

Міністерство освіти і науки України  
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
Географічний факультет  
Кафедра географії України та регіоналістики

**СУЧАСНІ БАЗИ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ  
ПРО РІЧКИ ТА ЇХ БАСЕЙНИ**

Дипломна робота  
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Виконав:

здобувач 2 курсу, групи 617,  
спеціальності 103 «Науки про Землю»

ОП «Гідрологія»

Ющенко Василь Юрійович

Керівник: к. геогр. н., доц. Пасічник М.Д.

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № 20

від „11” листопада 2023 р.

зав. кафедри  проф. Косташук І.І.

Чернівці – 2023

## АНОТАЦІЯ

**Ющенко Василь Юрійович**

*Здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти  
галузі знань 10 – Природничі науки, спеціальності 103 – Науки про Землю,  
ОПП «Гідрологія»  
кафедри географії України та регіоналістики  
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича,  
м. Чернівці, Україна*

### **СУЧАСНІ БАЗИ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО РІЧКИ ТА ЇХ БАСЕЙНИ**

**Анотація.** Метою роботи є категоризація та опис існуючих баз даних гідрологічної інформації, а також демонстрація сучасних можливостей використання гідрологічних даних. Предметом дослідження є використання гідрологічних даних з метою проведення гідрологічного та кліматичного моделювання. Основний фокус дослідження зосереджений на різноманітних існуючих базах даних гідрологічної інформації. Основними методами, застосованими в дослідженні, являються метод статистичної обробки та аналізу гідрологічної інформації та метод перетворення даних ETL. Дана дипломна робота вивчає методи збору, збереження та застосування гідрологічних даних, а також методи діджиталізації та стандартизації наявних гідрологічних даних.

**Ключові слова:** бази даних, часові ряди, статистика, витрата води, об'єм стоку.

## ABSTRACT

**Iushchenko Vasyl Yuriyovych**

*Applicant of the second (master's) degree of higher education in the field of knowledge 10 – Natural sciences, specialty 103 – Earth sciences, educational program «Hydrology» of the Department of Geography of Ukraine and Regional Studies at the Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine*

### **MODERN DATABASES OF HYDROLOGICAL INFORMATION ABOUT RIVERS AND THEIR BASINS**

**Abstract.** The purpose of the work is categorization and description of the existing hydrological databases, demonstration of the hydrological data usage. The research subject is usage of hydrological data for the purpose of hydrological and climatic modeling. Main focus of the research is kept around various databases containing hydrological information. The main methods, which were used in the research, is the method of statistical analysis of the hydrological data, as well as data conversion method, called ETL. The research studies methods of data collection and data persistence for later practical use, as well as hydrological data digitalization and standardization methods.

**Keywords:** database, time series, statistics, water flow, water runoff.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.



(підпис)

В.Ю. Ющенко

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	8
1.1 Види гідрологічної інформації .....	8
1.2 Визначення терміну “база даних гідрологічної інформації” .....	9
1.3 Історичні відомості .....	10
1.4 Принципи використання баз даних гідрологічної інформації .....	11
<b>РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ БАЗИ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	13
2.1 Типи баз даних гідрологічної інформації .....	13
2.2 Формати даних для зберігання та обробки гідрологічної інформації .....	14
2.3 Сфери застосування баз даних гідрологічної інформації .....	15
<b>РОЗДІЛ 3. ОПИС НАЙБІЛЬШ ВІДОМИХ БАЗ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	18
3.1 FAO Aquastat .....	18
3.2 Global Runoff Data Centre (GRDC) .....	19
3.3 National Water Information System (NWIS) .....	21
3.4 Hydrological Information System for the UK (HIS-UK) .....	23
<b>РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДНІ ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ОБРОБКИ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	25
4.1 WISKI (KISTERS) .....	25
4.2 MIKE HYDRO .....	25
4.3 Arc Hydro .....	27
<b>РОЗДІЛ 5. НАУКОВЕ ТА ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ БАЗ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	28
5.1 Доступ до гідрологічних даних .....	28
5.2 Застосування гідрологічних даних в дослідженнях .....	35
5.3 Моделювання процесів на основі баз даних гідрологічної інформації .....	56
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	71
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	74

## ВСТУП

**Актуальність.** Збір та використання гідрологічних даних надзвичайно важливі для ефективного управління водними ресурсами, забезпечення безпеки, планування інфраструктури та дослідження природних процесів. Вони є ключовим елементом для сталого використання та охорони водних ресурсів. Гідрологічні дані є основою для ефективного управління водними ресурсами. Вони допомагають розуміти стан водних об'єктів, прогнозувати повені та засухи, визначати доступність води для різних секторів, таких як сільське господарство, промисловість та питна вода. Гідрологічні дані дозволяють вчасно виявляти зростання рівнів води та передбачати повеневі ситуації. Це допомагає приймати необхідні заходи для захисту населення, майна та інфраструктури від повеней. Гідрологічні дані використовуються для планування та розробки інфраструктури, пов'язаної з водними ресурсами, такої як гідроелектростанції, зрошувальні системи, водопостачання та водовідведення. Вони допомагають визначити потенційні ризики та забезпечити ефективне використання водних ресурсів.

**Метою** магістерської роботи є категоризація та опис існуючих баз даних гідрологічної інформації, а також демонстрація сучасних можливостей використання гідрологічних даних.

**Об'єкт дослідження** – бази даних гідрологічної інформації.

**Предмет дослідження** – використання гідрологічних даних з метою проведення гідрологічного та кліматичного моделювання.

Метою визначені такі **завдання** дослідження:

1. Класифікувати бази даних гідрологічної інформації за типом та форматом даних
2. Описати способи доступу до гідрологічних даних
3. Описати способи використання гідрологічних даних

4. Продемонструвати можливості аналізу гідрологічних даних на основі сучасних програмних комплексів

Гідрологічні дані мають велике **практичне значення** з багатьох причин:

- **Управління водними ресурсами:** Гідрологічні дані допомагають управляти водними ресурсами, що є життєво важливим для різних секторів, таких як сільське господарство, промисловість, енергетика та питна вода. Засновуючись на цих даних, можна ефективно розподіляти водні ресурси, регулювати стік річок, планувати зрошувальні системи та вирішувати проблеми водопостачання.
- **Повеневий контроль:** Гідрологічні дані використовуються для прогнозування повеней та контролю за рівнем води в річках та водоймах. Це допомагає вчасно виявляти потенційні небезпеки та приймати заходи для захисту від повеней, мінімізуючи матеріальні збитки та загрозу для людей.
- **Планування та інженерія:** Гідрологічні дані є важливими при проектуванні та розробці водних інженерних споруд, таких як гідроелектростанції, водосховища, канали, дренажні системи тощо. Ці дані допомагають визначити потреби у водних ресурсах, враховувати гідрологічні умови та забезпечувати безпеку та ефективність інфраструктури.

# РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

## 1.1. Види гідрологічної інформації

У гідрології існує різноманітна інформація, яка використовується для вивчення та аналізу водних ресурсів. Основні види гідрологічної інформації включають:

1. Рівень води: Інформація про рівень води в річках, озерах, ставках та інших водоймах. Вимірюється висота води відносно відмітки нульового рівня.
2. Дебіт води: Кількість води, що протікає певним водним потоком (наприклад, річкою) протягом певного часу. Вимірюється у кубометрах на секунду або інших відповідних одиницях виміру.
3. Оподи: Інформація про кількість опадів (дощу, снігу тощо), яка випадає на певні території протягом певного періоду. Вимірюється у міліметрах або літрах на квадратний метр.
4. Випаровування: Кількість води, яка випаровується з поверхні водойм, ґрунту та рослин. Вимірюється у міліметрах або літрах на квадратний метр.
5. Температура води: Вимірюється температура води в річках, озерах та інших водоймах. Використовується як показник гідрологічних умов та впливу на екосистеми.
6. Склад води: Інформація про хімічний склад води, такий як рівень розчинених речовин, рН-рівень, наявність забруднюючих речовин та інші параметри. Використовується для оцінки якості води та виявлення забруднень.

Ці види гідрологічної інформації важливі для розуміння водних ресурсів, прогнозування повеней, управління водними ресурсами та охорони довкілля.



## 1.2.Бази даних гідрологічної інформації

База даних гідрологічної інформації - це структуроване зберігання та організація даних, пов'язаних з гідрологічними аспектами, такими як рівень води, стік річок, опади, температура води, якість води та інші параметри, що стосуються водних ресурсів.

База даних гідрологічної інформації зазвичай включає в себе спостереження, зроблені на гідрологічних станціях, річкових ділянках або водних об'єктах. Ці дані можуть бути зібрані за допомогою автоматичних датчиків, ручних вимірювань або з інших джерел.

База даних гідрологічної інформації зазвичай містить такі елементи:

1. Гідрологічні станції: інформація про розташування гідрологічних станцій, їх характеристики та обладнання.
2. Спостереження: числові значення гідрологічних параметрів, які були зафіксовані на станціях в певні часові періоди. Це можуть бути дані про рівень води, стік річок, опади, температуру води та інші важливі показники.
3. Метадані: додаткова інформація про спостереження, така як дата і час вимірювання, методологія вимірювання, якість даних тощо.
4. Моделі та прогнози: дані про моделі гідрологічних процесів, які використовуються для прогнозування рівня води, стоку річок або інших гідрологічних характеристик.
5. Інші додаткові дані: це можуть бути географічні дані, картографічні шари, інформація про водозабори, іригаційні системи, гідрологічні зони тощо.

База даних гідрологічної інформації дозволяє збирати, зберігати, оновлювати та аналізувати великий обсяг даних, пов'язаних з водними ресурсами. Вона є важливим інструментом для гідрологічних досліджень, планування водних ресурсів, управління водними системами та прийняття рішень у галузі гідрології.

### 1.3. Історичні відомості

Перша гідрологічна база даних в історії може бути пов'язана зі стародавніми цивілізаціями Месопотамії. Шумери, які жили в Месопотамії приблизно від 4000 до 2000 років до нашої ери, розвинули складну систему поливу для управління водними ресурсами в регіоні.

Одним з найстаріших відомих прикладів збору та управління гідрологічною інформацією є місто Урук, що знаходиться в сучасному Іраку. Шумери створили мережу каналів, гребель та резервуарів для контролю над рухом води відносно поливу. Вони також зберігали записи про рівні води, річкові потоки та характеристики опадів на глиняних дошках.

Ці глиняні дошки, відомі як клинописні таблички, містили докладну інформацію про управління водою, включаючи виміри рівнів води в каналах та річках, спостереження про опади та розрахунки, пов'язані з графіком поливу. Ці записи були важливими для забезпечення ефективного розподілу води та сільськогосподарської продуктивності в давній Месопотамії.

Хоча методи збору гідрологічних даних шумерів були примітивними порівняно з сучасними стандартами, їхні зусилля можна вважати найдавнішими формами гідрологічної бази даних в історії.

Перші гідрологічні бази даних з'явилися наприкінці 19-го століття. Одним з ранніх прикладів є Гідрологічна база даних U.S. Geological Survey, заснована у 1879 році. Вона зберігала інформацію про гідрологічні параметри, такі як рівень річок, стоки та опади.

В 19 столітті, коли USGS тільки починала свою діяльність, дані зберігалися у паперовому форматі. Це означає, що гідрологічні дані, такі як рівні річок, опади та інші параметри, реєструвалися вручну на паперових листах, картках або журналах.

Гідрологи USGS здійснювали спостереження на гідрологічних станціях, де вони вимірювали рівні води, записували дані про опади та проводили інші

вимірювання. Ці дані потім документувалися на папері та зберігалися в архівах USGS.

База даних National Water Information System (NWIS) є однією з найперших електронних баз даних, що належить Управлінню геологічних досліджень США (USGS). NWIS призначена для зберігання, організації та доступу до різноманітних гідрологічних даних, зібраних USGS та його партнерами по всій території Сполучених Штатів.

В 1971 році USGS визнала необхідність централізованої бази даних для зберігання та керування даними, пов'язаними з водою. Це призвело до започаткування проекту Системи зберігання та пошуку даних про воду (WATSTORE), метою якого було створення комплексної національної системи даних про воду. У 1974 році перша версія WATSTORE була реалізована як мейнфрейм. Це дозволило зберігати та отримувати гідрологічні дані, зібрані USGS та його партнерами.

NWIS включає в себе широкий спектр гідрологічних даних, зокрема вимірювання рівнів річок, підземних вод, параметрів якості води, інформацію про використання водних ресурсів та інше. База даних охоплює як поточні дані, так і історичні архіви, що дозволяє дослідникам, управлінцям водних ресурсів та громадськості отримувати доступ до важливої інформації про водні ресурси.

#### 1.4. Принципи використання баз даних гідрологічної інформації

Використання баз даних гідрологічної інформації базується на кількох принципах, що сприяють ефективному і надійному використанню цих даних. Основні принципи включають:

1. Централізація: Гідрологічні дані збираються і зберігаються в одній централізованій базі даних, що дозволяє зручний доступ і управління цими даними.

2. Стандартизація: Дані стандартизуються, використовуючи спільні формати і протоколи, щоб забезпечити їх однорідність і співпрацю між різними джерелами і користувачами.

3. Доступність: Бази даних гідрологічної інформації повинні бути доступними для широкого кола користувачів, включаючи науковців, управлінців водних ресурсів, громадські організації та громадськість. Доступ до даних може здійснюватися через веб-інтерфейси, API або інші зручні інструменти.

4. Інтеграція: Бази даних мають бути здатні інтегруватися з іншими системами і джерелами даних, щоб забезпечити повністю охоплюючий погляд на гідрологічну ситуацію. Інтеграція даних допомагає виявити залежності, тренди та взаємозв'язки між різними аспектами водних ресурсів.

5. Актуалізація: Бази даних мають оновлюватися регулярно з новими даними, що надходять в результаті моніторингу та досліджень. Актуальність даних є важливою для прийняття рішень та визначення трендів в гідрологічних процесах.

6. Безпека:

Забезпечення конфіденційності та захисту даних є одним з найважливіших аспектів використання гідрологічних баз даних. Контроль доступу, шифрування та резервне копіювання даних є важливими заходами для забезпечення безпеки даних.

Ці принципи сприяють зручному доступу, обробці і аналізу гідрологічних даних, а також покращують якість і надійність інформації, що використовується для управління водними ресурсами, наукових досліджень та прийняття рішень.

## РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ БАЗИ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

### 2.1. Типи баз даних гідрологічної інформації

Існує кілька типів гідрологічних баз даних, які використовуються для зберігання, управління та обробки гідрологічної інформації. Основні типи гідрологічних баз даних включають:

1. Гідрологічні бази даних на основі реляційних систем керування базами даних (РСКБД): Ці бази даних використовують реляційну модель даних, де дані організовані у вигляді таблиць зі зв'язками між ними. Вони широко використовуються для зберігання різних типів гідрологічних даних, включаючи рівні води, струмки, опади, якість води, гідрометеорологічні дані та інші параметри.
2. Гідрологічні географічні інформаційні системи (ГІС): ГІС базуються на географічних інформаційних системах і використовуються для зберігання, аналізу та візуалізації гідрологічних даних на географічних картах. Вони дозволяють інтегрувати географічні та атрибутивні дані, що дозволяє виконувати складні геопросторові аналізи та моделювання гідрологічних процесів.
3. Часові ряди та гідрологічні системи управління даними: Ці системи спеціалізуються на зберіганні, управлінні та аналізі часових рядів гідрологічних даних. Вони дозволяють виконувати операції над часовими рядами, такі як агрегація, інтерполяція, статистичний аналіз та прогнозування.
4. Об'єктно-орієнтовані гідрологічні бази даних: Ці бази даних використовують об'єктно-орієнтовану модель даних, де дані організовані у вигляді об'єктів зі своїми властивостями та методами. Вони дозволяють зберігати складну структуру даних, включаючи гідрологічні об'єкти, спостереження, дати та інші атрибути.

Крім цього, існують спеціалізовані бази даних для конкретних гідрологічних даних, такі як бази даних річкових систем, бази даних моніторингу водних ресурсів, бази даних ґрунтових вод, бази даних водних ресурсів певних регіонів тощо.

## 2.2. Формати даних для зберігання та обробки гідрологічної інформації

Для зберігання гідрологічної інформації використовуються різні формати даних, залежно від конкретних потреб та систем, які використовуються. Ось декілька поширених форматів, які використовуються для зберігання гідрологічних даних:

1. CSV (Comma-Separated Values): Це текстовий формат, у якому значення розділені комами. CSV дозволяє легко зберігати табличні дані, такі як дата, час, рівень води, дебіт, опади і т.д. Це досить поширений формат, який може бути легко оброблений різними програмами аналізу даних.

2. NetCDF (Network Common Data Form): Це формат для зберігання наукових даних, який часто використовується для гідрологічних даних. Він дозволяє зберігати багатовимірні дані, такі як рівень води, температура, опади, випаровування та інші параметри, разом з просторовою і часовою інформацією. NetCDF забезпечує стислість, ефективність та легкість доступу до даних.

3. HDF5 (Hierarchical Data Format 5): Це формат збереження даних, який підтримує зберігання великих обсягів даних різної природи. HDF5 може використовуватись для зберігання гідрологічних даних, зокрема рівнів води, дебіту, опадів та інших параметрів. Він дозволяє організувати дані в ієрархічній структурі та забезпечує швидкий доступ до підмножини даних.

4. SQL бази даних: Для зберігання великих обсягів гідрологічних даних використовуються реляційні бази даних, такі як MySQL, PostgreSQL або Microsoft SQL Server. Вони дозволяють зберігати, організувати та запитувати дані за допомогою мови SQL.

Також існує кілька стандартів даних, які використовуються для обміну гідрологічною інформацією між різними системами і організаціями. Деякі з найпоширеніших стандартів включають:

1. WMO-CODE: Це стандарт, розроблений Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО), для обміну метеорологічними і гідрологічними даними між національними метеорологічними службами.

2. WaterML: WaterML (Water Markup Language) є стандартом, розробленим Консорціумом з гідрологічної інформації (Hydrology Domain Working Group), для обміну гідрологічними даними в електронному вигляді. Цей стандарт використовує XML-формат і дозволяє передавати різноманітну гідрологічну інформацію, включаючи дані про річки, озера, опади, витoki тощо.

3. OGC WaterML 2.0: Це стандарт, розроблений Консорціумом геопросторових стандартів (Open Geospatial Consortium), який визначає модель даних і формат для обміну гідрологічною інформацією. WaterML 2.0 також використовує XML-формат і дозволяє передавати різноманітні дані, пов'язані з водними ресурсами.

4. ISO 19115: Стандарт ISO 19115 (Geographic Information - Metadata) визначає структуру та зміст метаданих для географічної інформації, включаючи гідрологічні дані. Цей стандарт забезпечує стандартизований спосіб описування, документування та обміну метаданими про гідрологічні набори даних.

Ці стандарти допомагають забезпечити однорідність та сумісність між різними системами обробки і обміну гідрологічними даними, сприяючи ефективному обміну інформацією між різними організаціями та дослідницькими групами.

### 2.3. Сфери застосування баз даних гідрологічної інформації

Бази даних гідрологічної інформації використовуються в різних сферах для зберігання, обробки та аналізу гідрологічних даних:

- Гідрологічні дослідження: Бази даних гідрологічної інформації використовуються дослідниками і науковими установами для збирання та аналізу різноманітних гідрологічних даних. Це може включати дані про опади, рівні води, річковий стік, гідрогеологічні властивості тощо.
- Розробка гідрологічних моделей: Бази даних гідрологічної інформації використовуються для побудови гідрологічних моделей та прогнозування гідрологічних процесів. Це дозволяє розуміти і передбачати взаємодію між різними компонентами гідрологічної системи та виконувати різні сценарії для планування та управління ресурсами.
- Моніторинг водних ресурсів: Бази даних гідрологічної інформації використовуються водними управліннями та агентствами для моніторингу водних ресурсів, включаючи річки, озера, ґрунтові води тощо. Це дозволяє визначати тенденції зміни рівнів води, якість води та розподіл водних ресурсів.
- Прогнозування повеней: Бази даних гідрологічної інформації використовуються для прогнозування повеней та управління ризиками повеней. Це включає збір та аналіз даних про водні рівні, опади, витрати води, розподіл снігового покриву та інші фактори, що впливають на повені.
- Водопостачання та управління водними ресурсами: Бази даних гідрологічної інформації допомагають управляти водопостачанням і ефективним використанням водних ресурсів. Це включає відстеження водних балансів, прогнозування доступності води, планування водних ресурсів та прийняття рішень щодо управління водними системами.
- Інженерні проекти: Бази даних гідрологічної інформації використовуються в інженерних проектах, таких як будівництво гідротехнічних споруд, дренажні системи, системи збереження води та інші інженерні роботи, де важлива гідрологічна інформація.
- Екологічні дослідження: Бази даних гідрологічної інформації використовуються для дослідження впливу гідрологічних процесів на екологічні системи. Це може включати моніторинг водних екосистем,



аналіз впливу забруднення та регулювання водних ресурсів на біологічну різноманітність.

- Дослідження кліматичних змін: Бази даних гідрологічної інформації використовуються для вивчення та аналізу впливу кліматичних змін на водні ресурси. Вони дозволяють встановити зв'язок між змінами клімату, опадами та рівнями води, що є важливим для розуміння майбутніх тенденцій та розробки стратегій адаптації.

Це лише деякі з принципових сфер застосування гідрологічних баз даних, і їх можна використовувати в багатьох інших галузях, де потрібна доступна та якісна гідрологічна інформація.

## РОЗДІЛ 3. ОПИС НАЙБІЛЬШ ВІДОМИХ БАЗ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

### 3.1. FAO Aquastat

База даних FAO AQUASTAT є однією з найбільших та найрозгалуженіших баз даних про водні ресурси світу, що утримується FAO (Організація Об'єднаних Націй з питань харчування і сільського господарства). AQUASTAT надає широкий спектр інформації про використання, доступність, забезпеченість водними ресурсами та інші аспекти управління водними ресурсами в різних країнах світу.

Основна мета бази даних AQUASTAT - це забезпечення доступу до водних статистичних даних та інформації для аналізу водного сектору. Вона містить інформацію про водні ресурси, використання води у сільському господарстві, ірригаційні системи, оцінку водних ресурсів та багато іншого.

База даних AQUASTAT зосереджується на глобальному покритті, охоплюючи дані по країнах та регіонах світу. Інформація збирається з різних джерел, включаючи офіційні звіти країн, наукові публікації, агенції та інші джерела.

Користувачі мають можливість переглядати статистику, використовувати інтерактивні карти, отримувати доступ до технічних звітів та аналітичних матеріалів, які надаються в рамках бази даних AQUASTAT. Приклад даних наводиться в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Приклад узагальнених показників з бази AQUASTAT

Країна	Показник	Значення (2019 рік)
Ukraine	Surface water produced internally (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	50,1 I

Ukraine	Surface water: entering the country (total) (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	36,13 I
Ukraine	Surface water: leaving the country to other countries (total) (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	28,9 I
Ukraine	Total renewable groundwater (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	22 I
Ukraine	Total renewable surface water (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	170,28 I
Ukraine	Total water withdrawal (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	11,068
Ukraine	Water withdrawal for aquaculture (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	0,445
Ukraine	Water withdrawal for cooling of thermoelectric plants (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	0,482
Ukraine	Water withdrawal for livestock (watering and cleaning) (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year)	0,165

Прим. : позначка 'I' – вираховані дані.

FAO AQUASTAT є важливим ресурсом для вивчення глобального стану водних ресурсів, розвитку політик та прийняття рішень в галузі управління водними ресурсами.

### 3.2. Global Runoff Data Centre (GRDC)

GRDC (Global Runoff Data Centre) є міжнародним центром збору, аналізу і поширення гідрологічних даних про стікання води з річок у всьому світі. Основною метою GRDC є забезпечення доступу до якісних та цінних гідрологічних даних для наукових досліджень, управління водними ресурсами, планування та розробки політики в галузі водних ресурсів.

GRDC був заснований в 1988 році і є спільним проектом Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) та Міжнародної гідрологічної комісії (International Hydrological Commission) Міжнародної асоціації гідрологічних

наук (IAHS). GRDC базується у Федеральному урядовому управлінні з водних ресурсів (BfG) у місті Кобленц, Німеччина.

