

PHYSICAL AND CHEMICAL CONDITIONS IN THE SEDIMENT OF THE TISZA AND ITS TRIBUTARIES

(A Tisza és mellékvízfolyásai üledékének fizikai és kémiai viszonyai)

ZS. GYÖRI, P. VÉGVÁRI

Hydrobiological Laboratory, H-3384 Kisköre, Hungary

(Received May 15, 1980)

Abstract

During the studies performed along the longitudinal section of the Hungarian reach of the Tisza in 1979, authors analyzed the sediments collected from the Tisza and the mouths of its tributaries from chemical and physical aspects with the objective to in which degree the effects of tributaries, conditions of river bed, character of reaches and dammings assert themselves in the sediment.

The sediments were sampled in 38 profiles. Of them 30 profiles were allocated on the Tisza, 8 ones 1 km upstream from the mouths of the tributaries. Of the profiles of sampling, 6 fell on the left bend, 9 on the right one, and 23 on the straight section of the river.

Places where the results were in excess of the average, or outstandingly high values were obtained were underlined.

(Amounts in excess of the average were those which exceeded the averages of the experimental values for the single components, and outstandingly high values were those which exceeded the averages by more than 150%).

The quantitative relationships of the chemical parameters were analysed in regard of each type of sediment: coarse sand, sand, fine sand, clay, sandy-clayey silt, clayey silt and fine silt.

The effect of the conditions in the river bed on the composition of the deposit i. e. the conditions in the inside and outside curves of the meanders and in the main current, as well as along the left-side and right-side bank in the single profiles and in the main current were studied.

Examination of the particle composition showed that fractions either in excess of $250\ \mu$ or those below $50\ \mu$ were characteristic of the sediment samples taken from the Tisza and its tributaries, depending on the kind of sediment. (The fraction with a dry matter content in excess of 50% of total weight was regarded as characteristic of the sediment.)

Particles above $250\ \mu$ were found mainly in the upper, more rapidly flowing reach of the Tisza, and here too, primarily in the main current in the inside curves of the bends. The amount of larger fractions was in excess of 50% only in the main current of the middle and lower reaches, except at Tiszakeszi at the left-side shore. Of the tributaries, the whole profile of the Sajó was characterized by fractions above $1000\ \mu$, and the main

currents as well as the right-hand banks of the Szamos and Maros by fractions ranging from 1000 to 250 μ .

Particles smaller than 50 μ and making more than 50% of the collections generally occurred in the upper reach on the outer sides of bends, while in the lower reach, besides sampling places at the right-side and left-side banks, they were also to be found in the main current. Their ratio in the main current, above the river barrage of Tiszalök (sample 12S) was 85, 78%, above the river barrage of Kisköre (sample 25S) 95, 62% (Fig. 1).

In the whole section of the Bodrog, Zagyva and Körös as well as at the left-side bank of the Szamos and the canal at Leninváros, the sediments were characterized by small-sized particles.

The determining role of these two essentially different fractions is also evidenced by the fact that in all samples the contribution of particles in excess of 250 μ and those below 50 μ to the sediment was more than 90%.

Of the other examined fractions, particles ranging from 250 to 150 μ and those from 150 to 100 μ dominated in 8 and 3 samples, respectively. In the samples, particles of 100–50 μ never occurred in excess of 50%.

In a few cases – due to a more uniform distribution of particles of different size – none of the fractions occurred in a greater proportion than 50%. (In such cases those fractions were regarded as characteristic of sediment which occurred in amounts above 20%). Thus, in 14 samples, firstly in the upper reach, on the outer sides of meanders, and in the middle and lower reaches near the left-side or right-side bank, particles smaller than 150 μ , and below the Szamos and the canal at Leninváros (samples 032, 191, 202) those ranging from 250 to 100 μ , above the Bodrog and Zagyva (samples 095, 271) those between 1000–250 μ dominated. There were also such sampling places where particles with essentially different sizes occurred simultaneously. In the area of the Lónyai canal and the area of the Bodrog (samples 062, 082, 091, 092) e. g. besides particles ranging from 250 to 100 μ , those below 50 μ , at Tiszaderzs, in the main current particles ranging from 1000 to 250 μ and below 50 μ , 1 km downstream from the Zagyva similarly to the main current, fractions in excess of 100 μ and those below 50 μ occurred in determinant quantity.

Comparison of experimental results in connection with the single areas showed that the accumulation of the various components of sediment is likely to occur in reaches exposed to the effect of damming and in the lower reach of the Tisza. The effect of tributaries manifested itself less in this regard. Deposition of materials was the greatest in the area above the river barrage of Kisköre (profiles 24 and 25). Here the COD (dichromate) values for contents of organic matter, carbohydrate, total nitrogen, total phosphorus, manganese and magnesium were significantly high, the COD (permanganate) values for organic matter, total iron, calcium and carbonate content were in excess of the average. In the area of the Maros, COD (permanganate) values for total phosphorus, calcium and carbonate content were outstandingly high and the COD (dichromate) values for carbohydrate, total nitrogen, total iron, manganese and magnesium content were in excess of the average.

Above the river barrage of Tiszalök only the values for carbohydrate content were outstandingly high, and the concentrations of the other components – except those of total nitrogen and phosphorus – were also above the average.

The area of the Körös – due to the character of the lower reach – was also characterized by great values, but these were never in excess of the averages obtained in the dammed reach and the area of the Maros.

Average concentrations of chemical components were the lowest outside of the

area influenced by damming, in the upper reach. Low values mainly occurred in the area of the Szamos and Sajó (Fig. 6).

Evaluation of results according to kinds of sediment showed, that the coarse sand contained smallest amounts of the examined chemical components, and fine silt the greatest amounts of them. Fine silt was characterized by outstandingly high concentrations of COD (dichromate), COD (permanganate), carbohydrate, total iron, total nitrogen, magnesium and carbonate, and concentrations of manganese, total phosphorus and calcium in excess of the average. In clayey silt, each component – except total phosphorus – occurred in amounts above the average, and of them the quantity of carbohydrate was remarkably great. In sandy-clayey silt, only the concentrations of iron and manganese, in hard clay those of total nitrogen and total phosphorus were below the average. Sandy deposits were characterized by low concentrations of the chemical components (Fig. 7).

Average values for each component obtained in sampling places at the left-side and right-side shore were higher than those in the main current. Amounts obtained at the shores were greater, those in the main current smaller. In the case of meanders, lowest values were obtained in the main current, the average concentrations at the inner curves of meanders were similar to or slightly greater than those in the main current, while at the outer curves of meanders they were essentially greater than in the main current. In the straight profiles nearly identical values dominated in the off-shore samples, while in the main current lower ones, but their average amounts were considerably greater than those measured at the bends (Fig. 8).

From the results of examinations the following conclusions were drawn:

On the basis of the chemical composition of the various kinds of sediment, sandy bottoms were characterized by low values, clay, sandy-clayey silt and clayey silt by values above the average, and fine silt by outstandingly high values.

In the formation of sediments of various kind firstly the changes of stream velocity, secondly the pollutions affecting the Tisza directly or indirectly through the tributaries had a decisive role. Therefore in regard of the examined chemical components of the sediment, a considerable proportion of the samples taken in the upper reach of the Tisza and in the main current were meager due to the sandy bottom with coarser particle composition, which was produced here by an intensive water movement. Particularly on the outer sides of the bends in the upper reach of the Tisza, in the sampling places at the shores in the middle reach not influenced by the river barrages and in the lower reach, clay, sandy-clayey silt and clayey silt could develop due to the decreased stream velocity causing the various components of the sediment to concentrate in a greater degree.

Worthy of note are the sediments in areas influenced by damming and in the area of the Maros. In regions under the influence of river barrages, accumulation of sediment due to the decrease of stream velocity occurred, which manifested itself in the high proportion of loose, deep silt made up of fractions below 50 μ , and the considerably increased concentrations of natural and artificial chemical substances. It is also deemed worthy of note the phenomenon, that directly above the river barrages such conditions dominated in the main current as in the sampling places along the shore, i. e. fine silt and remarkably high values for the enriched components of it characterized the whole cross section of the river. Though the sediment in the Maros was essentially different from that in the dammed sections both in regard of its character and particle composition, the average concentrations obtained here best approached these quantities.

The effect of tributaries on the sediment of the Tisza was not essential in comparison to those of stream velocity, the shape of river bed and damming. A considerable proportion of the silt transported here by the tributaries was carried on by the Tisza

and thus its great part did not settle out close to the mouth but in a lower section, probably above the river barrages or in the lower reach.

The sediment composing the bed of the river is practically deposited suspended silt, since an occasional flood may stir up the deposited silt again and may transport it and settle it out again in another place.

In the Tisza it is characteristic of the sediment that the pollutions affecting the upper reach do not influence severely the quality of the bottom which is sandy in general. Sandy-clayey silt and clayey silt made up of smaller particles which adsorb to chemical materials more readily were deposited at the outer sides of bends, and the off-shore regions of straight reaches. In periods of flood the finer fractions are drifted further, while on the effect of pollutions the Tisza is exposed to, a gradual, or an occasional rapid enrichment in chemical components associated to the particles takes place in some sections. Under natural conditions this process results in a considerable accumulation of materials contained in the sediment in the direction of the mouth of the Tisza.

The new conditions caused by the establishing of water barrages have fundamentally changed this natural state. In areas influenced by damming, intensive settling out of suspended silt has taken place. At the starting point of the dammed reach, coarser, further below gradually finer sediments accumulated. The nature of the main current also changed. In the direction of the water barrage, the difference in sediment between the main current and off-shore regions gradually decreased and finally completely disappeared.

The above the water barrages functions like a silt trap periodically collecting considerable proportions of chemical components associated to suspended matter transported from areas lying upstream.

Below the river barrages, the Tisza has regained its river character, thus its sediment also changed considerably. The velocity of the stream from which the suspended silt had settled out, increased again, the water with its surplus energy stirred up new particles from the river bed and deposited them in another place.

Thus, the process of enriching had started partly anew, and there was a conspicuous accumulation of chemical components below the river barrage of Tiszaľok, at Kisköre and in the lower reach of the Tisza, as a consequence of that.

It is due to this circumstance that in the case of several components, highest values were obtained directly above the river barrage of Kisköre, since the volume of damming was here the greatest, and the more important sources of pollution (the Sajó, Leninváros etc.) are also to be found in this reach of the Tisza.

The area of the Maros follows next in order of magnitude, where besides the wastes of Szolnok, Martfű, Csongrád and Szeged, the combined effects of the pollutants transported by the Zagyva, Körös and Maros manifested themselves. It is likely that the influence of the river barrage of Novi-Becej will promote conditions less favourable than those at Kisköre.

In the area under the influence of the river barrage of Tiszaľok, there was again an accumulation of sediment observable, but due to a damming of smaller volume and the less pollution in the upper reach of the Tisza, average values for the chemical components were lower than those obtained in the area of the Maros and the river barrage of Kisköre.

The chemical composition of the sediment in the Tisza may still be regarded favourable in its present condition.

Though it could be established that in some areas the accumulation of sediment and the enrichment of chemical components resulted in the increased pollution of the bottom it has not yet been possible to demonstrate unequivocally the effects produced by materials getting released and then dissolved (gases, plant nutrients, stb.) on the water of the Tisza.

1. Irodalmi áttekintés

A folyóvíz üledékének vizsgálatáról igen kevés irodalmi adat áll rendelkezésünkre. A folyók hordalékszállításáról – közte a Tiszáról is – *Bogárdi* (1971), a folyóvízi, a tavi és a tengeri üledékről pedig *Juhász* (1976) munkáiban találkozunk.

A Yort-i víztározó feliszapolódásának mértékével *Taylor* (1935) foglalkozott.

A folyóvíz üledékének kémiai összetétele, szennyezettsége és a víz minőségére gyakorolt hatása a közelmúlt kutatási témájává vált.

Az Egyesült Államokban az ASCF Hidraulikai Osztálya és a Hordalékmozgási Bizottsága védnöksége alatt egy cél-bizottság alakult, melynek feladata az volt, hogy felmérje az üledékkutatás lehetőségeit és értékelje a hordaléknak a víz minőségére gyakorolt hatását. A bizottság összefoglalójából az alábbi, lényegesnek ítélt megállapításokat emeljük ki: „A hordaléknak a vízminőségre gyakorolt hatása rendkívül széles és változatos feltétel-rendszert jelent. Ez a körülmény tudományágak közötti jelleget ad a problémakörnek és több tudományágat összefogó megközelítést tesz szükségessé mind a kutatási igény, mind pedig az elfogadható megoldások megfogalmazásának. Szükség van olyan alapok lerakására, amelyeket más tudományágak is használnak. A hordalék – vízminőség kutatási tevékenység minden szintjén biztosítani kell az egyes tudományágak egymással kapcsolatot tartó részvételét (*Hembree*, 1971).

Az előzőekben megfogalmazott szempontokat is figyelembe véve, a hazai körülmények ismeretében terveztük és bonyolítottuk le a Tisza és mellékvízfolyásai üledékének vizsgálatát.

2. Anyag és módszer

A mintavétel idejéről, helyéről, módjáról *Bancsi et al.* (1981) ad tájékoztatást.

a) Az üledékminták előkészítése

Laboratóriumba beszállított minták mindegyikének kb. felét 1 mm lyukbőségű műanyag szitán átmostuk a nagyobb méretű szerves törmelék és a kavics eltávolítása érdekében. Az átmosott mintát 105 °C-on szárítottuk kb. 3–4 órán át, majd elektromos őrölővel porrá őröltük. Az őrlményt 100 μ lyukbőségű műanyag szitaszövevel ellátott szitán átszittaltuk és az így nyert porból végeztük el a fizikai és kémiai vizsgálatokat. Az eredeti minta másik feléből történt a szemcseösszetétel meghatározása.

b) Vizsgálati módszerek

A vizsgálatokat egyrészt ismert módszerek alkalmazásával, vagy azok kismértékű módosításával, másrészt új eljárások kidolgozásával végeztük.

A talaj nedvességtartalmának és térfogatsúlyának meghatározására a Talaj és Trágyavizsgáló Módszerek (1962) 1.422; 1.4132 pontjában leírtakat használtuk. A nedvességtartalmat a nedves súly (g) százalékában, a térfogatsúlyt pedig az üledék természetes szerkezetű, nedvességmentes súlya (g/cm^3)-ben adtuk meg.

