



ENVIRONMENTAL  
PROTECTION  
AGENCY

# SWAT and SWAT+ model practical application for water management on a State level in Lithuania

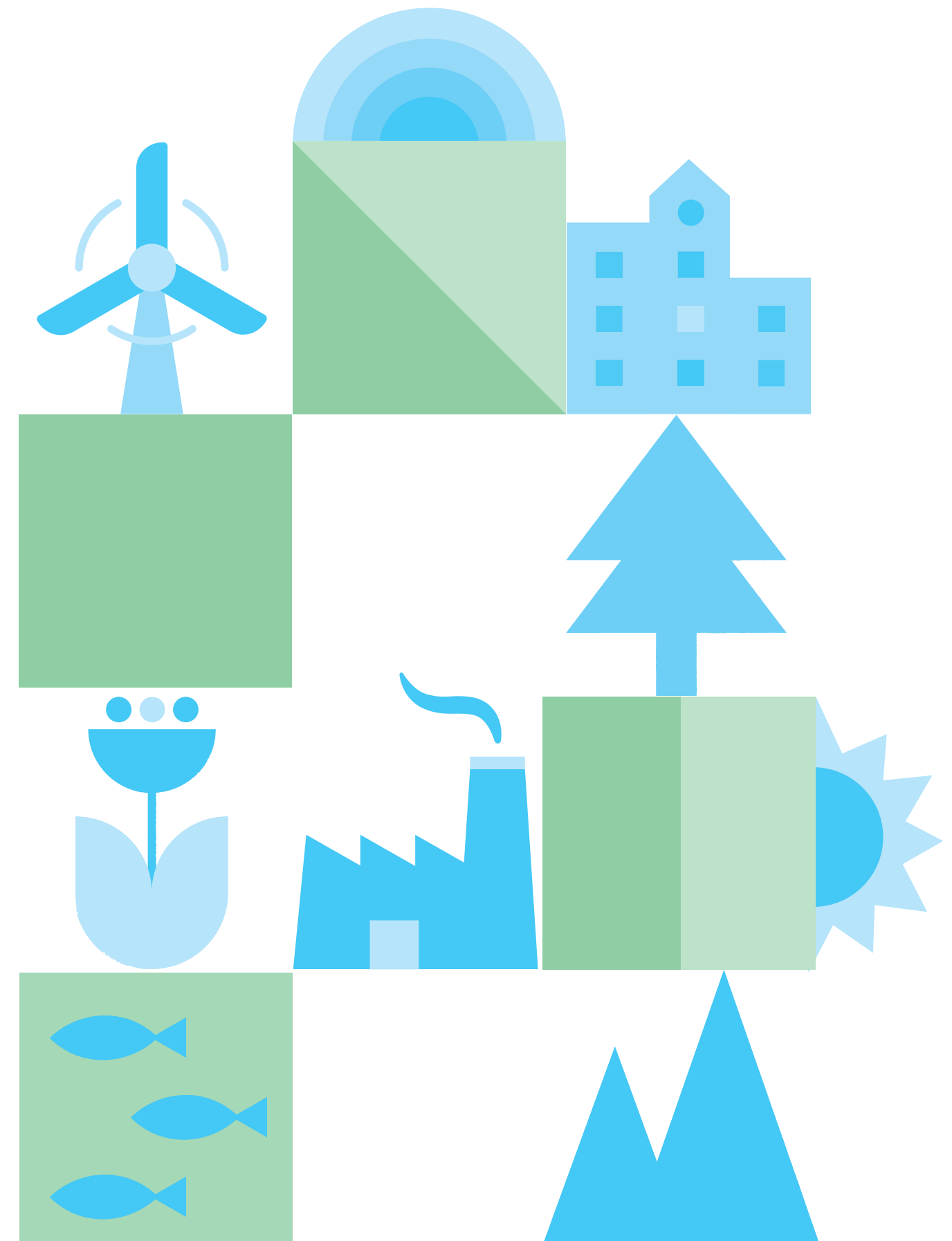
dr. Mindaugas Gudas

Hydrographic Network Division

Senior Counselor

Environmental Protection Agency

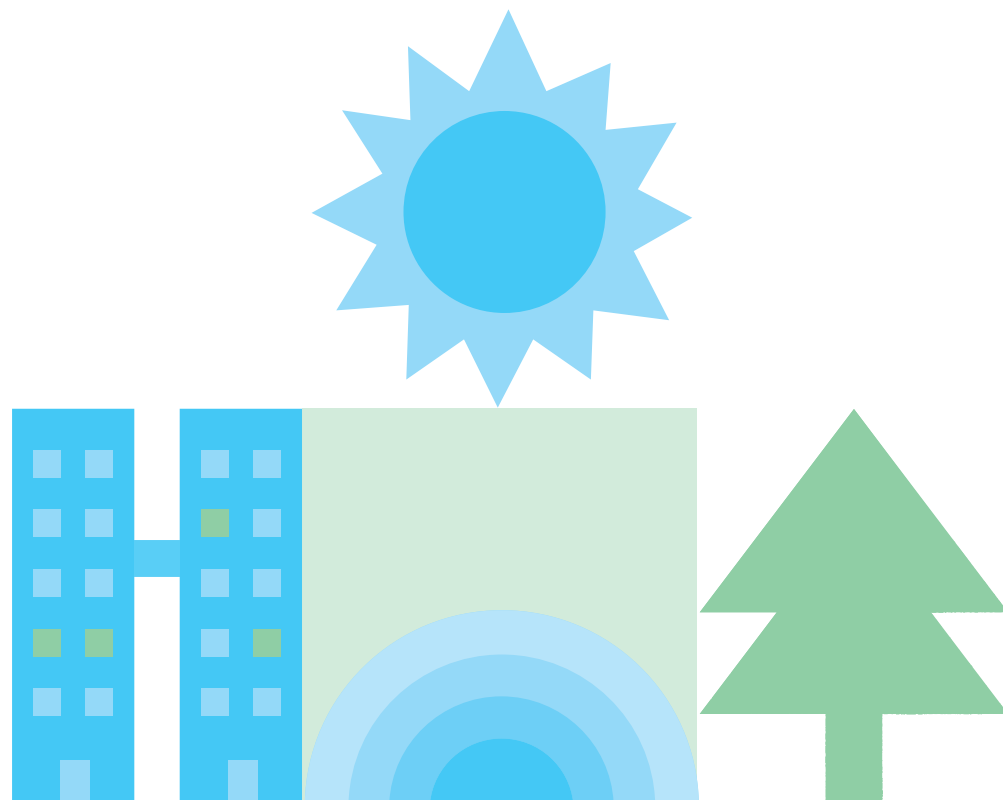
2023/06/26 - 30



# What is this presentation about?

## **SWAT/SWAT+ implementation on a State level in Lithuania:**

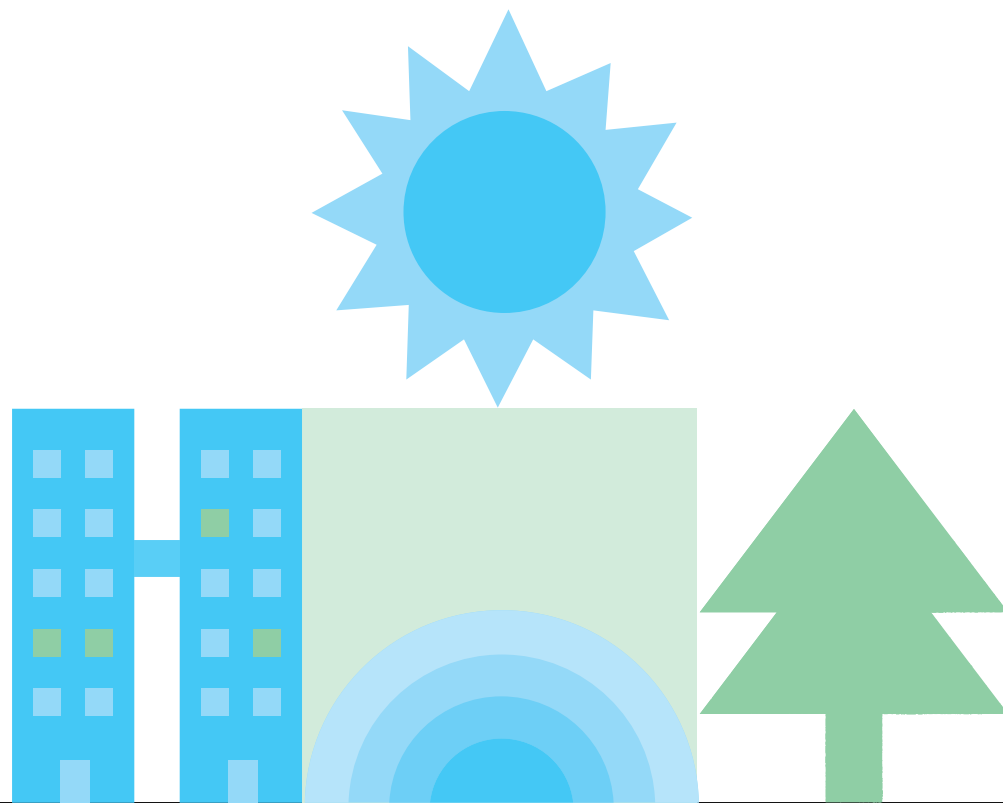
- *Brief history*
- *SWAT/SWAT+ LT modelling system structure*
- *Use cases: already utilized and planned*
- *Further plans*
- *Considerations for SWAT/SWAT+ modelling system implementation in the government*





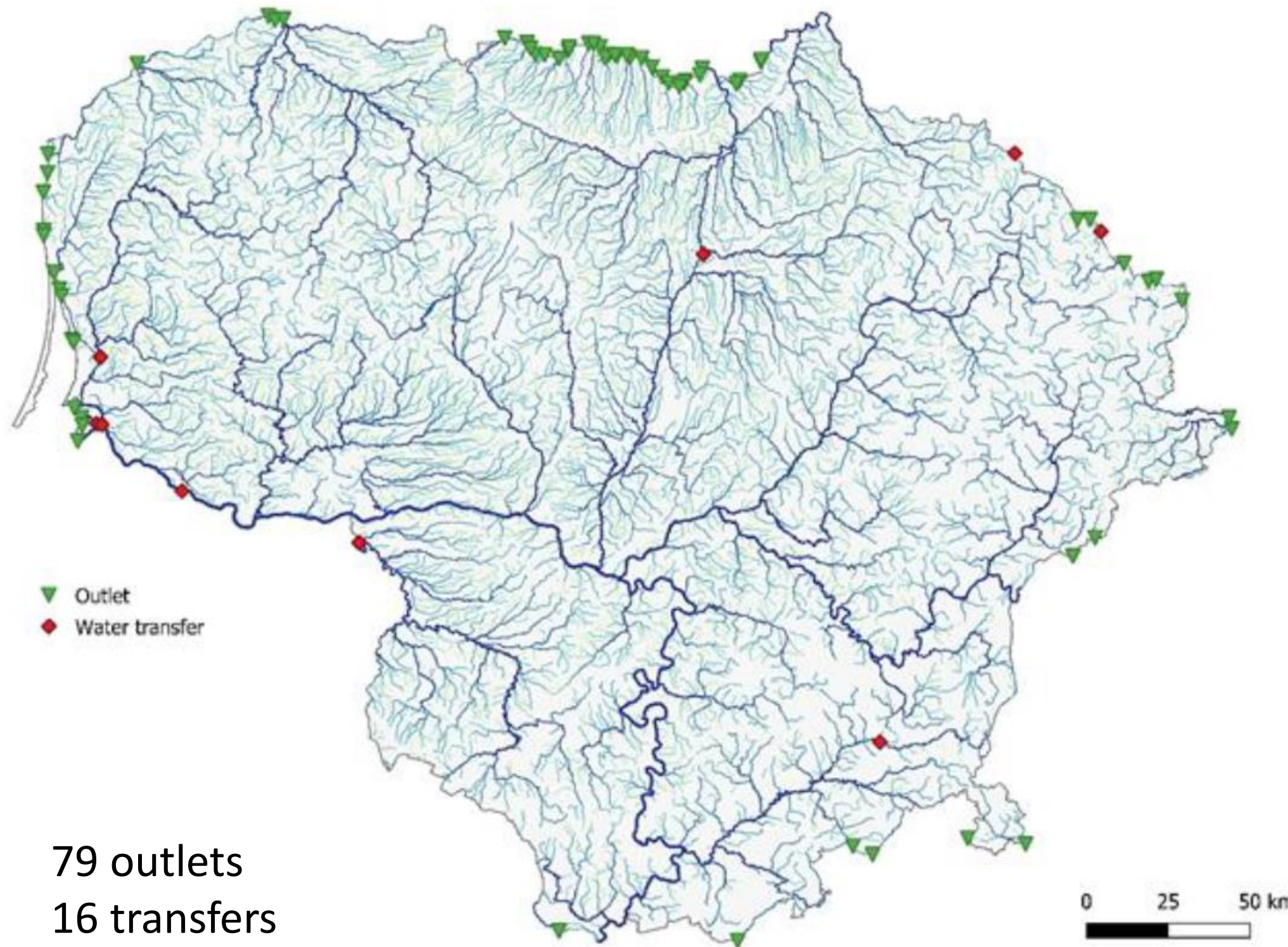
## Brief history

- Before 2009 – different not-processed based models tried (MIKE BASIN, FYRIS etc.);
- Since 2009 the start of SWAT modelling system preparation for the whole country;
- From 2022 SWAT+ model and setups for the country prepared





# Hydrographic network



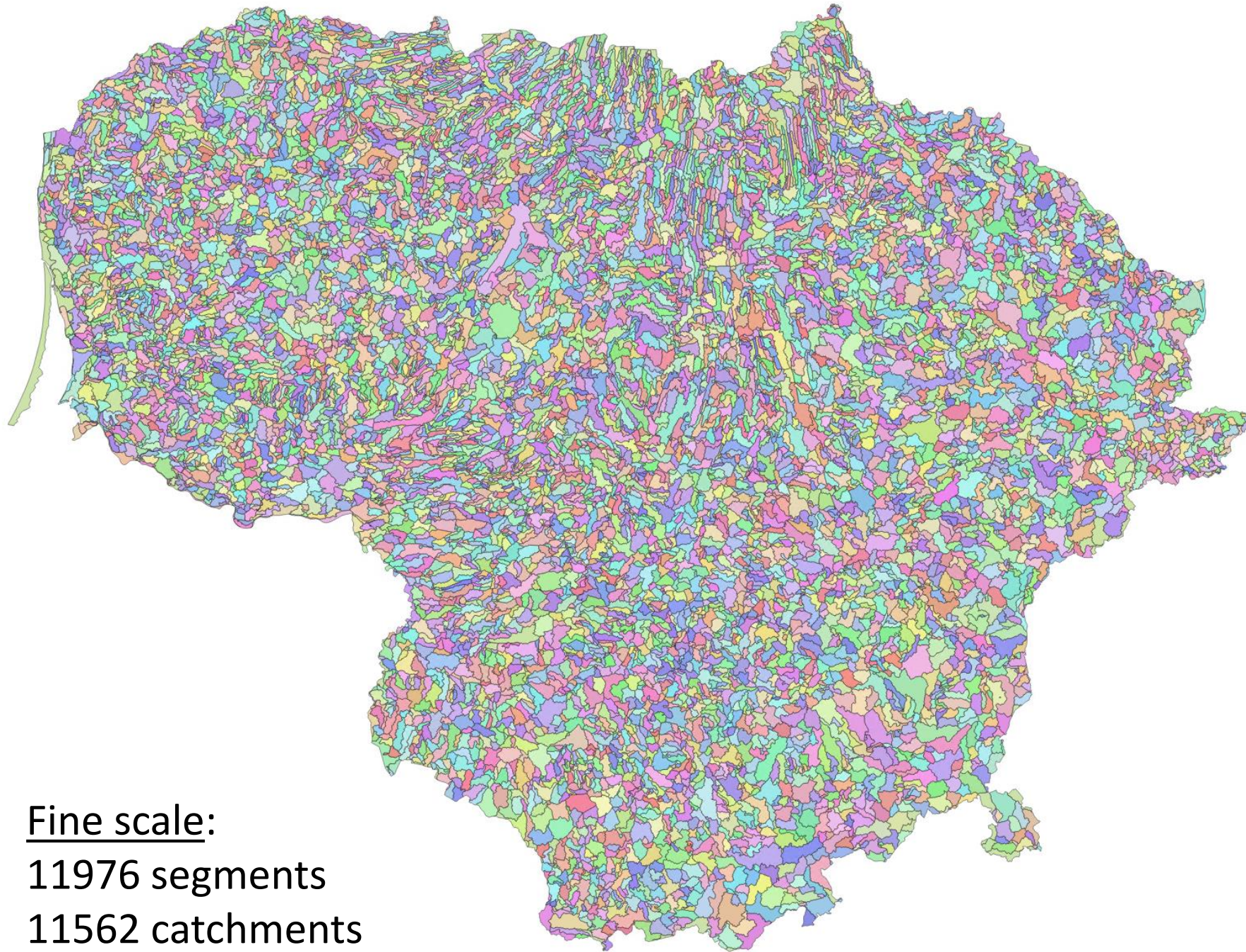
79 outlets  
16 transfers

- Surface area of Lithuania: 65 300 km<sup>2</sup>
- River density: 1 km/km<sup>2</sup>
- ~ 3500 lakes and reservoirs > 1 ha
- Average annual precipitation: 695 mm (surplus)
- Average annual temperature: +6.9 °C

