

## Gozd in gozdni potok - nedeljiva celota

### Forest and Forest Stream - Indivisible Whole

Boštjan PIHLER\*

#### Izvleček:

Pihler, B.: Gozd in gozdni potok - nedeljiva celota. Gozdarski vestnik, št. 4/1999. V slovenščini, s povzetkom v angleščini, cit. lit. 11. Prevod v angleščino: Eva Naglič.

Zadrževalni mehanizmi v naravi so tisti, ki uravnavajo pretoke energije in materije tako, da so le-ti za življenje obvladljivi. Ker je življenje odvisno od vode, ki na kopno prihaja v obliki padavin, torej v časovno in količinsko različnih intervalih, je morala narava v gozdu kot najkompleksnejši življenjski skupnosti razviti posebej uspešne vodozadrževalne mehanizme, ki uravnavajo odtok vode tako, da je zagotovljena njena stalna prisotnost v zažostnih količinah. Gozd zadržuje vodo s svojo celotno zgradbo, najboljši vodozadrževalni mehanizem pa predstavljajo gozdna tla. Del vode zapušča gozdna tla v obliki gozdnega potoka. Odtok vode v obliki potoka ne pomeni prekinitve odnosa med vodo in gozdom. Gozd in gozdni potok živita v tesni soodvisnosti, ki zahteva celotno obravnavo.

**Ključne besede:** gozd, voda, vodni režim, gozdni potok.

#### Abstract:

Pihler, B.: Forest and Forest Stream - Indivisible Whole. Gozdarski vestnik, No. 4/1999. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 11. Translated into English by Eva Naglič.

Retentive mechanisms in nature are the ones that regulate energy, and matter flows in a way they can become manageable for living. As life depends on water that reaches the land in the form of precipitation, appearing within different time and quantity intervals, the nature has been compelled to develop especially effective water retention mechanisms in forests - the most complex of living communities. The outflow is regulated by these mechanisms, so that permanent presence of water is assured in adequate quantities. The water is retained in the forest by the forest's integral structure. Its best water retention mechanism is being presented in soil itself. Water is partly drained away from forest soil as forest stream, without breaking the linkage between them. Forest and forest stream are therefore in coexistence and close interdependence that demand an integral treatment.

**Key words:** forest, water, water regime, forest stream.

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Materija in energija sami po sebi za razvoj življenja nista dovolj, saj ju najdemo tudi tam, kjer življenja ni. Za življenje je ključna njuna kakovost. Energija in materija se morata skozi prostor pretakati v takšni obliki, da ju življenje lahko obvladuje in izkorišča. V ta namen je narava razvila zadrževalne mehanizme, ki te pretoke količinsko in kakovostno uravnavajo v za življenje čim bolj prijazno smer.

Od vseh znanih planetov je naš edini, na katerem obstaja tekoča voda. Prav tako, in verjetno prav zato, je tudi edini, ki je obdarjen z življenjem. Voda je nujna pri vseh življenjskih procesih ter je hkrati osnoven gradbeni element vseh organizmov in pomemben transportni medij. Ker je za življenje osrednjega pomena, jo povsem upravičeno imenujemo napoj življenja.

Res je, da je vode na Zemlji veliko, vendar nam še zdaleč ni vsa na razpolago. Lahko dosegljiva sladka površinska voda - jezera, reke, atmosferska voda, talna vlaga in voda v organizmih - predstavlja le 0,03 % celotne količine vode. Ostala voda se pretaka po morjih (97 %) in pod tlemi kot podtalnica (0,60 %), oziroma je vezana v ledenikih (2,37 %). Prisotnost vode na vsakem koraku nam torej daje lažen občutek, da je te vitalne tekočine več kot dovolj in da zato ni potrebno posebej skrbno ravnati z njo. Poleg tega moramo upoštevati še dejstvo, da je velik del lahko dosegljive vode onesnažen in tako v resnici izven ranga lahke dosegljivosti.

\* B. P., univ. dipl. inž. gozd.,  
Zavod za gozdove Slovenije OE  
Ljubljana, KE Zagorje, Cesta 9,  
avgusta 78 a, 1410 Zagorje, SLO

## 1.1 Gozd - vodozadrževalen mehanizem za razvijanje in ohranjanje življenja

### 1.1 Forest - water retention mechanism for life development and its preservation

V tesni navezanosti življenja na vodo najdemo odgovor, zakaj se je življenje razvilo najprej v vodi. Vendar se evolucija življenja ni omejila le na vodni prostor. Neprestana težnja narave, da uveljavi čim več življenja, je pripomogla k njegovemu vzniku in razvoju tudi na kopnem. Tu pa vode ni v izobilju, saj se pojavi le vsake toliko časa v obliki padavin; tako je v deževnem času vode dovolj, včasih celo preveč, v sušnem obdobju pa je primanjkuje. Zato je bila narava primorana razviti vodozadrževalne mehanizme, katerih vloga je preprečitev hitrega odtoka vode nazaj v vodotoke in morje. Hkrati z evolucijo življenja na kopnem, ko so se izoblikovale vse bolj kompleksne življenjske združbe, so se razvijali tudi vse bolj uspešni vodozadrževalni mehanizmi, ki so omogočali nadaljnji razvoj življenja. Gre za pozitivno povratno zvezo: več življenja zadrži več vode in tako postavi temelje za še več življenja, ki zadrži še več vode itd. Tako pridemo od gole skale do gozda. Seveda omejenost materije in energije postavlja limito tudi temu razvoju.

Narava je razvila vodozadrževalne mehanizme v vsakem kopenskem ekosistemu. Toda nobeden se ne more primerjati z gozdom. Tu je sožitje med vodo in kopnim najplodnejše. V gozdu je življenje najbolj razbohoteno in tu je tudi največ zadržane vode. Ker je gozd najuspešnejši patent, s pomočjo katerega narava neživo materijo obuja v življenje, je hkrati tudi najučinkovitejši patent za zadrževanje vode. Ob pogledu na gozd zlahka dojamemo, da je le-ta enkrat naravin pripomoček za razvijanje in ohranjanje življenja.