A savas káliumpermanganáttal mért kémiai oxigénigényt (KOI_{SMn}), az összes vas-tartalmat, az előkészítés után közvetlenül, a mangán mennyiségét pedig a Kjeldahl-roncsolás után (*Felföldy, L.: Biológiai vízminősítés, 1974. XXIII. módszer 1–12.*) a KGST Egységes Vízvizsgáló Módszerek I. (1975) 33.1., 19.1., 20.1. pontja szerint, az összes foszfort és összes nitrogént pedig a *Felföldy, L.: Biológiai vízminősítés (1974) XXIII; XVI; XXII. módszerek* alapján határoztuk meg. Az eredmények sorrendben: mgO_2/g száraz üledék,

mgFe/g száraz üledék, mgMn/g száraz üledék, mgP/g száraz üledék, mgN/g száraz üledék egységben adtuk meg.

Az üledék *káliumdikromáttal mért kémiai oxigénigényének* vizsgálata (KOI_{Cr}) a Talajtani és Agrokémiai Vizsgálati Módszerek (1970) 3.8 pontja alapján, annak kismértékű módosításával az alábbiak szerint történt:

25 g pontosan bemért száraz üledéket lombikba tettünk, majd 10 ml 5%-os káliumdikromát oldatot adtunk hozzá. A lombik tartalmát körmozgással alaposan összekevertük, ezután 20 ml cc kénsavat adtunk hozzá. Ismételt összekeverés után 10 percig hűtöttük és 100 ml desztillált vízzel felhígítottuk. 24 órai állás után a tiszta részt 702 nm-en fotometráltuk a reagensekből készült vakmintával szemben. Az eredményeket mgO_2/g száraz üledékben adtuk meg.

A *szénhidrát tartalom* meghatározását Liu, Wong, Dutka (1973) módszerével végeztük az alábbiak szerint:

kb. 10–30 mg száraz mintát egy 25–30 ml-es főzőpohárba pontosan bemértünk. Hozzáadtunk 1 ml desztillált vizet és 1 ml 10%-os fenol oldatot. Alapos keverés után 5 ml cc. kénsavat adtunk az elegyhez. 10 perc állás után 10 percig 3000 ford/perccel centrifugáltuk. A folyadék tisztáját 486 nm-en fotometráltuk a reagensekből készült vakmintával szemben.

Az üledék szénhidrát tartalmának kifejezésére mg oldható keményítő+agar-agar 1:1 arányú keveréke/g száraz üledéket használtuk.

A többi komponens meghatározására az alábbi módszereket dolgoztuk ki:

A *kalcium és magnézium* meghatározásához 0,25 g száraz üledéket pontosan bemértünk, kb. 100 ml desztillált vízben szuszpendáltuk, majd 1 ml 1,0 n HCl oldatot adtunk hozzá. 5 perc forralás után az elegyet lehűtöttük, majd 2 ml 1 n NaOH oldattal a pH értékét 12-re állítottuk be. Ezután murexid indikátor jelenlétében 0,01 n EDTA oldattal átcsapásig titráltuk.

Ezt követően 2 ml 1 n HCl hozzáadásával és az azt követő forralással elbontottuk a murexid indikátort.

Az oldat lehűtése után 4 ml $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ puffert adtunk hozzá ($\text{pH}=9$), majd 0,01 n EDTA oldattal eriokrómfekete T indikátor mellett színátcsapásig titráltuk. Az eredményeket mg Ca^{2+} ill. mg Mg^{2+}/g száraz üledékben adtuk meg.

A *karbonát tartalom meghatározásához* bemértünk egy 100 ml-es főzőpohárba kb. 0,5 g száraz üledéket, 10 ml 0,1 n HCl oldatot adtunk hozzá és gyorsan felforraltuk. Ezután három csepp metilorange indikátort cseppentettünk bele. Az indikátor színe hagymavörös lett. Ezt követően 0,1 n NaOH oldattal átcsapásig titráltuk. Az eredményeket mg $\text{CO}_3^{2-}/\text{g}$ száraz üledékben adtuk meg.

A *szemcseösszetétel meghatározásához*, az ismert nedvességtartalmú minta megmaradó másik feléből kb. 50 g-ot pontosan bemértük és műanyag szitaszövettel ellátott szitasorozaton bő vízzel átmosattuk. A szitasorozattal az 1000 μ fölötti, az 1000–250 μ , a 250–150 μ , a 150–100 μ , a 100–50 μ közötti és az 50 μ alatti méretű szemcséket választottuk szét. A szitákat szobahőmérsékleten szárítottuk, majd visszamértük az egyes szitákon fennmaradt szemcsék súlyát. Az eredményt az üledék száraz súlyára vonatkoztatott százalékban adtuk meg.

3. Eredmények

A hossz-szelvény során vett üledékminták fizikai és kémiai eredményeiről a vizsgálat alá vont különböző vízterek, illetve folyószakaszok mintavételi szelvényeinek fontosabb jellemzőit is figyelembe véve adunk tájékoztatást.

3.1 A Szamos térsége

A Tisza a Szamos fölött 1 km-rel kb. 30°-os enyhe ívű bal kanyart ír le. A bal parti mintavételi hely üledéke durva homok, főként az 1000–250 μ közötti szemcsék dominálnak. Ennek megfelelően kémiai összetételében az alacsony értékek voltak jellemzőek. A sodorvonal a bal parti mintához hasonló képet mutatott. Az 1000–250 μ közötti szemcsék meghaladták a 95%-ot, ebből adódóan a kémiai komponensek mennyiségei sem tértek el lényegesen a bal parti mintában mértéktől.

A jobb parti üledék szintén homokos, de itt már a 250–150 μ közötti szemcsék voltak túlsúlyban (50% fölött), és összességében nagyobb százalékokban találtuk a 150 μ alatti szemcsefrakciókat is. Ezt tükrözte a savas káliumpermanganáttal (KOI_{sMn}) és káliumdikromáttal (KOI_{Cr}) mért kémiai oxigénigény, a szénhidrát, a kalcium, a magnézium és a karbonát tartalom előző két mintavételi helyhez viszonyított nagyobb értéke is.

A Szamos, a Tisza kb. 60°-os jobb kanyarulatánál, a bal parttal érintőlegesen torlik a folyóba. A bal parti mintavételi hely üledéke agyagos, amely vékony darabos szeletek formájában található, szemcseösszetételére az 50 μ alatti méret a jellemző. Kémiai összetevői közül a KOI_{Cr} , a kalcium, a magnézium és a karbonát magasabb értékeit lehet kiemelni. A sodorvonal és a jobb part üledéke egymáshoz nagyon hasonló, durva homokos, 80–90%-ban 1000–250 μ közötti szemcsékkel jellemezhető. A kémiai komponensek mennyiségei nem számottevőek.

A Szamos alatt 1 km-re kijelölt mintavételi szelvény a Tisza kb. 0,5 km sugarú jobb kanyarulatának utolsó harmadára esik. A bal part üledéke finom homok, túlnyomó részben 150 μ alatti szemcséket tartalmazott. Jellemzője a magasabb KOI_{sMn} , KOI_{Cr} , szénhidrát, kalcium, magnézium és karbonát tartalom. A sodorvonalban durva homokot találtunk 91%-ban 1000–250 μ közötti szemcsemérettel. Az egyes kémiai komponensek mennyisége minimális volt. A jobb part üledéke agyagos homok, szemcseösszetételét 86%-ban a 250–100 μ közötti szemcsék határozták meg. Kémiai összetétele a sodorvonaléhoz hasonló, de kalcium tartalma valamivel nagyobb.

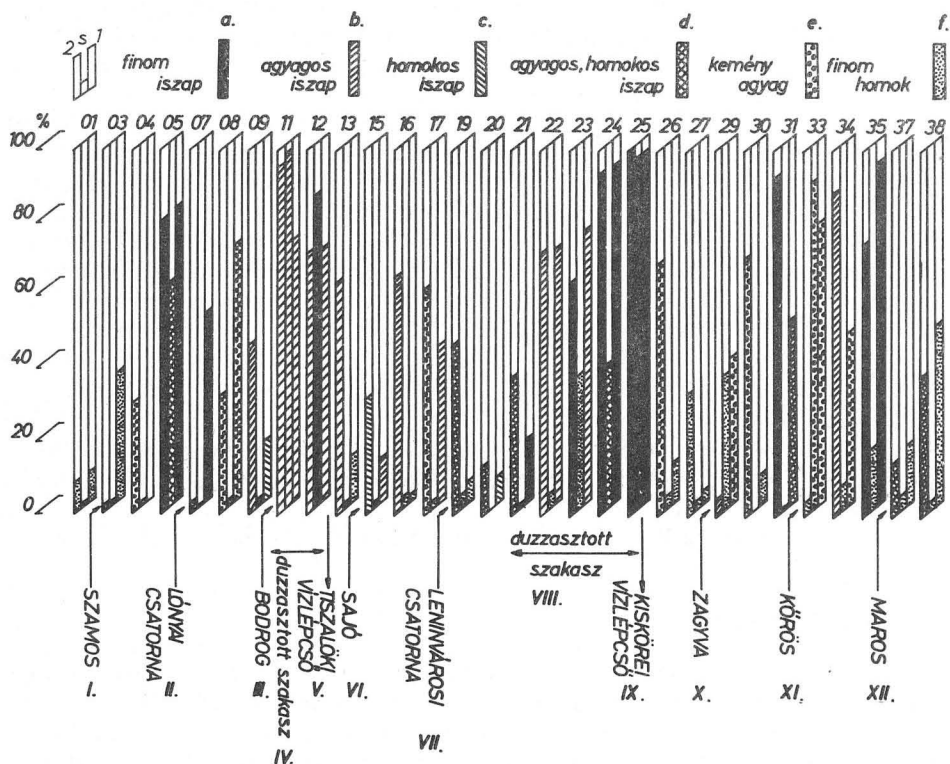
A Szamos alatt 3 km-rel a Tisza enyhe ívű bal kanyart ír le. A bal part üledéke homokos, 87%-ban 1000–250 μ közötti szemcsékből állt. Kémiai összetételére a kis értékek voltak jellemzőek. Hasonló állapotokat találtunk a sodorvonalban is. A 93%-ban 1000–250 μ közötti szemcseméretű homokos üledék tartalmazta a legkisebb mennyiségű karbonátot és magnéziumot. A jobb parti köves-agyagos üledék szemcseösszetételét a 150 μ alatti szemcsék mennyisége jellemezte, így a kémiai összetétele is eltérően alakult, mely főként a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} és a szénhidrát nagyobb értékeiben nyilvánult meg (1., 2., 3., 5. ábra).

3.2 A Lónyai-csatorna térsége

A Tiszán a Lónyai-csatorna fölött 1 km-re kijelölt mintavételi szelvény a folyó egyenes szakaszára esik. Bal oldalának üledéke finom iszap, 81%-ban 50 μ -nál kisebb méretű szemcsékkel. A kémiai komponensek közül elsősorban a magas KOI_{sMn} , KOI_{Cr} , a szénhidrát és az összes vas mennyisége érdemel említést. A sodorvonalban agyagos-homokos üledéket találtunk, melynek szemcseméretét két egymástól lényegesen eltérő frakció határozta meg. Az 1000–250 μ közötti homokszemcsék 29%-ban, az 50 μ alatti agyagszemcsék 62%-ban voltak jelen. Kémiai összetételére a magas KOI_{sMn} , KOI_{Cr} , összes vas és karbonát értékek voltak jellemzők. A jobb oldal üledéke a bal oldaléhoz hasonló mély iszapos réteg volt, melyben az 50 μ alatti szemcsék meghaladták a 81%-ot. A szerves anyagot jellemző komponensek számottevő mennyisége mellett jelentős kalcium, magnézium és karbonát tartalmat is mértünk.

A Lónyai-csatorna bal parti mellékvízfolyás, a Tiszára merőlegesen, a torkolatnál enyhe bal kanyarral csatlakozik a folyóba. A mintavételi szelvényt közel egyenes szakaszon jelöltük ki. Bal és jobb partjának üledéke vastag iszap, felületén mintegy 2 mm-es oxidált réteggel. Mindkét mintavételi helynél a $250\ \mu$ -nál kisebb szemcsék domináltak, a bal oldalon inkább az $50\ \mu$ körüli méretűek voltak nagyobb százalékban. Kémiai összetételük közel azonos, főként a KOI_{SMN} , a KOI_{CR} , az összes vas, a kalcium és a karbonát mennyisége volt számottevő.

Lónyai-csatorna alatt 1 km-rel, egy enyhe jobb kanyar közepén található a mintavételi szelvény. Bal oldalának üledéke homokos, iszapos volt, amelynek több mint felét az $50\ \mu$ alatti szemcsék alkották. A kémiai komponensek közül a KOI_{CR} magasabb értékét lehetett kiemelni. A sodorvonalban durva homokot találtunk, 92%-ban $1000\text{--}250\ \mu$ közötti szemcsemérettel. Kémiai összetételében kiemelkedő értékeket nem mértünk. A jobb part üledéke finom homok volt, túlnyomó részt a $250\text{--}150\ \mu$ közötti szemcsék dominál-



1. ábra. A tiszai üledék minták $50\ \mu$ alatti szemcsefrakciójának alakulása

01–38. = mintavételi szelvények jele

1 = bal oldal, S = sodorvonal, 2 = jobb oldal

Figure 1. Grain fractions below $50\ \mu$ in the sediment of the Tisza

01–38 = No. of sampling profiles

a. = Fine silt; b. = Clayey silt; c. = Sandy silt; d. = Clayey-sandy silt; e. = Hard clay, f. = Fine sand

I. = Szamos river; II. = Lónyai Canal; III. = Bodrog river; IV. = Dammed reach;

V. = River barrage at Tiszalök; VI. = Sajó river; VII. = Canal at Leninváros; VIII. = Dammed reach;

IX. River barrage at Kisköre; X. = Zagyva river; XI. = Körös river; XII. = Maros river

tak. A sodorvonalban mértékhez hasonló viszonyokat tapasztaltunk, egyedül az összes vas mennyisége volt jelentősebb.

Lónyai-csatorna alatt 3 km-rel a mintavétel a Tisza egyenes szakaszán történt, ahol a víz a természetes körülményeknek megfelelően a bal partot építi, a jobb partot bontja. A bal part üledéke agyagos, 70%-ban $50\ \mu$ alatti méretű szemcsékből állt, amelyet a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} , az összes vas, a szénhidrát, a kalcium, a magnézium és a karbonát nagy mennyisége jellemzett. A sodorvonal mederanyaga homokos volt, 81%-ban az 1000–250 μ közötti szemcsék domináltak. A kémiai komponensek mennyiségei nem számottevők, itt mértük az összes vas és a szénhidrát tartalom minimumát.

A jobb part a bal parthoz hasonlóan agyagos, de szemcseeloszlása 250 μ alatt egyenletesebb. Az 50 μ alatti szemcsék kisebb százaléka miatt a kémiai komponensek mennyisége is alacsonyabb volt (1., 2., 3., 4., 5. ábra).