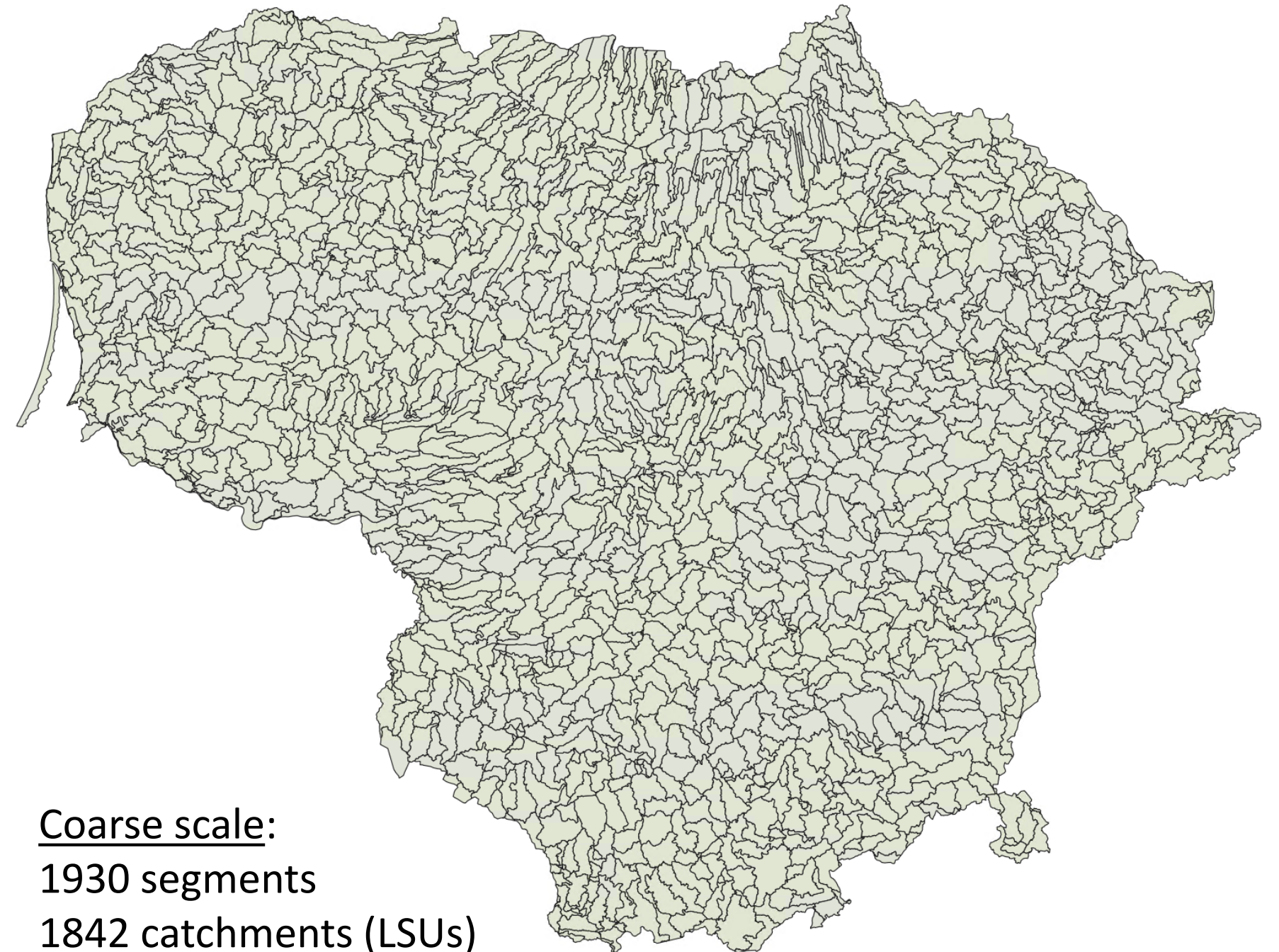




# SWAT+ LT modelling system scales



Fine scale:  
11976 segments  
11562 catchments



Coarse scale:  
1930 segments  
1842 catchments (LSUs)





ENVIRONMENTAL  
PROTECTION  
AGENCY

# Further possibilities to aggregate SWAT+ LT results



106 watersheds (setups)



18 Basins

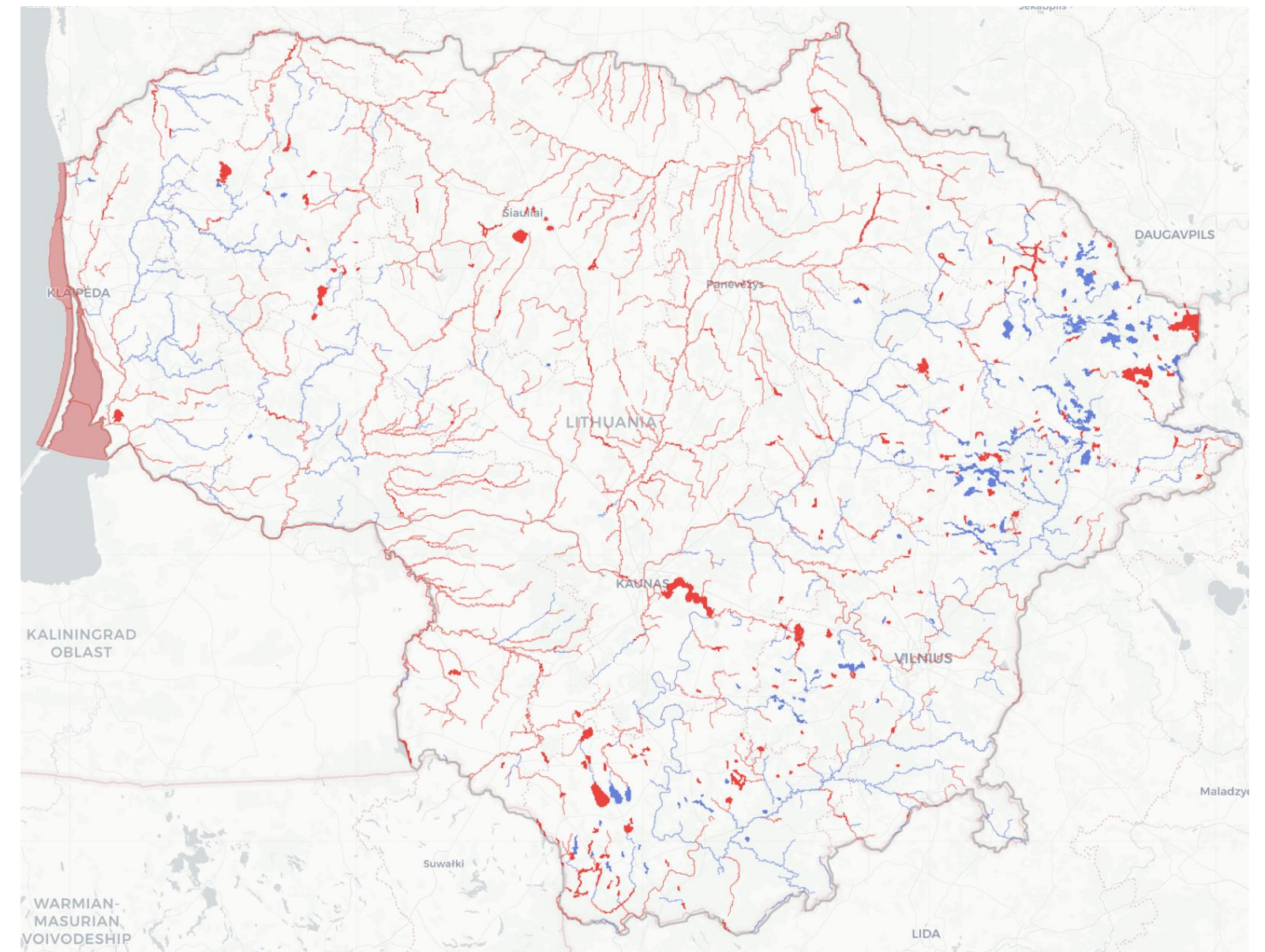




# Scales for international obligation fulfillment



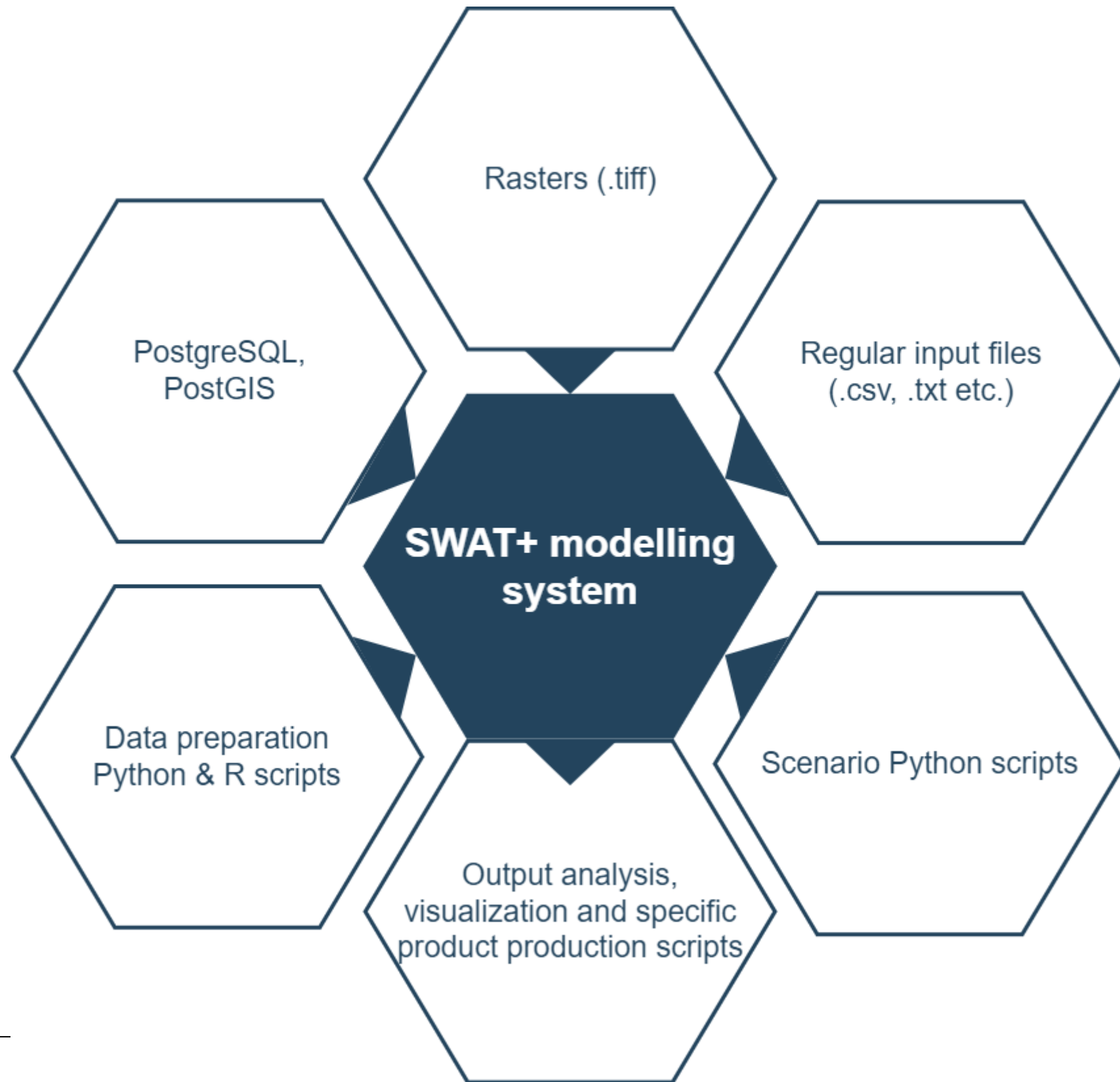
4 RBDs for WFD directive  
2 Baltic Sea basins for HELCOM (BAP and GUR)



826 river water bodies  
361 lake water bodies



# SWAT+ LT modelling system structure



## Main principles:

- ✓ Inputs and parameter settings governed by Python scripts
- ✓ High automation and scalability level
- ✓ Quick production of results even for the whole country

## Data types and sources:

- ✓ Hydrographic network (geoportal)
- ✓ Soils (geoportal)
- ✓ Hydro and meteo info (Hydromet service)
- ✓ Landuse (geoportal, Corine)
- ✓ Crops (MoA subordinate)
- ✓ Forests (MoE subordinate)
- ✓ Abandoned lands (geoportal)
- ✓ Reclamation state (geoportal)
- ✓ Wastewater (EPA)
- ✓ Water use (EPA)
- ✓ Monitoring (EPA)
- ✓ Fertilizer use (Statistics Lithuania)
- ✓ Crop yields (Statistics Lithuania)
- ✓ No. of animals (Statistics Lithuania)
- ✓ Atmospheric deposition (CLRTAP EMEP)
- ✓ Etc.





