

## Nukleové kyseliny – vzorce

Nukleové kyseliny jsou makromolekulární látky, vyskytující se v přírodě v rostlinných i živočišných organismech. Jejich význam spočívá v tom, že jsou nositelem genetických informací, mají zásadní význam pro syntézu bílkovin (proteosyntézu). Byly identifikovány v buněčném jádře. Jsou známy 2 typy nukleových kyselin – **ribonukleová kyselina**, označována **RNA** nebo **RNK** a **deoxyribonukleová kyselina**, označována **DNA** nebo **DNK**. Obě se liší:

- složením nukleotidů (mají rozdílný cukr a některé báze) – viz níže,
- strukturou *polynukleotidového řetězce* – RNA je jednovláknová, často má tvar tzv. jetelového listu, DNA je dvouvláknová, má tvar pravotočivé dvoušroubovice.

Základní stavební jednotkou polynukleotidového řetězce je tzv. **nukleotid**. Ten se ještě skládá z **báze** (derivát pyrimidinu čili *pyrimidinová báze* a derivát purinu čili *purinová báze*), **cukru** (pentosa) a **kyseliny fosforečné**  $H_3PO_4$ . Přesnější názvy bází a cukru jsou uvedeny níže. Jednotlivé složky jsou v nukleotidu mezi sebou spojeny:

- N-glykosidickou vazbou* – vazba mezi dusíkem báze a 1. uhlíkem (poloacetalovým) cukru. Vzniká po odštěpení vody při reakci NH skupiny báze a poloacetalové OH skupiny pentosy.
- esterovou vazbou* – vazba přes kyslík mezi 5., v polynukleotidovém řetězci ještě 3. atomem uhlíku cukru, a *atomem fosforu* v kys. fosforečné. Vzniká esterifikací, tj. odštěpením vody při reakci OH skupiny na 5., v polynukleotidovém řetězci ještě na 3. atomu uhlíku, s vodíkem OH skupiny kys. fosforečné.

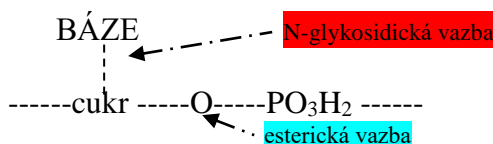
*Poznámka:* Někdy se uvádí také pojem **nukleosid**, to je složka nukleotidu, obsahující pouze bázi vázanou N-glykosidickou vazbou na  $C^1$  (poloacetalový) cukerné složky.

**Primární struktura** nukleové kyseliny je dána počtem a pořadím nukleotidů v polynukleotidovém řetězci, **sekundární struktura** je dána prostorovým uspořádáním tohoto řetězce.

## Základní složky nukleových kyselin

	RNK	společné pro RNK i DNK	DNK
<b>Pyrimidinové báze</b>	uracil	Cytosin	thymin
<b>Purinové báze</b>		Adenin, Guanin	
<b>Cukerná složka</b>	D – riboza		D – 2 deoxyriboza
<b>Kyselina</b>		Kyselina trihydrogenfosforečná ( $H_3PO_4$ )	

Strukturu nukleotidu lze zjednodušeně znázornit takto:



Z výše uvedené tabulky vyplývá, že:

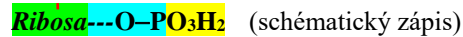
**RNA** je tvořena *bázemi* uracilem (U), cytosinem (C), adeninem (A) a guaninem (G), *cukrem* β-D-ribosou a *kyselinou fosforečnou*.

**DNA** tvořena *bázemi* thyminem (T), cytosinem (C), adeninem (A) a guaninem (G), *cukrem* 2-deoxy-β-D-ribosou a *kyselinou trihydrogenfosforečnou*.