## 2 GOZDNI HIDROLOŠKI CIKEL

### 2 FOREST HYDROLOGICAL CYCLE

Pot vode iz atmosfere v gozd oziroma skozenj ter nazaj v atmosfero imenujemo gozdni hidrološki cikel (slika 1). Ta je del hidrološkega cikla Zemlje, lahko bi rekli kar njegov podcikel. Tudi znotraj gozdnega hidrološkega cikla se pojavljajo cikli nižjega reda, kot so hidrološki cikli posameznih organizmov in tisti, ki potekajo na nivoju celic. Vso to kompleksno kroženje vode, od planetarne pa vse do celične ravni, lahko strnemo v misel, ki jo je zapisal profesor D. Mlinšek v svojem delu Pragozd v naši krajini (1992 a): *"Reka ne kroži le skozi obličje Zemlje, temveč skozi življenje, katerega nepogrešljiva sestavina je tudi gozd."*

### 2.1 Intercepcija

#### 2.1 Interception

Del padavin, ki pade na gozd, prestreže vegetacijska odeja. Temu pojavu pravimo intercepcija. Z njenim ugodnim vplivom se srečamo, ko v času nevihte poiščemo zavetje pod krošnjo drevesa. Kolikšna je intercepcija, je odvisno od tipa vegetacijske odeje in jakosti ter vrste padavin. Pri tipu vegetacijske odeje je pomembna njena struktura (delež in porazdelitev razvojnih faz), zastrtost vseh njenih slojev in vrstna sestava. V gozdovih listavcev je na primer intercepcija izven vegetacijske dobe relativno manjša



kot v vegetacijski dobi, ko so drevesa olistana. Ob močnih nalivih je intercepcija manjša kot pri rahlem pršenju.

V gozdovih duglazije na pacifiški strani ZDA so izmerili, da je med poletnimi padavinami, ko je padlo 25, 50 in 90 mm dežja, intercepcija znašala 20 %, torej je vegetacijska odeja prestregla 5, 10 in 16 mm padavin (HARR 1979). Ob močnejših padavinah v deževnem zimskem času je bila intercepcija relativno manjša. V nevihtah, ko je padlo 50-100 mm padavin, je intercepcija znašala 12 % (6-12 mm); pri padavinah 100-150 mm okrog 7 % (7-10 mm); in pri padavinah nad 200 mm nekaj nad 4 % (9 mm).

Ko sneži, je lahko intercepcija pri enaki jakosti padavin večja kot pri dežju.

Pri tako različnih vrednostih intercepcije je zanimiv njen delež glede na letne padavine. V odraslem gozdu z normalnim sklepom krošenj znaša približno 30 % (HORVAT 1992, ROBIČ 1994). V zgoraj omenjenih gozdovih v ZDA (HARR 1979) so izmerili, da je pri letnih padavinah 2.130 mm intercepcija dosegla 22 % (460 mm), pri letnih padavinah 1.000 mm pa 28 % (280 mm). Ugotovili so tudi, da intercepcija oblakov in megle znatno poveča količino padavin v gozdu. Tako so izven gozda namerili letno 2.000 mm padavin, v gozdu pa 2.520 mm, kar je 26 % več.

Približno polovica padavin, ki jih prestreže vegetacija, vseeno doseže tla. Kapljice, ki jih zadržijo krošnje, se zlijejo v večje kaplje, te se spremenijo v majhne curke, ki na poti po vejah navzdol postajajo vedno večji ter na koncu po deblu stečejo v tla. Odtok po deblih je lahko zelo različen, odvisen pa je od naslednjih dejavnikov: strukture krošnje (vejni kot – npr. razlika med iglavci in listavci), površine skorje, gostote sestoj (drevesa v gostih sestojih imajo krajše veje, zato padavinska voda prej priteče do debla in po njem v tla) in količine ter vrste padavin.

Druga polovica prestreženih padavin, ki ni odtekla na tla, izpari v ozračje. Preden padavine v gozdu prispejo do tal, se jih torej okrog 15 % vrne v ozračje (letna aproksimacija) (FREDRIKSEN et al. 1979, HORVAT 1992).

## 2.2 Infiltracija

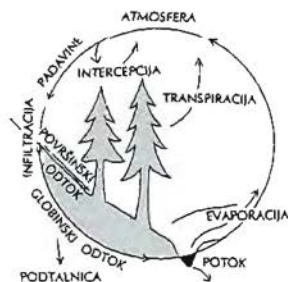
### 2.2 Infiltration

Voda, ki prispe do tal, začne vanje pronicati. Zmožnost pronicanja vode v tla je pri različnih tleh različna. Glavno vlogo imajo tukaj fizikalne lastnosti tal, katerih bistven modifikator je vegetacija. Hitro infiltracijo vode v tla omogočajo makropore, ki jih v rahlih gozdnih tleh praviloma ne manjka. Mueller je v Švici raziskoval propustnost tal za vodo pri njihovi različni rabi in ugotovil, da je propustnost tal starega gozda 130-krat večja od tal na steptanih pašniških tleh (REJIC et al. 1988).

## 2.3 Površinski odtok

### 2.3 Overland flow

Če voda doteka na tla hitreje, kot lahko pronica vanje, je del odteče po površini tal. Površinski odtoki so na gozdnih tleh minimalni – Rejic (1988) npr. omenja, da znaša njihov delež 1 % letnih padavin. V pragozdovih duglazije so ugotovili, da površinskega odtoka ni (FREDRIKSEN et al. 1979), torej tla vso vodo, ki prispe do njih, tudi infiltrirajo. Do površinskega odtoka pride le izjemoma, na primer ko so tla zmrznjena ali pri zelo plitvih tleh z nepropustno matično podlago. Ta ugotovitev verjetno drži tudi za naše pragozdove.



Slika 1: Gozdni hidrološki cikel (prirejeno po FREDRIKSENU 1979)

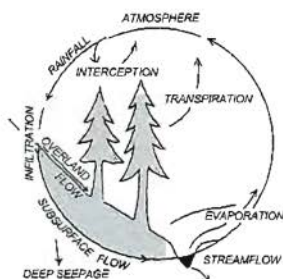


Figure 1: Forest hydrologic cycle (adapted from FREDRIKSEN 1979)

## 2.4 Globinski odtok

### 2.4 Subsurface flow

V grobem ločimo dva tipa globinskega odtoka. Pri prvem voda potuje skozi tla s pomočjo procesa premeščanja. Gre za vodno substitucijo, ko vodo v tleh zamenja padavinska voda. Proces poteka na molekularnem nivoju. Vsak talni delec je obdan z vodnim filmom, debelim 15-20 slojev molekul. Prvo tretjino filma predstavlja adhezijska voda, ki je v kristalnem stanju in ni dostopna rastlinam, drugi dve tretjini pa kohezijska voda, ki predstavlja glaven vir za rastline.

Pri drugem tipu globinskega odtoka gre za tok vode po številnih medsebojno povezanih kanalih, ki se razpredajo od površja tal do matičnega substrata. Njihov glavni oblikovalec je koreninski sistem vegetacije, kot sooblikovalca pa velja omeniti še pedofavno. Korenine med rastjo skozi tla kopljejo kanale, ki jih kasneje z rastjo v debelino tudi širijo. Voda odteka po površini korenin oziroma kanalov in se na ta način hitro razporeja po tleh. Ti odtoki so lahko zelo različni in kadar porašča tla naravna vegetacija v največji meri prilagojeni konkretnim razmeram. Tako na primer plitva tla porašča vegetacija z izrazito vodoravno usmerjenim koreninskim sistemom, zato so tla strukturirana tako, da voda počasneje odteka v globino in je tako tudi v plitvih tleh dalj časa na razpolago. Globoka tla pa porašča vegetacija z globokim koreninskim sistemom, ki je sposoben preoblikovati tla po celotni globini, kar je zelo pomembno za vodni režim tal. Pri odtoku vode po površini korenin je pomemben še en detajl: hrapavost koreninske skorje. Ta je pri različnih vrstah različna. Večja kot je hrapavost, večja je sila trenja in težje voda odteka po korenini.

