

Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet

Modul za hidrotehniku i vodno-ekološko inženjerstvo



SEMINARSKI RAD

Merenje suspendovanog nanosa ultrazvučnom metodom

Studenti:

Bogavac Lazar 503/19

Bojović Boško 617/19

Dostanić Jovana 515/19

Milićević Maja 619/19

Rajković Valentina 514/19

Predmetni profesor:

Prof. Dr Prodanović Dušan

Doc. Dr Ivetić Damjan

Mast. inž. građ. Milašinović Miloš

Beograd 2020.

Sažetak:

Rečni nanos je sastavljen od čestica različite veličine. U zavisnosti od brzine vode u vodotoku i krupnoće čestica, rečni nanos se transportuje u vidu vučenog i suspendovanog (lebdećeg) nanosa. Suspendovani nanos čine finije frakcije nanosa i on se pronosi celom površinom poprečnog preseka toka. Merenjem se pristupa korišćenjem dva različita pristupa, tradicionalni i savremeni pristup.

U tradicionalnom pristupu se koriste razne vrste hvatača koji mogu biti pozicionirani u tački ili se kretati po dubini. Takva merenja su obično skuplja i opsežna, zahtevaju veliku organizaciju i merenje u mnogo tačaka poprečnog preseka, pa se u novije vreme prelazi na korišćenje savremenih metoda.

Savremene metode uglavnom podrazumevaju korišćenje ADCP uređaja, koji je prvobitno konstruisan i namenjen za merenje polja brzine u poprečnom preseku, ali se došlo do zaključka da se njime posredno može meriti i koncentracija suspendovanog nanosa. ADCP uređaji mere brzinu vode, tako što odašiljaju akustični talas kroz vodu i beleže frekvenciju i amplitudu eha, koji se odbija od suspendovane čestice u vodi, za koju važi pretpostavka da se kreće istom brzinom kao i voda.

Savremene metode su brže i jednostavnije, jer se podaci dobijaju na osnovu ultrazvučnih merenja i nema potrebe za višednevnim analizama. Takođe, podaci se mogu ekstrapolovati po celom poprečnom preseku, dok je kod savremene metode potrebno odrediti merodavne vertikale i broj tačaka u svakoj od vertikala, što ostavlja više prostora za grešku.

Takođe, važan faktor je prikupljanje podataka u toku poplavnog talasa, što je sa korišćenjem tradicionalnih metoda praktično nemoguće, pa samim tim izostaju važni podaci u periodima velikih voda.

SADRŽAJ:

1. Uvod	4
2. Razvoj tehnologije merenja suspendovanog nanosa	6
2.1 Tradicionalni pristup	6
2.2 Savremeni pristup	8
3. ADCP metoda za merenje suspendovanog nanosa	11
3.1 Metodologija	11
3.2 Princip rada uređaja	11
3.3 Proračun koncentracije suspendovanog nanosa.....	14
4. Poređenje tradicionalne i savremene metode	16
Literatura.....	19

1. Uvod

Atmosferske padavine uzrokuju dva paralelna procesa u rečnim slivovima – površinski oticaj i spiranje tla, usled čega dolazi do nastanka velikih voda i eroziona produkcije nanosa. Erozijska produkcija nanosa i transport nanosa u vodotocima predstavljaju prirodni fenomen i ne mogu se potpuno eliminisati [1].

Režim rečnog nanosa se odnosi na prostornu i vremensku raspodelu količina i karakteristika nanosa. U to spadaju fizička svojstva nanosa, kao i pojave vezane za njegovu interakciju sa rečnim tokom. Njime je obuhvaćena raspodela krupnoće čestica, količina nanosa u pokretu i bilans nanosa na datoj deonici u nekom vremenskom periodu. Definiše se na osnovu terenskih istražnih radova i hidrauličkih proračuna [1].

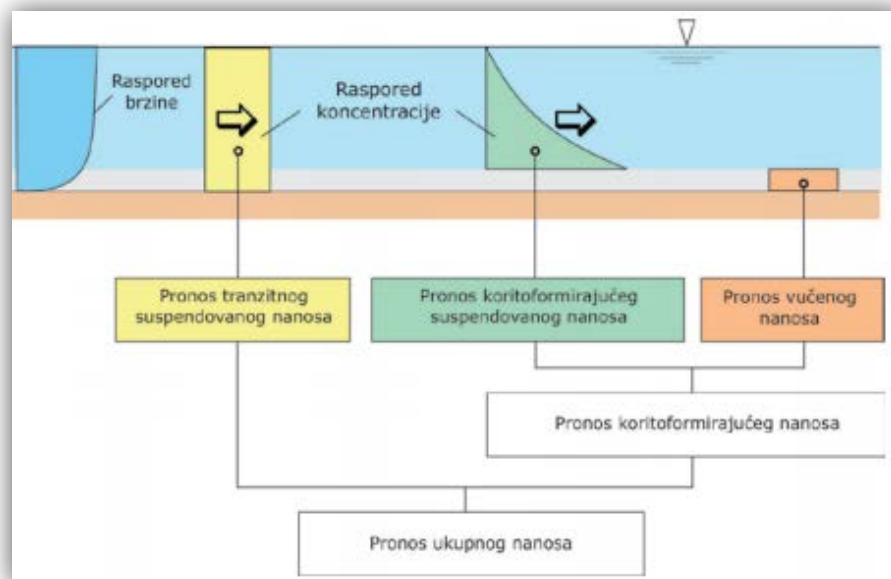
Rečni nanos čine čestice geološkog porekla koje su pokrenute erozijom sa površine terena dospеле u vodotok. Rečni nanos je sastavljen od čestica različite veličine. U zavisnosti od brzine vode u vodotoku i krupnoće čestica, rečni nanos se transportuje u vidu vučenog nanosa (5-15%) i suspendovanog ili lebdećeg nanosa (85-95%). Vučeni nanos čine krupnije frakcije nanosa (obluci, šljunak i krupan pesak), koje se kreću po dnu kotrljanjem, skokovima i vučenjem. Dok suspendovani nanos čine finije frakcije nanosa (sitan pesak, prašina i glina), suspendovani nanos se pronosi celom površinom poprečnog preseka toka, pri čemu je brzina kretanja čestica nanosa jednaka brzini vode.

