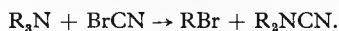


bromfenol-plava (tetrabromfenol-sulfoftalein), bromfenolcrvena (dibromfenolsulfoftalein), bromklorfenolplava (dibromdiklorsulfoftalein), bromkrezolzelena (3,3',5,5'-tetrabrom-*m*-krezolsulfoftalein), bromkrezolpurpur (5,5'-dibrom-*o*-krezolsulfoftalein), bromtimolplava (dibromtimolsulfoftalein). Natrijumska sol slično građenog fenol-tetrabrom-sulfoftaleina se pod imenom Bromthalein, Bromsulphalein, Brom-Tetragnosta i dr. upotrebljava u medicinskoj dijagnostici za ispitivanje funkcije jetara. 2,6-Dibromindofenol je redoks-indikator. Kao daljnji primjeri upotrebe organskih spojeva broma može se spomenuti njihova upotreba kao tekućine u mjernim instrumentima (acetilen-tetrabromid, bromdietilbenzen, brometilbenzen, bromoform, *p*-bromizopropilbenzen, 2-brom-*p*-cimen, 4,4'-metilbromid), kao rashladno sredstvo, kao sastojina sredstava za prenos topline i ulja za transformatore (2-brom-difenil, brometilbenzen, *p*-bromizopropilbenzen, 2-brom-*p*-cimen, *o*-dibrombenzen), kao antiseptik [bromklorofen (moderni blagi antiseptik npr. za zubne paste), *p*-bromfenol, 2-brom-4-fenilfenol (Dowicide 5), 2,4,6-tribromfenol, tetrabromkrezol], kao sedativi [bromkamfor, bromdietilacetilkarbamid, brom-izo-valerianilkarbamid (Bromural), 1,1,1-tribrom-2-metilpropanol (Brometan), butil-bromalilbarbiturna kiselina (Pernocton), 5-(2-bromalil)-5-izopropilbarbiturna kiselina (Noctal), acetil-bromdietil-acetilkarbamid (Abasin), bromoform i hidrobromidi mnogih organskih baza]. U medicini se inače još upotrebljavaju: etil-monobromid C_2H_5Br kao inhalacijski narkotik u maloj kirurgiji, tribrometanol CBr_3CH_2OH (Avertin), dobiven redukcijom tribromacetaldehida CBr_3COH (bromala), kao bazni narkotik, 2-brom-2-klor-1,1,1 trifluoretan, $CF_3CHBrCl$, kao opći anestetik, 2,2-dioksi-5,5'-bromdibenzoil (dibromsalicil) i 5-bromsalicil-4'-kloranilid protiv gljivičnih oboljenja kože, i dr. Bojni plinovi-suzavci mahom su organski spojevi broma; policije danas najviše upotrebljavaju monobromaceton, koga je najveća izdržljiva koncentracija daleko ispod smrtna, a ne ostavlja trajnih štetnih posljedica na očima. Drugi su suzavci ω -bromacetofenon, etil-bromacetat, brombenzilcijanid, benzilbromid, brom-metil-etilketon, dibrom-dimetileter, ksililbromid, ksililbromid. α -Bromnaftalin (n_D^{20} 1,6582) i acetilentetrabromid (1,1,2,2-tetrabrometan, n_D^{20} 1,6852) upotrebljavaju se zbog svojeg visokog indeksa loma u mikroskopiji i refraktometriji. ω -Bromstiren (hijacintin) upotrebljava se u parfimeriji zbog svog mirisa po zumbulu. 5,7-Dibromoksikinolin je (kao Bromoxin po Bergu) analitički reagens na Fe, Cu, Tl, Ti, V. U organskoj sintezi upotrebljavaju se piridin-hidrobromid-perbromid $C_5H_5N \cdot HBr \cdot Br_2$ («tribrom»), *N*-bromskucinimid i dibrom-dimetil-hidantoin (Brom 55) kao sredstva za bromiranje u specijalnim slučajevima, a bromcijan za cijepanje ternarnih amina prema jednadžbi:



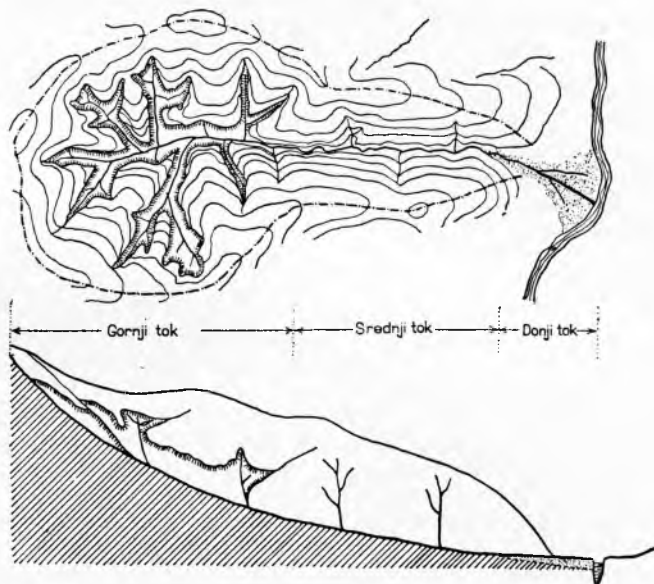
Mnogi od dosad spomenutih spojeva upotrebljavaju se i u organskoj sintezi kao intermedijari, a neki kao otapala za masti, smole i voskove.

LIT.: Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, System-Nr. 7: Brom, Berlin 1931. — *The Dow Chemical Company*, Bromine and bromine products, Midland, Mich. 1947. — *V. A. Stenger*, Bromine, *V. A. Stenger*, G. J. Atchison, Bromine compounds, u djelu: Kirk-Othmer, Encyclopedia of chemical technology, 2. ed., vol. 3, New York 1964. *J. Prodanović*

BUJICE, vodotoci kratkog toka i relativno velikog pada, sa jako promjenljivim količinama vode i nesrazmjerno velikim količinama nanosa u odnosu na protok. Za vrijeme obilnih kiša i naglog topljenja snijega iznenadno nabujaju, pri čemu stavljaju u pokret velike količine nanosa, koji istalože u svom donjem toku ili u koritu recipijenta (odvodnika). Bujične provale traju kratko i pojavljuju se rijetko: jedanput-dvaput godišnje ili i u dužim vremenskim intervalima. Nakon bujične provale količine vode u koritu bujice naglo se smanjuju. U većem dijelu godine korito je siromašno vodom, a vrlo često i bez vode. Bujice mogu prouzročiti velike štete naseljima, saobraćajnicama, industrijskim i hidroenergetskim postrojenjima, poljoprivrednim zemljištima i raznim drugim objektima, i to uglavnom svojim nanosom. Ako se bujične vode sa nanosom ulijevaju izravno u recipijent, odražava se to nepovoljno na njegov režim, u prvom redu zbog istaloženog nanosa, naročito ako su posrijedi veće količine.

