionen hela tiden gått med likformig hastighet. Då den horisontella förskjutningen under serpentinperioden i dess helhet varit lika med det 1 750 meter långa afståndet mellan Baskenäs sydsida och Ändenäs sydsida, så kunde man under en liknande förutsättning uppskatta serpentinperiodens längd till 2 200 år.

Detta får emellertid närmast anses som ett groft minimivärde, ty sannolikt har vertikalerosionen gått i ett hastigare tempo, medan fallet var större än under den sista serpentinperioden.

Lägger man sålunda djuperosionens medelhastighet under hela postglacialtiden till grund för beräkningen af den

¹ Denna siffra har erhållits genom att jämföra Klarälfsdalens läge med de israndslägen i östra Sverige, hvilkas ålder blifvit bestämd, i år uttryckt, genom de af GERARD DE GEER 1905—1910 ledda undersökningarna af den årshvarviga leran.

sista tidens förändringar, så torde hastigheten vara för stort tilltagen, och den erhållna tiden borde hafva tendens att blifva för kort. I stället kunna vi utgå från horisontalerosionens nuvarande hastighet, hvilken väl åter får anses mindre än den sista serpentinperiodens medelhastighet. Då man antager en alltför liten hastighet för processerna, bör den beräknade tiden för serpentinförskjutningen hafva tendens att blifva för lång.

Det är bekant, att serpentinen söder om Ändenäs har förskjutit sig i horisontell led 68 meter på de sista 108 åren (intill 1909). En förskjutning af 790 meter skulle med den nuvarande hastigheten hafva kräft 1 250 år, hvilket motsvarar de 1 000 åren enligt det förra uppskattningssättet. Hela serpentinperioden vore 2 800 år.

Siffran torde väl hafva karaktär af ett groft maximivärde. Trots den stora osäkerhet, med hvilken de erhållna talen naturligen äro behäftade, torde dock af beräkningen framgå, att man kan tänka sig en hel serpentinperiod såsom ett par tusen år lång. Hufvuddelen af ett näs bildas på ett tusental år, så att de föremål i det äldre älfgruset, hvilka blottläggas i näsens erosionsbranter, torde härstamma ungefärligen från vikingatiden.

Näsafsatsens bildning. I många floddalar tyckes vertikalerosionen hafva tagit sig uttryck i bildandet af ett antal terrasser. Redan å sid. 17 omnämnes, huru i Klarälfsdalen möjligen uppkommande terrasser åter utplånas genom serpentinförskjutningen. Utom den själffallna högsta terrassen på 46 meters höjd, förekomma dock rester af den 28-metersterrass, som äfven ersätter Ändenäs nordflik (fig. 45). Detta terrasshorn skjuter ut så pass långt i dalen, att det rimligtvis borde hafva bortskurits redan vid den föregående serpentinens (16v:s) passage. Den serpentin (15v), som för närvarande ligger an mot platån, har utbildat en naken erosionsbrant (fig. 19), å hvilken man förgäfvets söker efter något framstickande berg eller moränparti, som kunde förklara, hvarför terrasshornet kunnat kvarstå ända till vår tid.

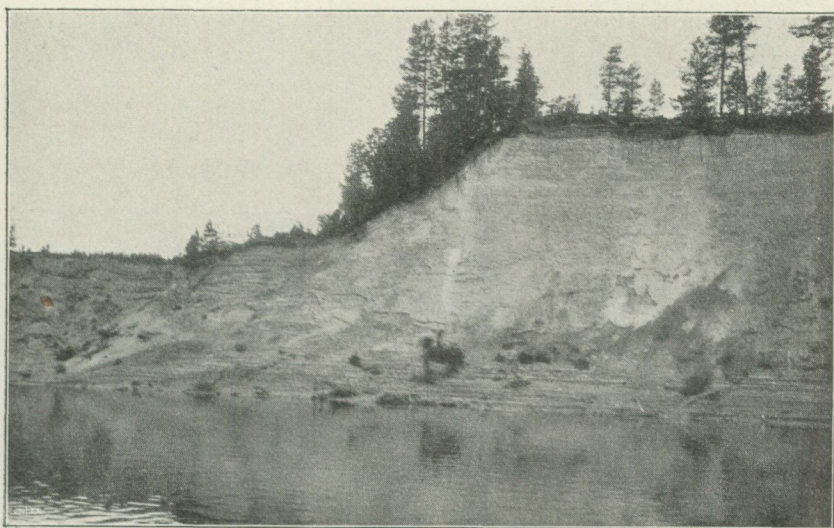


Fig. 45. Det utskjutande hörnet af 28-meterterrassen. Ändenäs.

Nere på dalbotten kunna vi som terrass räkna endast den jämförelsevis mycket låga näsafsatsen (jfr s. 48 och tafl. 1). Denna afsats måste hafva framkallats af en bestämd orsak, som vore af så mycket mera intresse att känna, som afsatsen representerar en ingalunda obetydlig del af den sista halfva serpentinerperiodens vertikala sänkning af älfven.

Man skulle möjligen kunna tänka sig, att näsafsatsen endast utgjorde gränsen mellan den färdigbyggda delen af näset och den del, där älfvallarna ännu icke blifvit uppbyggda till högvattennivån.

Det torde dock få anses sannolikare, att den väsentligen är en erosionsterrass, som bildats vid ett tillfälle, då älfven plötsligt sänkte sig några meter. En sådan katastrof måste naturligen hafva varit ojämförligt större än de, som omnämnts i samband med älfvens horisontalförskjutning.

Vid försök att finna den verkliga orsaken till uppkomsten af just denna serpentinsträckas näsafsats har man föga ledning af den mycket omfattande litteraturen om terrassbildningen, ty terrasser äro hvarandra ganska ofta lika, äfven om de hafva olika orsaker. Flera terrassteorier omnämnas af

t. ex. DODGE (23), MC GEE (31), SUPAN (80), RUSSEL (73), RICHTHOFEN (70), PENCK (63), MILLER (57), BROWN (12), FEGRÆUS (27), och LE CONTE (16).

Terrassen å den ifrågavarande delen af Klarälfsplanet får väl närmast ses i samband med den stora, strax nedom belägna gruskägla, som uppbyggts af Värån (tafl. 1 och fig. 7 c.). Då gruskonen nådde längre väster ut, torde den hafva betingat ett några meter högre läge af älven och dalbotten, såväl uppåt som nedåt dalen. Å sid. 133 har visats, att vid tiden omedelbart efter näsafsatsens bildning älven ännu torde hafva eroderat gruskonens västsida. Det förefaller därför ej osannolikt, att det just var älvens plötsliga genomskärande af Väråns fördämmande gruskon, som sänkte dalbottens nivå och framkallade näsafsatsen.

Man har emellertid äfven i serpentinseriens norra ända anledning att tänka sig en tidigare uppdämning genom därvarande moränrygg eller genom Femtåns gruskon (s. 55). För denna möjlighet synes tala, att näsafsatsen blir kraftigare på de nordligare näsen.

Frågan är emellertid öppen, och det synes icke alldeles uteslutet, att till och med tröskeln ända nere vid Edebäck ännu har kunnat reglera vertikalerosionen och öfvat inflytande på näsafsatsens bildning. Ytterst är dock denna tröskel hela serpentinloppets verkliga basnivå.

Djuperosionens framtid. På vertikalerosionens vidare fortskridande beror i flera afseenden förhållandenas framtida gestaltning å flodplanet icke blott ur geografisk utan lika mycket ur odlingens och befolkningens synpunkt.

För ett årtusende sedan återstod vid kröken 16 ö ett fall af 15 meter på sträckan ned till Edebäck. Nu är det redan minskadt till 7.7 meter (jfr tafl. 3, sektion I, och tafl. 2, profil 8, hvarjämte må tilläggas, att älvens nutida yta vid kröken 16 ö ligger 142.2 och vid Edebäck 134.5 meter öfver hafvet.¹

Om älvens sänkning kunde fortgå med samma hastighet som hittills, skulle fallet blifva noll efter ännu ett årtusende,

¹ Enligt nivelleringen för den ekonomiska kartan (K. 12).

hwarefter äfven vertikalerosionen komme att upphöra, så länge tröskeln vid Edebäck kunde anses konstant.

Emellertid torde vertikalerosionens upphörande komma att inträffa vida tidigare, då ju älfven alltid måste hafva något fall på den långa sträckan till Edebäck (fig. 2). Äfven dessförinnan bör sänkningen småningom hafva minskats till omärkbarhet. Kanske älfven redan befinner sig i detta stadium, eller är det att förvänta i en snar framtid.

Tidpunkten för förändringens inträffande torde kunna bestämmas, först sedan dess verkningar börjat framträda. Dessa komma framför allt att drabba näsens höjd. Å sid. 157 påvisas, huru näsen just till följd af den gångna tidens vertikalerosion kommit att framträda med en minst 6 meter större höjd än de eljest skulle hafva haft.

Sedan vertikalerosionen, praktiskt sedt, har upphört, kunna älfvens aflagringar aldrig mera framträda öfver högvattnets nivå. Näsens högre, äldre delar nedrifvas nämligen genom den horisontella förskjutningen under loppet af en knapp fjärdedels serpentinerperiod, hwarefter ingen punkt af hela dalbotten kan nå öfver högvattnets yta.

Alla byggnader måste då flyttas tätt intill dalsidorna, till hvilket redan finnes en viss tendens, såsom förf. framhållit i en föregående uppsats (*K 6*). Vidare komme jordbruket att få omläggas. Det visar sig nämligen, om fig. 4 jämföres med tafl. 1 och med de ekonomiska kartorna (*K 12* och *K 13*), att de nutida öfversvämningsområdena användas blott till ängsmark, under det att åkrarna väsentligen ligga öfver 5-meterskurvan, d. v. s. å näsens mellersta och nordliga delar. Ängsmarken kommer sålunda att vinna på åkerarealens bekostnad, tills den senare alldeles försvunnit.

Betydelsen af sädesproduktionens framtida undergång i hela Klarälfsdalen förringas måhända af några omständigheter. Redan nu är den mindre lönande å den magra älfmjälan, och detta blir väl i ännu högre grad fallet, då dalen en gång genom järnväg kommit i bättre förbindelse med den yttre världen och utsättes för dess konkurrens i fråga om

lifsmedelsproduktion. Vidare har en stor del af befolkningen sin hufvudsakliga inkomst genom de dalen omgifvande skogarna och är därigenom mindre beroende af jordbruket.

Skulle man likväl vilja behålla åkrarna, så finnas två utvägar. Dammbyggnader omkring hvarje näs vore alltför omfattande i förhållande till den indämda arealens storlek och värde. Däremot skulle man genom reglering af Faemunden (fig. 1) i någon mån kunna minska öfversvämningarna och de högre vattenstånden genom vattnets jämnare fördelning under året. Det effektivaste sättet vore dock att väcka den utslocknade vertikalerosionen till lif. Man skulle spränga en kanal genom tröskeln vid Edebäck, därmed sänka flodplanets basnivå och låta älfven själf så att säga dika ut dalen på nytt.

Älfvens urholkande erosion.

Serpentin- och meanderbäcken. Bottnen af den djupaste flodrännan har vid Klarälfven lika litet som vid andra bågande flodlopp något jämnt fall. Tvärtom antyder den med regelbundna mellanrum djupare bäcken, skilda åt genom långa trösklar. I den morfologiska afdelningen har närmare redogjorts för serpentinbäckenas former och dimensioner. Det framgår af de där meddelade siffrorna, att dessa bäcken till sitt djup högst betydligt öfverträffa den nedanför liggande älfskänkels djupåra. Baskenäsbäckenet har en sådan öfverfördjupning af 9.4 meter, Ändenäsbäckenet af 6.8 m., Torpnäsbäckenet af 5.0 m., Ljusnäsbäckenet af 6.0 och Värnäsbäckenet af 5.5 m.

Dylika bäcken förekomma vid alla bågande floder, ehuru de äro mest utpräglade vid skarpa krökningar och alldeles särskildt vid tilltryckta meandrar af den tvära Klarälfstypen.

Egendomliga analogier till Klarälfvens flodplan visar den reglerade Rhenbadden vid Knielingen enligt en af PENCCK (64) meddelad djupkarta. Här ersättas dalsidorna af linjeräta konstdammar, medelst hvilka man lyckats att gifva flo-

den en regelbunden form. Däremot har det tydligen icke varit möjligt att stäffa dess benägenhet att ombilda bottenformerna till en regelbunden växling af »Pfuhe» och »Schwelle». »Pfuhe» äro smala och långsträckta serpentinbäcken, hvilka sålunda kunna förekomma äfven i raklopp. Detta förutsätter dock, att benägenhet till serpentinisering förefinnes, men att meandrarna äro så att säga hoptryckta till en rät linje, med andra ord minst fyra gånger starkare stympade än Klarälfvens.