3. 3 A Bodrog térsége

A Bodrog fölött 1 km-rel a Tisza enyhe jobb kanyart ír le. A mintavételi szelvény bal oldalán laza homokos iszapot találtunk, amelyet főként a 250–150 μ közötti szemcsék jellemeztek. Kémiai összetételét az alacsony értékek határozták meg. A sodorvonalban talált homokos üledék szemcseösszetétele 95%-ban 1000–150 μ között volt. Ebből adódóan a vizsgálati eredményeknél nem tapasztaltunk kiugró értékeket. A jobb part laza-agyagos üledéke 46%-ban tartalmazott 50 μ alatti szemcséket, így a kémiai összetevők a bal parton mértéknél magasabbak voltak.

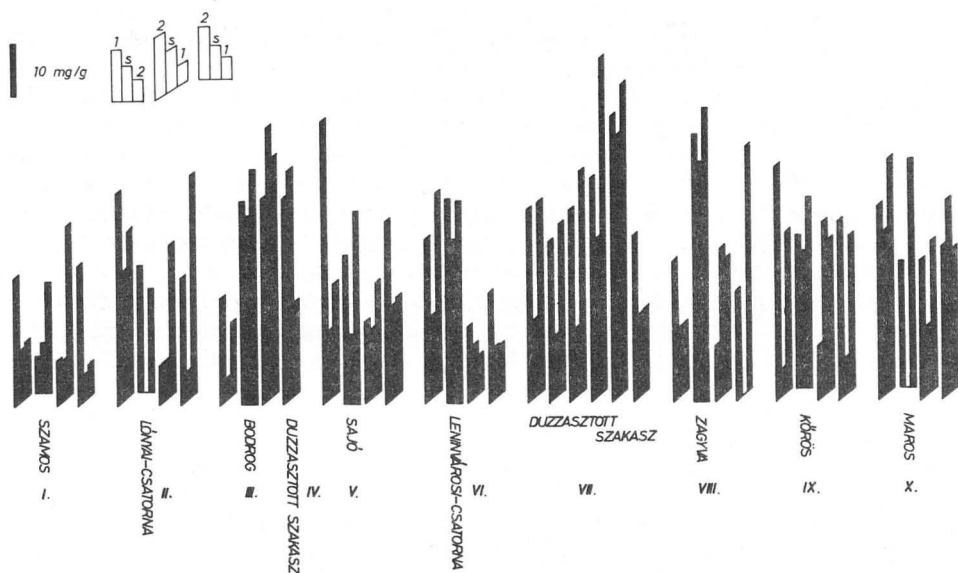
A Bodrog jobb oldali mellékfolyó, a Tisza 70°-os bal kanyarulatánál a jobb parttal csaknem érintőlegesen torkollik a folyóba. A mintavételi szelvényre jellemző, hogy erősen érvényesült a Tisza-öki vízlépcső visszaduzzasztó hatása. Mindhárom mintavételi helynél az üledék agyagos-iszap, szemcseösszetételét az 50 μ alatti szemcsék határozták meg. Elsősorban a duzzasztásnak tudható be, hogy a bal és a jobb oldalhoz hasonlóan a sodorvonalban is nagy KOI_{sMn} , KOI_{Cr} , összes vas és szénhidrát értékeket mértünk.

A Bodrog alatt 1 km-re a mintavételi szelvény a Tisza egyenes szakaszára esett. Az üledék összetételét a duzzasztás és a Bodrog együttes hatása alakította, a laza agyagos iszap mindhárom mintavételi helyen dominált. Az üledékfelhalmozódás következtében a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} , az összes vas és a magnézium magas, a szénhidrát és a karbonát maximális értékekkel jelentkezett.

A Bodrog alatt 3 km-re levő szelvény az előzőhöz hasonlóan szintén egyenes szakaszon lett kijelölve. A duzzasztás itt ugyancsak éreztette hatását, de a Bodrog befolyása már nem volt egyértelműen érzékelhető. Míg a bal és jobb oldali mintavételi helyen még mindig agyagos iszapot találtunk, addig a sodorvonalban már a finom laza iszap felhalmozódását figyelhettük meg. Az 50 μ alatti szemcsefrakció a bal oldalon 72%-ban, a jobb oldalon 85%-ban volt jelen, a sodorvonalban pedig csaknem elérte a 98%-ot. Ez egyértelműen a duzzasztás okozta üledékfelhalmozódás eredményeként jöhetett létre. A sodorvonalban a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} , az összes vas és a karbonát mennyisége volt kiemelkedő, a partok közelében, ezek mellett a szénhidrát, és – főként a jobb oldalon – a kalcium, valamint a magnézium tartalom is számottevő értéket ért el. Ebben a szelvényben mértük a legalacsonyabb foszfor tartalmat is (1., 2., 3., 4., 5. ábra).

3. 4 A Sajó térsége

A Sajó fölött 1 km-re enyhe ívű jobb kanyar végén jelöltük ki a mintavételi szelvényt. A bal part üledéke finom homok, melyben a 250–100 μ közötti szemcsék 61%-ban találhatóak. A kémiai összetevők a nagyobb szemcsefrakciókra jellemzően viszonylag kis



2. ábra. Az üledék KOI_{Cr} -ének alakulása a Tiszán és egyes mellékvízfolyásain

1 = bal oldal, S = sodorvonal, 2 = jobb oldal

Figure 2. Values for COD_{Cr} of sediment in the Tisza and some of its tributaries

1 = Left side; S = Main current; 2 = Right side

I. = Szamos river; II. = Lónyai Canal, III. = Bodrog river; IV. = Dammed reach; V. = Sajó river;
VI. = Canal at Lénváros; VII. = Dammed reach; VIII. = Zagyva river;
IX. = Körös river; X. = Maros river

mennyiségben voltak jelen. A sodorvonal durva homokos alzatának szemcseösszetételét elsősorban az $1000\text{--}250\ \mu$ közötti szemcsék határozták meg. Ennek megfelelően kémiai-
lag a bal parthoz hasonló képet kaptunk. Itt mértük az összes nitrogén tartalom mini-
mumát. A mintavételi szelvény jobb partját a finom agyagos iszap jellemezte, túlnyomó
részt $50\ \mu$ alatti szemcsemérettel. Kiemelkedő a KOI_{Cr} értéke volt.

A Sajó a Tisza jobb oldali mellékvízfolyója, mely enyhe jobb kanyarral torkollik
a Tiszába. A mintavételi szelvény egészére a nagy méretű szemcsék voltak jellemzők. A bal
és jobb parton azonban a kisebb méretű szemcsék mennyisége is számottevő volt.
Ennek következtében a két parti mintavételi helyen nagyobb KOI_{Cr} , szénhidrát, kalcium,
magnézium és karbonát értéket mértünk, mint a sodorvonalban.

A Sajó alatt 1 km-rel a mintavételi szelvény egy enyhe ívű jobb kanyar végén
található. A bal part üledékét agyagos iszap alkotja, a $150\text{--}50\ \mu$ közötti szemcsék 70%-
ban fordultak elő benne. Kémiai összetételében kiugró értékeket nem tapasztaltunk.
A sodorvonalban kavicsos homokot találtunk 86%-ban $250\ \mu$ fölötti szemcsékkel. A ké-
miai komponensek mennyisége a bal partinál lényegesen alacsonyabb volt. A jobb oldali
mintavételi hely üledékében már nagyobb volt az $50\ \mu$ alatti szemcsék százaléka, de
a kémiai komponensek nem érték el a bal oldalon kapott értékeket.

A Sajó alatt 3 km-re egy jobb kanyart követő enyhe bal kanyar kezdetén jelöltük ki
a mintavételi szelvényt. A bal part és a sodorvonal üledékének jelentős része kavicsos volt,
melyet a szemcseösszetétel alakulása is tükrözött. A nagyméretű szemcséket tartalmazó
üledékre jellemzően a kémiai komponensek alacsony értékeit mértük. A kalcium tartalom
minimuma ebben a szelvényben fordult elő. A jobb part üledéke agyagos iszap, melyben

az 50 μ alatti szemcsék meghaladták a 65%-ot. Ebből következően mind a KOI_{Cr} , mind a szénhidrát értéke nagyobb volt (1., 2., 3., 4., 5. ábra).

4. 5 A Leninvárosi-csatorna térsége

A Leninvárosi-csatorna fölött 1 km-re a mintavétel a folyó egyenes szakaszán történt. A bal oldalon talált iszapos agyag 43%-ban 50 μ alatti szemcséket tartalmazott. Kémiai komponensei közül a KOI_{Cr} és az összes vas mennyisége érdemel említést. A sodorvonalban 79%-ban 1000–250 μ közötti szemcséket tartalmazó homokos üledék volt, ennek megfelelően kémiai összetételét az alacsony értékek jellemezték. A jobb oldalon agyagos szakadó partot találtunk, ahol az 50 μ alatti szemcsék domináltak. A vizsgálati eredmények a bal parti mintavételi helyhez hasonló körülményeket mutattak.

A Leninvárosi-csatorna a Tisza jobb partján mesterségesen kiépített mellékvízfolyás, amely kb. 30°-os szögben torkollik a folyóba. Mindhárom mintavételi helyen az agyagos-homokos iszap dominált, 250 μ alatti szemcsékkel. A kémiai összetétel viszonylag homogen képet mutatott, kiugró értékeket nem mértünk.

A Leninvárosi-csatorna alatt 1 km-re kijelölt mintavételi szelvény egy enyhe jobb kanyar közepére esett. A bal parton és a sodorvonalban homokos üledéket találtunk, melyben a 250–150 μ közötti szemcsék voltak túlsúlyban. A kémiai viszonyokat viszonylag kis értékek jellemezték. A jobb part üledéke agyagos iszap volt, túlnyomó részt 50 μ alatti szemcsékből állt. Az előző két mintavételi helyen mért értékeknél csak a KOI_{SMn} , a KOI_{Cr} és a karbonát mennyisége volt magasabb.

A Leninvárosi-csatorna alatt 3 km-re levő mintavételi szelvénynél a Tisza enyhe ívű bal kanyarulatot ír le. A bal part üledéke homokos iszap 53%-ban 150–100 μ közötti szemcsékből állt. Kémiai összetételére a viszonylag kis értékek voltak jellemzőek. A sodorvonal homokos üledékében az 1000–250 μ közötti szemcsék domináltak. Kémiai-lag a bal parthoz hasonló állapotot találtunk. A jobb part agyagos iszapos üledékét a 150 μ alatti szemcsék jellemezték. Jelentősebb a KOI_{Cr} és a karbonát mennyisége volt (1., 2., 4., 5. ábra).

3. 6 A Kiskörei vízlépcső hatásterülete

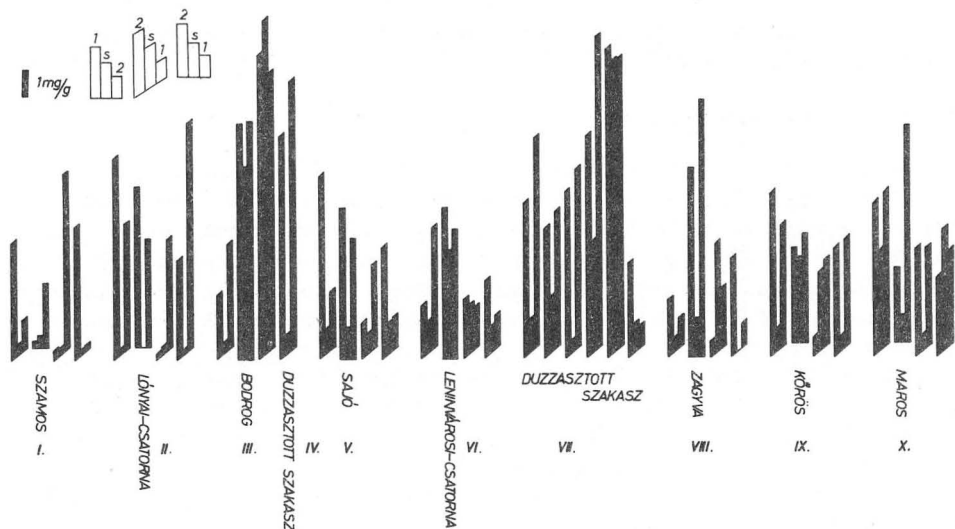
A Kiskörei vízlépcső hatásterületén hat mintavételi szelvény került kijelölésre, ebből öt a duzzasztómű fölött, egy pedig alatta. A vízlépcső fölötti szelvények egyenes szakaszra estek, míg az alatta levő egy enyhe bal kanyar közepére került.

Tiszakeszínél (468 fkm) a bal oldalon 51%-ban 1000–250 μ közötti szemcséket találtunk, de jelentős volt az 50 μ alatti szemcsék mennyisége is, amelyre a magasabb KOI_{Cr} érték, a szénhidrát és a karbonát tartalom is utalt.

A sodorvonal mederanyaga görgetett kavics volt, amely 67%-ban 1000 μ fölötti szemcséket tartalmazott. Ebből adódóan kémiai összetételére az alacsony értékek voltak jellemzők.

A jobb oldalon az agyagos-homokos iszap dominált. Szemcseösszetétele a 250 μ alatti szemcsefrakciók viszonylag arányos megoszlását tükrözte. KOI_{Cr} -e a bal oldaléhoz hasonló, kalcium, magnézium és karbonát tartalma pedig nagyobb volt.

Tiszacsegénél (450 fkm) a bal és jobb parti mintavételi hely üledékén már észrevehető volt a duzzasztás hatása. Mindkét oldalon agyagos iszapot találtunk, 70%-ot meghaladó 50 μ alatti szemcsemérettel. A KOI_{Cr} , a szénhidrát, a kalcium, a magnézium és a karbonát mellett az összes foszfor és az összes nitrogén mennyisége is számottevő volt. A sodorvonalban még kis mértékben volt csak megfigyelhető a duzzasztás okozta üledékfelhalmozódás. A főként durva homokot tartalmazó mederanyag 14%-ban 1000 μ feletti



3. ábra. Az üledék szénhidrát tartalmának alakulása a Tiszán és egyes mellékvízfolyásain
1 = bal oldal, S = sodorvonal, 2 = jobb oldal

Figure 3. Carbohydrate content of sediment in the Tisza and some of its tributaries
1 = Left side; S = Main current; 2 = Right side

I. = Szamos river; II. = Lónyai Canal; III. = Bodrog river; IV. = Dammed reach; V. = Sajó river;
VI. = Canal at Leninváros; VII. = Dammed reach; VIII. = Zagyva river;
IX. = Körös river; X. = Maros river

51%-ban 1000–250 μ közötti és 24%-ban 250–150 μ közötti szemcséből állt. A part menti mintavételi helyeken mért kémiai komponenseknél – az összes vas kivételével – lényegesen kisebb értékeket kaptunk, de a Tiszakeszínél vett sodorvonal mintához képest némi emelkedést tapasztaltunk.

