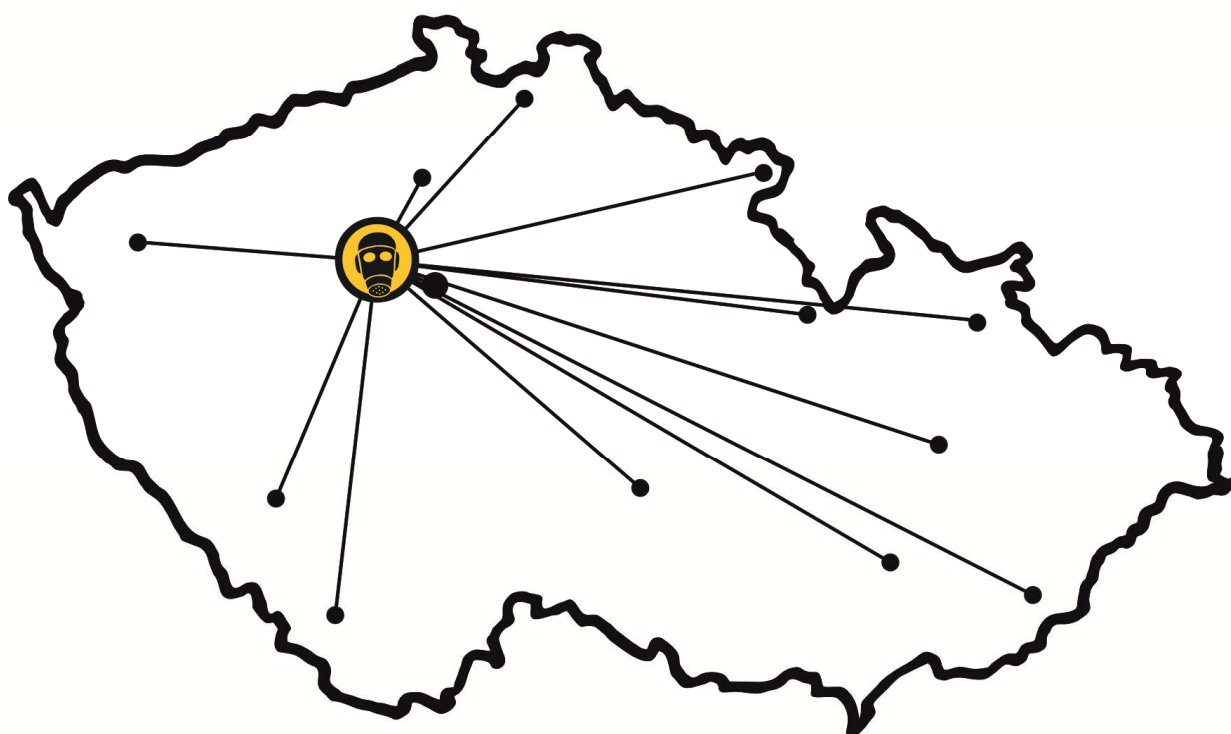




# **Celorepubliková síť Laborky.cz při Gymnáziu v Slaném**

**CZ.02.3.68/0.0/0.0/16\_010/0000540**

## **METODICKÝ LIST 02**

### **Proč se solí silnice?**



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

**MSMT**  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

**GVBT**  
GYMNÁZIUM VÁCLAVA BENEŠE TŘEBÍZSKÉHO



## Pomůcky

kádinky, led nebo sníh, hadr/ručník, kladivo/palička, sůl (NaCl), teplotní čidlo (např. Vernier Go-Temp), příslušný měřicí software na počítači s USB portem (např. Vernier Logger Lite), váha s přesností na 0,1 g

## Praktické cvičení

Všichni jste během zimy viděli solení chodníků nebo silnic. Proč se to ale dělá? Jaký to má důvod?

*Dejte žákům prostor pro jejich nápady, včetně nesprávných.*

Máme sepsáno několik variant. Jak zjistíme, která je ta správná? Zkusíme si jev nasimulovat! Co pro to budeme potřebovat?