Äfven i alldeles fria meanderlopp uppträda långsträckta och i båda ändar likformigt afsmalnande serpentinbäcken, såsom SVEN HEDIN (44) har afbildat dem från Tarim nedom Aksu Darjas förening med Jarkent Darja.

Det är tydligt, att bäcken af detta slag icke kunna bero af tillfälliga omständigheter, liksom att de ej egentligen kunna hänföras till vertikalerosion i vanlig mening. Man har liknat dem vid af glaciärer urholkade bäcken. ULE (86) anser, att man borde utreda frågan, huruvida floder kunna ursvarfva större bäcken genom s. k. evorsion, och föreslår profilers uppmätande där en flod hoptränges. Detta är just hvad som gjorts vid Klarälfvens tvära omböjningar och med ofvan angifna resultat.

Urholkningserosionens regelbundna växling utmed flodloppet påminner ju i viss mån om serpentinbildningsprocessen, fastän denna fortgår i horisontell led. Den har också föranledt AXEL HAMBERG att i det å sid. 100 omnämnda föredraget antyda, att man här kan hafva att göra med resultatet af en vertikal vågbildningstendens hos en rinnande flod.

Hvilka rörelser hos det strömmande vattnet det egentligen är, som gräfva ur bäckena, synes ej alltid hafva varit klart. SVEN HEDIN (44) närmar sig den frågan, då han säger det vara tydligt, »att erosionens verkan på bottnen är mest utpräglad vid skarpa krökar, hvarest en bottenhvirfvel bildas vid vattnets tvärt omböjande rörelse. Denna icke blott hindrar sediment att aflagras där, utan gräfvor faktiskt själf flodbädden djupare».

Den hvirfvel, som HEDIN afser, är sannolikt samma feno-

men, som ofvan (s. 142) skildrats under namn af flodernas utdragna spiralkörelse. Förf. har i så fall kommit till samma uppfattning beträffande Klarälvens serpentinbäcken. Man kan direkt se, huru vattnet strömmar ut öfver bäckenets yta, reflekteras mot någon punkt af dalsidans moränstrand och sedan antagligen dyker ned för att åter komma upp såsom kraftiga bakströmmar nära det motliggande näsets spets.

För att få äfven kvantitativt säkra upplysningar om den vattencirkulation, som bestämmer bäckenas urholkande, var det nödvändigt att mäta vattenhastigheten på olika punkter såväl vid lågvatten som särskildt vid högvatten.

Innan redogörelse lämnas för undersökningen med detta syfte vid Klarälven, må några ord inskjutas angående serpentinbäckenas läge i dalen och deras förskjutning genom serpentinprocessen.

Å tafl. 1 har särskild omsorg nedlagts på fastställande af huru långt moränunderlaget var blottadt utmed älfstranden. Moränstränderna visade sig noga motsvara de djupare sträckor af bäckena, som just äro säten för den kraftigaste spiralströmmen. Moränmaterialet är för öfrigt frisköljdt ända ned till bäckenas djupaste hålör, så att hela deras yttersidor bestå af morän. Man kan med lodet känna sig till den linje, där moränstenarna dyka ned under den fina marina mjälan (fig. 44 till vänster)

Under serpentinernas förskjutning vidgas alltjämt bäckenas smalare nedre del, under det att öfre ändan igenfylls med sand och slutligen ryckvis förmuras med älfvallar. Efter bildningen af en älfvall eroderas den, egendomligt nog, något, trots sitt läge på aflagringssidan. Den djupare flackrännan ofvan bäckenet är nämligen riktad mot den yngsta vallens allra innersta del. Detta torde vara förklaringen till älfvallens stundom framträdande tillskärpning å yttre sidan (jfr s. 36, äfven fig. 46). Vid nästa katastrof uppbygges en ny älfvall utanför den tillskärpta och sålunda fortgår bäckenets förskjutning nedåt dalen.

Då bäckena ständigt hållas tryckta mot de respektive

dalsidorna och alltid äro afsevärdt djupare än de delar af älfven, som öfverkorsa dalen, så följer häraf, att det uppkommer två djupare rännor i den marina mjälan, en utmed hvardera dalsidan. Fig. 44 söker återgifva dessa förhållanden

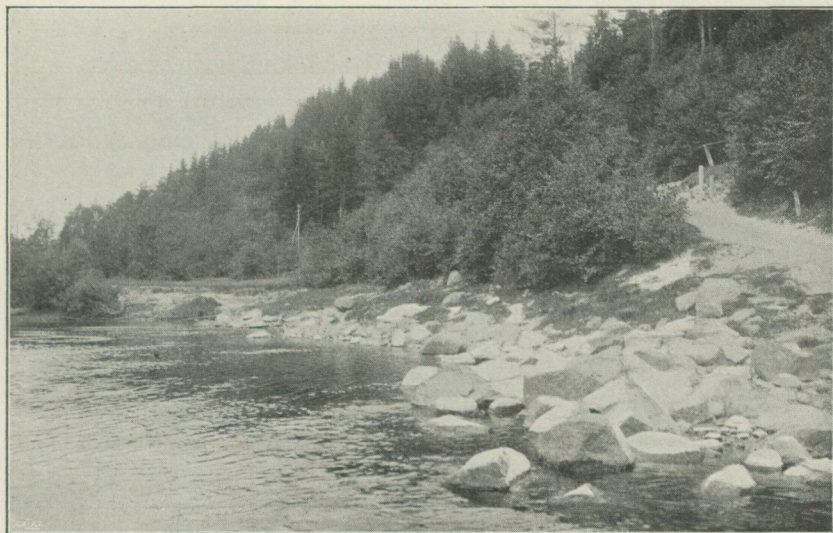


Fig. 46. Moränstrand vid sydändan af Torpnäs

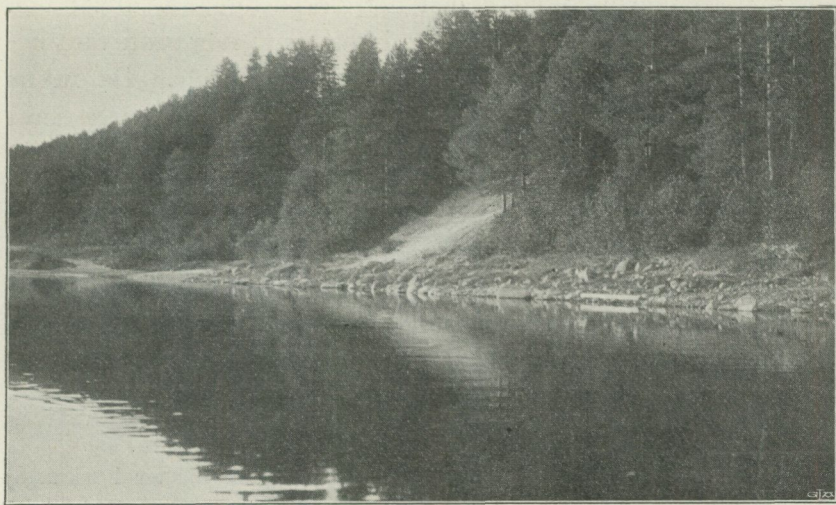


Fig. 47. Moränstrand vid sydändan af Baskenäs (sektion II å tafl. 3).

i tvärprofil, hvarvid äfven tagits hänsyn till, att bäckena deltaga i älfvens allmänna vertikala erosion. Den äldre rännan till höger å bilden måste således ligga på ett högre plan än det nutida bäckenet. Förf. har kallat dessa sandfyllda fåror, som bildats efter bäckena, för serpentinförskjutningens »hjulspår».

Vattenhastigheten i ett serpentinbäcken. En exaktare föreställning om serpentinbäckenas verkliga natur erhöles först genom uppmätningen af de å tafl. 3 återgifna sektionerna. (Jfr »Upplysningar till kartorna» s. 190).

Sektion II framställer det medeldjupa Ändenäsbäckenet i tvärgenomskärning. Man ser där dalsidans 17° branta moränslutning (å tafl. 3 tecknad med rött; jfr äfven fig. 47), som når ända ned till största djupet, eller 9.0 meter vid det rådande låga vattenståndet. Därpå vidtager en horisontell men smal botten af fast, fint material, sannolikt marin mjäla. Denna bildar på Ändenässidan en sluttning, som, egendomligt nog, är brantare än moränens, eller ända till 21° . På 3 meters djup bildar bottenlutningen ett knä, i det att den öfvergår från 21° till endast 8° , hvilken senare lutning fortsätter ända till stranden. Sannolikt motsvarar knäet gränsen mellan marina mjälan och den därpå liggande älfсандen.

Vattnets rörelse visade sig i oväntadt hög grad vara beroende af denna bottenns geologiska karaktär. De funna hastigheterna voro visserligen alltigenom små,¹ men deras variationer torde icke sakna ett särskildt intresse. Den snabbaste rörelsen var 0.37 meter i sekunden och anträffades icke öfver största djupet utan utåt östra dalsidan, tydligen till följd af ytvattnets utströmmande mot denna strand i samband med den nämnda tendensen till spiralrörelse. Denna cirkulation synes särskildt kraftigt gifva sig till känna närmare Ändenässidan, i det att hastigheterna vid botten och ytan äro afsevärdt större än i den mellanliggande vatten-

¹ PENCK (64) nämner en hastighet af några decimeter i sekunden som typiskt för lugnt rinnande floder. Större floder nå sällan mer än tre meter i sekunden, men i vildbäckar kan man finna ända till 5 à 6 meter.

massan, som befinner sig mera i rörelsens centrum. I denna riktning peka förhållandena vid mätningstationerna 64, 59, 54 samt 44 och 39 i sektion II, samt möjligen också vid punkten 21 i sektion I.

Bottenhastigheten var störst å den marina mjälans glatta yta. Få decimeter öfver denna iakttogos 0.19, 0.22 och 0.25 meter i sekunden, och å själfva ytan torde den i det allra närmaste hafva varit 0.20. Öfver moränslutningen förekomma så stora hastigheter först på två till tre meters höjd öfver botten. Man ser å sektionen, huru de findragna hastighetskurvorna höja sig upp från moränytan, som sålunda genom sin ojämnhet och sina frisköjlida stenar och block verkar hämmande på ett tjockt vattenlager, trots att strömmen pressar på just mot denna sida.

Klarälven kan sägas representera ett jätteexperiment i fråga om inverkan af bottenens ojämnheter på en flods hastighet. Under mindre förhållanden har samma fenomen varit föremål för närmare undersökningar af bland andra BAZIN (7), som fortsatt DARCY'S arbeten i ämnet samt af UNWIN (87).

Helt andra hastigheter än i det nu skildrade serpentinbäckenet finna vi i en normal Klarälfsektion. En jämförelse mellan de båda lågvattensektionerna II och I å tafl. 3 visar, huru den normalt utbildade älven blott har tredjedelen så stor genomskärningsarea som bäckenet. I stället har den desto större hastigheter. Strömlinjen ligger midt öfver det största djupet, som är 3.0 meter, och rör sig 0.80 meter i sekunden. Därifrån aftager hastigheten endast långsamt och i samma mån som djupet i riktning mot Ändenäs sandbank. Bottenhastigheten är vida större än i bäckenet och uppgår i djuprännan till 0.50 meter. Nära erosionsstranden aftager hastigheten snabbt från 0.70 till 0, hvarpå den är noll eller strömmen bakåtriktad närmast intill land. Under sommarlågvattnet angriper följaktligen den direkta strömmen endast erosionsbrantens fot på mellan 3 och 1 1/2 meters djup.

Det var emellertid klart, att den egentligen geografiskt formbildande vattenrörelsen, som urholkat serpentinbäckena och skapat deras öfverfördjupning, var att söka under de högre vårfloderna. Högvattnet brukar inträffa i maj efter den starkaste snösmältningen inom flodområdets öfre delar (fig. 2, bikartan t. v.), men de högsta vattenstånden vara ofta endast en eller få dagar. Det gällde sålunda våren 1910 att inträffa i rätt tid till älfkröken 16 ö för att förnya iakttagelserna vid möjligast höga vattenstånd. Detta lyckades också öfver förväntan väl, och mätningarna kunde utföras den 17 maj under vårflodens högsta stånd. Vattnet stod då 4.10 meter öfver ståndet den 22 juli 1909 och 4.67 meter¹ öfver ståndet vid tiden för de föregående hastighetsmätningarna. Vårfloden måste denna dag betecknas som betydande för Klarälven. Redan 27 timmar efter mätningarna hade vattnet sjunkit 0.21 meter, och under de därpå följande 29 timmarna sjönk det 0.47 meter eller dubbelt så fort.