Dakle, moguća su dva načina podele rečnog nanosa: prema poreklu, nanos se deli na tranzitni i koritoformirajući nanos (vučeni i deo suspendovanog), a prema načinu kretanja na vučeni i suspendovani. U daljem tekstu biće više reči o karakteristikama i merenju suspendovanog nanosa [1].

U zavisnosti od toga da li se radi o vučenom ili suspendovanom nanosu postoje različiti instrumenti i različiti načini merenja na vodotoku. Najčešće se posebno meri i računa pronos vučenog nanosa i pronos suspendovanog nanosa, a ukupni predstavlja zbir ova dva. Merenja se vrše da bi se pipremili podaci za prognozu morfoloških promena u vodotoku usled regulacionih radova i prognozu zasipanja akumulacija [1].

Čestice različitih krupnoća imaju različite profile koncentracija. Fine čestice suspendovanog nanosa su raspoređene vrlo ujednačeno u vertikali i u poprečnom profilu rečnog toka, zbog male krupnoće sporo se talože i u mirnoj vodi. Krupnije čestice su teže i padaju na dno pa je zbog toga njihova koncentracija na dnu mnogo veća nego na površini [1].

Pronos nanosa je količina nanosa koja prolazi kroz posmatrani poprečni presek vodotoka u jedinici vremena, dakle ima jedinicu kg/s [1].



Slika 1: Komponente pronosa nanosa

Za suspendovani nanos srednje profilske vrednosti protoka vode i pronosa nanosa dobijaju se integracijom karakterističnih veličina po poprečnom preseku:

$$q = \int_0^h v \cdot dh \left[\frac{m^3}{s \cdot m'} \right] \quad (1)$$

gde je q – jedinični protok u vertikalni, v – komponenta brzine upravna na presek po kome se integriše, h - dubina vode u vertikalni

$$Q = \int_0^h \int_0^B v \cdot dh \cdot dx \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (2)$$

gde je Q – srednji protok u profilu, v – brzina vode u tački, h - dubina vode, B – širina profila

$$\rho_0 = v_i \cdot c_i \left[\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right] \quad (3)$$

$$\rho = \int_0^h \rho_0 \cdot dh \left[\frac{kg}{m \cdot s} \right] \quad (4)$$

gde je ρ_0 – pronos nanosa u tački, v_i – brzina vode u tački, c_i – koncentracija nanosa u tački u jedinici kg/m^3 , ρ – jedinični pronos nanosa u vertikalni, h - dubina vode u vertikalni

$$P = \int_0^h \int_0^B v \cdot c \cdot dh \cdot dx \left[\frac{kg}{s} \right] \quad (5)$$

gde je P – srednji pronos nanosa u profilu [2].

Dakle, za proračun pronosa nanosa potrebno je raspolagati brzinama i koncentracijama po prostoru u određenim tačkama. Te veličine se mere u nekoliko tačaka u vertikali pa se vrednosti ekstrapoluju.

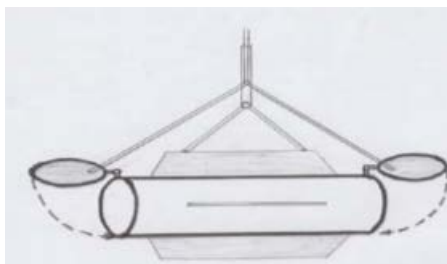
2. Razvoj tehnologije merenja suspendovanog nanosa:

Celokupna tehnologija merenja suspendovanog nanosa se zasniva na dva tipa različitih metoda: tradicionalna i savremena metoda.

2.1. Tradicionalni pristup

Po tradicionalnoj metodi zahvatanje uzoraka vode sa suspendovanim nanosom obavlja se pomoću hvatača – batometara čija konstrukcija zavisi od načina zahvatanja, karakteristika toka i koncentracije nanosa. Uzimanje uzoraka obavlja se postepenim punjenjem boce određene zapremine, koja predstavlja glavni deo svakog hvatača. Način zahvatanja zavisi isključivo od ciljeva analize.

Ako je cilj utvrđivanje rasporeda koncentracije po dubini, zahvatanje se obavlja u nizu tačaka jedne vertikale i u tom slučaju se koriste hvatači za lokalno uzimanje uzoraka, kada se postavlja barometer na tačno određene tačke u vertikali i na osnovu toga se formira raspored koncentracije po dubini. Jedan takav hvatač prikazan je na slici 2.