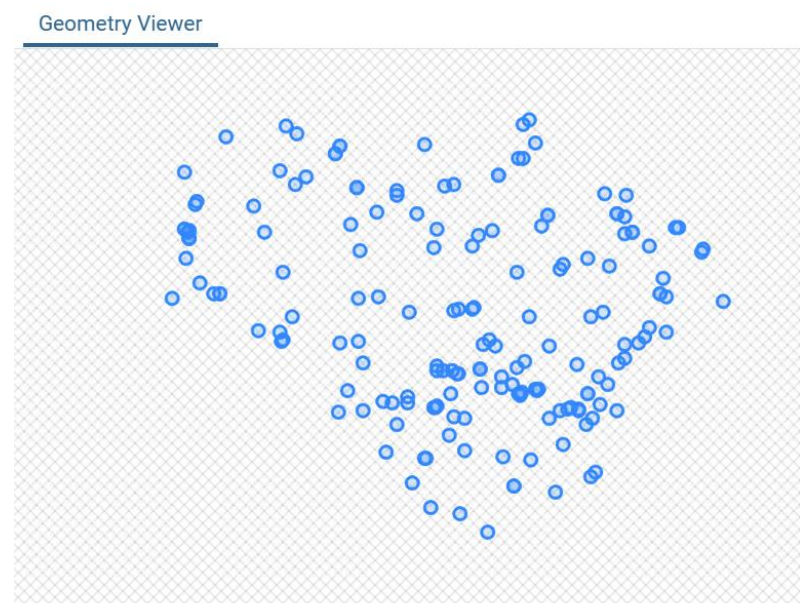
# SWAT+ LT modelling system structure

- Servers (2)
  - LTSWAT
    - Databases (3)
      - Data
      - LTSWAT2020\_coarse
      - LTSWAT2020\_fine
    - Schemas (23)
      - atm\_deposition
      - bufferstrips
      - calibration
      - catchmentdata
      - catchments
      - counties
      - fert
      - hru
      - landuse
      - lup
      - management
      - measures
      - me\_dr10lt
      - obs
      - point\_sources
      - preproc
      - public
      - regionalization
      - rivers
      - soil
      - supplement
      - swat2012
      - topology

## PostgreSQL example

objectid	PK	integer	kodas	character varying (254)	shape	geometry
61	61	NEP	0106000020120D0...			
62	62	NEP	0106000020120D0...			
63	63	NEP	0106000020120D0...			
64	64	NEP	0106000020120D0...			
65	65	NEP	0106000020120D0...			
66	66	NEP	0106000020120D0...			
67	67	NEP	0106000020120D0...			
68	68	NEP	0106000020120D0...			
69	69	NEP	0106000020120D0...			
70	70	TPN	0106000020120D0...			
71	71	NEP	0106000020120D0...			
72	72	NEP	0106000020120D0...			

- Tables (15)
  - abandoned
  - croplookup
  - crops
  - forest
  - forestlookup
  - gdr
  - gdr\_alone
  - gdr\_alone\_raster\_lookup
  - gdr\_imperv\_val
  - gdr\_impervious
  - imperviousclasses
  - landuse\_swat\_raster\_lookup
  - landusegroup\_raster\_lookup
  - temp\_joined
  - union



## Modelling system management by Python scripts example

```

main.py 6  settings.py X
settings.py > DebuggingOptions
21 class DebuggingOptions :
22     debug = False
23     oneHRU = True
24     output = {'daily':['channel_sd','reservoir','aquifer','lsunit_wb','lsunit_nb','lsunit_ls','ru'],
25             'yearly':[]}
26     PGDBhost_internal = "192.168.15.108" #hestia cl
27     PGDBhost = "localhost"
28
29 class RoutingUnitData:
30     useRoutingUnits= True
31
32 projectPickleFile = None
33
34 # variables to define simulation period, names and me
35 # here information about forecast period is also incl
36 SimulationPeriod = {"IYR":1994, "NBYR":28, "IDAF":1,
37 #SimulationPeriod = {"IYR":1994, "NBYR":1, "IDAF":1,
38 Output = {
39     'daily':['channel_sd','reservoir','aquifer','lsu
40     #,'hru_nb','hru_wb','hru_pw','hru_ls',"ru"],
41     'yearly':['hru_wb','hru_ls','hru_pw','channel_sd'
42     'avann':['basin_wb','basin_nb','basin_ls','bas
43     'lsunit_wb','lsunit_nb','lsunit_ls','I
44     'hru_wb','hru_nb','hru_ls','hru_pw',
45     'channel_sd','aquifer','reservoir','re
46 }
47
48 if ("DebuggingOptions" in locals() and
49     hasattr(DebuggingOptions,"debug") and
50     hasattr(DebuggingOptions,"output") and
51     DebuggingOptions.debug):
52     Output["daily"].extend( DebuggingOptions.output["d
53     Output["yearly"].extend( DebuggingOptions.output["
54
55
56 ## main coordinate system
57 #defcoordSystTxt = "PROJCS['LKS_1994_Lithuania_TM',GE
58 class CoordSvst:
    
```



# Calibration, validation, accuracy

## Hydrology

Station Name	SWAT 2012		SWAT+	
	NSE	PBIAS	NSE	PBIAS
<a href="#">Akmena-Danė-Kretinga</a>	0.52	11%	0.48	15%
<a href="#">Akmena-Paakmenis</a>	0.62	-20%	0.58	2%
<a href="#">Aunuva-Aunuvėnai</a>	0.44	-2%	0.53	-4%
<a href="#">Bartuva-Skuodas</a>	0.63	-3%	0.63	6%
<a href="#">Dubysa-Lyduvėnai</a>	0.59	-8%	0.61	-1%
<a href="#">Jūra-Tauragė</a>	0.61	-10%	0.55	0%
<a href="#">Klaipėdos kanalas-Lankupiai</a>	0.48	-18%	0.54	-12%
<a href="#">Kražantė-Pluskiai</a>	0.60	2%	0.50	8%
<a href="#">Lėvuo-Bernatoniai</a>	0.62	4%	0.59	9%
<a href="#">Merkys-Puvočiai</a>	0.33	-18%	0.40	-19%
<a href="#">Minija-Kartena</a>	0.72	-8%	0.71	-3%
<a href="#">Minija-Lankupiai</a>	0.58	6%	0.62	3%
<a href="#">Minija-Prickulė</a>	0.55	0%	0.51	2%
<a href="#">Mituva-Žindaičiai</a>	0.51	1%	0.54	1%
<a href="#">Mūša-Ustukai</a>	0.58	5%	0.64	-1%
<a href="#">Nemunas-Druskininkai</a>	0.99	2%	0.97	7%
<a href="#">Nemunas-Kaunas</a>	0.67	11%	0.65	14%
<a href="#">Nemunas-Nemajūnai</a>	0.79	0%	0.89	4%
<a href="#">Nemunas-Smalininkai</a>	0.68	2%	0.83	7%
<a href="#">Nemunėlis-Tabokinė</a>	0.49	0%	0.48	-10%
<a href="#">Nemuno atš. Atmata-Rusnė</a>	0.58	4%	0.69	10%
<a href="#">Neris-Buivydziai</a>	1.00	1%	1.00	1%
<a href="#">Neris-Jonava</a>	0.37	7%	0.73	11%
<a href="#">Neris-Vilnius</a>	0.83	5%	0.90	7%
<a href="#">Nevėžis-Panevėžys</a>	0.64	5%	0.68	-2%
<a href="#">Nevėžis-Traupis</a>	0.47	3%	0.50	22%
<a href="#">Sanžilės kan.-Bernatoniai</a>	0.62	6%	0.61	22%
<a href="#">Skroblus-Dubininkas</a>	-59.12	-50%	-48.8	-48%
<a href="#">Strėva-Semeliškės</a>	-9.27	10%	-8.81	41%
<a href="#">Svykla-Guntauninkai</a>	0.59	-12%	0.58	9%
<a href="#">Šalčia-Valkininkai</a>	0.24	9%	0.39	7%
<a href="#">Šešupė-Kudirkos Naumiestis</a>	0.63	10%	0.64	13%

	SWAT 2012		SWAT+	
	NSE	PBIAS	NSE	PBIAS
<a href="#">Šešupis-Skirgailai</a>	0.61	8%	0.64	12%
<a href="#">Širvinta-Liukonys</a>	0.60	-1%	0.62	-6%
<a href="#">Šušvė-Josvainiai</a>	0.67	-5%	0.71	2%
<a href="#">Šušvė-Šiaulėnai</a>	0.67	6%	0.57	25%
<a href="#">Šventoji-Anykščiai</a>	-0.63	0%	0.43	11%
<a href="#">Šventoji-Ukmergė</a>	-0.19	-2%	0.56	8%
<a href="#">Šyša-Šilute</a>	0.43	10%	0.42	31%
<a href="#">Tatula-Trečionys</a>	0.52	-1%	0.57	-5%
<a href="#">Upita-Eidukai</a>	0.47	-18%	0.51	10%
<a href="#">Ūla-Pelesa-Zervynos</a>	0.41	-17%	0.52	-13%
<a href="#">Venta-Leckava</a>	0.67	4%	0.81	9%
<a href="#">Venta-Papilė</a>	0.67	-8%	0.68	-6%
<a href="#">Verknė-Verbyliškės</a>	0.47	-2%	0.42	12%
<a href="#">Vilnia-Vilnius</a>	0.13	-10%	0.21	3%
<a href="#">Yslykis-Kyburiai</a>	0.59	-9%	0.58	9%
<a href="#">Žeimena-Pabradė</a>	-1.08	1%	0.22	10%
<a href="#">Nevežis-Babtai</a>	0.46	9%	0.74	0%
<a href="#">Daugyvenė-Rimšoniai</a>	0.59	3%	0.66	-4%
<a href="#">Lėvuo-Kupiškis</a>	0.61	22%	0.64	25%
<a href="#">Šešupe-Liubavas</a>	0.18	15%	0.09	14%
<a href="#">Mūša-Žilpamūšis</a>	0.66	20%	0.70	5%
<a href="#">Nemunėlis-Kvetkai</a>	0.67	2%	0.62	1%
<a href="#">Platonis-Vaineikiai</a>	0.52	2%	0.53	1%
<a href="#">Pyvesa-Žadeikiai</a>	0.57	8%	0.59	7%
<a href="#">Nemunas-Rusne</a>	0.51	26%	0.85	6%
<a href="#">Sidabra-Šarkiai</a>	0.47	33%	0.18	79%
<a href="#">Istras-Talackoniai</a>	0.57	-4%	0.64	0%
<a href="#">Kulpe-Siauliai</a>	0.00	21%	-0.40	29%
<a href="#">Veivirzas-Mikuzai</a>	0.70	7%	0.67	18%
<a href="#">Jūra-Pajuris</a>	0.48	-21%	0.63	3%

7 out of 62 (11 %) station catchments did not meet at least 1 criteria (from these only 2 did not meet both criteria)



# Calibration, validation, accuracy

## Water quality

Station	N-NO3 PBIAS	N-NO3 R2	N-tot PBIAS	N-tot R2	P-PO4 PBIAS	P-PO4 R2	P-tot PBIAS	P-tot R2
Nemunas - aukščiau Druskininku	-0,04	0,97	-0,01	0,98	-0,04	0,97	-0,01	0,72
Nemunas - žemiau Druskininku	-0,05	0,96	-0,02	0,95	-0,04	0,96	-0,05	0,70
Nemunas - žemiau Druskininku	-0,10	0,96	-0,07	0,96	-0,09	0,94	-0,10	0,64
Nemunas - aukščiau Alytaus	-0,05	0,97	-0,06	0,97	0,07	0,97	-0,04	0,78
Nemunas - žemiau Alytaus	-0,19	0,98	-0,17	0,98	-0,07	0,95	-0,17	0,79
Nemunas - žemiau Alytaus	-0,12	0,97	-0,10	0,94	-0,04	0,97	-0,11	0,73
Nemunas - aukščiau Prienu	-0,02	0,98	-0,03	0,99	0,05	0,98	-0,04	0,79
Nemunas - aukščiau Kauno	-0,11	0,90	-0,16	0,79	-0,50	0,14	0,07	0,00
Nemunas - žemiau Smalininku	-0,12	0,98	-0,20	0,97	-0,17	0,27	-0,14	0,00
Nemunas - aukščiau Rusnės, aukščiau Leitės	0,21	0,96	0,09	0,97	0,36	0,06	-0,02	0,03
Minija - aukščiau Plungės	0,19	0,62	-0,30	0,78	-0,34	0,04	-0,52	0,00
Minija - žemiau Plungės	0,33	0,65	-0,14	0,72	0,14	0,63	-0,05	0,33
Minija - žemiau Gargždų	0,43	0,75	0,10	0,75	0,08	0,10	-0,23	0,13
Minija - žemiau Priekulės	0,52	0,84	0,10	0,61	0,31	0,03	-0,13	0,33
Veiviržas - ties Veiviržėnais	0,57	0,72	0,14	0,66	0,22	0,52	-0,17	0,00
Švša - aukščiau Šilutės	0,15	0,82	-0,10	0,78	0,06	0,05	-0,29	0,23
Švša - žemiau Šilutės	0,30	0,88	0,23	0,38	-0,06	0,23	-0,03	0,42
Jūra - aukščiau Tauragės	0,14	0,90	-0,19	0,65	0,28	0,00	-0,39	0,07
Jūra - žemiau Tauragės	0,14	0,81	-0,12	0,72	0,04	0,47	-0,30	0,21
Šešuvys - ties Skirgailiais	0,39	0,90	0,13	0,91	-0,10	0,05	-0,41	0,08
Šaltuona - žemiau Raseinių	0,17	0,83	0,14	0,75	-0,46	0,81	-0,39	0,52
Lokysta - žemiau Šilalės	-0,15	0,66	-0,31	0,53	-0,02	0,00	-0,43	0,05
Šešupė - Lenkijos pasienyje	-0,33	0,45	-0,67	0,29	-0,16	0,04	-0,58	0,68
Šešupė - žemiau Kalvarijos	-0,58	0,63	-0,69	0,52	-0,40	0,01	-0,60	0,07
Šešupė - aukščiau Marijampolės	-0,26	0,92	-0,19	0,95	-0,05	0,40	0,05	0,02
Šešupė - žemiau Marijampolės	-0,35	0,86	-0,31	0,94	-0,58	0,56	-0,44	0,00
Siesartis - žemiau Šakių	0,19	0,93	-0,18	0,59	-0,90	0,70	-0,85	0,45
Šeimena - žemiau Vilkaviškio	0,21	0,80	0,23	0,67	-0,37	0,19	-0,10	0,50
Dubysa - aukščiau Seredžiaus	0,18	0,92	0,00	0,94	-0,09	0,52	-0,26	0,72
Kražantė - aukščiau Kelmės	-0,40	0,68	-0,52	0,68	-0,08	0,01	-0,32	0,06
Kražantė - žemiau Kelmės	-0,38	0,78	-0,52	0,70	-0,24	0,16	-0,30	0,09
Nevežis - aukščiau Panevėžio	0,15	0,86	0,10	0,97	-0,51	0,00	-0,19	0,03
Nevežis - žemiau Panevėžio	-0,18	0,61	-0,23	0,00	-0,57	0,15	-0,46	0,13
Nevežis - aukščiau Kėdainių	-0,13	0,88	0,00	0,79	-0,15	0,16	-0,07	0,01
Nevežis - žemiau Kėdainių	-0,13	0,88	-0,04	0,80	-0,51	0,16	-0,40	0,18
Nevežis - aukščiau Raudondvario	-0,13	0,88	-0,14	0,93	-0,47	0,12	-0,34	0,01
Šušvė - žiotyse	-0,22	0,90	-0,25	0,92	0,01	0,42	0,08	0,43
Juosta - žemiau Jackagalio	0,64	0,81	0,32	0,86	0,05	0,02	0,21	0,11