De yttre anordningarna vid mätningarna, såsom wirens spännande öfver älven, försvårades afsevärdt genom den starka strömmen och de i älvens midt framflytande mängderna af timmerstockar. Vid försök att stationera i punkten 35 afslets den tämligen grofva ställinan, och det visade sig för timrets skull omöjligt att verkställa observationer mellan punkterna 35 och 55 utan att riskera instrumentet. De mätningar, som utförts, äro emellertid tillräckliga för att, med kännedom om bäckenet i öfrigt, gifva en i hufvuddragen tillförlitlig bild af högvattnets strömstyrka.

Den största hastigheten låg nu öfver det största djupet och var enligt extrapolering 1.80 meter i sekunden. Närmare Ändenäs märktes ett aftagande i hastigheten både uppåt och nedåt, således en modifikation af oregelbundenheterna på samma ställe vid lågvatten. Eljest aftog hastigheten regelbundet från strömlinjen åt alla håll.

Moränbottnens bromsande inflytande framträdde på ett

¹ Den största differensen mellan sommarlågvattnet 1909 och vårfloden 1910 var vid Ändenäsbäckenet 4.73 meter.

ännu mera dominerande sätt än vid lågvatten. Man följte t. ex. linjen för 1.10 meters hastighet. Den ligger endast 1 meter öfver den marina mjälans yta men ända till $7\frac{1}{2}$ meter öfver moränytan.

Bottenhastigheterna voro på moränen 0.30 till 0.70 meter i sekunden, på marina mjälän 1.0 och på älfanden 0.9 meter. De voro liksom öfriga hastigheter vid pass femdubblade i jämförelse med sommarlågvattnets. Vikten af de största stenar, som vårfloden kunde lyfta ur bäckenet, bör sålunda vara cirka 15 600 gånger större än vikten af de partiklar, som omflyttas i augusti (jfr s. 146).

Klarälvens vattenmängd. Sektionerna å tafl. 3 torde för närvarande vara det enda material, som står till buds för beräkning af den serpentinerande Klarälvens vattenmängd. Däremot angifves vattenmängden vid älfvens mynning i Väneren af O. APPELBERG till i medeltal 200 kubikmeter i sekunden och af A. WALLÉN¹ till 235 kbm. Dessa siffror hafva emellertid icke något direkt intresse i detta sammanhang, då ända till en tredjedel af Klarälvens vattenområde ligger nedom serpentinloppet, vid hvilket älfven således bör hafva en afsevärdt mindre medelvattenmängd.

Vattenmängdens årliga variationer torde väl åtminstone i de grofva hufvuddragen hafva ett likartadt förlopp i norra och södra Värmland. Vi meddela därför enligt WALLÉN följande månadsmedia, gällande för älfvens mynning (Bryngfjorden ofvan Karlstad) och för perioden 1893—1897: januari 149 kbm. i sekunden, februari 138 kbm., mars 134 kbm. (minimum), april 238 kbm., maj 543 kbm. (maximum), juni 298 kbm., juli 220 kbm., augusti 230 kbm., september 204 kbm., oktober 275 kbm., november 213 kbm. och december 182 kbm. Vårfloden inträffar sålunda äfven nere vid mynningen under maj. Sensommarens lågvatten motsvarar mer än en tredjedel af vårfloden, vinterlågvattnet mindre än en fjärdedel däraf.

¹ I en icke publicerad uppsats, som välvilligt ställts till förf:s förfogande.

Förf:s mätningar uppe vid serpentinen 16 ö (fig. 2.) gafvo följande resultat vid sommarlågvattnen eller rättare sagdt vid lågt medelvattnen. Vattenarean i sektion II var den 12 augusti 293.6 kvadratmeter och den framrinnande vattenmängden 63.9 kubikmeter i sekunden, hvadan medelhastigheten utgjorde 0.22 meter i sekunden.

Under vårfloden hade älven vuxit (sektion III), så att genomskärningsarean blifvit 645.9 kvm., den framrinnande vattenmängden hade gått upp till 745.3 kubikmeter i sekunden och medelhastigheten till 1.15 m. i sek.

Då Ändenäsbäckens djup hade tilltagit från 9.0 till 13.7 meter under vårfloden, blef samtidigt vattenmängden 11.6 gånger större genom fördubbling af genomskärningsarean och femdubbling af medelhastigheten.

Slutligen framgår af tafl. 3, att vårfloden måste hafva en väsentligen annan inverkan på serpentinbäckena än på de normala älfsträckorna. Samma stigning af vattnet och ökning af vattenmängden, som med 2.2 gånger hade ökat Ändenäsbäckens vattenarea, måste föranleda en ökning af den normala sektionens area från 113.8 kvm. till 939.0 eller med andra ord en ökning om 8.3 gånger.

Häraf följer, att medelhastigheten vid stigande vattenstånd växer vida snabbare i bäckenet än i den bredare normala älfsektionen. Den senare hade visserligen under sommarlågvattnet en 2.5 gånger större hastighet än bäckenet, men under vårfloden omkastades förhållandet alldeles. Bäckens medelhastighet hade vuxit så mycket fortare, att den icke blott uppnått utan med 1.5 gånger öfverträffade normalsektionens. Detta förhållande under erosionens verksamma tid torde i väsentlig mån förklara serpentinbäckens urholkning.

Framställningen af Klarälvens serpentinlopp och flodplan kan lämpligen afslutas med detta försök att äfven kvantitativt i någon mån belysa den serpentiniserande vattenmassan själf.

flodbågar, liggande den ena inuti den andra, eller afskärande hvarandra på olika sätt.

Vackra exempel härpå finnas i själfva Klarälfsdalen (fig. 48). Bifloden *Likån* är sålunda af den storleksordning, att den på näset inom Klarälfsbågen 5 v finner utrymme för ett meanderbälte, som nått full utveckling och innehar de JEFFERSONSKA proportionerna (jfr ofvan s. 127). Bältets bredd är 22.8 gånger åns bredd och 2.9 gånger dess löbdistans. På den meddelade kartskissen¹ ses, huru hela det korta meanderbältet kröker sig starkt nedåt dalen. Likån måste därför, trots sin storlek, hänföras till de äkta näsbäckarna (s. 38). Den måste arbeta sig fram tvärs genom det stora Klarälfsnäsets älfvallar, som å fig. 48 återgifvits starkt schematiserade. Älfvens yngsta vallar söka mura för Likåns mynning, hvilken därigenom blifvit förskjuten mot näsets sydända (45). Likåns flodplan har haft tillräcklig bredd för sin utveckling, men det påverkas sålunda i andra afseenden störande af de yttre förhållandena.

Det finnes i Sverige ett stort antal meandrande flodlopp, som befinna sig å alldeles jämna och tillräckligt vida slätter, bestående af ett fint och likformigt material. Ett af de vackraste exemplen härpå är *Lagan* på sträckan från Vaggeryd och rätt söder ut ända ned till Värnamo.

Vid sådana flodlopp borde man om någonsin finna spår af en eventuell förskjutning åt höger genom *jordrotationens inflytande*. Åtskilliga forskare hafva ansett, att denna faktor spelar en afgörande roll vid utbildandet af alla fria flodlopps former. Redan 1860 hade VON BAER (5) uppmärksammat, att Volga, liksom några andra ryska floder, utmed hela sin högra strand följes af en betydande erosionsbrant, under det att den vänstra stranden är långsluttande. Han ansåg detta bero därpå, att jordens rotation sträfvade att aflänka alla floder, som rinna mot norr eller söder. De borde på norra half-

¹ Fig. 48 framställer med svart färg Likåns nutida och äldre bäddar samt Klarälfsven. Tätare prickning angifver sandbankar, glesare prickning åns öfriga flodplan. Dalsidornas terrasser äro horisontellt streckade.

klotet förskjutas åt höger, på det södra åt vänster. Senare har man funnit, att äfven de i öster och väster gående floderna borde aflänkas åt samma håll.

Denna teori har blifvit föremål för en mycket liflig diskussion i den utländska litteraturen (4, 29, 25, 8, 47, 75, 6, 36, 54, 59, 64, 11, 13, 44, 93). Man har sökt beräkna den aflänkande kraftens styrka och funnit, att den under vissa förutsättningar kunde vara afsevärd. I den geografiska verkligheten har man emellertid icke lyckats konstatera den BAERSKA hypotesen. Det är lika lätt att finna floder, som förskjutas åt vänster som åt höger. Många visa alls ingen förskjutning. Detta gäller om Lagan och äfven andra svenska flodlopp, som på grund af sin natur i öfrigt borde vara särskildt känsliga för jordrotationens förmodade verkan.

Sveriges största fria meanderlopp är *Österdalälvens vid Mora* (tafl. 4). Älfven har här skurit sig ned genom den 30 meter höga sandterrass, som sträcker sig långt åt väster från Siljan och Orsasjön. Den har på en bredd af fyra kilometer utplånat den afsats, med hvilken sandplatån fordom nådde fram till sjöarnas flata strandslätt (32), och samtidigt har den afjämnat ett flodplan af motsvarande bredd.

Kartan visar, hurusom den nutida älfven för ögonblicket endast är svagare serpentinerande, men att den åt ömse sidor har utvecklats flera generationer af numera öfvergifna bäddar med äkta meanderform. Då de äldre bäddarna alltid afskäras af de yngre och icke tvärt om, så är det möjligt att ordna angränsande »fossila» flodbäddar efter den tidrymd, som förflutit sedan älfven sist användt hvar och en af dem. Ordningföljden inom olika grupper af döda meandrar angifves å kartan af en siffra efter en viss bokstaf, t. ex. E₁, E₂, E₃, E₄, af hvilka E₁ är äldst. Emedan vertikalerosionen icke ens å detta flodplan är fullt slut, så ligga bäddarna på olika höjd, i det att de äldre ligga högre. Detta gifver en möjlighet att med noggranna nivelleringar afgöra åldersförhållandet äfven mellan flodbäddsstycken, som icke beröra hvarandra. Sålunda skulle en fullständig kronologi kunna ut-

arbetas för alla de olika elementen i det invecklade nätverket af forna flodslingor. På Österdalälvens flodplan har man också tillfälle att studera formen på de stora bågarna. Den är stundom oval men närmar sig i regeln starkt till cirkelformen. Radiens längd är typiskt 600 meter men varierar för öfrigt mellan ett par hundra meter och en kilometer. Till jämförelse kan uppmärksamheten fästas på den lilla *Hemulsåns* flodplan, som utmärkes af meanderradier om typiskt 60 meter.¹

De sandmassor, som Österdalälven har skurit bort under utbildandet af det stora flodplanet eller omkr. 400 000 000 kbm., hafva aflagrats i den hundra meter djupa graf, som genomdrager Siljan och Orsasjön. Först genom denna hammarformade deltabildning hafva de båda sjöarna blifvit skilda från hvarandra. Dalälven har sändt sin sandförande mynning omväxlande mot den ena eller den andra af dem. Intill 1659 gick älven till Orsasjön (H_3 å tafl. 4) men har sedan dess varit riktad mot Siljan (H_4), i hvilken den uppbygger det ytliga deltat Klubbholmen. Man kan uppskatta hela volymen af det deltamaterial, som aflastats i den sålunda tvådelade Siljan-Orsasjön, till ungefärligen 600 000 000 kbm. Ända till två tredjedelar däraf skulle med andra ord härstamma från de åtta kilometerna af flodplanet, som ligga närmast ofvan deltat, och endast en tredjedel från den öfriga månghundra gånger större delen af Österdalälvens vattenområde. Erosionen kan tydligen gå ytterst olika fort i olika trakter, i detta fall snabbast i det flata »nederloppets» fina sediment. GILBERTS (35) teoretiska utredning, enligt hvilken erosionen skulle gå fortast vid det rinnande vattnets begynnelsepunkter, motsvaras således i verkligheten af betydligt mera komplicerade förhållanden.

¹ Radien bör (93, 52) vara en fjärdedel (0.27) af meanderbältets bredd och fem gånger flodbredden. Jfr vidare DAVIS (19).

Säters erosionsdal.

