

**Enige voorstellen inzake de meting van drift bij
makro-evertebraten**

Alexander Klink

Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv
Boterstraat 28 6701 CW Wageningen 1 december 1986

Drift

Drift is het verschijnsel dat makro-evertebraten hun plaats op of in het substraat van stromend water verlaten en zich in de stroming begeven.

De functie van drift is dispersie van de organismen in een stroomgebied en als zodanig te beschouwen als natuurlijk verspreidingsmechanisme voor de fauna. Veel onderzoekers hebben gekonstateerd dat deze drift hoofdzakelijk 's nachts plaatsvindt. De verminderde kans op predatie door oogjagende vissen als Salmoniden wordt hiervoor als mogelijke oorzaak gezien.

Enige factoren waardoor drift wordt bevorderd:

Natuurlijk

Snelle veranderingen in de afvoer als gevolg van zware neerslag hebben een verhoogde drift tot gevolg. Deze soms katatrofale drift treedt voornamelijk op in kleinere stromende wateren, waar de veranderingen relatief groot zijn .

Anthropogeen

1. Snelle veranderingen in de afvoer als gevolg van manipulatie met stuwen.

Veel onderzoek is uitgevoerd naar de invloed van stuwen en dammen op het gedrag en de samenstelling van makro-evertebraten levensgemeenschap. Hieruit is gebleken dat niet alleen verhoging van de afvoer leidt tot een verhoogde drift, maar een plotselinge verlaging van de afvoer heeft eveneens een sterke verhoging van de drift tot gevolg.

2. Veranderingen in de chemische samenstelling van het water.

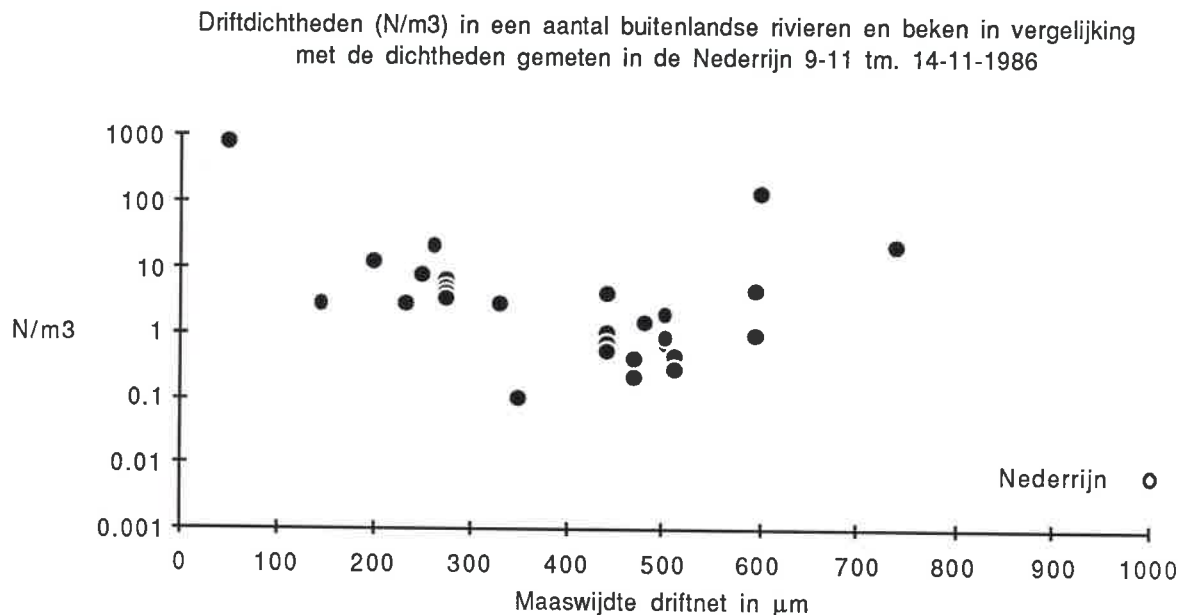
Bij het onderzoeken van de (neven)werking van insecticiden zijn experimenten uitgevoerd naar de drift van makro-evertebraten. Na toediening van insecticiden blijkt momentaan een sterke verhoging van de drift op te treden. Bij sublethale concentraties worden in de driftmonsters levende organismen aangetroffen. Indien de concentraties een lethaal niveau bereiken worden de organismen dood verzameld in de drift.

Driftmetingen tijdens de lozing van Sandoz

De resultaten van deze driftbemonsteringen zijn samengevat in de Rapporten en Mededelingen 28 van het Adviesburo.

