

Interreg



Co-funded by
the European Union

Latvia – Lithuania

ICEREG



Ziņojums par ledus plūdu jutīgajām teritorijām Latvijā un Lietuvā

Projekta rezultāts D1.1.1

2024



**LIUVOS
ENERGETIKOS
INSTITUTAS**



**Lietuvos
hidrometeorologijos
tarnyba**

Saturs

1. Ievads	4
1.1. Ledus parādības Ziemeļu puslodes upēs	4
1.2. ICEREG projekta partneru motivācija ledus sastrēgumu plūdu izpētē.....	5
2. Klimata pārmaiņu ietekme uz ledus režīmu Latvijas un Lietuvas reģionos	7
3. Ledus sastrēgumiem pakļautās teritorijas Latvijā un Lietuvā	11
3.1. Ledus sastrēgumu veidošanās Latvijas upēs	11
3.2. Ledus sastrēgumu veidošanās Lietuvas upēs	15
4. Projekta upju pilotposmi	20
4.1. Daugavas upe no Neretas līdz Aiviekstei.....	20
4.1.1. Upes posma morfoloģija.....	20
4.1.2. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi	21
4.2. Lielupes posms no Mūsas–Mēmeles satekas līdz Sesavas upei	23
4.2.1. Upes posma morfoloģija.....	23
4.2.2. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi	25
4.3. Mūšas upe no Gustoniai līdz Ustukiai.....	26
4.3.1. Upes posma morfoloģija.....	26
4.3.2. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi	27
4.4. Lėvuo upe no Pamarliškiai līdz Skaistgiriai tiltam	28
4.4.1. Upes posma morfoloģija.....	28
4.4.2. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi	29
5. Secinājumi	32
Izmantotā literatūra	34

Saīsinājumi

ASV	Amerikas Savienotās valstis
H	Ūdens līmenis
HES	Hidroelektrostacija
HS	Hidroloģisko novērojumu stacija
LEI	Lietuvas Enerģētikas institūts
LKS94	Lietuvas koordinātu sistēma
LVGMC	Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs
PRPP	Plūdu riska pārvaldības plāns
Q	Caurplūdums
SSP	Kopējie sociālekonomiskie ceļi (klimata pārmaiņu scenāriji)
v.j.l.	Virs jūras līmeņa
X	Ģeogrāfiskais garums
Y	Ģeogrāfiskais platums

Šis dokuments ir sagatavots ar Eiropas Savienības finansiālo atbalstu. Par tā saturu pilnībā atbild Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, un tas var neatspoguļot Eiropas Savienības oficiālo nostāju.

1. Ievads

Šis ziņojums ietver ledus sastrēgumu datu analīzi, pievēršot uzmanību ledus sastrēgumu sastopamībai, biežumam un ietekmei uz upju sistēmām. Ledus sastrēgumi ir nozīmīga hidroloģiska parādība, kas rodas, kad uzkrājas ledus masas, kavējot dabisko ūdens plūsmu. Šie notikumi var izraisīt smagus plūdus, infrastruktūras bojājumus un ekonomiskus zaudējumus. Ziņojuma mērķis ir, analizējot vēsturisko ledus sastrēgumu datus, noteikt tendences, novērtēt riska faktorus un sniegt ieskatu apstākļos, kas veicina ledus sastrēgumu veidošanos. Tā secinājumu mērķis ir atbalstīt plūdu pārvaldības stratēģijas un veicināt lēmumu pieņemšanas procesus ledus sastrēgumu negatīvās ietekmes mazināšanai. Ziņojumā iekļauti arī datu atlases kritēriji un izvēlētas Latvijas un Lietuvas upes ar paaugstinātu ledus sastrēgumu risku.

1.1. Ledus parādības Ziemeļu puslodes upēs

Ledus parādības spēlē būtisku lomu auksto reģionu hidroloģijā, īpaši Kanādā, ASV ziemeļos, Krievijā, Ziemeļeiropā (it sevišķi Ziemeļvalstīs), Japānā, Korejā un Ķīnā (Madaeni u.c., 2020). Tāpat kā atklātā ūdens apstākļi, ledus parādību periods ir hidroloģiskā cikla neatņemama sastāvdaļa aukstajā klimatā (De Rham u.c., 2020). Lielākajā daļā auksto reģionu ledus parādību sezona raksturojas ar diviem labi izteiktiem dinamiskās hidroloģiskās aktivitātes periodiem – aizsalšanu rudenī un ledus uzlūšanu, kas parasti notiek pavasarī, kā arī hidroloģijas ziņā relatīvi mierīgu starplaika periodu, saistītu ar caurplūduma samazināšanos un ledus biezuma palielināšanos (Beltaos un Prowse, 2009). Klimatisko faktoru (piemēram, temperatūra un nokrišņi), hidroloģisko procesu (piemēram, notece un turbulence) un gultnes raksturlielumu mijiedarbība nosaka upju ledus veidošanās procesus (Thellman u.c., 2021). Novērojumi par upju ledus parādību veidiem un ledus biezumu daudzveidību tekošā ūdens vidē parāda šo mijiedarbību sarežģītību (Buffin-Bélanger u.c., 2013). Ziemeļu puslodē ledus sezonāli klāj gandrīz 60% no upju kopējā garuma (Prowse, 2005; Bennett un Prowse, 2009).

Ledus uzlūšanas laikā ar ledu pārklāta upe pārvēršas par atklāta ūdens upi. Parasti upes ledus uzlūšanu, atkarībā no tās izcelsmes, iedala termiskajā un mehāniskajā (Beltaos, 2003). Termiskā uzlūšana parasti notiek, kad ledus sega uz upes sāk lēnām kust un lūzt, pateicoties pakāpeniskai gaisa temperatūras paaugstināšanai. Parasti tas neizraisa būtisku ledus nosprostošanos un plūdus. Savukārt mehāniskā uzlūšana notiek upes caurplūduma (un ūdens līmeņa) strauja pieauguma apstākļos un bieži vien ir saistīta ar ledus sastrēgumu veidošanos.

Upju ledus sastrēgumi izceļas ar savu spēju izraisīt pēkšņus, intensīvus plūdus, kas rada izaicinājumus sabiedriskās drošības dienestiem. Šāda veida plūdi parasti ir neprognozējami un bieži šķiet haotiski, jo to izcelšanās ir atkarīga no daudzu mijiedarbojošos parametru (laikapstākļu, hidroloģisko, ledus un morfoloģisko) kombinācijas (Turcotte u.c., 2020). Sastrēguma ietekmē ūdens līmenis viegli var pacelties tik augstu, ka tas 2,5 – 3 reizes pārsniedz atklātā ūdens dziļumu, kas nepieciešams, lai nodrošinātu tādu pašu caurplūdumu (Beltaos un Prowse, 2001).

Tāpēc ledus sastrēgumu rezultāts bieži vien ir nopietni plūdi, pat tad, ja caurplūdums ir zems salīdzinājumā ar atklātā ūdens plūdiem. Ledus sastrēgumu biezums var sasniegt vairākus metrus, un tiem ir ļoti nelīdzena apakšējā mala. Lai palaistu ūdens plūsmu, ūdens līmenim ir strauji jāpaceļas, lai kompensētu gan lielo papildu pretestību, ko rada šī jaunā robeža, gan sastrēguma ķīli, kas pats par sevi veido lielu daļu no biezuma (Beltaos un Prowse, 2001). Vēl jo vairāk, paaugstināts ūdens līmenis var saglabāties vairākas dienas, un, ja ledus sastrēgums noticis ziemas vidū (t.i., parasti lietus vai sniega ietekmē), applūdināta teritorija vēlāk var sasalt, kad atgriežas auksti laikapstākļi, kas ievērojami sarežģīt turpmākos atjaunošanas darbus (Turcotte u.c., 2020).

Parasti ledus sastrēgums notiek, kad ledus gabali tiek nesti lejup pa straumi un iesprūst, bloķējot ūdens plūsmu, kas potenciāli var izraisīt plūdus augštecē. Ledus uzkrāšanās risks noteiktās vietās var pieaugt dabisko upes īpašību dēļ: līkumi, meandri un upju grīvas, kur straume var palēnināties; sekla vai šaura upes gultne, vai strauji līkumi, kur ledus var iestrēgt; vietas, kur var veidoties enkurlēdus (ledus, kas ir piesalis pie upes gultnes), kas var bloķēt ledus plūsmu un novirzīt ūdeni uz citām vietām. Ledus kustību var bloķēt arī cilvēka veidotas struktūras, piemēram, tilti, kulverti, aizsprosti, ūdenskrātuvju ieejas, nožogojumi, celtniecības materiāli u.c. (Guide). Beltaos un Prowse (2001) izšķir divus galvenos faktoru veidus, kas nosaka ledus uzlūšanas un nosprostošanās procesus:

(a) fiziskie apstākļi, kas saistīti ar vietējo un reģionālo ģeogrāfiju: (i) gultnes morfoloģija, ko apraksta tādi parametri kā platums, dziļums, garenslīpums, salu skaits, upes gultnes līkumainība utt., un (ii) sateces baseina īpašības, kas ietekmē noteci, piemēram, zemes virsmas noturēšana, infiltrācija, augstums v.j.l., virsmas slīpums, ekspozīcija, mežainums un urbanizācijas pakāpe.

(b) meteoroloģiskie apstākļi vēlā rudens – ziemas – agrā pavasara periodā: radiācijas bilance (saules un garviļņu radiācija), turbulentā siltuma plūsma un slēptais kušanas siltums (gaisa temperatūra, mitrums un vēja ātrums), zemes siltums sniegam un straumēm zemes virsmā), advektīvā enerģija (nokrišņi) un iekšējā enerģija (sniega vai ledus aukstums pirms kušanas).

Gruntsūdeņu un sasalušās augsnes apstākļi arī pieder pie sateces baseina īpašībām, kas saistītas ar ūdens noteci, taču tos galvenokārt ietekmē klimatiskie procesi.

1.2. ICEREG projekta partneru motivācija ledus sastrēgumu plūdu izpētē

Eiropas Parlamenta un Padomes 2007. gada 23. oktobra Direktīva 2007/60/EK par plūdu riska novērtēšanu un pārvaldību (tā dēvētā Plūdu Direktīva) prasa dalībvalstīm veikt sākotnējo plūdu riska novērtējumu visā attiecīgās valsts teritorijā; identificēt teritorijas, kurās pastāv potenciāli nozīmīgi plūdu riski; sagatavot plūdu draudu kartes un plūdu riska kartes šīm teritorijām, izmantojot dažādus plūdu varbūtības

scenārijus; un, pamatojoties uz šo informāciju, izstrādāt plūdu riska pārvaldības plānus. Šie plāni ir jāpārskata un jāatjaunina ik pēc sešiem gadiem.

PRPP (plūdu riska pārvaldības plānu) galvenais mērķis ir samazināt plūdu negatīvo ietekmi uz cilvēku veselību, vidi, kultūras mantojumu un ekonomiku.

Ledus sastrēgumi Latvijā tiek atzīti par vienu no plūdu avotiem (kopā ar sniega kušanu pavasarī, lietavām un jūras vējuzplūdiem) (Latvijas Upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plāni un plūdu riska pārvaldības plāni, 2022). Lietuvas plūdu riska pārvaldības plānos Nemunas, Lielupes, Ventas un Daugavas baseinu apgabaliem (2017.-2023. gadam) plūdi, ko izraisa ledus sastrēgumi upēs, tiek klasificēti kā lielas varbūtības plūdi (lielas varbūtības plūdi ir 10% varbūtības plūdi, kas nozīmē, kā, balstoties uz hidroloģiskajiem aprēķiniem, plūdi ar tādiem pašiem raksturlielumiem var atkārtoties desmit reizes simts gados).

Tomēr, atšķirībā no citiem plūdu avotiem, ledus sastrēgumu izraisītus plūdus ir grūti prognozēt. Ir nepieciešama padziļināta analīze un modelēšana, kas savukārt ļaus atjaunināt esošo agrīnās brīdināšanas sistēmu ar informāciju par ledus sastrēgumu plūdiem un identificēt piemērotākos plūdu riska mazināšanas pasākumus. Nesenais ledus sastrēguma izraisīto plūdu gadījums Daugavas upē pie Jēkabpils 2023. gada ziemā parādīja šāda pētījuma ārkārtīgo nozīmīgumu.