Å fina sedimentslätter, som luta mindre än 1 : 3 000 à 1 : 5 000, antager erosionen, såsom ofvan, formen af vandrande flodbågars förskjutning. I mycket fina sediment (mjåla, jåslera) och vanligen vid starkare lutning uppkomma åfven helt och hållet andra geografiska former genom erosion af rinnande vatten. Härmed åsyftas de allbekanta greniga jorddalar, som framför allt utmärka de norrlåndska dalbott-narna och som redan (s. 70) omnåmmts såsom dalraviner af Såterstypen. Deras hela karaktår och utseende, då de åro praktfullt men i öfrigt normalt utbildade, framgår båst af tafl. 5. De åro greniga, »adjusted» d. v. s. fõrenas alltid på samma nivå utan någon afsats, och åro vidare hvar fõr sig raka. Såtersdalarna å kartan innehålla icke några märkbara vattendrag, om man frånser Ljusterån i hufvuddalen. Då de dårjåmte bõrja alldeles tvårt och ofõrmedladt på slåttytan, så fann A. G. HõGBOM (51), att dessa dalraviner måste uppstå genom grundvattnets erosion. Detta genomblåter den fina mjålan, som uppbygger den å kartan gulfårgade platån, tills det ytterst fina sedimentet kommer i flytande tillstånd och sakta bõrjar rinna fram utmed dalslutningarna. Detta åger ofta rum under vegetationståcket, som då veckas tillhopa i serier af horisontella flytvalkar. Stundom kunna hela jordkåglor bildas genom nedrinnande mjåla, såsom sõder om Nåmnsbodalens mynning. Såtersdalarna skulle sålunda väsentligen hafva uppkommit genom jordflytning.

Õfverallt, dår tillgång finnes på grundvatten, sõnder-skåras åldre finjordsterrasser af sådana raviner. Såtersdalar-nas beroende af sedimentets kornstorlek framgår sårdeles tydligt af deras geografiska utbredning i fõrhållande till stõrre rullstensafslagringar, såsom vid Hållsjõfåltet i Karlskoga bergslag. Å rullstensgruset sjålfvt, liksom å nånast liggande vida sandfålt, finnes inga raviner. Dårnåst kommer en

zon af mjåla, som är rikt skulpterad just genom grendalar af denna typ, och slutligen vidtager ännu finare lera, där de åter fullständigt saknas. Man kan sålunda af Sättersdalars tillvaro sluta sig till förekomsten af mäktigare grundvattenförande aflagringar af mjåla eller finsand.

Sveriges större meanderlopp.

Nedanstående förteckning upptager Sveriges samtliga väl utbildade serpentiner- och meanderlopp, där bågarna hafva radier af åtminstone ett hundratal meters längd.

Topografiskt blad	Flod	Bågloppet ligger vid
<i>I södra Sverige:</i>		
8 Engelholm	Rönneån	Engelholm
»	Vegeån	Vegeholms stn.
10 Karlshamn	Helgeån	Hanaskog
14 Ljungby	Lagan	Hanneda stn.
19 Ölme stad	Nissan	Smålandsstenars stn.
»	Bolmsån	Forsheda stn.
20 Vexjö	Lagan	Värnamo
25 Kongsbacka	Häggån	Kinna och Fritsla stn.
»	Lygnernån	Sätilla
26 Nissafors	Nissan	Gislaveds stn.
»	Bolmsån	Hillerstorps stn.
27 Nydala	Lagan	Vaggeryd och Klefshults stn.
28 Hvetlanda	Emmån	Målilla och Mörlunda stn.
33 Borås	Viskan	Borås
34 Ulricehamn	Ätran	Ulricehamn
51 Fjällbacka	Örekilsälven	Krokstad
71 Karlstad	Klarälven	Grafva
79 Eda	Vrängsälven	Charlottenberg och Adolfsfors
80 Uddeholm	Klarälven	Munkfors
81 Filipstad	Nittälven	Salbosjön
»	Svartälven	Hällefors stn.
84 Uppsala	Junkilsån	Åkerby
<i>I norra Sverige:</i>		
29 Harads	Görjeån	myningen i Lule älf
»	Lakaträskälven	Lakaträsk stn.

Topografiskt blad	Flod	Bågloppet ligger vid
44 Piteå	Lill-Piteälven	Lill-Pite
»	Åby älf	Ålund
»	Byske älf	Fällfors
48 Vilhelmina	Laxbäcken	utloppet i Malgomajsjön
51 Skellefteå	Kåge älf	Ersmark
63 Umeå N.O.	Tafvelån	Umeå
63 Umeå S.O.	Sörmjölån	Sörmjölå
»	Hörneån	Bjenberg
65 Dufed	Enaälven	Handöl och Enafors stn.
66 Åre	Dammån	Bydalen och Ockesjön
68 Sollefteå N.V.	Faxälven	Edsele och Helgum
79 Sundsvall	Svåga älf	Björsarf
84 Hudiksvall	Svåga älf	myningen i N. Dellensjön
96 Leksand	Västerdalälven	föreningen med Österdalälven
103 Mora	Österdalälven	Mora
<i>Utom området för de topografiska kartorna:</i>		
—	Klarälven	Vingängsjön och Edebäcks stn.

Dessa större meanderlopp visa en ganska stark ojämnhet i sin geografiska fördelning. I södra Sverige uppträda de mera samladt endast i gränstrakterna mellan Småland och Västergötland å därvarande sandslätter och utstjälpta sjöbottnar (32).

I norra Sverige förekomma flera meanderlopp i kusttrakterna omkring Piteå och Umeå.

Skandinaviens flesta stora båglopp ligga dock i de stora dalarna inom området Värmland—Östenfjeldske Norge. Särskildt framträda Österdalälvens, Klarälvens, Glommens och Numedalslaagens, hvarjämte flera meanderlopp förekomma i trakterna omkring Kristiania, såsom vid nordändarna af Tyrifjord, Drammsfjorden och Öieren. Klarälvens båglopp ofvan Edebäck är dock Skandinaviens ojämförligt längsta. Till det sluter sig ännu en serie breda serpentiner vid Munkfors nedom Edebäck.

Litteraturförteckning.

(† angifver, att förf. ej haft tillgång till arbetet i fråga.)

A. Litteratur och kartor angående Klarälven.

Litteratur.

- K. 1. W. EDGREN 1884: »Klarans stränder», s. 11.
 K. 2. A. E. TÖRNEBOHM 1884: »Grunddragen af Sveriges Geologi».
 K. 3. A. HOLLENDER 1900: »Om Klarälvens dalgång», Geol. För. Förhandl. 1900, s. 221—232.
 K. 4. C. G. DAHL 1902: »Några geologiska observationer i Klarälvens förmodade forna dalgång», Geol. Fören. Förhandl. 1902, s. 67—79.
 K. 5. A. KEMPE 1906: »På båtfärd genom Värmland», Sv. Turistför. Årsskrift 1906, s. 91—106.
 K. 6. STEN DE GEER 1906: »Om Klarälven och dess dalgång», Ymer 1906, s. 383—414, tafl. 2.
 K. 7. HJ. HOLMQVIST 1907: »Värmlands Klarälfsdal som turistled», Sv. Turistfören. Årsskrift 1907, s. 195—214.
 K. 8. K. KEY-Åberg 1909: »Af Kungl. Maj:t anbefalld ekonomisk-statistisk undersökning rörande Inlandsbanan», s. 96—100.

Kartor.

- K. 9. A. E. TÖRNEBOHM 1880: »Karta öfver Vermlands län», skala 1 : 400 000.
 K. 10. A. E. TÖRNEBOHM 1876—78: »Geologisk öfversiktskarta öfver Vermlands län», skala 1 : 400 000.
 K. 11. A. H. BYSTRÖM 1897: »Karta öfver Vermlands län», skala 1 : 200 000.

- K. 12. *Ekonomiska Kartverket* 1893 (kartlagdt 1889): »Karta öfver Elfdals härads öfre tingslag», skala 1 : 100 000.
- K. 13. *Ekonomiska Kartverket* 1892 (kartlagdt 1884—89): »Karta öfver Elfdals härads nedre tingslag», skala 1 : 50 000.

Af otryckta kartor märkas i första rummet de ekonomiska originalkartorna i skalan 1 : 20 000 samt landmätarekartor i skalan 1 : 4 000.

B. Litteratur angående flodplan i allmänhet.

1. ABBOT, H. L.: se HUMPHREYS.
2. ATTERBERG, A.: Sandslagens klassifikation och terminologi, Geol. Fören. Förh., s. 408. Stockholm 1903.
3. — —: Die rationelle Klassifikation der Sande, Versuchs-Stationen 1908, s. 141.
4. BABINET: Influence du mouvement de rotation de la terre sur le cours des rivières. Paris 1859.
5. VON BAER, K. E.: Über ein allgemeines Gesetz in der Gestaltung der Flussbetten, Bull. de l'Acad. Imp. des Sciences, St. Pétersbourg 1860, band 2, s. 2—49 samt 218—250, 353—382.
6. BAINES, A. C.: On the Sufficiency of Terrestrial Rotation for the Deflection of Streams, Amer. Journal of Science, band 28, s. 434. New Haven 1884.
7. BAZIN, M. (referat): Rapport sur un Mémoire présenté par M. BAZIN sur le mouvement de l'eau dans les canaux découverts, Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences, 1863, band 2, s. 192. Paris 1865.
8. BENONI, C.: Ueber das Baersche Gesetz, Mitteil. d. k. k. geogr. Ges., Wien 1877, s. 197.
9. BJERKNES, V.: Ueber einen hydrodynamischen Fundamentalsatz und seine Anwendung, K. Svenska Vet. Akad. Handl., band 31, n:r 4. Stockholm 1898.
10. BOUSSINESQ: Théorie des eaux courantes, Mémoires prés. à l'Acad., band 23. Paris 1877. †.
11. BOWMAN, I.: Deflection of the Mississippi, Science, nya serien, band 20, s. 273. New York 1904.
12. BROWN, C. B.: On the Ancient River-deposit of the Amazon, Quart. journal Geol. soc., band 35, s. 763. London 1879.

13. BRUNHES, BERNARD och JEAN: Les analogies des tourbillons atmosphériques et des tourbillons des cours d'eau et la question de la déviation des rivières vers la droite, *Annales de Géographie*, Paris 1904.
14. BUTAKOFF, A.: Notiz über den oberen Lauf des Syr-Daria zwischen dem Fort Peroffsky und Bayldyr-Tugai, *Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde*, Berlin 1866, s. 114.
15. CALLAWAY, C. On a Cause of River Curves, *Geol. Magazine*, London 1902, s. 450.
16. CONTE, J. LE: A Post-Tertiary Elevation of the Sierra Nevada shown by River-beds, *Amer. Journ. of Science*, band 32, s. 167. New Haven 1886.
17. DAVIS, W. M.: On the Classification of Lake Basins, *Proc. Boston Soc. Nat. Hist.*, band 21, s. 369. Boston 1882.
18. — —: The Classification of Lakes, *Science*, band 10, s. 142. New York 1887.
19. — —: The Seine, the Meuse and the Moselle, *National Geogr. Magazine*, band 7. Washington 1896.
20. — —: *Physical Geography*, s. 243. Boston och London 1899.
21. — —: The geographical cycle, *Geogr. Journal*, band 14, s. 481. London 1899.
22. — —: The Development of River Meanders, *Geol. Magazine*, band 10, s. 145. London 1903.
23. DODGE, R. E.: The Geographical Development of Alluvial Terraces, *Proc. Boston Soc. Nat. Hist.*, band 26, s. 263. Boston 1894.
24. DREW, F. Alluvial and Lacustrine Deposits and Glacial Records of the Upper-Indus Basin, *Quart. Journ. Geol. Soc.*, band 29, s. 441. London 1873.
25. DUNKER: Über den Einfluss der Rotation der Erde auf den Lauf der Flüsse, *Giebels Zeitschr. für d. gesammte Naturwissensch.*, band 11, s. 463, 1875. †.
26. EISENMENGER, G.: *Etudes sur l'évolution du Rhin et du système hydrographique rhénan*. Paris 1905.
27. FEGRÆUS, T.: Om de lösa jordaflagringarna i några af Norrlands elfdalar, *Geol. Fören. Förh.*, Stockholm 1890, s. 375.
28. FENNEMAN, N. M.: *Physiography of the St. Louis Area*, Ill. State Geol. Survey, bulletin n:r 12. Springfield 1910.
29. FERREL, W.: The Motions of Fluids and Solids Relative to the Earth's Surface, *Mathematical Monthly*, band 1, s. 307. New York 1860. †
30. FRAUENFELDER, K.: Über die Entstehung der Flussinseln. *Dissertation*. München 1897.