Na postanak i pojavu bujica osobit utjecaj ima konfiguracija terena, geološka podloga, stanje i vrsta vegetacije na slivnom području, klimatski odnosi. Među ovim posljednjim od osobitog je značaja visina atmosferskih padavina i njihov raspored u toku godine.

Vodotoci kojima su promjene vodostaja i protoka vode nagle, ali su količine nanosa male, ne ubrajaju se u bujice, a isto tako vodotoci koji pronose znatnije količine nanosa za vrijeme elemen-



Sl. 1. Slivno područje bujice

tarnih nepogoda, ali sami ne sudjeluju u njegovu stvaranju. To su vodotoci bujičnog karaktera, koji primaju najveći dio nanosa iz bujičnih pritoka.

U Jugoslaviji ima oko 3000 aktivnih bujica, među kojima veliki broj vrlo štetnih i opasnih. U Srbiji je registrirano preko 1200 bujica, u Bosni i Hercegovini 855, na kraškim područjima Hrvatske i Crne Gore 331 odnosno 150 aktivnih bujica.

Bujično područje (sliv, slivno područje, perimetar) može se raščlaniti, već prema vrsti djelovanja bujice na pojedinim dijelovima bujičnog toka, na područje stvaranja nanosa, područje taloženja nanosa i potez bujičnog toka između ova dva područja (sl. 1).

Područje stvaranja nanosa (sakupište, prikupište, čelenka, područje denudacije, područje erozije) gornji je dio perimetra, na kojem se stvara i sa kojeg dospijeva nanos u bujično korito. Ima oblik lijevka ili školjke sa strmim obroncima (padinama) i oskudnom vegetacijom. Zemljište je ispresijecano čitavom mrežom brazda, jaruga i vododerina, koje se tokom vremena sve više produbljavaju i proširuju, stvarajući u svom daljem razvoju bezbroj manjih ili većih, često i vrlo štetnih bujica. **Područje taloženja nanosa** (plavina, bujični čunj, bujični konus, nasipina, područje akumulacije) obuhvaća u donjem toku površine na kojima se bujični nanos taloži. Na potezu bujičnog toka između područja stvaranja i područja taloženja nanosa, tzv. *klanca* (klisuri, sutjeski, ždrijelu) brzine su vode još uvijek tolike da su kadre i dalje prenositi zahvaćeni nanos i sprečavati njegovo taloženje, ali nisu dovoljne da bi uzrokovala stvaranje novog nanosa.

Neke bujice imaju klanac vrlo slabo izražen ili ga uopće nemaju. Isto tako može nedostajati plavina kod onih bujica koje se nakon izlaska iz klanca ulijevaju neposredno u svoj recipijent. U oba ta slučaja govori se o nedovršenim bujičnim pojavama.

Podjela bujica. Bujice se mogu razvrstati prema porijeklu nanosa, prema reljefu zemljišta na kojem se pojavljuju i prema veličini i razvijenosti. Prema porijeklu nanosa bujice se dijele na bujice spirnjače i bujice podrivače; prema reljefu zemljišta na kojem se pojavljuju dijele se na bujice visokogorja i bujice sredogorja i brežuljaka; prema veličini i razvijenosti dijele se na mlade ili početne, razvijene i stare bujice, itd. Za uređivanje

bujica od osobitog je značaja njihova podjela prema porijeklu nanosa.

Bujice spirnjače dobivaju najveći dio nanosa spiranjem (denudacijom, od lat. denudare, otkriti, ogoliti) raspadnutih stijena sa strmih i biljnim pokrivačem oskudnih brdskih obronaka, a *bujice podrivače* dobivaju ga iz svog korita erozivnim radom (od lat. erodere, izgledati). *Bujice visokogorja* odlikuju se strmim i kratkim tokom, često i velikom visinskom razlikom između prikupišta i područja akumulacije; obično izgrađuju istaloženim nanosom bujičnu plavinu znatnog prostranstva. *Bujice sredogorja i brežuljaka* imaju veći perimetar i duži tok sa dosta strmim padom na izvorišnom dijelu, odakle primaju veći dio svog nanosa. Ne izgrađuju bujičnu plavinu. *Mlade ili početne bujice* oblika su vododerina formiranih na strmim obroncima. Korito je nerazvijeno i neustaljeno, sa tendencijom daljeg produbljenja i proširenja. *Razvijene bujice* imaju jasno izraženu krivulju pada. Perimetar im je protkan čitavom mrežom brazda, jaruga i vododerina. Korito je neustaljeno, tako da još uvijek prenose velike količine nanosa. *Stare bujice* imaju ustaljen uzdužni profil i korito im je izloženo samo manjim promjenama.

Porijeklo bujičnog nanosa. Pod utjecajem mehaničkih i kemijskih faktora sve su stijene podložene trošenju, pri čemu mijenjaju svoje fizičke i kemijske osobine, tj. one se raspadaju. Raspadanje stijena otvara put erozivnom djelovanju vode i zajedno s njime stvara vrelo bujičnog nanosa.

Mehaničko raspadanje obuhvaća fizičko drobljenje stijena bez promjene njihovog kemijskog sastava. Nastaje pod utjecajem insolacije i mraza, mehaničkim djelovanjem organizama, naročito biljaka višeg reda (fizičko-biološko raspadanje), kao i djelovanjem kristalizacije mineralnih soli. Djelovanjem insolacije izazivaju se promjene u volumenu stijena: zagrijavanjem se volumen povećava a hlađenjem smanjuje. To naizmjenično povećavanje i smanjivanje volumena uzrokuje stalna naprezanja i tzv. »zamor stijena«, tj. stanje koje se ispoljava u opadanju unutrašnje povezanosti čestica i smanjivanju otpora prema mehaničkim utjecajima. Djelovanjem mraza povećava se volumen vode za ~ 9%, čime se u pukotinama ispunjenim vodom izazivaju pritisci čak i veći od 2000 kp/cm². Djelovanje mraza u Srednjoj Evropi dopire do dubine od 1,5 m ispod površine zemlje, a najintenzivnije je u planinskim predjelima. Mehaničko raspadanje stijena pod utjecajem mraza biće zavisno od njihova sastava i strukture. Meke stijene, u kojima prevladuje kapilarna poroznost, brzo se raspadaju i drobe; čvršće stijene su otpornije prema djelovanju mraza. Slično kao pri mehaničkom raspadanju pod utjecajem insolacije, dugotrajna i naizmjenička smrzavanja i otkravlivanja, izrazita naročito na južnim ekspozicijama, izazivaju slabljenje unutrašnje povezanosti čestica, proširuju prsline i uzrokuju drobljenje stijena u sitne oštrobriidne komade. Mehaničko raspadanje pod utjecajem kristalizacije raznih mineralnih soli od značaja je u aridnim oblastima i osobito je intenzivno ako izvjesne

rastvaranja i odnošenja pojedinih mineralnih sastojaka ili su pak uslovljene procesima oksidacije, procesima hidrolize i kemijsko-biološkim procesima. Kemijsko raspadanje prodire mnogo dublje od mehaničkog, katkad i nekoliko stotina metara ispod površine zemlje.