Korenine in kanali v tleh prispevajo k enakomernejšemu namakanju vseh talnih horizontov, kar je pomembno za črpanje hranljivih snovi. Omogočajo pa tudi nastanek na prvi pogled nenavadnega pojava, ko se ob deževju globlji talni horizonti navlažijo prej od tistih nad njimi. Ker potuje voda po kanalih hitro, le z majhno zamudo doseže spodnje sloje tal in če so ti dovzetnejši za absorpcijo vode kot zgornji sloji, se tudi prej navlažijo.

Voda je v tleh v obliki pridržanih in zadržanih zalog (FREDRIKSEN et al. 1979). V prvem primeru se voda na določeni globini nahaja krajši čas in počasi potuje skozi tla. Kadar pa je voda v obliki zadržanih zalog, se na določeni globini nahaja dalj časa. Na velikost in količino por v tleh vplivata tekstura in struktura tal. Velike pore omogočajo infiltracijo in pronicanje vode skozi tla, vendar je ne morejo za dalj časa zadržati. Zadrževalno funkcijo opravljajo majhne pore, ki s tem zmanjšujejo izgube pri pronicanju vode skozi tla. Tako ima enoličen pesek z zrnato strukturo veliko infiltracijsko kapaciteto, toda majhno sposobnost zadrževanja vode. Neagregirana glinena tla pa imajo nizko infiltracijsko kapaciteto, toda veliko sposobnost zadrževanja vode. Za gozdna tla je značilna široka paleta velikosti por, zato so sposobna hitro infiltrirati vodo ter jo hkrati v zadostnih količinah zadržati.

Pomembna lastnost tal je tudi njihova globina. Ta vpliva na količino vode, ki je lahko naenkrat akumulirana v tleh.

## 2.5 Evapotranspiracija

### 2.5 Evapotranspiration

Del vode, ki se zadržuje v tleh, izhlapi, čemur pravimo evaporacija, del pa jo med procesom transpiracije posrkajo rastline. Oba procesa sta odvisna od energije, razpoložljive za izhlapevanje vode iz tal (evaporacija)



oziroma iz odprtih listnih rež (transpiracija). Evapotranspiracija je zelo zapleten proces, na katerega vplivajo poleg klimatskih še različni fiziološki in edafski dejavniki. Zato so velike razlike v njenih vrednostih, tudi v navidez podobnih pogojih. Zato naj naslednji podatek služi le kot groba orientacija: evapotranspiracija mešanih gozdov zmernega pasu znaša 50-54 % letnih padavin (ROBIČ 1994).

## 2.6 Potok

### 2.6 Stream

Voda v tleh, ki ni sodelovala v procesu evapotranspiracije, lahko tvori podtalnico, lahko pa pride na površje v obliki izvira in odteče kot gozdni potok. Ta dobiva vodo z globinskim dotokom, z dotokom po površini tal in s padavinami, ki padejo direktno v strugo potoka. Količine vode v potoku ne moremo absolutno razdeliti glede na te tri izvire, vendar pa lahko imajo njihovi relativni deleži velik vpliv na časovno razporeditev vode, ki dospe v strugo, in na višino odtoka iz povirja. Na splošno velja, da večji kot je površinski odtok, večje in hitrejše so pretočne fluktuacije v potoku. In ker so površinski odtoki v ohranjenem gozdu minimalni, teče potok skozenj umirjeno, njegov izvir pa zlepa ne usahne.

Odtok vode v obliki potoka še zdaleč ne pomeni prekinitve odnosa med vodo in gozdom. Potok ni odvečna voda, ki je gozd ne potrebuje več in se ji je zato odpovedal. Še manj odpadek. Narava je v tej vodi razvila povsem novo življenjsko skupnost, nastal je poseben vodni oziroma potočni ekosistem, ki pa - to je bistveno - živi v tesni navezi z gozdom. Gozd napaja potok z vodo in opadom, ki je glavni oblikovalec njegove struge in osnovna hrana potočnemu življenju, potok pa z oddajanjem vlage, oblikovanjem ustreznih habitatov in prisotnostjo posebnega rastlinskega in živalskega sveta vpliva na življenjski utrip gozda. Pri gozdnem potoku torej ne gre za odtujevanje vode od kopnega. Nasprotno, kot bomo kasneje ugotovili, je naveza gozd - gozdni potok tako močna, da se upravičeno postavlja dvom o smiselnosti delitve (kopenski in vodni ekosistem) in ločenega obravnavanja. Gre namreč za kompleksen sistem, sestavljen iz dveh soodvisnih (pod)sistemov, katerih simbiotičen odnos bogati tako vsakega od njiju kot tudi celoten sistem.

#### 2.6.1 Gozdni opad - glavni oblikovalec potoka

##### 2.6.1 Forest deposit - the main creator of stream

Ker teče potok praviloma ob vznožju pobočij, kamor gravitira tudi večji del opada, je v njegovi strugi več mrtve organske snovi kot na ostalih gozdnih tleh. Cummins, ki je delal raziskave v pragozdovih duglazije, na primer navaja, da 90 % organske snovi v prapotoku izvira iz gozda (CUMMINS 1979). Obilen opad bistveno prispeva k večji razgibanosti struge potoka in s tem k oblikovanju številnih habitatov. Ta njegova vloga z večanjem dimenzij potoka slabi, vendar je pri potoku prvega reda vseskozi zelo izrazita. (Potok prvega reda je potok, ki nima pritokov; z zlitjem potokov prvega reda nastane potok drugega reda; z zlitjem potokov drugega reda nastane potok tretjega reda itd.) V ZDA so za potok prvega reda, ki teče skozi pragozd duglazije, ugotovili, da 25 % njegove struge sestavlja gozdni opad (voda teče skozi oziroma po opadu), nadaljnjih 21 % pa habitat (tolmuni ipd.), ki jih ta opad oblikuje (FRANKLIN et al. 1981).

Posebno pozornost zaslužijo v strugi ležeča debela. Ta zelo močno in na dolg rok vplivajo na tok vode in obnašanje plavja v njej, torej na morfogenezo struge, ter nič manj na samo življenje potoka. Njihovo delovanje je

izrazito večplastno: močno stabilizirajo strugo, predstavljajo veliko skoncentrirano zalogo hrane, oblikujejo habitate, in nenazadnje tudi sama predstavljajo habitat. Ekstremen vpliv na vodni režim imajo ob nizkem poletnem vodostaju, ko se lahko zgodi, da je v njihovem razpadajočem tkivu več vode, kot je teče po strugi (TRISKA et al. 1979).