Slika 2: Hvatač za lokalno uzimanje uzorka

Za određivanje srednje koncentracije po vertikali se koriste hvatači integratori, koji nisu statični u tački već se pomeraju po dubini i zahvataju uzorak, na osnovu čega se određuje srednja koncentracija [3].

Postoji više tipova hvatača integratora. Hvatači sa bocom ili vrećicom (slika 3) se koriste kod većih koncentracija ($C_m > 0.5 \text{ gr/l}$). Ovi hvatači se razlikuju po konstrukciji usisne cevi i po

načinu na koji se izjednačava pritisak u hvataču i oko njega. Stariji tipovi hvatača-integratora koriste boce za zahvatanje uzoraka, a noviji koriste plastične vrećice. Brzina kretanja hvatača kreće se od 0.25 m/s do 1 m/s [3].



Slika 3: Hvatač sa integrotom

Vakuumni hvatači koriste se u slučaju relativno malih koncentracija ($C_m < 0.5 \text{ gr/l}$), kada je potrebno zahvatiti uzorak velike zapremine. U Institutu „Jaroslav Černi“ konstruisan je vakuum batometar kojim se uzimaju uzorci u više tačaka po vertikali. Može se koristiti na velikim ravničarskim rekama, pri brzinama toka do 3 m/s i dubine do 50m. Osnovne komponente su vakuum pumpa, pretkomora za pražnjenje creva i komora zapremine 40l. Koristi se za hvatanje i najsitnijih čestica, tako da se njime određuje ukupan pronos suspendovanog nanosa, kao i suma koritoformirajućeg i tranzitnog suspendovanog nanosa [4].

Mane tradicionalnih metoda se ogledaju u skupim i opsežnim merenjima, kao i u tome što se za merenje mora izabrati tačan broj vertikala u poprečnom preseku, kao i broj tačaka u svakoj vertikali. Da bi se ti problemi rešili razvijaju se nove, savremene metode, koje kontinualno mere tražene veličine. Istovremena merenja tradicionalnim i novijim akustičnim metodama trebalo bi izvoditi dok korelacija među merenim veličinama ne postigne zadovoljavajuću pouzdanost i pokrije ceo opseg mogućih protoka. Naime, pri merenju se sa jedne strane broda postavlja savremeni uređaj, a sa druge neki od hvatača. Tako dobijeni podaci se onda upoređuju i može se pristupiti procesu kalibracije.

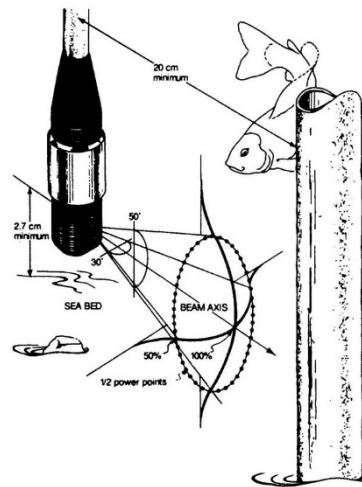
2.2. Savremeni pristup

Savremeni pristup merenju suspendovanog nanosa se sastoji od kontinualnog merenja nanosa optičkim (Optical backscatter point sensor - OBS) i akustičnim (Acoustic backscatter profiling sensors – ABS) metodama.

Optičke metode rade na principu analize mutnoće vode. One mogu računati stepen gušenja ili stepen refleksije svetla u vodi.

Kod analize refleksije, u upotrebi je OBS optički senzor (Slika 3) koji poseduje diodu koja emituje infra crveno zračenje (IRED) i meri odbijanje zraka o čestice suspendovanog nanosa. To odbijanje najviše zavisi od veličine, strukture i oblika čestica suspendovanog nanosa, pa se uređaj mora kalibrisati za svaku lokaciju. Opseg merenja za pesak je od 1 do 100 kg/m³, a uređaj radi na frekvenciji od 2Hz. Što je veće odbijanje to je koncentracija suspendovanog nanosa veća, dok u čistoj vodi nema odbijanja.

Uređaji koji mere prigušenje svetlosti, rade na principu postavljanja sijalice i foto detektora u vodu na određenom rastojanju. Što više svetlosti dođe do foto detektora to je koncentracija suspendovanog nanosa manja.



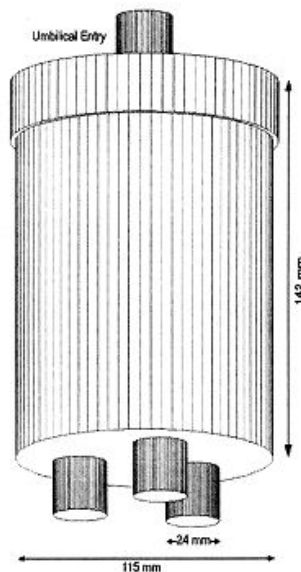
A. OBS SENSOR

Slika 4: OBS uređaj

Akustične metode se kao i optičke zasnivaju na merenju odbijanja ili prigušenja, ali u ovom slučaju ultrazvuka. Kod metoda koje mere prigušenje se postavljaju predajnik i prijemnik u vodu, pa se na osnovu primljenog signala računa koncentracija suspendovanih čestica.