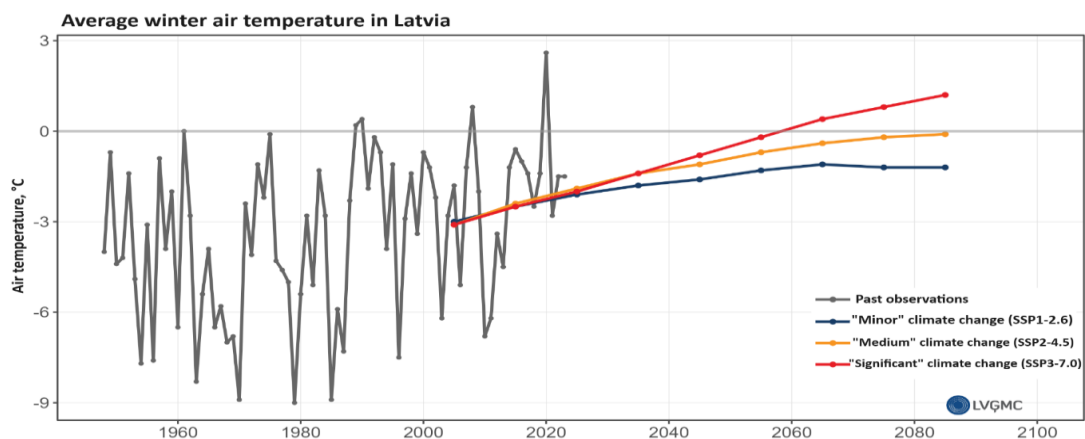
2. Klimata pārmaiņu ietekme uz ledus režīmu Latvijas un Lietuvas reģionos

Tā kā ledus veidošanās upēs ir ļoti atkarīga no klimatiskajiem faktoriem, to uzskata par labu klimata pārmaiņu indikatoru (Bennett un Prowse, 2009; Alfredsen u.c., 2022).

Pētījums par ledus režīma dinamiku Lietuvas lielākajā upē Nemunā, balstoties uz visgarākajām datu rindām no Smalininkai hidroloģisko novērojumu stacijas, kas aptver periodu no 1812. līdz 2000. gadam, atklāja, ka konstatētās izmaiņas atbilst reģionālajām klimata pārmaiņu pazīmēm (Stonevicius u.c., 2008). Upju ledus segas perioda samazināšanās tendences pēdējā gadsimta otrajā pusē sakrīt ar citiem klimata pārmaiņu indikatoriem. Nesenā pētījuma, ko veica Šarauskiene u.c. (2024), mērķis bija novērtēt ledus fenoloģisko parametru izmaiņas Lietuvas upēs, salīdzinot 1961.-1990. un 1991.-2020. gada datus, un analizēt to atkarību no gaisa temperatūras. Tika konstatētas ievērojamas izmaiņas upju ledus segas raksturlielumos. Otrajā periodā upju aizsalšana novērota vidēji par deviņām dienām vēlāk, un ledus uzlūšana notika 24 dienas agrāk nekā pirmajā periodā. Rezultātā ledus segas ilgums otrajā periodā saīsinājās par 33 dienām. Tika konstatētas arī būtiskas gaisa temperatūras pieauguma tendences 60 gadu laikā. Tas īpaši izpaudās pēdējā 30 gadu periodā, kad gaisa temperatūra pieauga par 0,5°C desmitgadē, salīdzinot ar tikai 0,3°C pirmajā 30 gadu periodā. Aukstās sezonas (no 1. novembra līdz 31. martam) negatīvo gaisa temperatūru summa tika atzīta par labu prognostisko faktoru upju ledus segas ilgumam, ledus uzlūšanas un upju aizsalšanas datumiem.

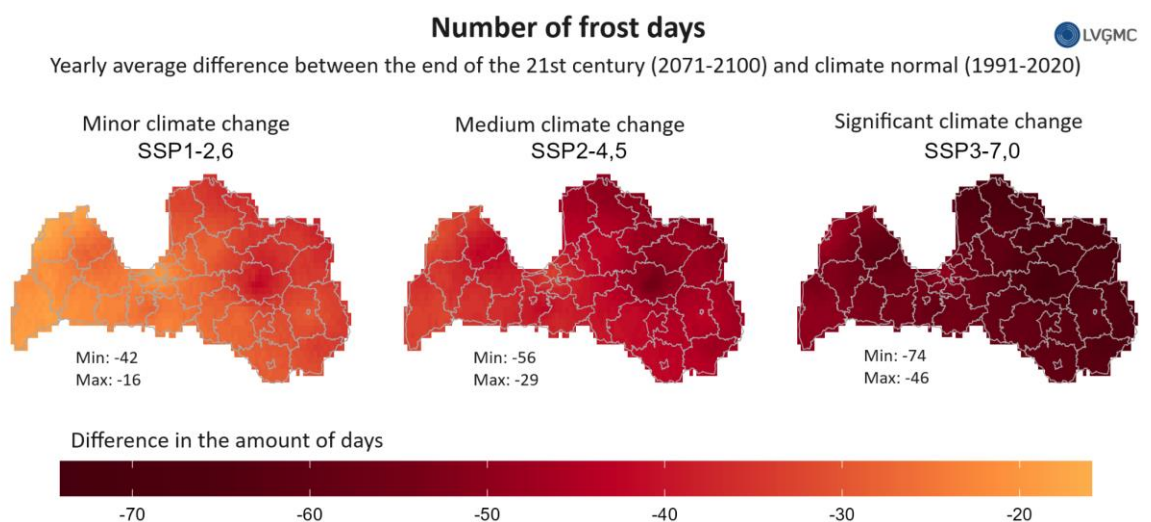
Globālie klimata pārmaiņu scenāriji SSP1-2.6, SSP2-4.5 un SSP3-7.0 uzrāda meteoroloģisko parametru izmaiņas no "niecīgām" līdz "būtiskām". Laikposmā no 1961. līdz 1990. gadam gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija +5,6°C. Pašreizējā PMO klimatiskās normas periodā (1991.-2020. gads) gada vidējā gaisa temperatūra ir +6,8°C. Vairāki klimatiskie indikatori var tikt salīdzināti ar references periodu. Attēls 1.2.1 parāda vidējās gaisa temperatūras izmaiņas ziemas sezonā Latvijā.

Sakarā ar gaisa temperatūras paaugstināšanos ziemas sezonā ir notikušas būtiskas sala dienu skaita izmaiņas Latvijā (1.2.2. attēls).



Attēls 1.2.1. Gada vidējā gaisa temperatūra ziemas sezonā no 1945. gada līdz 21. gadsimta beigām (2071.-2100.g.) trijos klimata pārmaiņu scenārijos (SSP1-2.6; SSP2-4.5; SSP3-7.0) Latvijā. https://klimats.meteo.lv/klimats_latvija/klimata_riks/

Ledus segas raksturojošo parametru monitorings Latvijā tika uzsākts 1880. gadā stacijā *Daugavpils dzelzceļa tilts* uz Daugavas upes. Mūsdienās ledus parādību novērojumi tiek veikti 65 hidrometeoroloģiskā monitoringa stacijās Latvijas teritorijā.



Attēls 1.2.2. Vidējā gada atšķirība sala dienu skaitā Latvijā 21. gadsimta beigās (2071.-2100.g.) salīdzinājumā ar klimatisko normu (1991.-2020.g.) trijos klimata pārmaiņu scenārijos. https://klimats.meteo.lv/klimats_latvija/klimata_riks/

Siltas un nestabilas ziemas izraisa būtiskas izmaiņas upju un ezeru ledus režīmā. Šīs izmaiņas ir labāk redzamas upju aizsalšanas datumiem, ledus segas ilgumam un ledus uzlūšanas datumiem (2.1. tabula). Nestabilu ziemu dēļ vienas aukstās sezonas laikā var būt vairāki upju aizsalšanas un uzlūšanas gadījumi. Ledus segas ilgums ir uzrādīts gan kā faktiskais dienu skaits, gan kā periods no ledus segas perioda sākuma līdz tās beigām.

Ledus režīma ilgums Latvijā ir samazinājies no vidēji 85 dienām līdz 64, bet starpība starp faktisko ledus segas periodu un ilgumu no sākuma datuma līdz beigu datumam pieaug par 4 dienām. Periodi ar ledus parādībām sākas 15 dienas vēlāk, kā arī ledus uzlūšana notiek 14 dienas agrāk.

Turklāt, sākot no 1970.-tajiem gadiem, ir palielinājies gadījumu skaits, kad ledus sega ziemā nav bijusi. Latvijas austrumu reģionā šī tendence ir mazāk izteikta – viens līdz trīs gadījumi desmitgadē, savukārt lielākās izmaiņas ir saistītas ar rietumu reģionu, kur ledus sega var neizveidoties četras līdz sešas reizes desmitgadē (Latkovska u.c., 2016).

Tabula 2.1. Ledus režīma izmaiņas Latvijas upēs (1961.-1990.g. salīdzinājumā ar 1991.-2020.g.)

Upe – Stacija	1961. – 1990.g.				1991. – 2020.g.			
	Ledus parādību sākuma datums	Dienu skaits ar ledus segu		Uzlūšanas datums	Ledus parādību sākuma datums	Dienu skaits ar ledus segu		Uzlūšanas datums
		No datumu starpības	Aktuālais			No datumu starpības	Aktuālais	
Aiviekste-Aiviekstes HPP	20.11.	88	88	25.03.	09.12.	62	58	05.03.
Gauja-Carnikava	24.11.	97	96	23.03.	14.12.	65	63	04.03.
Daugava-Daugavpils	22.11.	99	97	23.03.	07.12.	78	76	12.03.
Daugava-Jersika	23.11.	102	100	26.03.	07.12.	87	82	14.03.
Daugava-Jēkabpils	26.11.	83	83	28.03.	07.12.	63	61	13.03.
Daugava-Kraslava	24.11.	60	60	23.03.	07.12.	54	53	12.03.
Ogre-Lielpeči	05.12.	68	64	23.03.	20.12.	42	37	08.03.
Lielupe-Mežotne	25.11.	86	84	19.03.	13.12.	68	64	05.03.
Lielupe-Staļģene	25.11.	98	89	20.03.	14.12.	76	66	7.03.
Venta-Kuldīga	05.12.	68	64	13.03.	20.12.	43	38	21.02.

Tabulā 2.2 ir parādītas identificētās ledus parādību režīma izmaiņas Lietuvas ziemeļdaļas upju baseinos, kas ietilpst projekta teritorijā, periodos no 1961. līdz 1990. gadam un no 1991. līdz 2020. gadam. Analīze parādīja, ka aizsalšanas datumi mainījās vismazāk: pirmajā 30 gadu periodā ledus parādības parasti sākās decembra beigās, bet otrajā – janvāra sākumā. Vidēji aizsalšanas datums pārbīdījās par astoņām dienām. Tomēr aizsalšanas datumi individuālajās upēs ievērojami atšķīrās – agrākās ledus parādības tika novērotas 12. decembrī, bet vēlākās – 17. janvārī. Savukārt izpētīto upju ledus uzlūšanas datumu salīdzināšana parādīja, ka otrajā periodā (1991.-2020.) šī ledus parādība sākās vidēji trīs nedēļas agrāk. Ledus uzlūšanas datumi pārbīdījās no marta uz februāri. Tā rezultātā ledus segas pastāvēšanas ilgums būtiski samazinājās: vidēji par 29 dienām, bet atsevišķu upju griezumā – no 3 līdz 40 dienām.

Tabula 2.2. Ledus režīma izmaiņas Lietuvas ziemeļdaļas upēs (1961.-1990.g. salīdzinājumā ar 1991.-2020.g.)

Upe – Stacija	1961. – 1990.g.			1991. – 2020.g.		
	Ledus parādību sākuma datums	Dienu skaits ar ledus segu (no datumu starpības)	Uzlūšanas datums	Ledus parādību sākuma datums	Dienu skaits ar ledus segu (no datumu starpības)	Uzlūšanas datums
Svyla-Guntauninkai	12.12	92	14.03	25.12	59	22.02
Nemunėlis-Tabokinė	24.12	87	21.03	27.12	54	19.02

Upe – Stacija	1961. – 1990.g.			1991. – 2020.g.		
	Ledus parādību sākuma datums	Dienų skaits ar ledus segu (no datumu starpības)	Uzlūšanas datums	Ledus parādību sākuma datums	Dienų skaits ar ledus segu (no datumu starpības)	Uzlūšanas datums
Mūša-Ustukiai	16.12	86	12.03	01.01	58	01.03
Levuo-Bernatonys	26.12	80	16.03	03.01	52	24.02
Tatula-Trečionys	19.12	73	02.03	07.01	36	11.02
Venta-Papilė	29.12	76	15.03	11.01	36	17.02
Venta-Leckava	17.01	47	05.03	12.01	44	25.02
Bartuva-Skuodas	03.01	69	13.03	31.12	37	06.02

Vairāki novērojumu pētījumi uzsver, ka izmaiņas ledus parādību režīmā izraisa klimata pārmaiņas un antropogēnā slodze, piemēram, aizsprostu un ūdenskrātuvju būvniecība.

Sala periodu variācijas ar atkušņiem ziemas sezonā veicina ledus un vižņu veidošanos upēs, kā rezultātā rodas ledus sastrēgumi.

Pētījumu skaits, kas apliecina klimata pārmaiņu ietekmes pieaugošo nozīmi un to ietekmi uz saldūdens ledus režīmu, turpina pieaugt (IPCC, 2019). Tāpēc ir neapšaubāmi, ka ledus sastrēgumu izraisīti plūdi ir jutīgi pret izmaiņām, kas notiek uz mūsu planētas. Tas padara šo haotisko parādību vēl neprognozējamāku. Daži pētnieki uzskata, ka "ledus sastrēguma ietekmētā upe ir viena no vismulsinošākajām hidrauliskajām parādībām" (Kennedy, 1975).