Drobina (drobiš, trošina) nastala mehaničkim raspadanjem stijena kreće se pod utjecajem sile teže (gravitacije) ili rada tekuće vode niz strme brdske obronke, izgrađujući točila karakte-



Sl. 2. Razaranje zemljišta procesima spiranja i erozije na perimetru bujice Stevanuše kod Maglaja

ristična za krečnjake i serpentinske terene i obode jezerskih terasa. Nagomilavanjem drobine nastaju kupasti (čunjasti, stožasti, konusni) sipari i plazine, koji mogu tokom vremena — naročito plazine — obuhvatiti velika prostranstva. Ako se poremeti ravnoteža nagomilane drobine štetnim djelovanjem čovjeka ili prirodnim silama, naročito za vrijeme elementarnih nepogoda, ona može predstavljati bogato vrelo bujičnog nanosa.

Znatne količine nanosa bujice mogu dobiti klizanjem zemljišta, rušenjem strmih obala i priobalnih obronaka, odronima stijena sa strmih odsjeka i pokretima glečera (lednika), a daleko manje količine pokretom lavina (usova).

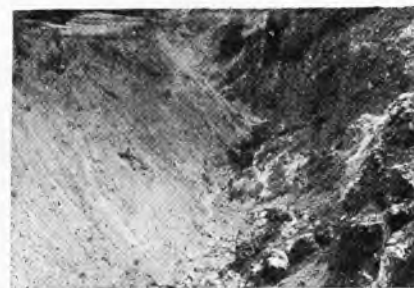
Vrlo su značajne količine nanosa koji bujice dobivaju erozivnim radom tekuće vode. Površinske vode kreću se pod djelovanjem gravitacije preko kosih površina terena spirući drobinski materijal nastao mehaničkim i kemijskim raspadanjem stijena. Voda ogoljuje stijene i izlaže ih ponovo razornim mehaničkim i kemijskim utjecajima. Ti procesi spiranja i ogoljavanja obuhvaćeni su nazivom *denudacija*. Rad tekuće vode naročito je uočljiv u koritu bujice svojim aktivnim djelovanjem, tj. *erozijom*. Ako je djelovanje tekuće vode (kinetička energija) veće od otpornosti materijala u kojem je izgrađeno bujično korito, voda će produbljivati korito (linearna erozija), potkopavati obale i proširivati korito (bočna ili transverzalna erozija, korozija). Intenzitet erozije zavisi od količine (dubine) vode koja protiče, od njene brzine (pada,



Sl. 3. Početni procesi spiranja i erozije na perimetru potoka Paklenice kod Maglaja



Sl. 4. Procesu spiranja i erozije na perimetru rijeke Velike Usore kod Teslića



Sl. 5. Procesu linearne erozije u gornjem dijelu perimetra bujice Doljanke kod Jablanice (Hercegovina)

soli, primajući kasnije vodu, predu u hidrate. Fizičko-biološko raspadanje prouzročeno je uglavnom pritiscima izazvanim korijenjem biljaka, koji pritisci mogu iznositi nekoliko desetaka atmosfera.

Kemijsko raspadanje obuhvaća čitav niz pojava kojima se mijenja prvobitni kemijski sastav stijena. Te pojave su posljedica

oblika i karakteristika korita) i od otpornosti bujičnog korita. Pri jednakim protocima mijenja se erozivno djelovanje vode sa promjenom oblika korita; usko i duboko korito biće više izloženo erozivnom djelovanju vode nego široko i plitko. Čista voda bez nanosa — pod inače istim uslovima — imaće najveće erozivno djelovanje. Najštetnije posljedice nastaju kad erozivno

djelovanje vode uzme maha na podnožju strmih i labilnih obronaka ili na područjima koja obiluju istaloženom drobinom i nanosom (plazinama, siparima, plavinama i sl.). Na izgled stabilni obronci gube svoj oslonac, zbog čega dolazi do kidanja i odronjavanja često ogromnih masa rastresitog materijala. U daljem razvoju stavljaju se u pokret sve veće količine drobinskog mate-



Sl. 6. Točilo na desnoj obali rijeke Vrbasa nizvodno od Jajca

rijala, pružajući bujicama neiscrpno vrelo bujičnog nanosa. Takve su pojave uzrok postanka vrlo štetnih i opasnih bujica (sl. 2...9).

Procesima spiranja i erozije zahvaćena je u Jugoslaviji površina od 80 000 km² kulturnog zemljišta. U pojedinim oblastima ti procesi su vrlo intenzivni i manifestiraju se u najdrastičnijim oblicima, npr. na području sliva Neretve, Južne Morave, Toplice, Ibra, Lima, Vardara, Zapadne Morave. Cijeni se da se procesima spiranja i erozije odnese godišnje 100 000 000 m³ plodnog zemljišta.

Mjere za saniranje bujica. Štete koje nam pričinjavaju bujice prouzročene su prekomjernim i naglim nadolaskom voda kao i znatnim količinama nanosa koji one pronose i talože. Prema tome, i mjere koje treba poduzeti radi saniranja bujica sastoje se uglavnom u smanjenju velikih voda i nanosa, kao i beštetnom odvođenju bujičnih voda u njihov recipijent. Na smanjenje naglog priliva vode u korito bujice najviše utječe biljna vegetacija. Količina površinskog otjecanja atmosferskih padavina smanjuje se isparavanjem sa biljnog pokrivača i zemljišta, utroškom vode

se ne ispare i koje šumsko tlo ne zadrži i upije, oticaće niz strme brdske obronke, nailazeći na svom putu na bezbrojne prepreke koje vodi pružaju listinac, mahovina, nadzemni dijelovi korijena i biljke i sl. Zbog vijugavog puta i male brzine vode, pojave denudacije i erozije na šumskim tlama su neznatne, neusporedivo manje nego na zemljištima bez vegetacije ili sa oskudnom vegetacijom. Pritjecanje vode nastale padavinama ili topljenjem snijega u korito vodotoka biće sporije i jednoličnije, što će se vrlo povoljno odraziti na njegov režim, naročito što se tiče porasta vodostaja i protoka vode. Retencijsko djelovanje vegetacije uopće, a posebno šumske, vrlo je povoljno u slučaju kiša slabijeg intenziteta i kraćeg trajanja. Inače, ono će u prvom redu zavisiti od zasićenosti vegetacije i šumskog tla vodom i biće to manje što je zasićenost veća.