*Žáci by měli dojít k tomu, že budou potřebovat led nebo sníh, sůl, nádobu, ve které budou pokus provádět a KONTROLU, tj. stejnou nádobu a stejný kus ledu nebo sněhu. Pokud na to nepřijdou sami, tak navést k důležitosti kontroly – abychom měli jistotu, že jde opravdu jenom o vliv zkoumaného faktoru.*

Máme dvě stejné nádoby, čtyři stejné kousky ledu (nebo stejné množství sněhu) a sůl. Nádoby postavíme vedle sebe, do každé z nich dáme tříšt ze dvou kusů ledu (nebo sněhu) a pouze jednu nádobu osolíme. Budeme pozorovat, co se bude dít a také měřit teplotu ledu/vody.

*Žáci by měli vymyslet hypotézu, se kterou budou experiment provádět. Tu pak na konci buď potvrdí, nebo vyvrátí. Například: „Po osolení ledu stoupne teplota směsi a led se rozpustí.“*

### Příprava měření

1. Na počítači spusťte měřicí software.
2. Do USB portu zapojte teplotní čidlo (např. Vernier Go-Temp).
3. V záložce Experiment – Sběr dat změňte dobu provádění experimentu na 10 minut a frekvenci měření 20× za minutu.
4. Pomocí pravého tlačítka myši klikněte na oblast grafu, zvolte Nastavení grafu – Nastavení souřadnicových os a nastavte měřicí oblast grafu na -30 °C až +25 °C.

## Provedení experimentu

1. Připravte si 4 kostky ledu nebo sněh.
2. Kostky ledu zabalte do hadru či ručníku a kladivem nebo paličkou je rozbijte na drobnou ledovou tříšť. Nadrcený led nasypete do dvou kádinek tak, aby v obou bylo stejné množství. Experiment můžeme provádět i za použití sněhu, pak nasypete do každé kádinky 20 g sněhu.
3. Kliknutím na tlačítko Play v horní části obrazovky počítače s měřicím softwarem spusťte záznam pokusu.
4. Vložte špičku teplotního čidla do sněhu či ledu v kádince. Změřte teplotu pro pokusný i kontrolní vzorek. Pravděpodobně budou nyní obě vykazovat teplotu blízkou 0 °C, protože drobné kusy ledu začínají na svém povrchu tát.
5. Za stálého míchání tyčkou teploměru vsypeme do pokusné kádinky dané množství kuchyňské soli. Pro žáky ZŠ je vhodné navázat množství v poměru 3 hmotnostní díly ledu/sněhu na 1 díl soli. Žáci SŠ mohou experimentovat s různými poměry a vzájemně porovnávat své výsledky.



### Očekávaný výsledek pozorování a měření

Kádinka, do které jsme přidali sůl, se výrazně ochladila a zároveň led v ní rychleji roztál.

*Žáci by nyní měli své výsledky porovnat s hypotézou, kterou si stanovili před začátkem experimentu a s badatelskou otázkou, se kterou pokus začínali. Naše úvodní hypotéza o ohřátí směsi evidentně neobstála.*

### Odpověď na badatelskou otázku

Chodníky a silnice se solí proto, aby na nich nebyl led, ale jen voda, nebo břečka, která se snadno uklidí.

### Vysvětlení

Led taje při teplotě 0 °C. Směs ledu a soli má teplotu tání podstatně nižší (může to být až -21 °C). Po smíchání drceného ledu se solí začne led rychle tát, neboť směs má v tu chvíli výrazně vyšší teplotu (okolo 0 °C), než je její teplota tuhnutí. Na roztátí ledu (rozbití jeho krystalové struktury) je ovšem potřeba energie (teplo), která se vezme na úkor celkové teploty vzniklé slané vody.

Zasolením tedy proměníme drcený led o teplotě přibližně 0 °C na slanou vodu, jejíž teplota typicky klesá k -10 °C až -20 °C.