Tiszafürednél (433 fkm) már a sodorvonalban is egyértelműen kimutatható volt a duzzasztás hatása. Míg a bal oldalon még mindig az agyagos-iszap dominált, addig a sodorvonalban a durva homokot felváltotta az 1000–250 μ közötti szemcseméretű finom homok (61%) és az 50 μ alatti iszap (36%) keveréke, a jobb oldalon pedig megjelent a laza mély iszap. A vizsgálatok alapján az üledék felhalmozódás további fokozódását és így a két part melletti mintavételi helyen az összes vizsgált kémiai komponens mennyiségének erőteljes emelkedését, a sodorvonalban pedig a KOI_{Cr} értékének kis mértékű növekedését figyelhettük meg.

Tiszaderzsénél (415 fkm) a jobb oldal mellett már a bal oldalt is a laza mély finom iszap jellemezte. Mindkét mintavételi helyen 93%-ban az 50 μ alatti szemcsék domináltak. Valamennyi kémiai komponens magas értéket ért el, főként a bal oldali üledékben találtunk kiugróan nagy mennyiségeket. Ezen a mintavételi helyen mértük a KOI_{Cr} és összes nitrogén maximumait. A sodorvonal mederanyaga is lényegesen megváltozott. A finom homok helyett agyagos-homokos iszapot találtunk, melyben az 50 μ alatti szemcsék aránya megközelítette a 40%-ot. Az üledék az előző szelvény sodorvonalában mért kémiai komponensek mennyiségének többszörösét tartalmazta, többek között a karbonát 13-szoros, a szénhidrát 10-szeres, a kalcium és a magnézium hétszeres, a KOI_{sMn} ötszörös értékét kaptuk.

Kiskörénél (404 fkm) volt a legerősebb a duzzasztás hatása. A meder egész kereszt-szelvényében laza mély iszapot találtunk. Az 50 μ alatti szemcsék a bal oldalon és a sodor-

vonalon meghaladták a 95%-ot (!), a jobb oldalon pedig csaknem elérték a 100%-ot (!). Itt már a sodorvonalat is a part menti mintákhoz hasonlóan magas értékek jellemezték, sőt egyes komponensek, mint például az összes vas, az összes nitrogén és az összes foszfor mennyisége még meg is haladta azokat. A sodorvonalban mértük az összes foszfor, a jobb oldalon pedig a mangán tartalom maximumát.

Tiszaburánál (390 fkm) – a vízlépcső alatt kb. 14 km-re – a Tisza ismét visszanyerte eredeti folyóvízi jellegét, így üledéke is a duzzasztott szakaszhoz viszonyítva jelentős változáson ment keresztül. (A duzzasztómű alatt ugyanis a kiüledett víz folyási sebessége ismét megnövekszik, fölös energiájával a mederanyagból újabb szemcséket ragad magával, majd máshol lerakja.)

A bal oldali mintavételi helyen finom homokot találtunk, amely 88%-ban 250–50 μ közötti, 11%-ban pedig 50 μ alatti szemcséket tartalmazott. A sodorvonal üledéke durva homok volt 94%-ban, 1000–250 μ közötti szemcsékkel. Kémiai összetételüket az alacsony értékek jellemezték, a sodorvonalban főleg a kalcium és magnézium kis mennyisége volt szembetűnő. A jobb oldalon a kemény agyagos alzatot finom vékony agyagos iszap fedte, a minta 69%-ban 50 μ alatti szemcséket tartalmazott.

Csaknem minden vizsgált kémiai komponens magasabb volt a bal oldalon és a sodorvonalban levőknél, de csak az összes vastartalom közelítette meg a vízlépcső fölött mért értékeket (1., 2., 3., 4., 5. ábra).

4. 7 A Zagyva térsége

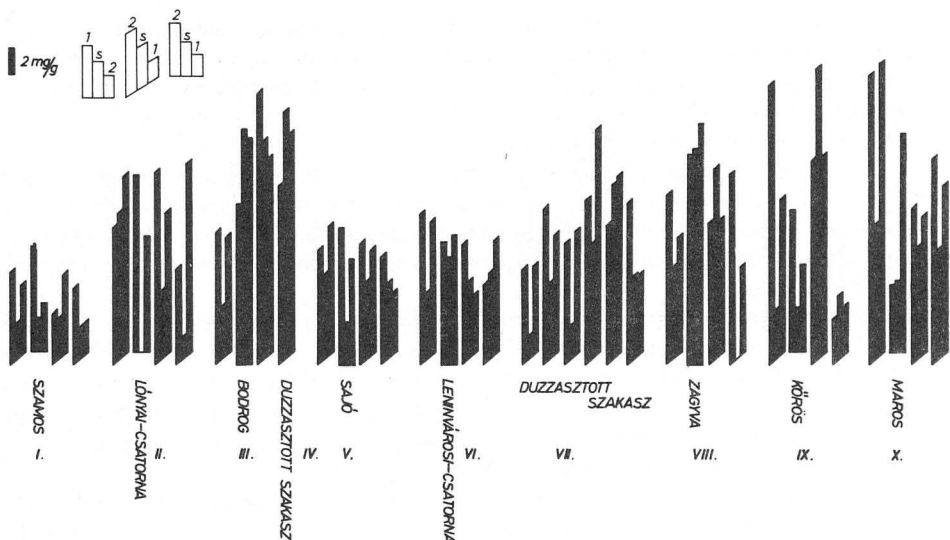
A Zagyva fölött 1 km-rel a Tisza enyhe bal kanyart ír le. A bal oldalon lapos part található finom homokkal. Szemcseösszetételében a 250–150 μ -os (46%) és az 1000–250 μ -os szemcsék (43%) domináltak. A sodorvonal alzata szintén finom homok, itt azonban az 1000–250 μ -os szemcsék már 65%-ban, míg a 250–150 μ -osak csak 32%-ban voltak jelen. Kémiaileg az alacsony értékek jellemezték mindkét mintavételi helyet. A jobb oldalon talált üledék finom homokos iszap volt. Szemcseösszetétele a 250 μ alatti frakciók viszonylag arányos megoszlását tükrözte. A kémiai összetevők értékei a bal part mellett és a sodorvonalban mértéknél nagyobbak voltak.

A Zagyva alatt 1 km-rel a mintavételi szelvényt a Tisza egyenes szakaszán egy bal kanyar kezdete előtt a Szolnok városi szennyvízbevezetés alatt jelöltük ki.

A sodorvonalból vett minta anyaga homok volt, az 1000 μ feletti szemcsék mintegy 20%-ban fordultak elő. A bal parthoz hasonlóan magas KOl_{Cr} -t, ahhoz viszonyítva magasabb szénhidrát, karbonát és kalcium tartalmat mértünk. A jobb parti mintavételi helyen kavics alzatot, vékony iszapréteget találtunk. Ennek megfelelően a szemcseösszetételben az 1000–250 μ közötti szemcsék domináltak. A kémiai komponensek mennyisége a bal parthoz és a sodorvonalhoz képest alacsonyabb volt, ettől csak a magnézium tartalom esetében tapasztaltunk némi eltérést.

A Zagyva alatt 3 km-rel a Tisza egyik bal kanyarulatába, a Szolnoki Vegyművek szennyvízbevezetése alá került a mintavételi szelvény. A bal part anyaga finom homok volt, szemcseösszetételét a 150–100 μ közötti frakció határozta meg. A kémiai eredményekben a KOl_{Cr} mértéke volt jelentős. A sodorvonali minta anyaga kb. 5–10 cm átmérőjű kazánsalak volt, így abból sem szemcseösszetétel, sem kémiai vizsgálatok nem történtek.

A jobb part üledéke kemény agyag volt, 70%-ban 50 μ alatti szemcsékből állt, a kémiai komponensek közül a KOl_{SMN} , a szénhidrát, a karbonát, a kalcium és a magnézium jelentősebb mennyisége emelhető ki (1., 2., 3., 4. ábra).



4. ábra. Az üledék összes vastartalmának alakulása a Tiszán és egyes mellékvízfolyásain
1 = bal oldal, S = sodorvonál, 2 = jobb oldal

Figure 4. Total iron content of sediment in the Tisza and some of its tributaries

1 = Left side; S = Main current; 2 = Right side

I. = Szamos river; II. = Lónyai Canal; III. = Bodrog river; IV. = Dammed reach; V. = Sajó river;
VI. = Canal at Leninváros; VII. = Dammed reach; VIII. = Zagyva river;
IX. = Körös river; X. = Maros river

4.8 A Körös térsége

A Körös fölött 1 km-rel a mintavételi szelvény a Tisza egyenes szakaszára esett. A bal parti mintavételi hely üledéke agyagos finom homok volt, 26%-ban 150–100 μ közötti, 50%-ban 50 μ alatti szemcsékből állt. A kémiai eredmények közül a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} és a karbonát mennyisége érdemel említést.

A sodorvonal mintavételi hely anyaga homokos iszap volt, a 250–150 μ közötti szemcsék 85%-ban fordultak elő. Az itt talált üledékre a kémiai komponensek kis mennyisége volt jellemző.

A jobb parton iszapos üledéket találtunk, mely 93%-ban 50 μ alatti szemcsékből állt. Ebből eredően a vizsgált kémiai komponensek is lényegesen nagyobb mennyiségben voltak találhatóak. Kiemelkedő a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} , a szénhidrát, az összes vas, a karbonát és a magnézium – a bal parti és a sodorvonal mintákhoz viszonyítva – jelentősebb előfordulása.

A Körös a Tisza bal oldali mellékvízfolyása, egy kb. 0,9 km sugarú jobb kanyar közepén 70°-os szögben torkollik a folyóba. A bal parti mintavételi helyen iszapot találtunk, 62%-ban 50 μ alatti szemcsékkel. A KOI_{Cr} mértéke, valamint a karbonát kiemelkedő mennyisége érdemel említést.

A sodorvonal mintavételi hely üledéke durva homok volt, 1000 μ feletti szemcséket 15%-ban tartalmazott. A kémiai összetevőknek a kalcium és a magnézium kivételével a bal parthoz viszonyított alacsonyabb mennyiségeit mértük. A jobb part üledéke agyagos iszap volt, a szemcseösszetétel és a kémiai vizsgálatok a bal parton talált üledékhez hasonló képet mutattak.

A Körös alatt 1 km-rel a Tisza egyenes szakaszára került a mintavételi szelvény.

A bal parti és a sodorvonalban talált üledék kemény agyag volt. Mind szemcseösszetételben, mind a kémiai összetevők mennyiségei tekintetében nagyon hasonló körülményeket állapíthattunk meg. A sodorvonalban mértük az összes vas maximumát, de a bal parti mintában is hasonlóan magas értékeket tapasztaltunk. A jobb part üledékét 69%-ban a 250–150 μ közötti szemcsék alkották, típusa szerint finom homok volt. A kémiai komponensek közül a kalcium mennyisége emelhető ki.

A *Körös alatt 3 km-rel* az egyenes szakaszon jelöltük ki a mintavételi szelvényt. A szelvény bal oldalán kemény agyagos üledéket találtunk 47%-ban 50 μ alatti szemcsemérettel. A kémiai eredmények közül kiemelkedően nagy volt a karbonát tartalom. A KOI_{sMn} legkisebb értékét itt mértük.

A sodorvonal üledéke finom homok volt, 57%-ban 1000–250 μ közötti szemcsékkel. Ennek megfelelően a kémiai komponenseket kis mennyiségben találtuk. A jobb parton talált agyagos iszapos üledékben 89%-ban fordultak elő 50 μ alatti szemcsék. Ennek alapján a legtöbb kémiai összetevő nagyobb mennyiségben volt található az üledékben, mint a szelvény másik két mintavételi helyén (1., 2., 3., 4., 5. ábra).

4. 9 A Maros térsége

A *Maros fölött 1 km-rel* a Tisza egyenes szakaszán lett a mintavételi szelvény kijelölve. A bal parti mintavételi helyen 94%-ban találtunk 50 μ alatti szemcséket, ebből következően a kémiai összetevők igen nagy mennyiségeit mértük. Itt mértük a maximális magnézium tartalmat is.

A sodorvonal mintavételi hely üledéke finom homok volt, a 250–150 μ közötti szemcsék domináltak benne. A kémiai komponensek mennyiségei lényeges eltérést nem mutattak az átlagos összetételtől. A jobb parti mintavételi helyen talált üledék szintén nagy mértékben – 75%-ban – tartalmazott 50 μ alatti szemcséket. Kémiaileg a bal parthoz hasonló állapotokat találtunk.

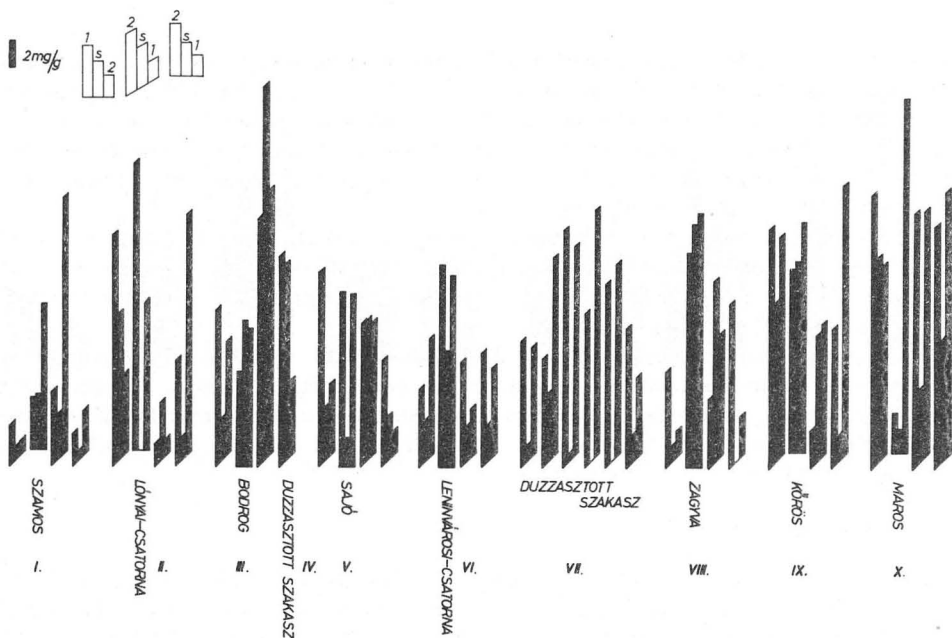
A *Maros* a Tisza bal parti mellékvízfolyása. A Tisza mintegy 60°-os jobb kanyarulatának végénél kb. 25°-os szögben torkollik a folyóba. A bal parti mintavételi hely üledéke – mely 78%-ban tartalmazott 50 μ alatti szemcséket – agyagos iszap volt, amit a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} , a szénhidrát, a karbonát, a kalcium és a magnézium kiemelkedő mennyisége jellemzett. A sodorvonal üledéke finom homok volt, 78%-ban 1000–250 μ közötti szemcsékből állt. A kémiai összetevőkre a szembetűnően alacsony értékek voltak jellemzők. A jobb parti minta homokos agyagos iszap volt. Az 1000–250 μ közötti szemcsék domináltak benne. A vizsgálat adatai a sodorvonalból vett minta eredményeivel mutattak hasonlóságot.

