

CONDUCTOMETRIC MEASUREMENTS IN THE PRECISION AGRICULTURE⁸¹

Assoc. Prof. Svilen Hristov Stoyanov, PhD

Dobrudza Technological College, Dobrich

Technical University Varna

Phone: 058 602 712

E-mail: svilen.stoyanov@tu-varna.bg

Abstract: This report presents the conductometric method for measuring the electrical conductivity of water solutions in precision agriculture. The possibilities of the method for testing water for irrigation, drinking needs and preparation of solutions are examined. Water measurements were carried out in the water supply network in the region of Southern Dobrudzha, and the Sarmatian aquifers used to supply the city of Dobrich with drinking water were studied. A comparative analysis was made based on officially published data on the state of water in the municipality of Dobrich. A modern measurement base was used, the results obtained are given in tabular and graphical form, and the relevant conclusions were made.

Keywords: aqueous solutions, conductometric method, measuring, precision agriculture.

ВЪВЕДЕНИЕ

Кондуктометричните измервания представляват измерване на електрическата проводимост на водни разтвори, в които има разтворени вещества, известни като електролити. Във водните разтвори, свойството на течностите да провеждат ток се обуславя от наличието на йони в тях, които са способни да пренасят електрични заряди под действие на градиента на потенциала в течността. Пренесеното количество електричество при постоянен градиент на потенциала се увеличава с повишаване на концентрацията на разтворените във водата вещества и с нарастване на дисоциацията на разтворените молекули, (<https://www.engineering-review.bg>, 2025).

Чистата вода няма електрическа проводимост. Такава вода не съществува в природата. Количеството разтворени вещества във водата зависи от най-вече от преминаването и преди сондаж през различни слоеве скали и утайки, които са характерни за съответните региони. В геоложко отношение източната част на Добруджа, вкл. и град Добрич, лежат изцяло върху подземни води на сарматски варовици. Характерни за Добруджа са 2 водоносни слоя, като първия - сарматския е до 300 метра, а вторият по-дълбок водоносен слой е известен като валанжински хоризонт и е с дълбочина от 300 до 1200м. Първият водоносен слой на дълбочина до 40 метра се използва основно за кладенци, а за по-дълбоките подпочвени води се извършват сондажи. Качеството на подпочвените води в южна Добруджа като цяло е добро, с ниски нива на соленост и е подходящо за пиене, напояване и промишлена употреба, (<https://igh-bg.com/>, 2025), [<https://vikdobrich.bg/Vik/>, 2025] .

Кондуктометричните измервания позволяват извършването на постоянен контрол на количествата разтворените вещества във водата (Mihaylov R, 2020), (Mihaylov R, 2019).

В прецизното земеделие кондуктометрията намира приложение в:

- Определяне параметрите на водата за поливане;
- Определяне параметрите на водата за пиене и приготвяне на разтвори;
- Изследване електропроводимостта на водни разтвори;
- Химически анализи.

⁸¹ Докладът е представен пред секция „Природо-математически и технически науки“ на 64-тата научна конференция на Русенския университет „Ангел Кънчев“ и Съюза на учените-Русе на 17 октомври 2025 година с оригинално заглавие на български език: КОНДУКТОМЕТРИЧНИ ИЗМЕРВАНИЯ В ПРЕЦИЗНОТО ЗЕМЕДЕЛИЕ

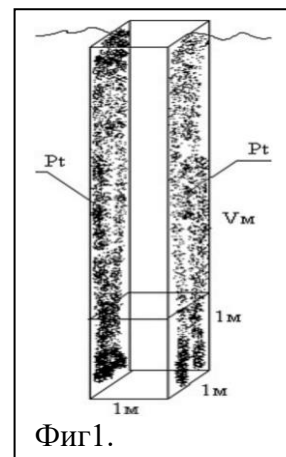
ИЗЛОЖЕНИЕ

1.Електрическо измерване на проводимостта

Електрическата проводимост G се нарича способността на веществата да пропускат електрически ток под действието на електрическо напрежение. Тя представлява реципрочната стойност на електрическото съпротивление R . Специфичната електропроводимост σ при измерване на електролити се нарича електрическа проводимост на разтвор с обем 1 м^3 , заключен между платинови електроди с площ 1 м^2 и отстоящи един от друг на 1 м .