Основні функції GRDC включають:

1. Збір, обробка та зберігання гідрологічних даних зі станцій спостережень по всьому світу.
2. Розробка та підтримка глобальних баз даних гідрологічної інформації.
3. Виконання аналітичних розрахунків та створення глобальних продуктів на основі наявних даних.
4. Забезпечення доступу до гідрологічних даних та продуктів для наукової спільноти, дослідників та зацікавлених сторін.

The Global Runoff Data Base (GRDB) побудована на первинному наборі даних, зібраних на початку 1980-х років у відповідь на запит World Meteorological Organization (WMO) до її країн-членів щодо надання глобального набору гідрологічних даних, щоб доповнити певний набір атмосферних даних у рамках First Global GARP Experiment (FGGE). Початковий набір місячних даних по стоку річок за період у кілька років приблизно у 1980 році був доповнений «Збіркою даних про місячні річкові стоки ЮНЕСКО за 1965-85 роки». Сьогодні база даних містить дані про скиди понад 10 000 гідропостів з усього світу.

Доступ до даних можливий на основі різних форматів даних, таких як:

- GRDC Export format (текст)
- WaterML2 format (XML, стандартний формат для побудови графіків гідрологічних показників )
- ZRXP exchange format (текст, використовується системою WISKI)
- NetCDF (бінарний формат).

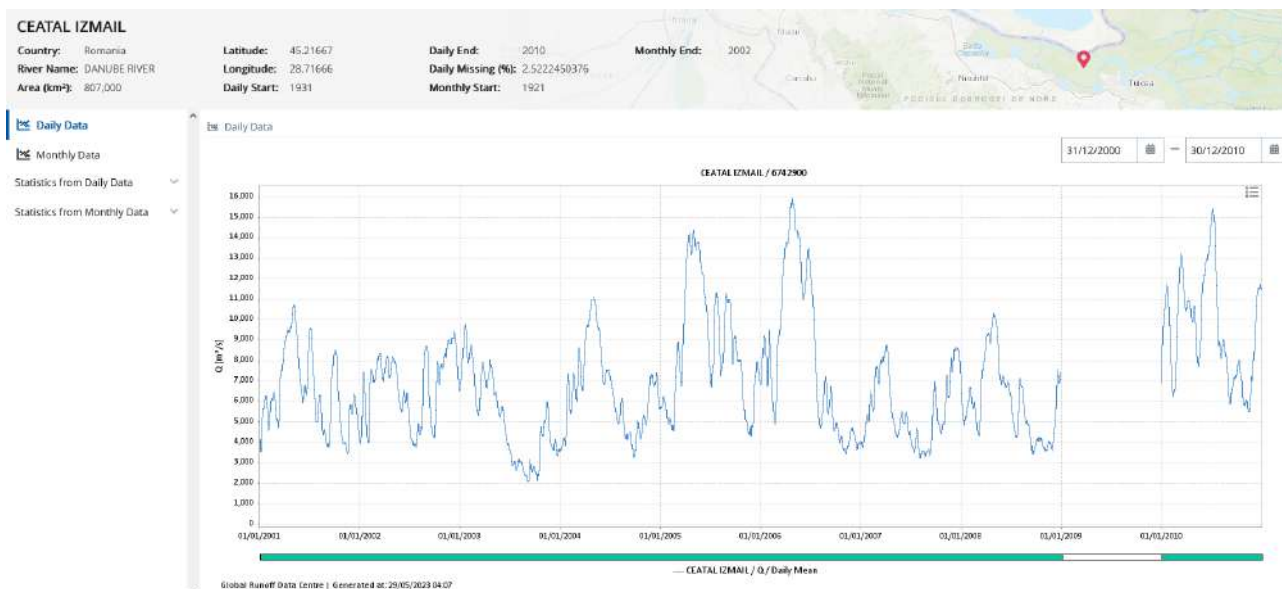


Рис. 3.1. Приклад візуалізації даних по водному потоку р. Дунай (Ізмаїл) в онлайн-інструменті GRDC Data Portal

GRDC виконує важливу роль у забезпеченні світової гідрологічної спільноти засобами для аналізу гідрологічних процесів, розробки глобальних моделей та прогнозування стікання води. Він також допомагає в управлінні водними ресурсами та прийнятті рішень щодо кліматичних змін та стійкого розвитку.

### 3.3. National Water Information System (NWIS)

NWIS (National Water Information System) - це система національної водної інформації, яка належить до американського Управління геологічного дослідження (USGS). NWIS забезпечує централізований доступ до гідрологічних даних Сполучених Штатів Америки.

NWIS включає широкий спектр гідрологічних даних, включаючи дані про стікання річок, рівень води, якість води, ґрунтові води, опади та інші параметри. Ці дані збираються з тисяч станцій спостережень, розташованих по всій країні.

Основні функції NWIS включають:

1. Збір та зберігання гідрологічних даних зі станцій спостережень USGS.
2. Обробка та аналіз гідрологічних даних для розуміння водних ресурсів.
3. Послуги доступу до даних, включаючи онлайн-інструменти та інтерфейси для пошуку та отримання інформації.
4. Публікація звітів та інших матеріалів, що стосуються гідрологічних даних.

**USGS 04159130 ST. CLAIR RIVER AT PORT HURON, MI**  
**PROVISIONAL DATA SUBJECT TO REVISION**

Available data for this site:

This station managed by the LANSING FIELD OFFICE.

Available Parameters	Period of Record	Output format	Days (365)
<input type="checkbox"/> All 3 Available Parameters for this site		<input checked="" type="radio"/> Graph	<input type="text" value=""/>
<input type="checkbox"/> 00000 Discharge(Mean)	2008-10-01 2023-05-29	<input type="radio"/> Graph w/ stats	-- OF --
<input type="checkbox"/> 00005 Gage height(Mean) [Canada IGLD 85]	2008-11-01 2023-05-28	<input type="radio"/> Graph w/ meas	<input type="text" value="Begin date"/>
<input checked="" type="checkbox"/> 30208 Discharge(Mean)	2008-10-01 2023-05-29	<input type="radio"/> Graph w/ (up to 3) parms	<input type="text" value="2023-09-28"/>
		<input type="radio"/> Table	<input type="text" value="End date"/>
		<input type="radio"/> Tab-separated	<input type="text" value="2023-05-28"/>

[Summary of all available data for this site](#)  
[Instantaneous-data availability statement](#)

Discharge, cubic meters per second

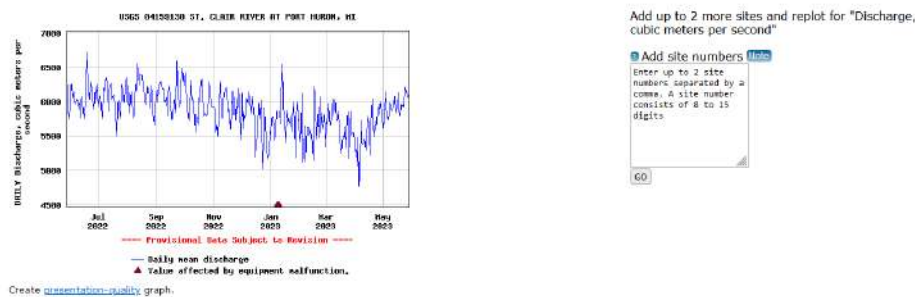


Рис. 3.2. Приклад візуалізації даних по водному потоку р. Сент Клер (Порт Гурон) в онлайн-інструменті NWIS Web Interface

NWIS є важливим джерелом інформації для наукових досліджень, управління водними ресурсами, розробки політики та планування розвитку. Доступ до даних NWIS забезпечується через онлайн-інструменти та веб-портал, що дозволяє користувачам отримувати актуальну та достовірну гідрологічну інформацію.

### 3.4. Hydrological Information System for the UK (HIS-UK)

HIS-UK (Hydrological Information System for the UK) є системою гідрологічної інформації, розробленою для об'єднання та зберігання гідрологічних даних Великобританії. Його метою є забезпечення централізованого доступу до гідрологічних даних з різних джерел для наукових досліджень, управління водними ресурсами та рішень водного господарства.

HIS-UK об'єднує дані з різних організацій, таких як Environment Agency, Scottish Environment Protection Agency, Natural Resources Wales, і різних джерел, включаючи річки, озера, ґрунтові води та інші гідрологічні параметри. Система забезпечує стандартизацію та інтеграцію цих даних для полегшення доступу та аналізу.

HIS-UK надає можливості для пошуку, візуалізації та аналізу гідрологічних даних через онлайн-інтерфейси та інструменти. Він також забезпечує можливість інтеграції з іншими географічними інформаційними системами та додатками.

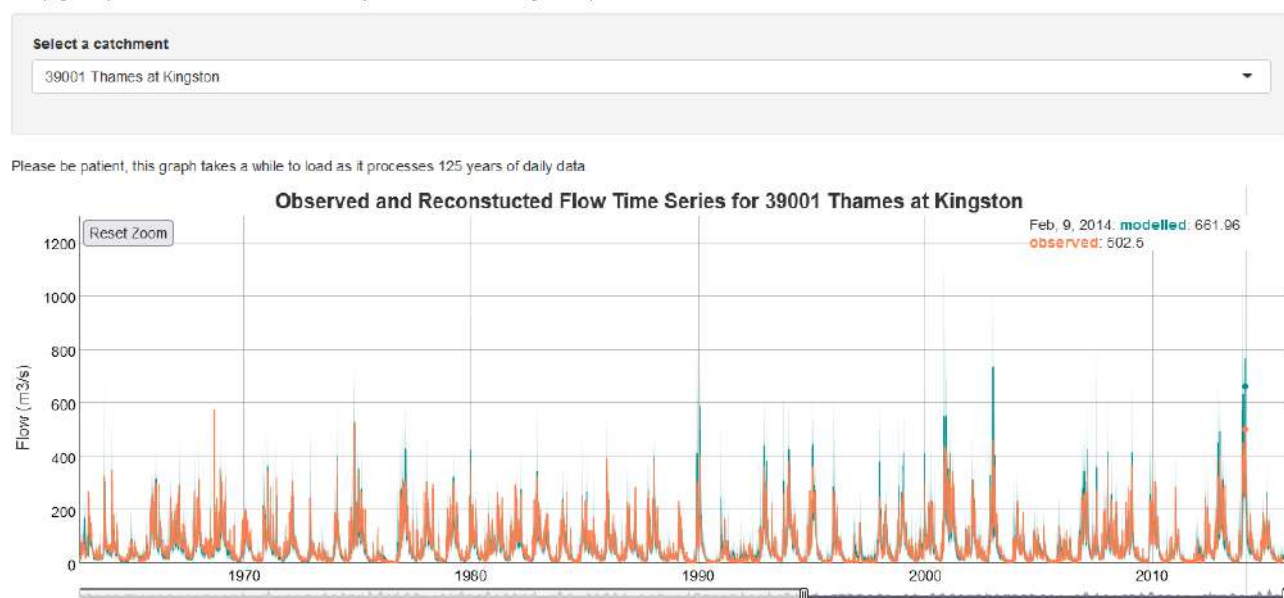


Рис. 3.3. Приклад візуалізації даних по водному потоку р. Темза (Кінгстон) в онлайн-інструменті HIS-UK

HIS-UK сприяє покращенню розуміння гідрологічних процесів, плануванню розвитку водних ресурсів, прогнозуванню повеней та інших водних подій, а також вирішенню водних проблем та забезпеченню ефективного використання водних ресурсів в Великобританії.



## РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДНІ ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ОБРОБКИ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

### 4.1. WISKI (KISTERS)

Система WISKI (Water Information System by Kisters) - це комплексна програмна система для збору, зберігання, обробки та аналізу гідрологічних та гідрометеорологічних даних. Вона розроблена компанією KISTERS і використовується по всьому світу в галузі гідрології, водного господарства та управління водними ресурсами.

Система WISKI дозволяє інтегрувати дані з різних джерел, таких як станції спостережень, супутникові дані, модельні виведення та інші джерела, у єдину базу даних. Вона підтримує різноманітні формати даних, включаючи стандартизовані формати, такі як WaterML і NetCDF.

За допомогою системи WISKI можна виконувати різні операції з даними, такі як обробка, валідація, агрегація та аналіз. Вона надає інструменти для створення звітів, графіків, карт та інших візуалізаційних засобів для представлення гідрологічних даних.

Окрім того, система WISKI підтримує функції спільної роботи, що дозволяє різним користувачам співпрацювати над даними, обмінюватися інформацією та забезпечувати доступ до даних через мережу.

Загалом, система WISKI є потужним інструментом для управління гідрологічною інформацією та сприяє поліпшенню процесів прийняття рішень та управління водними ресурсами.

### 4.2. MIKE HYDRO

MIKE HYDRO є комплексом програмного забезпечення, розробленим фірмою DHI (Danish Hydraulic Institute), яке використовується для моделювання

та управління гідрологічними процесами. MIKE HYDRO надає інструменти для аналізу, прогнозування та оптимізації гідрологічних систем, таких як річкові басейни, водосховища, гідроелектростанції, затоплені ділянки та інші водні об'єкти.

MIKE HYDRO базується на принципах чисельного моделювання гідродинаміки, гідрології, гідротехніки та якості води. Він поєднує фізичні закони, математичні моделі та методи чисельного розрахунку для аналізу та прогнозування поведінки водних систем.

Основні компоненти MIKE HYDRO включають:

1. MIKE HYDRO River: Цей модуль призначений для моделювання річкових басейнів, розрахунку стоку, затоплення, екологічних процесів та інших гідрологічних аспектів.
2. MIKE HYDRO Basin: Цей модуль використовується для інтегрованого моделювання басейнів, включаючи поверхневі та підземні води, а також управління водними ресурсами.
3. MIKE HYDRO Reservoir: Цей модуль спеціалізується на моделюванні поведінки водосховищ, включаючи заповнення, розрива, виливання та регулювання режиму.
4. MIKE HYDRO Estuary: Цей модуль розроблений для моделювання гідродинаміки в дельтах рік та естуаріях, а також для дослідження солоності та водної якості.
5. MIKE HYDRO HD: Цей модуль забезпечує високо деталізоване моделювання гідродинаміки та водної якості в різних водних системах.

MIKE HYDRO також надає інтерфейси для інтеграції з іншими програмними продуктами DHI та стандартними форматами обміну даними, що дозволяє ефективно обробляти, аналізувати та візуалізувати гідрологічну інформацію.

Цей інструментарій широко використовується в галузі гідрології, водного господарства, природного ресурсного управління, прогнозування повеней, вирішення проблем екології водойм та багатьох інших галузях, де важлива точна модель поведінки водних систем.

### 4.3. Arc Hydro

ArcHydro є геопросторовим фреймворком, розробленим компанією ESRI, що дозволяє аналізувати та моделювати гідрологічні процеси у географічному інформаційному середовищі ArcGIS. Він надає набір інструментів, функцій та моделей, спеціально призначених для гідрологічного аналізу та моделювання водних ресурсів.

ArcHydro дозволяє інтегрувати та аналізувати гідрологічні дані, такі як гідрологічні станції, річкові мережі, басейни, водозабори, зрошені ділянки тощо. Він надає можливість розрахунку гідрологічних характеристик, таких як стік води, інтенсивність дощу, витрати води, екстремальні показники та інші параметри.

ArcHydro також підтримує моделювання гідрологічних процесів, зокрема моделювання руху води в річках, розрахунок розливів, моделювання ірригаційних систем та інше. Він надає інструменти для створення та управління гідрологічними моделями, а також для аналізу результатів моделювання.

ArcHydro забезпечує інтеграцію гідрологічних даних з географічною інформацією, дозволяючи використовувати геопросторовий контекст для аналізу та візуалізації гідрологічних процесів. Він є потужним інструментом для гідрологічних досліджень, планування водних ресурсів, управління повенями, вирішення екологічних проблем та інших гідрологічних застосувань у контексті геопросторового аналізу.

## РОЗДІЛ 5. НАУКОВЕ ТА ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ БАЗ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

### 5.1. Доступ до гідрологічних даних

Розглянемо процедуру отримання доступу до гідрологічних даних на прикладі даних GRDC:

#### 1. Необхідно зайти на сайт GRDC

[https://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage\\_node.html](https://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html)

та перейти на сторінку завантаження даних натиснувши “GRDC Data Download” (Рис. 5.1)

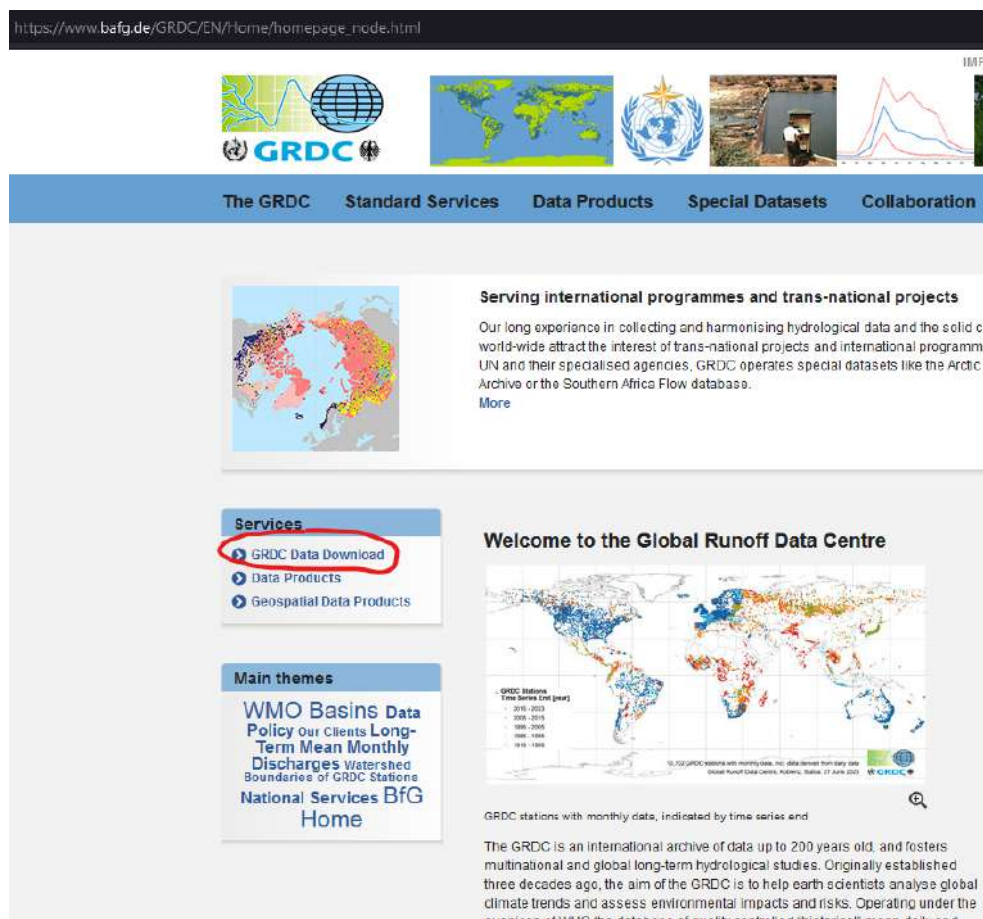


Рис. 5.1. Веб сайт GRDC

2. На сторінці завантаження даних можна отримати інформацію про підтримувані формати даних, а також перейти на сторінку порталу даних (Рис. 5.2)

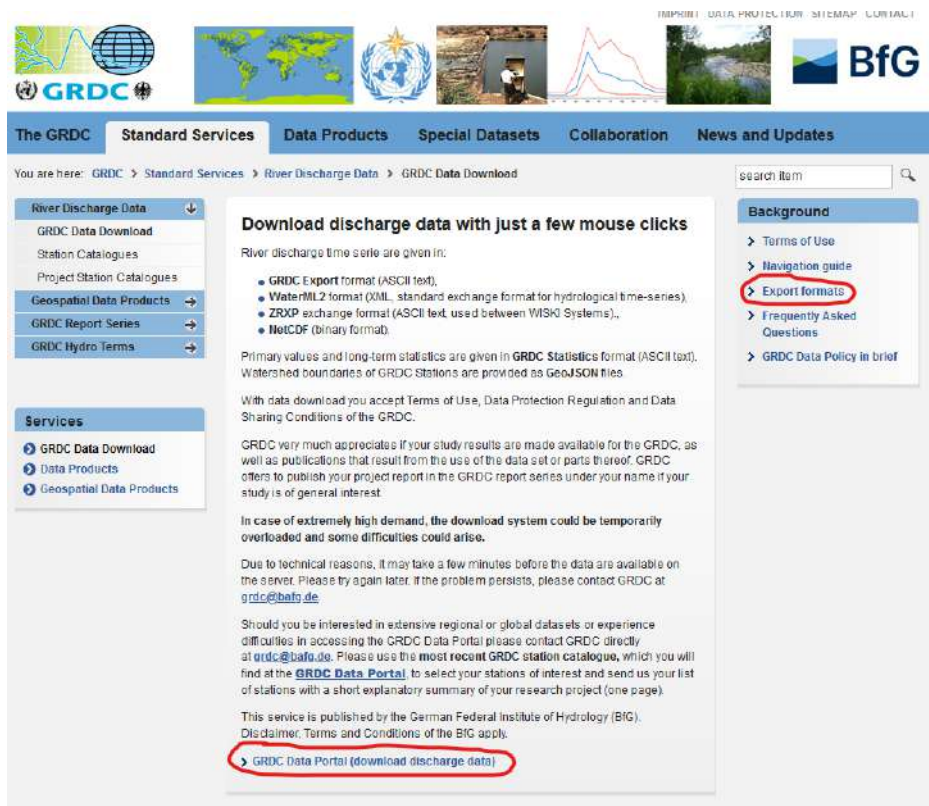


Рис. 5.2. Сторінка завантаження даних сайту GRDC

3. Перейшовши на сторінку порталу даних, необхідно підтвердити згоду користувача з умовами використання даних (Рис. 5.3)

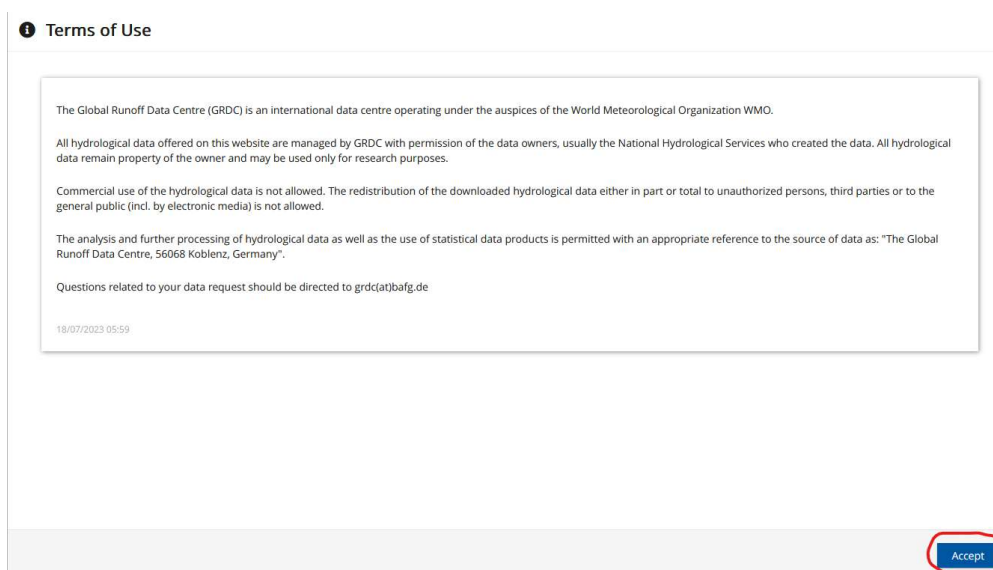


Рис. 5.3. Угода користувача GRDC

#### 4. Домашня сторінка порталу (Рис. 5.4)

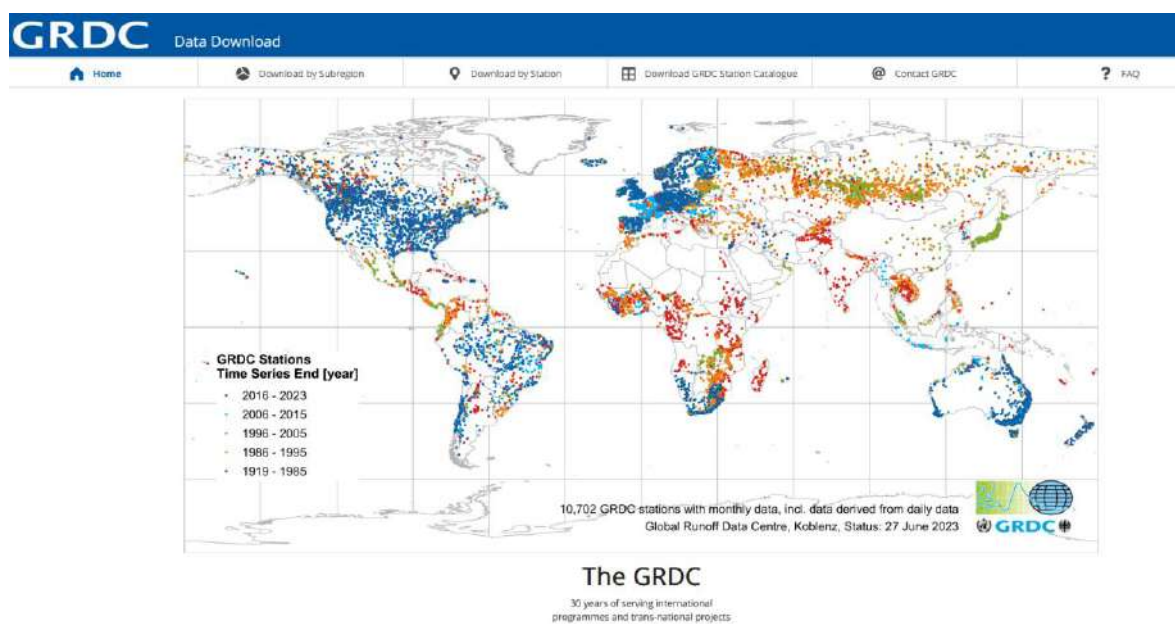


Рис. 5.4. Користувачький портал GRDC

Сторінка дає наступні можливості:

- Download GRDC Station Catalogue (Рис. 5.5)

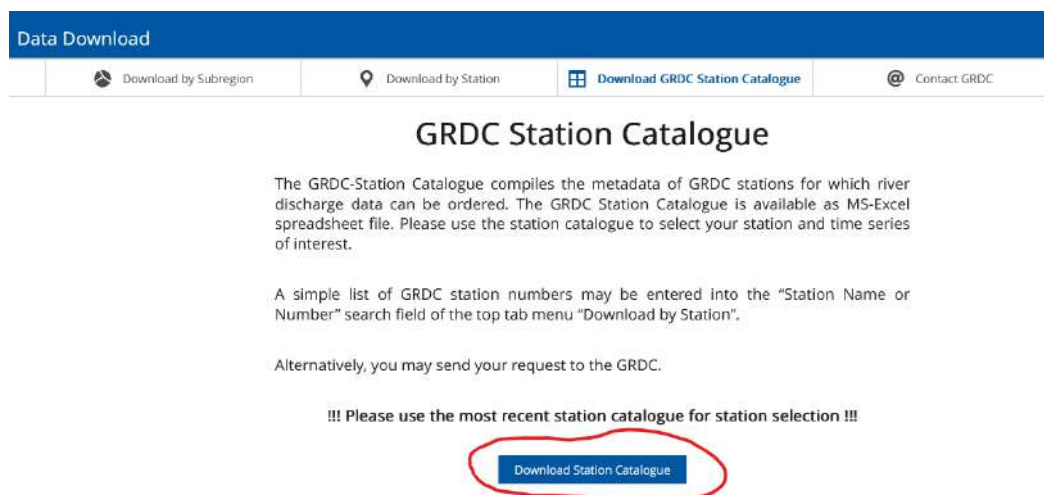


Рис. 5.5. Завантаження каталогу GRDC

При натисненні кнопки “Download Station Catalogue” відбувається завантаження архіву, що містить каталог гідро постів у форматі Excel. Каталог містить наступні поля (Таблиця 5.1)

## Доступні показники каталогу GRDC

Поле	Значення
grdc_no	Код гідро поста GRDC
wmo_reg	Регіон ВМО
sub_reg	Підрегіон ВМО (басейн)
river	Назва річки
station	Назва гідропоста
country_code	Код країни (стандарт ISO 3166)
lat	Широта
long	Довгота
area	Площа водозбору (км кв.)
altitude	Висота над рівнем моря (м)
d_start	Рік початку збору гідрологічних даних (щоденні показники)
d_end	Рік збору останніх доступних гідрологічних даних (щоденні показники)
d_yrs	Період за який доступні гідрологічні дані (щоденні показники)
d_miss	Відсоток відсутніх щоденних показників
m_start	Рік початку збору гідрологічних даних (щомісячні показники)
m_end	Рік збору останніх доступних гідрологічних даних (щомісячні показники)
m_yrs	Період за який доступні гідрологічні дані (щомісячні показники)
m_miss	Відсоток відсутніх щомісячних показників
t_start	Дата збору найстаріших показників
t_end	Дата збору найновіших показників

t_yrs	Період збору даних
lta_discharge	Багаторічна середня витрата води (м куб. / сек.)
r_vol_yr	Середньорічний об'єм води (км куб.)
r_height_yr	Середньорічна глибина стоку (мм)

- Download by Station (Рис. 5.6)

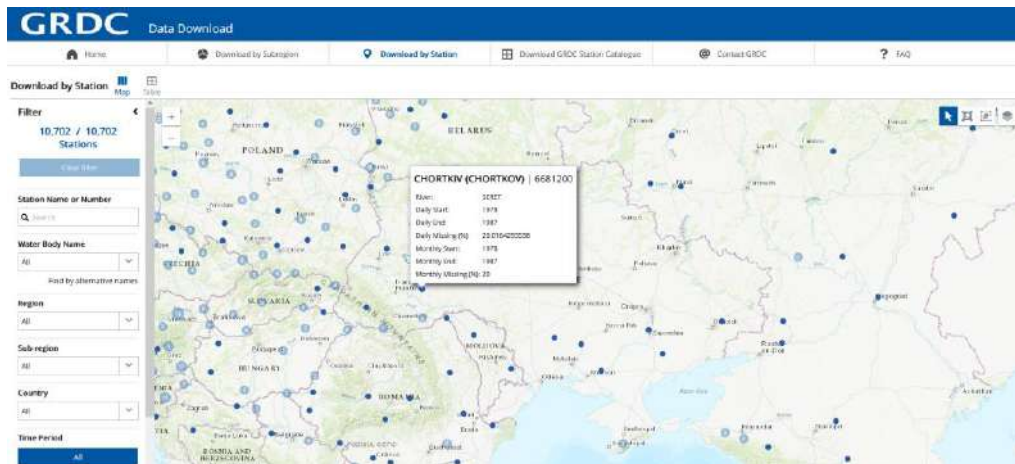


Рис. 5.6. Завантаження даних по конкретному гідропосту

Дозволяє вибрати на мапі окремих гідро пост та переглянути зібрані на ньому дані. Мапа підтримує наближення/віддалення за допомогою колеса комп'ютерної миші.

При повторному натисненні на точку гідро поста на мапі, з'явиться спливаюче вікно, що містить графічну репрезентацію гідрологічних даних, зібраних на вибраному гідро пості (Рис. 5.7)

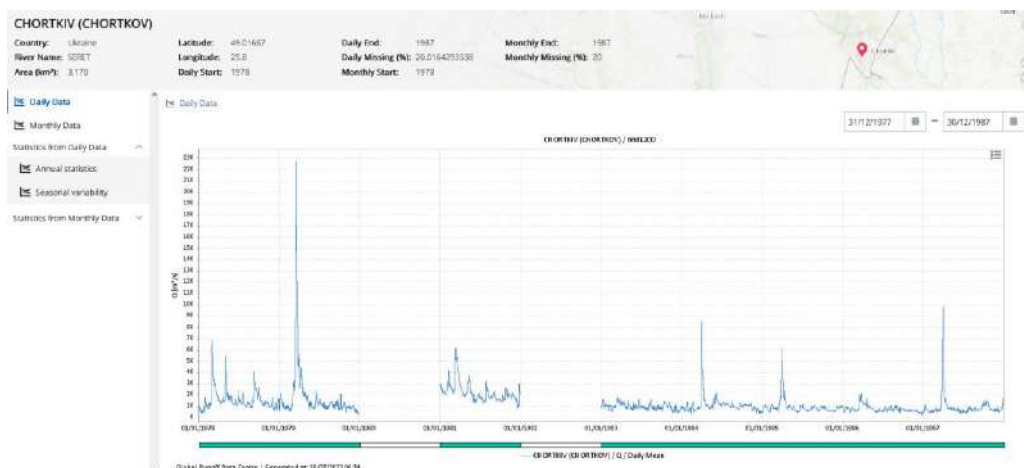


Рис. 5.7. Дані по вибраному гідропосту



- Download by Subregion (Рис. 5.8)

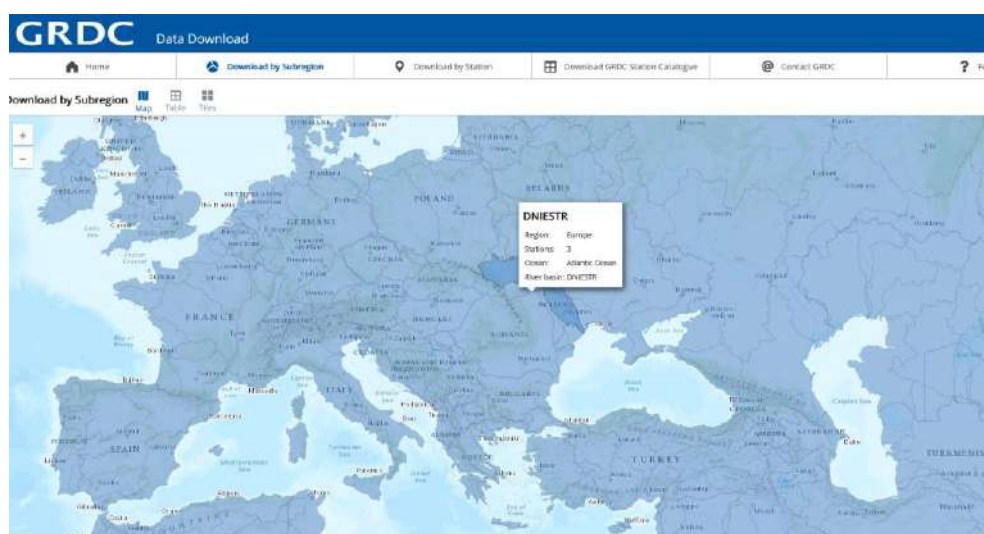


Рис. 5.8. Вибір річкового басейну

Дозволяє вибрати на мапі басейн та завантажити дані, зібрані на гідропостах, що відносяться до вибраного басейну. Мапа підтримує наближення/віддалення за допомогою колеса комп'ютерної миші.

При натисненні на вибраний басейн з'явиться спливаюче меню, де можна обрати завантаження даних (Рис. 5.9)

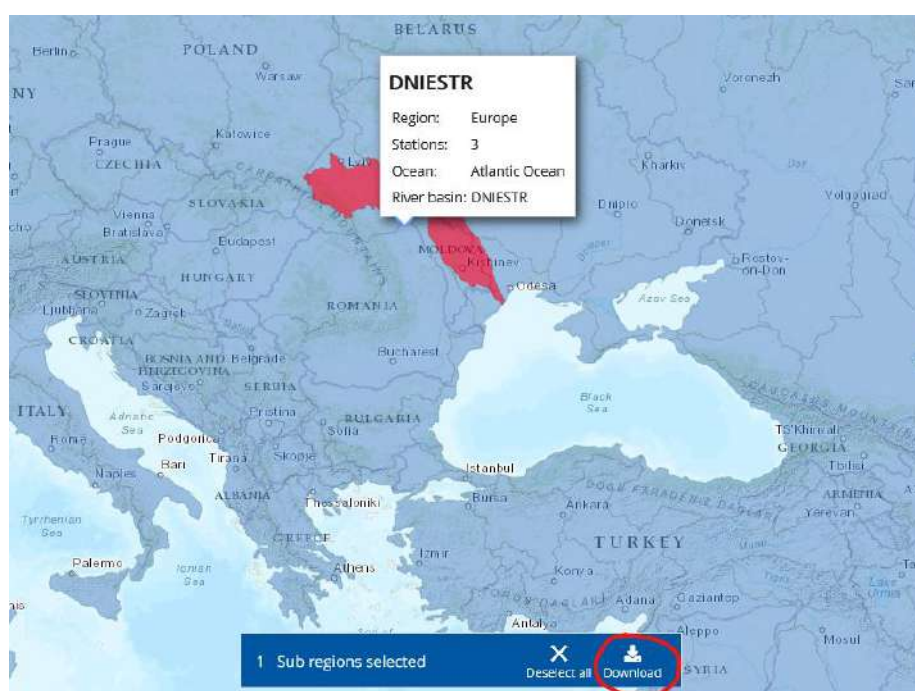


Рис. 5.9. Завантаження даних для річкового басейну

Після натиснення кнопки “Download” з’явиться форма для запиту на завантаження даних (Рис. 5.10)

The screenshot shows a web form titled "Download Discharge Data for 1 Sub Regions". At the top, there is a blue header bar with the title. Below the header, there is an information box with an 'i' icon and the text: "Please provide your contact information and details for the requested download. A download link for the requested data will be sent to the email address entered." The form contains the following fields:

- Last name, First name:** A text input field with the placeholder "Please insert your name".
- Email address:** A text input field with the placeholder "Please enter your Email adress".
- Institution:** A text input field with the placeholder "Please enter your Institution".
- Working sector:** A dropdown menu with the placeholder "Please select your working sector".
- Country:** A dropdown menu with the placeholder "Please select your country".
- Address:** A large text area for entering the address.
- Subject Matter:** A dropdown menu with the placeholder "Please select your subject matter".
- Project title and abstract (max. 1500 characters):** A large text area for entering the project title and abstract.
- Export Format:** A dropdown menu with the selected option "GRDC Export Format (daily data only)".

Рис. 5.10. Форма запиту на завантаження даних GRDC

Необхідно вказати своє прізвище та ім'я, адресу email, назву навчального закладу, сферу діяльності (у моєму випадку – академічна діяльність), країну, адресу, сферу дослідження, назву дослідження та короткий зміст дослідження. Ця інформація потрібна GRDC для ведення аудиту використання їх даних.

Також необхідно обрати бажаний формат даних (в моєму випадку – текстовий формат GRDC Export Format).

Після заповнення форми та відмічання всіх необхідних галочок, потрібно натиснути “Request Download” (Рис. 5.11)

The screenshot shows a web form for requesting data. At the top is a large empty text input field. Below it is a dropdown menu labeled 'Export Format' with 'GRDC Export Format (daily data only)' selected. There are two unchecked checkboxes: 'Download Sub Region Boundaries (Polygons in GeoJSON format)' and 'Download Watershed Boundaries (Polygons in GeoJSON format)'. A blue information box contains the text: 'The selected format is estimated to be around 3 files with a total download size of 0.29 MB. If you choose to submit, your download will be processed and an email will be sent to you when it is ready.' Below this are two checked checkboxes, each circled in red. The first checkbox is for 'as the representative of the requesting organisation accept the general Terms of Use and the Data Protection Regulations'. The second checkbox is for 'as the representative of the requesting organisation, specifically agree to the following Data Sharing Conditions.' At the bottom right are two buttons: a grey 'Cancel' button and a blue 'Request download' button, which is also circled in red.

Рис. 5.11. Погодження з умовами запиту GRDC

Після цього протягом доби на вказану у формі адресу email прийде лист, що містить посилання на архів з даними. Архів можна завантажити перейшовши за посиланням. Архів містить файли у форматі, що був вказаний на формі завантаження, один файл для кожного гідропоста.

## 5.2. Застосування гідрологічних даних в дослідженнях

У якості прикладу застосування гідрологічних даних у наукових дослідженнях, розглянемо аналіз часових рядів витрат води, отриманих від Федерального інституту гідрології Німеччини (BfG), за допомогою утиліти binjr (<https://binjr.eu/>)

### 1. Налаштування системи Windows

#### 1.1. Встановлення Java

##### 1.1.1. Завантажте архів openjdk-20.0.1\_windows-x64\_bin.zip (додається)

1.1.2. Створіть папку c:\hydrowork

1.1.3. Розархівуйте вміст архіву в папку c:\hydrowork

1.1.4. Натисніть комбінацію клавіш Windows + R, введіть в поле для вводу команди sysdm.cpl і натисніть ОК (Рис. 5.12)

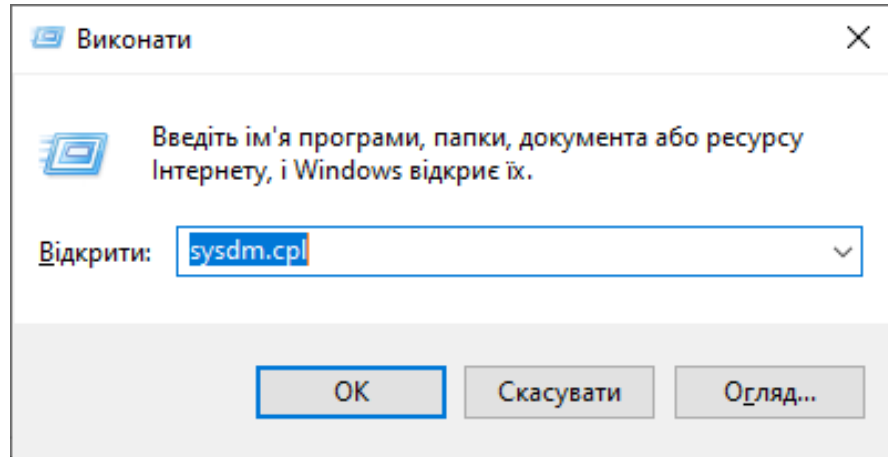


Рис. 5.12. Запуск меню налаштувань системи Windows

1.1.5. У вікні Властивості системи виберіть закладку Додатково і натисніть Змінні оточення (Рис. 5.13)

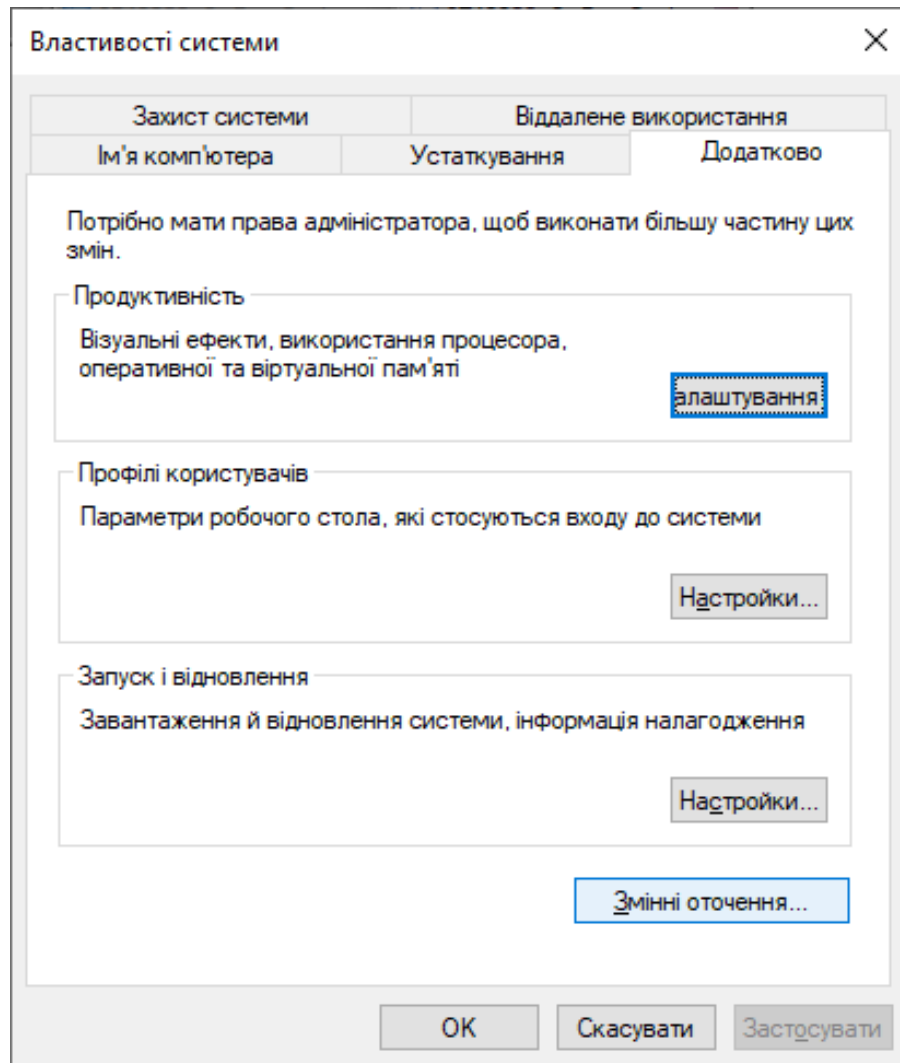


Рис. 5.13. Запуск налаштування змінних оточення Windows

1.1.6. У вікні змінні оточення натисніть кнопку Створити... , яка відноситься до користувацьких змінних (верхня) (Рис. 5.14)

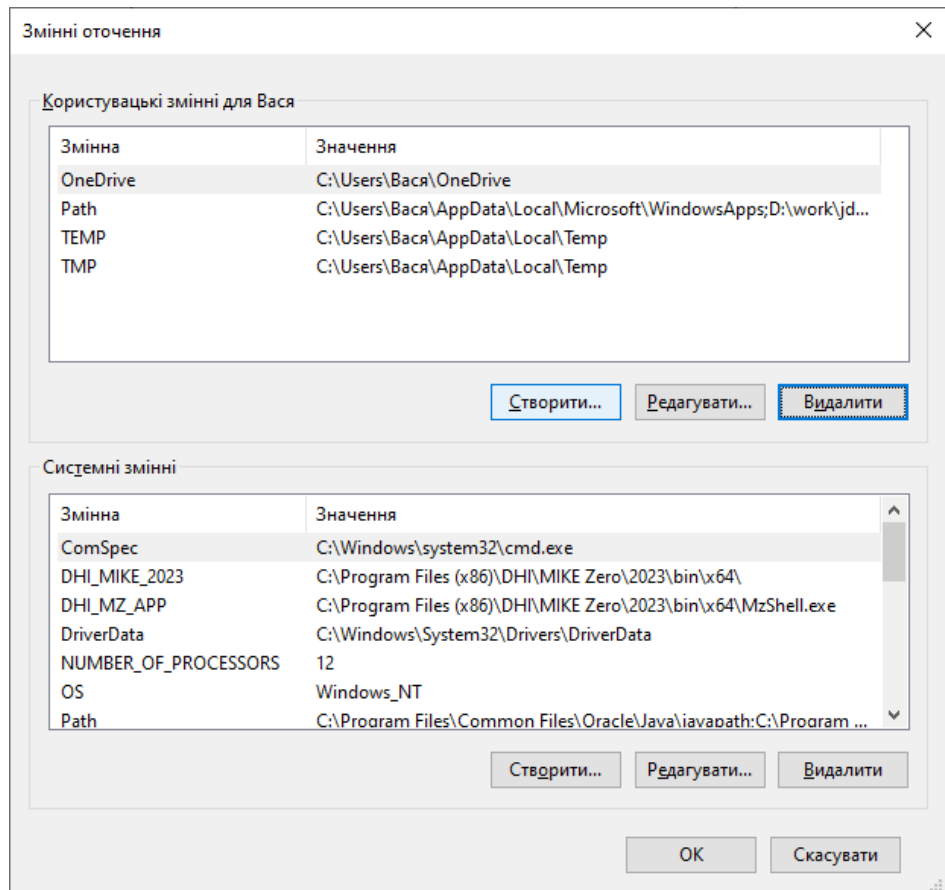


Рис. 5.14. Створення користувацької змінної оточення Windows

1.1.7. У вікні, що з'явилося, введіть назву змінної `JAVA_HOME`, значення змінної `C:\hydrowork\jdk-20.0.1` та натисніть ОК (Рис 5.15)