Een van de voornaamste konklusies is dat het aantal organismen in de drift, voor, tijdens en na het passeren van de gifgolf zeer laag is ten opzichte van natuurlijke drift in buitenlandse onderzoeken. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn:

1. Het gebruik van een driftnet met relatief grote mazen (zie figuur 1).



Figuur 1. Het verband tussen de maaswijdte van een driftnet en het aantal makro-evertebraten dat hiermee is verzameld. De zwarte rondjes zijn gegevens uit buitenlands onderzoek, terwijl de cirkel het gemiddelde aantal individuen is tijdens een continue driftbemonstering in de Nederrijn gedurende 122 uur, bestaande uit twee verzamelmonsters per etmaal.

2. Een tweede reden voor het zeer gering aantal individuen kan veroorzaakt zijn door het manipuleren van de stuw bij Driel, enige dagen voor de passage van het giffront. Wisselingen in de afvoer kunnen leiden tot een verhoogde drift. Na verloop van tijd is het mogelijk dat een uitputtingseffekt optreedt en lagere aantallen dan normaal aan de drift deelnemen. In het onderhavige geval lijkt deze optie niet waarschijnlijk gezien het korte riviertraject bovenstrooms Wageningen dat aan deze manipulatie onderhevig is geweest.

3. De huidige dichtheden van makro-evertebraten in de Rijn zijn veel lager dan in minder belaste rivieren. Hierdoor kunnen uiteraard ook veel minder individuen deelnemen aan de drift. Ook kwalitatief is de Rijn arm aan makro-evertebraten. Zo ontbreken kriebelmuggen en nemen eendagsvliegen en kokerjuffers een veel geringere plaats in dan in het verleden het geval is geweest. Met name kriebelmuggen en eendagsvliegen zijn zeer gevoelig voor pesticiden (herbiciden zowel als insecticiden). De huidige bewoners van de Rijn zouden kunnen worden beschouwd als de zeer tolerante restgroep.

Voorstel tot onderzoek naar de waarde van driftmetingen aan makro-evertebraten.

Uit het bovenstaande blijkt dat momenteel te weinig kennis aanwezig is om de driftmetingen in de Nederrijn te kunnen interpreteren. Het ontbreken van een referentiekader wordt hierbij als een groot gemis gevoeld.

Om inzicht te krijgen in de waarde die aan drift moet worden toegekend als instrument voor biologische monitoring zijn een aantal ingangen mogelijk.

1. Onderzoek naar de gevoeligheid van de huidige rivierfauna voor kunstmatig verhoogde concentraties van milieuvreemde stoffen.

Hiertoe dienen organismen die aan het "normale" rivierwater worden blootgesteld als referentie. De testgroep bestaat uit organismen die in dit rivierwater een verhoogde concentratie van verdachte verbindingen krijgen toegediend. Hierbij wordt gedacht aan stoffen waarvan bekend is dat ze incidenteel of regelmatig door de producenten in de Rijn worden geloosd.

Door het bepalen van de drift van de referentie en de testgroep kan worden vastgesteld in welke concentraties verhoogde drift optreedt als (sub)lethaal effect.

Tevens kan de gevoeligheid van de huidige rivierfauna voor gekoncentreerd Rijnwater worden onderzocht. Hierbij kan de concentratiefactor van "normaal" Rijnwater worden bepaald waarbij de verschillende soorten een verhoogde driftactiviteit vertonen. Indien aangenomen wordt dat lozingen afvoer onafhankelijk geschieden, dan kan op deze wijze de kritische afvoer voor de betreffende organismen worden bepaald.

2. Onderzoek naar de gevoeligheid van de potentiële rivierfauna voor het "normale" Rijnwater.

Aangezien bekend is welke organismen vroeger in de Rijn hebben geleefd en daar sedert kortere of langere tijd uit zijn verdwenen, kan ook de weg terug worden ingeslagen.

Deze potentiële fauna is voor een groot deel nog wel levend in onze buurlanden te verzamelen.

Door deze organismen bloot te stellen aan het onverdunde Rijnwater kan worden vastgesteld of de huidige kwaliteit een verhoogde drift van deze organismen tot gevolg heeft. Als referentiewater kan diep grondwater worden gebruikt.

Indien onverdund Rijnwater leidt tot effecten, dan kan de verdunningsfactor worden bepaald die geen effecten tot gevolg heeft. Op deze wijze wordt inzicht verkregen in de mate waarin het huidige Rijnwater afwijkt van het gewenste Rijnwater.

Korte uitwerking van het voorgestelde onderzoek

De huidige rivierfauna wordt verzameld van kunstmatig substraat dat in korven bij Lobith in de rivier is gehangen.