A *Maros alatt 1 km-rel* a mintavételi szelvény a Tisza egy egyenes szakaszára esett. A bal parti mintavételi hely üledéke finom homok volt, viszonylag homogén szemcseeloszlással. A kémiai komponensek közül kiemelhető a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} értéke és az összes vas, a szénhidrát, a karbonát, valamint a kalcium viszonylag nagyobb mennyisége.

A sodorvonalban durva homokos üledéket találtunk, szemcseeloszlásában az 1000 és 150 μ közötti szemcsék domináltak. A kémiai komponensek kiemelkedő mennyiségben nem voltak találhatóak. A jobb parti mintavételi hely üledékét agyagos iszap alkotta, az 50 μ alatti szemcsék 42%-ban fordultak elő.

Kémiaileg a bal parti mintavételi helyen tapasztaltakhoz hasonló képet kaptunk.

A *Maros alatt 3 km-rel* a mintavételi szelvény szintén a Tisza egy egyenes szakaszára került. A bal parti mintavételi helyen finom homokot találtunk, melyre a 150 μ alatti szemcseméret volt a jellemző. Ezen a mintavételi helyen mértük a kalcium tartalom maximumát, a többi vizsgált kémiai összetevő az átlagosnak megfelelően alakult. A sodorvonal



5. ábra. Az üledék karbonát tartalmának alakulása a Tiszán és egyes mellékvízfolyásain
1 = bal oldal, S = sodorvonal, 2 = jobb oldal

Figure 5. Carbonate content of sediment in the Tisza and some of its tributaries

1 = Left side; S = Main current; 2 = Right side

I. = Szamos river; II. = Lónyai Canal; III. = Bodrog river; IV. = Dammed reach; V. = Sajó river;
VI. = Canal at Leninváros; VII. = Dammed reach; VIII. = Zagyva river;
IX. = Körös river; X. = Maros river

mintavételi helyen durva homokot találtunk 83%-ban 1000–250 μ közötti szemcsékkel. Az üledék kémiai összetétele ennek megfelelően alakult. A vizsgált komponensek szinte mindegyike alacsony értékkel jellemezhető. Ettől csak a KOI_{sMn} és a KOI_{Cr} értéke, valamint a viszonylag nagyobb szénhidráttartalom mutatott eltérést. A jobb parti mintavételi helyen az üledék agyagos iszap volt, a szemcsék 100 μ alatti mennyisége dominált. Kémiaileg a bal parthoz hasonló képet kaptunk (1., 2., 3., 4., 5. ábra).

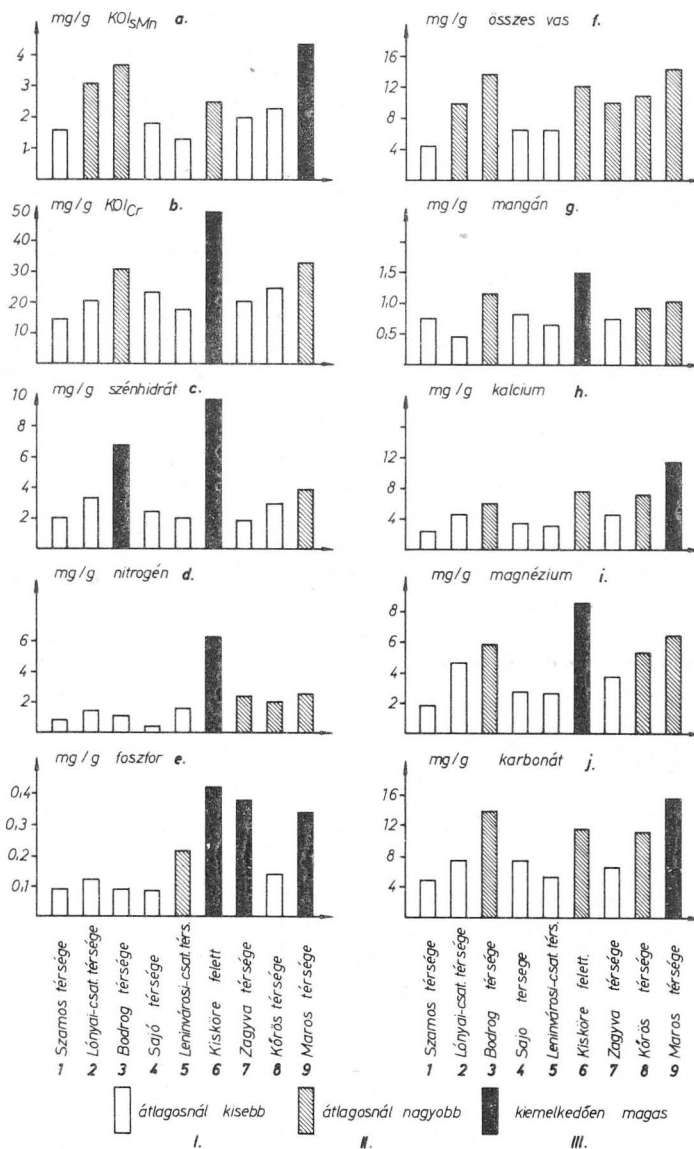
4. Az eredmények értékelése

A vizsgálat során 39 szelvényből vettünk üledékmintát. Ebből 30 szelvényt a Tiszán, 8-at pedig az egyes mellékvízfolyások torkolatai fölött 1 km-rel jelöltünk ki. Hat alkalommal bal kanyarra, 9 alkalommal jobb kanyarra, 23 alkalommal pedig egyenes szakaszra esett a mintavételi szelvény.

A szemcseösszetétel értékelésénél az üledékre jellemzőnek tekintettük azt a szemcsefrakciót, amelynek száraz súlya meghaladta az összes súly 50%-át.

Abban az esetben, ha – a szemcseméret egyenletesebb eloszlása miatt – egyetlen frakció mennyisége sem érte el az 50%-ot, az üledékre jellemzőnek azokat a frakciókat vettük, amelyek 20% fölötti mennyiségben voltak jelen.

Az üledék kémiai összetétele alapján a következők szerint értékeltük a vizsgált területet:



6. ábra. A vizsgált kémiai komponensek átlagkoncentrációinak alakulása a mellékvízfolyások és a duzzasztás térségében

Figure 6. Average concentrations of the chemical components examined in the tributaries and dammed areas

a = COD_{with acid permanganate} mg/g; b = COD_{Cr} mg/g; c = Carbohydrate mg/g;
d = Nitrogen mg/g; e = Phosphorus mg/g; f = Total iron mg/g; g = Manganese mg/g;
h = Calcium mg/g; i = Magnesium mg/g; j = Carbonate mg/g;

1 = The area of the Szamos river; 2 = The area of the Lónyai Canal; 3 = The area of the Bodrog river; 4 = The area of the Sajó river; 5 = The area of the Canal at Leninváros;
6 = Above the river barrage at Kisköre; 7 = The area of the Zagyva river;
8 = The area of the Körös river; 9 = The area of the Maros river

I. = Below the average; II. = Above the average; III. = Prominently high

Összehasonlítottuk a különböző térségek üledékmintái néhány jellemző kémiai komponensének átlagmennyiségét abból a célból, hogy megállapítsuk: az üledékben milyen mértékben érvényesült a mellékvízfolyások, a mederviszonyok, a folyószakasz jellege és a duzzasztások hatása. Kiemeltük azokat a helyeket, ahol az átlagosnál nagyobb, vagy kiemelkedően magas értékeket kaptunk. (Az átlagosnál nagyobb mennyiségnek azokat tekintettük, amelyek az egyes komponensek vizsgálati értékeinek átlagát meghaladták, kiemelkedően magasaknak pedig azokat, amelyek az átlagérték 150%-ánál is nagyobbak voltak.)

Elemeztük az egyes üledékfajták – a durva homok, a homok, a finom homok, az agyag, a homokos-agyagos iszap, az agyagos iszap és a finom iszap – kémiai összetevőinek mennyiségi viszonyait.

Megvizsgáltuk, hogy a mederviszonyok milyen hatással vannak az üledék összetételére, azaz az egyes kanyarulatok belső és külső ívén és a sodorvonalban, valamint az egyes szakaszok bal és jobb partja mellett és a sodorvonalban milyen állapotok uralkodtak.

A szemcseösszetétel vizsgálat során megállapítottuk, hogy a Tiszából és a mellékvízfolyásokból vett üledékmintákra – az üledék fajtájától függően – elsősorban a $250\ \mu$ fölötti, vagy az $50\ \mu$ alatti szemcsék voltak a jellemzők. A vizsgált esetek csaknem 40%-ában az $50\ \mu$ alatti, 25%-ában pedig a $250\ \mu$ fölötti szemcsék domináltak.

A $250\ \mu$ fölötti szemcséket főként a Tisza felső, gyorsabb folyású szakaszán, ott is elsősorban a sodorvonalban és a kanyarok belső ívén találtuk. A középső és az alsó szakaszon már csak a sodorvonalban fordultak elő nagyobb méretű szemcsék 50% fölötti mennyiségben, kivéve Tiszakeszinél a bal parti és a Zagyva alatt a jobb parti mintavételi helyet. A mellékvízfolyások közül a Sajó teljes szelvényét a $1000\ \mu$ fölötti, a Szamos és a Maros sodorvonalát, valamint a jobb oldali mintavételi helyét az 1000 – $250\ \mu$ közötti szemcsék jellemezték.

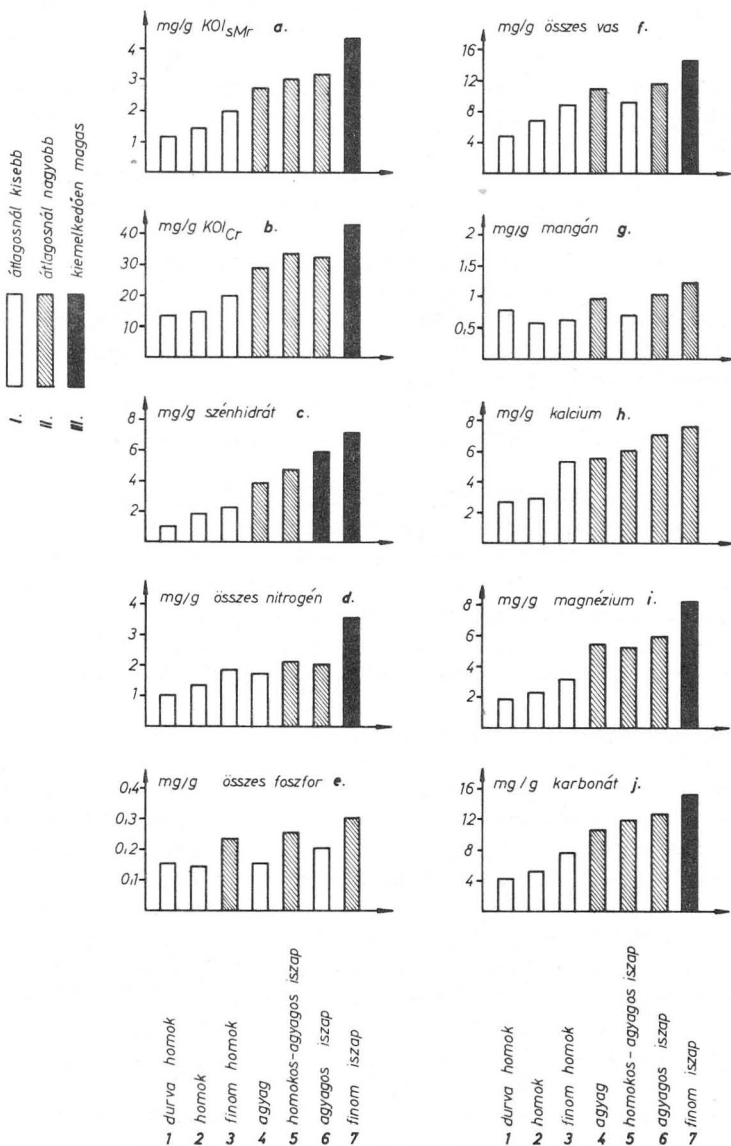
Az $50\ \mu$ alatti szemcsék 50% fölötti mennyiségben általában a felső szakaszon a kanyarok külső ívén, az alsó szakaszon a bal és a jobb oldali mintavételi helyeken, a duzzasztott szakaszokon pedig a bal és a jobb oldalon kívül a sodorvonalban is megtalálhatók voltak. Így például a Tiszalöki vízlépcső fölött (12S jelű minta) 85,87%-ban, a Kiskörei vízlépcső fölött (25S jelű minta) pedig 95,62%-ban az $50\ \mu$ alatti szemcsék domináltak a sodorvonalban (1. ábra)!

A Bodrog, a Zagyva és a Körös teljes szelvényében, valamint a Szamos és a Leninvárosi-csatorna bal oldalán szintén a kisméretű szemcsék jellemezték az üledéket.

Az előzőekben tárgyalt két – egymástól lényegesen eltérő – szemcsefrakciónak a meghatározó szerepét bizonyította az is, hogy az összes vizsgált üledékben 90%-ot meghaladóan csak $250\ \mu$ fölötti vagy $50\ \mu$ alatti szemcseméret fordult elő.

A többi vizsgált frakció közül a 250 – $150\ \mu$ közötti szemcsék 8, a 150 – $100\ \mu$ közötti szemcsék pedig 3 mintában domináltak. 100 – $50\ \mu$ közötti szemcséket 50% fölötti mennyiségben egy alkalommal sem találtunk. 14 mintában – elsősorban a felső szakaszon, a kanyarok külső ívén, valamint a középső és az alsó szakaszon a bal, vagy a jobb part közelében – a $150\ \mu$ alatti, a Szamos és a Leninvárosi-csatorna alatt (032; 191; 202 jelű minták) a 250 – $100\ \mu$ közötti, a Bodrog fölött és a Zagyva fölött (095; 271 jelű minták) pedig az 1000 – $250\ \mu$ közötti szemcsék domináltak. Találtunk olyan mintavételi helyeket is, ahol az egymástól lényegesen eltérő méretű szemcsék egyidejűen fordultak elő. A Lónyai-csatorna és a Bodrog térségében (062; 082; 091; 092 jelű minták) például a 250 – $100\ \mu$ közötti szemcsék mellett az $50\ \mu$ alattiak, Tiszaderzsnél a sodorvonalban az 1000 – $250\ \mu$ közöttiek és az $50\ \mu$ alattiak, a Zagyva alatt 1 km-re szintén a sodorvonalban az $1000\ \mu$ fölöttiek és az $50\ \mu$ alattiak voltak meghatározó mennyiségben.