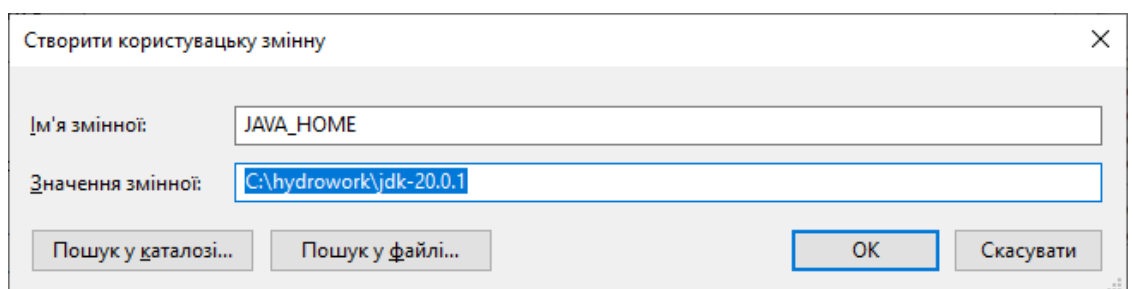


Рис. 5.15. Створення змінної оточення `JAVA_HOME`

1.1.8. У вікні Змінні оточення виберіть користувацьку змінну `Path` та натисніть Редагувати (Рис. 5.16)

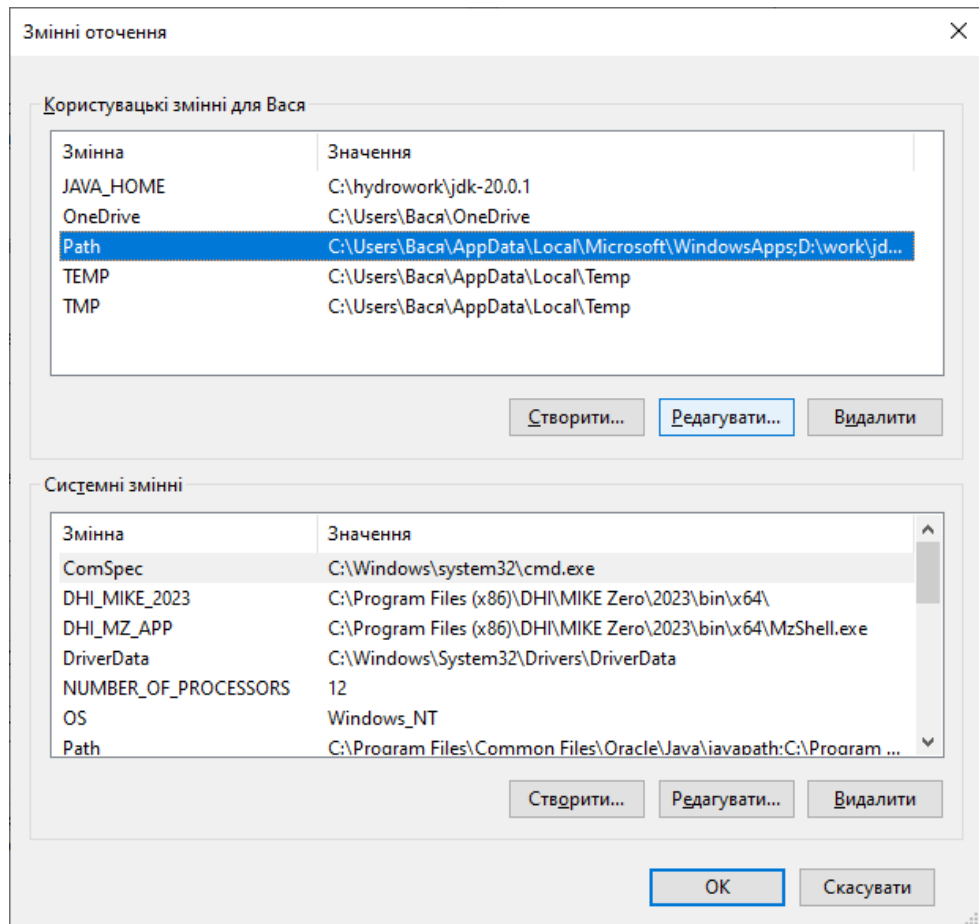


Рис. 5.16. Налаштування змінної оточення Path

1.1.9. У вікні, що з'явилося, натисніть Створити, введіть  
C:\hydrowork\jdk-20.0.1\bin та натисніть ОК (Рис. 5.17)

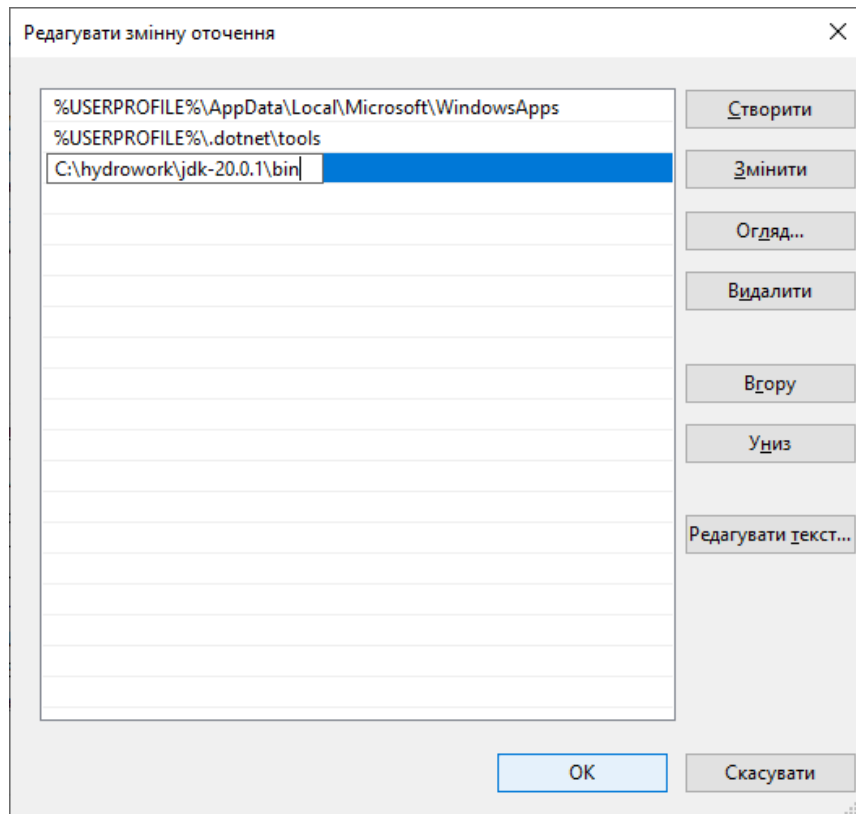


Рис. 5.17. Значення змінної оточення Path для налаштування Java

1.1.10. Закрийте всі попередньо відкриті вікна, Java встановлено

## 1.2. Встановлення Gradle

1.2.1. Завантажте архів gradle-8.1.1-bin.zip (додається)

1.2.2. Розархівуйте вміст архіву в папку c:\hydrowork

1.2.3. Натисніть комбінацію клавіш Windows + R, введіть в поле для вводу команди sysdm.cpl і натисніть OK (Рис. 5.18)

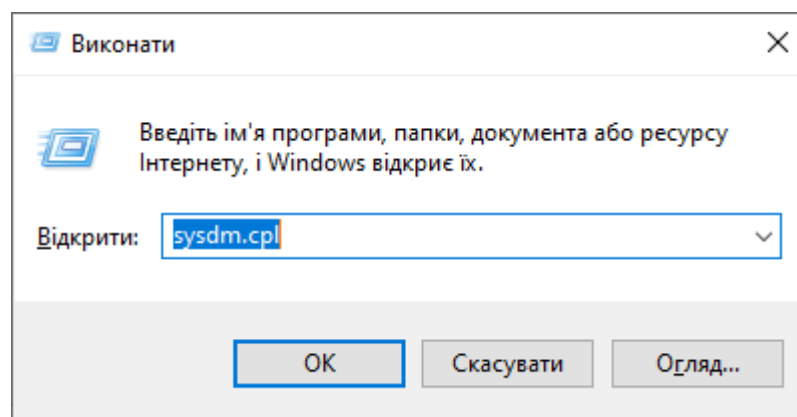


Рис. 5.18. Запуск меню налаштувань системи Windows



1.2.4. У вікні Властивості системи виберіть закладку Додатково і натисніть Змінні оточення (Рис. 5.19)

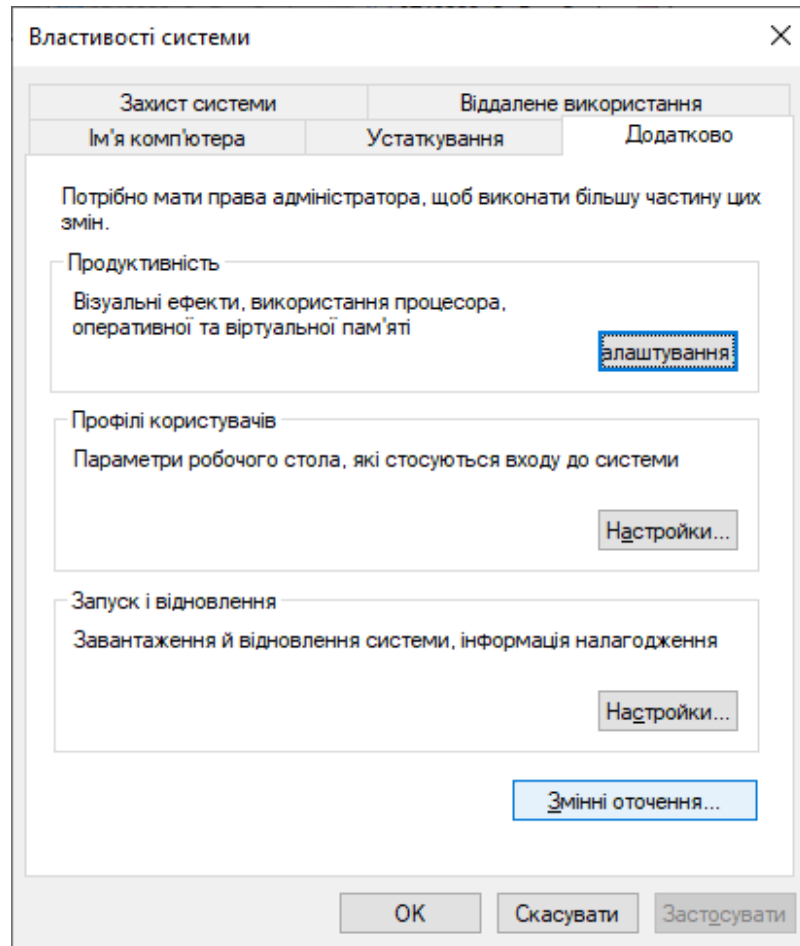


Рис. 5.19. Запуск налаштування змінних оточення Windows

1.2.5. У вікні Змінні оточення виберіть користувацьку змінну Path та натисніть Редагувати (Рис. 5.19)

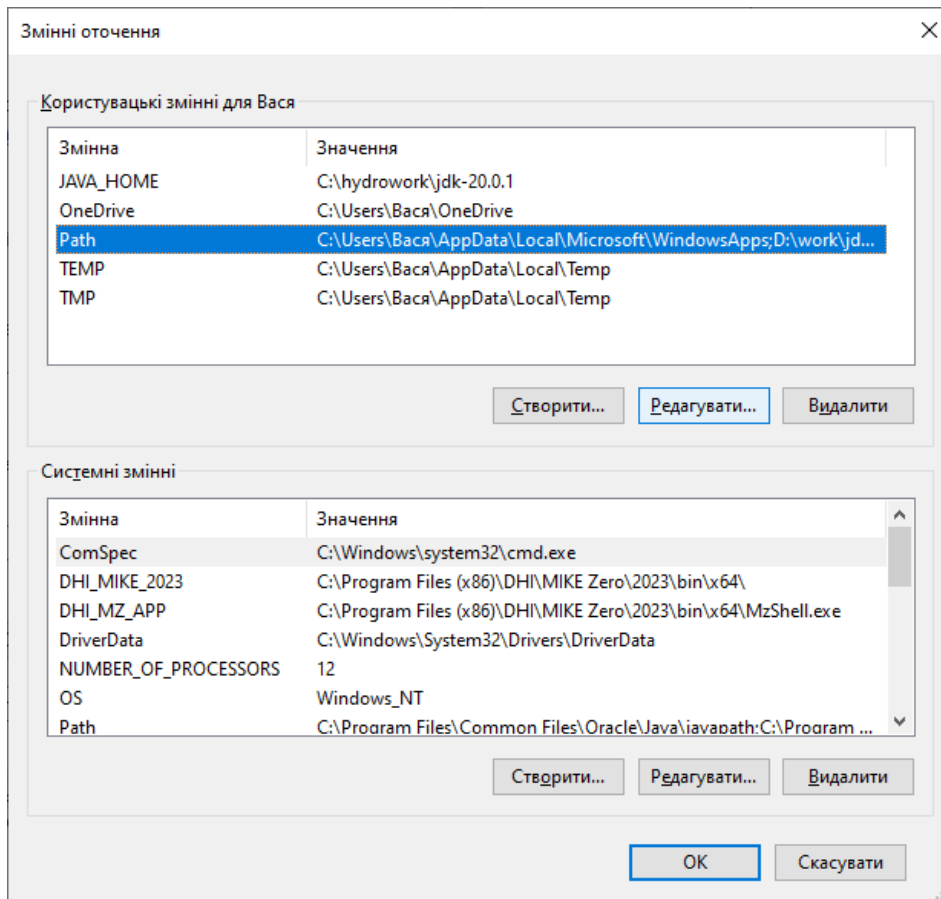


Рис. 5.19. Налаштування змінної оточення Path

1.2.6. У вікні, що з'явилося, натисніть Створити, введіть  
C:\hydrowork\gradle-8.1.1\bin та натисніть ОК (Рис. 5.20)

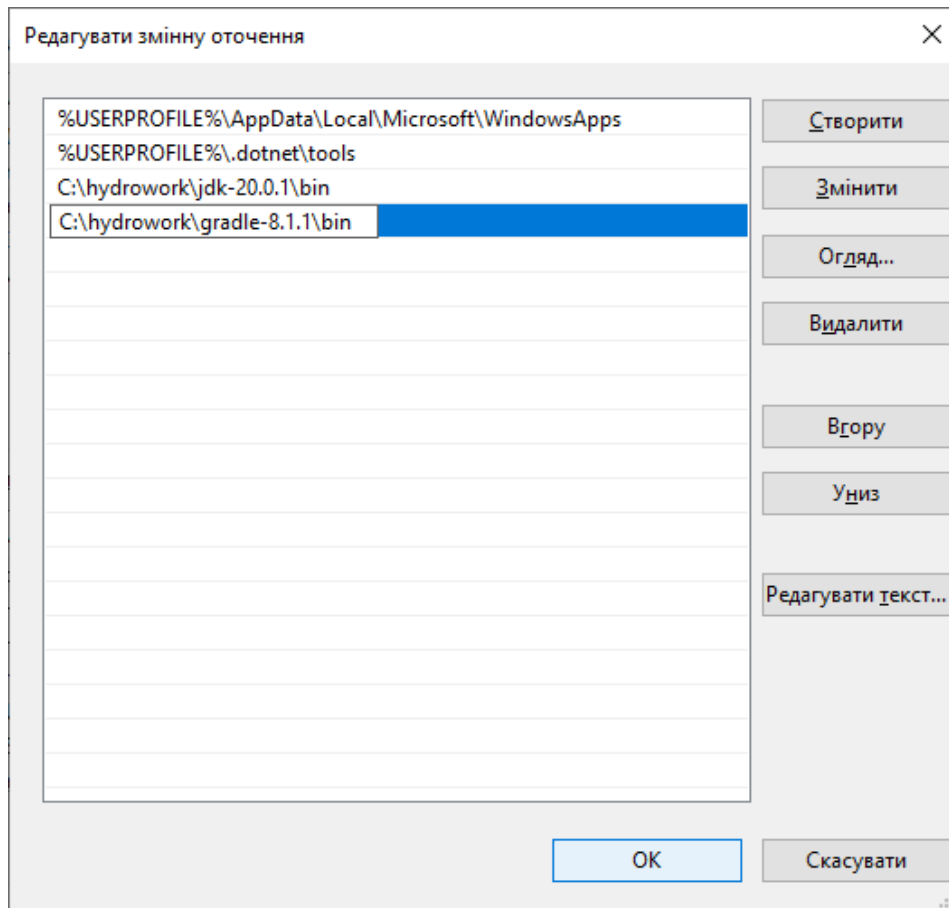


Рис. 5.20. Значення змінної оточення Path для налаштування Gradle

1.2.7. Закрийте всі попередньо відкриті вікна, Gradle встановлено

### 1.3. Встановлення та запуск binjr

1.3.1. Завантажте архів binjr.zip (додається)

1.3.2. Розархівуйте вміст архіву в папку c:\hydrowork

1.3.3. Перейдіть в папку c:\hydrowork\binjr, в рядку адреси введіть cmd та натисніть Enter (Рис. 5.21)

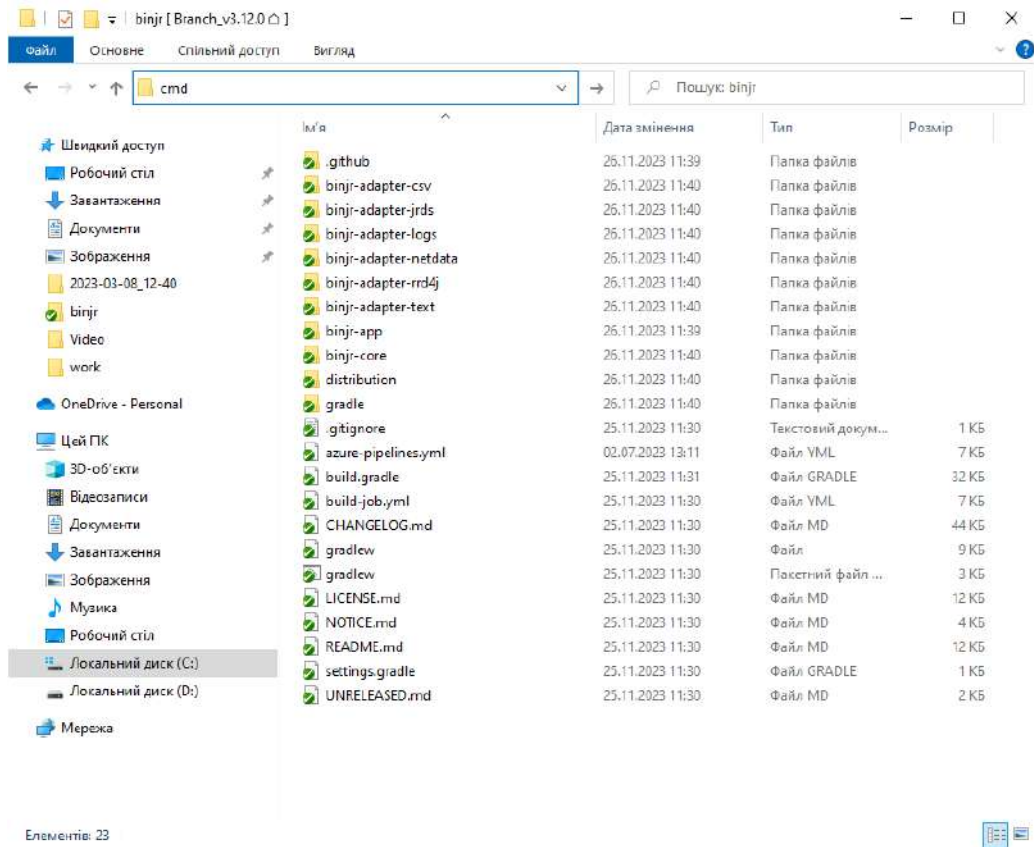


Рис. 5.21. Запуск консолі

1.3.4. У вікні консолі, що з'явилося, введіть команду `gradlew run` та натисніть `Enter` (Рис. 5.22)

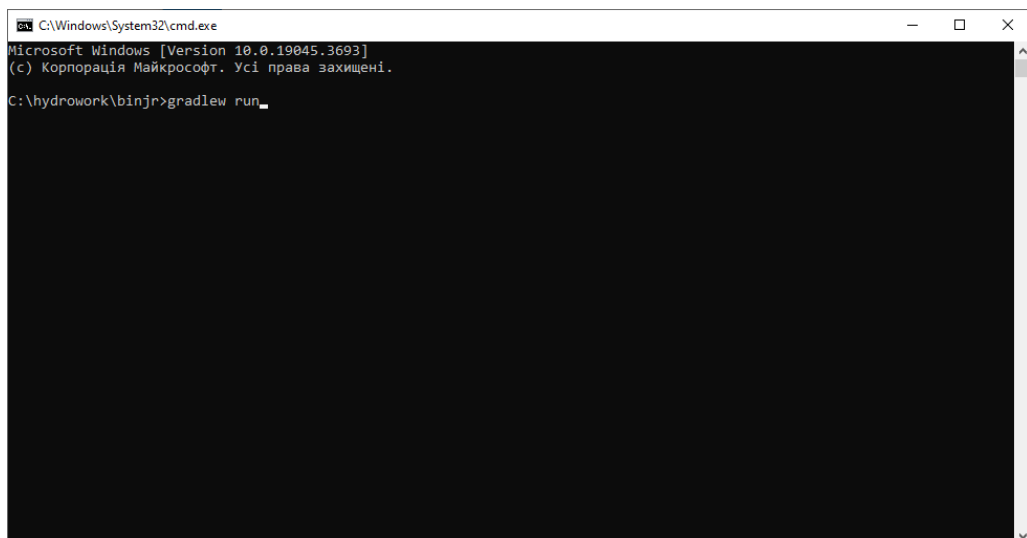


Рис. 5.22. Запуск binjr

1.3.5. Зачекайте декілька хвилин (час залежить від потужності ПК), після чого binjr готова до використання (Рис. 5.23)

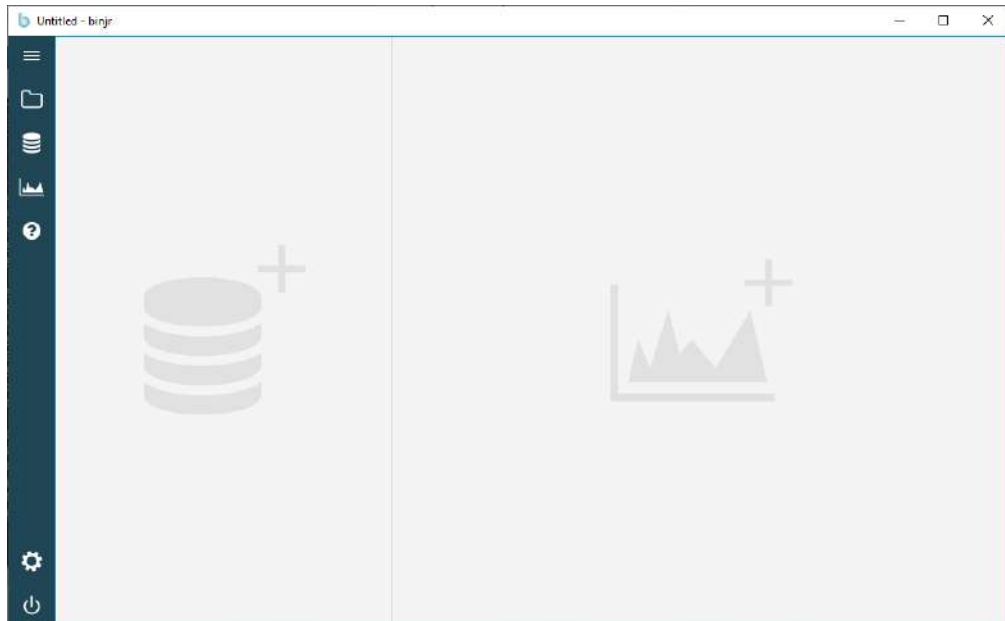


Рис. 5.23. Стартове вікно binjr

## 2. Використання binjr

### 2.1. Перегляд графіків витрат

2.1.1. Завантажте архів Danube-runoff-data.zip (додається)