Mnogo češće se koriste metode koje se zasnivaju na odbijanju ultrazvuka. Uređaj funkcioniše na principu puštanja signala i merenja vremena dok se taj signal ne odbije o čestice

nanosa. Na osnovu analize tog odbijanja može se proceniti koncentracija suspendovanog nanosa. Jedan takav uređaj prikazan je na slici 5.



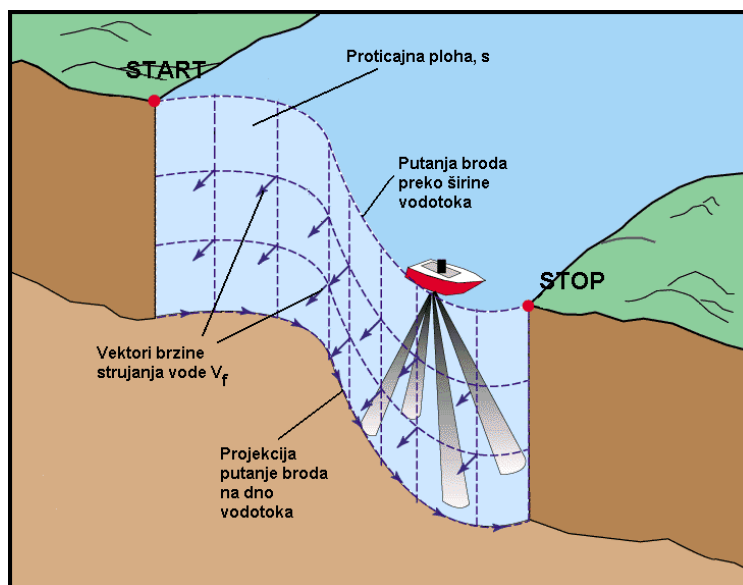
Slika 5: ABS uređaj

Jedan od uređaja koji pripada akustičnim metodama je i Acoustic Doppler Current Profiler - ADCP kod kog se pomeranjem senzora po profilu snima raspored brzina po dubini kao i dubina vode u preseku, a na osnovu dobijenih podataka računa protok. Jedan takav uređaj prikazan je na slici 6. On je prvobitno napravljen zbog merenja polja brzina i protoka, ali se koristi i za merenje koncentracije nanosa, najviše iz praktičnih razloga, jer se jednim merenjem dobija i polje brzina i koncentracija.



Slika 6: ADCP uređaj porignut zbog transporta

Rezultati merenja akustičnim uređajima (povratni signali) i analize zahvaćenih uzoraka (koncentracije nanosa) mogu se korelisati i ekstrapolovati po celom poprečnom preseku. Istovremena merenja tradicionalnim i novijim akustičnim metodama trebalo bi izvoditi dok korelacija među merenim veličinama ne postigne zadovoljavajuću pouzdanost i pokrije ceo opseg mogućih protoka. Na slici 7 prikazano je kretanje broda po poprečnom preseku koji snima polja brzina korišćenjem ADCP metode [2].



Slika 7: Kretanje broda po poprečnom preseku

3. ADCP metoda za merenje koncentracije suspendovanog nanosa

Merenje koncentracije suspendovanog nanosa (SSC) predstavlja prvi korak u analizi transporta nanosa u rečnim tokovima. Umesto standardnih metoda u novije vreme se za merenje protoka masovno koriste ultrazvučni uređaji (Acoustic Doppler Current Profiler - ADCP), pri čemu se rezultati merenja mogu iskoristiti i za određivanje koncentracije suspendovanog nanosa.

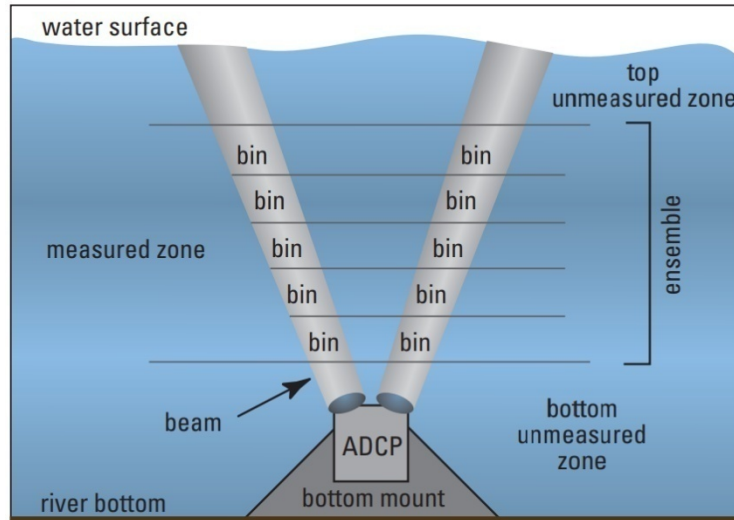
3.1. Metodologija

Korišćenjem ADCP-a za određivanje SSC, metodologija se svodi na process korišćenja amplitude intenziteta vraćenog eha koji se preračunava u SSC na osnovu korelacione veze zasnovane na principu sonarnih jednačina. Frekvencija uređaja je važan faktor u analizi jer niža frekvencija daje manji gubitak po dubini i jači odziv za veće čestice dok više frekvencije daju veći gubitak po dubini i jači odziv za manje čestice, pa se tako sa optičkim uređajima za merenje mutnoće (koncentracije), koji rade na visokim frekvencijama, daju jači odziv za najmanje čestice. Proces kalibracije se radi upoređivanjem intenziteta vraćenog eha sa laboratorijskim analizama SSC na pojedinim tačkama po dubini koristeći linearnu regresiju [2].