Az egyes térségek vizsgálati eredményeinek összehasonlítása során megállapítottuk, hogy az üledékben levő általunk vizsgált kémiai komponensek felhalmozódására elsősor-



7. ábra. A vizsgált kémiai komponensek átlagkoncentrációjának alakulása az egyes üledékfajták szerint

Figure 7. Average concentrations of the examined chemical components in the different kinds of sediment

a = COD_{with adic permanganate} mg/g; b = COD_{Cr} mg/g; c = Carbohydrate mg/g;
d = Nitrogen mg/g; e = Phosphorus mg/g; f = Total iron mg/g; g = Manganese mg/g; h = Calcium mg/g;
i = Magnesium mg/g; j = Carbonate mg/g;
1 = Coarse sand; 2 = Sand; 3 = Fine sand; 4 = Clay; 5 = Sandy-clayey silt;
6 = Clayey silt; 7 = Fine silt;
I. = Below the average; II. = Above the average; III. = Prominently high

ban a duzzasztások hatásának kitett folyószakaszokon, másodsorban pedig a Tisza alsó szakaszán lehet számítanunk. A mellékfolyók hatása ebből a szempontból kevésbé érvényesült. A legerőteljesebb felhalmozódást közvetlenül a Kiskörei vízlépcső fölötti területen figyeltük meg (24-es, 25-ös szelvény). Itt a KOI_{Cr} -rel jelzett szerves anyag, a szénhidrát, az összes nitrogén, az összes foszfor, a mangán és a magnézium kiemelkedően magas, a KOI_{sMn} -el jelzett szerves anyag, az összes vas, a kalcium és a karbonát átlagosnál magasabb értékeit kaptuk.

A Maros térségében a KOI_{sMn} , az összes foszfor, a kalcium és a karbonát kiemelkedően magas, a KOI_{Cr} , a szénhidrát, az összes nitrogén, az összes vas, a mangán és a magnézium átlagosnál nagyobb mennyiségben volt jelen.

A Tiszalöki vízlépcső fölött egyedül a szénhidrátot találtuk kiemelkedően magasnak, de a többi komponens koncentrációja is – kivéve az összes nitrogént és az összes foszfort – az átlagosnál nagyobbak adódtak. A Körös térségét az alsó szakasz jellegből adódóan – szintén a nagy értékek jellemezték, de mértékük nem érte el sem a duzzasztott szakaszokon, sem a Maros térségénél kapott átlagmennyiségeket.

A kémiai összetevők koncentrációinak átlaga – a duzzasztás hatásterületén kívül – a felső szakaszon volt a legkisebb. Az alacsony értékek elsősorban a Szamos és a Sajó térségében fordultak elő (6. ábra).

Az üledékfajták szerint értékelve az adatokat megfigyeltük, hogy a durva homok tartalmazta a legkisebb, a finom iszap pedig a legnagyobb mennyiséget az egyes kémiai komponensekből. A finom iszapot a KOI_{sMn} , a KOI_{Cr} , a szénhidrát, az összes vas, az összes nitrogén, a magnézium és a karbonát kiemelkedően magas, a mangán, az összes foszfor és a kalcium átlagosnál nagyobb koncentrációja jellemezte.

Az agyagos iszapban – az összes foszfor kivételével – valamennyi komponens átlagon felüli mennyiségben volt jelen, melyek közül a szénhidrát kiemelkedően magas értéket ért el.

A homokos-agyagos iszapban csak a vas és a mangán, a kemény agyagban pedig az összes nitrogén és az összes foszfor tartalom nem érte el az átlagkoncentrációt.

A homokos üledékeket a kémiai összetevők kis mennyiségei jellemezték (7. ábra).

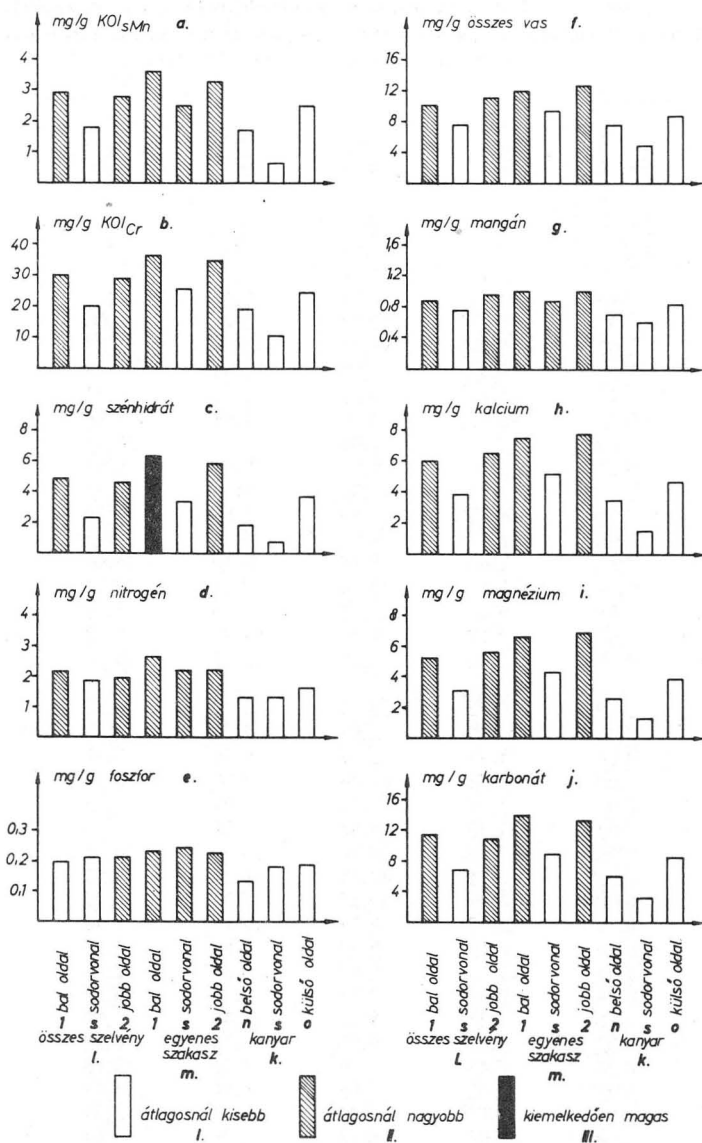
Valamennyi komponens esetében a bal és a jobb oldali mintavételi helyeken a mért értékek átlaga nagyobb volt, mint a sodorvonalban. A partok mellett vett üledékmintáknál az átlagosnál nagyobb, a sodorvonaliaknál pedig kisebb mennyiségeket kaptunk. Kanyarok esetében a sodorvonalban mértük a legkisebb értékeket, a kanyarok belső ívét a sodorvonalhoz hasonló vagy annál kissé nagyobb, míg a külső ívét lényegesen magasabb átlagkoncentrációk jellemezték. Az egyenes szakaszokon a part menti mintákban közel azonos, míg a sodorvonalban kisebb értékek domináltak, de az átlagmennyiségek rendszerint lényegesen meghaladták a kanyarokban mértéket (8. ábra).

Az üledékvizsgálatok eredményeiből a következő lényegesnek ítélt megállapításokat vontuk le:

Az egyes üledékfajták kémiai összetétele alapján a homokos alzatot az alacsony, az agyagot, a homokos-iszapot és az agyagos iszapot az átlagosnál nagyobb, a finom iszapot a kiemelkedően magas értékek jellemezték.

A különböző fajtájú üledékek létrejöttében elsősorban a víz folyási sebességének változása, másodsorban a szennyeződések játszottak döntő szerepet. Ezért a Tisza felső szakaszán és a sodorvonali minták jelentős hányadánál – a nagyobb vízmozgás következtében a durvább szemcseösszetételű homokos alzat kialakulása miatt – az üledék a vizsgált kémiai komponenseket tekintve szegény.

Főként a Felső-Tisza kanyarulatainak külső ívén, a vízlépcsőktől nem befolyásolt középső szakasz part menti mintavételi helyein és az alsó szakaszon – a víz folyási sebességének csökkenése révén – az agyag, a homokos-agyagos iszap, valamint az agyagos iszap alakul-



8. ábra. A vizsgált kémiai komponensek átlagkoncentrációinak alakulása a mintavételek helye szerint

Figure 8. Average concentrations of the examined chemical components in the different sampling places

1 = Left side; S = Main current; 2 = Right side;

a = COD with acid permanganate mg/g; b = COD_{Cr} mg/g; c = Carbohydrate mg/g;

d = Nitrogen mg/g; e = Phosphorus mg/g; f = Total iron mg/g; g = Manganese mg/g; h = Calcium mg/g;

i = Magnesium mg/g; j = Carbonate mg/g; k = Bend; l = All profiles; m = Straight reach;

n = Inner side; o = Outer side

I. = Below the average; II. = Above the average; III. = Prominently high

1. táblázat. A Tisza és mellékvízfolyásai üledékének szemcseösszetétele
 Table 1. Mechanical composition of the sediment in the Tisza and its tributaries
 Minta jele = Sample; Frakció = Fraction

Minta jel	Frakció	1000 μ felett % Fraction above 1000 μ	1000 μ – 250 μ %	250 μ – 150 μ %	150 μ – 100 μ %	100 μ – 50 μ %	50 μ alatt % Fraction below 50 μ
011		3,85	84,41	2,53	0,98	0,42	7,81
01S		0,35	95,75	2,34	0,41	0,06	1,36
012		0,02	21,84	50,75	13,54	5,23	8,62
021		0,06	0,69	3,85	14,83	20,99	59,89
02S		0,43	81,15	15,25	2,43	0,33	0,41
022		0,31	90,72	4,36	2,05	1,06	1,50
031		0,39	1,73	7,04	34,59	20,59	35,66
03S		0,27	91,20	6,00	0,10	0,65	1,78
032		0,00	3,59	42,81	43,75	7,92	1,93
041		0,00	86,92	10,59	1,58	0,20	0,31
04S		0,08	93,27	4,84	0,56	0,05	1,20
042		2,52	1,64	8,57	30,70	26,66	30,54
051		0,04	0,16	2,54	7,82	12,68	81,39
05S		0,08	29,03	6,55	0,83	1,78	61,73
052		0,00	0,17	1,05	4,87	12,52	81,39
061		0,26	0,86	13,59	29,50	24,76	31,04
06S		—	—	—	—	—	—
062		0,19	0,72	23,02	39,74	16,33	20,00
071		0,38	23,20	5,45	5,74	13,50	51,73
07S		4,06	91,97	2,37	0,46	0,592	0,59
072		0,00	26,78	61,04	5,29	3,49	3,39
081		0,00	1,19	17,20	5,97	5,14	70,49
08S		0,05	81,30	15,87	0,74	0,26	1,77
082		0,06	2,79	30,70	23,44	10,67	32,32
091		0,03	3,71	42,16	26,28	11,57	16,25
09S		0,00	45,89	49,29	2,04	0,23	2,55
092		0,09	1,27	29,53	15,13	7,48	46,50
101		0,10	0,10	0,32	0,61	1,38	97,49
10S		0,37	11,75	5,69	0,54	2,78	78,86
102		0,24	0,09	0,76	2,33	4,23	92,35
111		0,80	0,25	3,22	12,40	11,00	72,32
11S		0,05	0,11	0,97	0,38	8,59	97,89
112		0,90	0,45	0,18	1,36	13,18	85,23
121		0,03	0,06	1,16	6,96	21,82	69,92
12S		0,00	2,13	7,24	2,55	2,29	85,78
122		0,04	3,00	8,40	2,70	13,84	72,01
131		0,051	1,69	29,79	31,28	24,40	12,80
13S		2,84	65,39	25,77	3,68	1,05	1,26
132		0,03	0,23	5,10	15,28	15,83	63,52
141		61,05	8,57	6,04	10,25	7,37	6,70
14S		50,77	44,46	1,33	0,48	0,21	2,75
142		52,95	21,72	2,14	10,91	7,07	5,21
151		3,37	0,85	17,85	40,39	28,90	11,74
15S		6,38	79,13	12,50	0,69	0,29	0,99
152		0,92	3,17	1,64	50,14	12,11	32,02
161		35,21	44,00	16,39	1,74	0,52	2,14
12S		0,76	83,33	12,24	0,76	0,12	2,78
162		0,03	0,18	5,16	8,90	20,60	65,23

Minta jele	Frakció	1000 μ felett % Fraction above 1000 μ	1000 μ –250 μ %	250 μ –150 μ %	150 μ –100 μ %	100 μ –50 μ %	50 μ alatt % Fraction below 50 μ
171		0,11	0,54	6,83	30,94	18,52	43,05
178		7,18	79,29	11,73	0,36	0,09	1,34
172		0,66	7,39	4,70	6,88	18,19	62,18
181		0,78	8,74	2,04	11,15	26,62	50,66
188		0,00	3,29	52,04	18,20	4,71	21,76
182		0,80	4,76	18,48	23,37	19,26	33,32
191		0,00	9,65	42,06	36,16	6,17	5,42
198		0,23	10,19	64,64	15,16	5,07	3,43
192		0,00	0,46	24,09	23,19	3,21	47,04
201		0,02	0,43	24,71	52,56	15,17	7,11
208		3,41	74,79	19,50	1,87	0,33	0,10
202		0,21	1,41	41,81	31,08	11,79	13,70
211		2,70	51,21	10,14	10,46	7,22	18,27
218		67,61	29,85	0,32	0,46	0,39	1,36
212		0,43	0,93	13,32	25,91	21,60	37,81
221		0,03	0,15	1,13	5,58	22,43	70,68
228		14,46	51,01	24,25	3,53	2,90	3,85
222		0,90	5,52	5,98	5,55	9,94	72,11
231		0,00	0,32	3,70	9,35	12,32	74,31
238		0,00	61,07	0,94	1,02	0,32	36,65
232		0,07	0,51	2,05	14,31	19,97	63,69
241		0,12	0,36	0,66	1,50	4,56	92,80
248		0,06	43,74	7,94	5,27	3,68	39,31
242		0,00	0,08	0,33	3,07	3,07	93,45
251		0,05	0,26	0,26	1,02	2,61	95,80
258		0,00	0,11	0,11	0,66	3,49	95,62
252		0,06	0,11	0,17	0,17	0,23	99,26
261		0,00	0,58	15,26	51,20	21,83	11,13
268		1,31	93,81	0,93	0,30	0,19	3,43
262		0,25	0,41	2,93	8,03	19,24	69,13
271		0,00	43,63	45,99	6,12	1,22	3,03
278		0,05	64,85	31,78	0,72	0,40	2,20
272		0,00	1,07	15,29	35,01	15,16	33,47
281		0,05	0,09	0,59	3,20	18,90	77,17
288		0,12	0,12	1,26	6,97	13,19	78,34
282		0,75	0,38	3,14	7,20	4,27	84,26
291		0,00	0,51	20,37	28,39	10,62	40,11
298		19,41	5,25	8,47	14,90	15,04	36,93
292		4,89	60,75	29,32	0,97	0,05	4,02
301		0,02	0,40	21,15	47,75	22,59	8,09
308		—	—	—	—	—	—
302		0,00	0,18	4,36	13,29	11,73	70,44
311		0,06	0,42	16,55	26,53	5,81	50,63
318		0,00	4,25	85,43	7,96	1,83	0,53
312		0,04	0,67	1,65	2,88	1,90	92,87
321		0,26	0,64	9,60	10,35	17,16	61,99
328		15,24	7,40	7,48	4,40	1,86	63,65
322		0,03	0,52	10,17	13,52	13,39	62,30
331		0,12	0,20	0,65	1,00	19,52	78,51
338		0,06	0,27	1,08	0,90	6,96	90,72
332		0,00	1,47	69,50	26,96	2,68	4,38
341		0,07	56,60	32,96	3,49	0,10	6,79
342		0,06	0,12	2,31	2,60	5,83	89,08