31. GEE, W. J. MC: The Pleistocene history of northeastern Iowa, U. S. Geol. Survey, Ann. report 11, s. 189. Washington 1891.
32. GEER, GERARD DE: Om strandliniens förskjutning vid våra insjöar, Geol. Fören. Förh., Stockholm 1893, s. 378.
33. GEER, STEN DE: Om flodskulptur vid Mora och Säter, Geol. Fören. Förh., Stockholm 1908, s. 452.
34. GEIKIE, A.: Text-Book of Geology, s. 350 och 361. London 1885.
35. GILBERT, G. K.: Report on the Geology of the Henry mountains, s. 100. Washington 1880.
36. — —: The Sufficiency of Terrestrial Rotation for the Deflection of Streams. Amer. Journ. of Science, serien 3, band 27, s. 427. New Haven 1884.
37. — — och BRIGHAM, A. P.: An Introduction to Physical Geography, s. 28. London 1902.
38. GIRARD, J.: L'Évolution comparée des sables. Paris 1903.
39. GREBENAU, H.: Die Flussverhältnisse des Oberrhein von Strassburg abwärts, Deutsche Bauzeitung 1873, s. 283. †
40. GREEN: Geology of the Yorkshire Coalfield, Mem. Geol. Survey. †
41. GRYE, B. DE LA: Sur les effets des tourbillons observés dans les cours d'eau, Comptes Rend. Acad. Science, band 83, s. 797. Paris 1876.
42. HAGEN: Handbuch der Wasserbaukunst. Del 1: die Ströme, s. 148. †.
43. HAMBERG, AXEL: Öfersikt af Lule älfvs geologi, Sveriges Geol. Unders., Ser. C, n:r 202. Stockholm 1906.
44. HEDIN, SVEN: Scientific results of a journey in Central Asia 1899—1902. Band 1: The Tarim River, s. 10—224, särskildt s. 195—205. Stockholm 1904.
45. HENKEL, L.: Über das Umbiegen von Nebenflüssen in der Nähe der Mündung, Petermanns Mitteilungen, Gotha 1889, s. 176.
46. HICKS, L. E.: Some Elements of Land Sculpture, Bull. Geol. Soc. of Amer., band 4, s. 133. Rochester 1893.
47. HOFFMAN: Das Baersche Gesetz. Dissertation. Halle 1878. †.
48. HONSELL, MAX: Vortrag über den natürlichen Strombau des deutschen Oberrheins, Verh. d. 7. Deutsch. Geogr. Tages zu Karlsruhe 1887, s. 33. Berlin 1887.
49. HOPKINS: i Quat. Journ. Geol. Soc., band 8, s. 27. London 1852. †.
50. HUMPHREYS, A. A. och ABBOT, H. L.: Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi River, Profess. Papers of the Corps of Eng. U. S. A., n:o 13. Philadelphia 1861 (ny upplaga 1876).

51. HÖGBOM, A. G.: Om s. k. jäslera och om villkoren för dess bildning, Geol. Fören. Förh., Stockholm 1905, s. 19 och s. 30.
52. JEFFERSON, M. S. W.: Limiting Width of Meander Belts, National Geogr. Magazine, Washington 1902, s. 373.
53. KATZER, F.: Das Gebiet an der Mündung des Trombetas in den Amazonas, Petermanns Mitteilungen, Gotha 1901, s. 49.
54. LEONHARD, R.: Der Stromlauf der mittleren Oder. Dissertation. Breslau 1893.
55. LOGIN, T.: The abrading and transporting power of water. Nature, band 1, s. 629 och band 2, s. 72. London 1870.
56. MARK TWAIN: Från Mississippifloden, ungdomsminnen (öfversatt af A. GEETE), s. 281. Stockholm 1883.
57. MILLER, H.: River-Terracing: Its Methods and their Results, Proc. Roy. Phys. Soc., Edinburgh 1883, s. 263.
58. MÖLLER: i Zeitschr. für Bauwesen 1883, s. 193. †
59. NEUMANN, B.: Studien über den Bau der Strombetten und das Baersche Gesetz. Dissertation. Königsberg 1893.
60. NIKITIN, S.: Die Fluss-Thälern des mittleren Russlands, Mém. de l'Acad. Imp. des Sciences, St. Pétersbourg 1885, band 32, n:o 5.
61. OPEL: Studie, die sachgemässe Behandlung der Flussbetten betreffend. Berlin 1893. †
62. PARTIOT: Sur les sables de la Loire, Annales des ponts et des chaussées, Paris 1871, s. 233. †
63. PENCK, A.: Über Periodicität der Thalbildung, Verh. der Ges. f. Erdkunde, Berlin 1884, s. 39.
64. — —: Morphologie der Erdoberfläche (s. 259—385 om Flusswirkungen). Stuttgart 1894.
63. — —: Die Flusskunde als ein zweig der physikalischen Geographie, Zeitschr. für Gewässerkunde, 1898. †
66. POWELL, J. W.: Exploration of the Colorado River of the West and its Tributaries, s. 203. Washington 1875 †.
67. RAMSAY, W.: Geologins grunder, s. 155—185. Helsingfors 1909.
68. RENELL, JAMES: An Account of the Ganges and Burrampooter Rivers, Phil. Trans., band 71, s. 87. London 1781.
69. REYNOLDS, O.: The Motion of Water, Nature, band 28, s. 627. London 1883.
70. RICHTHOFEN, F. FREIHERR VON: Führer für Forschungsreisende. Berlin 1886.
71. RUDOLPH, E.: Fortschritte der Geophysik der Erdrinde. Afdelningen: Strömende Gewässer i Geogr. Jahrb., band 18, s. 416. Gotha 1895.

72. RUSSEL, I. C.: Notes on the Surface Geology of Alaska, Bull. Geol. Soc. of Amer., band 1, s. 99, New York 1890.
73. — —: River Development as illustrated by the Rivers of North America. The Progressive Science Series, London och New York 1898.
74. SCHLICHTING, J.: i Deutsche Bauzeitung 1893. †
75. SCHMIDT, W.: Zum Baer'schen Stromgesetze, Mittel. d. k. k. Geogr. Ges., band 20, s. 399. Wien 1878.
76. SHALER, N. S.: General Account of the fresh-water morasses of the United States, U. S. Geol. Survey, Ann. Rep. 10. Washington 1888—90.
77. SMITH, B.: Some recent changes in the course of the Trent, Geogr. Journal, London 1910, s. 568.
78. STINÝ, J.: Seitlicher Auf- und Abtrag bei Wasserläufen, Österr. Forst- u. Jagdzeitung, Wien 1904, s. 265. †
79. STOLLER, J.: Die alten Flussschotter im oberen Neckargebiete. Dissertation. Stuttgart 1901.
80. SUPAN, A.: Grundzüge der Physischen Erdkunde, s. 487—541. Leipzig 1908.
81. THOMSON, J.: On the Origin of Windings of Rivers in Alluvial Plains, with Remarks on the Flow of Water round Bends in Pipes, Proc. Roy. Soc., band 25, s. 5. London 1876—77.
82. — —: Experimental Demonstration in respect to the Origin of Windings of Rivers in Alluvial Plains, Proc. Roy. Soc., band 26, s. 356. London 1877.
83. TOWER, W. S.: The Development of Cut-off Meanders. Bull. Amer. Soc. 1904, band 36, n:o 10, s. 589.
84. TYLOR, A.: On the Action and Formation of Rivers, Lakes and Streams, etc., Geol. Magazine, London 1875, s. 437.
85. ULE, W.: Die Gewässerkunde im letzten Jahrzehnt, Afdelning 3: Die Flusskunde, Hettners Geogr. Zeitschr., Leipzig 1900, s. 148. †
86. — —: Die Aufgabe geographischer Forschung an Flüssen. Abhandl. d. k. k. Geogr. Ges., Wien 1902, band 4, n:o 4.
87. UNWIN, W. C.: On the Friction of Water against Solid Surfaces of Different Degrees of Roughness, Proc. Roy. Soc., band 31, s. 54. London 1881.
88. WAGNER, H.: Lehrbuch der Geographie, s. 294—318. Hannover och Leipzig 1903.
89. WALCHNER, FR.: Die Bildung der Rheininseln, Westermanns Jahrbuch d. deutschen Monatsh., band 17. †

90. WARREN, G. K.: Valley of the Minnesota River and of the Mississippi River to the junction of the Ohio: its origin considered. Amer. Journal of Science, band 16, s. 417. New Haven 1878.
91. WEX, S.: Fortschritte der Ausbildung des regulierten Donaubettes. 1880. †
92. VILOVO, J. R. STEFANOVIĆ VON: Das seitliche Rücken der Flüsse, Ausland 1876, s. 455. † Senare i Mitteil. d. k. k. Geogr. Ges., Wien 1881, s. 167.
93. VUJEVIĆ, PAUL: Die Theiss, eine potamologische Studie, Geogr. Abhandl. herausgegeben von A. PENCK, band 7, n:o 4. Leipzig 1906.

Uppllysningar till taflorna.

Taff. 1. Klarälvens flodplan. Då det för denna karta icke har funnits någon tillförlitlig *underlagskarta* sammanställd i tillräckligt stor skala, så har en sådan måst konstrueras för ändamålet. För de särskilda näsen hafva de nyaste och bästa landtmätarekartor i skalan 1 : 4 000 kopierats. Sålunda hafva för Ljusnäs, Ändenäs och norra Torpnäs anlitats kartor från 1884—1889, för Värnäs liksom för större delen af Baskenäs kartor från 1855—1861 och för södra Torpnäs från 1852. Alla dessa områden äro uppmätta med stor noggrannhet. Mindre tillfredsställande var 1848 års karta öfver Björkenäs. Då visst näs måst sammansättas af olika kartdelar, har detta kunnat ske utan svårigheter. Det har däremot visat sig omöjligt att utan särskilda mätningar kombinera landtmätarekartor å ömse sidor af älven. Om nämligen mer än en strand varit utsatt på dessa kartor, har denna andra strand aldrig varit verkligt inmätt. Sommaren år 1909 utförde förf. ett antal grafiska triangelmätningar med diopter och i stor skala (1 : 1 000), härvid utgående från de 11 baslinjer af 30 till 50 meters längd, som utmärkts å taff. 1. Från hvarje bas inmättes minst en särskildt utvald punkt vid älfbäddens motsatta låga strand. Vid omböjningarna 16 ö och 17 ö mättes flera trianglar, på senare stället ett triangelnät mellan tio punkter. Dessa mätningar visade sig vara tillräckliga för ett noggrant sammanpassande af de olika kartdelarna, hvilket utfördes den 27 juli 1909. Såväl vid dessa breddmätningar som tydligen ock å de an-

vända landtmätarekartorna har som älfvens strand på den låga sidan räknats den linje, där lutningen uppåt den första älfvallen höjer sig öfver de flata sandbankarnas yta. Det är således här fråga om själfva älfbäddens rand, hvilken ungefärligen sammanfaller med den mera variabla gräsranden¹ eller med de högre vattenstånden under vegetationsperioden (omkring 0.40 m. öfver vattenståndet den 22 juli 1909).

Å denna stomkarta hafva sedan *de geografiska formerna* utarbetats. Dessa mätningar utfördes med en 2 meters A-formig mätstake och ansluta sig till det nät af landmätarnas konturer, som kunnat säkert identifieras i naturen. På kartan hafva de mätningslinjer utmärkts, som lagts tvärs öfver älfvallarna i syfte att fastställa deras successiva afstånd från hvarandra (jfr ofvan s. 32). Äfven öfriga former och föremål äro nyuppmätta eller åtminstone reviderade.

Lodningar hafva utförts till ett antal af 262, fördelade på 30 profiler. Dessa uppmättes den 18 och 19 augusti 1909, då Klarälfven hade sitt lägsta vattenstånd under sommaren. Vattnet stod då 0.62 m. under datumplanet eller ståndet den 22 juli 1909. Vissa somrar torde dock älfven kunna sjunka ännu något mera.

Profillinjerna gå mellan noga bestämda punkter å båda älfstränderna. Å 3 profiler har wire eller hamplina spänts öfver älfven och lodningar utförts med mellanrum af 1, 2¹/₂ eller 5 m. För att på hela sträckan hinna utföra lodningarna innan vattenståndet ändrades, måste emellertid en hastigare metod användas för flertalet profiler.