2.1.2. Створіть папку C:\hydrowork\data та розархівуйте в неї вміст архіву (Рис 5.24)

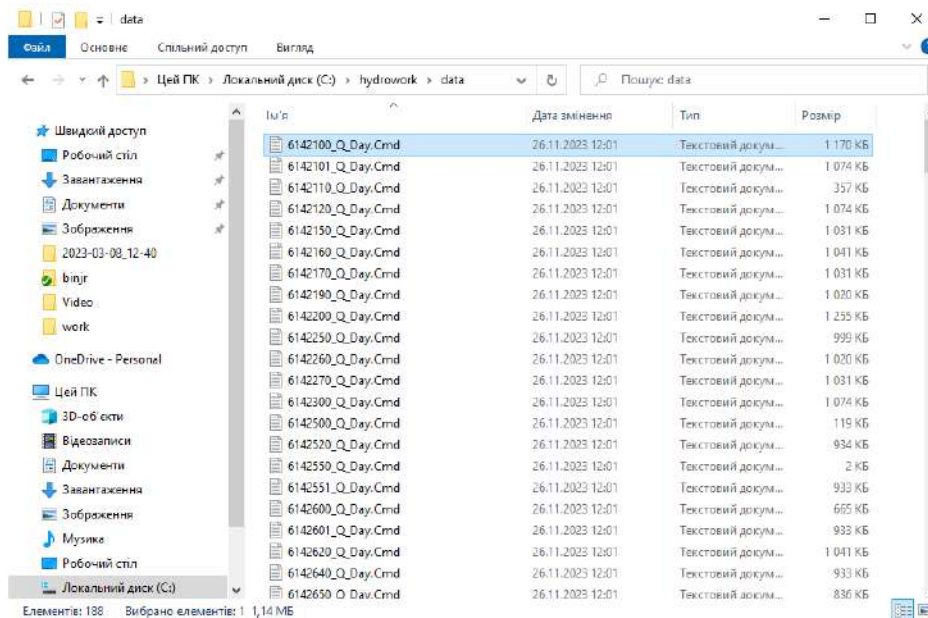


Рис. 5.24. Архів часових рядів GRDC

2.1.3. Перейдіть в binjr та натисніть Sources -> New Source -> CSV (Рис 5.25)

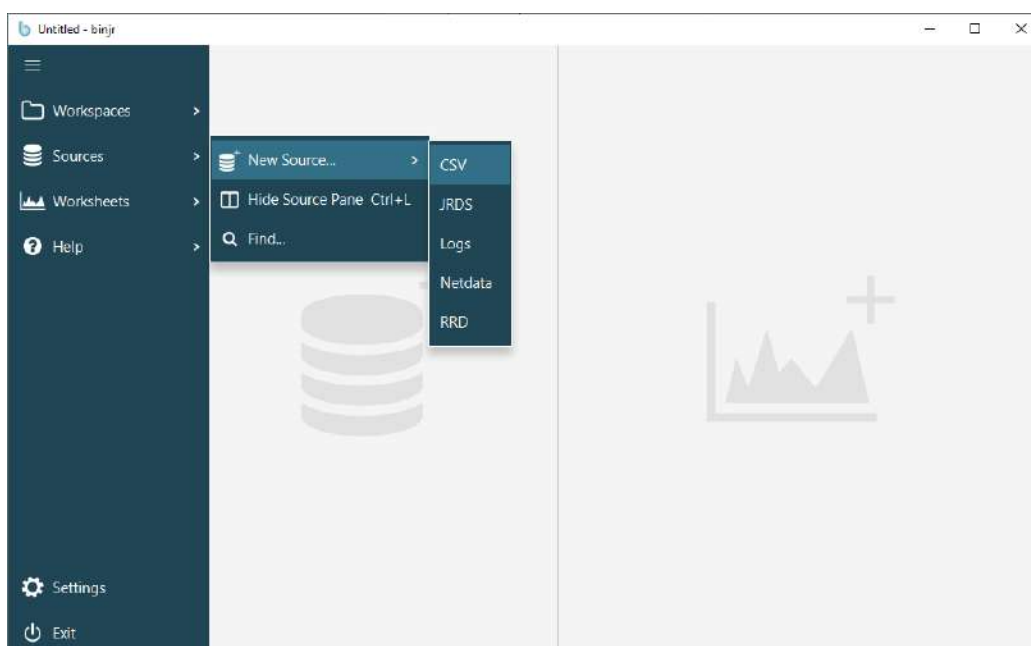


Рис. 5.25. Створення джерела даних в binjr

2.1.4. У вікні, що з'явилося, натисніть Browse (Рис. 5.26)

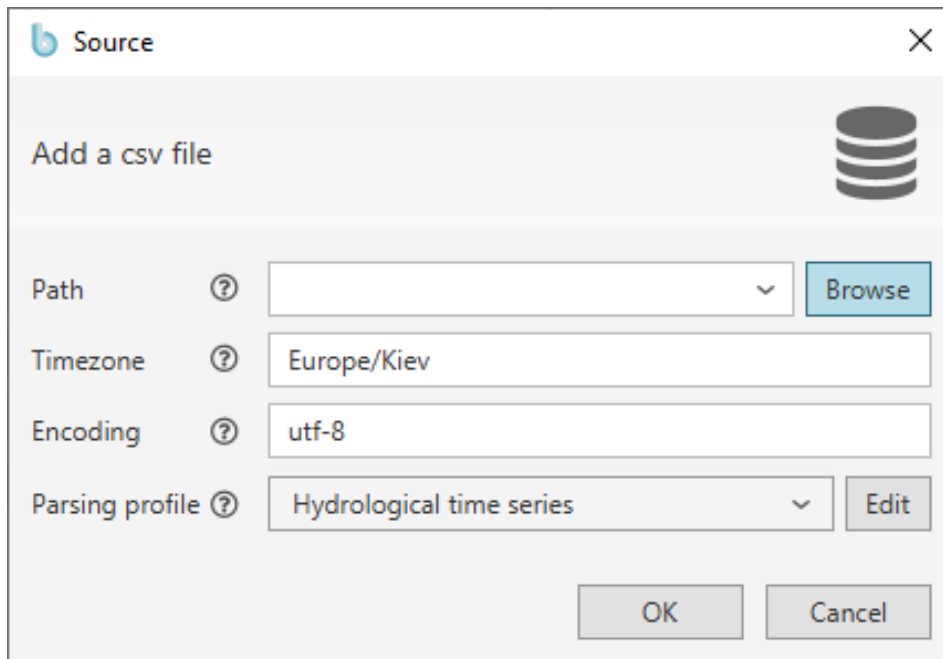


Рис. 5.26. Вікно додавання джерела даних binjr

2.1.5. У вікні, що з'явилося, перейдіть в папку C:\hydrowork\data та виберіть опцію All files (Рис. 5.27)

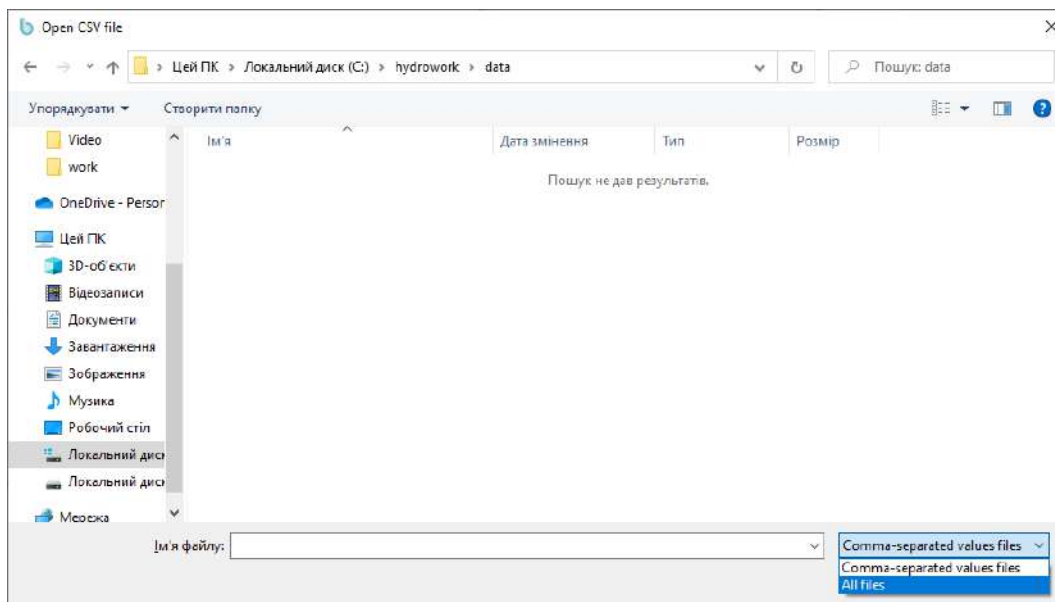


Рис. 5.27. Зміна типу файлів для додавання в якості джерела даних binjr

2.1.6. Виберіть файл з даними зі списку та натисніть Відкрити (Рис. 5.28)

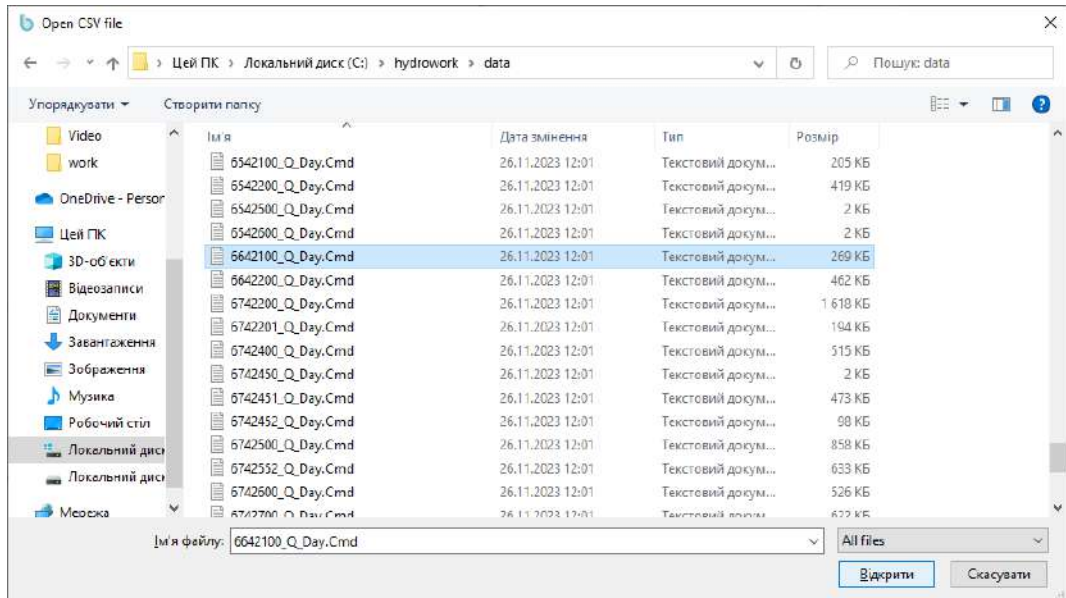


Рис. 5.28. Вибір файлу GRDC для додавання в якості джерела даних binjr

2.1.7. У вікні Source у полі Parsing Profile виберіть Hydrological time series та натисніть ОК (Рис. 5.29)

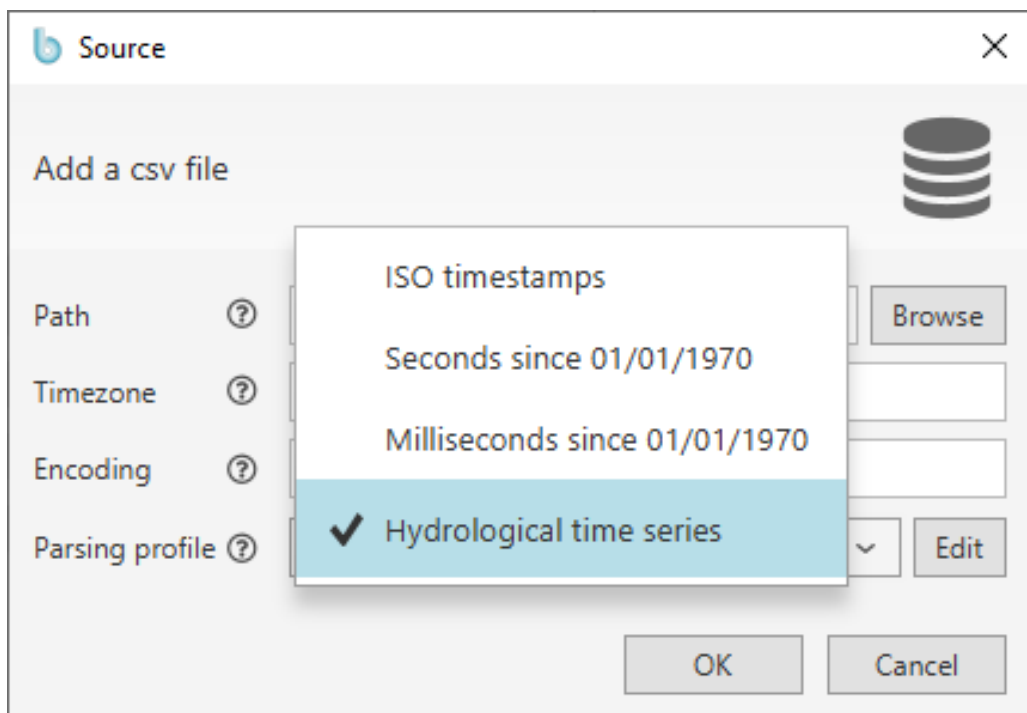


Рис. 5.29. Вибір типу джерела даних binjr

2.1.8. Натисніть Worksheets -> New Worksheet (Рис. 5.30)



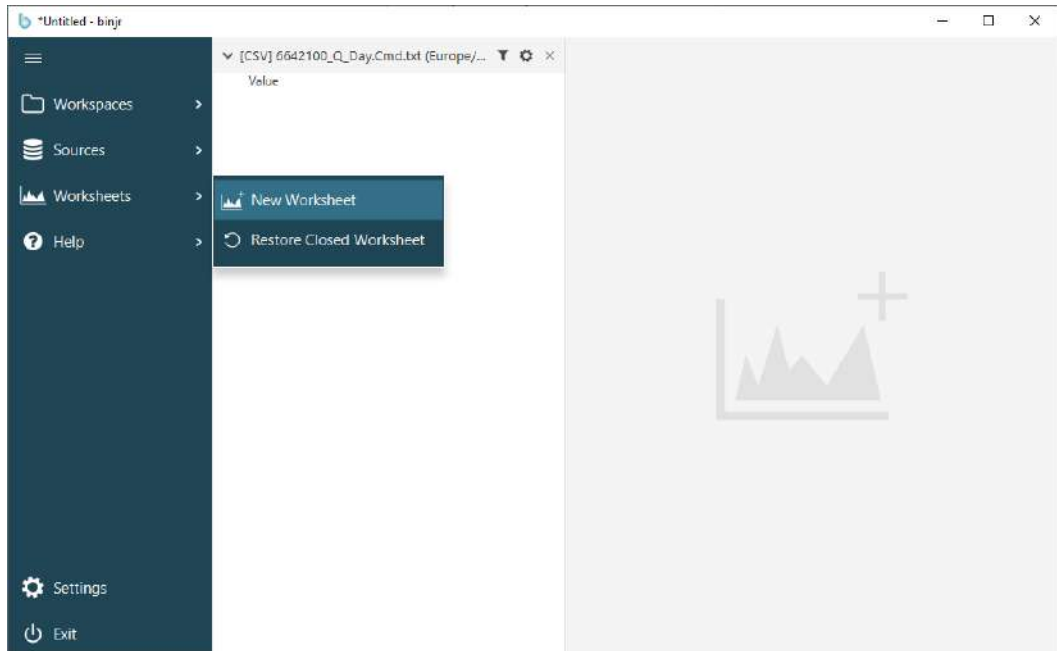


Рис. 5.30. Додавання панелі графіків binjr

2.1.9. Перетягніть елемент value на поле графіка лівою кнопкою миші (Рис. 5.30)

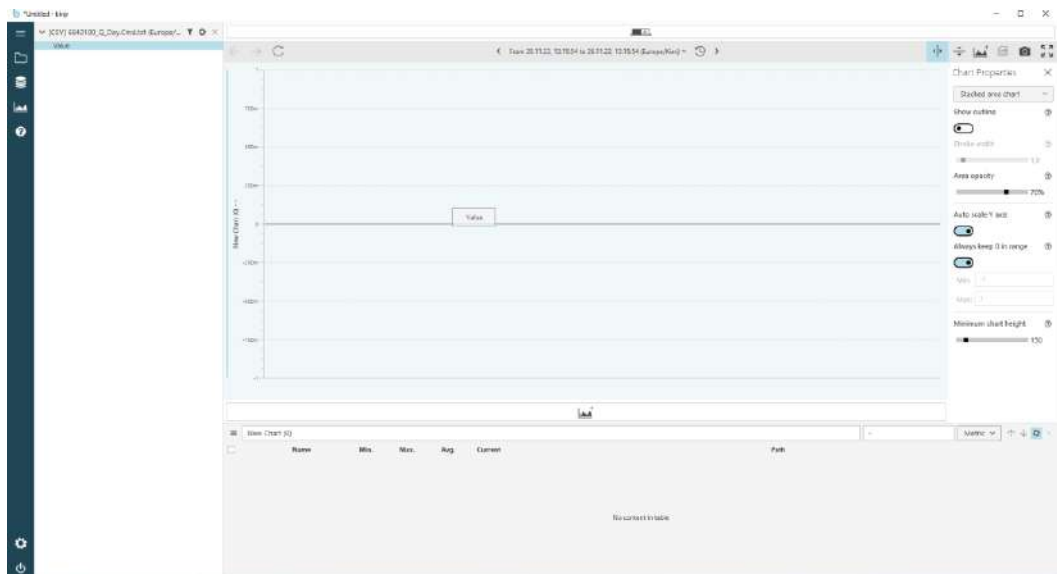


Рис. 5.30. Додавання джерела даних до панелі графіків binjr

2.1.10. На екрані з'явиться графік добової витрати води по відповідному гідропосту (деталі по якому саме можна взяти з файлу, який був вибраний на кроці 2.1.6) (Рис. 5.31). Графік можна

масштабувати та вибирати конкретну дату за допомогою миші, значення добової витрати за вибрану дату з'явиться у полі під графіком.

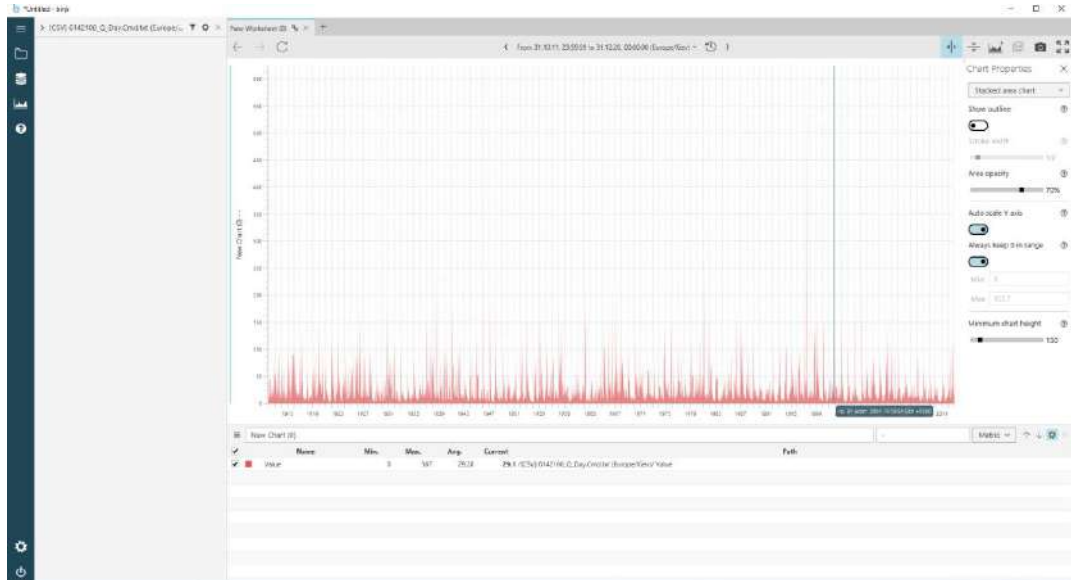


Рис. 5.31. Графік добової витрати води по вибраному гідропосту

## 2.2. Визначення номеру гідропоста для вибору необхідного файлу.

2.2.1. Відкрийте інтернет браузер та перейдіть на портал GRDC

<https://portal.grdc.bafg.de/applications/public.html?publicuser=PublicUser#dataDownload/Stations>

2.2.2. На мапі виберіть територію, яка вас цікавить, за допомогою переміщення та наближення (Рис. 5.32)

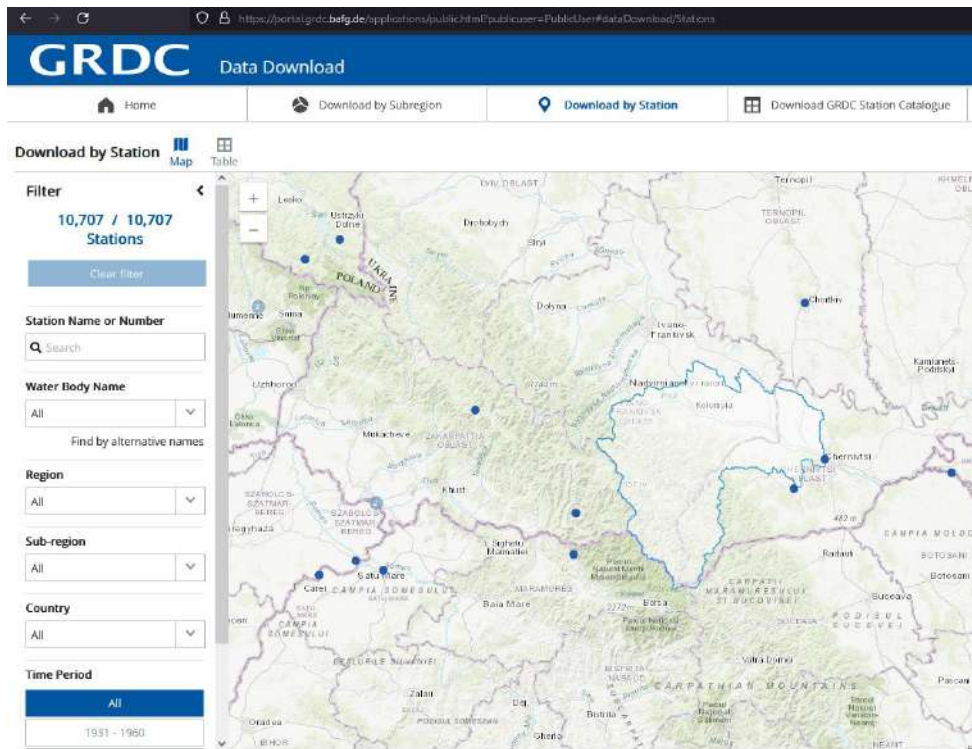


Рис. 5.32. Веб інтерфейс для вибору гідропоста GRDC

2.2.3. Натисніть на синю точку, яка позначає гідропост, щоб отримати інформацію про нього. Номер гідропоста буде відображений у спливаючому вікні (Рис. 5.33)