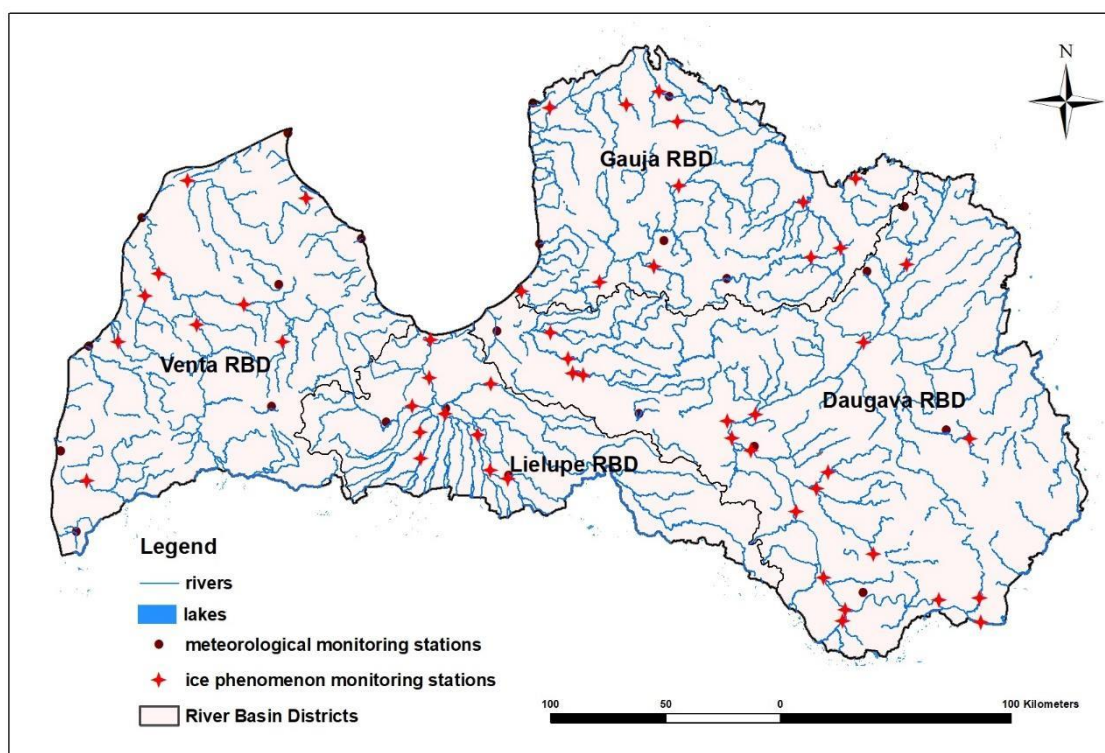
3. Ledus sastrēgumiem pakļautās teritorijas Latvijā un Lietuvā

3.1. Ledus sastrēgumu veidošanās Latvijas upēs

Ledus sastrēgumi ir nozīmīgākā no ledus parādībām, kas saistītas ar upju aizsalšanu un ledus uzlūšanu. Vairākos lielo upju posmos, piemēram, Daugavā, Lielupē un Ventā, ledus sastrēgumi izraisa būtisku ūdens līmeņa paaugstināšanos, radot nopietnus zaudējumus ekonomikai.

Ledus sastrēgumu veidošanās potenciāls, kā arī to atrašanās vieta un apjoms zināmā mērā ir atkarīgi no fizikāli ģeogrāfiskajiem un hidrodinamiskajiem apstākļiem (laika apstākļi, gultnes līkumainība, garenslīpums, dziļums, straumes ātrums).

Pirmie ledus sastrēgumu novērojumi Latvijā tika veikti 1930-tajos gados. Vairāk vai mazāk sistemātiski ledus sastrēgumu pētījumi Daugavas upē tika veikti dažādos gados pirms lielo HES kaskādes uzbūvēšanas. Citu upju gadījumā dati par ledus sastrēgumiem aprobežojas ar šo ledus parādību reģistrēšanu attiecīgajos datumos. Attēlā 3.1.1 ir parādīta Latvijas ledus monitoringa tīkla karte.



Attēls 3.1.1. Ledus parādību monitoringa tīkls Latvijā, 2023. gads

Ledus sastrēgumu veidošanās periodā ledus biezums parasti ir aptuveni 30–50 cm. Parasti tas ir ciets, kristālisks ledus; tikai $\frac{1}{4}$ vai $\frac{1}{2}$ no kopējā biezuma ir vižņu ledus. Ledus sastrēgumu garums svārstās no 1–2 līdz 10–15 km. Ledus apjoms sastrēgumos Daugavas upē svārstās no 1–2 līdz 8–10 miljoniem m³.

Latvijas upju ledus parādību režīmu raksturo bieža un ilgstoša vižņu iešana rudens vai ziemas mēnešos, kā arī atklātā ūdens posmu esamība, kas ir vižņu ledus veidošanās avots. Ilgstoša vižņu iešana ir raksturīga aizsalšanas periodiem, kad upju caurplūdumi ir augsti. Ziemās, kad aizsalšanas periodā ir bijusi intensīva vižņu uzkrāšanās, ūdens līmenis var būt ļoti augsts visas ziemas garumā līdz pat ledus uzlūšanai. Gadījumos, kad ledus uzlūšana notiek ar jaunu papildus ledus sastrēgumu veidošanos, biežāk var novērot ļoti augstus ūdens līmeņus.

Aptuveni 50 metrus garš Ventas upes posms pie Kuldīgas ūdenskrituma aizsalst tikai sevišķi bargās ziemās.

Ledus sastrēgumi Latvijā tiek novēroti gan augsta, gan zema ūdens līmeņa apstākļos, taču masveidīgi ledus sastrēgumi parasti veidojas pavasara plūdu laikā, kad ledus kustība lejup pa straumi uz upes gultnes šaurākām vietām notiek ātrāk.

Ledus sastrēgumu veidošanās visbiežāk notiek pavasaros ar strauju sniega kušanu; tomēr 1954. gadā tika novēroti daudzi ledus sastrēgumi pavasarī ar ļoti pakāpenisku ūdens līmeņa celšanos.

Nozīmīgākie ledus sastrēgumi, kas izraisīja augstus ūdens līmeņus, tika novēroti Daugavas upē pie Jēkabpils 1981., 1983. un 2023. gadā (3.1.2. attēls).



Attēls 3.1.2. Ledus sastrēgums Daugavas upē pie Jēkabpils, 2023. gads (foto: Kaspars Krafts)

Ledus sastrēgumu veidošanos ietekmē vairāki faktori: meteoroloģiskie apstākļi, ledus biezums un ledus segas stabilitāte; ūdens līmeņa celšanās raksturs; gultnes morfometriskās īpašības un zināmā mērā arī ūdens plūsmas virziens. Piemēram, Lielupes un Ventas upēs, kas plūst no dienvidiem uz ziemeļiem, ledus sastrēgumu

veidošanās ir saistīta ar to, ka sniega kušana augšteces posmos notiek agrāk, kamēr lejtecē ledus sega vēl ir stabila.

Ledus iešana Lielupes lejtes posmos notiek vidēji 13 dienas vēlāk nekā pie Mūsas un Mēmeles satekas. Tādējādi leļpus upes posmiem, kuros notiek ledus iešana, vienmēr ir šķērsliis – stabila ledus sega.

Vēl viens faktors, kas veicina ledus sastrēgumu veidošanos Lielupes upē, ir pēkšņas upes gultnes krituma izmaiņas. Ir iespējams izdalīt trīs posmus, kur mūsdienās ledus sastrēgumi notiek visai regulāri: 1) Mūsas un Mēmeles upju satekas vieta, kur ledus sastrēgumi var izraisīt ūdens līmeņa celšanos līdz 2 metriem; 2) pie Mežotnes, kur ledus sastrēgumu biežums ir aptuveni 80% un ūdens līmeņa celšanās ir gandrīz 3 metri; 3) pie Staļģenes, kur ledus sastrēgumu biežums ir 90% un ūdens līmeņa celšanās sasniedz pat 4 metrus. Turklāt Lielupe pie Jelgavas pilsētas atsevišķos ledus uzlūšanas gadījumos var būt pakļauta ledus sastrēgumu plūdu riskam (3.1.3. attēls). Atsevišķos gados ūdens līmeņa celšanās posmos, kas pakļauti ledus sastrēgumu riskam, var būt ievērojami augstāka par iepriekš minētajām vidējām vērtībām.



Attēls 3.1.3. Ledus sastrēguma izraisītie plūdi Lielupes upē pie Jelgavas, 2013. gads (foto: Ruslans Antropovs)

Bargās ziemās, kad atklātā ūdens virsmas laukums ievērojami samazinās, vižņu veidošanās ir salīdzinoši neliela. Ziemas beigās vižņu daudzums zem ledus segas parasti samazinās. Dažkārt vižņi gandrīz pilnībā izšķīst, bet pēc mēreni bargas ziemas vižņu apjoms var būt tik liels, ka tas ievērojami ietekmē ledus sastrēgumu veidošanos.

Ūdens līmeņa celšanās, ko izraisa ledus sastrēgums, parasti nepārsniedz pavasara palu maksimālo ūdens līmeni, lai gan tas ir iespējams (Daugavas upē pie Jēkabpils

un Zelķiem). Informācija par visaugstākajiem ūdens līmeņiem analizētajos upju posmos ir parādīta 3.1.1. tabulā.

Upēs ar mazākiem sateces baseiniem (Tūlija, Vaidava, Ogre, Dubna, Imula) vižņu izraisītie sastrēgumi notiek reti, un ūdens līmeņa celšanās parasti nepārsniedz 30 cm, izņemot Dubnas upi pie Sīļiem, kur visaugstākā ūdens līmeņa celšanās sasniedza 79 cm.

Lielu atklātā ūdens laukumu esamība maigajās ziemās ir labvēlīga vižņu veidošanai. Vižņi var aizpildīt līdz pat 60 – 80% no upes gultnes šķērsriezuma. Atsevišķās vietās upes gultne var būt aizpildīta ar vižņiem līdz pat pašam dibenam.

Ledus uzlūšana Latvijas upēs parasti notiek marta pirmajā dekādē, bet Daugavas upē – marta otrajā dekādē.

3.1.1. tabula. Analīzei izvēlēto upju ledus sastrēgumu raksturojums

Upe, hidroloģiskā stacija (HS)	Gadi ar ledus sastrēgumiem, 1961. – 2024.g.	Maksimālā H celšanās	
		H celšanās*	Gads
Daugava, Jēkabpils	1962-1963, 1966, 1969-1970, 1972-1973, 1975, 1979-1981, 1983, 1985, 1987-1991, 1994, 1996-1998, 2001-2002, 2004-2005, 2007-2014, 2016-2024	434	2023
Daugava, Zelķi	1968-1970, 1972-1985, 1987-1991, 1994-1996, 1998-2002, 2004-2008, 2010-2019, 2021, 2023-2024	725	1988
Daugava, Daugavpils	1965, 1972, 1975, 1981, 1982, 1987-1989, 1991-1994, 1996, 1998-2000, 2003-2006, 2008-2010, 2012-2014, 2017-2019, 2021-2023	321	1981
Gauja, Carnikava	1962, 1963, 1971, 1979, 1981, 1986, 1990, 1995, 1998, 1999, 2000, 2021	162	1963
Lielupe, Mežotne	1961, 1963, 1971, 1979, 1980, 1983-1985, 1994, 1998, 2007, 2013, 2015, 2018, 2022, 2023	275	1985
Lielupe, Staļģene	1963, 1971, 1980, 1987, 1992, 1994, 1998, 2000-2002, 2017, 2022	397	1994
Ogre, Lielpeči	1962, 1963, 1968, 1969, 1978, 1983, 1987, 1996, 2004, 2007, 2013, 2021	352	2013
Venta, Kuldīga	1963, 1986, 1994, 1998, 2000, 2011, 2018, 2022	525	1994

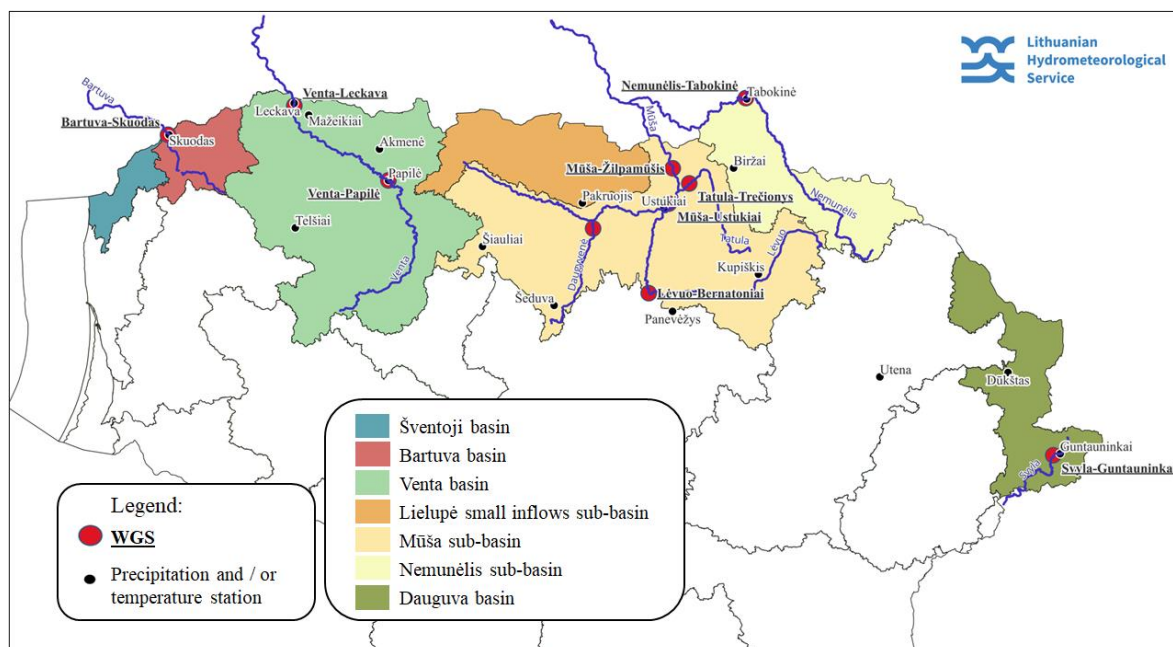
* Starpība starp maksimālo H ledus sastrēguma laikā un H ledus sastrēguma sākumā.