Kjer je vode malo, lahko oblikujejo strugo že kupčki listja, kjer je vode več, pa to zmore le opad večjih dimenzij, npr. podrtá drevesa v strugi. Ves ta opad ustvarja nešteto pregrad, od drobnih do večjih, za katerimi se oblikujejo slapovi, preliv, curki in tolmuni, ki omogočajo osnovanje najrazličnejših bioloških skupnosti.

## 2.6.2 Gozdni opad - osnovna hrana potočnemu življenju

### 2.6.2 Forest deposit - the main nourishment to stream life

Opad kot oblikovalec struge hkrati predstavlja ogromno zalogo težko topljivega ogljika, ki je prehranjevalno-energijska osnova potoka. Rastlinsko organsko snov v potoku lahko razdelimo v tri glavne kategorije: (1) tisto, ki vsebuje klorofil (živeči mikro- in makroproducenti), (2) detrit oziroma opad v obliki delcev v velikostnem razponu od makroopada (debla, veje ipd.) do tistih, ki so manjši od 1  $\mu\text{m}$ , in (3) raztopljen organsko snov (CUMMINS 1979). Na porazdelitev posameznih frakcij organskega opada v potoku vplivajo različni hidrološki in biološki procesi ter tip obrežne vegetacije in tal.

Ko pade opad v strugo, lahko ostane na mestu, lahko pa ga odnese voda, čemur pravimo drift (TARMAN 1992) oziroma plavina. Večinoma je opad, ki ga voda odplakne, krajši od širine struge in se plavljenje makroopada (od vej do celih dreves) odvija le v večjih vodotokih, v manjših pa le ob pojavu ekstremno visokih voda. Količina plavin je v tesni odvisnosti od velikosti posameznih delcev: manjši kot so, bolj so občutljivi na transport. Najbolj labilen je raztopljen organski material, vendar voda tudi tega ne odplakne tako zlahka. Hitra inkorporacija sicer labilne frakcije na razne delce in mikrobe predstavlja enega pomembnejših zadrževalnih procesov v potoku.

Plavljen opad zadržijo različne pregrade ali pa se akumulira v mirnih zalivčkih. Tukaj oblikuje obilne "vodne travnike", na katerih se "pasejo" številni organizmi, najpogosteje postranice (*Gammarus sp.*) in ličinke vodnih muh (enodnevnice, mladoletnice). Vodne travnike oblikuje gozdni opad zelo različne sestave (listje, vejice in semena najrazličnejših drevesnih in grmovnih vrst). Pestrost sestave akumuliranega opada potegne za seboj večjo pestrost njegovih konzumentov, ta večjo pestrost plenilcev itd. In s pestrostjo se povečuje stabilnost. Pestra sestava akumuliranega opada pa je pozitivna še z enega vidika. Različen opad se namreč razkraja različno hitro in rezultat je kontinuirana preskrba z njim skozi vse leto.

Presnovo v potoku lahko prikažemo s pomočjo prehranjevalnih skupin, ki predstavljajo prehranjevalne zveze med različnimi organizmi v potoku (CUMMINS 1979). Relativna množina vsake od prehranjevalnih skupin nam ponazarja lastnosti organske snovi v potoku. Z lastnostjo organske snovi mislimo na količino in kakovost gozdnega opada ter na rast perifitona. V perifiton prištevamo predvsem prirasle alge na potopljenem skalovju, kamnih in lesu (TARMAN 1992). Poznamo pet osnovnih prehranjevalnih skupin (zvez). Slika 2 prikazuje povezavo vsake od teh skupin z zalogo hrane, ki jo konzumira in asimilira, za kar je morfološko, vedenjsko in fiziološko prilagojena.



GOM (grob organski material > 1 mm): zveza glive - bakterije : drobilci obsega hitro luženje topljivih organskih snovi iz grobega detrita, ki mu sledi kolonizacija in razvoj gliv in bakterij. Ko populacije le-teh omehčajo organsko snov, se začno z njo aktivno prehranjevati drobilci (postranice, ličinke mladoletnic idr.). Ti se selektivno prehranjujejo le s tistim detritom, na katerem je dovolj mikrobov. Drobilci, katerih preživetje in razvoj sta odvisna od dotoka organskih snovi iz sosednjega kopenskega ekosistema, predstavljajo najtesnejšo povezavo med vodnimi nevretenčarji in obrežno vegetacijo.

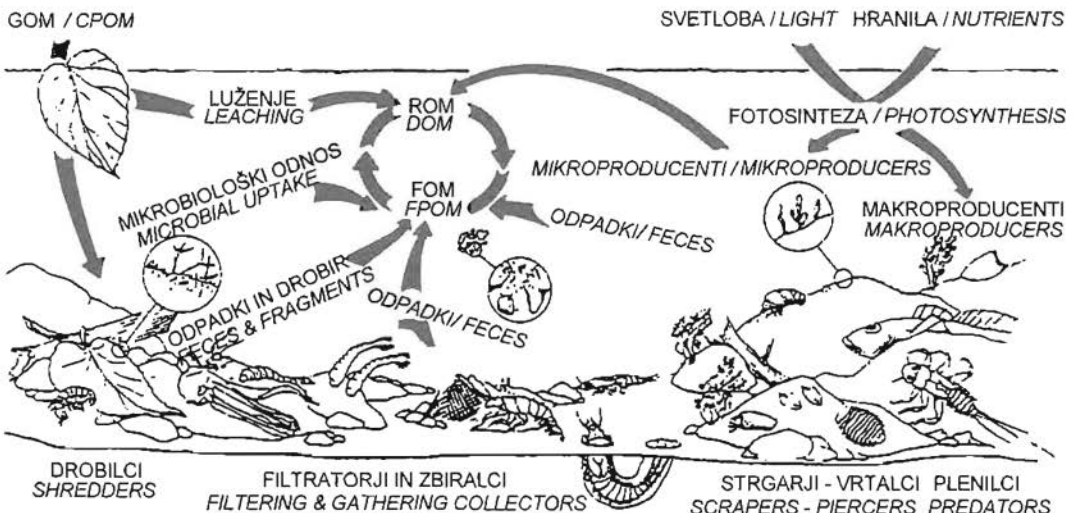
FOM (fin organski material < 1 mm): zveza bakterije : filtratorji - zbiralci vključuje makronevretenčarje, ki pridobivajo hrano s filtriranjem organskih delcev, ki jih nosi voda (nekatero ličinke mladoletnic), oziroma z zbiranjem organskega materiala na dnu struge (večina ličink dvokrilcev). Od mikrobov najdemo tukaj le bakterije, saj so organski delci premajhni, da bi lahko glive na njih razvile micelije. Čeprav tudi filtratorji in zbiralci zahtevajo navzočnost mikrobov na detritu, pa so precej manj izbirični glede kvalitete hrane kot drobilci. Odnos med filtratorji - zbiralci in obrežno vegetacijo je manj direkten, saj se znaten del FOM proizvede znotraj potočnega ekosistema. Zatorej razmerje med drobilci in filtratorji - zbiralci v potoku zrcali ravnotežje med GOM in FOM ter hkrati tudi tip obrežne vegetacije.