Station	N-NO3 PBIAS	N-NO3 R2	N-tot PBIAS	N-tot R2	P-PO4 PBIAS	P-PO4 R2	P-tot PBIAS	P-tot R2
Neris - ties Buivydžiais	-0,01	0,98	-0,01	0,97	-0,02	0,82	-0,01	0,84
Neris - aukščiau Vilniaus	-0,14	0,98	-0,16	0,87	0,05	0,94	-0,03	0,86
Neris - žemiau Vilniaus	-0,16	0,99	-0,17	0,91	0,07	0,65	0,01	0,91
Neris - žemiau Vilniaus	-0,17	0,96	-0,16	0,81	0,17	0,38	-0,07	0,32
Neris - žemiau Vilniaus	-0,17	0,98	-0,12	0,79	0,19	0,35	0,00	0,68
Neris - aukščiau Jonavos	-0,29	0,98	-0,28	0,93	0,00	0,43	-0,02	0,43
Neris - žemiau Jonavos	-0,15	0,97	-0,23	0,93	-0,02	0,40	-0,01	0,59
Neris - aukščiau Kauno	-0,08	0,94	-0,26	0,96	0,03	0,61	-0,10	0,53
Lomėna - žemiau Kaišiadorių	-0,76	0,46	-0,70	0,24	-0,58	0,14	-0,61	0,16
Šventoji - aukščiau Anykščių	0,57	0,86	0,14	0,95	-0,07	0,30	-0,05	0,02
Šventoji - žemiau Anykščių	0,53	0,85	0,13	0,87	-0,09	0,11	-0,06	0,08
Šventoji - aukščiau Ukmergės	0,27	0,90	-0,06	0,93	-0,21	0,00	-0,28	0,02
Šventoji - žemiau Ukmergės	0,25	0,90	-0,05	0,93	-0,29	0,06	-0,30	0,14
Širvinta - aukščiau Širvintų	0,11	0,45	-0,20	0,69	-0,14	0,20	-0,33	0,09
Širvinta - žemiau Širvintų	0,02	0,63	-0,21	0,80	-0,31	0,00	-0,34	0,03
Siesartis - žemiau Molėtų	-0,33	0,46	-0,35	0,29	-0,41	0,08	-0,35	0,00
Vyžuona - žemiau Utenos	-0,24	0,41	-0,32	0,51	-0,49	0,34	-0,44	0,28
Vilnia - aukščiau N.Vilnios	-0,46	0,83	-0,48	0,78	-0,29	0,00	-0,52	0,03
Vilnia - žiotyse	-0,50	0,79	-0,52	0,83	-0,37	0,00	-0,55	0,01
Žeimena - ties Kaltanėnais	0,26	0,74	-0,09	0,76	-0,11	0,09	-0,02	0,00
Žeimena - žemiau Švenčionėlių	-0,08	0,76	-0,23	0,68	-0,10	0,35	-0,12	0,00
Žeimena - aukščiau Pabradvės	-0,12	0,73	-0,22	0,69	-0,10	0,61	-0,16	0,00
Žeimena - žemiau Pabradvės	0,09	0,81	-0,01	0,81	0,15	0,30	0,05	0,02
Būka - aukščiau Baluošio	0,45	0,75	-0,30	0,76	0,20	0,20	-0,19	0,01
Strėva - žemiau Semeliškių	-0,06	0,55	-0,25	0,86	-0,18	0,07	-0,19	0,00
Strėva - ties Liutonimis	-0,44	0,33	-0,45	0,14	-0,25	0,00	-0,09	0,20
Merkys - aukščiau Varėnos	-0,24	0,86	-0,34	0,79	-0,17	0,45	-0,36	0,23
Merkys - žemiau Puvočių	-0,28	0,84	-0,41	0,83	-0,05	0,46	-0,31	0,37
Skroblus - žemiau Dubininku	1,55	0,47	0,00	0,49	-0,75	0,09	-0,74	0,07
Šalčia - žemiau Šalčininku	-0,57	0,34	-0,78	0,31	-0,85	0,37	-0,83	0,28
Akmena - Danė - ties Tūbausiais	0,07	0,88	-0,10	0,85	0,30	0,03	-0,32	0,00
Akmena - Danė - aukščiau Klaipėdos	-0,11	0,78	-0,03	0,11	-0,07	0,93	-0,01	0,97
Akmena - Danė - žiotyse	-0,06	0,88	-0,04	0,63	0,42	0,10	0,15	0,56
Bartuva - aukščiau Skuodo	0,50	0,86	0,31	0,89	0,64	0,04	0,04	0,06
Bartuva - žemiau Skuodo	0,63	0,77	0,34	0,90	-0,03	0,12	-0,13	0,02
Venta - aukščiau Kuršėnu	0,04	0,87	-0,21	0,86	-0,28	0,02	-0,42	0,02
Venta - žemiau Kuršėnu	0,03	0,81	-0,16	0,73	0,10	0,06	0,02	0,01
Venta - žemiau Mažeikių	0,06	0,90	-0,14	0,96	0,23	0,00	0,05	0,07
Virvyčia - žemiau Pateklos	-0,07	0,88	-0,33	0,95	-0,27	0,15	-0,26	0,09

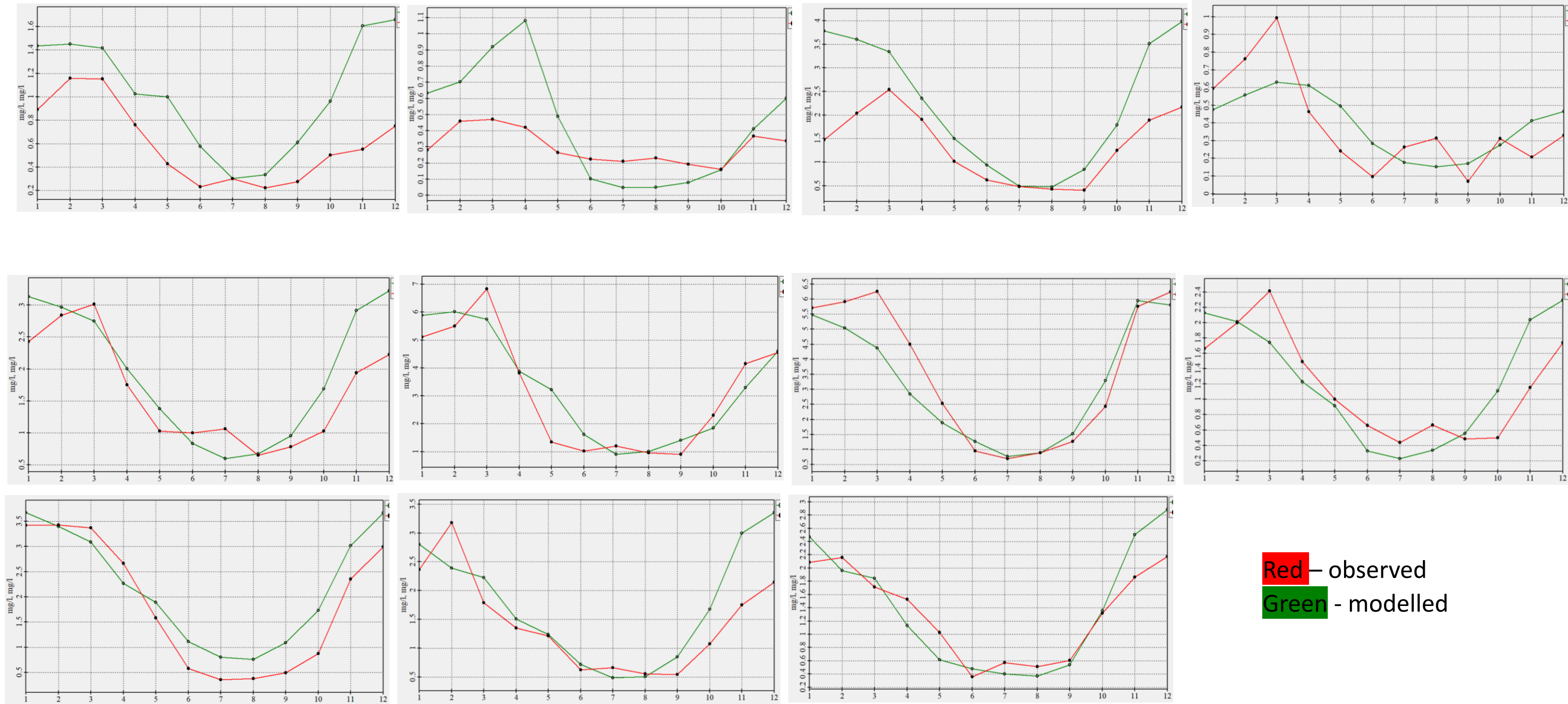
Station	N-NO3 PBIAS	N-NO3 R2	N-tot PBIAS	N-tot R2	P-PO4 PBIAS	P-PO4 R2	P-tot PBIAS	P-tot R2
Mūša - aukščiau Kulpės	0,24	0,88	0,13	0,87	-0,17	0,00	-0,23	0,01
Mūša - žemiau Kulpės	-0,15	0,67	0,34	0,02	-0,13	0,89	-0,03	0,95
Mūša - žemiau Saločių	0,28	0,96	0,37	0,98	-0,07	0,06	0,38	0,05
Sidabra - žemiau Joniškio	0,33	0,83	-0,32	0,12	-0,87	0,50	-0,82	0,29
Sidabra - Latvijos pasienyje	-0,12	0,75	-0,20	0,27	-0,83	0,34	-0,78	0,15
Nemunėlis - žemiau Panemunio	0,13	0,81	0,08	0,90	-0,67	0,16	-0,43	0,08
Laukupė - žemiau Rokiškio	-0,36	0,85	-0,32	0,56	-0,78	0,35	-0,63	0,29
Tatula - aukščiau Biržų	-0,09	0,89	-0,15	0,97	-0,32	0,43	-0,03	0,26
Tatula - žemiau Biržų	-0,09	0,77	-0,11	0,75	-0,67	0,49	-0,36	0,31
Tatula - ties Trečionimis	0,06	0,79	0,26	0,80	0,70	0,02	1,81	0,02
Lėvuo - aukščiau Kupiškio	0,64	0,82	0,30	0,98	-0,53	0,18	-0,11	0,25
Lėvuo - žemiau Kupiškio	0,13	0,90	0,10	0,88	-0,57	0,70	-0,37	0,19
Lėvuo - aukščiau Pasvalio	0,33	0,94	0,31	0,99	-0,58	0,05	-0,28	0,48
Lėvuo - žiotyse	-0,02	0,91	-0,04	0,94	-0,85	0,05	-0,80	0,02
Dauyvenė - žiotyse	0,42	0,90	0,32	0,94	-0,05	0,11	0,02	0,15
Kruoia - žiotyse	0,47	0,89	0,54	0,91	-0,38	0,00	-0,19	0,18
Obelė - žemiau Radviliškio	2,36	0,61	-0,66	0,10	-0,89	0,77	-0,84	0,63
Obelė - žiotyse	0,12	0,86	0,07	0,96	-0,56	0,01	-0,43	0,04
Kulpė - žemiau Šiaulių	0,05	0,71	0,19	0,03	-0,34	0,74	-0,28	0,64
Kulpė - žiotyse	-0,32	0,52	0,35	0,13	-0,06	0,75	0,04	0,84
Birvėta - Baltarusijos pasienyje	-0,08	0,66	-0,43	0,65	-0,46	0,02	-0,29	0,04
Laukesa - žemiau Zarasų	-0,01	0,86	-0,40	0,62	-0,33	0,57	-0,35	0,41
Nemunas - šķirvytė aukščiau Rusnės	0,04	0,95	0,00	0,94	0,24	0,11	-0,03	0,00
Neris - žemiau Jonavos	-0,16	0,96	-0,32	0,84	0,22	0,44	-0,03	0,25
Šventoji - žiotyse	0,30	0,81	-0,04	0,91	-0,24	0,03	-0,30	0,58
Nemunas - žemiau Kauno ties Zapyškiu	-0,16	0,84	-0,25	0,78	-0,52	0,01	-0,10	0,05
Nemunas - žemiau Kauno ties Kulautuva	-0,51	0,97	-0,45	0,95	-0,32	0,27	-0,22	0,16
Šventoji - žiotyse	0,07	0,86	-0,13	0,73	0,66	0,30	0,07	0,83
Švogina - žeimena - aukščiau Vainiūnų	-0,37	0,60	-0,52	0,57	0,25	0,32	0,02	0,00
Širvinta - žiotyse	0,19	0,84	0,15	0,71	-0,71	0,22	-0,59	0,28
Siesartis - žiotyse	0,13	0,84	0,13	0,78	-0,82	0,00	-0,72	0,02
Jiesia - ties Šilavotu	0,54	0,40	0,14	0,68	-0,04	0,24	-0,09	0,28
Ūla - Pelesa - ties Kašetomis	-0,38	0,79	-0,61	0,64	-0,32	0,80	-0,56	0,68
Mera - Kūna - ties Pažeimene	-0,45	0,72	-0,45	0,65	0,85	0,21	0,16	0,01
Kena - ties Rūkainiais ties keliu Nr.A3	-0,28	0,77	-0,39	0,82	0,28	0,10	-0,03	0,03
Šešuvys - ties Taubučiųiais	0,32	0,50	-0,09	0,65	-0,48	0,30	-0,63	0,07

Station	N-NO3 PBIAS	N-NO3 R2	N-tot PBIAS	N-tot R2	P-PO4 PBIAS	P-PO4 R2	P-tot PBIAS	P-tot R2
Dubysa - ties Kaulakiais, ties keliu Nr.225	0,22	0,64	-0,18	0,77	-0,05	0,00	-0,41	0,41
Žiežmara - ties Paporčiais	-0,77	0,60	-0,77	0,43	-0,36	0,27	-0,54	0,01
Jūra - ties Mociškiais	0,48	0,76	0,17	0,88	0,46	0,01	-0,10	0,04
Minija - ties Suvernais	0,65	0,86	0,22	0,91	0,69	0,00	0,00	0,00
Karaliaus Vilhelmo kanalas - ties Dreverna	0,60	0,82	0,19	0,92	0,31	0,02	-0,02	0,04
Vilka - ties Gudais	-0,11	0,73	-0,21	0,77	0,54	0,63	0,13	0,67
Salantas - ties Nasrėnais	0,24	0,85	0,12	0,88	-0,09	0,26	-0,11	0,35
Graumena - ties Pakalniškiais	0,91	0,67	0,00	0,66	0,47	0,29	-0,24	0,15
Akmėna - aukščiau Pagramančio	0,89	0,52	0,18	0,53	0,21	0,08	-0,22	0,04
Dysna - ties Kačergiške	-0,16	0,53	-0,54	0,35	-0,19	0,04	-0,25	0,22
Šventoji - ties Sabaliūnais (žemiau Andrioniškio)	0,83	0,89	0,20	0,96	0,35	0,53	0,14	0,04
Nemunėlis - Tabokinė	0,82	0,68	0,36	0,83	-0,42	0,20	-0,12	0,05
Šventoji - ties Bindzeliskiais,ties Pašilės žiotym	0,22	0,66	-0,12	0,44	-0,51	0,33	-0	