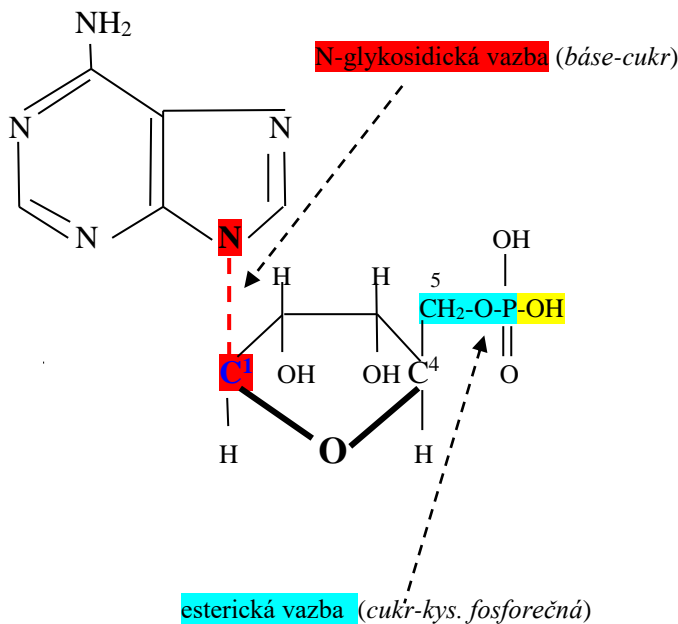
Příkladem jednoduchého nukleotidu je např. AMP, příp. ADP či ATP. Schématická znázornění a strukturální vzorce jsou znázorněny níže.

### Adenosinmonofosfát (AMP)

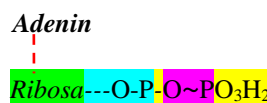
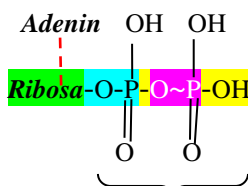
Adenin



Strukturální vzorec:

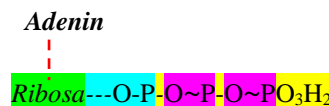
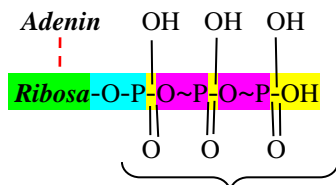


### Adenosindifosfát (ADP) – schématické zápisy



Zbytek dvou molekul kyseliny fosforečné v ADP spojených makroergickou vazbou

### Adenosin trifosfát (ATP) – schématické zápisy

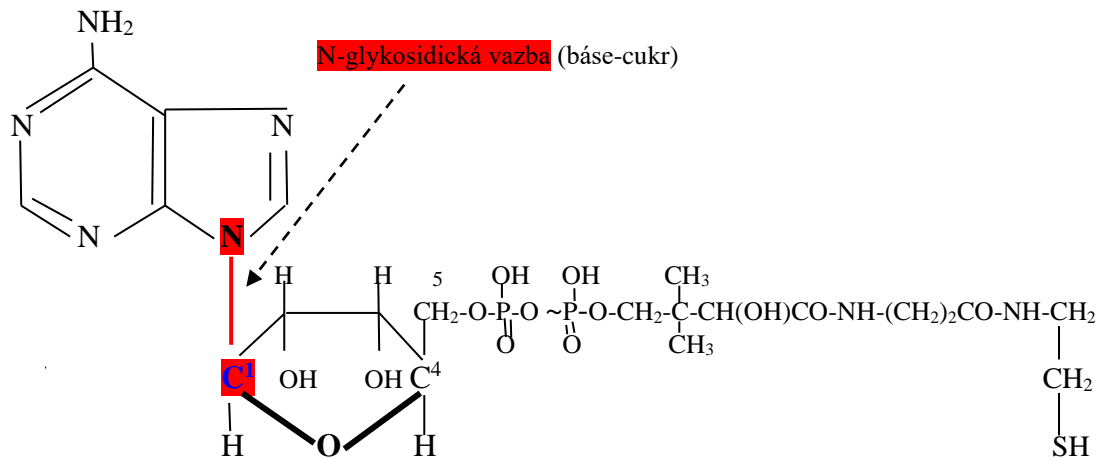


Zbytek tří molekul kyseliny fosforečné v ATP spojených makroergickou vazbou

----- N-glykosidická vazba mezi cukrem a bází  
**O~P** .....makroergická vazba mezi molekulami kyseliny