Zveza alge perifitona : strgarji je sposobna pritrjene alge spraviti v gibanje. Strgarji (ličinke mladoletnic, enodnevnice idr.) strgajo alge s podvodnih površin in jih tako izpostavljajo plavljenju. Razmerje med drobilci ali zbiralci in strgarji je kazalec, ki pove, kako velik delež v zalogi organskih hranljivih snovi zavzemajo GOM ali FOM nasproti perifitonu.

Zvezo makrofiti : vrtalci predstavljajo skoraj izključno ličinke mikro-mladoletnic, ki se prehranjujejo na makroalgah, tako da srkajo sokove iz njihovih celic. Z večanjem deleža makrofitov nasproti fitoplanktonskim modrozelenim algam se povečuje tudi razmerje med vrtalci in strgarji. Vrtalci so edina skupina organizmov v potoku, ki se prehranjujejo z makrofiti.

Za zvezo plenilec : plen se zdi, da je relativno konstantna in povsod navzoča. Živalsko tkivo predstavlja zelo kvalitetno zalogo hrane, ker pa je gostota plena relativno nižja kot ostale zaloge, plenilci za pridobivanje hrane porabijo več energije.

Slika 2: Prikaz prehranjevalnih skupin (zvez) v potoku (prirejeno po CUMMINS 1979)  
Figure 2: Review of food chain in the stream (adapted from CUMMINS 1979)



Ena glavnih ovir pri razgradnji opada - tako v vodi kot na suhem - je njegovo visoko C/N razmerje. Slednje se med procesom razgradnje zmanjšuje, kar povzročajo fiksatorji dušika, ki imajo pomembno vlogo zlasti v začetnih fazah procesa. Večanje koncentracije dušika poteka v opadu v potoku hitreje kot pri tistem na gozdnih tleh. V ZDA so z redukcijo acetilena ugotovili, da ima zaslugo za to predvsem intenzivnejša fiksacija dušika (TRISKA et al. 1979). Razlike so tudi znotraj opada. Vendar narava tudi preprečuje kopičenje dušika. Do izgub elementarnega dušika prihaja med procesom denitrifikacije, ki ga izvajajo nekatere heterotrofne bakterije, v manjši meri pa se odvija tudi v odsotnosti organizmov (v kontaktu nitritov z amonijevimi solmi). Kljub hitrejšemu večanju koncentracije dušika se opad v potoku razkraja počasneje kot na gozdnih tleh. Razloga sta vsaj dva: prvič, ker je večina gliv, ki razgrajujejo celulozo in lignin, aerobnih, in drugič, ker razpad opada v vodi poteka izključno od površine proti notranjosti. Zaradi slednjega se opad večjih dimenzij razgrajuje počasneje od drobnega opada enake mase. Debla, za katera je značilno zelo nizko razmerje med površino in prostornino, razpadajo zato še posebej dolgo.

### 2.6.3 Gozdni potok je učinkovit zadrževalen mehanizem

#### 2.6.3 Forest stream is effective retentive mechanism

Ko bakterije, glive, nevretenčarji in fizična abrazija počasi drobijo organski opad na vse manjše koščke, postaja ta zaradi naraščajočega razmerja med površino in prostornino vedno bolj občutljiv na napade mikroorganizmov in ker je vse lažji tudi na plavljenje. Izgube v obliki plavin so majhne, saj se kar 60-70 % opada, ki pade v strugo, nakopiči in do konca razkroji na tem mestu (FRANKLIN et al. 1981). Zadrževalni mehanizmi v potoku so tako močni, da lahko voda odplakne le najdrobnejše delce. Polovico in tudi več celotne organske snovi, ki jo voda odplavi, predstavlja raztopljen organski material, skoraj ves preostali del pa delci, veliki do 1 mm (CUMMINS 1979). Majhnost izgub v obliki plavin pa ne pomeni, da je majhen tudi njihov vpliv. Nasprotno, ker se pojavljajo nepretrgoma, je njihov vpliv velik. Trajno plavljenje organskega drobirja v majhnih količinah je celo eden pomembnejših procesov v strugi, saj na ta način manjši vodotoki prehranjujejo večje. Tako kot gozd po malem in neprestano napaja potok, tudi potok napaja reko, v katero se izliva.

V potoku se torej poleg sprejemanja in zadrževanja neprestano odvija tudi proces oddajanja mrtve organske snovi, vendar v veliko manjši meri. Opad se nekje v potoku kopiči v gmoto, ki z nadaljnjim zadrževanjem plavajočega opada postaja vse večja, drugje vzdolž struge pa se lahko takšna gmota akumuliranega opada po dolgem procesu razkranjanja sesuje v majhne dele, ki jih vodni tok odplakne nizvodno. Pomembno je, da dojamemo položaj opada v potoku tudi iz zgodovinske perspektive in **strugo kot nepretrgan proces.**

Okljuki, preliv, tolmuni, slapovi, mokrišča so sestavni deli struge, ki ne le oblikujejo posebne habitate, ampak tudi skupaj sestavljajo sistem za preprečevanje prehitrega odtoka vode in plavin v njej. Posebej velja opozoriti na segment struge, ki smo ga do sedaj le omenili, predstavlja pa mogoče najtesnejšo povezavo med gozdom in potokom: to so mokrišča. Ob močnejših padavinah se dogaja, da potok poplavi nekatere ravnice ob strugi. Te občasno poplavljene površine, mokrišča, opravljajo zelo pomembno vlogo pri regulaciji odtoka vode in hranljivih snovi. Njihova naloga je zadrževanje poplavnih voda, s čimer zmanjšujejo poplave v nižinah in pomagajo zagotavljati oskrbo z vodo skozi vse leto. Nadalje absorbirajo



hranljive snovi in zadržujejo plavine ter tako čistijo vodo. Vse te funkcije opravlja obrežni gozd vzdolž celotne struge, vendar jih tisti na mokriščih opravlja še posebej učinkovito.