Vislielākais plūdu risks novērojams Jēkabpilī un Zelķos, kur ledus sastrēgumi notiek gandrīz katru gadu. Ekonomiskās sekas šiem plūdiem ietver gan tiešās, gan ilgtermiņa ietekmes. Tiešās ietekmes ir bojājumi īpašumiem, zaudējumi notekūdeņu novadīšanas sistēmā, kā arī infrastruktūras objektu darbības pārtraukumi. Ilgtermiņa ietekmes, piemēram, traucējumi tīrā ūdens un elektrības apgādē, transporta satiksmē, komunikācijās, izglītībā un veselības aprūpē, var būt vēl būtiskākas ekonomikai.

3.2. Ledus sastrēgumu veidošanās Lietuvas upēs

Lietuvā plūdu riska pārvaldības plāns attiecas uz Lielupes, Ventas un Daugavas upju baseinu apgabalu teritorijām, kur pastāv augsts plūdu risks vai iespēja, ka var notikt plūdi, kas var radīt ievērojamas negatīvas sekas cilvēku veselībai, videi, kultūras mantojumam un ekonomikai. Lielupes upju baseinu apgabalā ir 8 upes (Mūša, Kruoja, Daugyve, Lėvuo, Pyvesa, Tatula, Nemunėlis, Apaščia), kur var notikt plūdi, kas var radīt būtiskas negatīvas sekas.

ICEREG projekta ietvaros tika izvēlētas 8 upes (10 hidroloģisko novērojumu stacijas – HS) Lietuvas ziemeļos pie Latvijas robežas: Bartuva (Skuodas HS), Venta (Papilė HS, Leckava HS), Mūša (Ustukai HS, Žilpamūšis HS), Nemunėlis (Tabokinė HS), Lėvuo (Bernatoniai HS), Tatula (Trečionys HS), Daugyvenė (Rimšoniai HS, kas pieder pie Lielupes upju baseina), un Svyla (Guntauninkai HS, kas pieder pie Daugavas upju baseina) (3.2.1. attēls).



Attēls 3.2.1. Hidroloģisko novērojumu un nokrišņu un/vai temperatūras novērojumu stacijas, kuru dati ir izmantoti datu rindu izveidei par laika periodu 1961.–2023.g.

Informācija par lielākajiem ūdens līmeņa celšanās gadījumiem Lietuvas upju posmos, kas izvēlēti analīzei, ir parādīta 3.2.1. tabulā.

3.2.1. tabula. Analīzei izvēlēto upju ledus sastrēgumu raksturojums

Upe, hidroloģiskā stacija (HS)	Gadi ar ledus sastrēgumiem, 1961. – 2023.g.	Maksimālā H celšanās	
		H celšanās*	Gads
Bartuva – Skuodas	1978, 1980, 1981, 1982	11	1978
Lėvuo – Bernatoniai	1968, 1970, 1979, 1980–1999, 2001, 2006, 2010, 2018	206	2010
Mūša – Ustukai	1983, 1986–1994, 1997–1999, 2010, 2013	50	1992
Mūša – Žilpamūšis	2012	22	2012

Upe, hidroloģiskā stacija (HS)	Gadi ar ledus sastrēgumiem, 1961. – 2023.g.	Maksimālā H celšanās	
		H celšanās*	Gads
Nemunēlis – Tabokinē	1967, 1969, 1973, 1992–2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2018, 2019, 2021	129	2010
Svyla – Guntauninkai	1969, 1976, 1978, 2008, 2010, 2013	129	2010
Tatula – Trečionys	1967, 1968, 1969, 1977–1987, 1993–2001, 2003, 2007	67	1987, 1999
Venta – Leckava	1968, 1969, 1978, 1981–1989, 1991, 1993–2000, 2002, 2004, 2012, 2014	113	1988
Venta – Papilē	1978, 1979–1996, 1998, 1999, 2001, 2004	80	1979

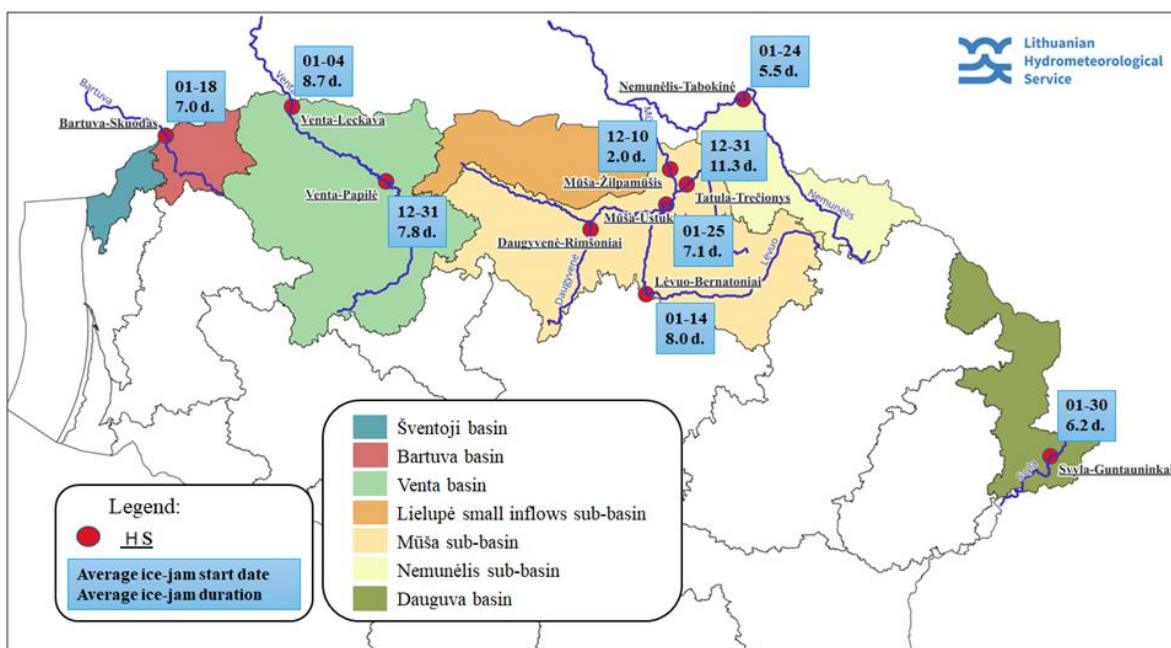
* Starpība starp maksimālo H ledus sastrēguma laikā un H ledus sastrēguma sākumā.

Vidēji visās HS ledus sastrēgumi sākas 10. janvārī, un vidējais ledus sastrēguma ilgums ir 8 dienas (3.2.2. tabula). Ledus sastrēguma sākuma datums un ilgums ir atkarīgi no HS. Agrākais vidējais ledus sastrēguma sākuma datums ir 31. decembris (neņemot vērā sākuma datumu 10. decembrī stacijā Mūša – Žilpamūšis, kas ir vienīgais gadījums) Tatulā – Trečionys un Ventā – Papilē. Vēlākais vidējais sākuma datums ir 30. janvāris stacijā Svyla – Guntauninkai.

3.2.2. tabula. Ledus sastrēgumu gadījumu kopsavilkums

HS	Ledus biežums (gadījumi/gads)	Ledus sastrēguma vidējais ilgums (dienu skaits)	Vidējais ledus sastrēguma sākuma datums	Ledus sastrēguma maksimālais ilgums (dienu skaits)	Upe iziet no krastiem (H _{max} > H _{kritisk.})
Bartuva – Skuodas	0.23	3.7	18.janvāris	6 (1978, 1982)	0
Daugyvenē – Rimšoniai	-	-	-	-	-
Lėvuo – Bernatoniai	0.74	8	14.janvāris	29 (1981–1982)	10
Mūša – Ustukiai	0.54	7.1	25.janvāris	16 (1988)	5
Mūša – Žilpamūšis	0.05	2	10.decembris	2 (2012)	0
Nemunēlis – Tabokinē	0.71	5.5	24.janvāris	20 (1993)	2
Svyla – Guntauninkai	0.14	6.2	30.janvāris	14 (1969)	2
Tatula – Trečionys	0.91	11.3	31.janvāris	84 (1984–1985)	0
Venta – Leckava	0.63	8.7	4.janvāris	38 (1987)	0
Venta – Papilē	0.86	7.8	31.decembris	41 (1981–1982)	2

Laika posmā no 1961. līdz 2023. gadam agrākais fiksētais ledus sastrēguma sākuma datums bija 30. oktobris (HS: Tatula – Trečionys, 1979.g.), un vēlākais bija 14. aprīlis (HS: Mūša – Ustukiai, 2013.g.).



Attēls 3.2.2. Ledus sastrēgumu vidējais sākuma datums un ilgums Lietuvas HS

Lielākā daļa ledus sastrēgumu gadījumu deviņās analizētajās HS sākās decembrī (32,5%) un janvārī (27,4%), kopā veidojot 59,9% no visiem gadījumiem. Nedaudz vairāk nekā ceturtdaļa gadījumu notika februārī un novembrī (27,9%) (3.2.3. tabula).

3.2.3. tabula. Ledus sastrēgumu skaits, kas sākās HS attiecīgajā mēnesī laika periodā no 1961.-2023.g.

HS	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Okt.	Nov.	Dec.
Bartuva – Skuodas	4	2	0	0	0	0	1
Lėvuo – Bernatoniai	8	3	6	2	0	6	12
Mūša – Ustukai	5	5	4	2	0	3	6
Mūša – Žilpamūšis	0	0	0	0	0	0	1
Nemunėlis – Tabokinė	11	7	6	3	0	4	8
Svyla – Guntauninkai	2	0	1	1	0	0	2
Tatula – Trečionys	12	8	1	0	1	7	21
Venta – Leckava	13	6	1	0	0	4	12
Venta – Papilė	10	5	1	0	0	6	14
Kopā	65	36	20	8	1	30	77
% no visiem gadījumiem (237)	27.4	15.2	8.4	3.4	0.4	12.7	32.5

Tā kā lielākā daļa ledus sastrēgumu izraisīto plūdu ir notikusi Lėvuo un Mūšas upēs (3.2.4. tabula), ir lietderīgi izvēlēties šīs upes kā pilotupes turpmākajai projekta īstenošanai.

3.2.4. tabula. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi

HS	Gads	Sastrēguma H max > H kritisk. (starpība, cm)
Lėvuo – Bernatoniai	1980	51
	1984	90
	1985	90
	1986	50
	1988	65
	1988	70
	1999	128
	2006	34
	2010	132
	2018	97
Mūša – Ustukiai	1980	34
	1986	62
	1987	108
	2010	94
	2013	125
Nemunėlis – Tabokinė	2002	5
	2010	193
Svyla – Guntauninkai	2010	114
	2013	103

Ir zināmi tikai daži pētījumi par ledus sastrēgumu izraisītajiem plūdiem Lietuvā. Daži no sākotnējiem pētījumiem datējami ar 1960-tajiem gadiem un ir koncentrēti uz lielākajām Lietuvas upēm. Nav pētījumu, kas analizētu plūdus Lietuvas ziemeļu daļas upēs, ko izraisījušas ledus parādības.