Deze organismen worden met substraat (stenen of soortgelijk materiaal) in de proefgoten op het meetpunt geplaatst, waarin een doorstroming met Rijnwater zodanig wordt gerealiseerd dat de stroomsnelheid overeenkomt met de stroming in de rivier ter plaatse van het kunstmatig substraat. Het lichtregiem in de proefgoten moet zoveel mogelijk overeenkomen met het dag-nacht ritme in de natuur. De temperatuur van het water komt reeds overeen met de temperatuur van het rivierwater, zodat hiervoor geen speciale aanpassingen nodig zijn.

Nadat is vastgesteld dat de proefopstelling reproduceerbare driftgegevens produceert, kunnen in tweelingopstellingen de blanco en de testsituatie met elkaar worden vergeleken.

Bij het samenstellen van gekoncentreerd Rijnwater kunnen extraktiemethoden worden gebruikt voor de minder polaire verbindingen. Dit heeft als bezwaar dat resten van de extraktievloeistof overblijven in het testwater. Het Rijnwater kan ook worden ingedampd waarbij echter de meest vluchtige fractie uit het concentraat verdwijnt.

In het geval van onderzoek aan de potentiële fauna worden de organismen verzameld in de bovenloop van de Maas in België, waar het eendagsvliegen betreft (*Potamanthus luteus*) en de Lahn (zijrivier van de Rijn in Duitsland) voor kriebelmuggen (*Wilhelmia equinum*). Deze organismen dienen enigzins gekoeld zo snel mogelijk naar het laboratorium te worden vervoerd, om vervolgens in de proefgoten te worden geplaatst met het meeverzamelde substraat. Het doorgevoerde water dient van drinkwaterkwaliteit te zijn, verrijkt met enig visvoer als voedsel voor de testorganismen. De temperatuur van het water dient zo laag te zijn (ca. 10 °C) dat de organismen in een traag groeistadium verkeren. Dit om te vermijden dat reeds in korte tijd de larven overgaan in het volwassen stadium en zodoende onbruikbaar worden voor het onderzoek. Het lichtregiem dient aangepast te worden aan de periode waarvoor de temperatuur representatief wordt geacht. De stroomsnelheid in de goten dient voor de kriebelmuggen gehandhaafd te worden op ca. 60 cm/sec. De eendagsvliegen hebben een stroomsnelheid nodig van ca. 20 cm/sec. Nadat de organismen geacclimatiseerd zijn kan aan de testgroep een opklimmende fractie Rijnwater worden toegevoegd. Hieruit kan de verdunningsfactor voor Rijnwater worden berekend waarbij de organismen geen verhoogde drift vertonen.

In de gevallen dat met concentraten wordt geëxperimenteerd is het aan te bevelen om over een recirculatiesysteem voor dit water te beschikken, omdat bij een open systeem de benodigde hoeveelheid testwater wellicht de praktische mogelijkheden overschrijdt. Voor de reeksen van verdund Rijnwater wordt aangenomen dat het leidingwater de gewenste kwaliteit bezit.

Gedurende de experimenten dient nagegaan te worden of de condities in een doorvoersysteem met Rijnwater zodanig kunnen worden ingericht dat drift in de rivier zelf automatisch kan worden geregistreerd. Hiermee zou de huidige drift in de Rijn kunnen worden bepaald, terwijl tevens de praktische uitvoerbaarheid van continue driftmonitoring kan worden vastgesteld.

Ali, A., Baggs, R.D., 1982 Seasonal changes of chironomid populations in a shallow natural lake and in a man-made water cooling reservoir in central Florida
Mosq. News 42(1): 76-85

Ali, A., Fowler, R.C., 1983 Prevalence and dispersal of pestiferous Chironomidae in a lake front city of central Florida
Mosq. News 43(1): 55-59

Ali, A., Fowler, R.C., 1985 A natural decline of pestiferous Chironomidae (Diptera) populations from 1979 to 1984 in an urban area of central Florida
Fla. Entomol. 68(2): 304-311

Ali, A., Majori, G., 1984 A short-term investigation of chironomid midge (Diptera: Chironomidae) problem in saltwater lakes of Orbetello, Grosseto, Italy
Mosq. News 44(1): 17-21

Ali, A., Majori, G., Ceretti, G., d'Andrea, F., ea, 1985 A chironomid (Diptera; Chironomidae) midge population study and laboratory evaluation of larvicides against midges inhabiting the lagoon of Venice, Italy
J. Am. Mosq. Contr. Assoc. 1(1): 63-68

Ali, A., Mulla, M.S., 1978 Effects of chironomids larvicides and diflubenzuron on nontarget invertebrates in residential-recreational lakes
Environ. Entomol. 7: 21-27