Šuma, kao najtrajniji oblik biljne vegetacije na brdskim terenima uopće, vrlo povoljno utječe i na površinsko vezanje i učvršćivanje rastresitih zemljišta. Ona štiti zemljište od spiranja, sprečava stvaranje brazda, jaruga i vododerina, zaštićuje od odrona stijena, otežava pojavu plitkih klizišta, štiti zemljište od štetnih djelovanja vjetra i veže pijeske dina, sprečava pojavu lavina. Ovo dragocjeno djelovanje šume, koje se povoljno odražava i na režim vode uopće, ne može se postići bilo kojim drugim oblikom biljne vegetacije. Samo gusta i biološki jaka šuma može zaštićivati tlo. Prorijedeana šuma može biti, isto tako kao i golo zemljište, poprište ubrzanog raspadanja tla sa intenzivnim procesima denudacije, erozije, klizanja i bujičnih pojava.

Osnovni je princip pri uređivanju bujica spriječiti stvaranje nanosa, tj. zlo zahvatiti u njegovu korijenu. Dosta se često iz izvjesnih obzira, naročito zbog hitnosti, izvršavaju razni radovi u donjem i srednjem toku bujice radi zaštite ugroženih naselja, saobraćajnica, objekata i sl. od razornog djelovanja bujičnih voda, a naročito bujičnog nanosa. Oni obuhvaćaju radove na čišćenju korita od istaloženog nanosa, izgradnju paralelnih i poprečnih objekata, izgradnju privremenih i stalnih taložnica, izgradnju zaustava i sl. Svi ti radovi i objekti imaju samo privremeni karakter; njima se ne mogu odstraniti sve opasnosti i štete od bujica. Daleko uspješniji i od trajnije vrijednosti su *konsolidacijski radovi*, kojima je svrha da se potpuno spriječi ili u što većoj mjeri ograniči stvaranje nanosa. Oni se moraju prilagoditi karakteru bujice i načinu stvaranja nanosa. U svakom slučaju, pun uspjeh može se očekivati jedino primjenom temeljitih mjera.

Bujice spirnjače dobivaju najveći dio nanosa sa perimetra spiranjem. Težište radova biće prema tome koncentrirano na perimetru bujice i sastojaće se uglavnom od šumskokulturnih radova i tehničkih mjera. Kako bujice podrivače dobivaju pretežni dio nanosa iz svog korita, erozivnim djelovanjem vode, najveći dio radova će se izvršiti u koritu bujice izgradnjom građevinskih objekata. Šumskokulturni radovi i tehničke mjere primijenice se u manjem opsegu na površinama gdje su otpočeli procesi



Sl. 7. Formiranje sipara u koritu rijeke Vrbasa nizvodno od Jajca



Sl. 8. Plazine na priobalnim obroncima rijeke Vrbasa nizvodno od Jajca



Sl. 9. Istaloženi nanos u koritu bujice Glogošnice lijeve pritoke rijeke Neretve

za životne procese vegetacije i poniranjem vode u dublje slojeve zemljišta. Pri tome, od svih vegetacijskih oblika najvažniji utjecaj na sumarni rashod vode ima šuma i šumsko tlo, naročito što se tiče poniranja vode. Šumsko tlo je zbog svoje velike rastresitosti 10...30 puta propustljivije od zemljišta pod travnim i oraničnim kulturama. Preostali dio atmosferskih padavina, koje

spiranja i erozije. U koritu bujica podrivača od osobitog su značaja poprečni objekti — konsolidirajuće *pregrade* — kojima je svrha smanjenje postojećeg pada i konsolidacija bujičnog korita. Izgrađuju se u sistemu i pri tome nastoji da brzina vode zasićene nanosom bude jednaka graničnoj brzini vode, tj. brzini pri kojoj ne dolazi do odnošenja i taloženja nanosa. Pad koji

uslovljava takvu brzinu naziva se *pad izjednačenja* (I_1) i jednak je:

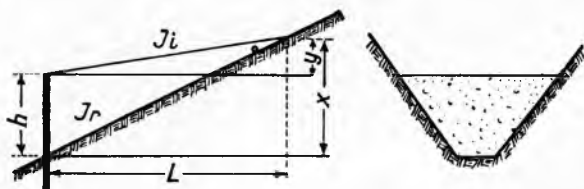
$$I_1 = \frac{b (d_n - d_v) f}{3 d_v K^2 c^2 R^3}$$

gdje je b dužina zrna nanosa, d_n gustoća nanosa, d_v gustoća vode, f koeficijent trenja (za nanos: $f = 0,76$); K koeficijent bujičavosti:

$\frac{d_v}{d_v + a (d_n - d_v)}$, a zapreminski udio nanosa u vodi, R hidraulički radijus F/O (pri čemu je F površina proticajnog profila a O okvašeni obim), c koeficijent brzine (po empirijskoj Bazinovoj

jednadžbi $c = \frac{\gamma + \sqrt{R}}{87\sqrt{R}}$, pri čemu je γ koeficijent hrapavosti korita,

za bujice jednak 1,85...2,10 ako se sve veličine mjere jedinica sistema MKS). Jednostavnija formula jest Valentinijeva: $I_1 = 0,093 b/R$.



Sl. 10. Povišenje i proširenje bujičnog korita

Smanjenjem pada povišice se dno bujičnog korita na dužini L uzvodno od pregrade, čime će se i njegova širina povećati, a dubina vode smanjiti. Istaloženim nanosom stvorice se solidan oslonac strmim obalama i spriječiti dalje stvaranje nanosa odronjavanjem (sl. 10).

Daljnja djelovanja pregrade biće zavisna od njene visine h i razlike između postojećeg pada korita (I_p) i pada izjednačenja (I_1), tj. $L = h/(I_p - I_1)$.