3.2.5. tabula. Informācija par HS un projektā izvēlētajiem ledus plūdu gadījumiem

HS	Novērojumu periods	HS koordinātas		HS "0" punkta atzīme v.j.l.	H celšanās gadījumi	Ledus plūdu gadījumi
		X (LKS94)	Y (LKS94)			
Bartuva – Skuodas	1960-2023	345716	6241331	11.03	21	7
Daugyvenė – Rimšoniai	2006-2023	497783	6207510	48.6	1	0
Lėvuo – Bernatoniai	1966-2023	517679	6184409	43.81	66	38
Mūša – Ustukiai	1961-2023	523077	6214714	26.81	45	25
Mūša – Žilpamūšis	2001-2023	526280	6228999	20.8	10	1
Nemunėlis – Tabokinė	1960-2023	552774	6253754	36.95	84	39
Svyla – Guntauninkai	1960-2023	664927	6127055	129.47	10	6
Tatula – Trečionys	1961-2023	532192	6223584	29.98	76	50
Venta – Leckava	1961-2023	390821	6252226	39.77	62	36
Venta – Papilė	1960-2023	424535	6224671	67.99	51	36

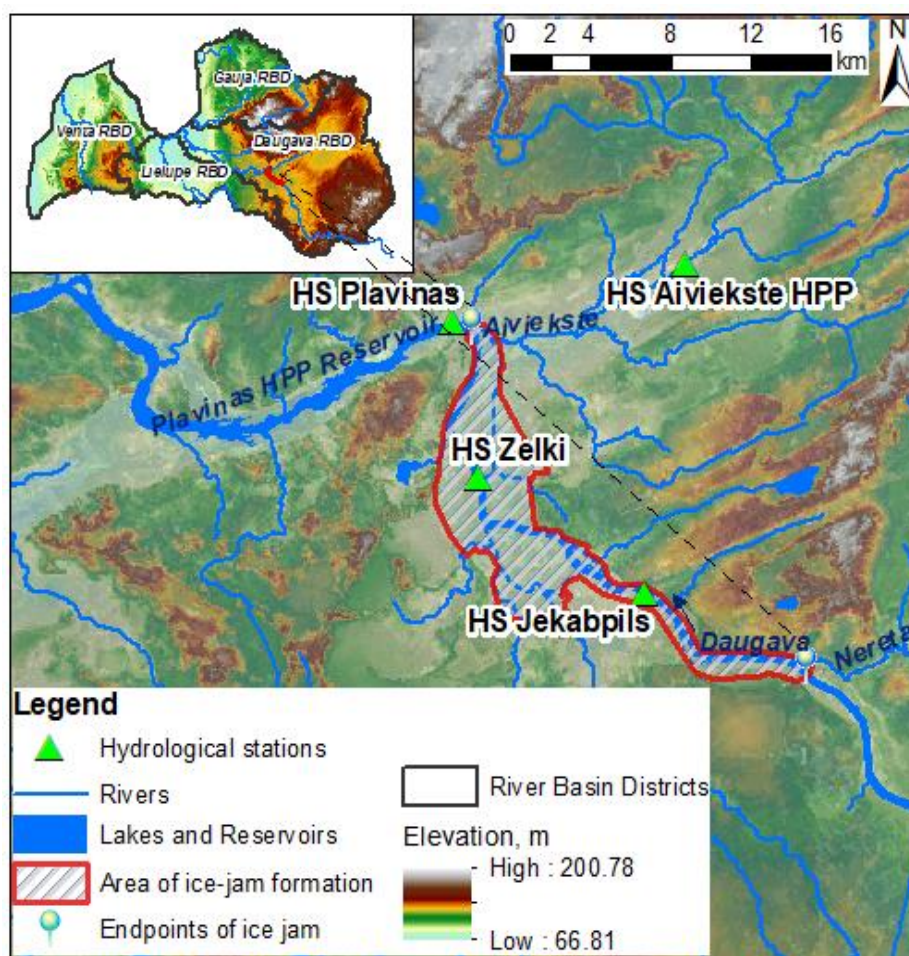
Gadījumi ir izvēlēti, balstoties uz maksimālā ūdens līmeņa H un caurplūduma Q novērošanas datumiem un maksimālo ūdens līmeni ledus sastrēguma laikā, kas pārsniedz noteikto kritisko ūdens līmeni. Lielākā daļa gadījumu tika izslēgta otrā iemesla dēļ.

4. Projekta upju pilotposmi

4.1. Daugavas upe no Neretas līdz Aiviekstei

4.1.1. Upes posma morfoloģija

Visjutīgākais ledus sastrēgumu veidošanās posms Daugavas upē ir posms no Neretas upes (pieteka 174,4 km līdz Daugavas ietekai jūrā) līdz Aiviekstes upei (pieteka 145,5 km līdz Daugavas ietekai jūrā). Šī upes posma garums ir aptuveni 29 km (4.1.1. attēls).



Attēls 4.1.1. Ledus sastrēgumu veidošanās zona Daugavas upē

Daugavas upes gultnes platums ir 150–300 m, vidējais dziļums ir 3–5 m. Vidējais kritums Daugavas upes posmā no Neretas līdz Aiviekstes upei ir 0,20 m/km, un straumes ātrums svārstās no 0,3 līdz 0,6 m/s. Tomēr, sākot no Zeļķu tilta (apmēram 154 km no upes ietekas) lejup, upe pārvēršas par ūdenskrātuvi, kur straumes ātrums ievērojami samazinās, tāpēc ledus sastrēgumi kombinācijā ar vižņu ledu var saglabāties ilgstoši atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem. Daugavas upes un Aiviekstes upes satekas vietā, kur Daugava veido strauju līkumu gandrīz 90 grādu leņķī, plūstot no dienvidiem uz rietumiem, veidojas ledus sastrēgumi kā rezultātā tiek izskaloti upes krasti. Tas rada plūdu risku augšup pa straumi, tai skaitā pieguļošajās

Jēkabpils novada apdzīvotajās vietās, un jāņem vērā potenciālie riski Jēkabpils pilsētā. Lielais dzelzceļa tilts Zeļķu ciematā ir vēl viens ledus sastrēgumu veidošanās cēlonis. Šim tiltam ir četri balsti, kas kavē ledus kustību.

Pļaviņu HES ūdenskrātuves būvniecība un ekspluatācija (kopš 1968. gada), kur ikdienā tiek regulēta ūdens plūsma un līmeņi, daļēji var izraisīt ledus sastrēgumu veidošanos Daugavā, posmā no Neretas līdz Aiviekstei. Lai novērstu Pļaviņu pilsētas (atrodas leļpus Aiviekstes upes) applūšanu pavasara ledus iešanas laikā Daugavā un Aiviekstē, ko pavada ledus sastrēgumi šajās upēs, ir plānots Pļaviņu HES ūdenskrātuves līmeņa iepriekšēja pazemināšana līdz 67,14 m v.j.l. (pie dambja) salīdzinājumā ar ierasto ūdens līmeni 72,14 m v.j.l. Minimālais pieļaujamais Pļaviņu HES ūdenskrātuves līmenis no ledus iešanas beigām līdz aprīļa trešajai dekādei (t.i., 21. aprīlim) ir 69,14 m v.j.l. ar maksimālo ikdienas līmeņa svārstību amplitūdu 1,0 m. Piemēram, 1983. gadā maksimālais ledus sastrēguma līmenis tika novērots 30. martā, sasniedzot vēsturiski augstu atzīmi 80,12 m v.j.l. (250 cm virs kritiskā līmeņa) pie HS Zeļķi un 82,86 m v.j.l. (90 cm virs kritiskā līmeņa) pie HS Jēkabpils, kamēr Pļaviņu ūdenskrātvē (pie dambja) vidējais ūdens līmenis bija 67,36 m v.j.l., un ūdens pieplūdums no Daugavas un Aiviekstes upēm bija 2270 m³/s ar maksimālo pavasara plūdu pieplūdumu 3890 m³/s (4. aprīlī). Vienlaikus bieza ledus seguma veidošanās uz upes ziemā kombinācijā ar nelabvēlīgiem laikapstākļiem (pēkšņs pavasara atkusnis ar lietu) var izraisīt arī ledus sastrēgumu. Piemēram, pie HS Zeļķi maksimālais ledus biezums pirms ledus sastrēguma veidošanās tika reģistrēts 1981. gada 20. martā, sasniedzot 110 cm, savukārt maksimālais ledus sastrēguma līmenis sasniedza 79,94 m v.j.l. (232 cm virs kritiskā līmeņa) 1. aprīlī.

4.1.2. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi

Ilgtermiņa vidējais Daugavas upes caurplūdums pie HS Jēkabpils (aptuveni 165 km no upes ietekas) ir 500 m³/s, un noteces modulis ir 7,1 l/s·km². Vēsturiskajā ilgtermiņa periodā maksimālais caurplūdums tika novērots 1931. gada 1. maijā, sasniedzot 7470 m³/s (106 l/s·km²). Laika posmā no 1961. līdz 2023. gadam maksimālais caurplūdums tika novērots 1966. un 1970. gadā (4060 m³/s jeb 57,6 l/s·km²).

Pēc Pļaviņu HES būvniecības sasalšanas un ledus iešanas procesi Daugavas posmā starp Neretas un Aiviekstes pietiekām ir būtiski mainījušies. Agrāk ledus un vižņu masas netraucēti aizplūda no Jēkabpils, Sakas salas un Pļaviņu teritorijām, bet pēc ūdenskrātuves izveidošanas šajā upes posmā sasalšanas periodā novērojama intensīva ledus un vižņu uzkrāšanās.

Pēc pirmajiem rudens saliem ūdenskrātuves ūdens temperatūra tuvojas 0 °C, un straumes ātrums ūdenskrātvē netālu no Pļaviņām ir daudz lēnāks nekā Daugavas upē. Tāpēc ūdenskrātuve sāk pārklāties ar ļoti plānu ledu. Vižņu kustība upē turpinās, un jaunas vižņu masas turpina ieplūst no upes augšteces posmiem. Gados, kad upes caurplūdums ir augsts un sali nav pietiekami spēcīgi, lai upe pārklātos ar ledu, vižņi var klāt ļoti garus upes posmus, dažkārt pat no Vitebskas (620 km no ietekas) vai Polockas (474 km no ietekas) līdz pat Pļaviņu ūdenskrātuvei (aptuveni 160 km no ietekas). Visa ledus un vižņu masa, nonākot ūdenskrātvē, būtiski zaudē ātrumu un uzkrājas. Šis process ir atkarīgs no hidrometeoroloģiskās situācijas, tāpēc

uzkrāto ledus masu apjoms dažādos gados var ievērojami atšķirties. Dažkārt ledus apsekojumi netiek veikti ledus apstākļu dēļ, tādēļ ledus apjomu aprēķināt nav iespējams. Tomēr aprēķini laikposmam no 1968. līdz 1986. gadam parāda būtisku ledus apjoma mainību dažādos gados: no 1,8 km³ 1984. gadā līdz 21,5 km³ 1981. gadā. Ir skaidrs, ka sasalšanas perioda ledus apjoms ietekmē ledus iešanas procesu.

Pļaviņu ūdenskrātuvē 1980. gada rudenī uzkrājās liels daudzums vižņu, izraisot ledus sastrēgumu un ļoti augstu ūdens līmeni Daugavas upē. 1981. gada pavasarī, kad sākās ledus iešana, nākamais nopietnais ledus sastrēgums veidojās Daugavas posmā pie Jēkabpils. Šeit ūdens līmeņa celšanās bija ievērojama, un tā sasniedza augstāko reģistrēto atzīmi pie HS Jēkabpils – 83,66 m v.j.l.

Šajā upes posmā katru gadu sasalšanas vai ledus iešanas procesos (pārsvarā abos) veidojas ievērojami ledus sastrēgumi. 21. gadsimtā tikai dažos gados šeit nav bijuši ledus sastrēgumi. Atkarībā no hidrometeoroloģiskās situācijas ledus sastrēguma plūdi var rasties dažādos upes posmos, piemēram, Pļaviņu ūdenskrātuves lejasdaļā, ūdenskrātuves augšdaļā pie Zelķiem vai pie Sakas salas un Jēkabpils pilsētas.

Daugavas upē pie Jēkabpils pilsētas (HS Jēkabpils) 21. gadsimta sākumā nozīmīgākie plūdi, ko izraisīja ledus sastrēgums, tika novēroti 2007., 2018., 2021. un 2023. gadā. Tomēr biežāk ledus sastrēgumi notika pie HS Zelķi: 2004., 2006., 2007., 2010., 2012., 2013., 2017., 2018., 2023., 2024. gadā (4.1.2. attēls).



Attēls 4.1.2. Ledus iešana un plūdi Daugavas upē pie Zelķu tilta, 2024. gada 29. februārī (foto: LVĢMC)

Dažos Daugavas posmos 2022. gada decembrī izveidojās ledus sega, taču pārsvarā notika vižņu iešana ar mainīgu intensitāti. Daugavas un Pļaviņu ūdenskrātuvē uzkrājās ievērojamas ledus un vižņu masas. Janvāra pirmajās dienās laikapstākļi bija maigi un mitri, ledus masas ātrāk pārvietojās lejup pa straumi, bet palika ūdenskrātuvē. Pēc dažām dienām iestājās sals, taču upes caurplūdums bija pietiekami augsts, lai ledus sega nevarētu izveidoties. Tas veicināja vižņu veidošanos garā upes posmā no Polockas līdz Pļaviņu ūdenskrātuvei, uzkrājās ledus masas un veidojās ledus sastrēgumi. Ledus sastrēgums bija ilgs, un tas izraisīja ūdens līmeņa celšanos sākotnēji ūdenskrātuvē un pēc tam tās augšējā daļā pie HS Zeļķi. Vēlāk vižņu masas turpināja uzkrāties, un ūdens līmenis paaugstinājās arī pie Sakas salas un HS Jēkabpils. Jēkabpils pilsēta 13. janvārī jau atradās briesmās, ūdens līmenis turpināja celties, caurplūdums upes augštecē bija augsts, taču ledus aizsprostu dēļ ūdens plūsma upē bija lielākoties bloķēta, un ūdens appludināja plašas pilsētas teritorijas. Iedzīvotājus evakuēja. Ūdens līmenis 14. janvārī pie HS Jēkabpils sasniedza 83,61 m v.j.l.