За да може да се измерват и сравняват различните стойности на електропроводимостта, получени от различни електроди, е необходимо дефиниране на константа на измервателната клетка K_{kl} . Тя представлява електропроводимостта между плоски електроди с площ 1 см^2 , намиращи се на разстояние 1 см (1).

$$G = \frac{1}{R} \quad K_{kl} = \frac{\sigma}{G} \quad \sigma = K_{kl} \cdot G \quad (1)$$



Константата на клетката се измерва в см^{-1} , а специфичната електропроводимост σ в $\Omega^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ или $\text{S} \cdot \text{см}^{-1}$. Това е важно от техническа гледна точка, понеже за всяка произведена измервателна клетка тази константа е различна, тъй като разстоянието е точно определено за дадените електроди, а проводимостта пряко зависи от тяхното разположение, броят им и обема на течността в клетката между електродите. В съвременните цифрови измервателни прибори, стойността на константата е включена в измервателната схема и на дисплея се изписва директно стойността на специфичната електропроводимост σ , но ако системата има набор от измервателни клетки, то при работата е необходимо ръчно въвеждане на стойността на константата на измервателната клетка K_{kl} , (<https://www.engineering-review.bg, 2025>).

В практиката основната измервателна величина на специфичната електрическа проводимост е $\mu\text{S}/\text{cm}$ (микросименс на сантиметър).

Специфичната електропроводимост σ е един от основните параметри за качеството на водата и неговата стойност задължително се изписва във всички документи при изследване на води, както и на всички бутилки минерална вода. На базата на електропроводимостта, може да се определи и степента на минерализация на изследваната минерална вода.

Таблица 1. Примерни стойности на специфичната проводимост на води

№	Вид вода	Проводимост ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	Вода от водопроводната мрежа	290 – 300 до 2000
2	Изворни води	60 – 70 до 100
3	Трапезни води	25-50
4	Минерални води –слабоминер.	100-250
5	Минерални води –средноминер	250-500
6.	Минерални води –силноминер	500-1000
7.	Минерални води –мн.сил.мин.	Над 1000
8.	Дестилирани води	0-5

Вида на водата и степента на нейната минерализация може да се определи от следната таблица: В таблица 1 са дадени примерни стойности на специфичната проводимост на води. Електропроводимостта на водите за питейно-битови нужди не трябва да надвишава $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$, като се препоръчват стойности до $800 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Таблица 2. Примерни стойности на специфичната проводимост на води от различни водни източници и методите за нейното очистване.

Воден източник	Диапазон на проводимост ($\mu\text{S/cm}$)	Препоръчителни методи за обработка
Дестилирана вода	0.05 - 2	Обратна осмоза, дейонизация
Сладководни (реки, езера)	50 - 1,500	Йонообмен, мембранна филтрация
Подпочвена вода	200 - 1,000	Омекотяване, електродиализа
Морската вода	40,000 - 60,000	Обезсоляване (напр. дестилация, обратна осмоза)

В таблица 2 са дадени примерни стойности на специфичната проводимост на води от различни водни източници и препоръчителните методи за нейното очистване. Характерно за морската вода е, че тя не може да бъде измерена с всеки кондуктометричен прибор, поради изключително високите стойности на Специфичната електропроводимост σ .

2. Измервателни прибори

Измерването на специфичната електропроводимост σ се извършва със специализирани прибори – кондуктометри. Всеки кондуктометър се състои от кондуктометричната сонда и електронен блок.

Кондуктометричната сонда определя съдържанието йоните във воден разтвор чрез измерване на проводимостта. Сондите има различни диапазони на измерване, които осигуряват оптимална прецизност във всеки даден обхват.

- Нисък диапазон: 0 ... 200 $\mu\text{S/cm}$
- Среден диапазон: 0 ... 2000 $\mu\text{S/cm}$
- Висок диапазон: 0 ... 20000 $\mu\text{S/cm}$

Измерването на проводимостта се базира на променливотоков мост, в едното рамо на който е включена кондуктометричната клетка. На практика, измерването се състои в сравняване на измерваната неизвестна проводимост с еталонна, намираща се в електронния блок. По принцип, електрическото измерване представлява прецизно променливотоково измерване с определени честоти и амплитуди на еталонното съпротивление и на съпротивлението на измерваната среда.