Det visade sig genom försökslodningar utmed de kända, från lina mätta profilerna, att fullgoda resultat kunde uppnås med årtagsrodd. Därvid måste dock iakttagas, att afstånden mellan alla lodningar i samma profil måste vara lika och att rodden genom särskild träning måste göras fullt likformig och automatisk. Strömhastigheten var ju visserligen till följd

¹ Gräsranden lutar ända till 0.6 m. från norra till södra ändan af hvarje halfmånbank.

af det låga vattenståndet den minsta förekommande men hade i alla fall tendens att verka förryckande på lodningslinjen. Detta kunde fullt neutraliseras genom att vid hvarje lodningspunkt tvärt vända båten och taga ett par årtag noga uppåt strömmen. Under de få sekunder, som lodet behöfde för att nå botten, dref ju båten gifvetvis af farten något mot nästa lodningspunkt. Då emellertid samma afdrift i sidled gjorde sig gällande äfven vid denna och öfriga punkter, så blifva tydligen afstånden mellan observationspunkterna hela vägen lika. Afståndet från den sista lodningspunkten och till stranden blir ju oftast kortare och har uppskattats i delar (vanl. femtedelar) af det föregående. För bestämmande af lodningarnas afstånd i m. från hvarandra har man att subtrahera detta sista stycke från älfvens bredd och därpå dividera denna med antalet lodpunkter. I medeltal hafva lodningarna utförts med 12 meters mellanrum.

I de fall, då lodlinjer sluta vid sandbankar, har det återstående afståndet uppmätts med mätstaken från den punkt, där rodden upphörde, samt fram till älfbäddens strand. Hela denna sträcka måste då subtraheras från älfbäddens kända bredd före den nämnda divisionen med antalet lodpunkter.

Det förefaller, att döma af de nämnda kontrollförsöken, som om det med detta förfaringssätt lyckats att uppnå den önskvärda noggrannheten af 2 m. ($= \frac{1}{4}$ mm. i 1 : 8 000) i fråga om observationspunkternas läge och 0.1 m. vid själfva lodningarna.

En svårighet uppstår dock, om största djupet ligger så nära den ena stranden, att det faller mellan denna och den första lodpunkten. Där så kunnat vara fallet, har det varit nödvändigt att, sedan profilen färdigmätts, särskildt uppsöka det största djupet.

För konstruerandet af 1-meters djupkurvor har varit af vikt, att profiler i lika höjd- och längdskalor (1 : 200) först uppritats för hvar och en af samtliga 30 lodningslinjer. Sedan bottenlinjen i en profil fått den sannolikaste buktningen, utmärk-

tes hvarje 1-meterskurvas läge med en punkt. Kurvans horisontella afstånd från de två närmast omgifvande lodningspunkterna hafva använts för dess utsättande å kartan.

I närheten af hvarje lodningsprofil äro kurvorna så exakta, som skalan tillåter. Äfven deras läge mellan profilerna är i allmänhet fullt bestämdt. Endast på få ställen finnes rum för mindre betydande ovissheter, såsom i södra delen af bäckenet 17 ö. Men så hafva också undersökningslinjerna lagts betydligt tätare öfver de stora djupen vid älfvens omböjningar. Å sträckorna mellan dem är kurvornas lopp ytterligt regelbundet. För öfrigt var vattnet så klart, att man kunde se botten på 2 meters djup och sålunda direkt studera dess former.

Afvägningar hafva utförts hufvudsakligen af erosionsbranternas och näsafsatsens relativa höjd. Beträffande de förra har mätningarnas utgångspunkt alltid reducerats till datumplanet = älfvens vattenstånd den 22 juli 1909 kl. 12 middagen. Vid mätningar af näsafsatsen har det särskildt gällt att i naturen så noga som möjligt bestämma de mest karakteristiska nivåerna för afsatsens fot och kant. Härvid hafva naturligen älfvallsryggarna undvikits och mätningarna i stället utgått från sänkornas flatare mark. Nivelleringarna hafva utförts med ELFVINGS och WREDES speglar med graderad stång, hvarvid en noggrannhet af 0.01 m. torde uppnåtts tack vare de korta afstånden. Näsafsatsens höjd har på de flesta ställen öfverhufvud taget icke kunnat fastställas på närmare än 0.1 m.

Kartan har kombinerade, *geologiskt-ekonomiska färgbeteckningar*. Ur geologisk synpunkt utmärker röd färg alla för flodplanet främmande bildningar. Dalsidorna hafva belagts med en ljusröd ton, vare sig de bestå af den fina marina mjälans terrasser eller af grofblockiga moränsluttningar. Den starkast röda färgen visar, hvar Klarälfven och Värån arbetat sig fram till det fasta underlaget, morän och berg. Väråns gruskon är mellanröd.

Öfriga färger, blått, hvitt, grönt och gult, angifva flod-

planets omfattning. Däraf kommer det blå och hvita på själfva flodbädden och motsvarar till större delen älfgrusets utbredning. Älfbottnen mellan den konvexa (inre) stranden och flodens djupaste fåra består nämligen af älfgrus.

Älfmjåla betecknas med ljust gröna och gula färgtoner, af hvilka de gula antyda områden med relativt mäktigare lager af mylla. Gränsen har lagts vid näsafsatsen för att samtidigt framhålla denna. Att myllan öfverlagras af flygsand antydes genom en prickning, som inlagts alldeles schematiskt med ledning af ett fåtal observationer på Torpnäs.

Starkt grön och gul färg utmärka erosionsbranter.

Betraktad som ekonomisk karta, angifver tafl. 1 i hufvudsak åker med ljust gult och ljust grönt, ängsmark med mellangrönt, skog med de röda färgerna samt mörkgrönt och improduktiv mark med blått (vatten), hvitt och starkt gult (naken sand).

Af antropogeografiskt material upptager kartan samtliga boningshus och körvägar och därtill gångvägen förbi kröken 16 ö, hvilken endast är spångad öfver Råbäcken.

De geografiska namnen på näs och gårdar hafva erhållits direkt af befolkningen. De hafva skrivits enligt vanligt svenskt språkbruk. Sälunda har den värmländska dialektens Byggninga skrivits Byggningen, Tomta har skrivits Tomten o. s. v.

Endast namnet Torpnäs har måst nybildas. De sydliga två tredjedelarna af detta näs tillhöra den af två gårdar bestående byn Ljusnästorp. Då näset själf icke haft något särskildt namn, har man ofta fått beteckna äfven det som Ljusnästorp. Näsets norra del hör till Ljusnäs by, ehuru Ljusnästorps folkskola nyligen blifvit ditflyttad med bibehållet namn. Det låge närmast till hands att bilda ordet Ljusnästornäs. Förf. har emellertid föreslagit och använt det kortare namnet Torpnäs, hvilket enligt befolkningens tanke icke kan gifva anledning till missförstånd och som dessutom passar väl i serien Björkenäs, Baskenäs, Ändenäs, Torpnäs, Ljusnäs och Värnäs.

Tafl. 2. Klarälvens aflagringer. Läget af dessa tolf geologiska profiler är å tafl. 1 utmärkt med ringar. Inom hvarje profil hafva alla topografiskt och stratigrafiskt mera framträdande punkter innämts. Höjderna hafva erhållits genom nivellering med WREDES, resp. ELFVINGS spegel och stång. De horisontella afstånden hafva mätts trappstegsvis utmed horisontell stång. Äfven detaljerna äro innämta, och rastäckets mäktighet utrönt på flera ställen genom gräfning och mätning.

Älfvens yta har ritats, där den låg den 22 juli 1909 kl. 12. Från denna nivå hafva äfven nivelleringarna utgått, ehuru vattenståndet var något lägre, då de utfördes.

I profilerna har icke tagits hänsyn till den knappt märkbara stupning inåt näsen, som utmärker samtliga lager. Den är i allmänhet något mindre än 1 på 100.

Tafl. 3. Hastighetsprofiler af Klarälven. Bottnens form i sektionerna I och II har erhållits genom lodningar för hvarje meter utefter en öfver älfven spänd wire. I sektion III hafva lodningar utförts endast där djupsiffror utsatts, och bottenformen i öfrigt har erhållits från sektion II, som ligger på samma ställe midt för Ändenäs spets.

Röd färg visar, huru långt botten utgöres af frisköjld morän. Å sektionerna I och II angifvas, medelst i det närmaste horisontella streck, gränserna mellan den på moränen närmast hvilande marina mjälan och älfsanden samt mellan denna och den öfverst liggande älfmjälan.

Hastighetsmätningarna hafva utförts med en HAJÓS flygel med svag stigning af propellerbladen. Enligt profningar vid Norsborgs vattenledningsverk den 8 till 16 april 1910 var flygelns hvarfantal i sekunden fullt tillräckligt noga proportionellt mot vattenhastigheten. 5 hvarf i sekunden motsvarade en hastighet af 1 meter i sekunden. Den wire, med hvilken flygeln sänktes, hölls vertikal medelst en blytyngd om 40 kg. Anordningarna i öfrigt framgå af fig.

49. Vid mätningen af profil III voro de emellertid något olika, ehuru samma flygel användes.

Då mätningarna icke i första hand afsågo bestämmandet af den framrinnande vattenmängden utan närmast gingo ut på att undersöka den faktiska strömningshastigheten på olika punkter af sektionerna, så valdes den punktvisa mätningemetoden.

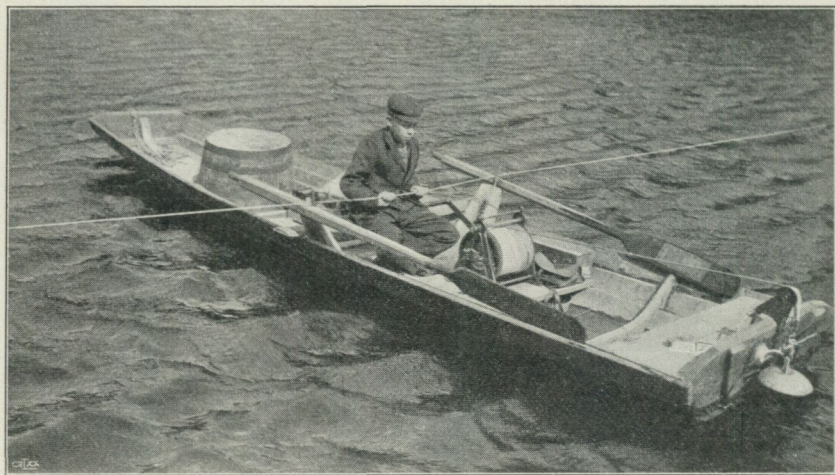


Fig. 49. Anordningar vid strömhastighetsmätningarna den 12—16 aug. 1909.

Hvert tionde hvarf af flygeln markerades genom signal från en elektrisk ringlocka. Observationerna på hvarje punkt fortgingo minst tre minuter. Sedermera uppgjordes kurvor öfver hastighetens variation under denna tid. Det visade sig, att vid de större hastigheterna variationerna voro jämförelsevis obetydliga omkring ett visst medelvärde, hvarför observationerna beträffande dem torde äga ungefär den noggrannhet, med hvilken strömningshastigheten vid tillfället öfver hufvud taget kunde bestämmas. Endast för den allra långsammaste rörelsen (0 till 0.10 m. i sek.) hade kurvorna ett mera nyckfullt förlopp, sannolikt emedan strömmen då var så svag, att flygeln emellanåt stannade vissa ögonblick.

Medelvärdena hafva där blifvit mindre säkra, men de äro också i dessa fall af mindre vikt.

Sektion I mättes den 16 augusti 1909 vid ett vattenstånd af 0.61 m. under ståendet den 22 juli 1909. I sektion II utfördes mätningar under den 12, 13, 14 och 15 augusti 1909. Vattenstånden voro respektive — 0.56, — 0.57, — 0.57 och — 0.59 m. Den största variationen mellan de olika dagarna var obetydlig och antydes i sektionen medelst dubbling af den grofva kurvan, som framställer hastighetens aftagande mot bottnen. Sektion III mättes den 17 maj 1910, då vattnet nådde 4.10 m. öfver ståendet den 22 juli 1909.

Det bör observeras, att höjd- och längdskalorna naturligen äro desamma. De grofva hastighetskurvorna äro ritade så, att det horisontella afståndet mellan en punkt på kurvan och dess motsvarande lodningstation i samma skala visar, huru långt vattnet flyter på 10 sekunder.

Tafl. 4. Österdalälvens flodplan vid Mora. Kartans yttre delar hafva rekognoscerats mera hastigt i anslutning till S. ZETTERSTRANDS karta »Mora-Älf dalen.»¹ Däremot hafva flodplanet och deltat undersökts i den mycket stora skalan 1:2 000, öfre delen dock i 1:8 000. De olika flodbäddarna m. m. tecknades i naturen med ledning af konturer å kopior af sju byars landtmätarekartor. Sedermera sammansattes kartdelarna gruppvis och förminskades fem gånger, hvarpå hela kartan sammansattes och nedtransporterades ytterligare fem gånger. Kartan uppgjordes i början af november 1908, närmast till ledning för en af den 11:te internationella geologkongressens exkursioner.² Då fanns ännu ingen morfologiskt användbar karta öfver Moratrakten.