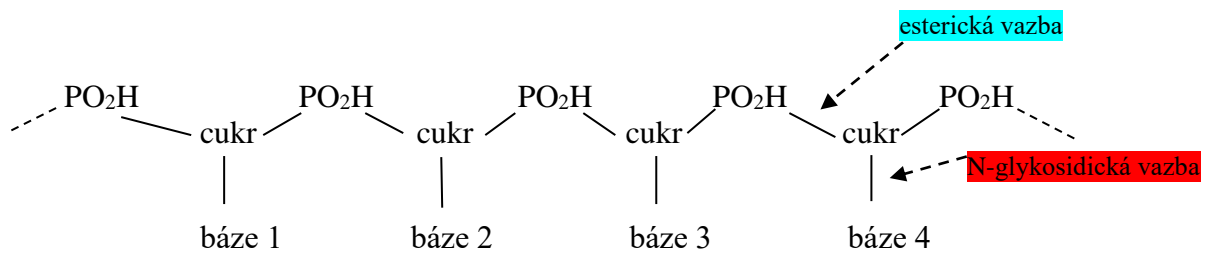
---O-P ..... esterická vazba cukrem a kyselinou

Jiným mononukleotidem, která podobně jako ATP netvoří složky nukleových kyselin, ale má v organismu specifickou funkci, je tzv. **koenzym A**. Patří do skupiny enzymů zv. *transferázy*, je přenašečem zbytku kyseliny octové – acetylu. Podílí se na metabolismu cukru, zejména tuků (mastných kyselin). Jedná se o sloučeninu se složitým vzorcem (viz. níže), proto ji zapisujeme zkráceně **KoA** nebo *CoA*, přesněji **HS-KoA** nebo *HS-CoA*. Koenzym A má schopnost vázat na sebe acetyl místo atomu vodíku ve skupině -SH a vzniká tak **acetylkoenzym A**, který zkráceně zapisujeme **CH<sub>3</sub>CO-S-KoA**, příp. **CH<sub>3</sub>CO-S-CoA**. Acetylkoenzym A vzniká v lidském těle oxidační přeměnou tuků, sacharidů a bílkovin.