Mokrišča pogosto porašča združba *Alnetum glutinosae*. Omenjena združba s črno jelšo na čelu namreč zelo dobro prenaša anaerobne razmere v poplavljenih oglejenih tleh. Poleg tega še optimalno opravlja vrsto ekoloških funkcij. Pomembno vlogo ima globok koreninski sistem črne jelše, ki po celotni globini prepreča in tako preoblikuje tudi do nekaj metrov globoka tla na mokriščih. Zato tla kljub svoji globini niso zbita in so sposobna zadržati ogromno količino vode. Prispevek črne jelše je tudi ta, da med pospešenim procesom transpiracije intenzivno črpa odvečno vodo iz tal v ozračje in tako ustvarja pogoje za nadaljnje dotekanje vode v tla. (Verjetno ravno sinergijski mehanizem "globok plug - odlična črpalka", ki ga uteleša črna jelša, v največji meri omogoča mokriščem, da opravljajo svojo vlogo v povirju.)

Vrnimo se na gozdni potok in njegove zadrževalne mehanizme v celoti. Ker največ povedo primerjalne analize, smo strugo gozdnega potoka primerjali s strugo v logu in na travniku. Vse tri odseke struge smo določili na potoku Dolček (potok prvega reda), ki teče v zasavskem hribovju, natančneje pri Kandršah (med Moravčami in Zagorjem) in predstavlja kapilaro v povirju reke Save.

#### 2.6.4 Delovna hipoteza

#### 2.6.4 Working hypothesis

Ker obrežna vegetacija lahko že sama po sebi predstavlja oviro pri odtoku vode (debla, korenine), poleg tega pa pomeni glavni vir opada, ki je pomemben oblikovalec struge potoka prvega reda, smo oblikovali naslednjo delovno hipotezo: na učinkovitost zadrževalnih mehanizmov struge potoka prvega reda ima največji vpliv obrežna vegetacija.

### 3 METODE

#### 3 METHODS

Podroben potek struge potoka na odseku v gozdu, v logu in na travniku smo na terenu izrisali s pomočjo štetja korakov in kompasa.

Zadrževalno zmogljivost potoka za organsko snov na njegovih različnih odsekih (na travniku, v logu in v gozdu) smo preizkusili s poskusom, za katerega smo potrebovali: žagovino, sito (z 2 mm<sup>2</sup> velikimi luknjami) in zaveso s približno polovico manjšimi luknjami kot pri situ (0,8 mm<sup>2</sup>). Žagovino smo presejali skozi sito in se tako znebili prahu in najdrobnejših delcev. Presejano žagovino smo razdelili na tri enake dele (za tri odseke). Najprej smo na spodnjem koncu zadnjega odseka (gledano po toku navzdol) v potok postavili lovilno mrežo (zaveso), tako da se je vsa voda v strugi precejala skozi mrežo. Nato smo odšli na začetek odseka in v potok posipali tretjino oziroma 300 g presejane žagovine. Po uri in pol smo lovilno mrežo zamenjali z novo, ki smo jo pustili v potoku deset ur in pol (lovilni mreži sta bili v potoku skupno dvanajst ur po posipu žagovine v potok). Enak postopek smo opravili še na drugih dveh odsekih. Pomembno je, da so si pri meritvah odseki sledili po toku navzgor, saj smo s tem preprečili, da bi žagovina, ki je ostala v vodi po merjenju, vplivala na rezultate merjenja na naslednjem odseku. Po enem tednu zračnega sušenja smo kupčke žagovine iz posameznih lovilnih mrež stehtali.

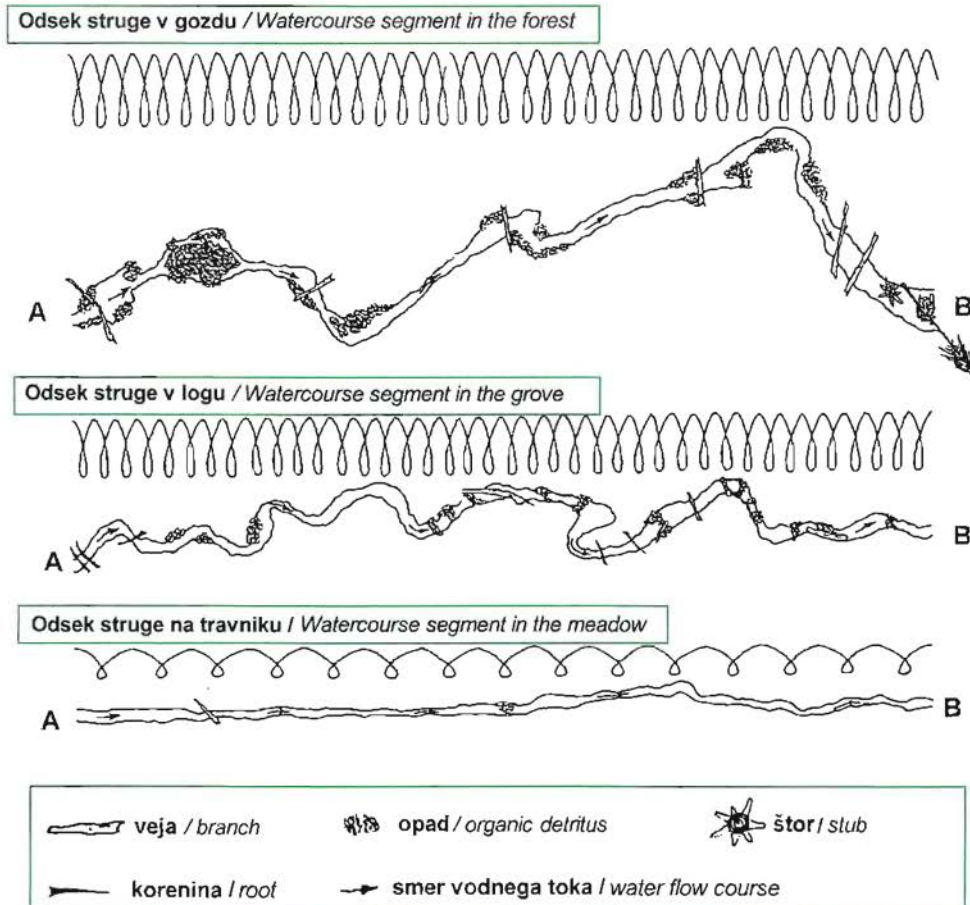
## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

