

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Výuka genetiky se zaměřením na fenotypické znaky člověka

Teaching genetics with a focus on human phenotypic traits

Bc. Jiří Heidelberg

Vedoucí práce: RNDr. Edvard Ehler, Ph.D.
Studijní program: Učitelství pro střední školy
Studijní obor: Biologie, výchova ke zdraví

2023

Odevzdáním této diplomové práce na téma **Výuka genetiky se zaměřením na fenotypické znaky člověka** potvrzuji, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne: 3.12.2023

Rád bych poděkoval panu doktoru Edvardu Ehlerovy za jeho vstřícné a trpělivé vedení.

ABSTRAKT

Tato práce se zaměřuje na dědičnost lidských fenotypických znaků v rámci výuky genetiky na českých gymnáziích. Nastiňuje informace, které jsou důležité pro pochopení dědičnosti lidských fenotypických znaků. Všechny základy genetiky budou popsány, včetně příkladu z lidské genetiky a příkladů z přírody. Zároveň se věnuje výzkumnému šetření na vybraných českých gymnáziích, kdy se pokusíme zjistit míru znalostí genetiky, jakou žáci disponují. Pozornost je věnována i vlivu klimatu ve třídě na znalosti žáků, což je důležitým aspektem při získávání vědomostí. S tím souvisí i vliv osobnosti učitele na klima ve třídě. výsledky výzkumného šetření z dat získaných pomocí online dotazníku ukazují míru znalostí respondentů a případné mezery, na kterých je třeba pracovat.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fenotyp, dědičnost, výuka, lidská genetika, pedagogika

ABSTRACT

This thesis focuses on the inheritance of human phenotypic traits within the framework of genetics teaching at Czech grammar schools. Outlines information important to understanding the inheritance of human phenotypic traits. All fundamentals of genetics will be covered, including examples from human genetics and examples from nature. At the same time, he is engaged in a research investigation at selected Czech grammar schools, where we will try to find out the degree of knowledge of genetics that the pupils have. Attention is also paid to the influence of the classroom climate on pupils' knowledge, which is an important aspect in acquiring knowledge. The influence of the teacher's personality on the climate in the classroom is related to this. the results of the research survey from the data collected using the online questionnaire show the level of knowledge of the respondents and any gaps that need to be worked on.

KEYWORDS

Inheritance, phenotype, human genetics, education, pedagogy

Obsah

1. Úvod.....	7
1.1. Cíle práce.....	7
2. Teoretická část.....	8
2. 1. Základní pojmy	8
2. 1. 1. DNA	8
2. 1. 2. Gen	8
2. 1. 3. Alela	9
2. 1. 4. Chromozom.....	9
2. 1. 5. Lokus.....	9
2. 1. 6. Genotyp a fenotyp	10
2. 2. Základy dědičnosti.	10
2. 2. 1. Meziálelické interakce.....	12
2. 2. 2. Mezigenové interakce	14
2. 3. Příklady z přírody.....	16
2. 3. 1. Vybrané geny savců	17
2. 3. 2. Porovnání zbarvení vybraných druhů savců	18
2. 3. 3. Další příklady živočichů.....	21
2. 4. Dědičnost lidských znaků.....	22
2. 4. 1. Přehled genů zodpovědný za fenotypické znaky člověka	23
2. 4. 2. Vliv jednotlivých genů na lidský fenotyp	24
2. 4. 3. Vybrané dědičné patologie fenotypických znaků	26
2. 5. Genetika při výuce	27
2. 5. 1 Zavedení genetiky do výuky biologie dle RVP	27
2. 5. 2. Metody užitečné při výuce genetiky	28
2. 5. 3. Motivace při výuce genetiky	30
2. 5. 4. Organizační formy ve výuce genetiky	32
2. 5. 5. Vliv klimatu ve třídě	35
3. Výzkumná část	37
3. 1. Výzkumné otázky.....	37
3. 2. Cíle praktické části	37
3. 3. Použité metody	37

3. 4. Charakteristika výzkumného souboru	39
3. 5. Výsledky a interpretace výzkumného šetření.....	40
3. 6. Zhodnocení výsledků výzkumného šetření	80
4. Diskuse	82
5. Závěr.....	84
Seznam literatury a dalších zdrojů	85
Příloha – Výzkumný dotazník.....	88