# Calibration, validation, accuracy

## NO<sub>3</sub>-N observed vs modelled monthly concentrations

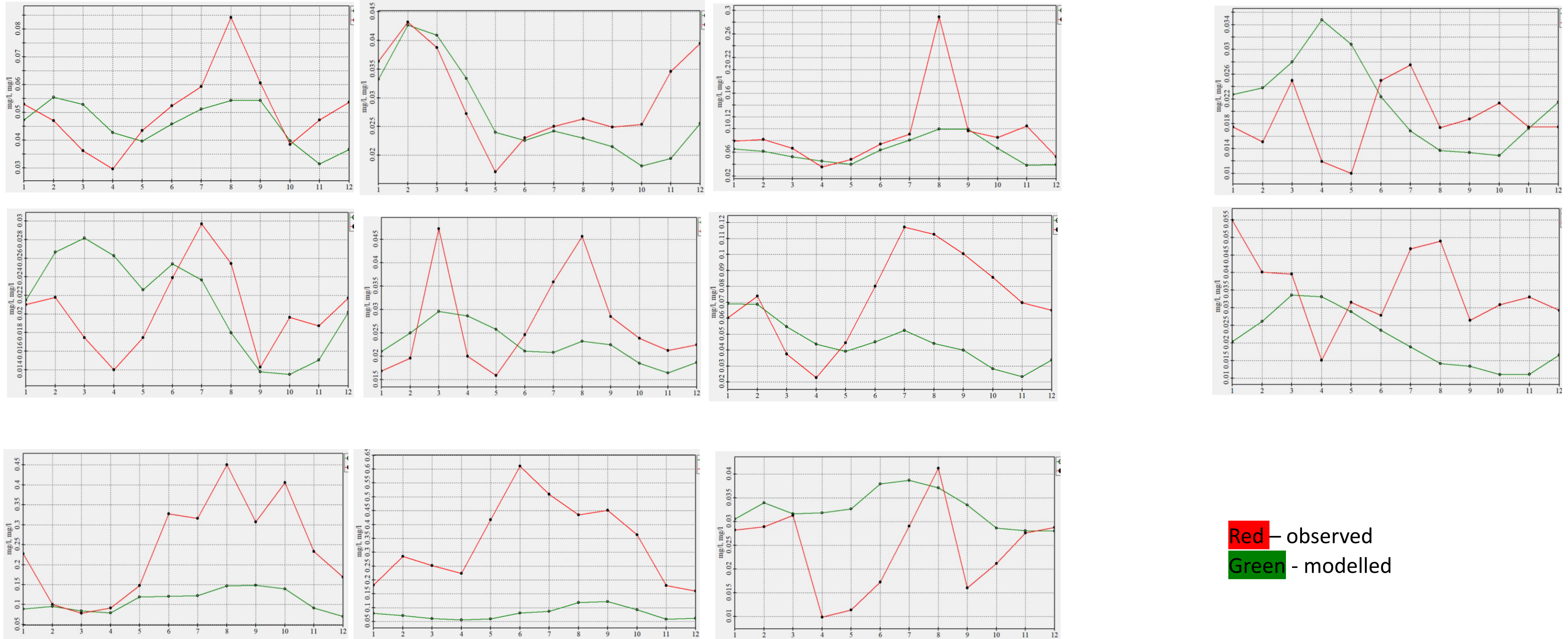






# Calibration, validation, accuracy

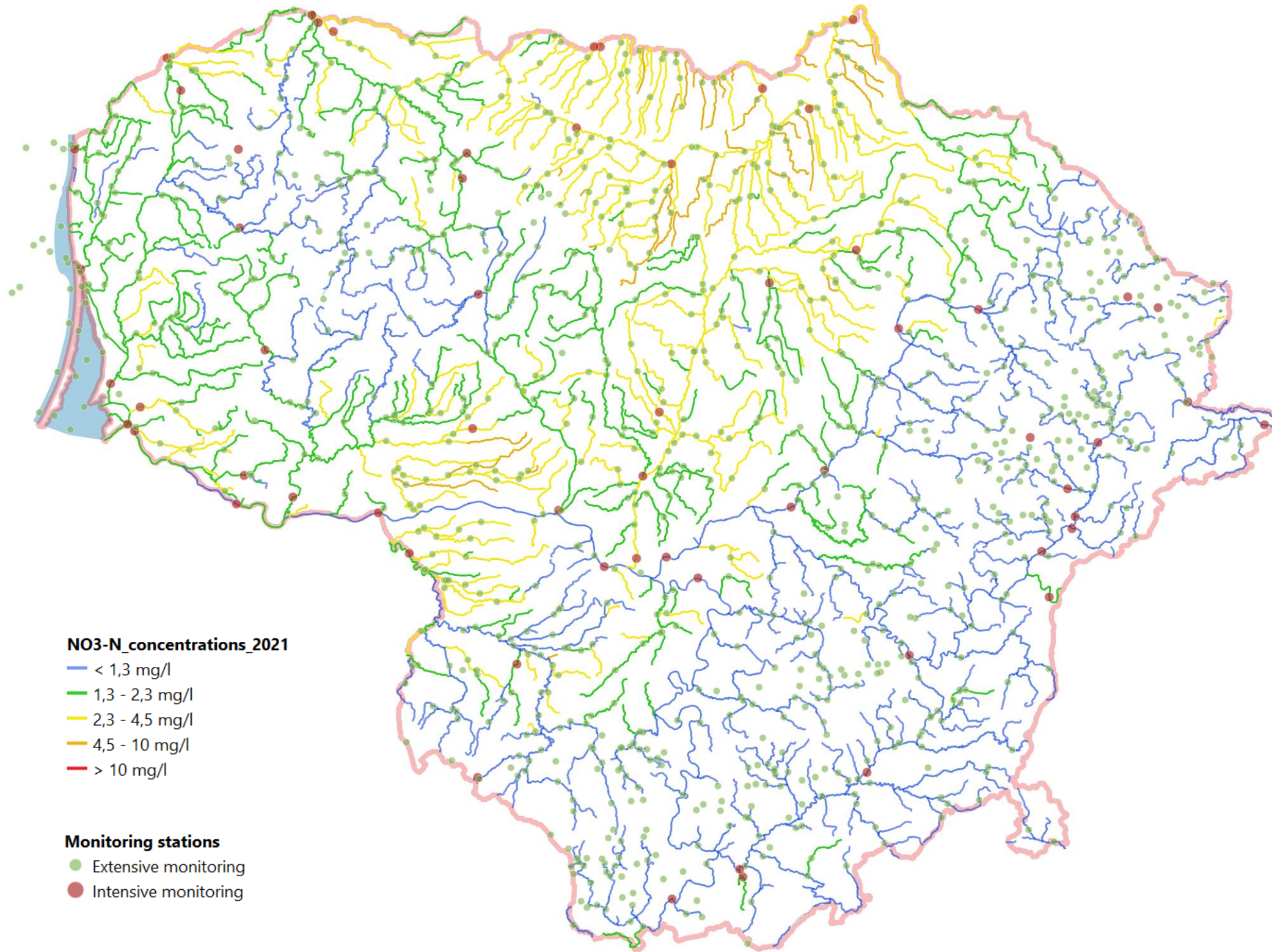
## PO4-P observed vs modelled monthly concentrations







# Practical intended use-cases:



**Modelling concentrations of nutrients for river sections where monitoring data is absent (totally or temporarily)**

Only 61 intensive monitoring stations (annual, sampling 12 times/year)

The rest 1012 are extensive monitoring stations (every 3/6 years, sampling 4 times/year)

**This is or planned to be used for:**

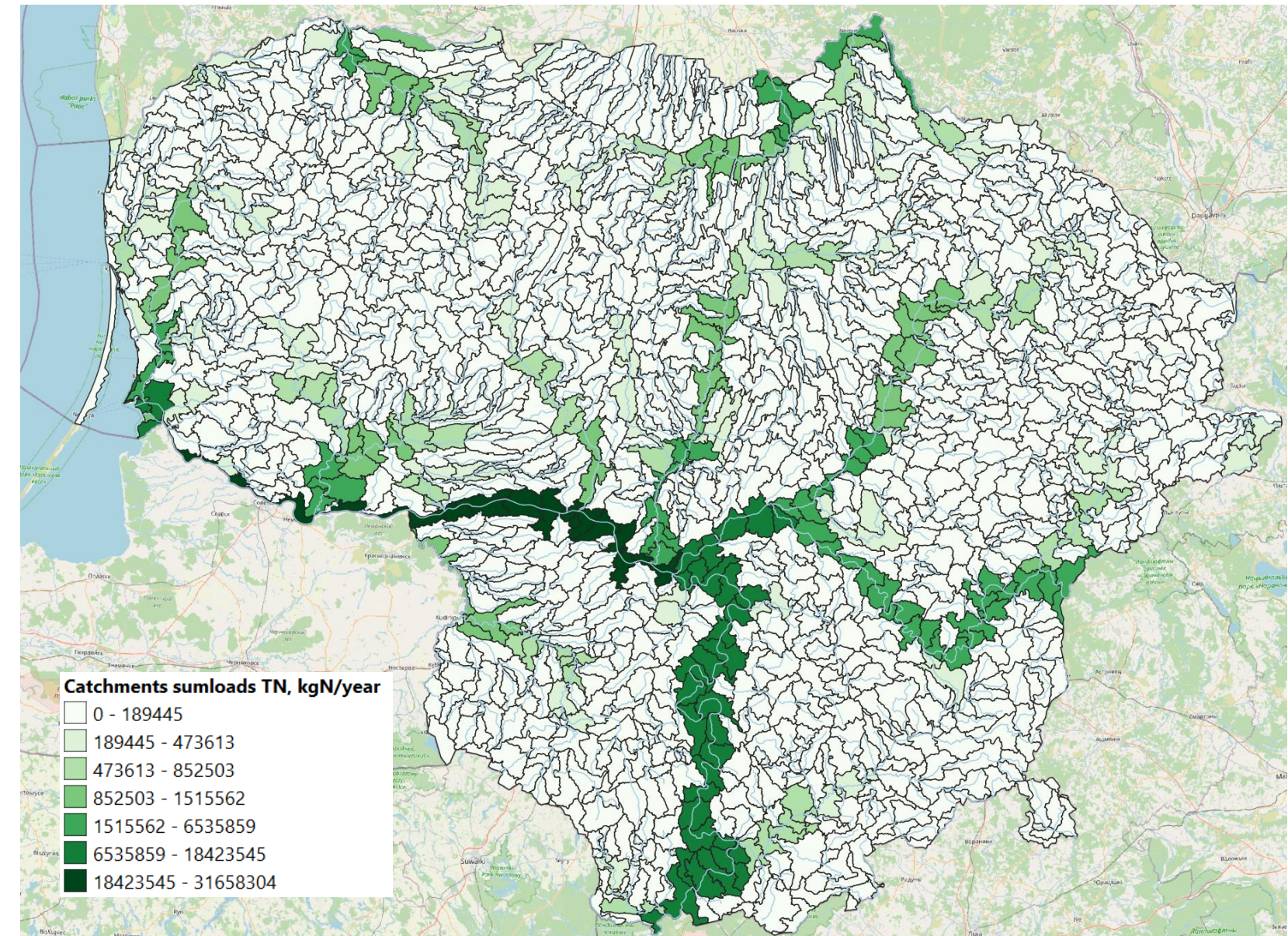
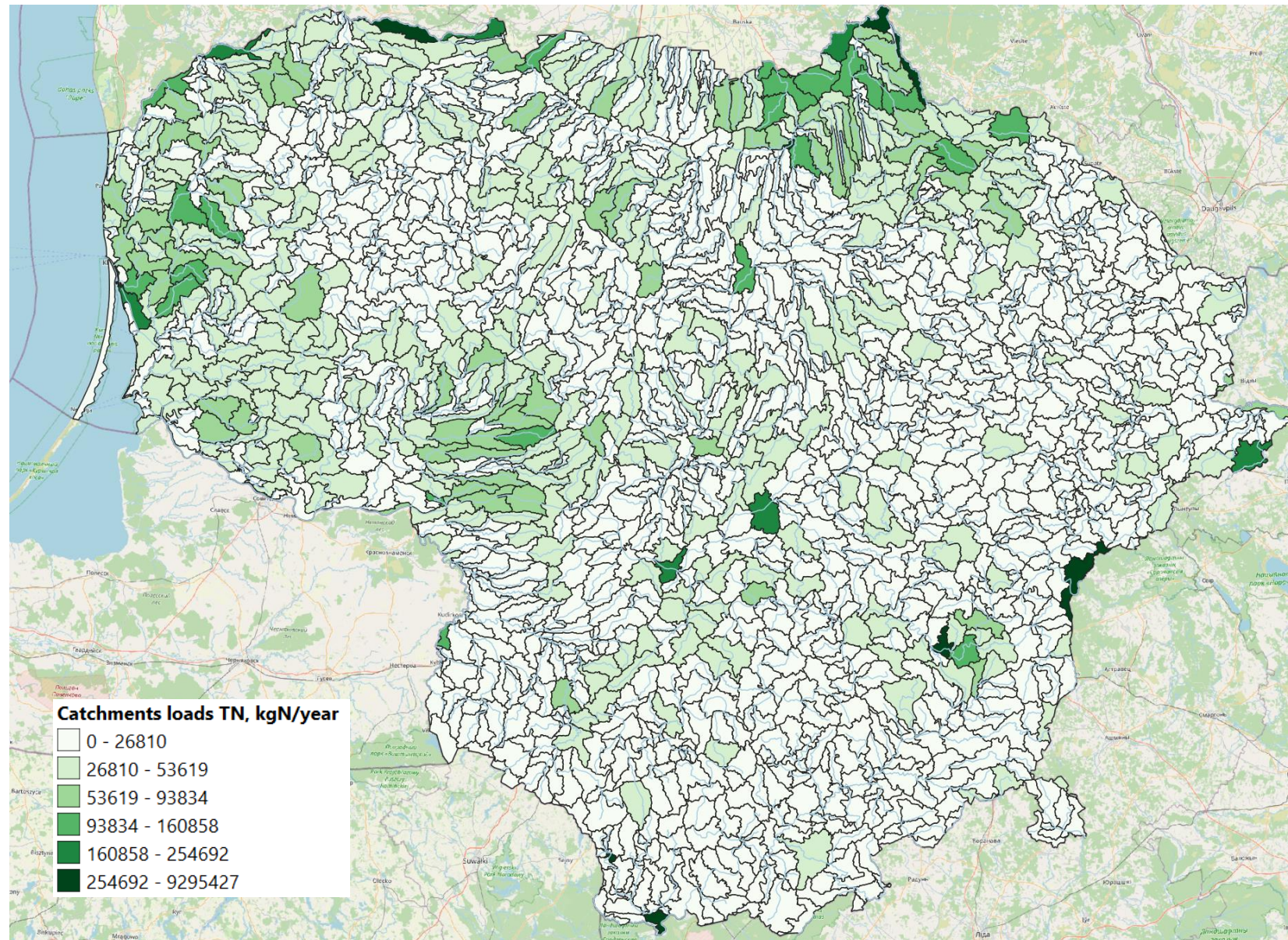
- Status assessment for RBD management plans
- EIA in permitting process





# Practical intended use-cases:

## Modelling catchment loads and retention of nutrients



### This is used for:

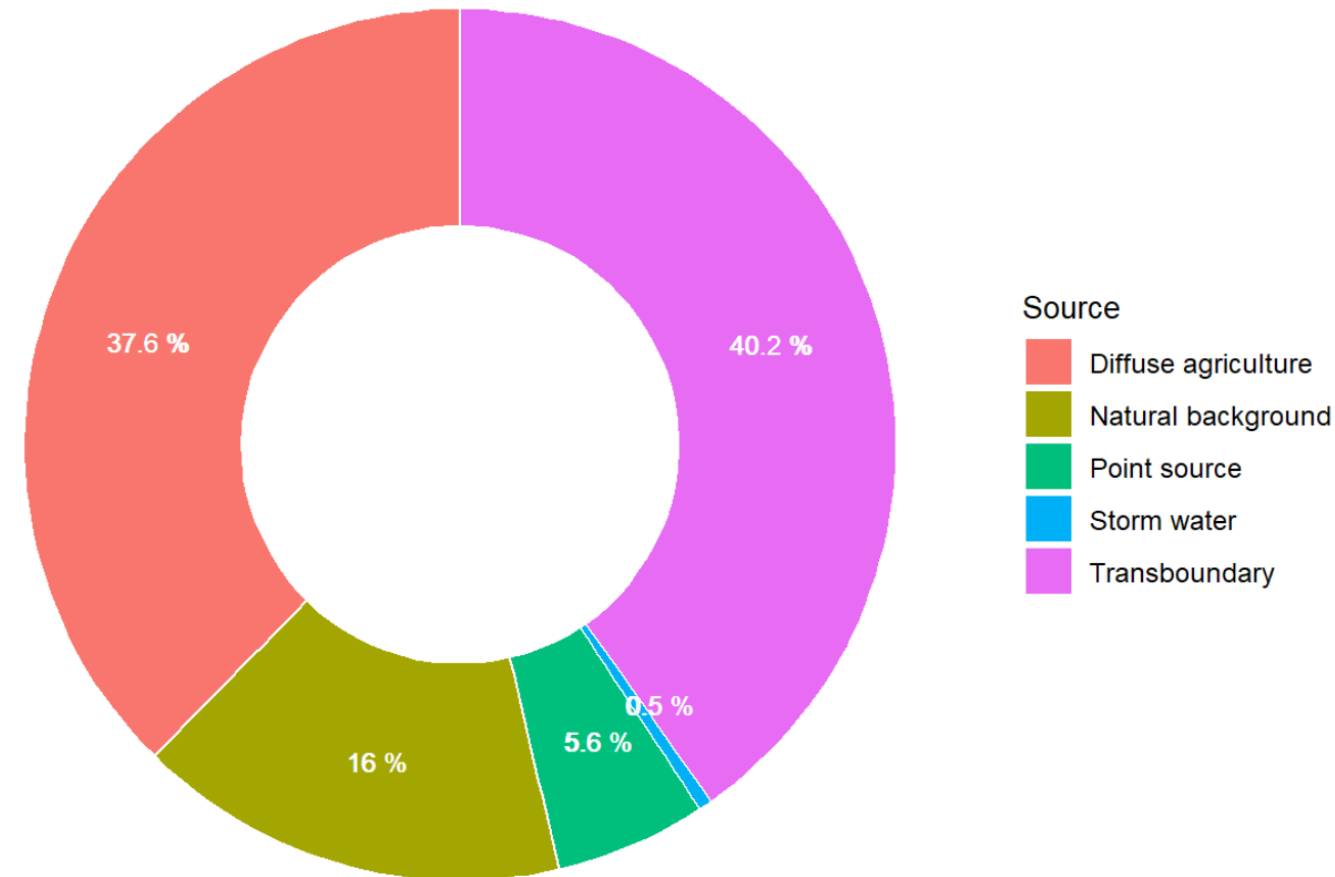
- Evaluating loads in catchments where monitoring is absent
- Retention used to evaluate and compare national vs international contribution and set targets/evaluate progress accordingly (for ex. Nemunas retention is ~ 11 % for total Nitrogen and 22 % for total Phosphorus)
- Calculating total reduction needs to achieve water quality objectives
- HELCOM, EU reporting (of aggregated to RBDs etc. Or some unegregated data)