Zaštita bujičnog korita od erozivnog djelovanja vode na izvjesnoj dužini može se postići izgradnjom jedne visoke pregrade



Sl. 11. Smanjenje pada pregradama

ili izgradnjom nekoliko nižih pregrada (sl. 11), što će zavisiti od mjesnih prilika: od vrste i nosivosti zemljišta, oblika poprečnog profila bujičnog korita, protoka vode, količine nanosa, položaja ušća bujičnih pritoka, raspoloživog građevinskog materijala

(s obzirom na vrlo loše transportne prilike) i dr. U bujičarstvu, naročito pri uređivanju bujica podriivača, tehnički i ekonomski obziri odlučni su za izgradnju većeg broja nižih pregrada. Redoslijed radova mora se prilagoditi svrsi i mjesnim prilikama. U slučaju bujica podriivača preporuča se da se u prvom redu izvrše oni radovi kojima će se smanjiti kinetička energija vode i pokreti zemljišta, a tek onda da se pristupi pošumljivanju i radovima radi vezanja i učvršćivanja zemljišta. U principu treba nastojati da se otpočne sa izgradnjom onih objekata koji će poslužiti kao uporište daljim radovima, tj. sa najnižvodnijim objektima. Izuzetak od tog načela čine građevinski objekti na plavini bujice, kojih izgradnja treba da otpočne nakon završetka radova na uzvodnom potezu, odnosno, kad prestane prenošenje nanosa. Inače bi objekti mogli biti ozbiljno ugroženi istaloženim nanosom. U slučaju bujica spirnjača treba šumskokulturne radove i tehničke mjere usmjeriti istovremeno na sve površine sa kojih bujica prima znatnije količine nanosa.

Izbor materijala za izgradnju građevinskih objekata biće u velikoj mjeri zavisna od transportnih mogućnosti. Obično se upotrebljava materijal kojeg ima u dovoljnim količinama u neposrednoj blizini gradilišta i koji odgovara svrsi. Najviše se primjenjuje lomljeni kamen, zatim beton i drvo. Kamen treba da je zdrav, jeđar, otporan i odgovarajućih dimenzija. Upotrebljava se za izgradnju svih vrsta poprečnih i uzdužnih objekata zidanih usuhom ili u malteru. Građevinski objekti od betona izgrađuju se u slučajevima kad se ne raspolaže dovoljnim količinama kvalitetnog kamena. Vidljive površine betona koje su u dodiru sa vodom i nanosom oblažu se kamenom da se spriječi

brzo trošenje (habanje) betona. Armirani beton se razmjerno malo primjenjuje u bujičarstvu. Drvo kao građevinski materijal za izgradnju bujičarskih objekata, obično visokih do najviše 2,0 m, ima svojih prednosti i nedostataka. Objekti izrađeni od drveta lako se prilagodavaju promjenama nastalim uslijed slabijih pokreta zemljišta, tako da su na labilnim terenima povoljniji nego zidani objekti. Obrada drveta i izrada objekata od drveta laka je i brza, ali je vijek trajanja tih objekata kratak. Drveni objekti zahtijevaju neprekidno održavanje i stalne dopunske radove, čime se znatno povisuju prvobitni troškovi izgradnje, pa ti objekti postaju često i skuplji od zidanih objekata. Za izradu popleta i fašinskih elemenata upotrebljava se u prvom redu svježe pruce, tj. »živi« fašinski materijal, koji ugradnjom može ozeleniti; sistemom korijena on dobro veže rastresito tlo, a nadzemnim dijelom povoljno djeluje na smanjenje brzine vode i intenzivnije taloženje nanosa.

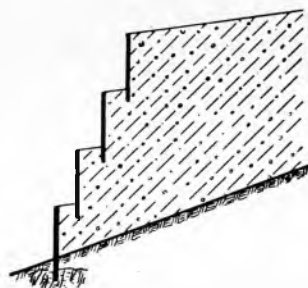
Građevinski radovi. Od svih građevinskih objekata koji se izgrađuju radi umirenja bujica najveći značaj imaju objekti koji se postavljaju poprieko na tok bujice; to su *poprečni objekti*. Ako imaju korisnu visinu veću od 2,0 m, nazivaju se *pregradama*, a prema njihovoj svrsi dijele se na konsolidirajuće pregrade i pregrade-zaustave. *Kaskade*, *sekundarne pregrade* i *pragovi* su poprečni objekti visina manjih od 2,0 m.

Konsolidirajuće pregrade izgrađuju se u koritu bujica podriivača radi smanjenja pada korita, zaštite korita od erozivnog djelovanja vode, sprečavanja odronjavanja i klizanja obala, proširenja dna korita i smanjenja dubine vode, usmjeravanja toka bujičnih voda i, konačno, zadržavanja i fiksiranja nagomilanog nanosa u koritu bujice. Konsolidirajućim pregradama direktno se utječe na sprečavanje stvaranja nanosa.

Pregrade-zaustave izgrađuju se u koritu bujica da bi se za izvjesno vrijeme zaustavilo prenošenje bujičnog nanosa. Njihova funkcija prestaje kada se prostor iza pregrade, tzv. *zaplav*, ispuni nanosom. Izgrađuju se iznimno, i to samo ako bi nanos u vremenu dok ne dođu od izražaja šumskokulturni radovi nanio štete veće od troškova izgradnje zaustave. Imaju privremeni ka-

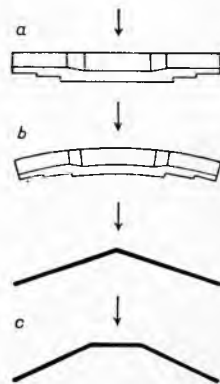
rakter i pasivnu ulogu pri sprečavanju stvaranja nanosa.