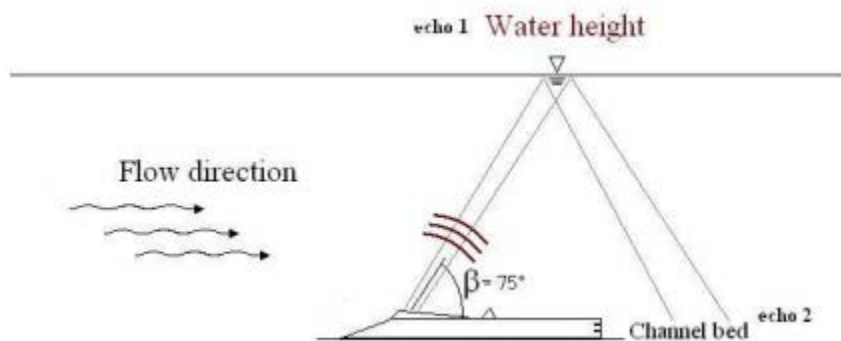
3.2. Princip rada uređaja

ADCP uređaji mere brzinu vode, tako što odašiljaju akustični talas kroz vodu i beleže frekvenciju i amplitudu eha, koji se odbija od suspendovane čestice u vodi, za koju važi pretpostavka da se kreće istom brzinom kao i voda. Kretanje ovih čestica prema ili od ADCP senzora, izaziva Doplerov efekat promene frekvencije u povratnom ehu, koji ADCP koristi da izračuna brzinu čestice. Amplituda povratnog signala je zabeležena kao intenzitet eha EI. ADCP beleži brzine i podatke o EI iz serije segmenata, odnosno binova (ćelija) koji sačinjavaju akustični „snop“ koji generiše senzor.

ADCP koristi promenu frekvencije (kao posledicu Doplerovog efekta) zabeleženu u svakom binu i snopu sa određivanje vektora brzine čestica. Intenzitet eha EI, u određenim uslovima, proporcionalan je koncentraciji suspendovanog nanosa. Prikupljanje dovoljno podataka za interpretaciju je ograničen samo snagom baterije i internom memorijom ADCP uređaja. Uređaji se mogu postavljati na dnu korita, tako da šalju akustične impulse naviše, ili prikačeni za brod i šalju impulse naniže [5].

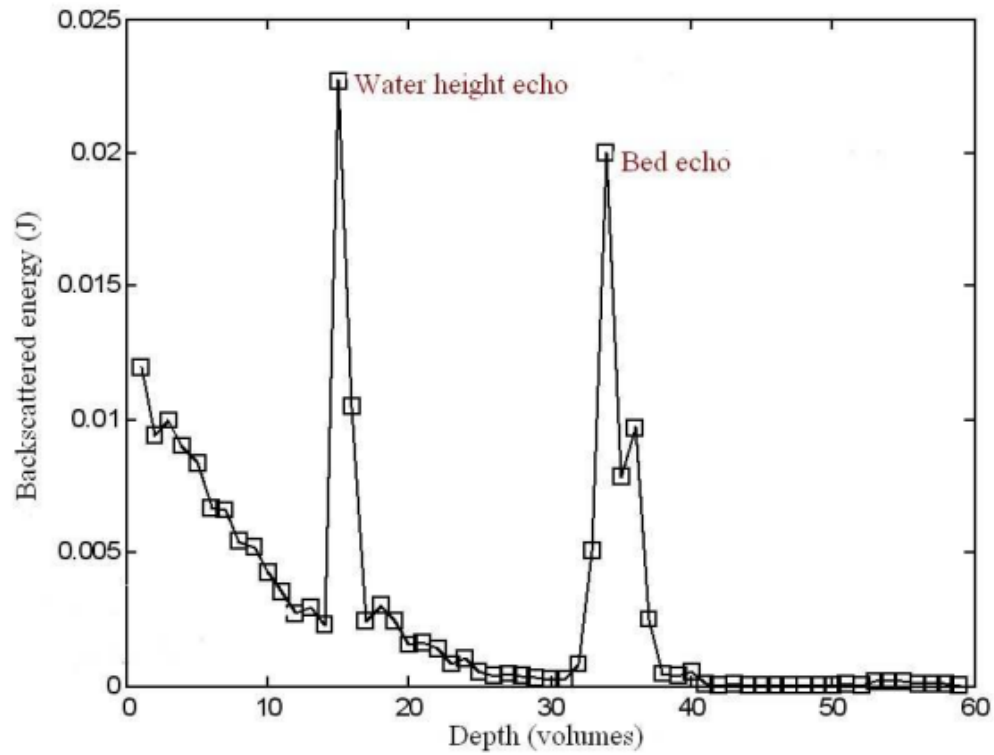


Slika 8: Shematski prikaz ADCP uređaja okrenutog naviše [5]