### Další náměty

*Nechte děti bádát nad dalšími náměty a rozšiřujícími pokusy. Případně je naved'te. Uvádíme deset rozšiřujících námětů.*

- 1) Zvládla by to i jiná látka?
- 2) Proč se používá zrovna sůl/chlorid sodný?
- 3) Dá se tohle snížení teploty využít i jinde?
- 4) Neklouzající silnice a chodníky jsou super záležitostí. Ale má to opravdu jen pozitiva, nebo jste se už setkali s nějakými negativy?
- 5) Proč se nesolí železniční přejezdy (křižování vozovky s železničními kolejemi)?
- 6) Silnice procházející národními parky, nebo silnice s cennými stromořadími se ve většině případů nesmí udržovat solením. Zkuste přijít na to proč.
- 7) Zamrzá i mořská voda? Pokud ano, při jaké teplotě?
- 8) Tabulový led na moři mívá mocnost maximálně 2 až 2,5 m. Proč?
- 9) Najděte na internetu, při jaké teplotě by teoreticky zamrzla voda z nejslanější vodní plochy na světě.
- 10) Jaký je rozdíl v měření teploty ve stupních Celsia a Fahrenheita?



## Vysvětlení

### Vysvětlení hlavního pokusu pro náročné

Voda při tuhnutí vytváří šesterečné krystalové mřížky. Je-li ve vodě rozpuštěn NaCl, kationty sodné a anionty chloridové se solvují (obalí molekulami vody) a to způsobí, že krystalové mřížky ledu vznikají až při nižších teplotách, kdy se dostanou molekuly vody k sobě. Je to trochu složitější, protože při postupném chladnutí bude při určitých koncentracích rozpuštěné soli vznikat led či zůstat v roztoku nerozpuštěná sůl v podobě minerálu hydrohalitu (dihydrát chloridu sodného).

Při teplotě pod  $-21,1^{\circ}\text{C}$  už bude vždy přítomna pouze pevná směs ledu (šesterečný) a hydrohalitu (jednoklonný až pseudošesterečný) - této pevné směsi se někdy říká kryohalit.

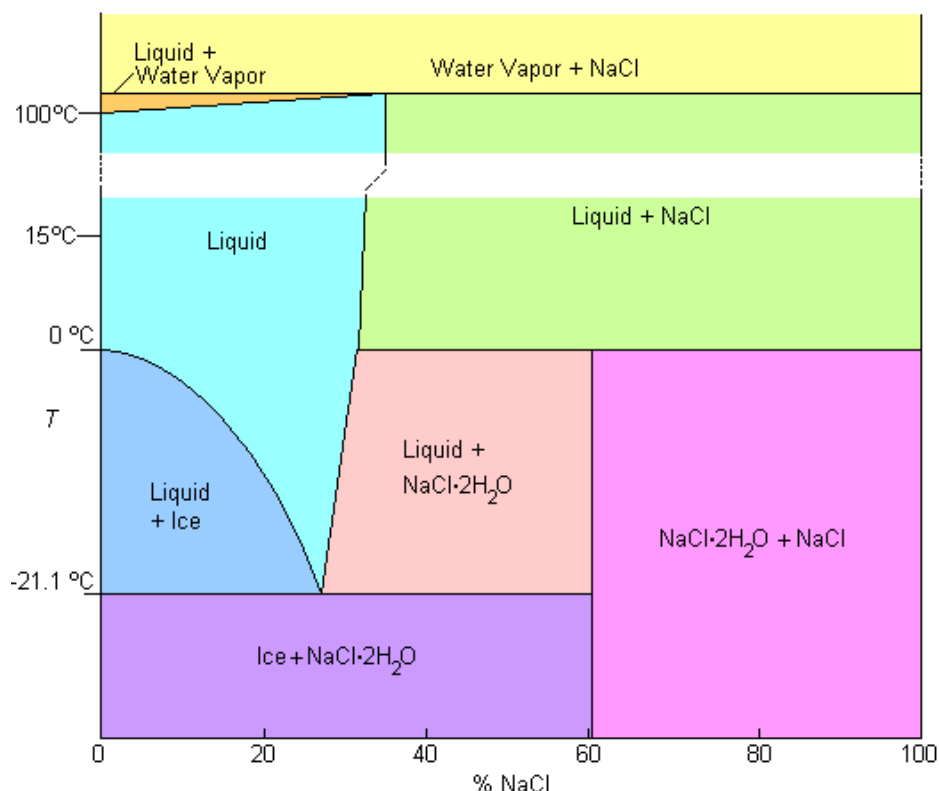
Při teplotě  $-21,1^{\circ}\text{C}$  a koncentraci 23 % soli nastává "eutektický bod", kdy vedle sebe existuje nasycený roztok, led a tuhý chlorid sodný (ve formě hydrohalitu).