Pregrade-zaustave izgrađuju se na mjestu bujičnog toka koje pruža najpovoljnije uslove ne samo djelovanja pregrade nego i njene izgradnje i njenog održavanja. Izgradnja konsolidirajućih pregrada, naprotiv, vezana je za određeni potez bujičnog toka koji treba konsolidirati podizanjem niza pregrada u jednom si-



Sl. 12. Stepenasto izgrađene pregrade

stemu, obično malih konstruktivnih visina, uslovljenih nepovoljnim oblikom poprečnih profila korita bujice. Rijetko imaju veću visinu od 10...12 m; obično 4...5...6 m. Ako je u pitanju problem fiksiranja dna, odnosno sprečavanje daljnog produblivanja bujičnog korita, potpuno će zadovoljiti pregrade malih konstruktivnih visina. Znatnije povišenje dna korita zahtijeva izgradnju pregrada većih visina. U slučaju duboko usječenog korita potrebna visina postiže se stepenastim pregradama, koje se izgrađuju u etapama, tako da se na zaplavu prve pregrade izgrađuje druga, na zaplavu druge, treća, itd. Udaljenost između pojedinih stepenasto izgrađenih pregrada odgovara dužini podslaplja i bira se tako da se spriječi štetno dinamičko djelovanje vode i nanosa što padaju na nizvodniju pregradu (sl. 12). Visina konsolidirajućih pregrada izgrađenih od drveta ne treba da je veća od 2,0 m. Zaustave treba da imaju što veću visinu, odnosno što veću



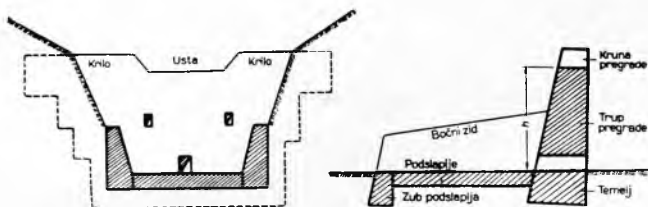
Sl. 13. Tlocrtni oblici pregrada. a) ravna pregrada, b) lučna pregrada, c) pregrada izlomljenog oblika

korisnu zapreminu zaplava. Mjesta sa stjenovitim strmim obalama i uskim i duboko usjećenim koritom pogoduju izgradnju pregrada uopće. Korisna zapremina biće to veća što je manji pad i veća širina bujičnog korita uzvodno od zaustave. Nekad može biti racionalno da se zaustava ne izgrađuje odmah na punu visinu, nego da se predvidi stepenasta izgradnja zaustava. Dograđivanje se vrši postupno, prema intenzitetu taloženja nanosa na zaplavu.

Po svom tlocrtnom obliku bujične pregrade mogu biti izgrađene — u zavisnosti od materijala i konstrukcije — kao ravne (sl. 13 a), lučne (sl. 13 b), polulučne i izlomljene (sl. 13 c). Statički najpovoljnije su lučne pregrade. One zahtijevaju stjenovite obale koje će biti kadre preuzeti pritiske svoda. Odluku se velikom otpornošću protiv pritiska i udara. Ravne (gravitacijske) pregrade izgrađuju se u slučajevima kad se očekuju znatniji bočni pritisci. Pritisku vode i nanosa suprotstavljaju se svojom težinom. Pravocrtni tlocrtni oblik daje se također pragovima i sekundarnim pregradama. Drvene pregrade mogu, osim pravocrtnog, imati i izlomljeni tlocrtni oblik.

Poprečni presjek pregrada mora biti takvog oblika i takvih dimenzija da se može suprotstaviti pritisku vode i nanosa. Ove pritiske lučne pregrade preuzimaju i prenose djelovanjem svoda na upornjake, a gravitacijske pregrade djelovanjem na temelje. U oba slučaja moraju biti zadovoljeni poznati uslovi stabilnosti pregrada (v. *Brane*). Lučne pregrade mogu imati trapezasti, pravokutni ili neki drugi oblik poprečnog presjeka. Poprečni presjek gravitacijskih pregrada ima oblik trapeza sa vertikalnom uzvodnom stranom zida pregrade. Nizvodnoj strani pregrade (*slapu* pregrade) daje se pokos koji je za pregrade zidane od lomljenog kamena usuhu 4 : 1, a za pregrade zidane od lomljenog kamena u cementnom malteru 5 : 1 do 10 : 1.

Bujične pregrade sastoje se od trupa pregrade, podslaplja, zuba podslaplja i bočnih zidova. Ako su obale i dno bujičnog korita neposredno ispod pregrade izgrađeni od stjenovitog materijala, neće biti potrebno da se pregrada osigura bočnim zidovima i podslapljem od raznog djelovanja vode i nanosa koji padaju na njih. Na sredini gornjeg dijela trupa pregrade ostavlja se otvor, obično trapezastog oblika, za propuštanje bujičnih voda i njihovo usmjeravanje sredinom korita (sl. 14). Dimenzije ovog otvora, tzv. *usta pregrade*, određuju se prema maksimalnim količinama bujičnih voda. Širina usta pregrade određuje se prema širini dna korita ispod pregrade, odnosno prema širini podslaplja.



Sl. 14. Tip konsolidacione pregrade

Voda koja pada ne smije ugrožavati obale bujičnog korita ili izgrađene bočne zidove. Količine maksimalnih bujičnih voda često se ne mogu odrediti prema hidrauličkim elementima, stoga se za njihovo određivanje primjenjuju empirijske formule, koje mogu dati zadovoljavajuće rezultate. Jedna od brojnih formula koja se u nas u bujičarstvu često primjenjuje sa dobrim rezultatima je Kresnikova formula:

$$Q_{\max} = a F \frac{32}{0,5 + \sqrt{F}}$$

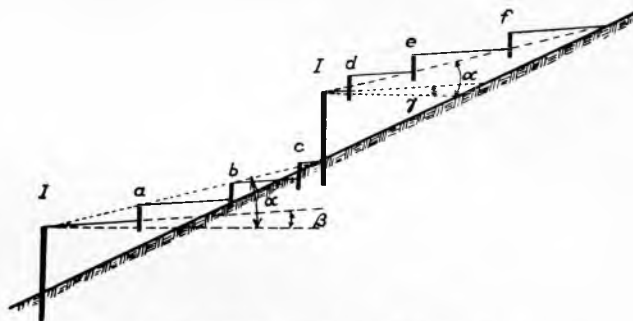
gdje je a koeficijent otjecanja, kojemu vrijednost varira, u zavisnosti od brojnih faktora, u granicama od 0,6 do 2,0, za naše prilike od 0,8 do 1,2, u prosjeku oko 1,0; F površina sliva u km^2 ; za $F < 1 \text{ km}^2$ stavlja se $\sqrt{F} = 1$. Q_{\max} se dobiva u m^3/sek .

Izgradnjom glavnih konsolidirajućih pregrada uspostavljeni pad izjednačenja ne odgovara više stanju bujičavosti u koritu bujice. Smanjenje pada izjednačenja postiže se *sekundarnim pregradama*, koje se izgrađuju na zaplavu glavnih pregrada. Sekundarne pregrade razlikuju se od glavnih pregrada svojom manjom visinom

(sl. 15). Izgrađuju se od kamena, drveta, kamenih sanduka, šipova, oblica, fašina, popleta itd., različitih oblika i veličine.