Minta jele Frakció	1000 μ felett % Fraction above 1000 μ	1000 μ –250 μ %	250 μ –150 μ %	150 μ –100 μ %	100 μ –50 μ %	50 μ alatt % Fraction below 50 μ
351	0,00	0,78	1,07	2,07	2,14	93,93
355	1,56	5,00	67,46	4,36	2,67	18,95
352	0,11	0,11	1,68	6,86	16,40	74,81
361	0,00	0,31	4,30	9,42	8,30	77,66
365	0,25	78,57	16,40	1,47	0,45	2,81
362	3,24	83,09	7,80	3,24	1,21	1,42
371	1,30	2,15	12,50	25,89	39,75	17,11
375	0,48	17,64	70,42	5,93	0,91	4,62
372	0,19	0,74	18,70	31,38	6,35	42,55
381	0,81	0,27	3,76	24,95	20,47	49,73
385	9,49	82,70	1,07	2,70	1,05	2,99
382	0,03	0,21	1,97	14,67	43,89	39,23

2. táblázat. A Tisza és mellékvízfolyásai üledékének fizikai és kémiai eredményei

Table 2: Physical and chemical properties of the sediments in the Tisza and its tributaries

Minta jele = Sample

 KOI_{sMn} mg/g = COD_{with acid permanganate} mg/g

Szénhidrát mg/g = Carbohydrate mg/g; Vas mg/g = Iron mg/g;

Mangán mg/g = Manganese mg/g; Kalcium mg/g = Calcium mg/g;

Magnézium mg/g = Magnesium mg/g; Karbonát mg/g = Carbonate mg/g;

Összes nitrogén mg/g = Total nitrogen mg/g; Összes foszfor mg/g = Total phosphorus mg/g

Minta jele	komponensek	KOI_{sMn} mg/g	Összes vas mg/g	Mangán mg/g	Szénhidrát mg/g	Karbonát mg/g	Kalcium mg/g	Magnézium mg/g	Összes nitrogén mg/g	Összes foszfor mg/g
011		1,20	5,45	0,81	1,17	1,23	0,80	0,57	1,13	0,019
01S		0,60	2,72	0,56	0,38	1,25	1,56	0,95	0,83	0,223
012		3,30	6,95	0,49	4,38	3,06	2,30	3,09	1,02	0,094
021		2,50	3,68	0,52	2,44	10,85	5,83	5,04	1,55	0,288
02S		0,50	2,59	0,40	0,44	4,19	1,23	0,73	0,90	0,046
022		2,90	8,21	0,47	0,25	4,07	0,93	0,84	0,71	0,020
031		3,40	6,25	0,12	6,68	19,32	8,40	5,38	1,29	0,048
03S		0,50	3,15	0,49	0,25	3,54	0,70	0,93	0,47	0,019
032		0,90	3,86	0,80	0,31	5,62	2,98	1,80	0,71	0,097
041		1,70	2,51	0,50	0,19	0,39	0,62	1,02	0,68	0,055
04S		0,40	2,53	0,51	0,16	0,55	0,62	0,47	0,74	0,227
042		2,70	5,85	1,15	5,02	2,35	3,00	3,10	0,96	0,010
051		7,50	13,65	1,14	4,81	5,97	6,28	5,53	0,83	0,363
05S		6,50	11,26	φ	0,18	11,10	4,22	5,24	1,16	0,065
052		3,60	10,32	φ	7,57	17,41	9,68	9,47	1,78	0,235
061		5,60	8,78	φ	4,10	11,14	4,51	4,26	0,86	0,086
062		6,70	13,44	φ	6,05	21,61	8,45	5,68	1,14	φ
071		2,60	10,91	0,65	4,19	1,17	1,46	3,93	1,81	0,175
07S		0,50	5,21	0,47	0,31	4,35	2,17	2,44	1,62	0,100
072		0,50	14,66	0,35	0,21	1,61	1,40	0,95	1,38	0,037
081		4,20	14,66	0,83	8,61	17,93	9,34	10,20	1,95	0,012
08S		0,30	1,68	0,24	0,15	1,75	0,93	0,75	1,26	0,018
082		2,60	7,23	0,72	3,67	8,10	4,04	3,57	1,23	0,063
091		2,60	8,95	0,53	4,01	8,69	3,60	3,04	1,03	0,038
09S		0,60	4,07	0,54	0,40	3,30	1,25	0,84	1,06	0,262
092		2,30	9,95	1,26	2,29	11,87	6,11	5,71	1,63	0,130
101		4,10	12,18	1,19	8,89	10,14	4,98	6,13	1,97	0,132
10S		4,70	17,90	0,89	7,32	11,06	4,21	5,85	1,15	0,009
102		4,40	17,21	1,30	8,95	7,01	3,60	5,98	1,19	0,025
111		4,70	14,97	1,53	10,50	18,90	7,52	7,54	1,56	0,164
11S		4,20	16,67	1,54	12,65	28,24	9,80	10,93	1,54	0,061
112		5,70	20,50	1,27	11,44	18,69	9,80	8,56	0,93	0,070
121		5,90	16,81	0,59	10,17	5,62	3,32	3,80	0,51	0,040
12S		4,80	18,83	1,44	0,68	14,98	2,94	4,16	1,06	0,030
122		3,30	13,58	1,73	8,35	15,84	9,44	8,19	0,92	0,005
131		2,10	9,76	φ	2,23	5,31	4,26	2,70	0,50	0,102
13S		0,80	6,47	φ	0,88	3,91	1,85	1,33	0,198	0,015
132		3,60	8,69	1,13	6,92	14,58	7,80	6,51	0,88	0,018
141		3,30	10,38	0,71	5,72	12,92	7,40	5,43	0,67	0,059
14S		0,70	3,14	0,30	1,18	2,19	0,77	0,64	0,20	0,049
142		2,40	7,74	0,85	4,54	13,26	7,43	4,85	0,64	0,130
151		2,80	8,07	0,84	3,15	10,05	4,89	3,56	0,45	0,100
15S		0,80	5,91	0,91	0,69	10,68	0,98	1,41	0,24	0,031

Minta jele	komponensek									
	KOLsMn mg/g	Összes vas mg/g	Mangán mg/g	Szénhidrát mg/g	Karbonát mg/g	Kalcium mg/g	Magnézium mg/g	Összes nitrogén mg/g	Összes foszfor mg/g	
152	2,60	9,28	0,53	1,38	10,62	3,75	2,41	0,29	0,100	
161	0,50	4,80	0,62	1,18	1,71	0,78	0,95	0,29	0,200	
16S	0,50	5,80	0,53	1,14	3,49	0,57	0,83	0,23	0,130	
162	2,70	8,22	1,08	4,15	8,03	6,80	4,71	0,57	0,048	
171	2,80	10,17	0,69	4,61	8,89	5,42	4,45	0,48	0,042	
17S	0,60	4,95	0,58	1,17	2,91	0,97	1,75	1,75	0,210	
172	2,00	11,44	1,13	2,02	5,79	3,27	3,97	0,21	0,054	
181	3,20	9,30	0,93	5,68	14,37	7,59	6,26	2,72	0,250	
18S	2,20	8,17	0,77	4,10	8,72	4,47	3,90	1,79	0,053	
182	2,30	9,85	0,71	4,90	15,29	6,05	5,08	1,80	0,530	
191	0,40	4,60	0,30	1,56	3,56	1,94	2,22	1,15	0,054	
19S	0,60	5,90	0,58	1,82	2,54	3,67	2,11	1,77	0,378	
192	2,20	9,10	0,65	2,19	7,85	3,88	2,71	1,45	0,298	
201	0,90	8,73	0,53	1,29	6,62	3,70	1,85	1,32	0,144	
20S	1,70	6,58	0,79	0,99	2,86	1,15	1,75	4,37	0,248	
202	0,61	6,03	φ	2,86	8,81	4,37	2,77	1,63	0,512	
211	2,20	6,84	φ	0,02	8,23	4,90	3,57	1,76	0,122	
21S	0,60	1,78	0,66	1,25	1,23	0,59	0,83	1,12	0,170	
212	1,80	7,28	0,87	5,91	9,34	6,00	5,98	2,41	0,451	
221	1,90	7,28	0,87	5,91	9,34	6,00	5,98	2,41	0,451	
22S	1,50	5,86	1,34	2,08	5,27	1,93	1,89	1,48	0,375	
222	3,00	11,79	0,88	4,90	8,11	6,40	5,77	2,28	0,632	
231	1,90	9,47	0,91	6,78	15,77	6,70	7,41	4,48	0,503	
23S	0,40	2,59	0,70	0,43	0,65	0,78	0,58	2,52	0,230	
232	2,20	9,22	1,24	6,25	17,87	6,50	7,07	4,06	0,049	
241	3,30	17,24	1,18	11,78	18,70	5,94	10,84	8,69	0,041	
24S	2,20	12,43	1,16	8,40	11,57	8,45	8,80	5,17	0,052	
251	2,80	13,60	1,97	10,98	14,50	7,86	9,80	5,45	0,768	
25S	2,60	13,25	1,77	11,12	3,07	7,47	8,93	5,74	0,868	
252	1,90	10,59	2,21	11,72	13,87	6,94	9,63	4,85	0,745	
261	0,90	6,28	0,34	0,89	6,07	3,11	2,83	1,66	0,273	
26S	0,70	6,42	1,34	1,12	1,93	1,36	1,43	1,59	0,298	
262	2,30	12,29	1,21	3,62	10,43	4,70	6,42	2,96	0,036	
271	0,40	8,93	0,71	1,14	2,03	1,63	2,23	2,88	0,222	
27S	0,40	7,01	0,21	0,48	1,17	1,12	1,23	3,41	0,225	
272	2,20	12,85	0,60	2,14	7,26	4,63	4,03	3,08	0,444	
281	4,90	16,01	1,18	7,17	19,14	7,98	8,26	3,87	0,199	
28S	5,10	16,51	1,15	6,51	18,42	7,13	8,44	4,80	0,700	
282	6,90	18,30	0,89	9,75	16,29	8,15	7,77	3,24	0,410	
291	3,00	10,46	0,58	2,26	9,20	4,24	3,87	2,09	0,360	
29S	3,90	14,53	0,82	4,18	13,56	6,63	3,08	1,95	0,380	
292	0,90	10,76	1,31	0,59	5,28	5,70	6,22	0,951	0,338	
301	0,90	6,74	0,53	0,95	2,91	4,52	2,74	2,340	0,270	
30S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
302	4,30	14,34	0,96	3,69	12,17	6,55	6,65	2,59	0,796	
311	3,20	11,94	0,88	4,67	16,67	9,07	6,79	3,15	0,316	
31S	0,80	3,80	0,20	0,83	11,78	5,58	2,91	0,89	0,270	
312	5,10	21,16	1,65	6,19	17,95	9,50	10,19	3,19	0,034	
321	3,20	6,60	1,53	4,15	17,42	6,36	8,15	2,78	0,153	
32S	2,80	3,44	1,98	3,31	14,45	14,12	12,90	2,88	0,070	
322	3,10	10,82	1,16	3,64	13,73	8,45	7,99	3,29	0,135	
331	2,80	15,20	0,95	3,28	9,93	5,97	5,03	2,20	0,281	

Minta jele komponensek	KOI ₃ Mn mg/g	Összes vas mg/g	Mangán mg/g	Szénhidrát mg/g	Karbonát mg/g	Kalcium mg/g	Magnézium mg/g	Összes nitrogén mg/g	Összes foszfor mg/g
33S	3,70	22,25	0,85	3,01	9,40	3,73	4,26	2,79	0,076
332	3,80	15,20	0,95	3,28	9,93	5,97	5,03	2,20	0,281
33S	3,70	22,25	0,85	3,01	9,40	3,73	4,26	2,79	0,076
332	3,80	15,50	0,52	0,69	2,55	9,18	3,26	1,30	0,073
341	0,30	3,81	1,20	4,07	20,45	8,90	6,75	2,53	0,038
34S	0,50	4,91	0,57	0,55	1,19	4,57	1,75	0,83	0,053
342	0,40	3,52	1,18	4,09	10,31	8,20	8,00	2,19	0,120
351	5,40	22,10	1,92	5,89	14,48	9,20	11,15	3,26	0,066
35S	3,60	10,34	0,80	3,80	15,40	9,39	6,08	2,30	0,520
352	4,20	21,81	1,47	5,81	20,67	9,63	10,86	3,69	0,349
361	5,10	16,56	1,68	8,31	26,74	13,23	8,03	3,74	0,226
36S	0,50	5,34	0,18	1,09	1,72	2,44	1,48	0,76	0,260
362	1,50	5,06	0,61	2,87	2,93	5,32	2,18	2,07	0,267
371	3,30	10,61	0,61	3,78	18,63	12,06	4,79	2,83	0,584
37S	0,70	8,48	0,45	0,63	5,06	5,92	2,11	0,90	0,396
372	4,30	11,84	0,89	4,11	19,16	12,78	6,99	2,93	0,261
381	4,10	13,03	0,90	3,67	20,03	14,35	6,64	2,33	0,142
38S	4,20	8,41	1,50	4,65	9,21	14,04	3,58	3,36	0,550
382	3,50	15,45	0,56	2,98	18,20	12,17	5,92	2,45	0,169

hatott ki, amely az üledék különböző összetevőinek nagyobb mértékű dúsulását eredményezte.