Tafl. 5. Karta öfver Sättersdalen. Den har utgifvits af Dalsällskapet i Säter och äfven användts af den nämnda ex-

¹ »Mora—Älf dalen, karta på uppdrag af Svenska Turistföreningen sammandragen af S. ZETTERSTRAND». 1906. Skala 1:100 000.

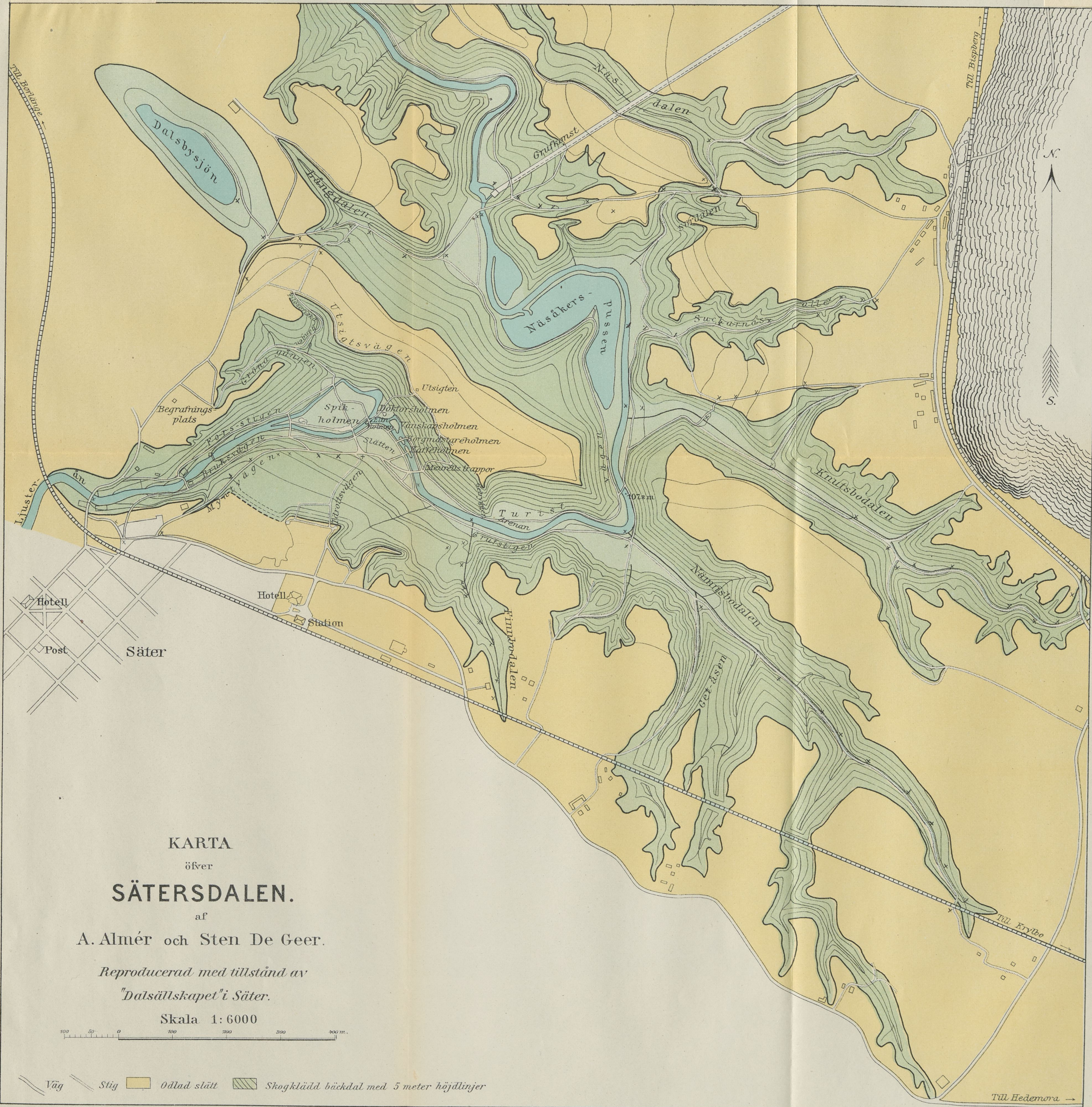
² O. NORDENSKJÖLD und S. DE GEER: »Führer der morphologischen Exkursion in Mittelschweden», 11:te int. geol. kongr., guide C 5, tafl. 3 och 2. Stockholm 1910.

kursionen.¹ Ett noggrannt underlag i skalan 1 : 4 000 erhöles från en stomkarta, som efter landtmätarekartor sammanställt af rådman A. ALMÉR i Säter. Kartan utfördes af förf. äfvenledes i november 1908, hvarvid också höjdkurvor inlades. Nivelleringarna utgingo från två punkter, på resp. 107.8 och 157.5 m. höjd öfver hafvet (enligt topografiska bladet Hedemora), sedan höjdskillnaden mellan dem blifvit kontrollmätt. Nivellerade punkter utmärkas å kartan medelst kors. Höjdkurvornas förlopp är inmätt endast på vissa sträckor, särskildt på dalbottnarna, men i allmänhet äro de inlagda efter ögonmätt. Emellertid torde kartan på grund af dalens natur hafva blifvit jämförelsevis noggrannt. Dalravinerna äro nämligen nedskurna i en tämligen jämn sedimentplatå. Höjdmätningarna afsågo närmast att bestämma platåns höjd på olika ställen, för att höjdkurvor skulle kunna uppdragas äfven på dess yta. Härigenom blef dalarnas kanthöjd öfverallt känd.

Genom inmätning af första eller andra höjdkurvan öfver Ljusteråns nivå afgränsades dalbottnen från de branta sluttningarna och bestämdes dessas fothöjd. Antalet kurvor mellan fot och kant var sålunda känt, och kurvorna kunde i allmänhet direkt uppdragas, på grund af sluttningarnas regelbundenhet.

Af fotografierna har den såsom fig. 16 reproducerade benäget tagits 1906 af fotografen EMIL LUNDBORG i Långaf. De öfriga togos under juli och augusti 1909 samt maj 1910 af förf.

¹ Se not 2, föreg. sida.

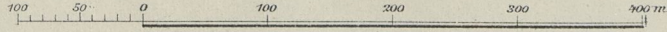


KARTA
öfver
SÄTERSDALEN.

af
A. Almér och Sten De Geer.

Reproducerad med tillstånd av
"Dalsällskapet" i Säter.

Skala 1:6000

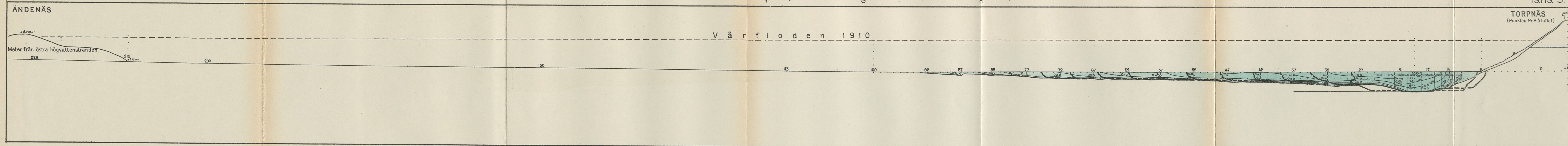


Väg Stig Odlad slätt Skogklädd bäckdal med 5 meter höjdlinjer

HASTIGHETSPROFILER AF KLARÄLFVEN.

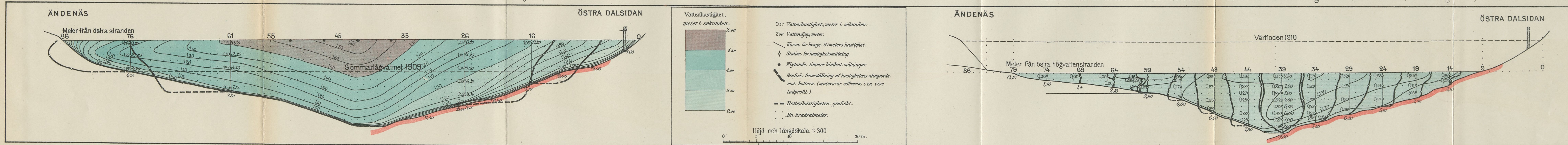
I. Normal Klarälfsektion (Ändenäs - Torpnäs) vid sommarlägvatten (Sten De Geer, 16. aug. 1909)

Tafla 3.



III. Sektion af Klarälfvens krökbäcken n^o 16 ö under vårfloden (Sten De Geer, 17. maj 1910)

II. Sektion af Klarälfvens krökbäcken n^o 16 ö vid sommarlägvatten (Sten De Geer, 12.-15. aug. 1909)



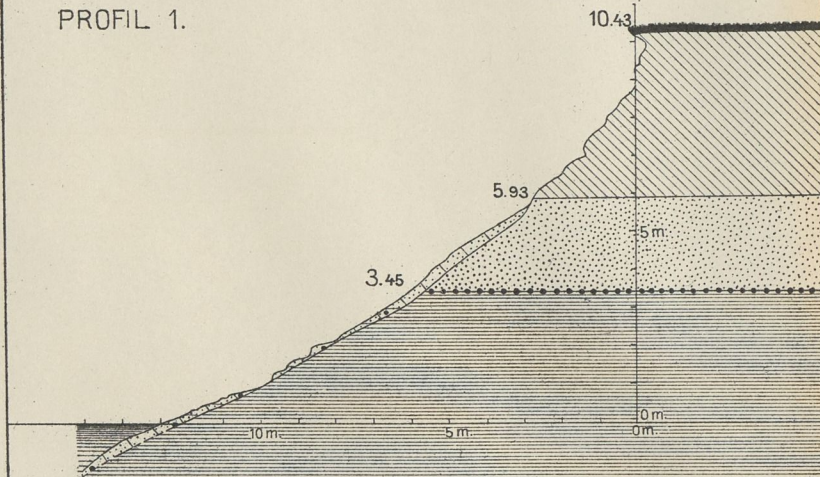
KLARÄLFVENS AFLAGRINGAR.

Sveriges Geologiska Undersökning Ser. C, N^o 236.

Tafla 2.

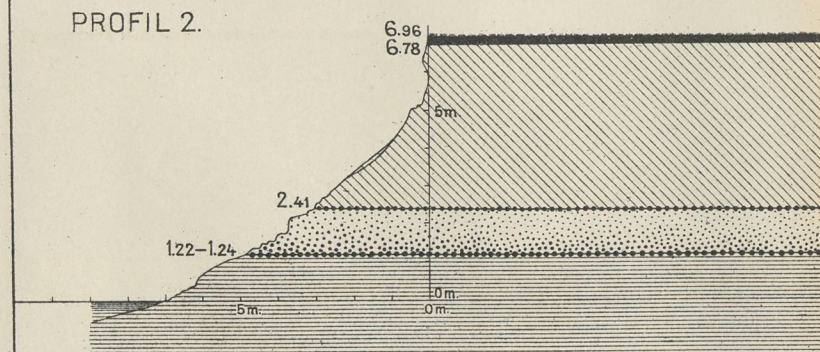
BASKENÄS

PROFIL 1.



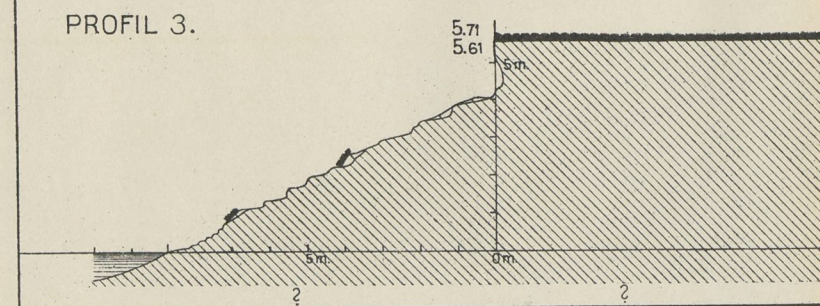
BASKENÄS

PROFIL 2.