# Practical intended use-cases:

## Modelling source apportionment of nutrients on various levels (catchments, basins, RBDs, country etc.)



Nitrogen loads to the Baltic Sea from different sources from the Nemunas RBD

Table 1: Nutrient source apportionment on the national level (tones per year, %)

(a) Total Nitrogen				(b) Total Phosphorus			
Source	tones	%		Source	tones	%	
Diffuse agriculture	27966.80	44.3		Transboundary	549.17	39.1	
Transboundary	21647.65	34.3		Diffuse agriculture	394.93	28.1	
Natural background	10499.98	16.6		Point source	257.03	18.3	
Point source	2694.37	4.3		Natural background	188.93	13.5	
Storm water	355.88	0.6		Storm water	14.15	1.0	
Total	63164.68	100.1		Total	1404.21	100.0	

### This is used for:

- Pressures assessment for RBD management plans and HELCOM
- Evaluating main root-causes of problems in water bodies, calculation of reduction needs/practical possibilities for each source and directing the process of selecting appropriate measures to solve problems



# Practical intended use-cases:

Modelling source apportionment of nutrients on various levels  
(catchments, basins, RBDs, country etc.)

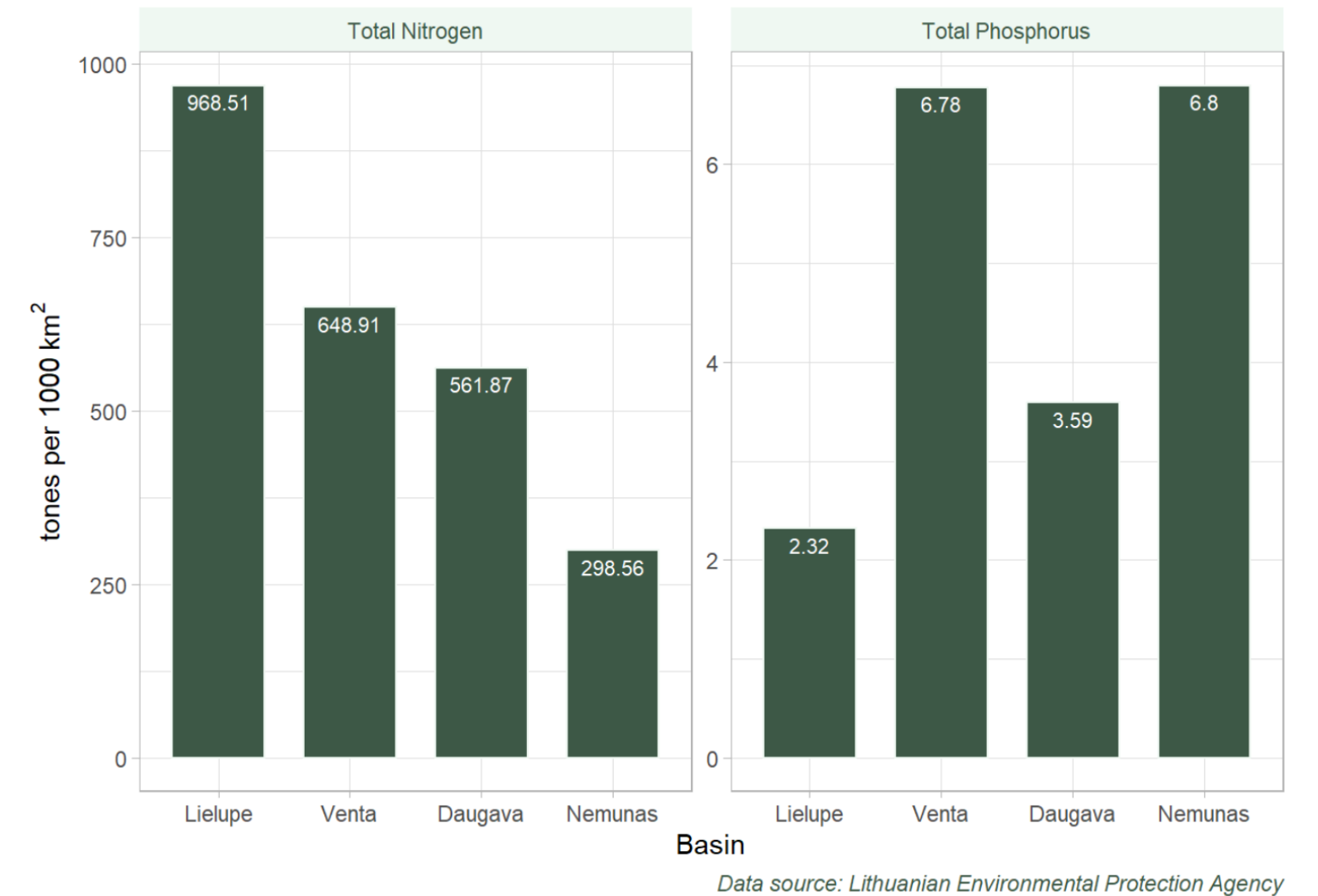
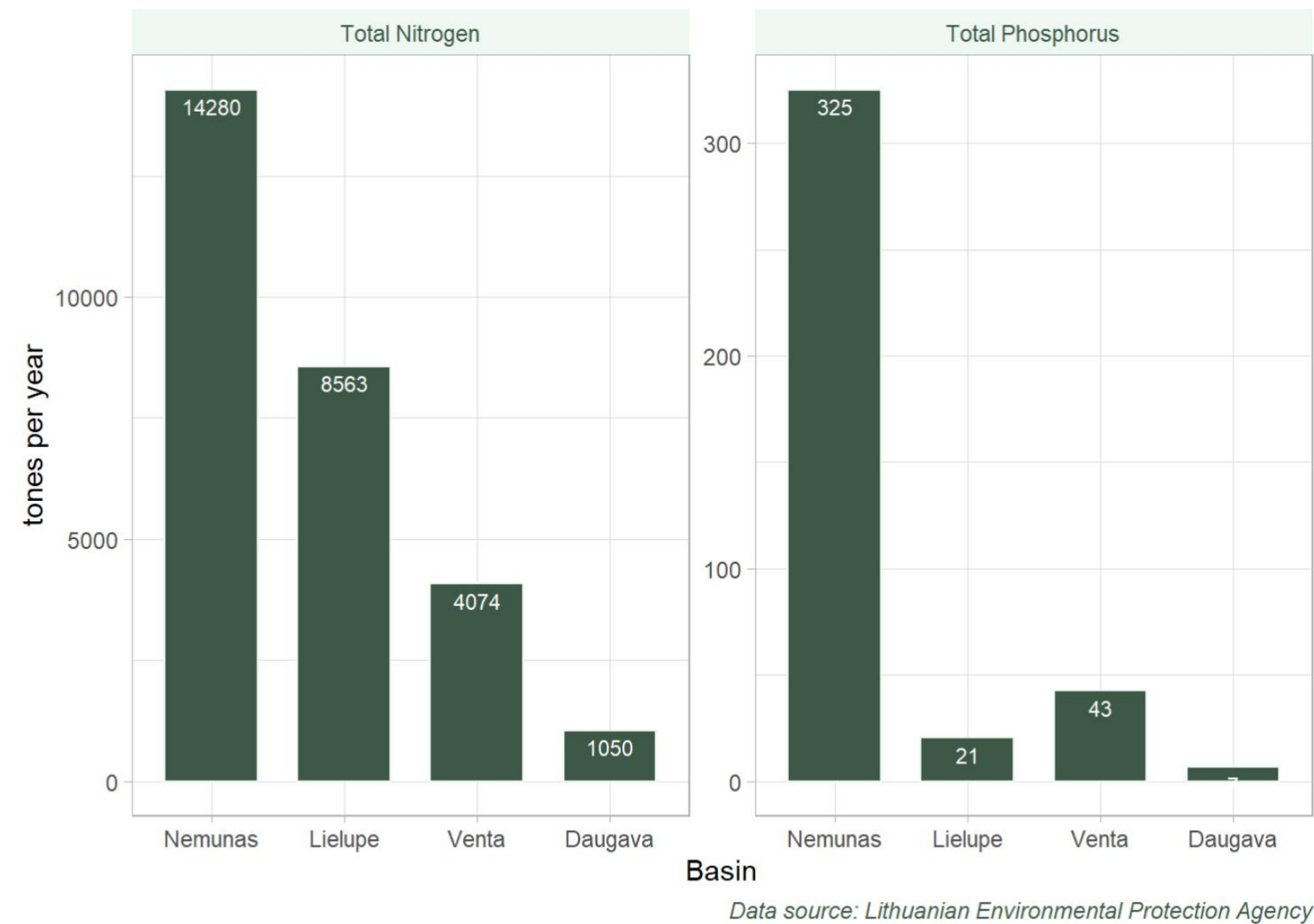


Figure 19: Diffuse pollution nutrient loads from Lithuanian RBDs (absolute number)

Figure 20: Diffuse pollution nutrient loads from Lithuanian RBDs (relative to RBD area)

Examples of comparing particular pollution source loads (here – the diffuse pollution) among RBDs – in absolute and relative (per area) terms



# Practical intended use-cases:

Modelling source apportionment of nutrients on various levels  
(catchments, basins, RBDs, country etc.)

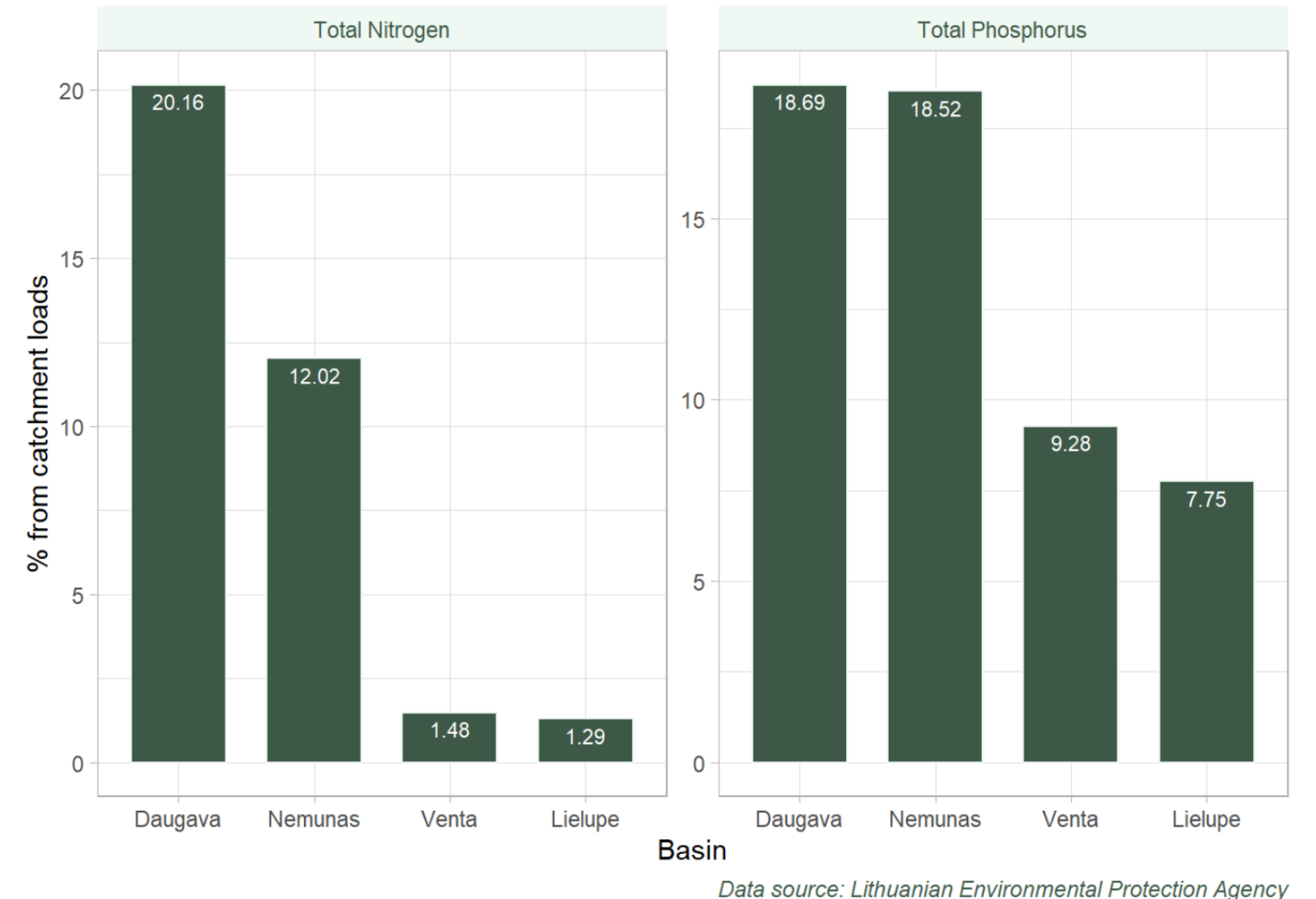
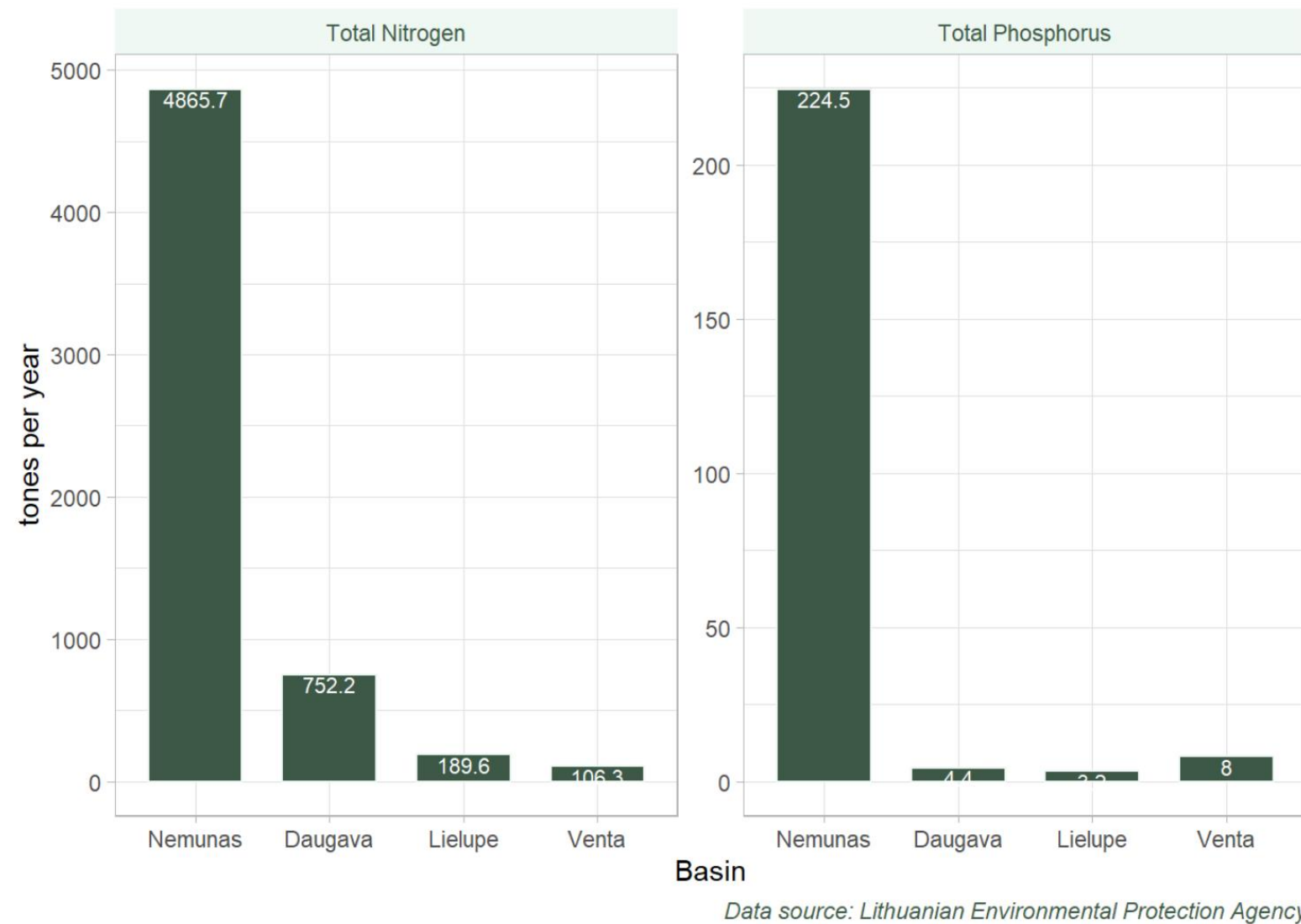