V praxi se solí silnice jen do  $-9^{\circ}\text{C}$ . Dosažení vyšších koncentrací a nižšího bodu tuhnutí je při ještě nižších teplotách neekonomické.

Někdy se k rozpouštění ledu na silnicích používá i chlorid vápenatý s eutektickým bodem  $-49,5^{\circ}\text{C}$  (je použitelný až do  $-29^{\circ}\text{C}$ , snižuje ekologickou zátěž, ale zvyšují se finanční náklady) nebo chlorid hořečnatý (s eutektickým bodem  $-33,6^{\circ}\text{C}$ ) nebo jejich směsi s chloridem sodným.

### Fázový diagram směsi NaCl + H<sub>2</sub>O

Zdroj: <http://www.uwgb.edu/DutchS/GRAPHIC0/ROCKMIN/PhaseDiagrams/H2ONaClEutectic.gif>





### Podklady pro odpovědi k dalším námětům

- 1) Ano. Můžete si pokus rovnou vyzkoušet třeba s běžně dostupnou jedlou sodou.

*Pro ilustraci uvádíme tabulku látek, podle které je možné připravit některé další chladicí směsi.*

| Látka                                                | Díly ledu | Díly soli | Dosažitelná teplota [°C] |
|------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------------------|
| $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ | 100       | 20        | - 2                      |
| KCl                                                  | 100       | 30        | - 11                     |
| $\text{NH}_4\text{Cl}$                               | 100       | 25        | - 15                     |
| NaCl                                                 | 100       | 33        | - 21                     |
| $\text{NaNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$             | 100       | 55 + 52   | - 26                     |
| $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaNO}_3$               | 100       | 13 + 38   | - 31                     |
| $\text{KNO}_3 + \text{KSCN}$                         | 100       | 2 + 112   | - 34                     |
| $\text{NaNO}_3 + \text{NH}_4\text{SCN}$              | 100       | 55 + 40   | - 37                     |
| $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$           | 61        | 100       | - 39                     |
| $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$           | 70        | 100       | - 54,9                   |

- 2) Nechte žáky zjistit způsoby získávání soli, místa těžby, dostupnost a cenu. Porovnejte je s jinou látkou třeba chloridem vápenatým.
- 3) Ano! Na příklad na zimních stadionech. V betonu pod ledovou plochou jsou trubky naplněné solankou (vodné roztoky chloridu vápenatého, chloridu sodného, chloridu hořečnatého nebo uhličitanu draselného), která odebírá teplo z ledové plochy a chladí led.

Tip na výrobu domácí zmrzliny - pomocí dvou misek, kdy v dolní je osolená ledová tříšť (chladicí médium) a nahoře ochucená smetana, kterou během ochlazování budete míchat.

- 4) Jsou samozřejmě i negativa, jako např. koroze automobilů, bílé mapy na botách, popraskané tlapy psů,...

Můžete si založit dlouhodobý pokus, který vyhodnotíme při dalším webináři. Sežene pár starých bot a jednu pravidelně namáčejte do roztoku soli, zatímco druhou budete namáčet do čisté vody (nejlépe destilované). Po několika dnech vyhodnoťte. Badatelské otázky: Má to nějaký vliv na kůži nebo umělou kůži či jiný materiál na botách? Při jak dlouhé expozici? Při jaké koncentraci soli?