Ali, A., Stanley, B.H., Stafford, S.R. 1983 Short-term daily emergence of adult midges (Diptera; Chironomidae) from a natural lake and an artificial reservoir
Environ. Entomol. 12(3): 765-767

Anderson, N.H., Lehmkuhl, D.M., 1968 Catastrophic drift of insects in a woodland stream
Ecology 49(2): 198-206

Andrikovics, S., 1981 Further data to the daily migration of the larvae of aquatic insects Opusc. Zool. Budapest 17/18: 49-55

Armitage, P.D., 1977 Invertebrate drift in the regulated River Tees, and an unregulated tributary Maize Beck, below Cow Green Dam
Freshwat. Biol. 7: 167-183

Armstrong, M.L., Brown, A.V., 1983 Diel drift and feeding of channel catfish Alevins in the Illinois River, Arkansas
Trans. Amer. Fish. Soc. 112: 302-307

Back, C., Leblanc, A., Aubin, A., 1983 Effets sur la derive des insectes aquatiques d'un traitement au Temephos contre les larves de moustiques dans le Quebec subarctique
Can. Ent. 115(6): 703-712

Bailey, C.H., Gordon, R., 1977 Observations on the occurrence and collection of mermithid nematodes from blackflies (Diptera; Simuliidae)
Can. J. Zool. 55(1): 148-154

Bailey, C.H., Gordon, R., Mills, C., 1977 Laboratory culture of the free-living stages of Neomesomeris fluminalis a mermithid nematode parasite of Newfoundland blackflies (Diptera; Simuliidae)
Can. J. Zool. 55(2): 391-397

Bailey, P.C.E., 1981 Insect drift in Condor Creek, Australian Capital Territory
Aust. J. Mar. Freshw. Res. 32(1): 111-120

Batth, S.S., Singh, J. 1974 Evaluation of dichlorvos vaporizing solids for controlling insects
Can. Entomol. 106 (1): 31-37.

Bengtsson, J., 1984 Autecological studies of Nemoura cinerea (Plecoptera)

Arch. Hydrobiol. 100(3): 299-319 Bettag, E., 1978 Untersuchung von Nebenwirkungen an Insekten beim Einsatz von 'Fenethcarb' zur Stechmückenbekämpfung Mitt. Poll.66: 117-134

Bird, G.A., Hynes, H.B.N., 1981 Movement of immature aquatic insects in a lotic habitat
Hydrobiologia 77(2): 103-112

Bisson, P.A., 1976 Increased invertebrate drift in an experimental stream caused by electrofishing J. Fish. Res. Bd. Can.33: 1806-1808

- Brooker, M.P., Hemsworth, J.J., 1978 The effect of the release of an artificial discharge of water on invertebrate drift in the R. Wye, Wales
Hydrobiologia 59: 155-163
- Brown, A.V., Armstrong, M.L., 1985 Propensity to drift downstream among various species of fish J. Freshw. Ecol. 3(1): 3-17
- Campbell, B.C., Denno, R.F., 1976 The effect of Temephos and Chlorpyrifos on the aquatic insect community of a New Jersey salt marsh
Environm. Entomol. 5: 477-483
- Car, M., 1983 The influence of water-level fluctuation on the drift of *Simulium chutteri* Lewis, 1965 (Diptera: Nematocera) in the Orange River, South Africa
Onderst. J. vet. Res. 50(3): 173-177
- Chaston, I., 1968 Endogenous activity as a factor in invertebrate drift
Arch. Hydrobiol. 64(3): 324-334
- Chaston, I., 1968 A study on the exploitation of invertebrate drift by brown trout (*Salmo trutta* L.) in a Dartmoor stream
J. Appl. Ecol. 5(3): 721-730
- Chebanova, V.V., 1984 [Peculiarities of active Chironomidae drift][Russisch]
Gidrobiol. Zh. 20(6): 14-19
- Chutter, F.M., 1975 Variation in the day-time drift of a Natal River
Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 1728-1735
- Ciborowski, J.J.H., 1983 Downstream and lateral transport of nymphs of two mayfly species (Ephemeroptera)
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40(11): 2025-2029
- Ciborowski, J.J.H., 1983 Influence of current velocity, density and detritus on drift of mayfly species (Ephemeroptera)
Can. J. Zool. 61(1): 119-125
- Ciborowski, J.J.H., Clifford, H.F., 1983 Life histories, microdistribution and drift of two mayfly (Ephemeroptera) species in the Pembina River, Alberta, Canada
Holarct. Ecol. 6(1): 3-10
- Ciborowski, J.J.H., Clifford, H.F., 1984 Short-term colonization patterns of lotic macroinvertebrates
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41(11): 1626-1633
- Condon, W.J., Gordon, R., 1977 Some effects of mermithid parasitism on the larval blackflies *Prosimulium mixtum fuscum* and *Simulium venustum*
J. Invertebr. Pathol. 29: 56-62
- Condon, W.J., Gordon, R., Bailey, C.H., 1976 Morphology of the neuroendocrine systems of two larval blackflies, *Prosimulium mixtum/fuscum* and *Simulium venustum*
Can. J. Zool. 54(9): 1579-1584
- Corrarino, C.A., Brusven, M.A., 1983 The effects of reduced stream discharge on insect drift and stranding of near shore insects
Freshw. Invertebr. Biol. 2(2): 88-98
- Crisp, D.T., Robson, S., 1979 Some effects of discharge upon the transport of animals and peat in a north pennine headstream
J. Appl. Ecol. 16: 721-736
- Dance, K.W., Hynes, H.B.N., 1979 A continuous study of the drift in adjacent intermittent and permanent streams
Arch. Hydrobiol. 87(3): 253-261
- Davies, J.B., Gboho, C., Baldry, D.A.T., ea, 1982 The effects of helicopter applied adulticides for riverine Tsetse control on *Simulium* populations in a west African Savanna habitat 1. Introduction, methods and the ...
Trop. Pest. Mngt. 28(3): 284-290
- Dudgeon, D., 1983 An investigation of the drift of aquatic insects in Tai Po Kau Forest Stream, New Territories, Hong Kong
Arch. Hydrobiol. 96(4): 434-447
- Eckblad, J.W., Volden, C.S., Weilgart, L.S., 1984 Allochthonous drift from backwaters to the main channel of the Mississippi River
Amer. Midl. Nat. 111(1): 16-22
- Eidt, D.C., 1981 Recovery of aquatic arthropod populations in a woodland stream after depletion by fenitrothion treatment
Can. Entomol. 113(4): 303-313