Figure 29: Retention of catchment nutrient loads from Lithuanian RBDs (absolute number)

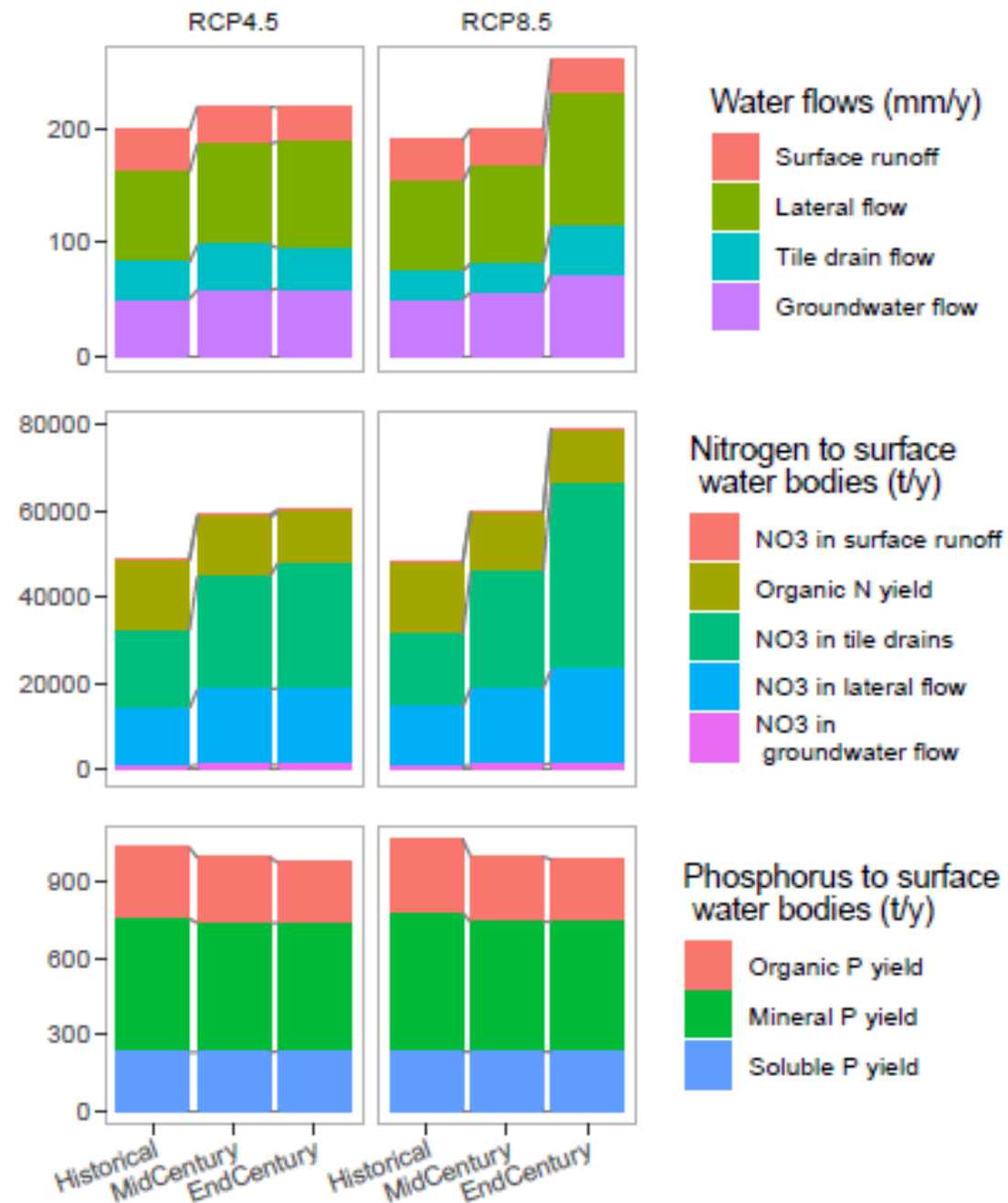
Figure 30: Retention of catchment nutrient loads from Lithuanian RBDs

Examples of comparing retention among RBDs – in absolute and relative (% from total catchment loads) terms



# Practical intended use-cases:

## Assessing climate change impacts on water and nutrient flows

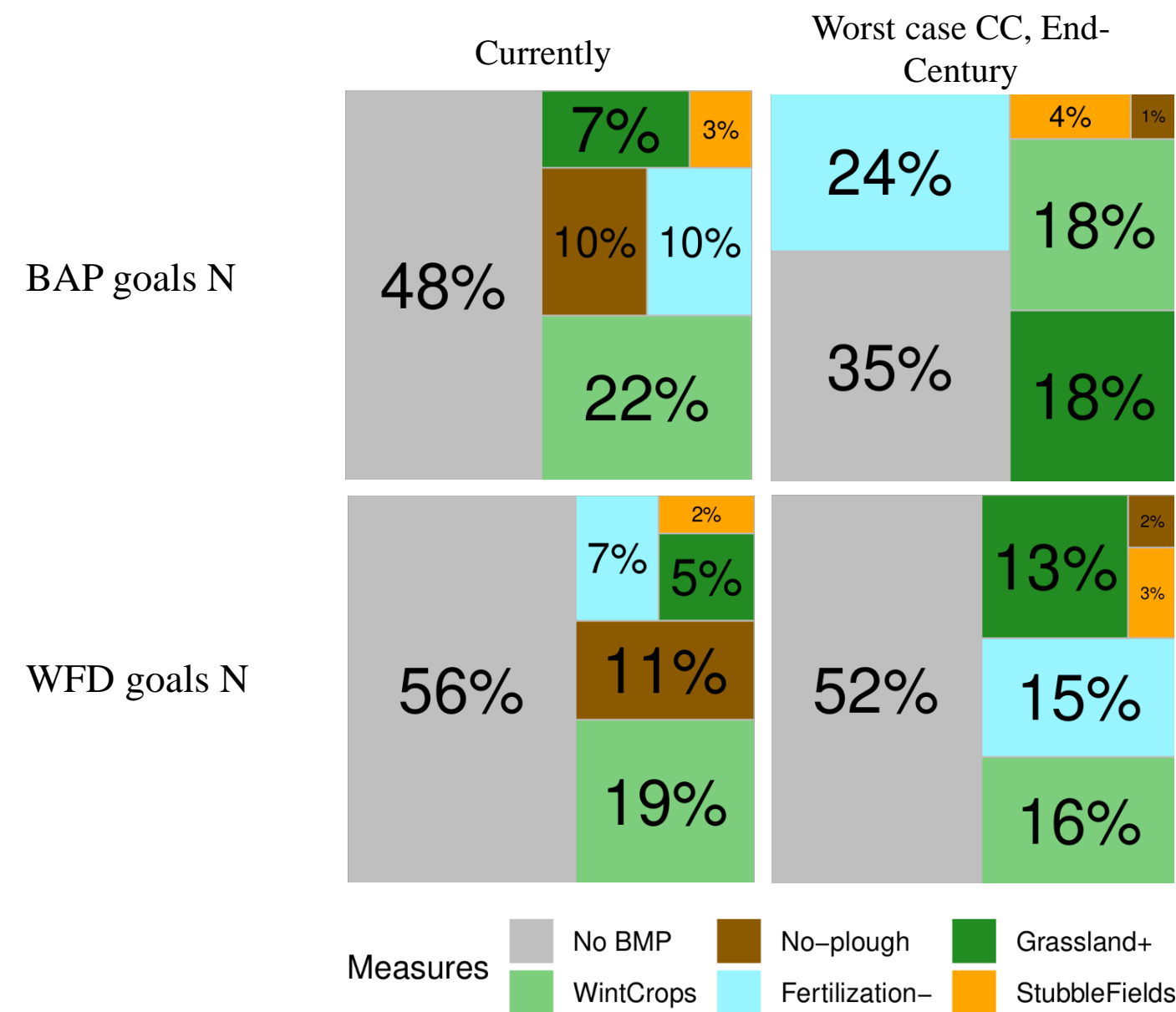
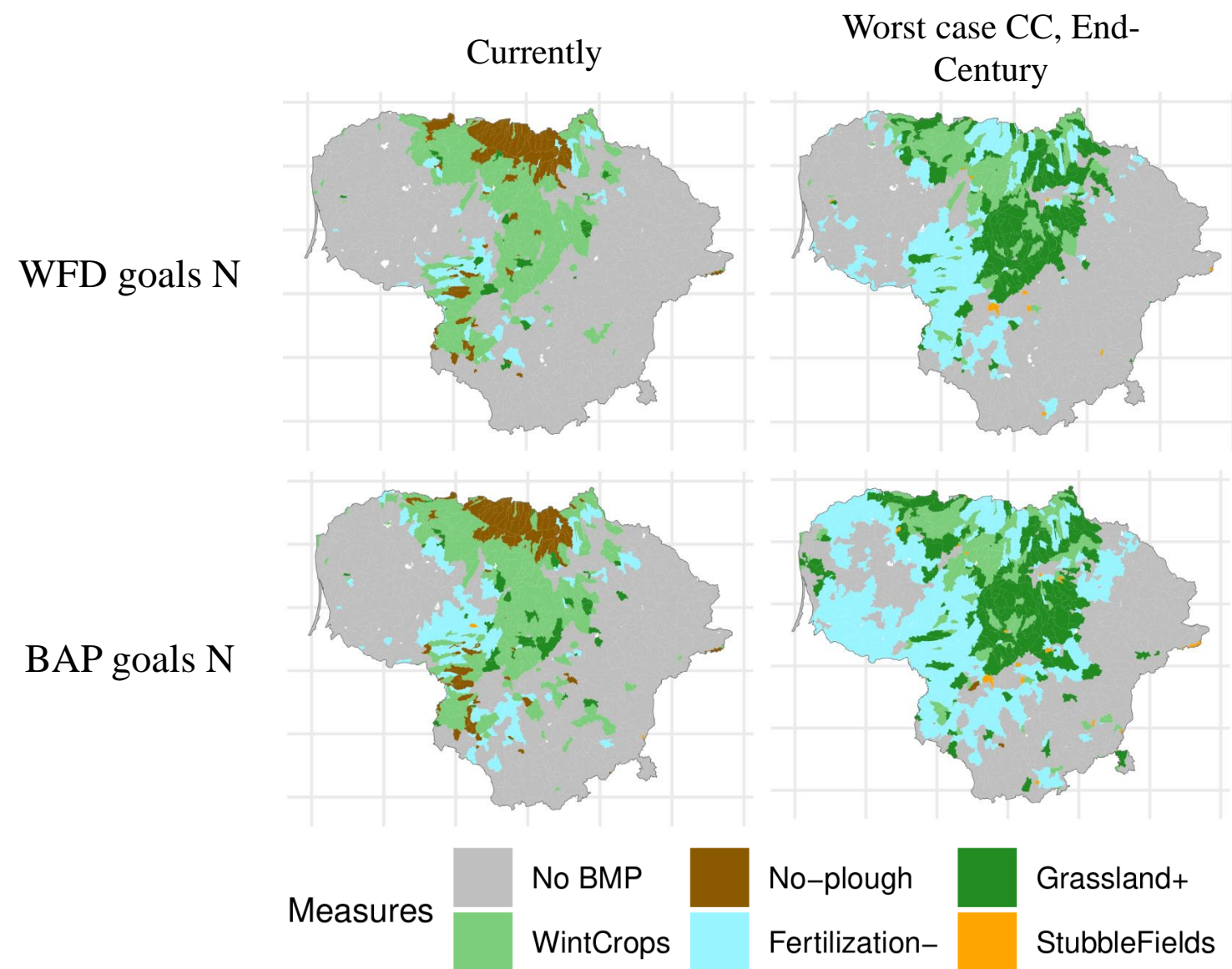


### This is used for:

- CC impacts assessment for RBD management plans
- For political messaging and planning of CC adaptation measures in an attempt to reach water quality objectives

# Practical intended use-cases:

Evaluating the scale needed for diffuse pollution reduction measures to reach environmental objectives inc./excl. climate change impacts