- 5) Možnost poruchy signalizačního zařízení, nebo narušení stavby tratě.
- 6) Každá rostlina má jinou toleranci k salinitě prostředí, ve kterém žije. Podle toho se rostliny i rozdělují na slanomilné (halofilní) a slanostřežné (halofobní), případně na ty, které jsou mezi těmito dvěma skupinami. Zkuste na internetu vyhledat příklady halofobních rostlin a odpovíte si na otázku. I ty největší halofilové, ale nesnesou salinitu půdy přesahující 6 %. Národní parky tedy nesolit!
- 7) Ano zamrzá. Pokud předpokládáme průměrnou salinitu, tak při  $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 8) Při mrznutí se vylučují soli, takže voda pod ledem se stává postupně slanější a potřebuje stále nižší teplotu.
- 9) Jde o Mrtvé moře, jeho voda by zamrzla při teplotě asi  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  
<http://www.csgnetwork.com/h2ofreezecalc.html>
- 10) V měřicím softwaru je možnost přepnutí mezi těmito jednotkami. Stačí při zapojeném teploměru kliknout vedle tlačítka Play na tlačítko C/F. Žáci si pak mohou sami odvodit převody mezi těmito stupnicemi.

## Vazby na RVP ZV/RVP G

### RVP G

#### Rozvíjí klíčové kompetence:

- kompetenci k učení,
- kompetenci k řešení problémů,
- kompetenci komunikativní,

#### Vzdělávací oblasti:

### 5.3 Člověk a příroda

#### 5.3.1 Fyzika

- soustava fyzikálních veličin a jednotek; praktická činnost - měření
- kinetická teorie látek – charakter pohybu a vzájemných interakcí částic v látkách různých skupenství

#### 5.3.2 Chemie

- soustavy látek a jejich složení
- chemická vazba a vlastnosti látek

#### 5.3.3 Biologie

- rostliny a prostředí
- faktory ovlivňující člověka



#### 5.3.4 Geografie

- fyzickogeografická sféra – vzájemné vazby a souvislosti složek fyzickogeografické sféry, základní zákonitosti stavu a vývoje složek fyzickogeografické sféry, důsledky pro přírodní prostředí

#### 5.3.5 Geologie

- zvětrávání a sedimentační proces – mechanické a chemické zvětrávání, srážení, sedimentace
- povrchové vody - chemické složení, vlastnosti

#### 5.8 Informatika a informační a komunikační technologie

##### 5.8.1 Informatika a informační a komunikační technologie

- ovládá, propojuje a aplikuje dostupné prostředky ICT
- využívá teoretické i praktické poznatky o funkcích jednotlivých složek hardwaru a softwaru k tvůrčímu a efektivnímu řešení úloh
- využívá dostupné služby informačních sítí k vyhledávání informací

#### Rozvíjí průřezová témata:

- 6.2 Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech
- 6.4 Environmentální výchova

#### **RVP ZV**

#### Rozvíjí klíčové kompetence:

- kompetenci k učení,
- kompetenci k řešení problémů,
- kompetenci komunikativní,

#### Vzdělávací oblasti:

#### 5.3 Informační a komunikační technologie

##### 5.3.1 Informační a komunikační technologie

- základy práce s počítačem
- vyhledávání informací
- zpracování a využití informací
- vytváření tabulek, porovnávání dat, jednoduché vzorce

#### 5.6 Člověk a příroda

##### 5.6.1 Fyzika

- měrné veličiny - teplota; praktická činnost - měření



- skupenství látek - souvislost skupenství látek s jejich částicovou stavbou
- přeměny skupenství – tání a tuhnutí, skupenské teplo tání; vypařování a kapalnění; hlavní
- faktory ovlivňující vypařování a teplotu varu kapaliny

#### 5.6.2 Chemie

- vlastnosti látek
- směsi – stejnorodé roztoky; koncentrace roztoku; koncentrovanější, zředěnější, nasycený a nenasycený roztok; vliv teploty, míchání a plošného obsahu pevné složky na rychlost jejího rozpouštění do roztoku
- voda
- bezkyslíkatá sůl
- rizika v souvislosti s životním prostředím

#### 5.6.3 Přírodopis

- závislost rostlin na podmínkách prostředí
- organismy a prostředí
- ochrana přírody a životního prostředí

#### 5.6.4 Zeměpis (Geografie)

- krajina – přírodní prostředí
- vztah příroda a společnost – trvale udržitelný život a rozvoj, principy a zásady ochrany přírody a životního prostředí

#### Rozvíjí průřezová témata:

- 6.3 Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech
- 6.5 Environmentální výchova