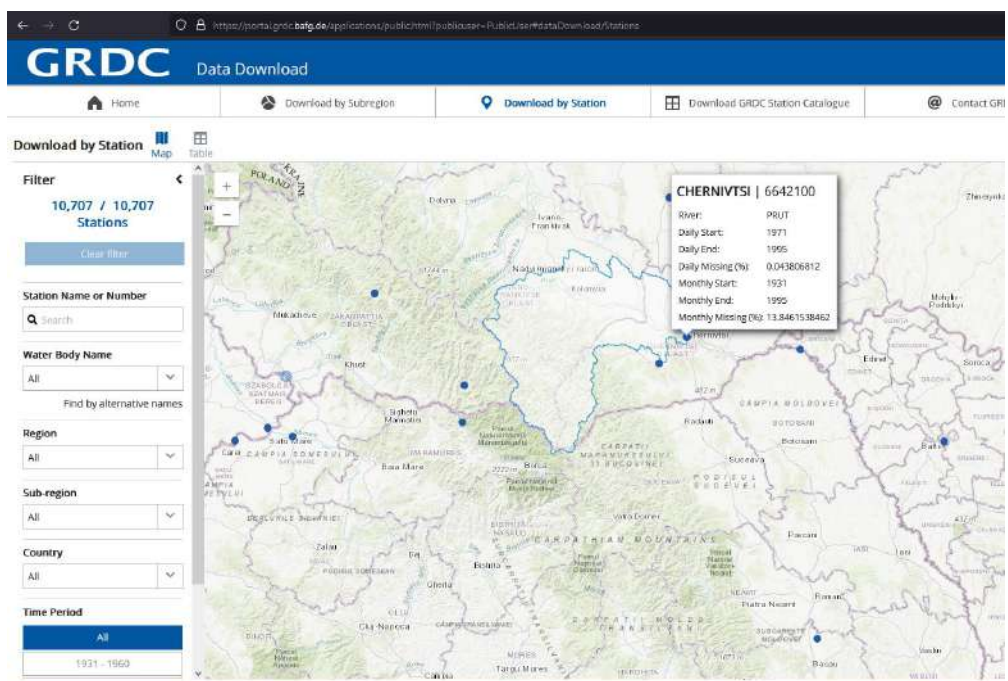


Рис. 5.33. Спливаюче вікно з даними по вибраному гідропосту GRDC

## 2.2.4. Знайдіть відповідний файл в папці C:\hydrowork\data (Рис. 5.34)

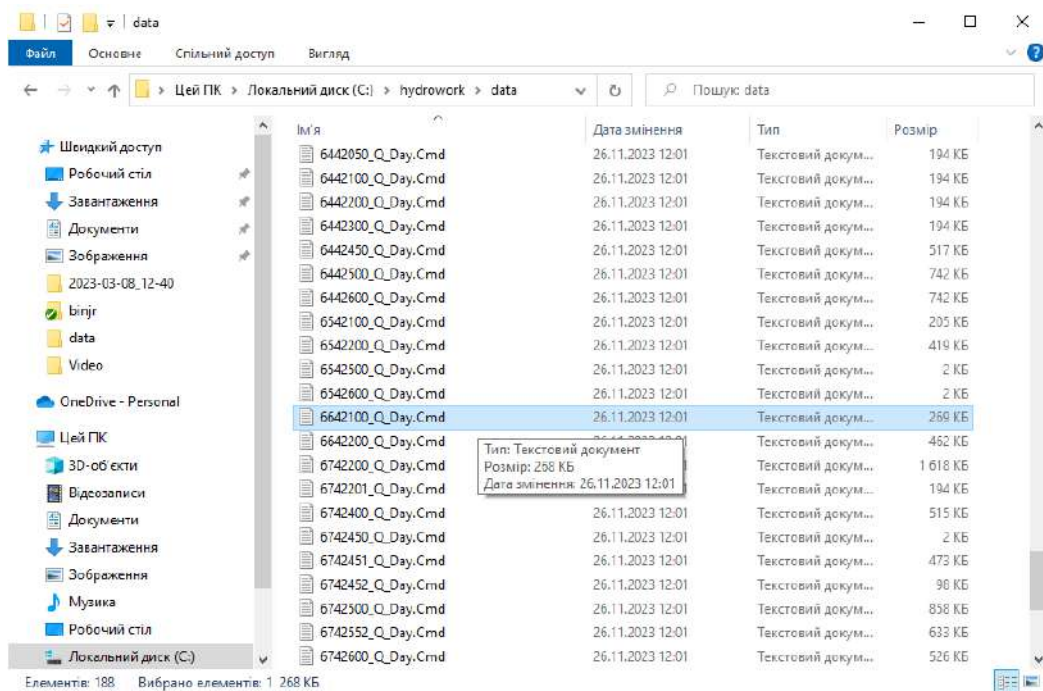


Рис. 5.34. Вибір файлу з часовими рядами витрати води для знайденого номеру гідропоста

## 2.3. Порівняння витрат по різних гідропостах

### 2.3.1. Виконайте кроки з розділу 2.1 для додавання графіку витрат для першого гідропоста (Рис. 5.35)



Рис. 5.35. Графік добової витрати води р. Дунай по гідропосту Богоево (Сербія)

2.3.2. Виконайте кроки 2.1.3 – 2.1.7 для додавання даних для другого гідропоста (Рис. 5.36)

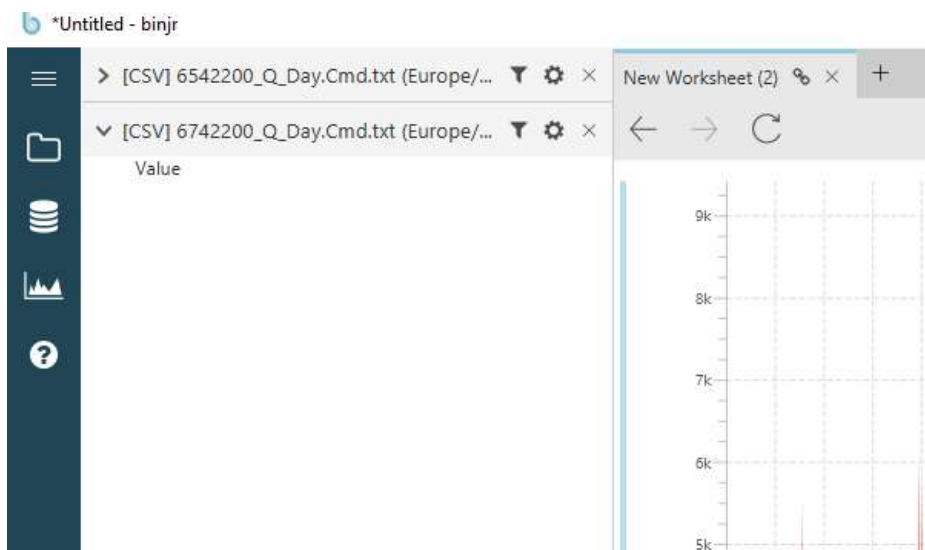


Рис. 5.36. Додавання другого джерела даних binjr

2.3.3. Натисніть правою кнопкою миші на елемент value даних другого гідропоста (доданого в п. 2.3.2) та виберіть Add to current worksheet -> New Chart (2) (назва графіка може відрізнятися) (Рис. 5.37)

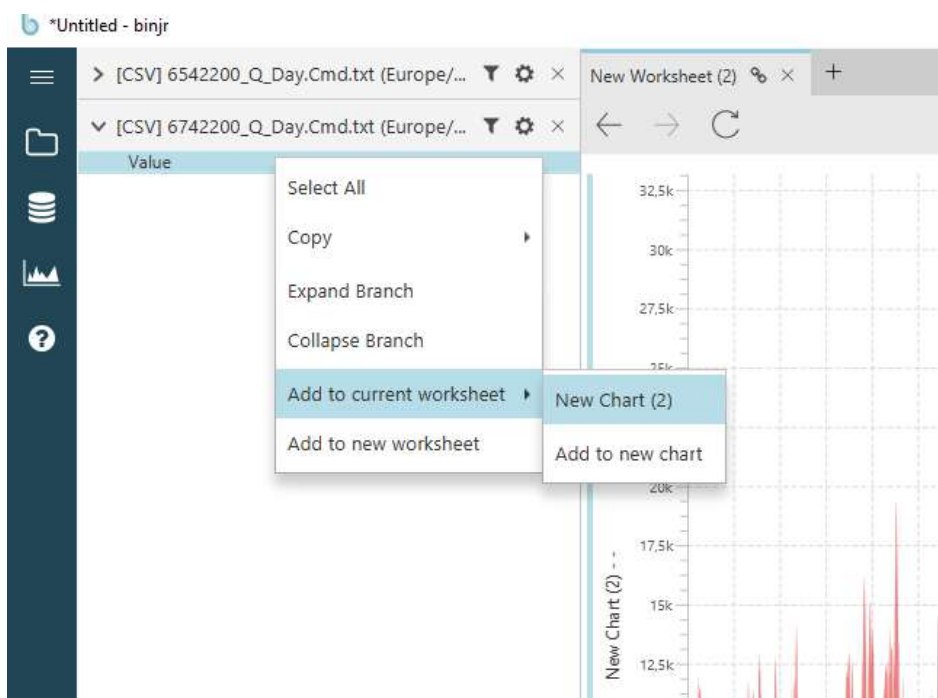


Рис. 5.37. Додавання ще одного джерела даних до раніше створеного графіка у binjr

### 2.3.4. На екрані з'являться 2 графіка (Рис. 5.38)



Рис. 5.38. Вигляд вікна binjg для перегляду графіків із декількох джерел одночасно

### 2.3.5. Для більшої наочності виберіть інший колір для другого графіка та ввімкніть опцію Show outline (Рис. 5.39)

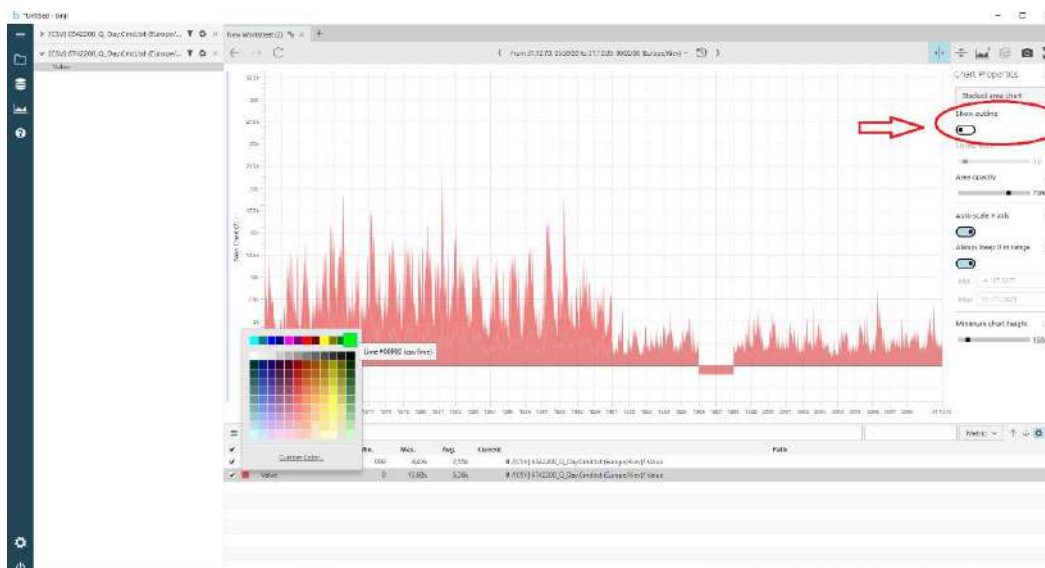


Рис. 5.39. Налаштування binjg для одночасного перегляду декількох графіків

2.3.6. В результаті графіки витрат по різних гідропостах готові до порівняння (Рис. 5.40)

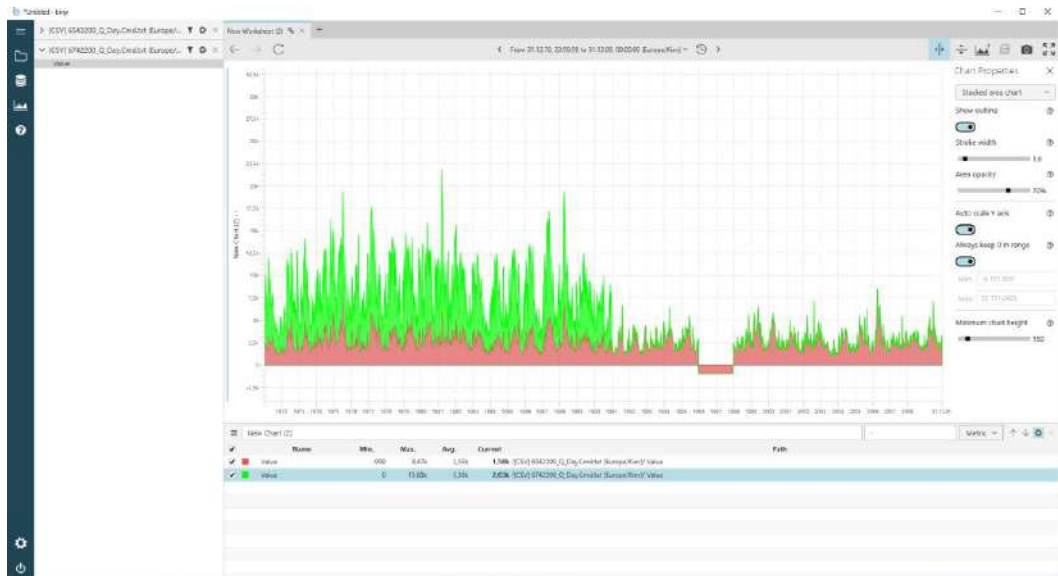


Рис. 5.40. Порівняння двох часових рядів витрати води у binjr

## 2.4. Приклади застосування

2.4.1. Пік весняного водопілля на Дунаї 10 квітня 2006 року (гідропост Богоєво, Сербія) (Рис. 5.41)

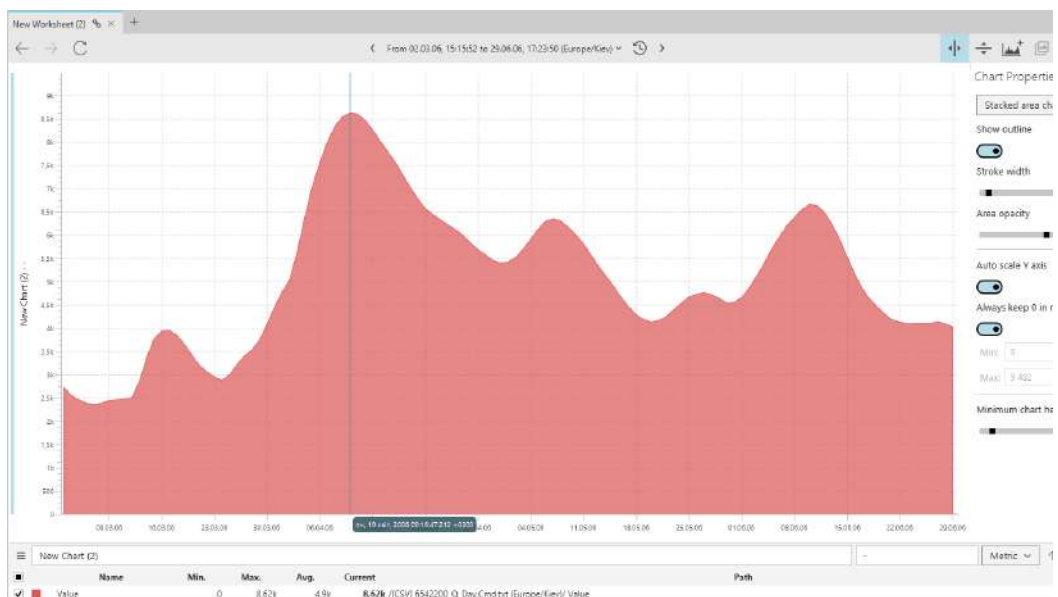


Рис. 5.41. Графік добових витрат води р. Дунай у період з березня по червень 2006 року по гідропосту Богоєво (Сербія)

2.4.2. Затримка піку липневого паводку 1975 року на Дунаї між гідропостами Богоєво, Сербія (червоний) та Оршова, Румунія (зелений) (Рис. 5.42)

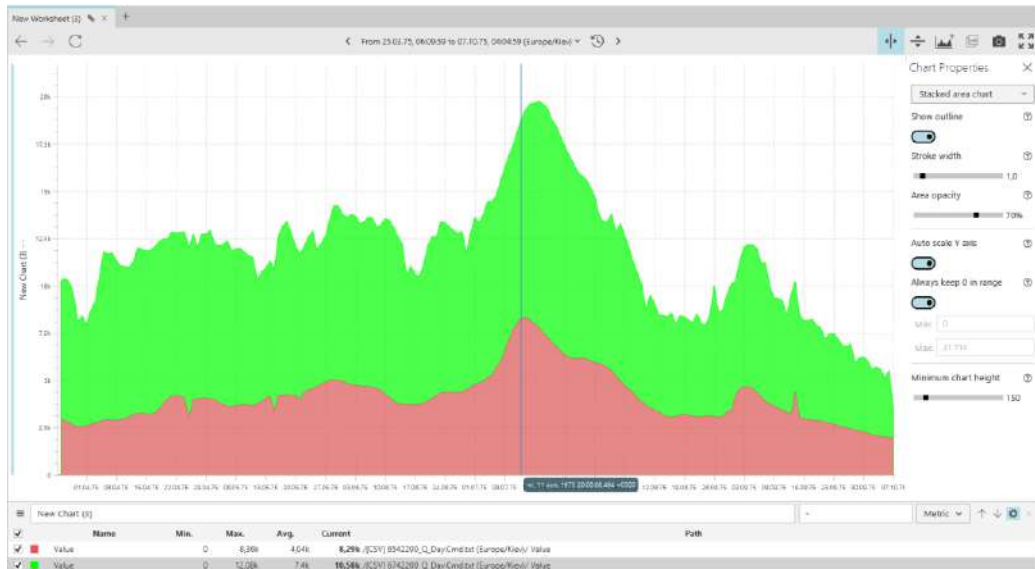


Рис. 5.42. Порівняння графіків витрат води р. Дунай під час весняного водопілля 1975 року по гідропостах Богоєво (Сербія) та Оршова (Румунія)

Також можна звернути увагу на величезну різницю в середньому показнику витрати по даних гідропостах. Це пов'язано в першу чергу з тим, що гідропост Богоєво розташований вище гирла Тиси, а гідропост Оршова розташований нижче гирла Тиси.

### 5.3. Моделювання процесів на основі баз даних гідрологічної інформації

Гідрологічні дані є важливим джерелом інформації для моделювання гідрологічних процесів. Вони дозволяють розуміти та прогнозувати рух води, водний баланс, повені, стік річок та інші гідрологічні явища. Для використання гідрологічних даних у моделюванні процесів рекомендується дотримуватись таких кроків:



- Вибір моделі: Оберіть модель, яка найкраще відповідає вашим потребам та дослідницьким цілям. Існують різні гідрологічні моделі, включаючи фізичні моделі, статистичні моделі та гідрологічні моделі на основі штучних нейронних мереж. Вибір моделі залежить від ваших ресурсів, доступної інформації та специфіки дослідження.
- Конфігурація моделі: Налаштуйте параметри моделі відповідно до ваших дослідницьких питань та даних, які ви маєте. Це може включати параметри, що описують географічні особливості досліджуваної території, характеристики ґрунтів, властивості рослинності, кліматичні умови тощо.
- Виконання моделювання: Запустіть модель з використанням підготовлених даних та налаштованих параметрів. Модель буде розраховувати різні гідрологічні характеристики, такі як рівень води, стік річок, водний баланс та інші, залежно від своєї структури та алгоритмів.
- Валідація та коригування: Перевірте результати моделювання на відповідність спостережуваним гідрологічним даним. Якщо результати відрізняються, можливо, потрібно внести коригування в параметри моделі або в самі дані.
- Аналіз та інтерпретація: Оцініть та проаналізуйте результати моделювання, щоб отримати більш глибоке розуміння гідрологічних процесів. Інтерпретуйте вплив різних факторів та змінних на розглянуті гідрологічні явища.

Гідрологічні дані можуть бути використані для розробки та покращення гідрологічних моделей, прогнозування водних ресурсів, управління водними системами, вивчення екологічних аспектів та прийняття рішень у галузі водних ресурсів.

Моделювання здійснюється за допомогою спеціалізованих програмних комплексів, мною було обрано комплекс Mike Hydro, який надає безкоштовну

академічну ліцензію для студентів вищих навчальних закладів терміном на 1 рік. Результати дослідження будуть відображені у дипломній роботі.

Приклад моделювання на основі Mike Flood:

MIKE FLOOD - унікальний інструмент для професійного моделювання повеней. Він включає в себе широкий вибір спеціалізованих механізмів 1D та 2D моделей, що дає змогу моделювати будь-яку проблему повеней, будь то річки, заплави, затоплення вулиць, дренажні мережі, прибережні зони, дамби, прориви дамб, тощо.

Основними елементами MIKE FLOOD є добре перевірені моделі, MIKE HYDRO River для річок, MIKE+ для систем збору та MIKE 21 для 2D поверхневого стоку.

Розглянемо приклад використання MIKE FLOOD для системи моделювання повені в річковому басейні:

MIKE FLOOD WATCH — це система підтримки прийняття рішень для прогнозування в реальному часі, яка об'єднує керування даними, моніторинг, інструменти моделювання розповсюдження повені в єдиному зручному середовищі (ESRI ArcMap GIS).

Програмний комплекс може запускатися автоматично, вручну або в комбінованому режимі. Крім того, його можна налаштувати за допомогою вбудованих засобів Visual Basic.

Цю систему можна використовувати для аналізу даних, імпортованих у режимі реального часу з ряду зовнішніх джерел, включаючи точкові спостереження та дані на основі сітки з моделей погоди, радіолокаційних і супутникових зображень (Рис. 5.43).

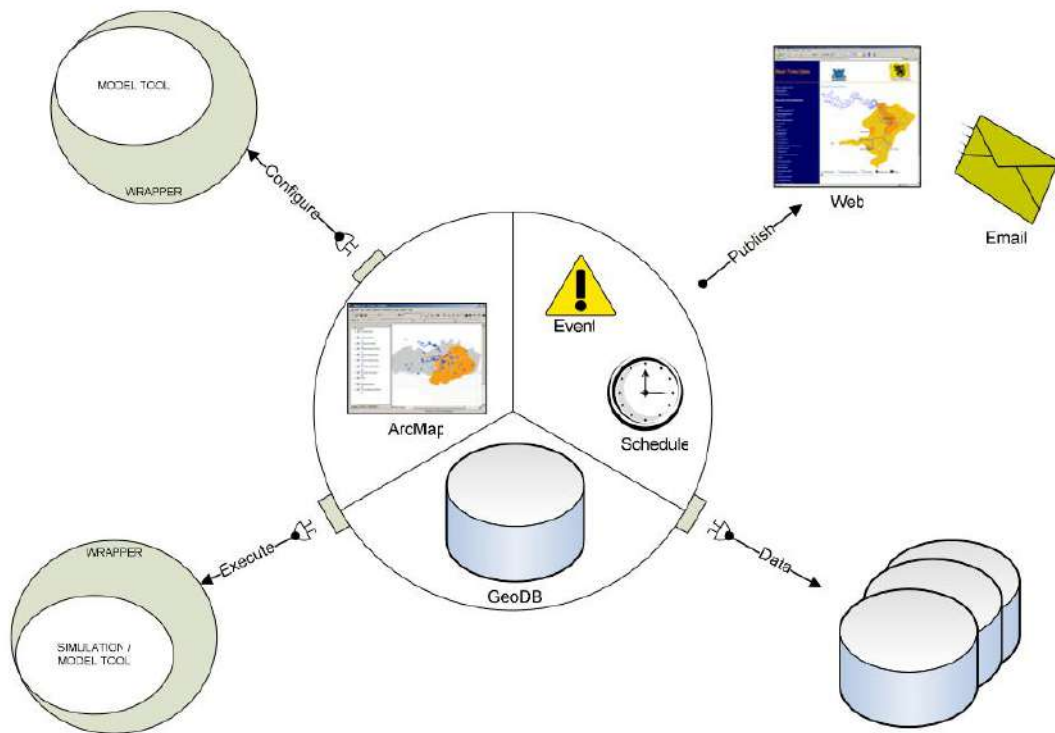


Рис. 5.43 Концептуальна схема Mike Flood Watch (DHI)

Користувач може вказати процедури контролю якості для кожного потоку даних і посилатися на загальні комерційні механізми баз даних. Система підтримує низку інструментів моделювання від різних постачальників, включаючи 1D і 2D гідрологічні та гідравлічні механізми прогнозування та моделі з екологічним фокусом.