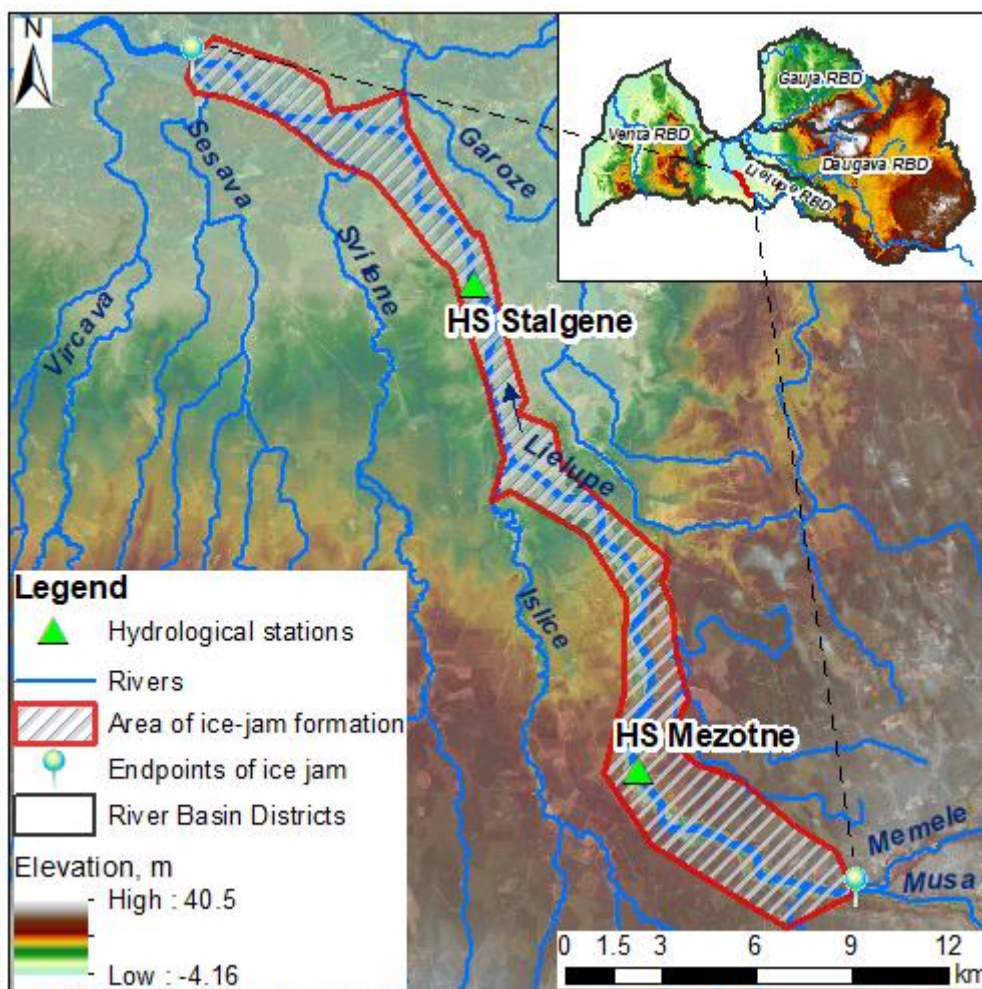
HS Zeļķi tuvumā 2024. gada februārī notika uzlūšanas plūdi. Pēc sala perioda sekoja silts laika posms ar papildu nokrišņiem, palielinājās Daugavas caurplūdums, sākās ledus kustība Daugavā un Pļaviņu ūdenskrātuvē. Šo procesu rezultātā veidojās ledus masu sastrēgums un ūdens līmenis strauji paaugstinājās, pie HS Zeļķi sasniedzot 78,93 m v.j.l. Teritorijas, tajā skaitā ēkas un ceļi no Sakas salas līdz Aiviekstes upei, applūda. Tas bija viens no augstākajiem novērotajiem ūdens līmeņiem pie HS Zeļķi visā novērojumu periodā.

4.2. Lielupes posms no Mūsas–Mēmeles satekas līdz Sesavas upei

4.2.1. Upes posma morfoloģija

Visjutīgākā ledus sastrēgumu veidošanās zona Lielupē ir augštece no Mūsas un Mēmeles satekas netālu no Bauskas līdz Lielupes un Sesavas satekai pie Ānes un Teteles apdzīvotām vietām. Šī upes posma garums ir aptuveni 40 km (4.2.1. attēls). Šī ir teritorija, kur gandrīz katru gadu, nelabvēlīgu laika apstākļu ietekmē pavasarī un ziemā, veidojas ledus sastrēgumi.

Lielupes augštece ir mēreni līkumaina ar vienmērīgiem meandru lokiem, kas atkārtojas ik pēc 3–4 km. Šajā posmā ir 10–12 mazas salas (kuru platība galvenokārt ir mazāka par 1,0 ha), kas Lielupes augštecē pilnībā vai daļēji applūst. Lielākā sala (aptuveni 1,9 ha) atrodas pie Mūsas un Mēmeles satekas, kur visbiežāk veidojas ledus sastrēgumi. Lielupes platums vidēji pārsvarā ir 60–100 m. Tomēr upes gultne sašaurinās līdz 20–40 m platumā posmā ap 14–20 km no Mūsas un Mēmeles satekas (96–102 km no Lielupes grīvas), kur piekrastes zonā upes gultne ir intensīvi aizaugusi ar ūdensaugiem. Lielupe paplašinās līdz 100–160 m posmā no Garozes ietekas līdz Lielupes un Sesavas satecei (75–83 km no grīvas). Ledus sastrēgumi rodas ne tikai pavasarī, kad Lielupes ūdens līmenis strauji paaugstinās, bet arī ziemā, kad salu pārtrauc bieži atkušņi.



Attēls 4.2.1. Ledus sastrēgumu veidošanās Lielupē

Posmā no Mežotnes līdz Staļģenei ledus biezums sasniedz vidēji 25–27 cm, bet bargās ziemās tas var būt 46–68 cm (piemēram, 1963., 1979. un 1985. gadā). Straujš atkusnis kopā ar nokrišņiem un tam sekojošiem ledus sastrēgumiem pavasarī izraisa strauju ūdens līmeņa paaugstināšanos (par 2,5–5,0 m virs ilggadējā vidējā līmeņa). Lielupes vidējais dziļums posmā no tās iztekas līdz Garozes ietekai ir salīdzinoši neliels (0,5–1,5 m) un reti pārsniedz 2,5 m; posmā no Garozes līdz Sesavas upei Lielupes dziļums palielinās līdz 3–3,5 m. Tādēļ atsevišķos posmos upes gultne periodiski var tikt papildīta ar vižņiem un ledus gabaliem līdz pašam dibenam.

Vidējais upes kritums ir 0,23 m/km, un plūsmas ātrums ir 0,3–0,4 m/s. Tomēr situāciju ar ledus sastrēgumu veidošanos pasliktina Staļģenes tilts (88,8 km no Lielupes ietekas), kas ir 129 m garš un 12 m plats, ar četriem balstiem. Augšpusē no tā plūsmas ātrums samazinās ātruma zudumu dēļ. Aptuveni 33 km posmā – no Lielupes iztekas līdz Garozes ietekai – gultne galvenokārt sastāv no oļiem un grants, dažviet arī dūnaina, bet pārējā garumā tā kļūst smilšaina.

4.2.2. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi

Lielupes ilgtermiņa (1961.–2023. gads) gada caurplūdums pie HS Mežotne (107 km no grīvas) ir 53,6 m³/s, bet noteces modulis – 5,66 l/s·km². Maksimālais caurplūdums tika novērots 1979. gada 2. aprīlī, sasniedzot 1060 m³/s jeb 111,9 l/s·km². Saskaņā ar vēsturisko caurplūduma datu analīzi, Lielupes maksimālais ūdens caurplūdums ledus sastrēgumu plūdu laikā vidēji ir par 40-50% mazāks nekā pavasara palu maksimālais caurplūdums.

Lielupes augštecē 21. gadsimta sākumā, 2007. un 2013. gadā, notika nozīmīgi plūdi ledus sastrēgumu dēļ. Lielupē pie Mežotnes 2007. gada pavasarī aptuveni veidojās 3 km garš ledus sastrēgums, kura maksimālais ūdens līmenis sasniedza 8,83 m virs jūras līmeņa (67 cm virs kritiskā līmeņa). Ledus sastrēguma laikā ūdens līmenis paaugstinājās par 1,84 m. Ledus sastrēguma plūdi radīja bojājumus Mazajai Mežotnes pilij, kas ir kultūrvēsturisks objekts, savukārt pretējā krastā, Rundāles pagastā Bauskas novadā, tika izskalota ceļa caurteka.

Ledus sastrēgumi 2013. gada aprīlī izraisīja plašu palieņu applūšanu Lielupes posmā no Bauskas līdz Stalgenai (4.2.2. attēls). Mežotnē pēc ledus sastrēguma sākšanās ūdens līmenis pieauga par 2,26 m dienā un sasniedza 8,80 m v.j.l. (64 cm virs kritiskā līmeņa). Rezultātā HS Mežotne trossu ceļu sistēma tika bojāta. Vietējie ceļi uz septiņām mājām Stalgenē un pie divām mājām Platones pagastā Jelgavas novadā tika appludināti. Tika evakuēti vairāki iedzīvotāji no mājām, kas atrodas pie Lielupes un tās pieteku krastiem.



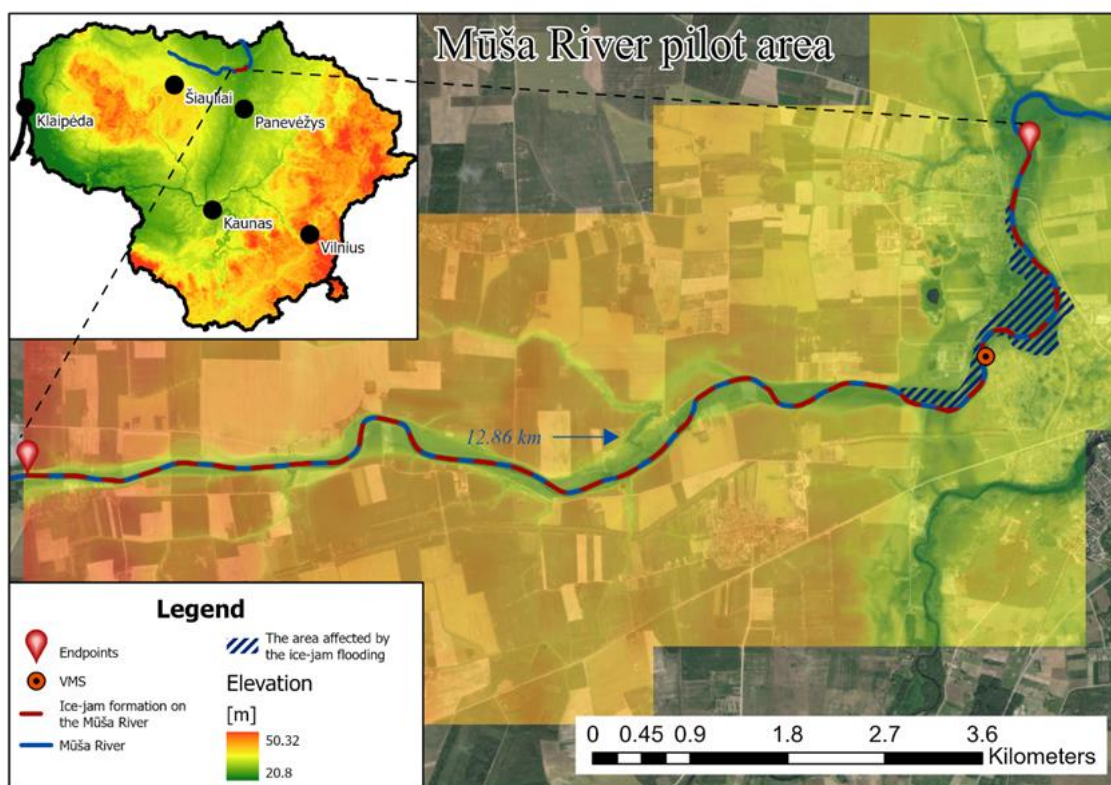
Attēls 4.2.2. Ledus iešana un plūdi Lielupes augšteces posmā lejup no Bauskas pilsētas, 2013. gada 17. aprīlī (foto: <https://weatherfoto.wordpress.com>)

4.3. Mūšas upe no Gustoniai līdz Ustukiai

4.3.1. Upes posma morfoloģija

Mūša ir upe Ziemeļļietuvā, tā plūst cauri Jonavas, Pakrojas un Pasvales rajona pašvaldību teritorijām, kā arī Bauskas novada teritorijai Latvijā. Tās garums ir 157 km (133 km Lietuvā, 6,5 km uz Lietuvas un Latvijas robežas, 17,5 km Latvijā), sateces baseina platība – 5463 km² (5297 km² Lietuvā). No 133 km garā posma Lietuvā ap 13 km ir pakļauti periodiskiem ledus sastrēgumiem, kas var apdraudēt tuvākās apdzīvotās vietas. Visjutīgākā zona ledus sastrēgumu veidošanai Mūšas upē sākas 12,5 km augšpus Ustukjos tilta līdz Gustoniai ciemam (4.3.1. attēls).