Uzdužne građevine izgrađuju se duž bujičnog toka radi osiguranja korita od erozivnog djelovanja vode. U uzdužne građevine ubrajaju se kinete, uzdužni zidovi za zaštitu obala, objekti za korekciju bujičnog toka, kanali i sl.

Tehničke mjere sprovode se na slivnom području, osobito u slučaju bujica spirnjača, radi sprečavanja sapiranja rastresitog zemljišta i naglog površinskog otjecanja palih atmosferskih taloga. Tehničke mjere često se sprovode i radi toga da se omogući



Sl. 15. Uključivanje sekundarnih pregrada

izvođenje šumskokulturnih radova. One se sastoje u izradi niskih zidića duž izohipsa, u terasiranju zemljišta, u izradi horizontalnih jaraka, u izradi pletera (popleta) i živica, u podzidivanju i oblaganju stijena sklonih rušenju i sl.

Šumskokulturni radovi od osobitog su značaja za saniranje bujičnih područja. Primjenjuju se radi smirivanja i stabilizacije labilnih površina sa kojih bujice primaju ili mogu primiti veće količine nanosa, kao npr. odrona, plazina, sipara, plavina i klizišta, također radi poboljšanja odnosa u pogledu površinskog otjecanja vode i radi vezanja i učvršćivanja brdskih tala podložnih razornim procesima spiranja i erozije.

Uspostavljanje biljne vegetacije na golim površinama zemljišta, pomoću zatravljivanja ili pošumljivanja, predstavlja dragocjeno upotunjavanje građevinskih radova i tehničkih mjera.

Zatravljivanje može se vršiti sjetvom mješavine sjemenja raznih vrsta trava ili pobusavanjem. Drugi način je skuplji, ali i efikasniji. Primjenjuje se kad treba brzo uspostaviti travni pokrivač na zemljištima na kojima bi zatravljivanje sjetvom teže uspijevalo. Pobusavanje se izvodi horizontalnim trakama, s razdaljinom od 1 m do 3 m između pojedinih traka, ili u šahovskom poretku. Meduprostori se popunjuju humusom i zasiju travnim sjemenom.

Zatravljivanje se često primjenjuje kao privremena mjera dok se ne izvrši pošumljavanje, naročito na lakim, rastresitim zemljištima, radi zaštite površinskih slojeva od spiranja i erozije. Kasnijim pošumljavanjem zemljište će se bolje vezati i obogatiti listincem i humusom.

Pošumljavanje na užem bujičnom području vrši se pretežno lišćarskim drvećem i lišćarskim grmljem koje odgovara tom staništu, i to vrstama koje brzo rastu i koje imaju dobro razgranat sistem korijena velike reproduktivne snage. Četinjarsko drveće dolazi u obzir tek na drugom mjestu. Za pošumljavanje rastresitih i labilnih zemljišta, kao što su sipari, plazine i plavine, pogodnije su lakše vrste šumskog drveća, tj. lišćarsko grmlje, koje svojim široko razgranatim i dubokim korijenom dobro veže takva zemljišta i omogućuje kasnije pošumljavanje plemenitijim vrstama visokog šumskog drveća.

Od lišćarskog drveća u prvom redu treba spomenuti joha, vrbe i topole.

Joha se mnogo primjenjuje u bujičarstvu jer se prilagođuju svakom tlu, pa i najoskudnijem. Rastu i dobro uspijevaju u nizinama i na velikim visinama, na mokrom i suhom tlu. U nižim predjelima primjenjuje se bijela joha (*Alnus incana*) i crna joha (*A. glutinosa*), a u višim zeleni joha (*A. viridis*).

Vrbe najbolje uspijevaju na vlažnim tlima. Imaju veliku reproduktivnu snagu korijena. Za manje vlažna tla pogodna je rakita (*Salix purpurea*).

Topole imaju vrlo razgranat korijen sa velikom reproduktivnom snagom. Crnoj topoli (*Populus nigra*) odgovara vlažno tlo, ona zahtijeva mnogo svjetlosti i uspijeva do 1800 m nadmorske visine. Bijela topola (*P. alba*) uspijeva na manjim visinama i zahtijeva bolje tlo. Trepetljika (*P. tremula*) najbolje uspijeva na istočnim i sjevernim obroncima.

Bagrem (*Robinia pseudoacacia*) vrlo je dobar za vezanje pjeskovitog, prhkog i klizavog tla. Uspijeva do 800 m nadmorske visine na svakom tlu: suhom, mršavom, vlažnom, pjeskovitom i kamenitom. Vrlo je prikladan za blaža podneblja. Osjetljiv je na mraz. Ima razgranat korijen sa velikom reproduktivnom snagom. Raste brzo. Može se sijati ili saditi.

Pajasen (*Ailanthus glandulosa*) vrlo je pogodan za vezanje rastresitih tala zbog jako razgranatog korijena i njegove velike reproduktivne snage.

Od lišćarskog drveća upotrebljavaju se u manjoj mjeri javor, hrast, brijest, bukva, breza i dr.

Od četinjara primjenjuje se za pošumljavanje bujičnih terena bor, naročito u oblasti krša. Borovi crni i bijeli (*Pinus nigra* i *P. silvestris*) vrlo dobro uspijevaju i na slabim tlama. Crni bor bolje uspijeva na vapnenastim, a bijeli bor na pjeskovitim tlama. Borovi halepski i primorski (*P. halepensis* i *P. maritima*) uspijevaju na manjim visinama mediteranske klime; prvi i na vrlo siromašnom i suhom, a drugi na šljunkovitom tlu.

Od lišćarskog grmlja upotrebljavaju se vrlo uspješno za pošumljavanje bujičnih područja ove vrste: *Corylus avellana* (lijeska), *Cornus sanguinea* (divlji drijen, svib), *Crataegus oxyacantha* (trn, glog), *Hippophaë rhamnoides* (vučji trn), *Juniperus sabina* (klekovina), *Rosa canina* (šipak) i mnoge druge.

Pošumljavanje se obično vrši sadnjom reznica i presadnica, dosta rijetko sjetvom sjemena, obično u proljeće ili u jesen. Pošumljene površine moraju se održavati i štiti od oštećenja.

Pošumljavanje šireg bujičnog područja, zatim uzgoj, održavanje i iskorišćenje šuma spada u djelokrug rada općeg šumarstva. Sve te radove treba uskladiti sa potrebama i radovima na uređenju bujica užeg područja, što je od osobitog značaja za saniranje bujica spirnjača, kojih je uređenje zavisno od pošumljenosti njihovih perimetara.