1. Úvod

Tato práce, se zaměřuje na výuku tématu genetiky člověka ve školách, protože toto téma, obecně téma celé genetiky je poměrně často opomíjeno. Pokud je vyučována, často se zaměřuje na nespécifické informace týkající se základního pochopení principů dědičnosti, ale aplikace na konkrétních jevů, které se vyskytují na našem vlastním druhu, zůstává opomíjena. Práce si klade za cíl popsat možné metody, týkající se dědičnosti fenotypických znaků člověka, jež by mohly být využity ve školním prostředí. Je třeba, aby lidé měli možnost se dovědět více o vlastní genetice.

1.1. Cíle práce

Cílem práce vysvětlit některé teoretické okruhy genetiky včetně genetiky člověka a výběru ideálních výukových metod. Budeme se též zabývat vlastním pochopením látky samotnými žáky v souvislosti s vlivem klimatu ve třídě a spokojenosti žáků s hodinami výuky genetiky.

Teoretická část se zaměřuje na obecné informace o genetice se zaměřením na příklady z dědičnosti lidských fenotypických znaků a dalších znaků známých jevů z přírody. Aby žáci byli schopni pochopit míru znalostí genetiky, tak je vše navázáno na praktickou část, která se zabývá znalostmi genetiky na pražských a středočeských gymnáziích a s tím souvisejícím klimatem ve třídě.

Cíle:

1. Výzkum znalostí genetiky mezi žáky středočeských a pražských gymnázií.
2. informovat o dědičnosti fenotypických znaků člověka.
 - a. Uvedení vhodných příkladů dědičnosti člověka a dalších příkladů z přírody.
 - b. Návrh vhodných výukových metod
 - c. Výběr vhodné organizace hodiny

2. Teoretická část

Následující část se zabývá základy dědičnosti a dědičnosti některých výrazných lidských znaků. Zaměřuje se i na didaktické záležitosti, které budou při výuce genetiky prospěšné, například vhodné metody a vhodné organizační formy výuky genetiky.

2. 1. Základní pojmy

Než se hlouběji zaměřím na samotnou genetiku, je třeba si připomenout základní pojmy z genetiky, které je třeba během výuky probrat. Tyto pojmy jsou zásadní k pochopení základních principů dědičnosti. Při řešení problémů dědičnosti je třeba brát v úvahu základní mechanismy, které ji ovlivňují. Nyní se budu blíže věnovat následujícím bodům.

2. 1. 1. DNA

DNA neboli deoxyribonukleová kyselina, je dlouhá polymerní molekula složená z jednotlivých bází. V organismu slouží jako stavební plán, obsahující veškeré instrukce o tom, jak má organismus vypadat. Tato molekula je schopna sebereplikace což umožňuje její přenos na další generace. DNA se obvykle nachází v jádře, v případě prokaryotických organismů volně v cytoplazmě.

Jak již bylo zmíněno, DNA se skládá z bází. Ty dělíme na purinové a pyrimidinové, které se mezi sebou mohou párovat, což umožňuje přesné kopírování během replikace. Tato vlastnost se nazývá komplementarita bází.

DNA obecně kóduje vše, co je pro fungování organismu potřeba. DNA můžeme rozdělit na několik typů, kdy máme kódující DNA, která obsahuje geny, nebo předlohy pro RNA, která má další funkce. (rRNA, tRNA apod.) další je nekódující DNA, obvykle se jedná o náhodné báze, zbytky po starých genech a inserce po retrovirech. V rámci této DNA v případě eukaryotických organismů existují introny, což je nekódující DNA, která je vložena do kódující DNA a rozděluje ji.

2. 1. 2. Gen

Gen je část DNA, která kóduje informaci například pro nějakou bílkovinu. To z něj dělá základní dědičnou jednotku organismu. Geny mohou mít různé funkce, první již zmíněnou funkcí je strukturní – tedy gen kóduje nějakou bílkovinu. Další může být regulační funkce – účelem genu je tedy nějaká metabolická regulace. Každý jeden gen je předpisem, podle kterého se vytvoří nějaká bílkovina případně RNA, která může mít rozličné funkce.