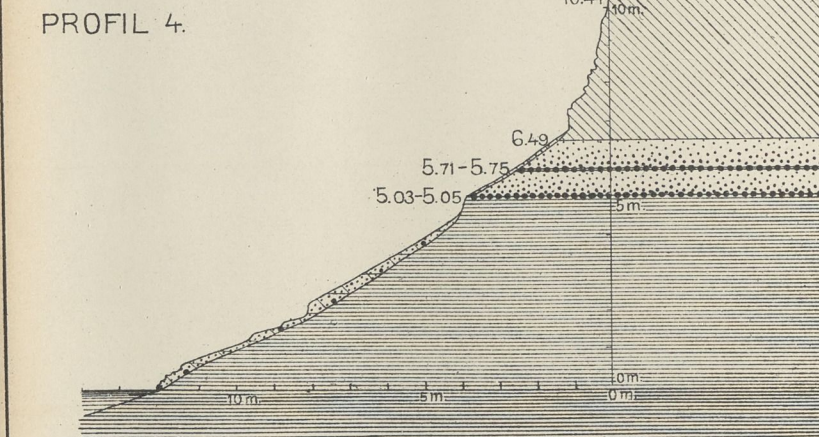
BASKENÄS

PROFIL 3.



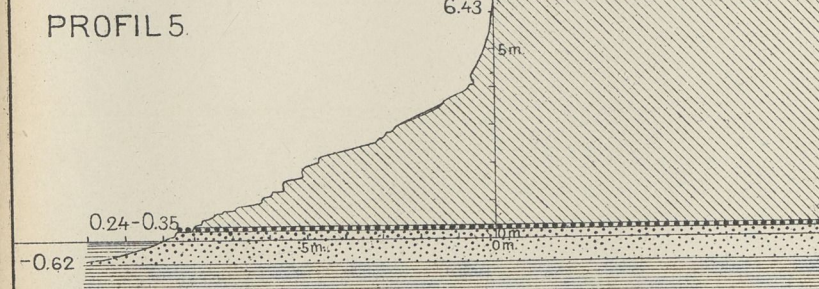
ÄNDENÄS

PROFIL 4.



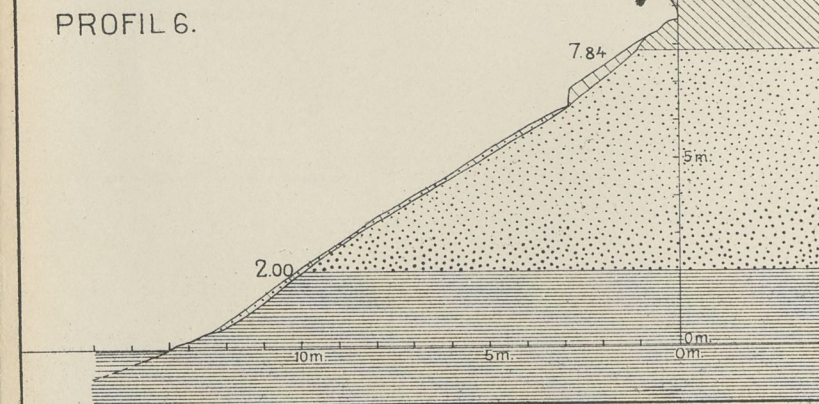
ÄNDENÄS

PROFIL 5.



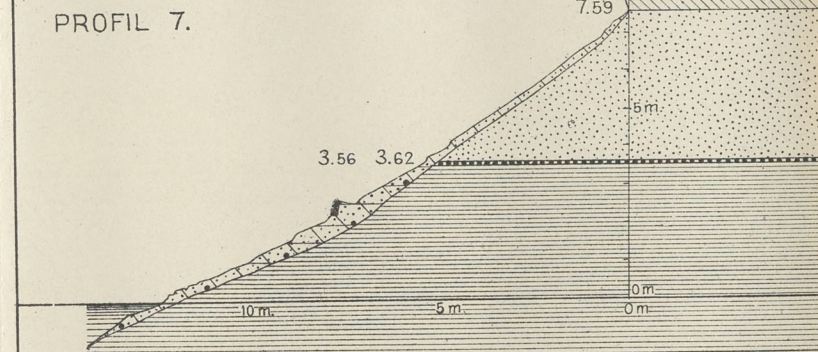
TORPNÄS

PROFIL 6.



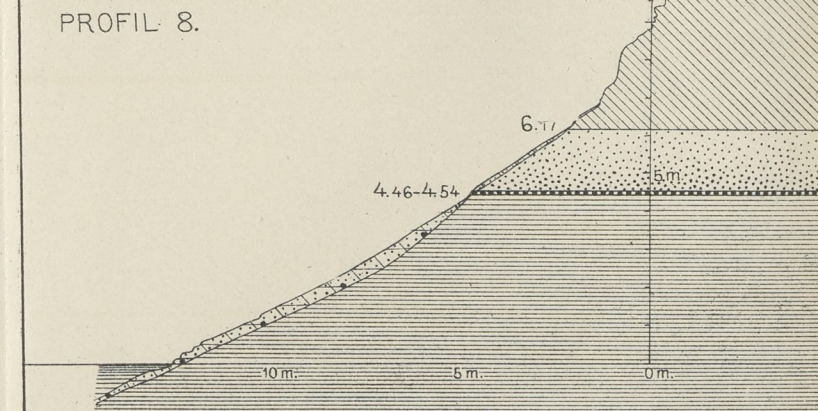
TORPNÄS

PROFIL 7.



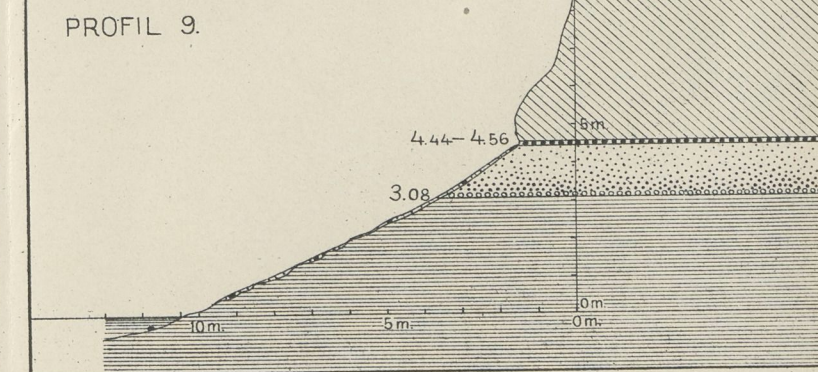
TORPNÄS

PROFIL 8.



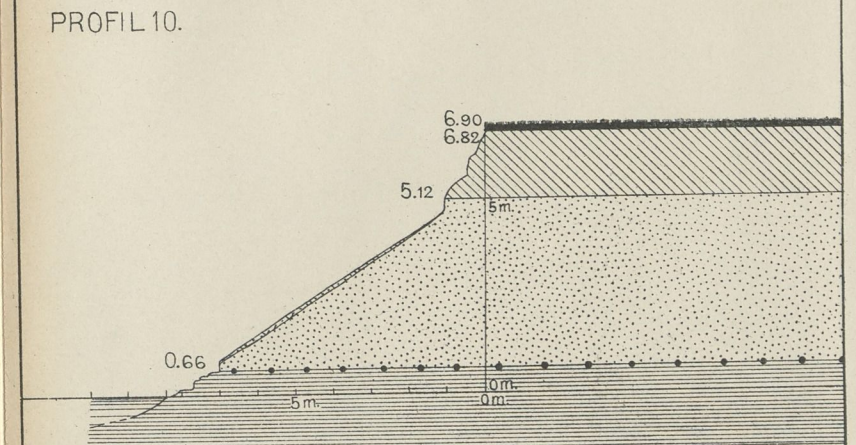
TORPNÄS

PROFIL 9.



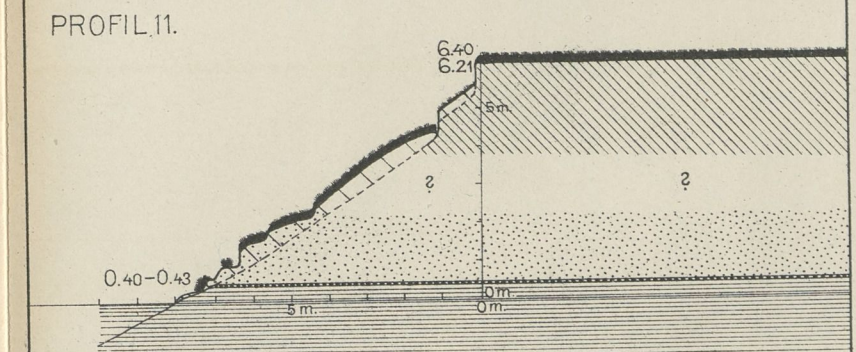
LJUSNÄS

PROFIL 10.



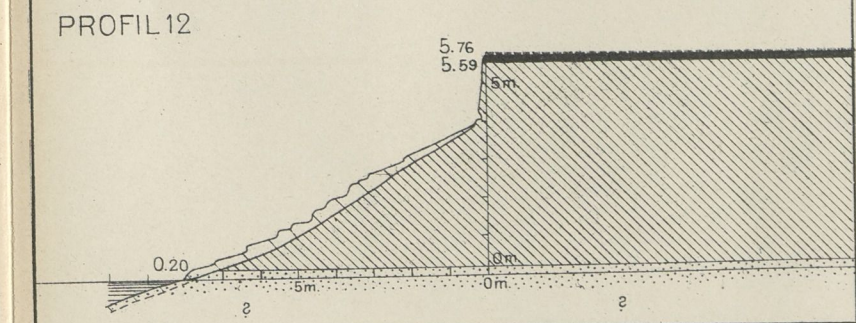
VÄRNÄS

PROFIL 11.



VÄRNÄS

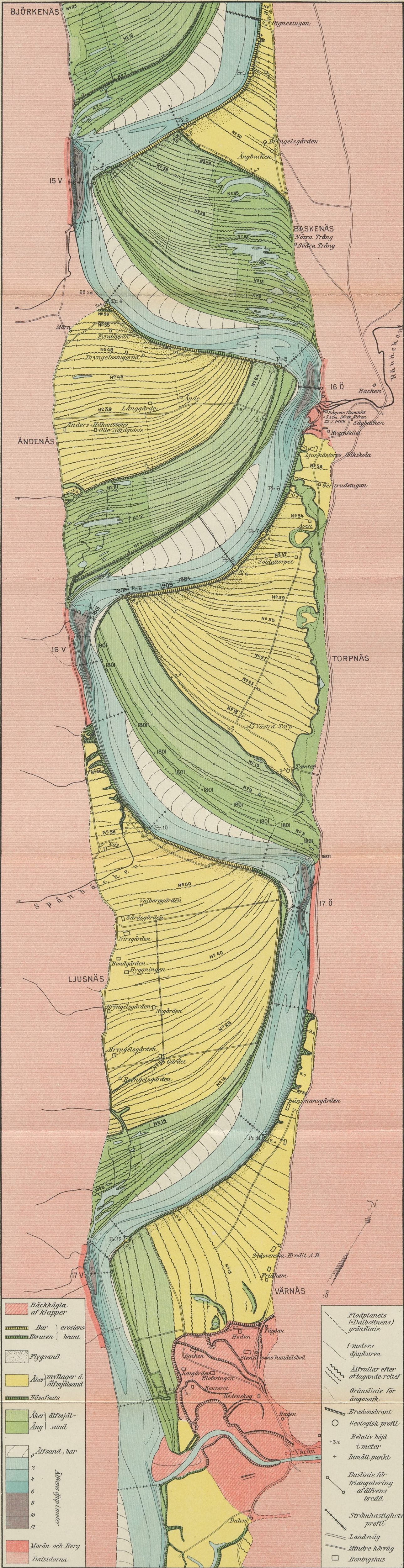
PROFIL 12.



GEN. STAB. LIT. ANST.

Marin mjäla Älfgus Gröfre älsand Finare älsand Älfnjåla Myllager Älfven reduc. till 22 juli 1909.
 Höjd- och längdskala 1:200. Norr åt vänster.

KLARÄLFVENS FLODPLAN



- Bäckkägla af klapper
- Bar } erosionsbrant
- Beroven } erosionsbrant
- Flygsand
- Åker mylllager å älmjålsand
- Näsafatts
- Åker älmjåls-Ång sand
- Åker älmjåls-Ång sand
- 0 Älfsand, bar
- 2
- 4
- 6
- 8
- 10
- 12
- Morän och Berg
- Dalsidorna

- Flodplanets (=Dalbotnens) gränslinie
- 1-meters djupkurva
- Älvtallar efter aftagande relief
- Gränslinie för ängsmark
- Erosionsbrant
- Geologisk profil
- Relativ höjd i meter
- Inmätt punkt
- Bastutie för triangulering af älfvens bredd
- Strömshastighetsprofil
- Landsväg
- Mindre körväg
- Boningshus

GEN. STAB. LIT. ANST.

Skala 1:8000