Külön említést érdemel a duzzasztás által befolyásolt területek és a Maros térségének üledéke. A vízlépcsők hatásterületén egyértelműen érzékelhető volt a vízsebesség csökkenéséből adódó üledék-felhalmozódás, amely az 50 μ alatti szemcseméretű, laza, mély iszap nagy százalékában, valamint a természetes és mesterséges vegyi anyagok jelentős mértékű dúsulásában nyilvánult meg. Figyelemre méltónak ítéltük azt a jelenséget, hogy közvetlenül a vízlépcső fölött a sodorvonalban is a partok melletti mintavételi helyeken tapasztaltakhoz hasonló állapotok uralkodtak, azaz a folyó egész keresztmetszelyére a finom iszap és a benne feldúsult komponensek kiemelkedően magas értékei voltak jellemzőek.

A Maros térségének üledéke jellegében és szemcseösszetételében lényegesen eltért ugyan a duzzasztott szakaszokétól, azonban az itt kapott átlagkoncentrációk közelítették meg legjobban ezeket a mennyiségeket.

A mellékvízfolyásoknak a Tisza üledékére gyakorolt közvetlen befolyása a vízsebesség, a mederalkat és a duzzasztások hatásához viszonyítva nem volt számottevő. A mellékfolyók által szállított hordalék jelentős hányadát a Tisza tovább szállította, így annak nagy része nem a torkolat közvetlen közelében, hanem lejjebb, valószínűleg a vízlépcsők fölött, vagy az alsó szakaszon rakódott le.

Összefoglalás

A folyó medrét alkotó üledék tulajdonképpen nyugalomban levő hordalék, hiszen egy esetleges árhullám a kiülepedett hordalékot ismét felkapja, elszállítja és máshol, más helyen lerakja.

A Tisza üledékére jellemző, hogy a felső szakaszt ért szennyeződések csak kis mértékben befolyásolják az ott található – nagyrészt homokos – alzat minőségét. Az egyes kémiai anyagokat jobban szorbeáló apróbb szemcsésű homokos-agyagos iszap és agyagos iszap a kanyarok külső ívén, valamint az egyes szakaszok part menti régióiban rakódnak ki. Áradások idején a finomabb szemcsefrakciók tovább sodródhatnak, miközben a Tiszát ért szennyeződések hatására a szemcsékhez kötődött kémiai komponensek szakaszonként fokozatos, helyenként ugrásszerű dúsulása következik be. Természetes körülmények között ez a folyamat a Tisza torkolata felé haladva az üledékben levő anyagok nagymértékű felhalmozódását eredményezi.

Ezt a természetes állapotot változtatták meg gyökeresen a vízlépcsők létesítése és üzembehelyezése után kialakult körülmények. A duzzasztás által befolyásolt területeken a víz hordalékának erőteljes kiülepedése következett be. A duzzasztott szakasz kezdetén a durvább, majd fokozatosan a finomabb szemcsésű üledék felhalmozódását figyeltük meg. Megváltozott a sodorvonal jellege is. A duzzasztóműhöz lassan közeledve csökkent, végül szinte teljesen megszűnt a sodorvonal és a part menti régiók üledéke közötti különbség.

A vízlépcsők előtti térség tehát mint egy hordalékesapda működik, időszakosan összegyűjti a fölötte levő területekről érkező, lebegőanyaghoz kötődött kémiai komponensek jelentős részét.

A vízlépcsők alatt a Tisza újra visszanyerte folyóvízi jellegét, így üledéke is számottevő változáson ment keresztül. A kiülepedett víz folyási sebessége ismét megnövekedett, fölös energiájával a mederanyagból újabb szemcséket ragadott magával, majd máshol lerakta. A dúsulási folyamat tehát részben előlőről kezdődött és így a kémiai komponensek felhalmozódása a Tiszalöki vízlépcsőt követően Kisköreinek, majd a Tisza alsó szakaszán volt szembevetendő. Ennek tulajdonítható, hogy több komponens esetében a legnagyobb átlagértékeket közvetlenül a Kiskörei vízlépcső fölötti területen kaptuk, ugyanis egyrészt itt a legnagyobb mértékű a duzzasztás, másrészt az egyes jelentősebb szennyező források (Sajó, Leninváros stb.) is ezen a folyószakaszon találhatók.

Nagyságrendben ezt követte a Maros térsége, ahol Szolnok, Martfű, Csongrád és Szeged szennyvizei mellett a Zagyva, a Körös és a Maros által szállított szennyező anyagok hatása összegződött. Feltehetőleg, hogy a Novi Becseji vízlépcső befolyása a Kisköreinek kedvezőtlenebb állapotok kialakulását fogja elősegíteni.

A Tiszalöki vízlépcső hatásterületén szintén megfigyelhető volt az üledékfelhalmozódás, de a kisebb mértékű duzzasztás és a Felső-Tisza csekélyebb szennyezettsége következtében a kémiai

komponensek átlagértékei nem érték el a Maros térségében és a Kiskörei vízlépcső fölött mért mennyiségeket.

Összességében a Tisza üledékének kémiai összetétele — a jelenlegi állapotban — még kedvezőnek tekinthető.

Az egyes térségekben létrejövő üledékfelhalmozódás és a kémiai komponensek dúsulása az alzat fokozatos elszennyeződését eredményezi ugyan, de az onnan felszabaduló és oldatba jutó anyagoknak (gázok, növényi tápanyagok stb.) a Tisza-vízre gyakorolt hatását az eddigiek során egyértelműen kimutatni nem tudtuk.

ФИЗИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ТИСЫ И ЕЁ ПРИТОКОВ

Ж. Дёри—П. Вегвари

РЕЗЮМЕ

Образующие русло реки отложения есть находящиеся в состоянии покоя наносы; притоком волны эти осевшие наносы могут быть подхвачены и отнесены на другое место, где они снова осадут.

Для отложений Тисы характерно то, что загрязнённость, которой подвергнут верхний отрезок продольного профиля, лишь в незначительной степени влияет на качество являющегося здесь в основном песчанного дна. Отличающийся лучшей адсорбцией некоторых химических веществ мелкопесчано-глинистый и глинистый ил откладывается на внешней стороне извилин, а также в прибрежных регионах прямых отрезков. Во время наводнений более мелкие фракции песка относятся дальше, в то время как под влиянием непосредственного загрязнения Тисы, а также загрязнения её приточными водами, наблюдаются постепенное — а иногда и скачкообразное — накопление прилегающих к песчинкам химических элементов. В естественных условиях этот процесс вызывает всё усиливающуюся степень загрязнения отложений по мере приближения к устью Тисы.

Это естественное состояние коренным образом изменилось в силу создания гидростанций и сформировавшихся после введения их в эксплуатацию условий. На подвергнутых влиянию запруживания территориях происходит интенсивное оседание водных наносов. В начале запруженного отрезка наблюдается накопление более грубых, а затем — всё более мелкозернистых отложений. Изменяется и характер линии быстрины (стремнины). По мере приближения к запруде постепенно снижается, а в конце полностью исчезает различие между отложениями линии стремнины и прибрежных регионов как в отношении состава зерна (гранул), так и содержания химических веществ.

Таким образом, пространства перед гидростанцией представляет собой каковы «ловушку» наносов, скапливая значительную часть приносимых с более высоких участков вместе со взвешенными наносами химических компонентов.

Ниже гидростанции Тиса вновь приобретает свой естественный речной характер, и её отложения подвергаются различным изменениям. Скорость течения воды после оседания отложений вновь повышается, возрастающая энергия помогает извлечению из материала русла новых частиц, которые откладываются затем на другом месте.

Итак, процесс накопления частично начинается снова, и за гидростанцией Тисалёк, в районе Кишкёре и на нижнем участке Тисы снова наблюдается накопление химических компонентов. Этим объясняется тот факт, что в случае большинства компонентов самый высокий средний показатель наблюдается на территории выше гидростанции в Кишкёре, так как, с одной стороны, именно здесь наиболее высокая степень запруженности, с другой стороны, на этом участке реки находятся такие источники загрязнённости, как р. Шайо и г. Ленинварош.

Следующим является пространство Мароша, где помимо сточных вод Сольнока, Мартфю, Чонград и Сегеда, значительно и влияние загрязнённых вод рр. Задьва, Кёреш и Марош. Предполагается, что под влиянием гидростанции в Нови Бече в районе Кишкёре сформируется более неблагоприятное положение.

На находящихся под влиянием гидростанции Тисалёк территориях также наблюдается накопление отложений, но вследствие меньшей степени запруженности и меньшей загрязнённости верхней Тисы средние показатели химических компонентов не достигли соответствующих показателей Мароша выше гидростанции Кишкёрен.

В общем химический состав отложений Тисы в настоящее время следует признать благоприятным.

Хотя наблюдающееся в отдельных пространствах накопление отложений и химических компонентов ведёт к постепенному загрязнению дна, не следует упускать из внимания тот факт, что находящиеся в отложениях бактерии ведут значительную разлагающую деятельность. Однако до настоящего времени нам не удалось выявить влияние, которое оказывают на Тису высвобождающиеся в процессе разложения и попадающие в раствор вещества (газы, растительные питательные вещества и т. д.).

FIZIČKI I KEMIJSKI USLOVI TALOGA TISE I NJENIH PRITOKA

Győri Zs. i Végvári P.

REZIME

Talog, koji stvara korito vodotoka je zapravo nanos u stadiju mirovanja, pošto eventualni poplavni talas može da ponovno pokrene istaloženi nanos, da ga transportira i odloži na nekom drugom mestu.

Za talog Tise karakteristično je, da zagađenja na gornjoj deonici, samo u maloj meri utiču na kvalitet tamošnje — većim delom peskovite — podloge. Sitnozrnasti peskovito-glinasti mulj i glinasti mulj, koji bolje adsorbira izvesne kemijske tvari, taloži se na vanjskim stranama krivina i na priobalnim regijama ravnih rečnih deonica. Za vreme porasta vode, finije frakcije se pomeraju dalje, pri čemu se koncentracija kemijskih komponenta, koje se vezuju na zrna pod uticajem zagađenja, na Tisi neposredno, a preko njenih pritoka posredno, mistički uspešno, a ponegde naglo raste. U prirodnim uslovima, idući prema ušću Tise ovaj proces rezultira sve veću zagađenost taloga.

Ovu prirodnu situaciju su bitno izmenili uslovi, koji su se formirali nakon realiziranja i stavljanja u pogon vodnih stepenica. Na područjima, koja se nalaze pod uticajem uspora, usledilo je snažno taloženje nanosa iz vode. Na početku usporene deonice je uočeno nagomilovanje grubljeg, a dalje postepeno sve finije zrnastog nanosa. Izmenjena je i karakteristika matice. Približavajući se ka brani, postepeno se smanjivala, a konačno je potpuno iščezla razlika između taloga u matici i u priobalnim regijama, kako u pogledu granulacije zrna, tako i u pogledu količina ispitanih kemijskih materija.

Prostor pred vodnim stepenicama funkcioniše kao klopka za nanos, povremeno prikuplja značajni deo kemijskih komponenta, koje se vezuju na suspendirani materijal, koji dolazi sa uzvodnih područja.

Nizvodno od vodnih stepenica Tisa ponovno preuzima karakter tekuće reke, pa se i njen talog znatno izmenjuje. Brzina iztaložene vode ponovno raste, sa povećanom energijom pokreće nova zrna iz materijala korita, a potom na drugim mestima odlaze.

Proces koncentriranja počinje iznova, pa je nagomilavanje kemijskih komponenta uočljivo, nizvodno od stepenice Tiszalök kod vodne stepenice Kisköre, a zatim opet na donjoj deonici Tise. Tome se može pripisati, da su u slučaju nekih komponenta najveće prosečne vrednosti dobivene na području neposredno uzvodno od vodne stepenice Kisköre, ovdje je naime najveći uspor, a osim toga pojedini značajniji izvori zagađivanja (Sajó, Leninváros itd.) se nalaze također na ovoj rečnoj deonici.

Po redu veličina iza toga sledi područje oko Moriša, na kojem pored otpadnih voda iz gradova Szolnok, Martfű, Csongrád i Szegedin, sumira se uticaj i materijala zagađivanja transportiranih rekama Zagyva, Körös i Moriš. Može se pretpostaviti, da će uticaj vodne stepenice Novi-Bečej pospešiti formiranje još nepovoljnije situacije nego kod Kisköre.

Na uticajnom području vodne stepenice Tiszalök opažano je također nagomilavanje taloga, ali posledicom manjeg uspora i manje zagađenosti gornje Tise, prosečne vrednosti kemijskih komponenta nisu dostigle one količine, koje su uočene u području oko Moriša i uzvodno od vodne stepenice kod Kisköre.

U celosti kemijski sastav u talogu Tise — u sadašnjem stanju — može se smatrati povoljnim.

Nagomilovanje taloga i koncentriranje kemijskih komponenta u pojedinim područjima, doduše rezultira uspešno zagađivanjem podloge, ili se ne smije izgubiti iz vida činjenica, da je značajna također i rastvarajuća aktivnost bakterija u talogu. Uticaj materijala koji se oslobodjaju tokom rastvaranja (plinovi materije za napajanje bilja itd.) na kvalitet vode Tise, dosad nije bilo moguće iskazati.

Irodalomjegyzék

- BOGÁRDI, J. (1971): Vízfolyások hordalékszállítása. – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- FELFÖLDY, L. (1974): A biológiai vízminősítés. – Vízügyi Hidrobiológia 3., VIZDOK Budapest.
- HEMBREE, C. H. et. al. (1971): Influences of sedimentation on water quality: an inventory of research and research needs. – Journal of the Hydraulics Division Proc. ASCE, 1203–1211.
- JUHÁSZ, J. (1976): Hidrogeológia, – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- LIUD, WONG P. TS., DUTKA, B. S. (1973): Determination of carbohydrate in lake sediment by a modified phenol – sulfuric acid method. – Water Research.
- TALAJ ÉS TRÁGYAVIZSGÁLATI MÓDSZEREK (1970), – Szabadság Lapnyomda, Debrecen.
- TALAJTANI ÉS AGROKÉMIAI VIZSGÁLATI MÓDSZEREK (1970). – Szabadság Lapnyomda, Debrecen.
- TAYLOR, G. I. (1935): Statistical Theory of Turbulence. – Proc. of Royal Society of London 151/A.
- VITUKI, (1975): KGST, Egységes Vízvizsgáló Módszerek. – Budapest.