Rovněž platí, že geny se mohou různými způsoby vzájemně ovlivňovat. Existuje mnoho způsobů vzájemných genových interakcí, jimiž se zde budeme věnovat později.

2. 1. 3. Alela

Alela je varianta genu. Tedy jeden gen může mít více alel, tedy variant. Ty vznikají na základě genomových mutací, což umožňuje pro daný organismus jistou variabilitu. Alely mezi sebou mohou mít různé interakce. Jelikož geny mohou mít různé varianty, může tak docházet ke změnám ve struktuře bílkovin, kterou daný gen kóduje. Na příklad může dojít k chybě, a ta bílkovina nefunguje, nebo dělá něco jiného, než by měla. V takovém případě, budeme mít dvě nebo více alel, variant k tomuto genu.

2. 1. 4. Chromozom

DNA v lidských buňkách není celistvá záležitost, nýbrž je rozdělena na jisté úseky. Tyto úseky se nazývají chromozomy. Běžná lidská buňka má 23 párů chromozomů. Chromozomy jsou velice důležité při dědičnosti, neboť nesou geny. Chromozomy můžeme rozdělit na dva typy. Prvním jsou autozomy, které by měl mít každý člověk v páru (jeden chromozom je zděděn od matky druhý od otce). Druhým typem jsou gonozomy. Chromozomy sloužící k určení pohlaví. Gonozomů existují dva druhy X a Y. tyto chromozomy tvoří pár. V případě kombinace XX se jedná o ženu, v případě kombinace XY se jedná o muže.

Pokud nastane situace, že počty chromozómů jsou jiné, než by měli být. Hovoříme o chromozomových aberacích. Ty mohou být dvojího typu. Buď dojde k nesprávnému rozdělení při meióze, máme tedy o chromozom méně či více, jedná se o numerické aberace, nebo může dojít ke strukturním změnám na chromozomech a přeskupení DNA v nich, v takovém případě se jedná o strukturní aberace.

2. 1. 5. Lokus

Geny na chromozomu jsou umístěny na DNA. Platí, že každý gen zabírá na chromozomu určité místo. Toto místo se nazývá lokus. Dva sesterské chromozomy, obsahují stejné lokusy, což znamená, že se většina genů vyskytuje ve dvou kopiích. A právě tyto kopie reprezentují alely, o kterých bylo řečeno výše. Dá se tedy říci, že do jednoho genomu organismu se vejdou dvě alely, ať už stejné či odlišné. Samotný lokus může obsahovat i více alel, nicméně v jednom diploidním organismu se mohou sejít pouze dvě z nich.

2. 1. 6. Genotyp a fenotyp

Genotyp a fenotyp jsou dva spolu související pojmy, kterými lze popsat genetické znaky vybraného jedince.

Genotyp je soubor genů v DNA jedince, které určují, jak bude vypadat fenotyp. Fenotyp je tedy soubor znaků, které můžeme na jedinci přímo pozorovat. Je to tedy přímým projevem genotypu. Důležité je zmínit, že fenotyp nemusí odpovídat genotypu.

Na příklad, se může jednat například o barvu očí. Fenotypem je hnědá barva očí, to je to, co pozorujeme, nicméně genotyp může být lehce odlišný. Je pravdou, že v genotypu bude alela, která kóduje hnědé oči, nicméně zde mohou být i jiné alely, které kódují zelené či modré oči. Takže na základě genotypu, vidíme pouze alelu, která kóduje hnědé oči. Ty ostatní nevidíme a nemusíme tušit, že je vybraný jedinec ve svém genotypu rovněž má. Na jednotlivé vztahy mezi alelami a způsob jakým ovlivňují fenotyp, se zaměříme později. (Jelínek, Zicháček and Dvorský, 2000)

2. 2. Základy dědičnosti.

V této části se budeme věnovat pochopení základů dědičnosti. Dědičnost má své zákonitosti, které je třeba brát v úvahu a které nám pomohou předpovědět fenotyp potomků.