## 4 RESULTS AND DISCUSSION

Primerjavo odsekov struge na travniku, v logu in v gozdu prikazuje slika 3. Vidimo, da struga na travniku poteka skoraj naravnost in da so v njej prelivi zelo redki. Povsem drugačna je njena pot skozi log in gozd, kjer oblikuje številne meandre in prelive. Kaj pomeni večja razgibanost struge z vidika odtoka vode, nam delno pove naslednji izračun. Zračna razdalja med začetkom in koncem odsekov je 30 m. Padec terena je na vseh treh odsekih struge 4 %. Temu primerno je konstantna tudi višinska razlika med začetkom in koncem odsekov struge in znaša 1,2 m. Da jo premaga, opravi potok na travniku 31 m dolgo pot, zato je padec struge tukaj 3,9 %. Skozi log je ta pot daljša za 10 m (41 m), zaradi česar se padec struge zmanjša na 2,9 %. Še za malenkost daljšo pot, dolgo 42 m, opravi potok skozi gozd, vendar je padec struge tudi tukaj 2,9 % (zaradi zaokroževanja). Zaradi jezov v strugi so ti padci v resnici manjši. To še posebej velja za strugo v logu in gozdu, kjer so jezovi veliko bolj pogosti kot v strugi na travniku. Tako smo po korekciji padcev strug na travniku in v logu zaradi vpliva jezov (v gozdu se zaradi velike razgibanosti struge in razbitosti vodnega toka tega ni dalo narediti) dobili naslednje vrednosti: padec struge na travniku je 3,2 %, v logu pa 0,5 %. Za padec struge v gozdu lahko predpostavimo, da je blizu tistemu, ki ga ima struga v logu.

Slika 3: Primerjava odsekov struge na travniku, v logu in v gozdu (Risal B. Pihler)

Figure 3: Comparison of watercourse segments in the meadow grove, and forest (Drawing by B. Pihler)





Vidimo, da odsek struge na travniku zelo izstopa. Njegova primerjava z odsekom struge v logu je še posebej zanimiva, kajti odseka si sledita (konec odseka struge na travniku je hkrati začetek odseka struge v logu) in oba obdajajo kmetijske površine; torej so razlike med obema izključno rezultat drugačne obrežne vegetacije. Vpliv slednje pa je v našem primeru ogromen, saj pojav drevnine na brežinah povzroča, da se padec struge v logu zmanjša na slabo šestino (15,6 %) padca, ki ga ima struga na travniku.

Poleg tega, da meandri zmanjšujejo padec struge in slabijo moč vodnega toka, tudi povzročajo, da se na določeni površini naenkrat nahaja več vode. In sicer tolikokrat več, kolikokrat je struga zaradi meandrov daljša - seveda pri domnevi, da struga nima pritokov. Če primerjamo odseke strug, ki jih kaže slika 3, ugotovimo, da se na odseku v logu nahaja 1,29-krat (29 %) več, na odseku v gozdu pa 1,35-krat (35 %) več vode kot na odseku potoka na travniku.

Ne glede na to, da so biotopi tekočih vod odprt sistem, torej konstantno pod vplivom višje ležečih (gorvodnih) odsekov, lahko vse tri zgoraj omenjene odseke predstavimo kot relativno homogena območja. Znotraj le-teh poteka sedimentacijsko transporten ciklični proces kroženja organskih snovi, ki ga grafično lahko prikažemo v obliki spirale, ki se vije v smeri vodnega toka (Ribič, 1989). Odvisno od intenzivnosti teh procesov se oblika spirale spreminja, predvsem njena gostota in širina (slika 3). Različne oblike spirale nam tako dajo predstavlo o intenzivnosti oziroma kapaciteti različnih ekosistemov za sprejemanje organskih snovi in njihovo razgradnjo. Potok na travniku z majhnimi zalogami organskih snovi in nizko biološko aktivnostjo, majhno intenziteto kroženja snovi in močno transportno sposobnostjo oziroma hitrostjo je sistem z majhno stabilnostjo in neodporen proti alohtonim donosom. Zato je spirala, ki ponazarja procese v njem, ožja in bolj raztegnjena. Nasprotno pa potok v logu in gozdu z veliko zadrževalno zmogljivostjo, visoko biološko aktivnostjo, veliko intenziteto kroženja snovi ter majhno transportno hitrostjo predstavlja stabilen sistem, odporen proti alohtonim donosom. Spirala je tu širša in gostejša.

S pomočjo žagovine, ki smo jo posipali v potok na začetku, lovili pa na koncu vsakega odseka, smo ugotavljali zadrževalno sposobnost potoka. Rezultati so zapisani v preglednici 1. Vidimo, da imata odseka struge v gozdu in v logu veliko zadrževalno sposobnost, saj je po 12 urah iz njiju priplavalo le nekaj majhnih delcev žagovine, ki so skupaj tehtali manj kot en gram. Ob pregledu struge smo ugotovili, da se je v obeh primerih velika večina žagovine zadržala že v zgornji, tj. prvi polovici odseka. Kupčki žagovine so ležali pred različnimi pregradami, na dnu tolmunov, ob robovih struge ipd., na njih pa so se pasle številne postranice ter ličinke mladoletnic in enodnevnice. Nasprotno pa je odsek struge na travniku po 12 urah oddal skoraj tretjino vnešene žagovine, s tem da je slabo desetino oz. okrog 30 % oddal že po prvi uri in pol. Ostala količina žagovine se je zadržala ob

	Vhod Entrance (g)	Izhod / Exit (g)	
		po 90 min. after 90 min.	po 12 urah after 12 hours
Odsek potoka v gozdu <i>Stream segment in the forest</i>	300	0	nekaj drobtin* some bits
Odsek potoka v logu <i>Stream segment in the grove</i>	300	0	nekaj drobtin some bits
Odsek potoka na travniku <i>Stream segment in the meadow</i>	300	28	95

\* manj kot 1 gram / less than 1 gram

Preglednica 1: Prikaz zadrževalnih zmogljivosti potoka za organsko snov na različnih odsekih  
Table 1: Review of stream retentive capacity for organic matter in different watercourse segments

obeh pregradah in zahvaljujoč visoki travi na brežinah v veliki meri tudi ob robovih struge, kjer jo je zadržala na gladino poležana trava. Med delci, dospelimi do konca odseka, so bili tudi tisti večjih dimezij, ki so praviloma bolj podvrženi zadrževanju. Torej so tukaj zadrževalni mehanizmi potoka mnogo šibkejši kakor v prejšnjih dveh odsekih. Poudariti moramo tudi, da se zadrževalna sposobnost struge na travniku med letom zelo spreminja; poleti, ko brežine porašča visoka trava, je bistveno večja kot pozimi. V strugi v logu in gozdu so te spremembe mnogo manjše, če ne celo zanemarljive.

Poskus je potrdil delovno hipotezo, da obrežna vegetacija bistveno vpliva na učinkovitost zadrževalnih mehanizmov struge potoka prvega reda.