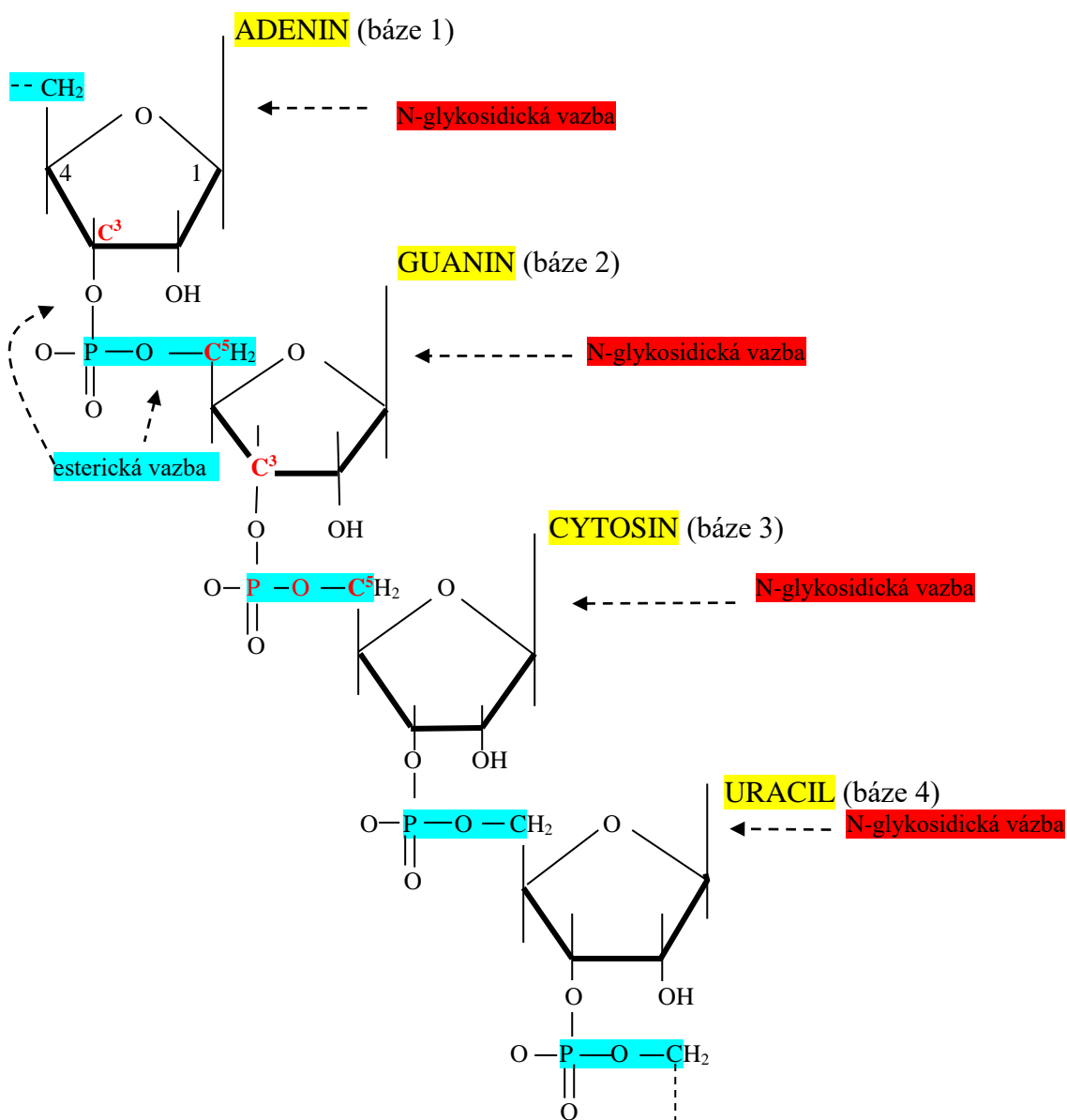


Koenzym A

V makromolekule nukleové kyseliny čili v polynukleotidovém řetězci se vyskytují vždy **4 různé nukleotidy**, které se liší bází a cukrem (viz tabulka výše). **Pořadí** jednotlivých nukleotidů i **jejich celkový počet** v makromolekule **je různý**. Jednoduché molekuly nukleosidů jsou mezi sebou spojeny zbytkem kyseliny fosforečné -PO<sub>2</sub>H- (po odštěpení 2 molekul vody), který je vázán esterovou vazbou na C<sup>3</sup> předcházející molekuly cukru a C<sup>5</sup> následující molekuly cukru. Jednotlivé báze se N-glykosidickou vazbou vážou na C<sup>1</sup> cukru. Schematicky zápis vypadá následovně:

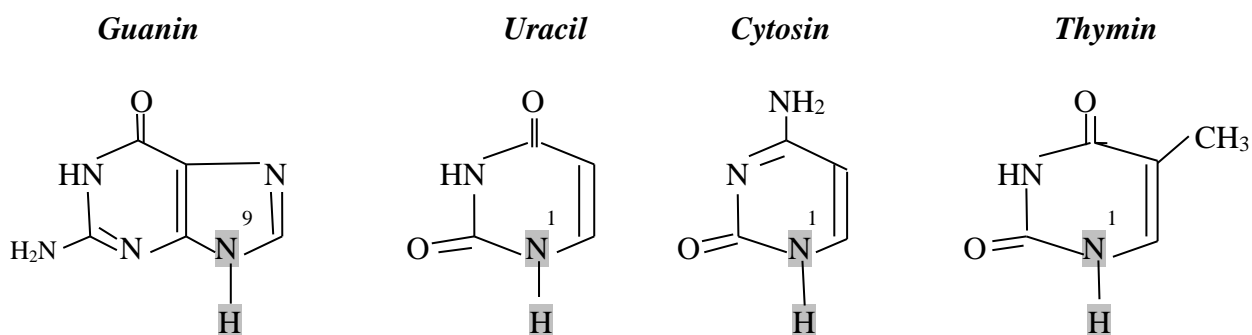


Níže je znázorněna struktura části polynukleotidového řetězce



Úsek RNK zapsaný Haworthovými vzorci.