- Elliott, J.M., 1973 The food of brown and rainbow trout (*Salmo trutta* and *S. gairdneri*) in relation to the abundance of drifting invertebrates in a mountain stream
Oecologia 12: 329-347
- Elliott, J.M., Tullett, P.A., 1977 The downstream drifting of larvae of *Dixa* (Diptera: Dixidae) in two stony streams
Freshwat. Biol. 7: 403-407
- Ernst, M.R., Stewart, K.W., 1985 Growth and drift of nine stonefly species (Plecoptera) in an Oklahoma Ozark Foothills stream, and conformation to regression models
Ann. Entomol. Soc. Am. 78(5): 635-646
- Ezenwa, A.O., 1974 Studies on host-parasite relationships of Simuliidae with mermithids and microsporidians
J. Parasitol. 60(5): 809-813
- Ferrington, L.C. Jr., 1984 Drift dynamics of Chironomidae larvae 1. Preliminary results and discussion of importance of mesh size and level of taxonomic identification in resolving Chironomidae
Hydrobiologia 114(3): 215-228
- Fjellheim, A., 1980 Differences in drifting of larval stages of *Rhyacophila nubila* (Trichoptera)
Holarct. Ecol. 3: 99-103
- Fredeen, F.J.H., 1974 Tests with single injections of methoxychlor black fly (Diptera: Simuliidae) larvicides in large rivers
Can. Entomol. 106(1): 285-305
- Gaugler, R., Molloy, D., 1980 Feeding inhibition in black fly larvae (Diptera; Simuliidae) and its effects on the pathogenicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*
Environm. Entomol. 9(5): 704-708
- Gaugler, R., Molloy, D., 1981 Instar susceptibility of *Simulium vittatum* (Diptera: Simuliidae) to the entomogenous nematode *Neoaplectana carpocapsae*
J. Nematol. 13(1): 1-5
- Gaugler, R., Molloy, D., Haskins, T., Rider, G., 1980 A bioassay system for the evaluation of black fly (Diptera: Simuliidae) control agents under simulated stream conditions
Can. Entomol. 112(12): 1271-1276
- Gerber, R.B., Benson, A., 1980 Autumnal terrestrial and aquatic invertebrate drift in a West Virginia cold water stream
Proc. W-Virginia Acad. Sci. 52(2): 47-57
- Ghetti, P.F., Gorbi, G., 1985 Effects of acute parathion pollution on macroinvertebrates in a stream
Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 2426-2431
- Ghetti, P.F., Ravanetti, U., 1984 The drift over one year of Plecoptera and Ephemeroptera in a small stream in northern Italy
Arch. Hydrobiol. 99(4): 478-488
- Gibson, R.J., Galbraith, D., 1975 The relationships between invertebrate drift and salmonid populations in the Matamek river, Quebec, below a lake
Trans. Am. Fish. Soc. 104(3): 529-535
- Gordon, R., Bailey, C.H., 1976 Free amino acids, ions, and osmotic pressure of the hemolymph of three species of blackflies
Can. J. Zool. 54(3): 399-404
- Graesser, A., Lake, P.S., 1984 Diel changes in the benthos of stones and of drift in a southern Australian upland stream
Hydrobiologia 111: 153-160
- Haney, J.F., Beaulieu, T.R., Berry, R.P., ea, 1983 Light intensity and relative light change as factors regulating stream drift
Arch. Hydrobiol. 97(1): 73-88
- Harding, J., Colbo, M.H., 1981 Competition for attachment sites between larvae of Simuliidae (Diptera)
Can. Ent. 113:761-763
- Hasegawa, J., Yasuno, M., Saito, K., ea, 1982 Impact of temephos and fenitrothion on aquatic invertebrates in a stream of Mt. Tsukuba
Jap. J. Sanit. Zool. 33(4): 363-368
- Hemsworth, R.J., Brooker, M.P., 1981 Macroinvertebrate drift in the upper Wye catchmen, Wales
Hydrobiologia 85(2): 145-155
- Howell, C.J., Begemann, G.J., Muir, R.W., Louw, P., 1981 The control of Simuliidae (Diptera: Nematocera) in South African rivers by modification of the water flow volume
Onderst. J. Vet. Res. 48(1): 47-49