Pokud chceme předpovědět fenotyp potomků, musíme mít na paměti Mendelovy zákony. Jedná se o tři zákony, na základě, kterých je možno odhadnout fenotyp. Nutno upozornit, že pouze můžeme říci, s jakou pravděpodobností se vloha, nebo určitý znak. Objeví v další generaci.

1. Mendelův zákon se zabývá generací F1. Generace F1 vzniká prvním zkřížením odlišných jedinců. Na příklad můžeme zkřížit klasicky zbarvenou krajtu královskou s leucitickou. Na základě prvního Mendelova zákona se vylíhnou mláďata se zbarvením, které je mezi chovateli krajt královských známo jako mojave. Jedná se pouze o změnu vzhledu kresby krajty. Tato mláďata jsou takzvanými heterozygoty. Heterozygot je jedinec, který má ve svém genomu pro konkrétní gen dvě rozdílné alely. Krajty generace F1 mají pro gen mojave dvě alely. Jednu, která kóduje klasické zbarvení, a druhou která kóduje leucitismus (leucitismus je absence pigmentových buněk v pokožce, a živočich se tak jeví být bílý, na rozdíl od albinismu, což je absence melaninu). Tento zákon, se tak nazývá zákonem o uniformitě hybridů. Tedy platí, že vždy, když zkřížím dva odlišné homozygoty (jedinec má v genomu pro daný gen dvě stejné alely), potomci budou mít stejný fenotyp.

2. Mendelův zákon, se zabývá opětovným křížením generace F1. Zajímají nás tedy potomci generace F2. Pro tento zákon, stále zůstaňme u krajty královské a genu mojave. V případě, že zkřížíme dvě krajty se zbarvením mojave (což jsou heterozygoti obsahující dvě alely, klasickou a leutistickou), se potom líhnou mláďata různých zbarvení. Ve snůšce by se měli objevit jak heterozygotní, tak homozygotní formy, vždy v poměru 1:2:1. Předpokládejme, že budeme mít čtyři vejce, tak z jednoho se vylíhne klasická homozygotní krajta, z dalších dvou se vylíhnou krajty heterozygotní se zbarvením mojave, a z posledního se vylíhne leucitická krajta. Gen mojave, který zde byl použit jako příklad, obsahuje kodominantní alely, případně alely s neúplnou dominancí (o tom později). V podstatě platí, že na základě druhého Mendelova zákona, oba rodiče náhodně svému potomku předají alelu buď jednu, nebo druhou. Což vyústí v to, že každý potomek může být odlišný. Zde hodně záleží na pravděpodobnosti, která odpovídá poměru popsanému výše. Pro snazší zápis tohoto problému, se používá takzvaný kombinační čtverec.

Pro třetí Mendelův zákon, zvolíme jiný modelový organismus. Bude jím papoušek vlnkovaný neboli andulka. Třetí Mendelův zákon, se zabývá tím, co se stane, když u jednoho jedince sledujeme více znaků. Budeme tedy sledovat alely na dvou a více genech. Předpokládejme situaci, kdy nás zajímá, gen pro zelenou/žlutou barvu a gen pro bílé skvrny. Zde máme trochu odlišnou dědičnost než v předchozím případě, předchozí zákony, stále platí, nicméně na prvním genu máme dominantní zelenou alelu, která u heterozygotů potlačí tu žlutou, takže jedinci budou stále zelení. Totéž platí pro alelu vytvářející bílé skvrny, která potlačí normální alelu. Takže, můžeme mít zelenou andulku a žlutou skvrnitou andulku. Všechna jejich mláďata budou zelená a skvrnitá. Pokud provedeme zpětné křížení, kdy tyto dvojité heterozygoty spolu opět zkřížíme, budou se líhnout všemožné kombinace. Nejčastější budou zase zelenobílé andulky, protože na obou genech budou dominantní alely. Těch bude 9:16. Méně časté budou čistě zelené andulky, ty se vyznačují tím, že na prvním genu mají alespoň jednu dominantní alelu způsobující zelené zbarvení. Druhá alela bude recesivní zajišťující normální pigmentaci, na tomto genu bude jedinec homozygot, těch bude 3:16. Třetí varianta jsou žlutí s bílými skvrnami. Ti jsou na prvním genu recesivními homozygoty, takže mají žluté zbarvení. Druhý gen opět obsahuje, alespoň jednu dominantní alelu způsobující žluté skvrny. Těch bude rovněž 3:16. A nejvzácnější variantou jsou žluté andulky, které jsou na obou genech recesivními homozygoty. Těch bude 1:16. Samozřejmě sledujeme-li více znaku, musíme si náležitě rozšířit kombinační čtverec. Důležité je zmínit, že poměry, závisí na tom, jaké jsou mezialelické interakce a jaké jsou mezi genové interakce. (Kočárek, 2004)