Izvēlētais Mūšas upes posms raksturojas kā regulāras formas gultne ar maziem līkumiem un ļoti gludiem meandra līkumiem. Pastāv vairāki nesaistīti sistēmu posmi, kurus veido mazas salu grupas, kas ievērojami sašaurina upes profilu un var būt dabisks šķērslis ledus sastrēgumu veidošanai. Vidējais platums ir 30–40 m, bet tas var mainīties no 15 m šaurākajā vietā līdz pat 70 m platākajā vietā. Dziļums galvenokārt ir no 1 līdz 2 m, bet atsevišķās vietās tas sasniedz līdz 4 m. Vidējais upes posma slīpums ir 0,35 m/km, un straumes ātrums ir 0,1–0,4 m/s. Upes posms siltajā periodā ir ļoti aizaudzis ar ūdensaugiem kanāla zonā.



Attēls 4.3.1. Ledus sastrēgumu veidošanās zona Mūšas upē

Upes posmā no Gustoniai līdz Ustukiai vidējais ledus biezums ir 29 cm, ar maksimālo biezumu 50-55 cm (1980., 1987., 2010. gadā). Vidējais upes dziļums pie HS Ustukiai ir 0,92 m, un vidējais platums – 44,4 m. Plūdu laikā, ko izraisa ledus iešana, ūdens līmenis upē ceļas no 0,63 m līdz 2,98 m virs daudzu gadu vidējā

ūdens līmeņa. Tāpēc atsevišķos posmos upes gultne var periodiski piepildīties ar vižņiem un ledus gabaliem.

Ledus sastrēgumi šajā posmā veidojas dažu strauju upes līkumu un nozīmīgā loģistikas tilta novietojuma dēļ pār upi pie Ustukiai. Ledus sastrēgumu izraisīti plūdi var apdraudēt blakus esošos Gustoniai un Pasvales ciematus, kā arī upes tuvumā esošās vasarnīcas.

4.3.2. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi

Mūšas upes ilggadējais (1961–2023) caurplūdums HS Ustukiai (56 km no upes ietekas) ir 10,2 m³/s, un noteces modulis ir 4,49 l/s·km². Maksimālais caurplūdums novērots 1979. gada 1. aprīlī, sasniedzot 364 m³/s jeb 159,6 l/s·km². Pēc vēsturisko datu analīzes secināts, ka Mūšas upē ledus sastrēgumu plūdu laikā maksimālais ūdens caurplūdums ir vidēji par 67% mazāks nekā pavasara plūdu maksimālais caurplūdums. Tāpat ir konstatēta liela atšķirība starp absolūtajām vērtībām – ledus sastrēgumu plūdu caurplūdums ir par 61% mazāks nekā pavasara plūdi Mūšas upē.

Ir vairākas apdzīvotas vietas, kas atrodas netālu no Mūšas upes ar 100 vai vairāk iedzīvotājiem. Šīs vietas varētu būt pakļautas plūdu riskam ledus sastrēgumu dēļ. Lielākā apdzīvotā vieta ir Pasvalis, kurā saskaņā ar 2021. gada tautas skaitīšanas datiem dzīvo gandrīz 6,5 tūkstoši iedzīvotāju. Mazākas apdzīvotās vietas, piemēram, Saločiai, Ustukiai, Narteikiai, Švobišķis, Pamūšis (Klovaiņu pagasts), Petrašiūnai, Pamūšis (Pašvitinis pagasts), arī varētu tikt skartas. Ledus sastrēgumi var apdraudēt kultūrvēsturiskos objektus, piemēram, Saloču parku, Medemu ģimenes kapavietu, Saudogalas ciema kapsētu, Žilpamūšas muižas fragmentus, Raudonpamūšes muižu, Pamūšes ainavu liegumu u.c.

Mūšas upes augštecē 21. gadsimta sākumā (2010. un 2013. gadā) notika ievērojami plūdi ledus sastrēgumu dēļ. 2010. gada pavasarī ledus sastrēgumu dēļ maksimālais ūdens līmenis Mūšā pie Ustukiai sasniedza 30,25 m v.j.l. (90 cm virs kritiskā līmeņa). Ledus sastrēgumu plūdi 2010. gadā izraisīja nelielus postījumus un appludināja upes posma palienes.

Ledus sastrēgumi 2013. gada aprīlī izraisīja plašus plūdus Mūšas upē. Ustukiai ūdens līmenis sasniedza 30,51 m v.j.l. (125 cm virs kritiskā līmeņa). Ledus sastrēguma plūdi 2013. gadā izraisīja ievērojamus postījumus Pasvalis pilsētā, kur applūda mājas, noliktavas, vasarnīcas un siltumnīcas. Kopienas dārza "Vyturys" teritoriju sedza 0,5 līdz 1 m dziļš ūdens slānis, tas pārklāja Žemdirbių un Bokšto ielas (skat. attēlu 4.3.2). Tomēr iedzīvotāji atteicās evakuēties.

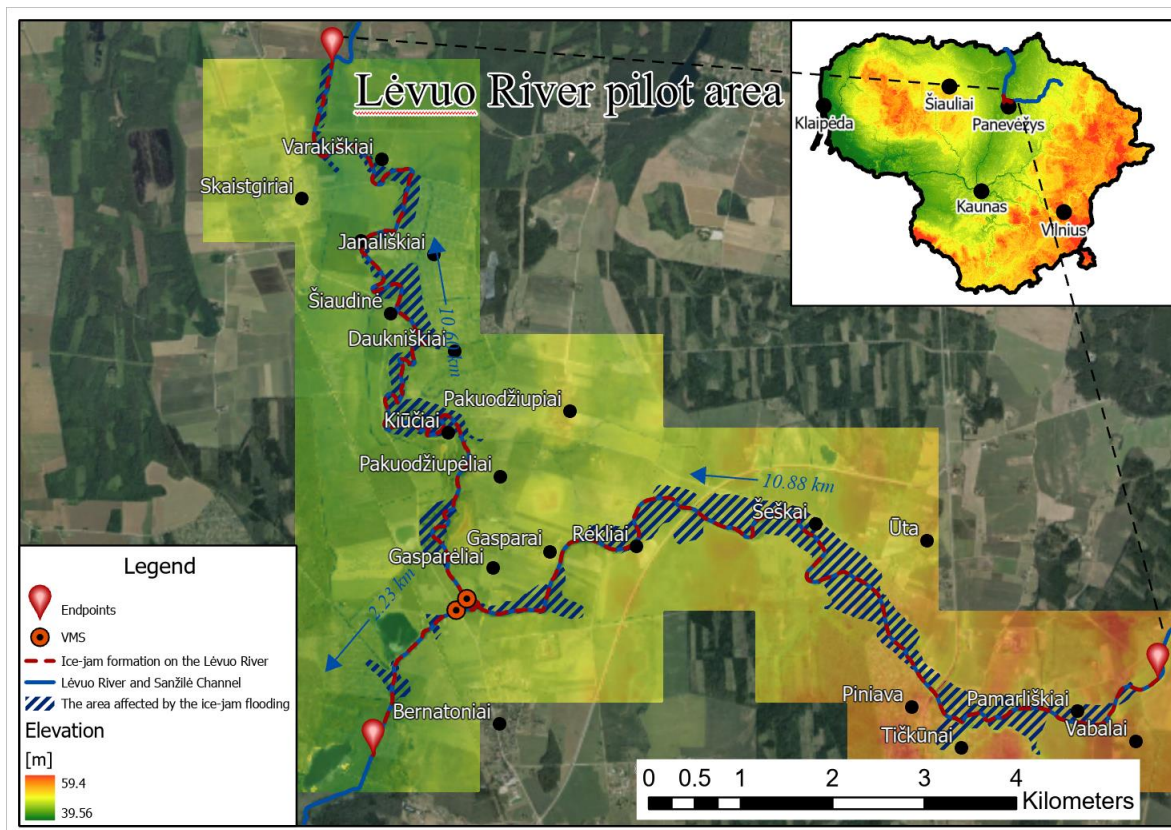


Attēls 4.3.2. Plūdu skartais kopienas dārzs "Vyturys", 2013. gada aprīlis

4.4. Lėvuo upe no Pamarliškiai līdz Skaistgiriai tiltam

4.4.1. Upes posma morfoloģija

Lėvuo ir upe Ziemeļlietuvas teritorijā, kas plūst cauri Rokiškis, Kupiškis, Panevėžys un Pasvalys novadiem; tā ir Mūsas labā pieteka. Upes garums ir 147 km, sateces baseina platība – 1628,5 km². Vietējais klimats, upes līkumainība un vairāku tiltu un kanālu esamība posmā no Pamarliškiai līdz Skaistgiriai (22 km) rada labvēlīgus apstākļus lai veidotos plūdi un ledus sastrēgumi. Situāciju sarežģī arī tas, ka teju visā pētījuma posmā pie upes atrodas nelielas apdzīvotas vietas un vasaras mājiņas. Vissarežģītākā un bīstamākā vieta ir savienojums ar Sanžilės kanālu, kur, papildus kanāla bifurkācijai, nelielā attālumā atrodas divi autoceļu tilti un vecs dzelzceļa tilts ar masīvām betona konstrukcijām. Tāpēc visjutīgākā zona, kur veidojas ledus sastrēgumi Lėvuo upē ir posms no Pamarliškiai līdz Skaistgiriai (4.4.1. attēls).



Attēls 4.4.1. Izvēlētais Lėvuo upes posms ledus sastrēgumu plūdu modelēšanai

Lėvuo upei ir plakana topogrāfija, kas nozīmē, ka upes virsmas slīpumi ir zemi, gultnes ir sekas, un augšnes ir ar smagu mehānisko sastāvu. Šādas augšnes infiltrācijas īpašības ir vājas, tāpēc upes maz papildina pazemes ūdeņi. Neregulētajā upes gultnē līkumainība ir mērena, tās platums svārstās no 16 līdz 35 m, un dziļums - no 0,5 līdz 3,1 m. Vidējais nogāzes slīpums izvēlētajā upes posmā ir 0,30 m/km, un straumes ātrums ir 0,2–0,3 m/s. Vairāku saliņu klātbūtne neveicina ledus sastrēgumu veidošanos salīdzinājumā ar asajiem līkumiem un mākslīgo struktūru bagātību, piemēram, tiltiem un kanāliem.

Upes posmā no Pamarliškiai līdz tiltam Skaistgiriai vidējais ledus biezums ir 20 cm, maksimālais – 37–72 cm (1985., 1988., 2010. g.). Vidējais upes dziļums HS Bernatoni ir 0,62 m, un vidējais platums – 19,4 m. Plūdu laikā, ko izraisījuši ledus sablīvējumi, ūdens līmenis paaugstinās no 0,34 m līdz 2,45 m virs vidējā daudzgadu ūdens līmeņa. Asi līkumi kopā ar daudziem tiltiem izraisa ledus sastrēgumu veidošanos izvēlētajā Lėvuo upes posmā. Tāpēc dažos posmos upes gultne periodiski piepildās ar vižņu ledu un ledus blokiem.

4.4.2. Ledus sastrēgumu izraisītie plūdi

Lėvuo upes ilgtermiņa (1968.-2023.g.) vidējais gada caurplūdums HS Bernatoni (48 km no upes ietekas) ir 2,57 m³/s, un noteces modulis ir 3,17 l/s·km². Maksimālais caurplūdums tika novērots 2010. gada 23. martā, sasniedzot 107 m³/s jeb 93,9 l/s·km². Saskaņā ar vēsturisko caurplūduma datu analīzi, ledus sastrēgumu plūdu maksimālais ūdens caurplūdums Lėvuo upē ir vidēji par 61% mazāks nekā pavasara

palu maksimums. Taču, ja tiek salīdzinātas absolūtās vērtības, ledus plūdu caurplūdums Lėvuo upē ir tikai par 5% zemāks nekā pavasara plūdu maksimums.

Lėvuo tuvumā ir vairākas apdzīvotas vietas ar iedzīvotāju skaitu 100 vai vairāk. Šīs apdzīvotās vietas ir pakļautas ledus sastrēgumu izraisītu plūdu riskam. Lielākā apdzīvotā vieta ir Pasvalys, kur dzīvo gandrīz 6,5 tūkstoši cilvēku (pēc 2021. gada tautas skaitīšanas datiem). Vēl viena lielāka apdzīvotā vieta ir Kupiškis (aptuveni 6,2 tūkstoši iedzīvotāju, saskaņā ar 2021. gada datiem). Mazākas apdzīvotās vietas, piemēram, Piniava, Tičkūnai, Šeškai, Paliūniškis, Skaistgiriai, Daukniškiai un Naujikai, var tikt ietekmētas ledus sastrēgumu izraisītu plūdu dēļ. Pie Lėvuo atrodas vairāki kultūras mantojuma objekti, piemēram, Balsiai ūdensdzirnavas un muižas ēkas, Toliūnai ūdensdzirnavas un muižas ēkas, Gaspari kapu kalniņš utt., kurus var apdraudēt plūdi.