- Ito, T., 1984 [Drift of Lepidostomatid caddis larvae (Trichoptera), with special references to diurnal, seasonal and developmental changes of drift and silken thread floating method][Japans] Jap. J. Limnol. 45(3): 240-248
- Ittycheriah, P.I., Quraishi, M.S., Marks, E.P., 1974 Effects of ecdysones, juvenile hormone analogs, and 6-oxooctanoic acid on the development of the mosquito, *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae) Can. Entomol. 106(1): 79-85
- Johnson, G.D., Mulla, M.S., 1981 Chemical control of aquatic nuisance midges in residential-recreational lakes Mosq. News 41(3): 495-501
- Johnson, G.D., Mulla, M.S., 1982 Suppression of nuisance aquatic midges with a urea insect growth regulator J. Econ. Entomol. 75(2): 297-300
- Johnson, G.D., Mulla, M.S., 1983 An aquatic macrophyte affecting nuisance chironomid midges in a warm-water lake Environm. Entomol. 12(1): 266-269
- Klink, A.G., 1986 Kalamiteit Basel. Samenvatting van een week biologische monitoring in de Nederrijn bij Wageningen Hydrobiol. Adviesburo Klink Rapp. Meded. 28: 1-4
- Kohler, S.L., 1983 Positioning on substrates, positioning changes, and diel drift periodicities in mayflies Can. J. Zool. 61(6):1362-1368
- Krueger, C.C., Cook, E.F., 1981 Life cycles, drift, and standing stocks of some stoneflies (Insecta: Plecoptera) from streams in Minnesota, USA Hydrobiologia 83: 85-92
- Krueger, C.C., Cook, E.F., 1984 Life cycles, standing stocks and drift of some Megaloptera, Ephemeroptera and Diptera from streams in Minnesota, USA Aquat. Insects 6(2): 101-108
- Krueger, C.C., Cook, E.F., 1984 Life cycles and drift of Trichoptera from a woodland stream in Minnesota Can. J. Zool. 62(8): 1479-1484
- Larkin, P.A., McKone, D.W., 1985 An evaluation by field experiments of the McLay model of stream drift Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42(5): 909-918
- Light, R.W., Adler, P.H., 1983 Predicting the colonization cycle of aquatic invertebrates Freshwat. Invertebr. Biol. 2(2): 74-87
- Lincer, J.L., Zalkind, D., Brown, L.H., ea, 1981 Organochlorine residues in Kenya's Rift Valley lakes J. Appl. Ecol. 18(1): 157-171
- Lipa, J.J., 1982 Epizootics observed in laboratory rearing and in field population of *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Lepidoptera, Tortricidae) caused by *Plistophora legeri* (Paillot) ... Bull. Acad. Polon. Sci. Ser. Sci. Biol. 29(7/8): 311-316
- Matter, W.J., Hopwood, A.J., 1980 Vertical distribution of invertebrate drift in a large river Limnol. Oceanogr. 25(6): 1117-1121
- Matter, W.J., Hudson, P.L., Saul, G.E., 1983 Invertebrate drift and particulate organic material transport in the Savannah river below lake Hartwell during a peak power generation cycle In: Dynamics of lotic ecosystems 494 pp. p. 357-370
- Mattingly, P.F., 1983 The palaeogeography of mosquito-borne disease Biol. J. Linn. Soc. 19(2): 185-210
- McKague, B., Wood, P.M., 1974 Effects on insect development inhibitors on adult emergence of black flies (Diptera: Simuliidae) Can. Ent. 106(1): 253-256
- McLay, C., 1970 A theory concerning the distance travelled by animals entering the drift of a stream J. Fish. Res. Bd. Canada 27: 359-370
- Mesick, C.F., Tash, J.C., 1980 Effects of electricity on some benthic stream insects Trans. Am. Fish. Soc. 109(4): 417-422
- Mohsen, Z.H., Mulla, M.S., 1981 Toxicity of blackfly larvicidal formulations to some aquatic insects in the laboratory Bull. Environm. Contam. Toxicol. 26: 696-703