Existují mechanismy, které mohou Mendelovy zákony zkreslit. Jedná se o takzvanou nemendelistickou dědičnost. A jedním z těchto mechanismů, je tzv. vazba alel. Jedná se o skutečnost, že genom eukaryotických organismů je rozdělen na chromozomy, který každý obsahuje mnoho různých genů. Geny se mezi sesterskými chromozomy mohou rekombinovat pomocí mechanismu crossing-over při kterém si sesterské chromozomy vymění některé úseky DNA. Problémem je, že čím blíže se dva různé geny na chromozomu nacházejí, tím je menší šance, že podlehnou rekombinaci a z toho vyplývá, že mají tendenci být děděny pospolu. To následně snižuje čitelnost Mendelových zákonů. Dalším jevem, který může ztížit předpověď, je možnost mezigenových interakcí, kdy dva a více genů může mít výrazný vliv na fenotyp.

Mechanismem, který narušuje Mendelovy zákony, je dědičnost vázaná na pohlaví. Jak již bylo řečeno výše, kromě autozomálních chromozomů, se v jádře nacházejí ještě gonozómy, které určují pohlaví. Některé geny ovlivňující fenotyp mohou být vázány na tomto páru. Dobrým příkladem je dědičné onemocnění krve hemofilie. Jedná se o gen, který je vázaný na chromozom X, což znamená, že záleží na pohlaví při jeho projevu ve fenotypu. Hemofilický gen obsahuje dvě alely normální, a defektní, způsobující hemofilii. V případě ženy, heterozygotky bude normální alela zajišťovat normální tvorbu krve. Tato žena tak bude nositelkou defektní alely, nicméně bude v pořádku. V případě že by žena byla na defektní alelu homozygot, pak se u ní onemocnění projeví. Toto je možné, protože ženy mají kombinaci chromozomů XX. V případě muže, můžou nastat dvě situace. Z důvodu chromozomové kombinace XY, má muž pouze jeden chromozom X a záleží, kterou alelu tento chromozom nese. První situace je že na chromozomu X bude funkční alela v tomto případě bude muž zdravý, ve druhém případě bude na chromozomu X vadná alela a onemocnění se plně projeví. Dědičnost vázaná na pohlaví má tak za následek, že hemofilii trpí častěji muži než ženy. Existuje i druhá možnost genu vázaného na chromozom Y. Dobrým příkladem této dědičnosti jsou chlupy v uších, alela, která to způsobuje, se tak dědí výhradně z otce na syna. (Kočárek, 2004)

2. 2. 1. Mezialelické interakce

Některé mezialelické interakce jsme si již představily výše. Jedná se o vztahy různých alel mezi sebou, faktem je že v genofondu populace může být více různých alel, které když se sejdou v jednom organismu, mohou mít různé vzájemné vztahy, což se následně bude projevovat na fenotypu.

Takovou nejznámější interakcí je dominance/recesivita. Dominantní alela funguje tak, že v případě, kdy se potká s recesivní alelou v genotypu, dojde k úplnému potlačení recesivní alely. Posuňme se k příkladu přímo na člověku. Naší dominantní alelou bude důlek v bradě, zatímco recesivní alela je absence důlku v bradě. Pokud budeme mít dominantního homozygota, tak dotyčný jedinec bude mít důlek v bradě. Recesivní homozygot tento důlek mít nebude. Pokud tito dva jedinci spolu budou mít potomka, tak na základě prvního Mendelova zákona o uniformitě hybridů bude heterozygot. To znamená, že součástí jeho genomu budou obě alely. Jelikož je alela s důlkem dominantní, plně potlačí alelu bez důlku, a tak jedinec bude mít důlek v bradě.