Однією з основних складових системи є дані, серед яких можна окремо виділити часові ряди витрати води в басейні річки.

Програмний комплекс Mike Hydro включає в себе інструмент Time Series Editor для роботи з часовими рядами витрати води (runoff time series). Він входить до складу програмного модуля для конфігурації моделі (Рис. 5.44)

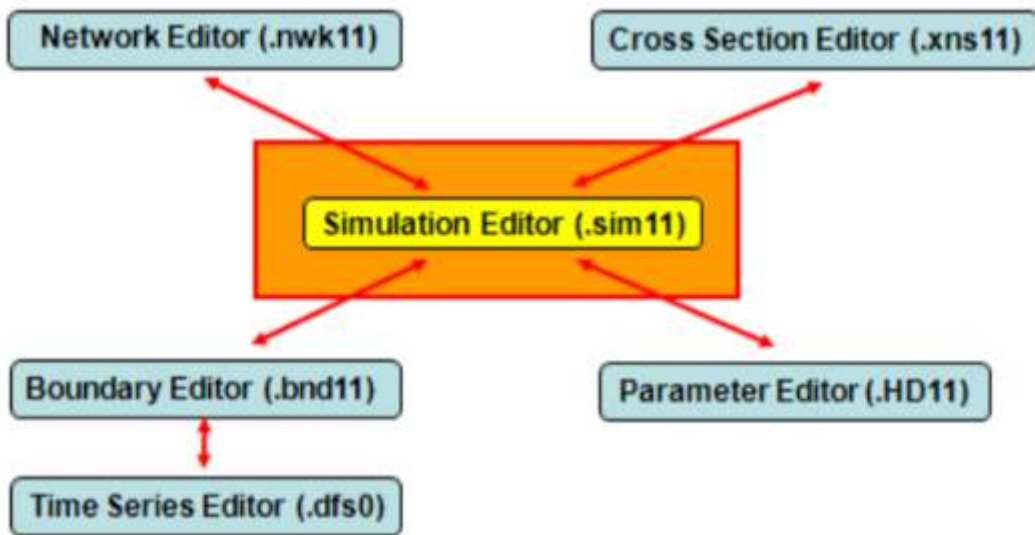


Рис. 5.44 Складові модуля конфігурації моделі MIKE11

Робота з MIKE11 Time series editor:

1. Для створення файлу часових рядів потрібно перейти у меню File -> New -> File -> MIKE Zero та обрати Time Series (.dfs0) (Рис. 5.45)

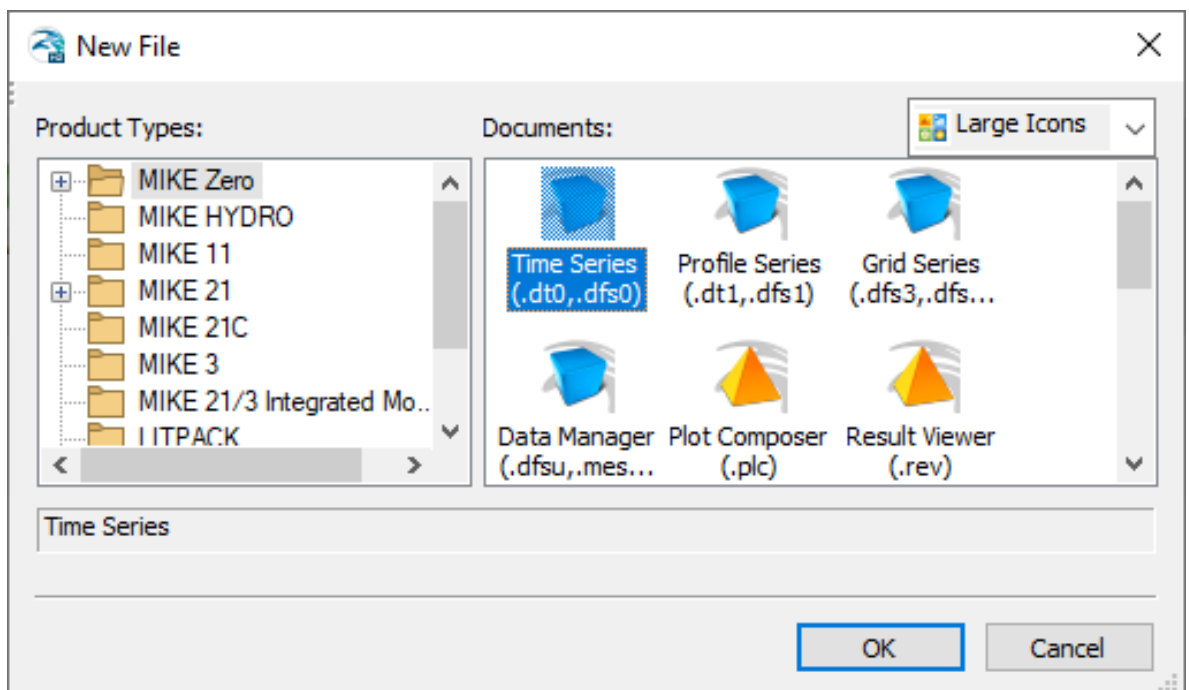


Рис. 5.45. Створення файлу часових рядів в MIKE11

2. Для імпорту часових рядів з стороннього джерела (наприклад з даних GRDC) потрібно обрати тип “From Ascii file”, обрати текстовий файл з даними, та натиснути ОК (Рис. 5.46)

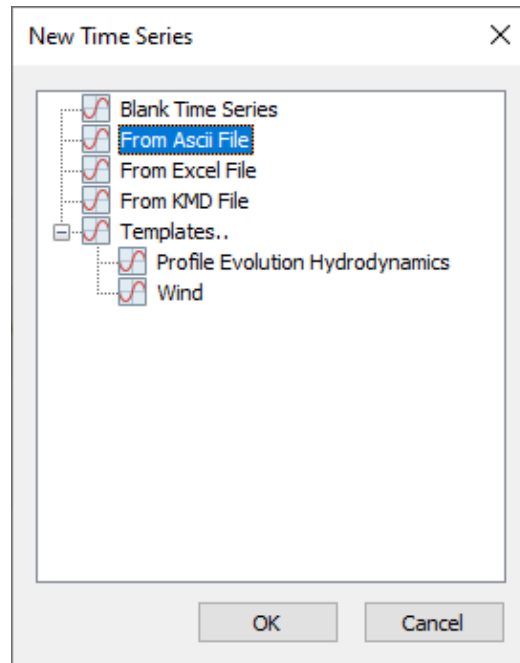


Рис. 5.46. Вибір імпорту даних

3. Для налаштування імпорту файлу даних GRDC необхідно заповнити наступні поля у вікні імпорту (Рис. 5.47):
- Delimiter: значення “Semicolon”
  - Decimal Separator: значення “Dot”
  - Item Type: в пункті Same item type for all variables обрати значення Discharge
  - Unit type: в пункті Same unit for all items обрати значення  $\text{meter}^3/\text{day}$
  - Value type: в пункті Same value type for all items обрати значення Accumulated
  - Item description row: значення 37
  - Data start row: значення 38
  - Delete value is not empty value: відмітити
  - Use delete value: значення -999

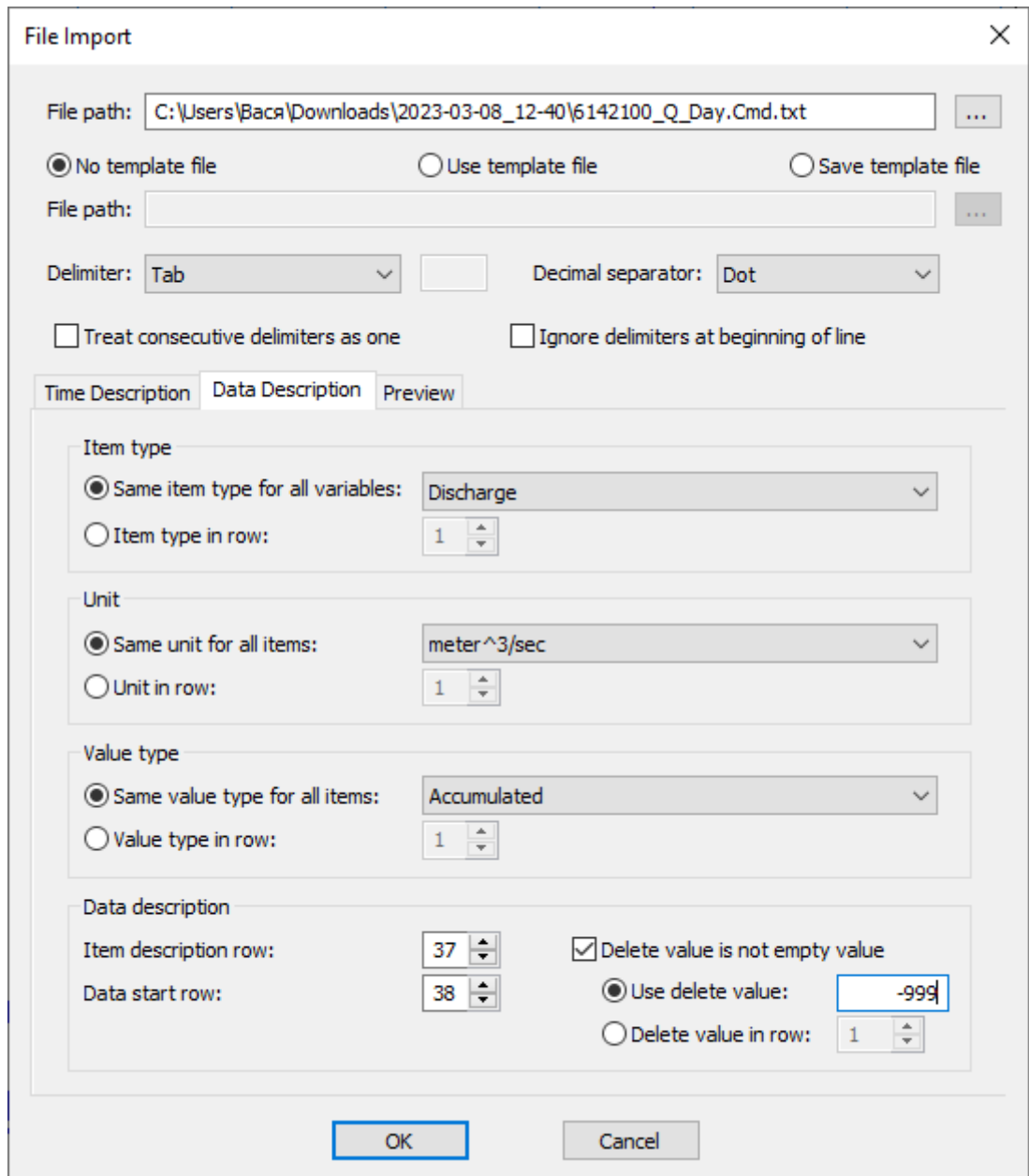


Рис. 5.47. Імпорт даних GRDC

4. Для перегляду часових рядів можна використовувати як графічну панель, так і табличне представлення (Рис. 5.48)

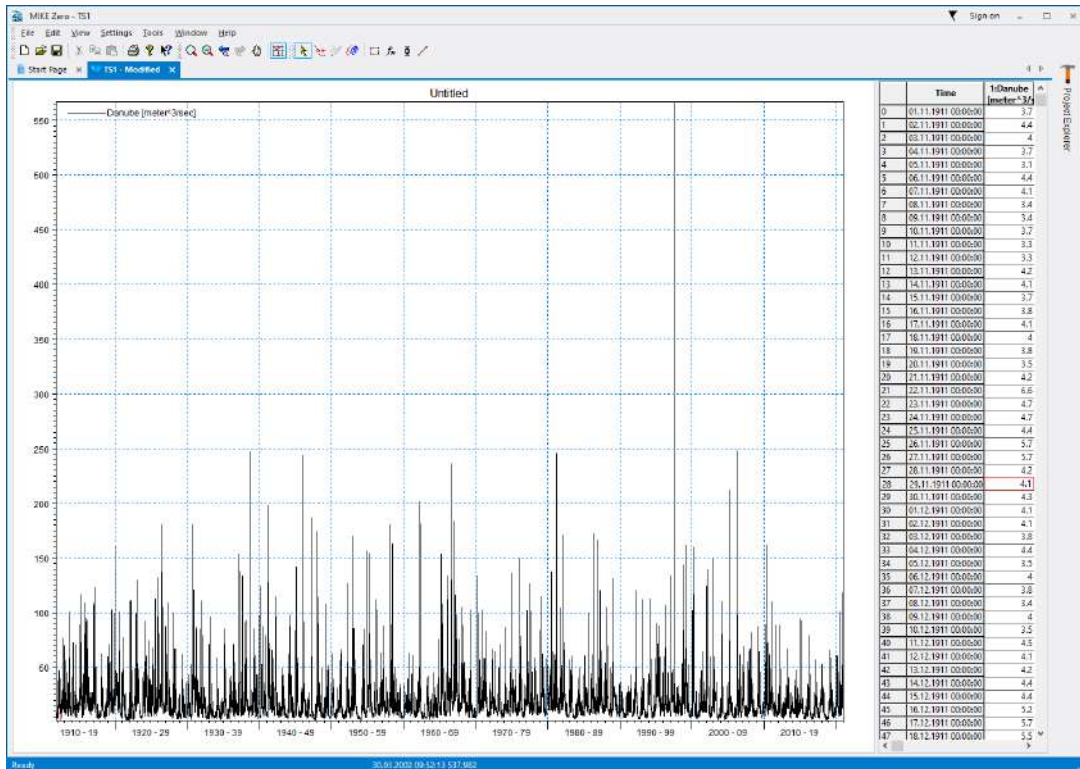


Рис. 5.48 Перегляд даних по стоку води в MIKE Hydro Time Series Editor

- Для маніпуляцій з графіком потрібно використовувати кнопки на панелі інструментів (Рис. 5.49)

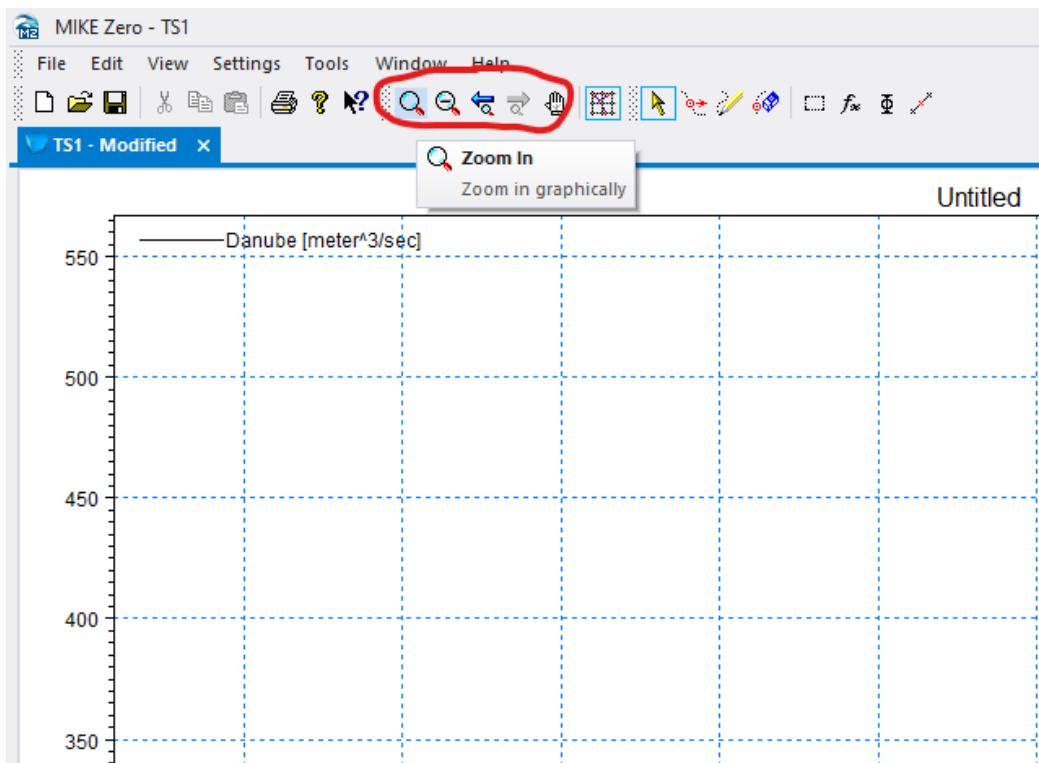


Рис. 5.49 Панель інструментів для маніпуляцій з графіком

## 6. Вигляд масштабованого графіка (Рис. 5.50)

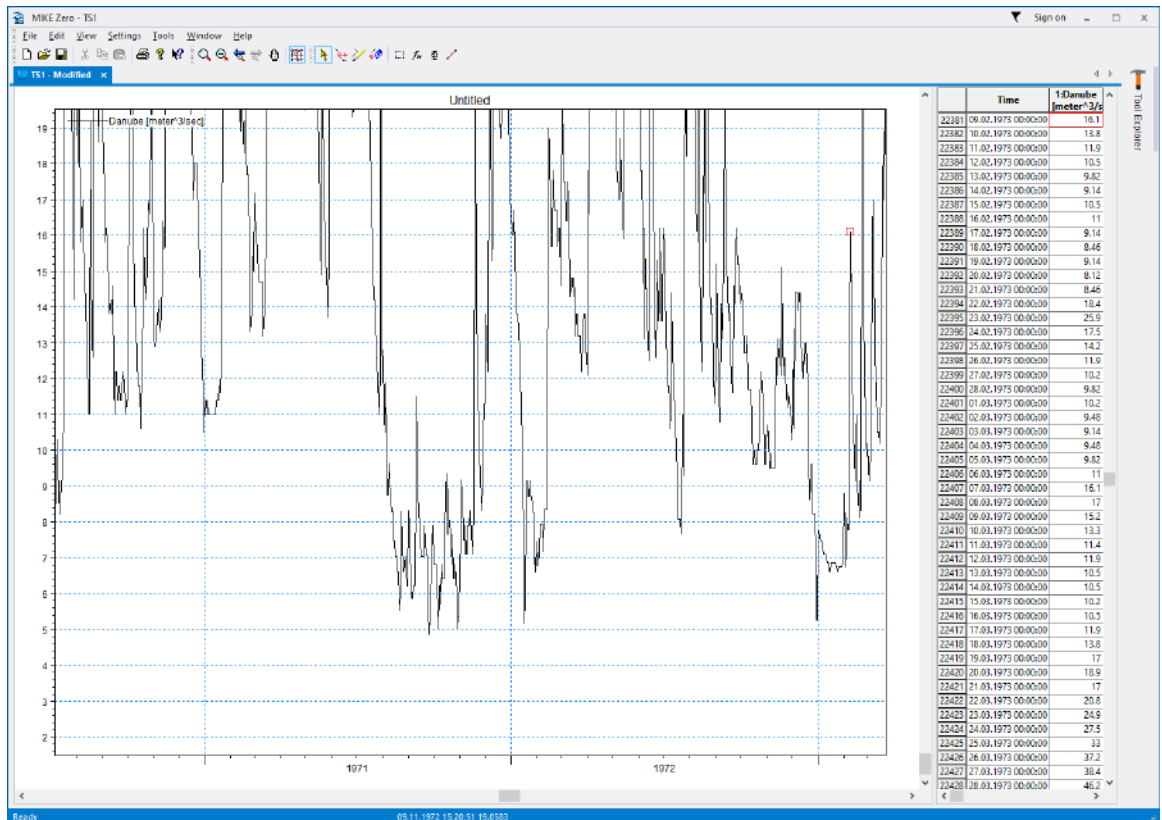


Рис. 5.50 Масштабований графік витрат води

7. Для додавання нового параметра можна скористатися меню властивостей. Щоб перейти до меню властивостей необхідно зайти в меню Edit та натиснути Properties (Рис. 5.51)



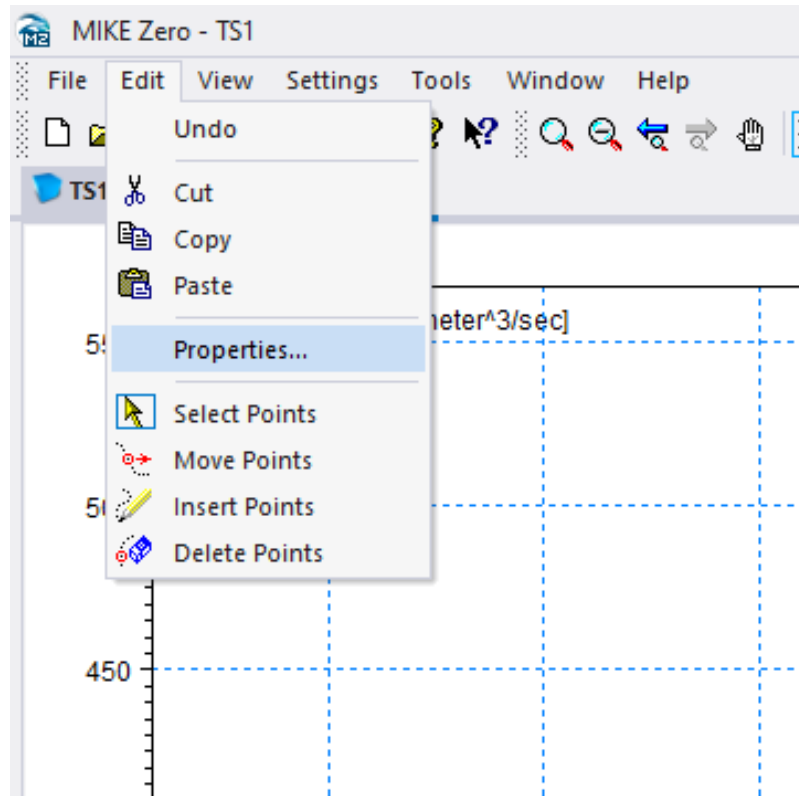


Рис. 5.51 Перехід в меню властивостей часового ряду.