- Mokry, J.E., 1980 Laboratory studies on blood-feeding of blackflies (Diptera: Simuliidae) 2. Factors affecting fecundity
Tropenmed. Parasit. 31: 374-380
- Molloy, D., Gaugler, R., Jamnback, H., 1980 The pathogenicity of *Neoaeplectana carpopapsae* to blackfly larvae
J. Invertebr. Pathol. 36: 302-306
- Mueller, K., 1954 Die Drift in fließenden Gewässern Arch. Hydrobiol. 49(4): 539-545
- Mueller, K., 1974 Stream drift as a chronobiological phenomenon in running water ecosystems
Ann. Rev. Ecol. Syst. 5: 309-323
- Muir, D.C.G., Townsend, B.E., Lockhart, W.L., 1983 Bioavailability of six organic chemicals to *Chironomus tentans* larvae in sediment and water
Environ. Toxicol. Chem. 2(3): 269-281
- Muirhead-Thomson, R.C., 1973 Laboratory evaluation of pesticide impact on stream invertebrates
Freshwat. Biol. 3: 479-498
- Mulla, M.S., Darwazeh, H.D., 1985 Larvicidal activity of two new pyrethroids against mosquito larvae
Bull. Soc. Vector Ecol. 10(1): 1-6
- Mulla, M.S., Darwazeh, H.D., 1985 Efficacy of formulations of *Bacillus thuringiensis* H-14 against mosquito larvae
Bull. Soc. Vector Ecol. 10(1): 14-19
- Mundie, J.H., 1971 The diel drift of Chironomidae in an artificial stream and its relation to the diet of coho salmon fry, *Oncorhynchus kisutch* (Waulbaum)
Can. Ent. 103(3): 289-297
- Nakamura, Y., 1982 [Basic studies for blackfly control 1. Efficacy of some quantitative sampling methods for larvae and their seasonal occurrence] [Japans]
Jan. J. Sanit. Zool. 33(3): 239-246
- Nakamura, Y., 1982 [Basic studies for blackfly control 2. Evaluation of CO₂-trap for sampling adult blackflies] [Japans]
Jap. J. Sanit. Zool. 33(4): 295-299
- Nakamura, Y., Saito, K., Takahashi, M., 1978 [Studies on the ecology of blackflies (Simuliidae: Diptera) 1. Comparison of some quantitative sampling methods for larvae] [Japans]
Jap. J. Sanit. Zool. 29(2): 209-212
- O'Hop, J., Wallace, J.B., 1983 Invertebrate drift, discharge, and sediment relations in a southern Appalachian headwater stream
Hydrobiologia 98(1): 71-84
- Otto, C., 1976 Factors affecting the drift of *Potamophylax cingulatus* (Trichoptera) larvae
Oikos 27: 93-100
- Pearson, W.D., Franklin, D.R., 1968 Some factors affecting drift rates of *Beatis* and Simuliidae in a large river
Ecology 49(1): 75-81
- Pravda, O., 1973 Über den Einfluß der Herbizide auf einige Süßwassertiere
Hydrobiologia 42(1): 97-142
- Prost, A., Paris, F., 1983 L'incidence de la cécité et ses aspects épidémiologiques dans une région rurale de l'Afrique de l'Ouest
Bull. WHO 61(3): 491-500
- Rosenberg, D.M., 1975 Food chain concentration of chlorinated hydrocarbon pesticides in invertebrate communities: a re-evaluation
Quest. Ent. 11: 97-110
- Ruehm, W., Creutzburg, C., 1982 Die Simuliidenfauna der Emmer, eines Nebenflusses der Weser (Diptera: Simuliidae)
Entomol. Mitt. zool. Mus. Hamburg 7(114): 149-160
- Schroeder, P., Wolf, R., 1985 Algen als Teil des Sestons in den Fließgewässern des Mindelseegebietes (westl. Bodenseeraum)
Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspf. Bad.-Württ. 44: 149-172
- Scullion, J., Sinton, A., 1983 Effects of artificial freshets on substratum composition, benthic invertebrate fauna and invertebrate drift in two impounded rivers in mid-Wales
Hydrobiologia 107(3): 261-269
- Soponis, A.R., Russell, C.L., 1984 Larval drift of Chironomidae (Diptera) in a North Florida stream
Aquat. Insects 6(3): 191-199