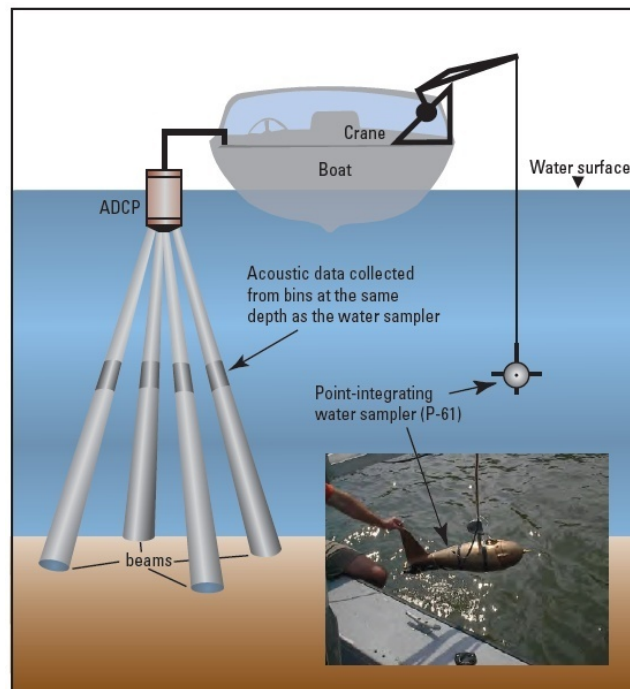


Slika 9: Propagacija snopa ultrazvučnog signala kod merenja dubine [5]

Kao što se vidi na prethodnoj slici, emitovani ultrazvučni snop se prostire kroz sredinu i odbija se od površinu vode. To dovodi do toga da velika količina energije snopa bude odbijena. Deo te energije se odbija ponovo od dno korita i dovodi do višestrukog eha. Prisustvo višestrukog eha čini analizu signala otežanom, jer u nekim slučajevima amplituda eha odbijenog od dno može biti reda veličine amplitude eha koji se dobija odbijanjem od površine vode [5].



Slika 10: Klasičan profil amplituda [5]



Slika 11: Shematski prikaz ADCP uređaja okrenutog naniže i hidrometrijsko krilo za kalibraciju ADCP uređaja [5]

3.3. Proračun koncentracije suspendovanog nanosa

Konverzija intenziteta eha EI dobijenog ADCP uređajem, u koncentraciju suspendovanog nanosa, zahteva korekcije za promenljivu jačinu poslatog ultrazvučnog signala, dužine odašiljanja i veličine čestica u vodi tokom vremena; prostorne promene u širenju akustične energije od senzora i ponašanja akustične energije u blizini senzora; promene u prostoru i vremenu absorpcije zvuka od strane vode i suspendovanih čestica; varijabilnosti između senzora. Intenzitet eha EI posle korekcije svih navedenih faktora, osim vremenske promene veličine čestica, naziva se relativni zvučni signal i označava se kao ABS (Acoustic Backscatter). Jednačina za određivanje koncentracije suspendovanog nanosa, zasnovana je na sonarnoj jednačini i u opštoj formi glasi [5]:

$$C_m = 10^{(A \cdot ABS + B)} \quad (6)$$

gde su: C_m – koncentracija suspendovanog nanosa, A i B - empirijski određeni nagib i presek regresione krive $\log C_m(ABS)$.

Nekoliko koraka je neophodno za pretvaranje sirovih podataka koje je ADCP zabeležio, na primer, promena snage zbog udaljenosti, apsorpcije zvuka u česticama, širenje zvučnog talasa. Problem se koriguje izračunavanjem [2]:

$$TL = 20 \log_{10} R + \alpha \cdot R \quad (7)$$

gde je α koeficijent apsorpcije [dB/m] i R rastojanje između ADCP i merene ćelije [m].

Ukoliko se koristi uređaj koji snima zvučni signal eha u „count“ (npr. TRDI ADCP), potrebno je pretvoriti intenzitet eha EI u „db“, tako što se sračunat intenzitet eha EI umanjuje za intenzitet šuma za svaku ćeliju (bin), a zatim pomnoženu sa K_c . Vrednosti intenziteta eha moraju biti mnogo veće od intenziteta šuma [2].

$$RL = K_c \cdot (EI - E_r) \quad (8)$$

U vrednost RL ulazi i uticaj temperature jer K_c zavisi od temperature, ali je to relativno konstantna vrednost po dubini za svako merno mesto [2].

$$K_c = \frac{127.3}{T_e + 273} \quad (9)$$

Relativni zvučni signal ABS može se odrediti sabiranjem RL i TL ali pošto je ADCP aktivni sonar dodaje se 2TL pa se RB može sračunati narednom formulom [2]:

$$ABS = RL + 2 \cdot TL \quad (10)$$

Proces konverzije od intenziteta eha E_I u „count“ do „db“ bio bi pojednostavljen sledećom jednačinom, ali se član $K_c(E - E_r)$ gubi kod korišćenja ADCP uređaja koji već sračunavaju intenzitet eha u „db“ (Sontek ADCP) [2]:

$$ABS = K_c (EI - E_r) + 40 \cdot \log_{10} R + 2 \cdot \alpha \cdot R \quad (11)$$

Pretvaranje izmerenih signalasa ADCP u SSC zahteva vezu relativnog zvučnog signala u sprezi sa kretanjem suspendovanih čestica i količinom suspendovanog nanosa. Ovaj odnos se zasniva na sledećoj jednačini [2]:

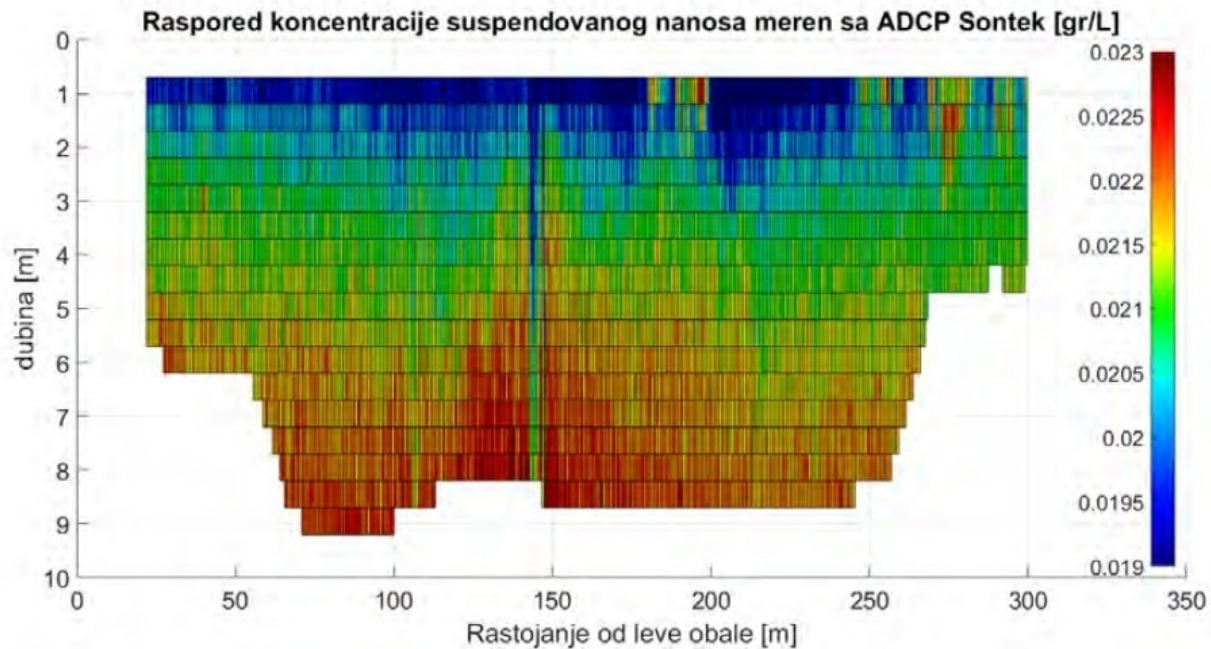
$$\log_{10} C_m = A + B \cdot ABS \quad (12)$$

Bitno je napomenuti da ADCP snima brzine u određenom opsegu dubina (ne meri se u sloju blizu dna kao ni u sloju blizu površine vode) i da svaki ADCP mora imati teorijski raspored brzina na osnovu koga može da nadomesti nemerene deo. Standardno pri računanju protoka koristi se eksponencijalni raspored brzine prema sledećoj jednačini [2]:

$$\frac{u}{u_*} = 9.5 \cdot \left(\frac{z}{z_0} \right)^b \quad (13)$$

Gde je u brzina na rastojanju z merenog od dna reke, u^* je brzina trenja, z_0 je referentno rastojanje od dna na kome je brzina jednaka nuli i b konstanta koja je prema Chen 1991 jednako $1/6$.

Pomenuti nemerene deo brzina, a prema eksponencijalnoj zavisnosti, koristi da bi se izračunao specifični pronos pri dnu i površini gde ADCP ne meri brzinu ali ima vraćen eho. Nakon dobijanja specifičnog pronosa za svaku od vertikalna sračunava se ukupan pronos suspendovanog nanosa standardnim postupkom. Međutim ADCP takođe ne meri deo uz obale koji se za proračun protoka dodaje [2].



Slika 12: Poprečni profil koncentracije suspendovanog nanosa [gr/L] izmeren ADCP Sontek uređajem na profilu Novi Beograd na reci Savi [2]

4. Poređenje tradicionalne i savremene metode

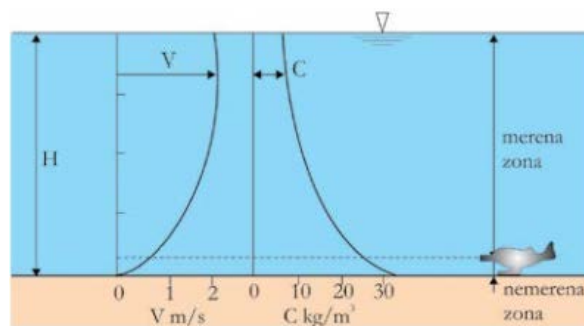
Savremeni pristup proračuna koncentracije suspendovanog nanosa rešava mnoge probleme koje imaju tradicionalne metode.

Naime, za određivanje karakteristika i granulometrijskog sastava nanosa prema tradicionalnoj metodi, potrebno je organizovati opsežna terenska merenja, nakon toga te podatke obrađivati u laboratoriji i tu izvršiti analize. U laboratoriji se koncentracija nanosa određuje metodom isparavanja ili filtriranja. To su metode koje zahtevaju višednevno angažovanje i analizu. Takođe su jako osetljive na spoljašnje faktore, npr. promenu temperature i vlažnosti vazduha, a i mogu se lako desiti greške, kada najsitnije čestice prolaze kroz pore filtra i ne dobijaju se odgovarajući rezultati [3].