**Poznámka:** Báze (s výjimkou adeninu) se vyskytují ve svých **keto-formách** (viz níže), aby mohly vytvořit přes skupinu **N—H** s molekulou cukru N-glykosidickou vazbu na 1., příp. 9. dusíkovém atomu.

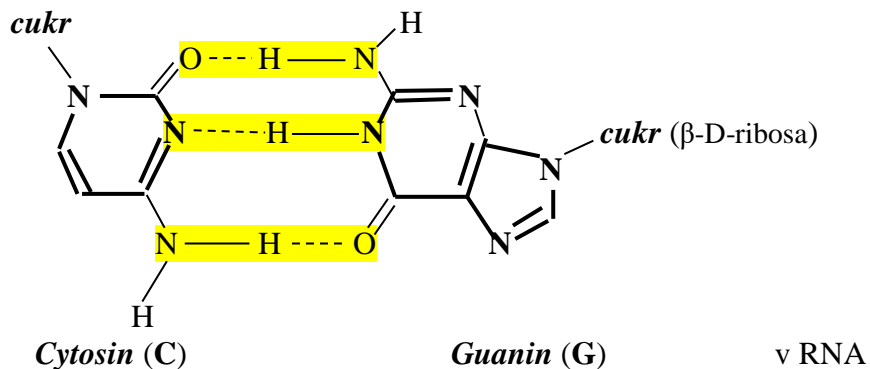
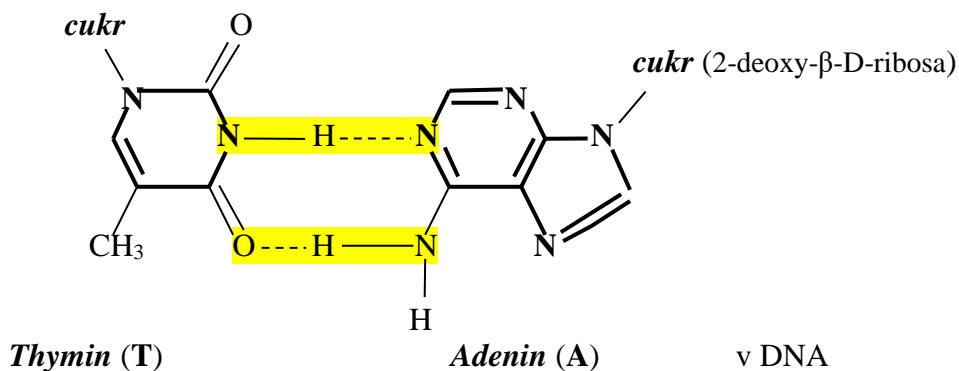


V makromolekulách nukleových kyselin, zejména v molekule DNA, jsou polynukleotidové řetězce uspořádány do dvouvláknových struktur. Jednotlivé řetězce (vlákna) jsou k sobě poutány soudržnými silami - vodíkovými můstky. Ty se vytvoří mezi jednotlivými bázemi vždy tak, že **adenin** (jednoho řetězce) je vázán H-můstky s **thyminem** (druhého řetězce) a **guanin** (jednoho

řetězce) tvoří H-můstky s **cytosinem** (druhého řetězce). Tyto dvojice se navzájem doplňují a nazývají se *doplňkové báze* neboli **báze komplementární** (viz schéma níže). Jiné možné vzájemné kombinace nejsou možné. Význam komplementárních bází se uplatňuje jednak

- při tzv. *replikaci* (někdy reduplikaci) DNA, kdy z jedné molekuly DNA vznikají dvě nové stejné molekuly DNA, identické s původní molekulou DNA.
- při *translaci* v průběhu *proteosyntézy*, kdy t-RNA („nese“ určitou aminokyselinu) se pomocí svého tripletu (tj. trojice bází zv. antikódón) váže na určité místo obsazené odpovídající trojicí bází (zv. kódón) v řetězci m-RNA.
- při *transkripci* tj. přepisu bází z původní DNA na nově vznikající tzv. m-RNA neboli informační i-RNA (m = messenger, i = informační).

**Vodíkové můstky** mezi komplementárními bázemi lze znázornit takto:



1 turn = 10 base pairs = 3.4 nanometers