Další poměrně významnou interakcí je kodominance. Jedná se o alely, které mají na fenotyp stejný vliv. Znamená to tedy, že se obě alely plně projeví. Zajímavým příkladem kodominance u člověka je dědičnost krevních skupin. Na genu, který je zodpovědný za krevní skupiny, mohou být tři různé alely A, B a 0. Alely A a B jsou vůči sobě kodominantní, alela 0 je oproti alelám A a B recesivní. Pokud máme homozygotního jedince s krevní skupinou A a jedince s krevní skupinou B, tak jejich potomci budou heterozygoti s alelami A a B. Z toho vyplývá, že dotyčný potomek bude mít krevní skupinu AB. Alely kódují protein, který se nachází na povrchu červených krvinek. Každá alela kóduje odlišný protein a v případě, že se v genomu nachází obě alely jsou tvořeny oba proteiny. Alela 0 je defektní a nekóduje žádný protein. Druhým příkladem může být kočičí gen pro červenou/černou srst, který je vázán na pohlavní chromozom X a v důsledku toho má komplikovanější dědičnost.

Poměrně častou interakcí je neúplná dominance/recesivita. Jedná se o situaci, kdy má jedna z alel prokazatelně dominantní postavení, ale ne dost aby plně ovlivnila fenotyp. Dobrým příkladem tohoto jevu je gen mojave u krajty královské, jak bylo představeno výše. Zde máme normální a leucitickou alelu, leucitická alela je vůči normální alele neúplně dominantní/recesivní (zde přesná dědičnost není jistá, pravděpodobnější je neúplně recesivní) a v případě vzniku heterozygota se na fenotypu objeví onen efekt mojave, což je změna kresby. Druhým příkladem je gen black pastel rovněž u krajty královské kdy black pastel je neúplně dominantní alela vůči normální a způsobuje silný melanismus (had je černý). V případě heterozygota s normální alelou, dochází jen k částečnému melanismu (had je tmavší, než by měl být). (Jelínek, Zicháček and Dvorský, 2000)

2. 2. 2. Mezigenové interakce

Jednotlivé geny, mezi sebou interagují. To je způsobeno tím, že jednotlivé metabolické produkty mezi sebou reagují a vytváří jiné produkty, přímo se projevující na fenotypu. Dobrým příkladem tohoto procesu může být tvorba melaninu, což je pigment zodpovědný za černohnědé zbarvení. Na jeho vzniku se podílí několik genů, které vytváří nějaké produkty. Pokud jsou na těchto genech různé alely, může dojít k odlišné tvorbě melaninu a tím i ke změně výsledného zbarvení. Na základě toho, mohou mít různé geny mezi sebou různé vztahy, podobně jako mají mezi sebou různé vztahy alely mezi geny.

Epistáze (recesivní/dominantní) je vztah, při kterém je jeden gen nadřazený druhému. Je to situace, která je v organismech velice častá, a dobrým příkladem je albinismus. Zde se jedná o recesivní epistázi, kdy recesivní epistatická alela přebije všechny ostatní alely zabývající se zbarvením. Alela totiž neumožňuje vznik prekursoru melaninu, a tím padá celá metabolická řada, která melanin vytváří (zde bych použil přirovnání, nemáme-li plot, není co natírat). Dominantní epistáze je podobná recesivní epistázi, ačkoliv zde přebíjí dominantní alela. To můžeme pozorovat u bílého zbarvení koček, kdy konkrétní gen způsobuje leucitismus. Je to podobné jako u albinismu, nicméně zde nechybí pigment ale pigmentové buňky. Je jedno, jaké má kočka zbarvení, pokud je přítomná dominantní alela na bílé zbarvení, kočka bude vždy bílá. Epistáze má zajímavou vlastnost v tom, že se zdá jako by se chovala jako obyčejná dominantní alela, která má spoustu recesivních alel pod sebou, což může zkreslovat představy o zákonech dědičnosti. Důležité je se zde zaměřit pouze na přítomnost a nepřítomnost takové alely.