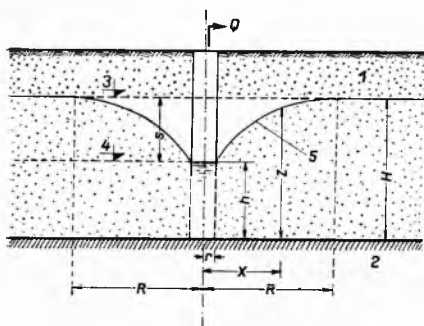
LIT.: F. Wang, Grundriß der Wildbachverbauung, Wien-Leipzig 1901/3. — C. Bernard, Cours de restauration des montagnes, Nancy 1927. — L. Hauska, Das forstliche Bauingenieurwesen, Bd. V: Wildbach- und Lawinenverbauung, Wien-Leipzig 1934. — V. Šetinški, Vodno graditeljstvo u poljodjelstvu i šumarstvu, Zagreb 1942. — S. Rosić, Uređenje bujica, Beograd 1948. — G. Strele, Grundriß der Wildbach- und Lawinenverbauung, Wien 1950. — A. Wehrmann, Die überströmten Querwerke der Wildbachverbauung, Wien-Leipzig, 1950. — R. Binder, Zahradzanie bystrin, Bratislava 1950. — S. Rosić, Nov sistem uređenja bujica, Beograd 1952. — S. Lazarev, Uređenje bujica, Sarajevo 1952. — L. Skatula, Hrazení bystrin a strži, Praha 1953. — F. Rainer, Bujice, u Šumarskoj enciklopediji, I, 136, Zagreb 1959.

J. Bač

BUNARI, vertikalne građevine koje služe zahvatanju (kaptiranju) podzemne vode. Primjenjuju se u snabdijevanju vodom naselja, industrije i individualnih potrošača. U našoj se zemlji veliki dio gradova snabdijeva vodom iz bunara, pored ostalih Beograd, Zagreb i Ljubljana.

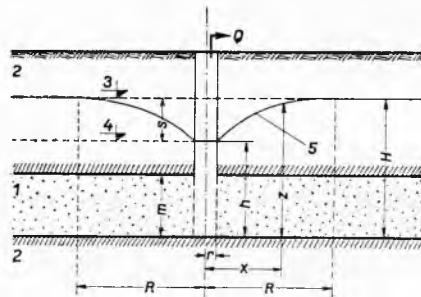
Bunari se grade i za druge svrhe: za zahvatanje nafte, za sabiranje vode iz drugih zahvatnih građevina (sabirni bunari), za ispuštanje vode u tlo, za temeljenje građevina i dr.

U našem se jeziku kao sinonim za naziv bunar upotrebljava također izraz *zdenac*.



Sl. 1. Shema dotjecanja vode u potpuni bunar sa slobodnom površinom. 1 vodonosni sloj, 2 nepropusna podloga, 3 statički nivo, 4 dinamički nivo, 5 depresiona linija

Podjela bunara. Prema hidrogeološkim uslovima, u zavisnosti od piezometarskih odnosa u vodonosnom sloju, razlikuju se bunari sa slobodnom površinom i artesi bunari. U prvom je slučaju (sl. 1) pritisak na površini vode jednak atmosferskom i statički nivo vode u bunaru izravnat je sa površinom podzemne vode u okolnom tlu; u drugom slučaju (sl. 2) pritisak je na povr-



Sl. 2. Shema dotjecanja vode u artesi bunar (potpuni). 1 vodonosni sloj, 2 nepropusni sloj, 3 statički nivo, 4 dinamički nivo, 5 depresiona linija, m debljina vodonosnog sloja

šini vode veći od atmosferskog i statički nivo vode u bunaru se obrazuje iznad vodonosnog sloja.

Ako je dno bunara spušteno do nepropusne podloge, naziva se bunar *potpunim* ili *savršenim*; ako se dno nalazi iznad nepropusne podloge, naziva se *nepotpunim*, *nesavršenim* ili *višećim* bunarom.

Strujanje vode prema bunaru. Izdašnost i ostali elementi za projektovanje i izgradnju kaptažnih bunara mogu se odrediti na osnovu poznavanja strujanja podzemne vode u vodonosnom sloju. Ovaj je problem u svom općem obliku složen i predmet je brojnih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja. U tehničkoj praksi snabdijevanja vodom upotrebljava se za hidraulički proračun bunara niz jednostavnih i približnih metoda razvijenih na osnovu Darcyjevog zakona filtracije i Dupuitovih pretpostavki o uslovima strujanja.

Darcyjev zakon filtracije važi za strujanje podzemne vode kroz porozno tlo u uslovima laminarnog režima, koji odgovara malim brzinama, odnosno malim vrijednostima Reynoldsovog broja. U praksi se ovi uslovi najčešće i javljaju. Darcyjev zakon izražen je poznatom jednadžbom filtracije, koja glasi:

$$v_t = k \cdot i = k \cdot \frac{dz}{dx}$$

gdje je v_t brzina filtracije (računska veličina koja predstavlja srednju brzinu kojom bi voda proticala kroz cio dati poprečni presjek, uključujući i onaj dio koji je ispunjen čvrstim česticama; stvarna brzina proticanja vode je veća), k koeficijent zavisan od prirode tla (*Darcyjev koeficijent*), i hidraulički pad, z piezometarska visina, dx rastojanje na kojem piezometarska visina opada za dz .

Protok ili količina vode koja u jedinici vremena protiče kroz površinu tla F normalnu na smjer strujanja iznosi:

$$Q = v_t \cdot F = k \cdot F \cdot i.$$

Polazeći od ovog izraza, Dupuit je izveo osnovne jednadžbe za hidraulički proračun bunara okruglog presjeka. Pri tome je pretpostavio da je nepropusna podloga horizontalna i neograničenog prostranstva, a vodonosni sloj da je homogen i izotropan. Pokazalo se je da ove pretpostavke, koje pomaju strujanja vode prema bunaru prikazuju znatno pojednostavnjeno, mogu u većini slučajeva da zadovolje zahtjeve tekuće prakse. U nastavku su date jednadžbe za dva osnovna slučaja strujanja vode prema potpunom bunaru: bunar sa slobodnom površinom i artesi bunar.

Proračun bunara sa slobodnom površinom. Ako se iz jednog bunara sa slobodnom površinom crpe neka količina vode Q , nivo se vode u bunaru snizi (*dinamički nivo*) i iz okolnog tla dotiče u bunar podzemna voda. Voda se u vodonosnom sloju kreće radijalno prema bunaru, a njena površina poprima u okolini bunara oblik lijevka (*depresioni lijevak*), čija se dubina sma-