8. В меню властивостей є можливість додати ще один параметр часового ряду натиснувши Append (Рис. 5.52)

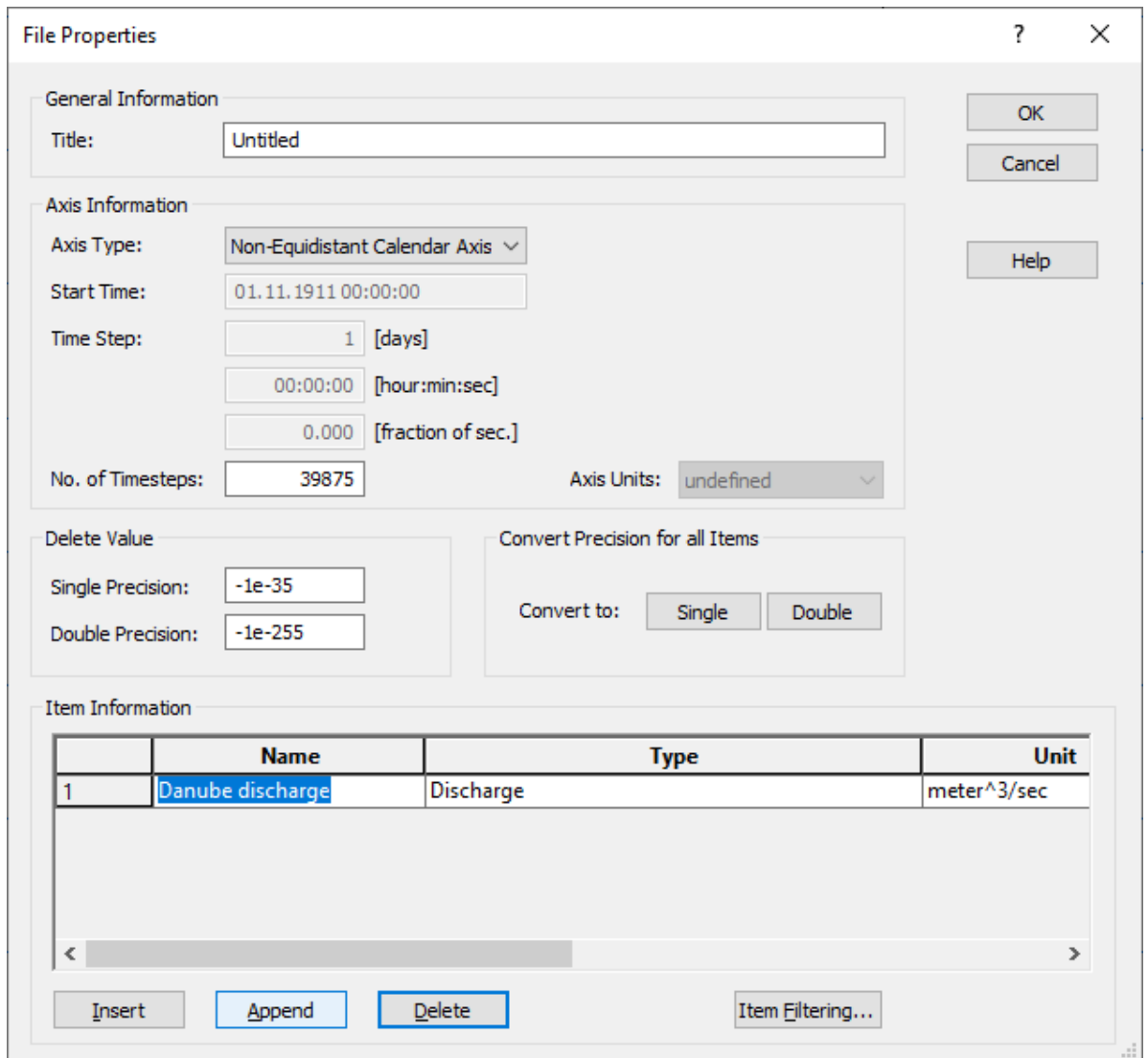


Рис. 5.52. Вікно властивостей часового ряду

9. Необхідно заповнити всі значення для нового параметру, наприклад для добової витрати води (Рис. 5.53)

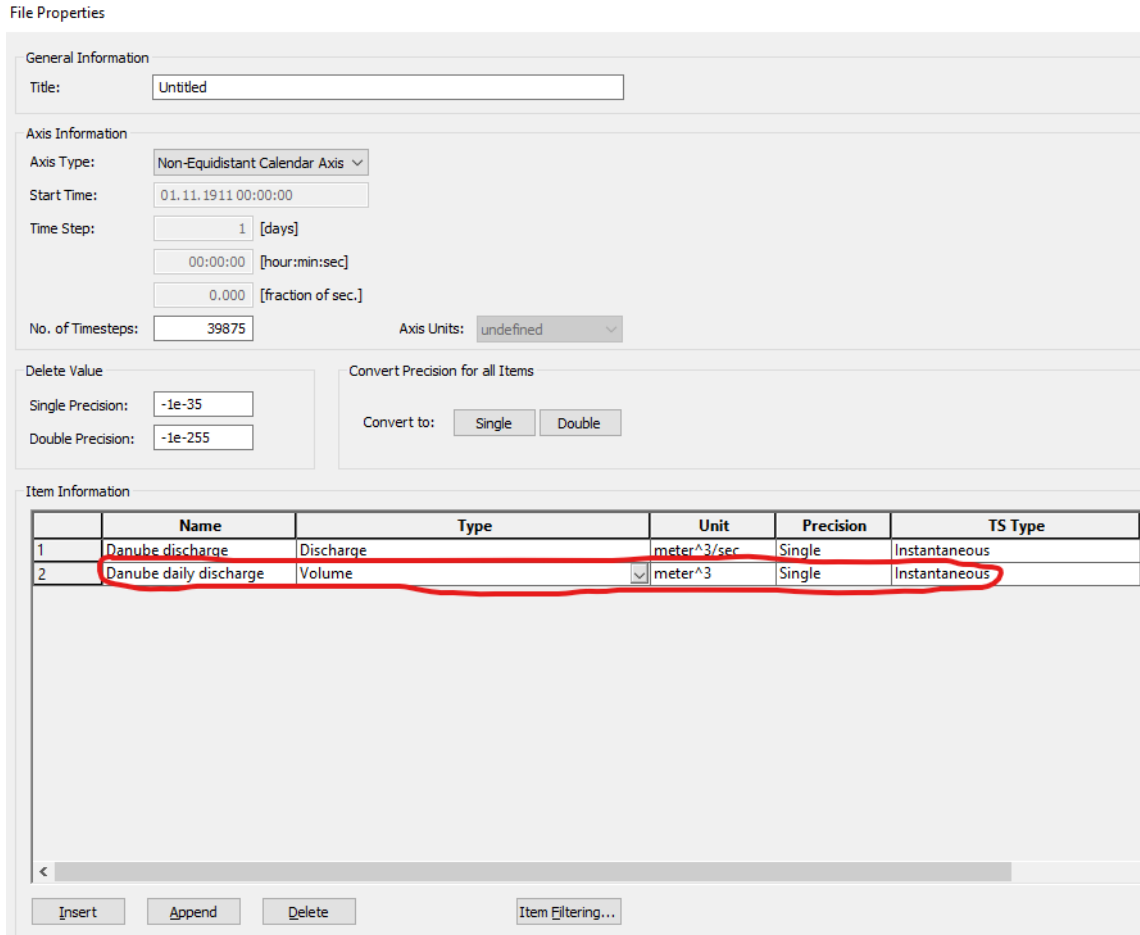


Рис. 5.53. Додавання параметра витрати води за добу

10. Для додавання обрахунку добової витрати води потрібно перейти на вікно Calculations... (Рис. 5.54)

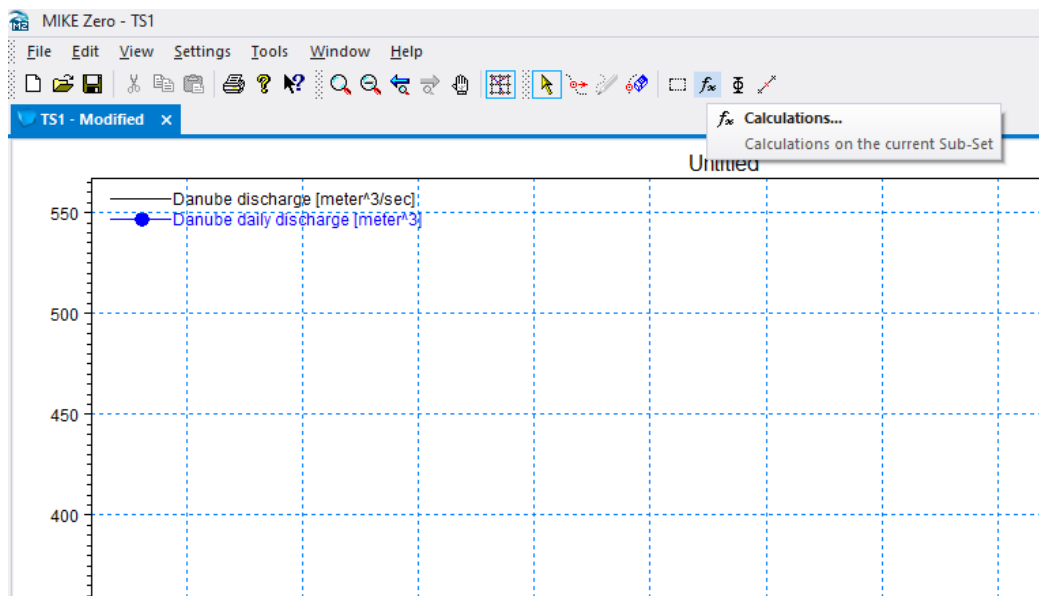


Рис. 5.54 Перехід на вікно обрахунків

11. Для додавання обрахунків необхідно заповнити наступні поля і натиснути ОК (Рис. 5.55)

- Target item: значення i2
- Insert operand: значення i1
- Insert operator: значення \*
- Current expression:  $i2 = i1 * 86400$  (пояснення: витрата помножена на кількість секунд у добі)

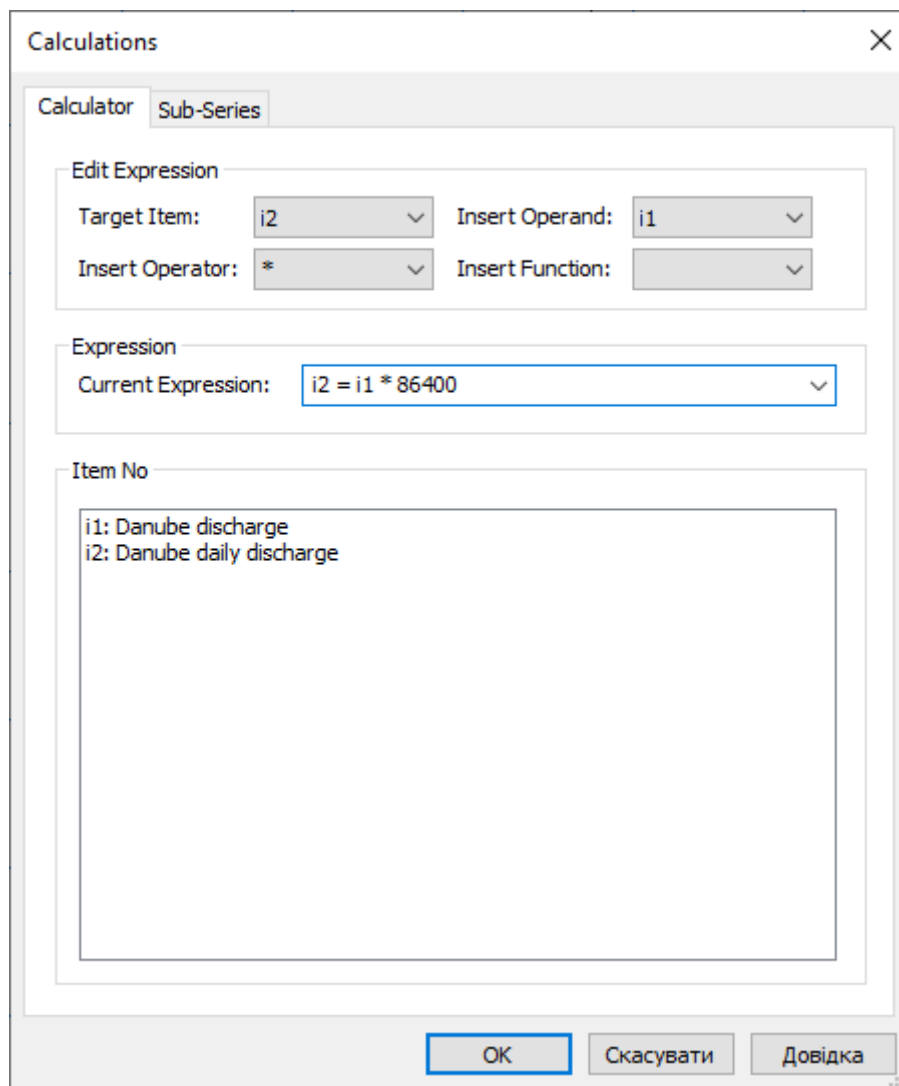


Рис. 5.55. Додавання обрахунку нового параметру

12. В результаті новий параметр доданий на вікно графіків та у таблицю (Рис. 5.56)

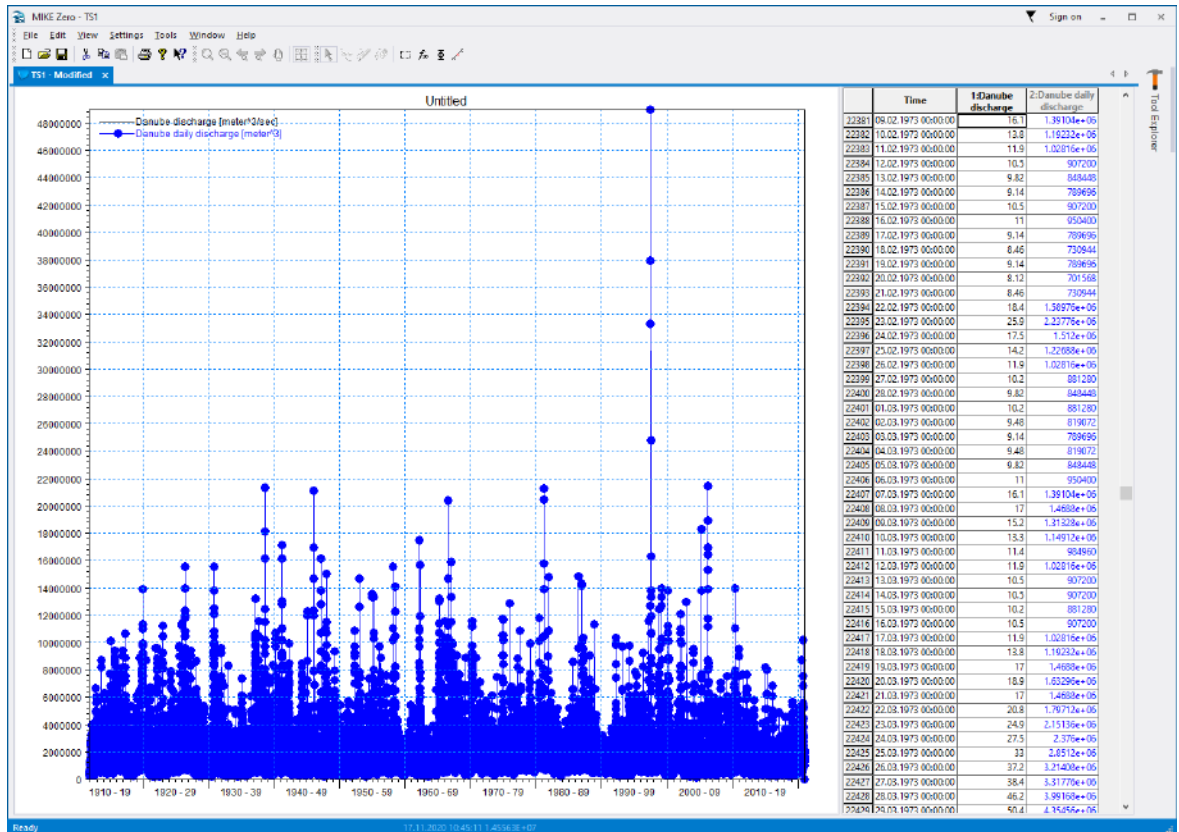


Рис. 5.56 Вигляд з доданим параметром добової витрати води

13. Mike Hydro Time series editor також підтримує багато математичних формул, що дозволяє додавати нові складно обчислювані параметри до часових рядів (Рис. 5.57)

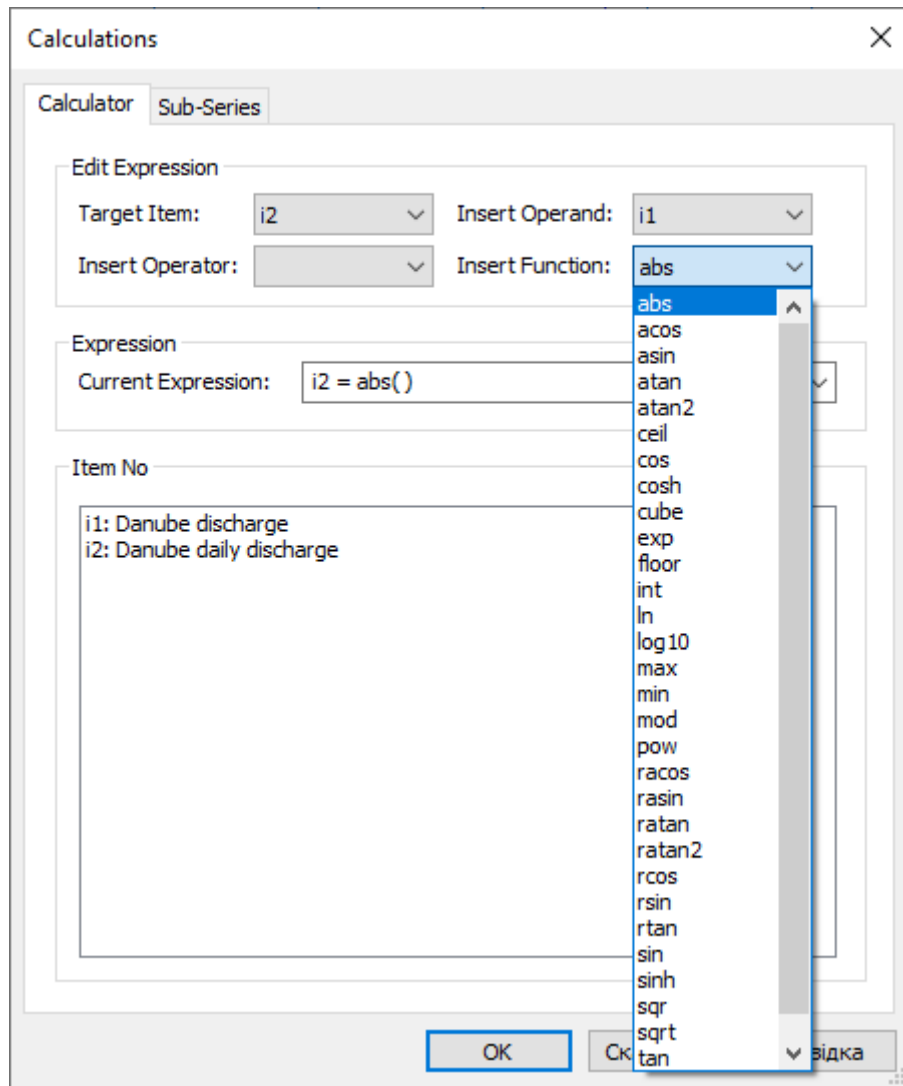


Рис. 5.57 Підтримувані математичні формули.

## ВИСНОВКИ

Існує багато сучасних баз даних гідрологічної інформації, що містять різноманітні типи даних, що можуть зберігатися у різних форматах. Але їх об'єднують спільні цілі – це дослідження та управління водними ресурсами.

Бази даних гідрологічної інформації допомагають управляти водними ресурсами ефективно і економічно. Вони забезпечують цінну інформацію про рівень води, стік річок, якість води та інші гідрологічні параметри, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо використання, розподілу та охорони водних ресурсів.

Бази даних гідрологічної інформації використовуються для прогнозування повеней та контролю за рівнем води в річках та водоймах. Це допомагає вчасно виявляти потенційні небезпеки та приймати заходи для захисту від повеней, що зберігає життя та майно людей.

Бази даних гідрологічної інформації є важливим джерелом даних для дослідження зміни клімату та її впливу на гідрологічні процеси. Вони дозволяють аналізувати тренди, шаблони та зв'язки між кліматичними змінами та водними ресурсами, що допомагає в розробці стратегій адаптації до майбутніх змін.

Бази даних гідрологічної інформації використовуються для моделювання та аналізу екологічних взаємозв'язків у водних системах. Вони допомагають вивчати вплив гідрологічних змін на екосистеми, біологічне різноманіття та здоров'я водних організмів, що сприяє збереженню та управлінню водними екосистемами.

Бази даних гідрологічної інформації є важливим ресурсом для наукових досліджень у гідрології та пов'язаних галузях. Вони дозволяють аналізувати та порівнювати дані, розробляти нові методи та моделі, вносити внесок у розуміння гідрологічних процесів та розвиток наукових теорій.

Бази даних гідрологічної інформації є незамінним інструментом для управління водними ресурсами, досліджень та прийняття рішень у галузі водних ресурсів. Вони забезпечують доступ до цінної інформації, що допомагає зберегти та раціонально використовувати водні ресурси для забезпечення сталого розвитку та добробуту суспільства.

В результаті проведеної роботи було досягнуто наступних цілей:

1. Проведено класифікацію баз даних гідрологічної інформації за типом (файлове сховище, реляційні БД, об'єктно орієнтовані БД, ГІС) а також за форматом (CSV, NetCDF, HDF5, WaterML та інші)
2. Розглянуто та описано способи доступу до гідрологічних даних. Найбільш поширеним способом доступу є обмін даними із файлових сховищ, а також візуалізація гідрологічних даних за допомогою веб-інтерфейсів з публічним доступом до них. Також досить поширеним є використання реляційних баз даних для збереження та обміну гідрологічними даними, такий спосіб використовують багато західних наукових установ, але доступ до таких баз даних є суттєво обмеженим та надається переважно працівникам відповідної наукової установи.
3. Описано способи використання гідрологічних даних. До основних способів використання можна віднести статистичний аналіз, інтерполяція та екстраполяція, візуалізація та мабуть найбільш важливий спосіб – моделювання геосистем.
4. Продемонстровано можливості аналізу гідрологічних даних на основі легкої утиліти для візуалізації та аналізу часових рядів `binjr` (<https://binjr.eu/>). Утиліта надає можливість завантажувати гідрологічні дані у вигляді часових рядів, а також переглядати та порівнювати візуалізовані графіки відповідних гідрологічних параметрів. Можливості утиліти продемонстровано на прикладі даних по середньодобовому стоку річок басейну Дунаю, які були отримані від Федерального інституту гідрології Німеччини (BfG).



Також були розглянуті базові можливості найбільш потужного на сьогодні у світі програмного комплексу MIKE Hydro, що розробляється Данським інститутом гідравліки, на прикладі того ж набору даних (BfG). Було використано один з модулів комплексу MIKE Hydro, який називається Time Series Editor. Він надає всі ті ж можливості, що і binjr, а також дозволяє створювати віртуальні гідрологічні параметри на основі реальних параметрів та складних математичних формул. Time Series Editor зберігає гідрологічні дані у форматі dfs0, який надалі може бути використаний у гідрологічній моделі MIKE11.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ющенко Ю.С., Гринь Г.І., Масікевич Ю.Г., Моїсєєв В.Ф., Солодкий В.Д., Змарада А.О., Байрачний В.Б. Загальна гідрологія: Навчальний посібник. Розділ 1.3. Методи гідрологічних досліджень  
[https://library.udpu.edu.ua/library\\_files/ece/6478\\_01.pdf](https://library.udpu.edu.ua/library_files/ece/6478_01.pdf)
2. Шакірманова Ж. Р., Бурлуцька М. Є. Гідрологічні розрахунки і прогнози: конспект лекцій.  
[http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1011/7/ShakirmanovaZhR\\_BurlutskaME\\_Gidrorozrahunki\\_ta\\_prognozy\\_KL\\_2016.pdf.pdf](http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1011/7/ShakirmanovaZhR_BurlutskaME_Gidrorozrahunki_ta_prognozy_KL_2016.pdf.pdf)
3. Stephanie Rost, Navigating the ancient Tigris – insights into water management in an early state, Journal of Anthropological Archaeology, 2019  
<https://doi.org/10.1016/j.jaa.2019.01.005>.
4. Slater, L.J., Singer, M.B., Kirchner, J.W., et al. (2016). Hydrological Measurement and Observability: A Review of Recent Advances. Water Resources Research, 52(6), 4409-4437. DOI: 10.1002/2015WR018041
5. Parajka, J., Skøien, J.O., Nester, T., et al. (2010). Development and Evaluation of a Pan-European Daily Meteorological Data Archive (ECA&D) for Hydrological Modelling. Journal of Hydrology, 399(1-2), 33-42. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2010.12.001
6. Demuth, S., Kersebaum, K.C., Jörg-Hess, S., et al. (2008). Collection and Use of Weather Data in Agriculture and Hydrology. Meteorological Applications, 15(1), 3-14. DOI: 10.1002/met.57
7. Application of a hydrodynamic MIKE 11 model for the Euphrates River in Iraq  
A. H. Kamel, Slovak university of technology, 2008
8. Сайт продовольчої та сільськогосподарської організації ООН  
<https://www.fao.org/home/en>
9. Сайт федерального інституту гідрології Німеччини  
[https://www.bafg.de/EN/Home/homepage\\_en\\_node.html](https://www.bafg.de/EN/Home/homepage_en_node.html)
10. Сайт Національної системи управління водною інформацією США  
<https://waterdata.usgs.gov/nwis>

11. Сайт KISTERS Pty Ltd

<https://www.kisters.net/wiski/>

12. Сайт binjr

<https://binjr.eu/>

13. Сайт DHI Mike Hydro

<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-river>

14. Chat GPT

<https://chat.openai.com>