## 5 ZAKLJUČKI

### 5 CONCLUSIONS

Voda je napoj življenja in zato predstavlja bistven vir obstoja in razvoja kopenskih ekosistemov. Eksistenčen problem teh ekosistemov je njihova stalna preskrba z vodo. Kajti voda prihaja na kopno v obliki padavin, torej v časovno in količinsko zelo različnih intervalih. V deževnem času je lahko vode celo preveč, v sušnem obdobju pa je primanjkuje. Evolucija kopenskih ekosistemov je zato nujno potekala v smeri vse uspešnejšega zadrževanja vode. Če smo dosledni: je evolucija potekala v smeri vse uspešnejšega zadrževanja vsega, še posebej vode. Na ugodnih rastiščih predstavlja višek te evolucije gozdni ekosistem. V njem je ustvarjenega največ življenja in zadržane največ vode. Zadržuje jo s svojo celotno zgradbo. Znotraj gozda pa najuspešneje zadržujejo vodo gozdna tla. Ta so oblikovana tako, da so sposobna hitro vsrkati velike količine vode, jo v veliki meri zadržati in jo hkrati po malem in neprestano tudi oddajati.

Gozdna tla oddajajo del vode v obliki gozdnega potoka, ki zlepa ne usahne. S tem pa se naveza gozd - voda ne prekine. Gozd in gozdni potok živita v tesni simbiozi. Gre za obojestranski, interaktiven odnos, ki s snovanjem novih življenjskih okolij in združb bogati oba. Ta simbioza pomeni transcendenco v razvoju življenja. Gozd napaja potok z vodo in opadom, ki v največji meri oblikuje njegovo strugo in je hrana novo nastalemu vodnemu življenju, potok pa z oddajanjem vlage, oblikovanjem posebnih habitatov in prisotnostjo novega rastlinskega in živalskega sveta daje gozdu novo podobo in življenjski utrip.

Zadrževalne mehanizme za vodo in za materijo nasploh najdemo tudi v strugi gozdnega potoka. Glavni oblikovalec struge in njenih zadrževalnih mehanizmov je gozdni opad. Z njegovim kopičenjem nastajajo v strugi slapovi, prelivi, tolmuni, okljuke, rokavi ... Vse to so zadrževalni mehanizmi, ki prispevajo, da je materija na razpolago v življenju prijazni obliki: voda ni obremenjena z velikimi količinami kinetične energije, ki so za življenje neobvladljive; plavine v vodi so zadržane toliko časa, da lahko koristijo kot hrana ipd. Največji vpliv na oblikovanje zadrževalnih mehanizmov v strugi ima obrežna vegetacija, kajti ugotovili smo, da je zadrževanje plavin na odsekih struge v gozdu in logu, kjer je obrežna vegetacija podobna, zelo uspešno, na odseku struge na travniku pa so zadrževalni mehanizmi potoka bistveno manj učinkoviti.



## Forest and Forest Stream - Indivisible Whole

### Summary

Energy and matter are not by themselves sufficient for life development. A key point is their quality. Retentive mechanisms in nature regulate the energy and matter flows in a way they can become manageable for living.

The Earth is the only known planet with existing liquid water and, therefore, the only planet endowed with life. Water is necessary with all life processes and is at the same time an essential construction element of all organisms, and an important transportation media. The water on the land is not in abundance. It appears from time to time in the form of precipitation, when it can also become excessive. Consequently, the nature was forced to develop water retention mechanisms with the role to prevent fast outflow back to waterflows and sea. These mechanisms were developed in every land ecosystem, but none is to be compared to the forest, where life is most exuberant and water most withheld.

The pathway of water from the atmosphere into forest or through it, and back to atmosphere is called forest hydrologic cycle. On its way through forest, the water overcomes numerous obstacles that prevent its outflow to become too fast. The best water retention mechanism is forest soil which is formed to absorb large quantities of water, and to retain it there for longer period of time. Water leaves forest soil surface partly in the form of forest stream, meaning the linkage between the two of them is not interrupted. The strong interaction of forest and forest water is still in existence. Stream is supplied by the forest with water and organic detritus, the latter being the major creator of its watercourse and an essential nourishment to stream living. The stream influences the living pace of forest with evaporation, formation of exclusive habitats, and presence of special flora and fauna world.

The water and matter retentive mechanisms are, in general, found in the watercourse of forest stream. The component parts of watercourse, as meanders, channels, waterflows, dams, and wet sides, form not only special habitats, but moreover constitute the system to prevent fast outlet of water with its floatage. Riverside vegetation has the strongest influence on watercourse retentive mechanisms formation. The experiment was carried out with sawdust scattered in different sections of forest, grove, and meadow watercourses, then the portion of washed off or retained sawdust having been ascertained. It was found out the sawdust retention in forest and grove watercourses, bearing the resemblance of riverside vegetation, has been successful in both cases, whereas a large portion of sawdust had been washed away in the meadow watercourse.

### VIRI / REFERENCES

- CUMMINS, K. W., 1979. The Multiple Linkages of Forests to Streams, *Forests: Fresh Perspectives from Ecosystem Analysis*.- Proceedings of the 40th Annual Biology Colloquium, Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, str. 191-198.
- FRANKLIN, J. F. / CROMACK, K. Jr. / DENISON, W. / MCKEE, A. / MASER, C. / SEDELL, J. / SWANSON, F. / JUDAY, G., 1981. Ecological Characteristics of Old-Growth Douglas-Fir Forests.- US Department of Agriculture, Forests Service, General Technical Report PNW-118, February, 48 s.
- FREDRIKSEN, R. L. / HARR, R. D., 1979. Soil, Vegetation and Watershed Management of the Douglas-Fir Region.- US Department of Agriculture, Forests Service, Washington State University Cooperative Extension, 260 s.
- HARR, R. D., 1979. Effects of Timber Harvest on Streamflow in the Rain-Dominated Portion of the Pacific Northwest.- Oregon, US Department of Agriculture, Forests Service, Pacific Northwest Forests and Range Experiment Station, Corvallis, 45 s.
- HORVAT, A., 1992. Zapiski s predavanj pri predmetu urejanje hudourniških območij in gozdna hidrologija.- Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, študijsko leto 1991/1992.
- MLINŠEK, D., 1992. Pra-gozd v naši krajini.- Ljubljana, Državna založba Slovenije, 157 s.
- REJIC, M. / SMOLEJ, I., 1988. Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda/Gozdna hidrologija.- Ljubljana, UEK v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 225 s.
- ROBIČ, D., 1994. Hidrološka vloga gozdnega zastora in odprta vprašanja pri ugotavljanju vodne bilance gozdov.- Gozd in voda, Zbornik republiškega seminarja, Poljče, 11.-13. oktober 1994, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, s. 61-76.
- TARMAN, K., 1992. Osnove ekologije in ekologija živali.- Ljubljana, Državna založba Slovenije, 547 s.
- TRISKA, F. J. / CROMACK, K. Jr., 1979. The Role of Wood Debris in Forests and Streams, *Forests: Fresh Perspectives from Ecosystem Analysis*.- Proceedings of the 40th Annual Biology Colloquium, Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, s. 171-190.
- , 1989. Ribič. Vodni ekosistemi.- Letnik XLVIII, 7-8, s. 173-200.