Attēls 4.4.2. Ledus iešana un plūdi Lėvuo upē, 2018. gada marts

Lėvuo upes augštecē 21. gadsimta sākumā notika būtiski ledus sastrēgumu izraisīti plūdi 2010. un 2018. gadā. Pavasarī 2018. gadā ledus sastrēguma dēļ maksimālais ūdens līmenis Lėvuo pie Bernatoni sasniedza 46,38 m v.j.l. (97 cm virs kritiskā līmeņa). Ledus sastrēguma plūdi 2018. gadā neradīja lielus postījumus (skat. attēlu 4.4.2).

Lėvuo upē 2010. gadā bija nozīmīgi plūdi. Bija liels ledus sastrēgums pie Piniava ciema. 23. martā ūdens līmenis paaugstinājās 126 cm virs kritiskā līmeņa un sasniedza 46,67 m v.j.l. (daudzgadīgais augstākais ūdens līmenis 46,73 m v.j.l.). Kopienas dārzi un ceļi tika applūdināti. Applūda mājas Tičkūnu un Šeškai ciemos, vairākas ģimenes tika evakuētas, 7 kopienas dārzos tika atslēgta elektrība, applūda "Kemira GrowHow" sēklu rūpnīca. Ūdens izlauza aizsargdambi Pakuodžiupiai ciemā, applūdināja laukus no Bernatoni ciema līdz Pušalotas pilsētai un sāka applūst Skaistgiriai ciemi. Ūdens lēni atkāpās no applūdušajām Lėvuo teritorijām. 3. aprīlī daļa Tičkūnai ciema kopienas dārzu joprojām bija applūduši, lai gan ūdens līmenis Bernatoni jau bija tikai 118 cm.

Sanžilės kanāls atrodas netālu no Lėvuo. Tas tika izrakts 1930. gadā, lai samazinātu Lėvuo plūdus. 2010. gadā situācija Sanžilės kanālā nebija labāka. Ledus biezums tur sasniedza 40–60 cm. Upes krasti ir pārklāti ar krūmiem un kokiem, gultne ir pilna ar pārplūdes vietām, un vairākiem kopienu dārzu tiltiem. Tas viss veicināja ledus sastrēgumu veidošanos. Kanālā izveidojās līdz pat 4 ledus sastrēgumiem, kas ievērojami paaugstināja ūdens līmeni. 22. marta rītā Sanžilės kanāls sasniedza bīstamu līmeni (216 cm), bet ūdens līmenis turpināja paaugstināties, un līdz plkst. 14.00 tas bija sasniedzis 278 cm, kas ir par 4 cm augstāk nekā gada augstākais ūdens līmenis. Sanžilės ūdeņi applūdināja kopienas dārzus upes krastā, daļu Berčiūnai apdzīvotās vietas un ceļu pie Berčiūnai baznīcas. Situācija bija kritiska, un tika nolemts 25. martā veikt ledus sastrēgumu spridzināšanu. Lai izkustinātu ledu, bija nepieciešami pieci sprādzieni. Ūdens sāka lēnām atkāpties, un septiņu dienu laikā tā līmenis pazeminājās par 150 cm.

5. Secinājumi

Silta un nestabila ziema rada būtiskas izmaiņas upju un ezeru ledus režīmā. Nestabilu ziemu laikā sezonā var rasties vairākkārtēja ledus sasalšana un uzlūšana. Sala un atkušņa periodu mainība ziemas sezonā veicina ledus un vižņu veidošanos ūdenstilpēs un, kā rezultātā, arī ledus sastrēgumu veidošanos.

Izvēlētie četri pilotposmi atrodas Interreg VI-A Latvijas–Lietuvas programmas 2021.–2027.gadam teritorijā, un tiem raksturīgas iezīmes, kas padara šīs vietas īpaši jutīgas pret ledus sastrēgumu veidošanos.

Latvijā šie posmi atrodas divu lielo upju – Daugavas un Lielupes – krastos.

Visjutīgākais ledus sastrēgumu veidošanās posms Daugavas upē ir starp tās pietekām Neretas un Aiviekstes upēm.

Šeit galvenais ietekmes faktors ir Pļaviņu HES darbība. Pļaviņu ūdenskrātuves augšējais posms atrodas netālu no Jēkabpils pilsētas. Pēc Pļaviņu HES uzbūves būtiski mainījās Daugavas ledus sasalšanas un uzlūšanas procesi posmā starp Neretu un Aivieksti. Tas ir saistīts ar samazinātu plūsmas ātrumu ūdenskrātvē un samazinātu ūdens virsmas gradientu Daugavas posmā starp Neretu un Aivieksti.

Papildus, daudzās mazās salas straumē un lielā Sakas sala, kā arī četru balstu dzelzceļa tilts Zeļķos ietekmē ledus kustību šajā pilotposmā.

Atkarībā no hidrometeoroloģiskajiem apstākļiem, ledus sastrēgumu izraisīti plūdi var rasties dažādās vietās, piemēram, ūdenskrātuves augšdaļā pie Zeļķiem vai pie Sakas salas un Jēkabpils pilsētas.

Otrā jutīgākā zona ledus sastrēgumu veidošanai Lielupē ir augšējais posms no Mūšas un Mēmeles satekas pie Bauskas pilsētas lejpus līdz Lielupes un Sesavas satekai.

Šajā posmā ledus sastrēgumi rodas gandrīz katru gadu, īpaši nelabvēlīgu laika apstākļu ietekmē pavasarī un ziemā. To ietekmē sarežģītā upes morfoloģija ar lokiem, kas atkārtojas ik pēc 3-4 km, un 12 mazām salām augšējā posmā. Turklāt situāciju ledus sastrēgumu veidošanās ziņā pasliktina Staļģenes tilts ar četriem balstiem, un augšpusē no tā plūsmas ātrums samazinās ātruma zudumu dēļ.

Lietuvā visjutīgākās zonas ledus sastrēgumu veidošanai ir Mūšas upe posmā no Gustonai līdz Ustukiai un Lėvuo upe posmā no Pamarliškiai līdz tiltam Skaistgiriai.

Mūšas upes posmam no Gustonai līdz Ustukiai raksturīgas vairākas sazarotu sistēmu grupas, kuras veido mazas salu grupas. Šīs salas ievērojami sašaurina upes profilu un var kļūt par dabisku šķērslī ledus sastrēgumu veidošanai.

Šajā vietā ledus sastrēgumi rodas upes asajos līkumos un pie nozīmīga loģistikas tilta pāri upei pie Ustukiai.

Lėvuo upes posmā no Pamarliškiai līdz Skaistgiriai asie upes līkumi kopā ar daudzajiem tiltiem izraisa ledus sastrēgumu veidošanos Lėvuo upes izvēlētajā posmā.

Vissarežģītākā un bīstamākā vieta ir savienojums ar Sanžilē kanālu, kur, papildus gultnes bifurkācijai, nelielā attālumā atrodas divi autoceļu tilti un vecs dzelzceļa tilts ar masīvām betona konstrukcijām.

Izmantotā literatūra

Madaeni, F., Lhissou, R., Chokmani, K., Raymond, S., and Gauthier, Y. Ice jam formation, breakup and prediction methods based on hydroclimatic data using artificial intelligence: A review. *Cold Regions Science and Technology*, vol. 174, 2020. doi:10.1016/j.coldregions.2020.103032.

de Rham, L., Dibike, Y., Beltaos, S., Peters, D., Bonsal, B., and Prowse, T.: A Canadian River Ice Database from the National Hydrometric Program Archives, *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 1835–1860, <https://doi.org/10.5194/essd-12-1835-2020>, 2020.

Beltaos, S. and Prowse, T. (2009). River-Ice Hydrology in a Shrinking Cryosphere. *Hydrological Processes*. 23. 122 - 144. 10.1002/hyp.7165.

Thellman, A., Jankowski, K. J., Hayden, B., Yang, X., Dolan, W., Smits, A. P., & O'Sullivan, A. M. (2021). The ecology of river ice. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 126, e2021JG006275. <https://doi.org/10.1029/2021JG006275>

Buffin-Bélanger, T., Bergeron, N., Dubé, J. (2013). Ice formation in small rivers (pp. 385–509). *River Ice Formations*. Publisher: Committee on River Ice Processes and the Environment and Hydrology Section of the Canadian Geophysical Union.

Prowse TD. 2005. River-ice hydrology. In *Encyclopedia of Hydrological Sciences*, vol. 4, Anderson MG (ed.). John Wiley and Sons: West Sussex; 2657–2677.

Bennett, K.E.; Prowse, T.D. Northern Hemisphere Geography of Ice-covered Rivers. *Hydrol. Processes* 2009, 24, 235–240. <https://doi.org/10.1002/hyp.7561>

Burrell, B. C. Beltaos, S. & Turcotte, B. (2023) Effects of climate change on river-ice processes and ice jams, *International Journal of River Basin Management*, 21:3, 421-441, DOI: 10.1080/15715124.2021.2007936

Beltaos S. Threshold between mechanical and thermal breakup of river ice cover. *Cold Reg. Sci. Technol.*, 37 (2003), pp. 1-13, 10.1016/S0165-232X (03)00010-7

Turcotte, B.; Morse, B.; Pelchat, G. Impact of Climate Change on the Frequency of Dynamic Breakup Events and on the Risk of Ice-Jam Floods in Quebec, Canada. *Water* 2020, 12, 2891. <https://doi.org/10.3390/w12102891>

Beltaos, S., & Prowse, T. D. (2001). Climate impacts on extreme ice-jam events in Canadian rivers. *Hydrological Sciences Journal*, 46(1), 157–181. <https://doi.org/10.1080/02626660109492807>

Ice Jam Information Guide. Toronto and Region Conservation Authority. <https://cvc.ca/document/ice-jam-information-guide/>

Alfredsen, Knut; Bridges, Robert; Hendrikse, Hayo; Høyland, Knut Vilhelm; Kolerski, Tomasz; Leppäranta, Matti; Peng, Lu; Guo, Xinlei (2022): How does climate change affect ice formation and presence in rivers, lakes and oceans, as well as its impact on infrastructure. In: *Hydrolink 2022/3*. Madrid: International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR). S. 77-79. <https://www.iahr.org/library/hydrolink?hid=472>

IPCC. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2019; 755 pp.

Kennedy, J. F.: Ice-jam mechanics, in Proceedings of the 3rd IAHR international Symposium on Ice Problems, Hanover, New Hampshire, 143–164, 1975.

Hicks, F. An overview of river ice problems: CRIPE07 guest editorial. Cold Reg. Sci. Technol. 2009, 55, 175–185.

Klavins, M.; Briede, A.; Rodinov, V.; Frisk, T. Ice Regime of Rivers in Latvia in Relation to Climatic Variability. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verhandlungen 2006, 29, 1825–1828.

Latkovska, I.; Apsīte, E.; Elferts, D. Long-Term Changes of the Ice Regime of Rivers in Latvia. Hydrol. Res. 2016, 47, 782–798.

Stonevicius, E.; Stankunavicius, G.; Kilkus, K. Ice Regime Dynamics in the Nemunas River, Lithuania. Clim. Res. 2008, 36, 17–28.

Glavickas T., Stonevičius E. The distribution of ice jams in Lithuania and their effect on water level. Geografija. 2012. T. 48. Nr. 2. P. 119–131 [lietuviešu val.]

Šarauskiene, D.; Jurgelėnaitė, A. Impact of Climate Change on River Ice Phenology in Lithuania. Environ. Res. Eng. Manag. 2008, 46, 13–22.

Šarauskiene, D.; Jakimavičius, D.; Jurgelėnaitė, A.; Kriaučiūnienė, J. Warming Climate-Induced Changes in Lithuanian River Ice Phenology. Sustainability 2024, 16, 725. <https://doi.org/10.3390/su16020725>

Daugavas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns un plūdu riska pārvaldības plans 2022.- 2027. gadam. https://videscentrs.lv/gmc.lv/files/Udens/Udens_apsaimniekosana_plani_2022_2027_07_04_2024/Daugavas%20UBA%20plans%202022-2027_v2.pdf

Interesantu laikapstākļu un meteoparādību foto. <https://weatherfoto.wordpress.com>

Latvijas Sabiedriskie Mediji. Jelgavas novadā plūdu dēļ no ārpasaules nošķirtas 9 mājas; evakuē cilvēkus. (15.04.2013.).

<https://www.lsm.lv/raksts/zinas/latvija/jelgavas-novada-pludu-del-no-arpasaules-noskirtas-9-majas-evakue-cilvekus.a54820/>

LETA. Rundāles novadā vislielākais plūdu risks – Lielupes ielejā pie Mežotnes. (05.03.2010.). <https://nra.lv/latvija/regionos/bauska/17809-rundales-novada-vislielakais-pludu-risks-lielupes-ieleja-pie-mezotnes.htm>

Gidrograficheskie opisanija rek – Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Lielupe, Venta, Baltijas jūras piekrastes upes. Tom 4, vypusk 2. UGMS Latvijas SSR, Riga, 1972. (krievu val.)

Osnovnye polozenija pravil ispol'zovanija vodnyh resursov Pljavin'skogo, Kegumskogo i Rizhskogo vodohranilish' na reke Daugave. Institut "Gidroproekt", Moskva, 1977. (krievu val.)