Фиг. 2
Кондуктометър -
модел VAT 1012

3. Измерване Специфичната електропроводимост σ

За измерване на Специфичната електропроводимост σ е използван портативен кондуктометър - модел VAT 1012. Той може да извършва измервания до 2000 $\mu\text{S/cm}$. Уредът е фабрично калибриран, но периодично той трябва да се проверява. Калибрирането се осъществява с еталонен разтвор на KCl (Potassium chloride solution) със специфична проводимост 1413 $\mu\text{S/cm}$ в температурен интервал от 5 до 25°C - фиг.3А, (<https://bioevibul.com>, 2025), (<https://www.fot.bg/>, 2025)



А Б В
Фиг. 3. А- еталонен разтвор на KCl, Б – Измерване, В – показание на уреда

Измерването се осъществява, с потапяне на измервателната сонда в изследвания воден разтвор фиг.3Б . Кондуктометърът измерва автоматично и температурата- фиг.3В, тъй като стойността на специфичната електропроводимост е силно зависима от температура. В този случай корекцията се извършва автоматично. Извършени са две серии измервания в различни дни, като в работно време пробите бяха вземани и измервани през 1 час. Получените данни са дадени в таблици 3 и 4. В таблицата да дадени и данни от ВиК Добрич, (<https://vikdobrich.bg/Vik/>, 2025) за качеството на питейната вода. Допустимата максимална стойност на Специфичната електропроводимост σ е 2000 $\mu\text{S/cm}$. Вижда се, че стойностите са съизмерими и моментните отклонения не са в голям порядък.

Таблица 3. Измерване на специфичната електропроводимост σ от водопроводната мрежа-1

Обект на измерване	Време, температура			ДТК	ВиК
	Дата	Час	t	σ	σ
Добрич	Д.м.г.	h	°C	$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm}$
Водопроводна мрежа					
Водопроводна мрежа-1об.	29.8.2025	9.00	24,3	933	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	29.8.2025	10.00	25,1	938	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	29.8.2025	11.00	26,8	937	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	29.8.2025	12.00	26,7	934	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	29.8.2025	13.00	25,3	816	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	29.8.2025	14.00	25,2	857	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	29.8.2025	15.00	24,4	836	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	29.8.2025	16.00	24,4	835	783±59

Таблица 4. Измерване на специфичната електропроводимост σ от водопроводната мрежа-2

Обект на измерване	Време, температура			ДТК	ВиК
	Дата	Час	t	σ	σ
Добрич	Д.м.г.	h	°C	$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm}$
Водопроводна мрежа					
Водопроводна мрежа-1об.	4.9.2025	9.00	23,1	832	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	4.9.2025	10.00	24,3	838	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	4.9.2025	11.00	25,8	836	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	4.9.2025	12.00	26,1	811	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	4.9.2025	13.00	26,5	813	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	4.9.2025	14.00	25,4	812	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	4.9.2025	15.00	24,2	836	783±59
Водопроводна мрежа-1об.	4.9.2025	16.00	24,1	831	783±59

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Извършените измервания дават възможност за запознаване на студентите с изследванията на специфичната електропроводимост σ на водата в прецизното земеделие и способстват за създаване на умения за изследване качеството на водата с различни измервателни прибори.

Наличната апаратура и софтуер предполагат създаването и обработката на бази от данни, необходими за гарантиране на качеството на водата в изследвания регион.

Тези данни могат да се използват и за обогатяване на базите от данни, необходими при проследяване развитието на растенията, което допринася за получаването на по-достоверни прогнози за добивите в изследвания регион.

REFERENCES

Mihaylov R, Stoyanov S., (2020), Precision Agriculture, Laboratory Manual, TU-Varma, 2020, 37-46.

Mihaylov R, (2019), Precision Agriculture, Lecture notes, 2019.

https://igh-bg.com/Vol/Vol_30_2016/5-Pavlova,%20Benderev.pdf - BAN, Sofia, 2016, (Accessed on 16.08.2025).

<https://vikdobrich.bg/Vik/AboutUs>

<https://www.fot.bg/attribute-name/attribute/tip/konduktometri/>

<https://bioevibul.com/news/1539>

<https://www.engineering-review.bg/bg/konduktometri/2/1458/>