- Southworth, G.R., Herbes, S.E., Franco, P.J., ea, 1985 Persistence of phenols in aquatic microcosms receiving chronic inputs of coal-derived oil
Water Air Soil Pollut. 24: 283-296
- Statzner, B., Dejoux, C., Elouard, J.M., 1984 Field experiments on the relationship between drift and benthic densities of aquatic insects in tropical streams (Ivory Coast) 1. Introduction: review of drift literature,..
Rev. Hydrobiol. trop. 17(4): 319-334
- Statzner, B., Mogel, R., 1984 No relationship between the substrate surface densities and drift of the stream caddisfly *Micrasema longulum* (Brachycentridae; Trichoptera) 4th Int. Symp. Trich. Ser. Entomol. J.C. Morse 30: 383-389
- Statzner, B., Mogel, R., 1985 An example showing that drift net catches of stream mayflies (*Baetis* spp., Ephemeroptera, Insecta) do not increase during periods of higher substrate surface densit....
Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 3238-3243
- Stewart, K.W., Szczytko, S.W., 1983 Drift of Ephemeroptera and Plecoptera in two Colorado rivers
Freshwater Invertebr. Biol. 2(3):117-131
- Takahashi, M., Nakamura, Y., Saito, K., 1978 [Studies on the ecology of blackflies (Simuliidae; Diptera) 2. Evaluation of sampling methods for adults] [Japans]
Jap. J. Sanit. Zool. 29(2): 213-215
- Townsend, C.R., Hildrew, A.P., 1976 Field experiments on the drifting, colonization and continuous redistribution of stream benthos
J. Anim. Ecol. 45(3): 759-772
- Turcotte, P., Harper, P.P., 1982 Drift patterns in a high Andean stream *Hydrobiologia*89: 141-151
- Undeen, A.H., 1979 Simuliid larval midgut pH and its implications for control
Mosq. News 39(2): 391-392
- Undeen, A.H., Nagel, W.L., 1978 The effect of *Bacillus thuringiensis* ONR-60A strain (Goldberg) on *Simulium* larvae in the laboratory
Mosq. News 38(4): 524-527
- Undeen, A.H., Nolan, R.A., 1977 Ovarian infection and fungal spore oviposition in the blackfly *Prosimulium mixtum*
J. Invertebr. Pathol. 30: 97-98
- Walton, O.E. Jr., 1980 Active entry of stream benthic macroinvertebrates into the water column
Hydrobiologia 74: 129-139
- Walton, O.E. Jr., 1980 Invertebrate drift from predator-prey associations
Ecology 61(6): 1486-1497
- Waters, T.F., 1965 Interpretation of invertebrate drift in streams
Ecology 46: 327-334
- Waters, T.F., 1968 Diurnal periodicity in the drift of a day-active stream invertebrate
Ecology 49(1): 152-153
- Waters, T.F., 1981 Drift of stream invertebrates below a cave source
Hydrobiologia 78(2): 169-175
- Williams, C.J., 1982 The drift of some chironomid egg masses (Diptera; Chironomidae)
Freshwat. Biol. 12(6): 573-578
- Williams, C.J., 1985 A comparison of net and pump sampling methods in the study of chironomid larval drift
Hydrobiologia 124: 243-250
- Williams, D.D., 1980 Invertebrate drift lost to the sea during low flow conditions in a small coastal stream in western Canada
Hydrobiologia 75(3): 251-254
- Williams, D.D., Hynes, H.B.N., 1976 The recolonization mechanisms of stream benthos
Oikos 27: 265-272
- Wotton, R.S., 1984 Stream regulation and blackfly larvae
In: Regulated rivers. Universitetsforlaget, 540 pp. A. Lillehammer, S.J. Saltveit (eds.) p. 245-249
- Wright, S.P., Molloy, D., McCoy, P., 1982 A comparison of laboratory and field tests of *Bacillus sphaericus* Strain 1593 and *B. thuringiensis* var. *israelensis* against *Aedes stimulans* larvae (Diptera: Culicid...
Can. Ent. 114: 55-61