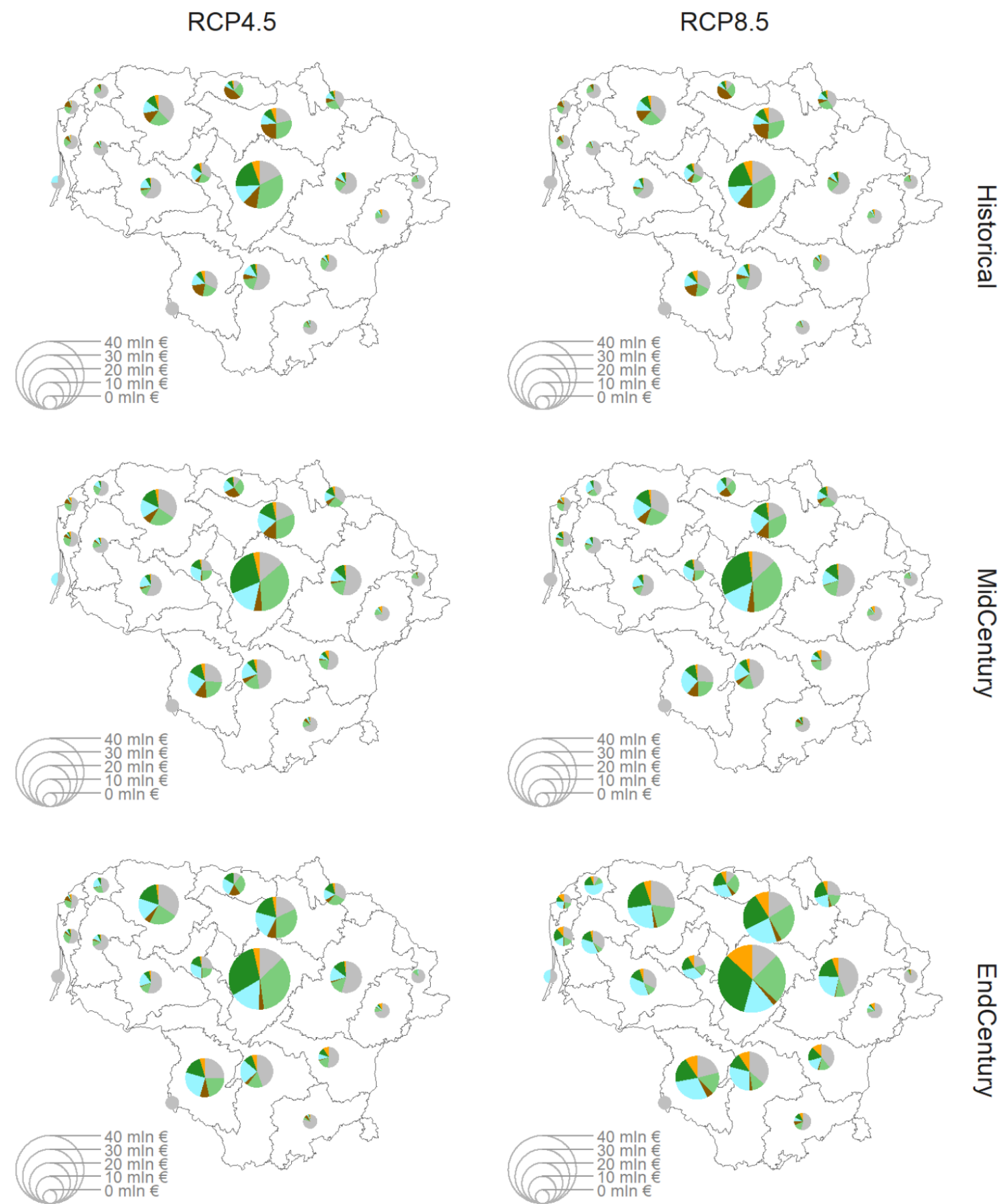






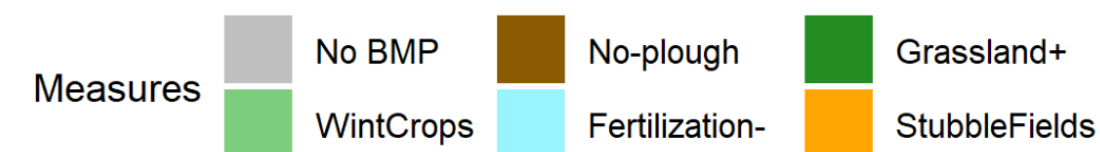
# Practical intended use-cases:

Picking cost-effective set of diffuse pollution measures, taking into account spatial distribution and climate change



*Plunge, S., Gudas, M. & Povilaitis, A. Expected climate change impacts on surface water bodies in Lithuania. Ecohydrol Hydrobiology 22, 246–268 (2022).*

*Plunge, S., Gudas, M. & Povilaitis, A. Effectiveness of best management practices for non-point source agricultural water pollution control with changing climate – Lithuania’s case. Agr Water Manage 267, 107635 (2022).*





## Further plans

**Improvement of LT SWAT+ modelling system via EU LIFE instrument** (application being evaluated), which might include:

- Improving modelling accuracy/precision (possible transition to newest SWAT+ version if mature enough)
- Possible inclusion of new data inputs (like Sentinel-2 satellite data)
- Creating better visualisation-communication tools
- More automation and better data preparation tools
- Adding/preparing Climate Change scenarios
- Preparing of extensive documentation
- Preparing and testing WET model for pilot lakes and draft recommendation for its wider use in combination with SWAT+





# Considerations for SWAT/SWAT+ modelling system implementation on a state level

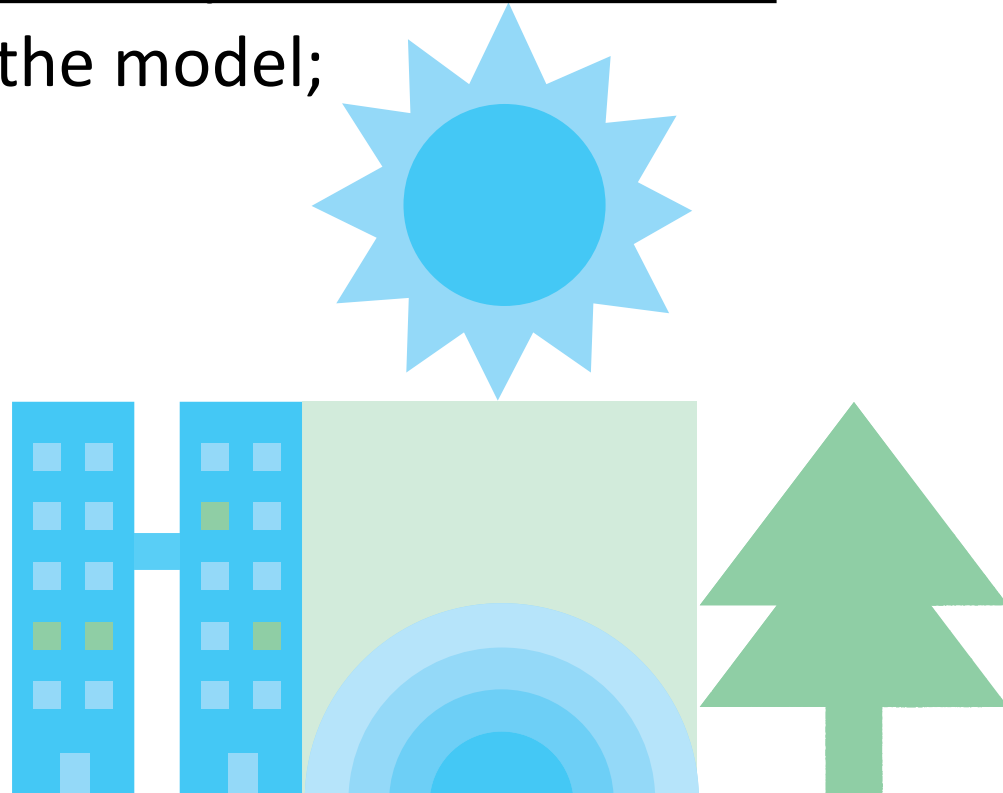
## At least two types of organization:

- Science institution maintains and runs the model for the State (by means of specific program, long-term contract or project etc.)
- State (public) institution maintains and runs the model;

## Science institution

Best option in terms of capacity and expertise, if:

- Relevant expertise exist;
- Adequate legal framework and long-term financing assured

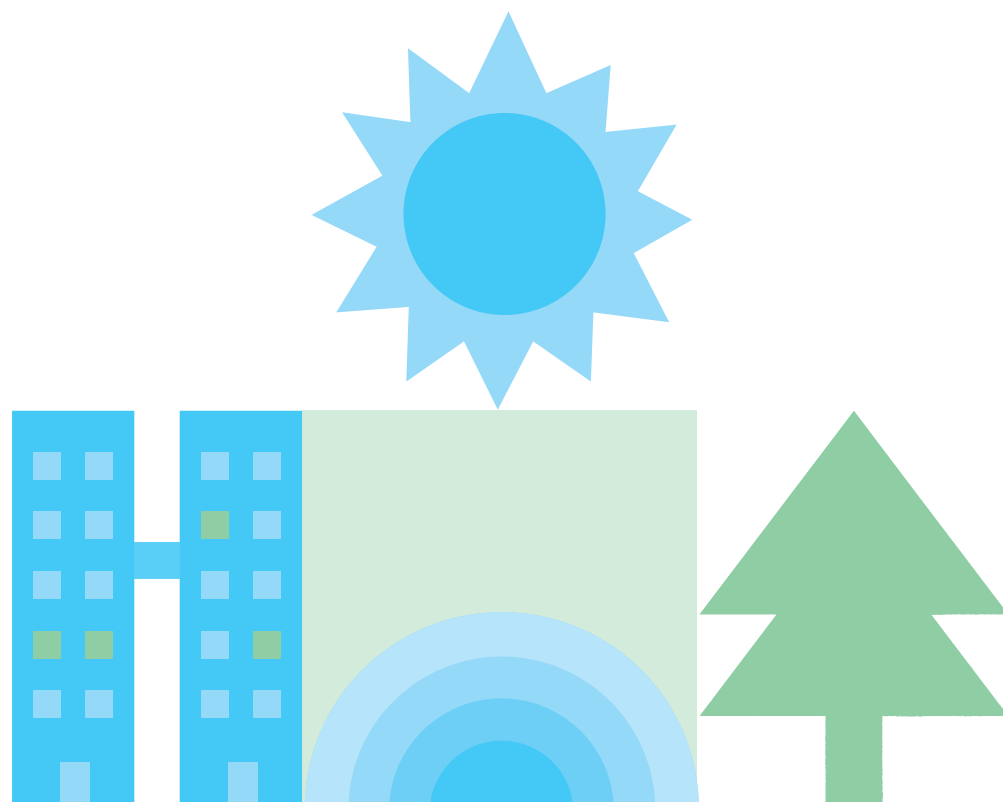




# Considerations for SWAT/SWAT+ modelling system implementation on a state level

Important aspects for success for SWAT/SWAT+ implementation in the Government institution:

- Readiness to invest big initially to prepare huge spatial datasets and prepare the whole modelling system tailored to national level and needs
- Automation (system management via scripts)
- Adequate and motivated staff (worker selection, adequate pay etc.)
- Continuous or at least periodical support (maintenance, programic and topic know-how)
- Good documentation
- Modern versioning/maintenance of SWAT+ code for easier community code development/contribution and implementation in local/national needs
- Organisation and political support for tool development/use



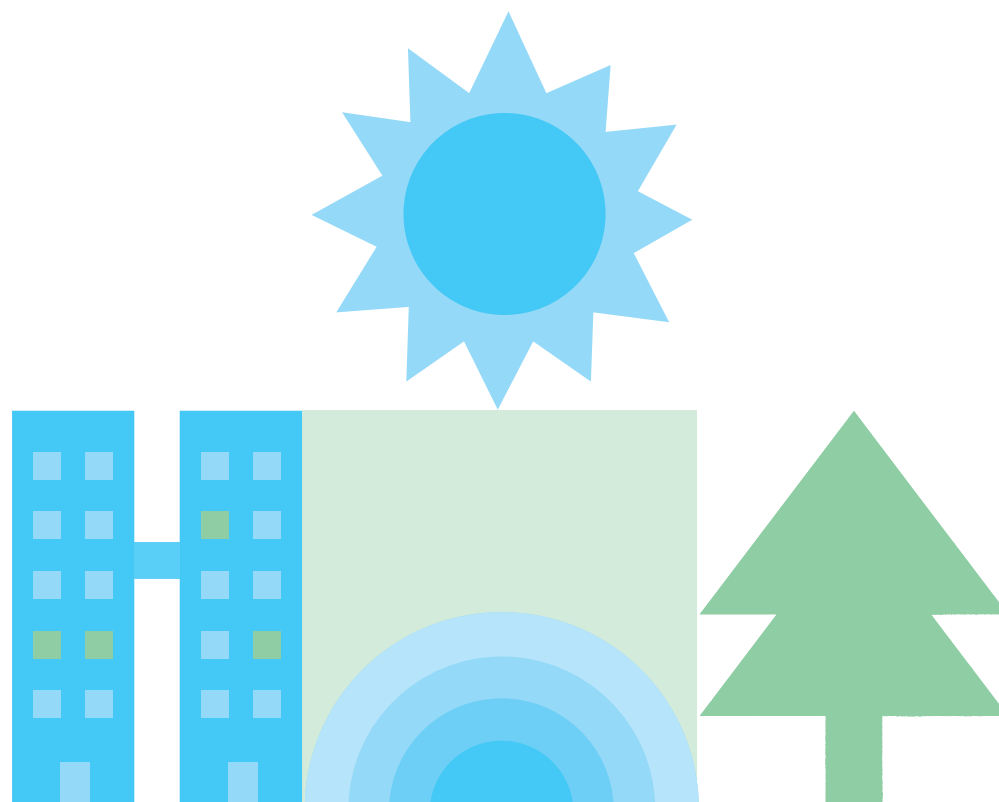




# Considerations for SWAT/SWAT+ modelling system implementation on a state level

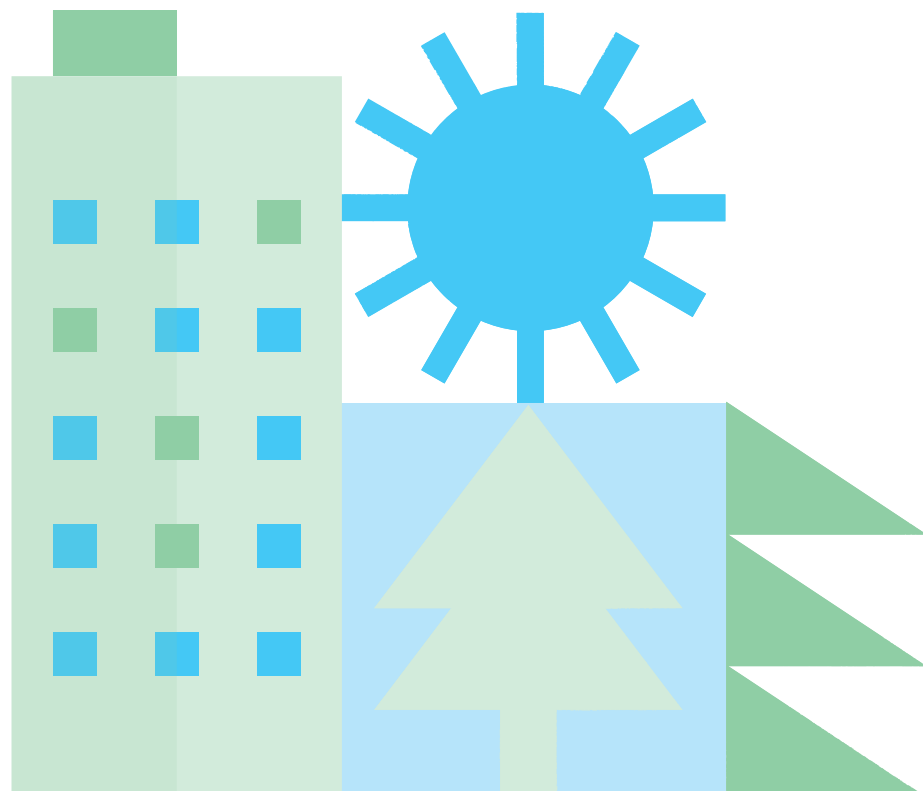
The challenge of getting enough support for tool development/use from the management and/or politicians:

- SWAT/SWAT+ is quite complex and scientific, and it require resources
- SWAT/SWAT+ in LT is mostly used for strategic planning every 6 years (benefits vs costs question)
- A growing wish of politicians to assess the effects of any possible new strategies and legislative initiatives, requiring unpredictable types and amounts of input data – it is difficult to accustome SWAT for this unpredictability, but if it can't do anything from this – model credibility suffers
- Demonstration of SWAT application to „more everyday“ tasks would be helpful (in EIA assessment and permitting process etc.)
- Presenting and communicating SWAT results effectively (no scientific stuff, good visualisation, clear preentation of purpose, practical relevance of results and short meaningful conclusions)





# Thank you for your attention



[www.gamta.lt](http://www.gamta.lt)



+370 698 21018



[mindaugas.gudas@gamta.lt](mailto:mindaugas.gudas@gamta.lt)



Juozapavičiaus g. 9, Vilnius