Terenska merenja kao takva su skupa, opsežna i zahtevaju pažljivu organizaciju kako bi se dobile reprezentativne vrednosti parametara nanosa.

Savremene metode su brže i jednostavnije, jer se podaci dobijaju na osnovu ultrazvučnih merenja i nema potrebe za višednevnim analizama. Takođe, podaci se mogu ekstrapolovati po celom poprečnom preseku, dok je kod tradicionalne metode potrebno odrediti merodavne vertikale i broj tačaka u svakoj od vertikala, što ostavlja više prostora za grešku.

Ni jedan instrument koji se koristi u tradicionalnoj metodi, ne može da meri koncentraciju suspendovanog nanosa pri samom dnu ni samoj površini (slika 13), zbog same prirode merenja i to zavisi od tipa korišćenog instrumenta. Ti podaci se moraju ekstrapolovati, iako su oni najvažniji jer je u zoni dna transport najintenzivniji pa merenje ima određenu grešku. Takođe, nedostatak se ogleda u tome što se u trenutku otvaranja usisne cevi ne može sprečiti naglo prodiranje vode i ne može se podesiti brzina punjenja. Prodiranje vode je posledica smanjivanja zapremine vazduha u boci u procesu izjednačavanja hidrostatičkog pritiska u tački zahvatanja i pritiska u unutrašnjosti hvatača. Zbog toga je koncentracija u zahvaćenom uzorku manja od stvarne. ADCP uređaj, sa druge strane, nema ovakvih problema jer se ultrazvučni signal prostire po celom poprečnom preseku [1].



Slika 13: Aproximacija pri merenju suspendovanog nanosa

Standardna metoda zahteva veliki broj uzoraka i brzina u svakoj od tačaka uzrokovanja. Korišćenjem ADCP-a zahvatanje uzoraka svodi se na što manju meru, a samim tim se skraćuje uloženo vreme u merenje suspendovanog nanosa. Primena akustične tehnologije za kvantifikaciju SSC daje veću pokrivenost detaljima jer je standardna metoda ograničena na tačke u par vertikalala.

Takođe, važan faktor je prikupljanje podataka u toku poplavnog talasa, što je sa korišćenjem tradicionalnih metoda praktično nemoguće, pa samim tim izostaju važni podaci u periodima velikih voda.

Mana savremenih metoda je u postizanju pravilno kalibrisanih merenja i otklanjanja smetnji ultrazvučnom signalu.

Trenutni ADCP uređaji koji su u upotrebi su jedno-frekventni instrumenti i kao takvi, nisu u mogućnosti da odrede da li su promene vrednosti EI povezane sa promenom koncentracije nanosa, ili promenom u raspodeli veličine čestica. Interpretacija podataka o intenzitetu eha stoga zahteva dodatne pretpostavke o ovim promenama. Ova ograničenja čine relaciju između EI i koncentracije suspendovanog nanosa jedinstvenim za svaku lokaciju.

Takođe, ograničenje se ogleda u relaciji između obima čestica i frekvencije ADCP. Uočeno je da se neodređenosti u proceni koncentracije suspendovanog nanosa povećavaju srazmerno odnosu obima čestica i talasnih dužina.

ADCP uređaji su dizajnirani da detektuju promene u zvučnoj frekvenciji u određenom profilu i manje su precizni u merenju amplitude promena vezanim za merenja EI. Drugi činioci koji komplikuju određivanje relacije između EI i koncentracije suspendovanog nanosa uključuju nemogućnost prikupljanja akustičnih podataka i uzoraka vode za određivanje koncentracije suspendovanog nanosa, sa iste lokacije i istovremeno; potreba za korekcijom podataka da bi se odredio gubitak akustične energije sa odstojanjem od ADCP-a; korekcija stalnih i povremenih razlika između instrumenata i komponenata instrumenta tokom vremena [5].

Za merenje koncentracije suspendovanog nanosa, najbolje bi bilo koristiti neki od ABS uređaja kome je samo to merenje i namena. Kada bi to bio slučaj, pored takvog uređaja, morao bi biti korišćen i poseban uređaj za merenje brzina i ostalih potrebnih veličina u poprečnom preseku. Korišćenjem ADCP-a može se u isto vreme dobiti i profil brzina, kao i koncentracija suspendovanog nanosa, pa je zbog toga jedan od najkorišćenijih uređaja u praksi.

LITERATURA:

- [1] – Babić Mladenović Marina (2018), *Uređenje vodotoka*, Prvo izdanje, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd, Srbija
- [2] – Analiza primene akustičnih metoda za merenje suspendovanog nanosa – Predrag Vojt, Nevena Cvijanović, Dimitrije Mladenović, Mladen Kostić, Nikola Rosić, Mira Ivljanin; Niš 2018.
- [3] – Jovanović B. Miodrag (2008). *Regulacija reka: rečna hidraulika I morfologija*, Drugo izdanje, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija
- [4] – Fares Abda, Pierre François, Stéphane Fischer, P. Schmitt (2009). *Ultrasonic device for real-time sewage velocity and suspended particles concentration measurements*, *Water Science & Technology*, 60(1):117-25
- [5] - Use of an ADCP to Compute Suspended–Sediment Discharge in the Tidal Hudson River, New York - Gary R. Wall, Elizabeth A. Nystrom, and Simon Litten; U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2006