Další mezigenovou interakcí je komplementarita. Jedná se o interakci, při které dva geny spolupracují na vytvoření společného fenotypu. V praxi to funguje tak, že bílkovinné produkty těchto genů spolu interagují za vzniku nějakého třetího produktu, který už může být tím fenotypem. Možným příkladem, mohou být proměnlivé znaky kočičí kresby, kdy zde máme gen (konkrétně ASIP), který se stará o vznik kresby, funguje jako zásadní předpoklad, že kočka bude kresbová. A dále je zde speciální faktor T, který rozhoduje o konkrétní podobě kresby. Oba tyto geny spolupracují, a na základě jednotlivých alel se mění vzhled kočičí kresby. Ale pokud je recesivní alela na ASIP – dochází k melanickému zbarvení (černá kočka) a žádná kresba není patrná, samotný faktor T nemá šanci se projevit a pokud nebudou přítomné alely, které rozhodují o konkrétní kresbě, kočka bude jen hnědočerná. Problém s komplementaritou spočívá v tom, že se podobá reciproké interakci nebo „vzájemné“ epistázi. Druhým lepším příkladem mohou být některá onemocnění, která jsou

vyvolána poruchou jednoho nebo druhého genu ve vzácných případech obou. Takovým onemocněním by mohl být diabetes, jedná se o onemocnění, při kterém dochází k poruše tvorby inzulinu nebo poruchy tvorby receptoru na inzulin. Jak inzulin a jeho receptor jsou reprezentovány dvěma různými geny. Pokud je všechno v pořádku, oba geny mají funkční dominantní alelu. Pakliže dojde k chybě, buď na jednom lokusu, nebo na druhém, je narušen proces absorpce glukosy, a je to buď tím, že receptor funguje, ale není inzulin, nebo receptor nefunguje, ale inzulin se normálně tvoří. Ve vzácném případě může dojít k poruše na obou genech. (Kočárek, 2004)

Reciproká interakce, kterou jsem zvyšoval výše, je poměrně snadno pozorovatelná na různých fenotypech. Platí to jak pro člověka, tak pro další organismy. Funguje to tak, že dva různé geny fungují nezávisle na sobě a každý má svůj konkrétní fenotyp. Když se mutační alely z obou genů objeví v jednom organismu, dojde k tomu, že se fenotypy zkombinují a vznikne společný fenotyp. Pro příklad nemusíme chodit daleko, ale stačí zůstat u člověka. Recesivní alela na genu, který řídí červené zbarvení vlasů (MC1R) (*Gene: MC1R (ENSG00000258839) - Summary - Homo_sapiens - Ensembl genome browser 108*, no date), podmiňuje právě červené vlasy. Na druhém genu (OCA 2) (*Gene: OCA2 (ENSG00000104044) - Summary - Homo_sapiens - Ensembl genome browser 108*, no date) je recesivní alela, která podmiňuje blond zesvětlení (nutno upozornit, že blond vlasy mají medově hnědou barvu, nikoliv žlutou). Oba geny mohou fungovat samostatně a jejich dominantní alely podmiňují normální zbarvení vlasů tedy černé. Pokud se však na OCA 2 i na MC1R objeví dvojnásobný recesivní homozygot, vlasy získají nikoliv červené nebo medové zbarvení ale žluté, čímž dojde ke vzniku nového fenotypu, který vznikl kombinací předchozích. Na příkladech jiných savců, ptáků, plazů, kde se nachází mnohem více barevných variet než u člověka, může docházet ke trojnásobné nebo i pětinasobné reciproké interakci. ((Gudnerová, 2013)

Do teď jsme se zabývali převážně kvalitativní dědičností. Nyní se zaměříme na kvantitativní dědičnost, která podléhá podobným zákonitostem jako ta kvalitativní, nicméně se jí účastní mnohem více genů, které mají malý účinek, který se postupně skládá. Velký počet genů má za následek vyštepování širokého spektra odlišných genotypů. Což znamená zásadní že, jedinci obvykle nabývají určitého počtu různých fenotypů obvykle postupně proměnlivých na základě Gaussovy křivky. A jim odpovídajících fenotypů. Jedná se tedy opět o nemendelistickou dědičnost. (Jelínek, Zicháček and Dvorský, 2000)

Dobrym příkladem kvalitativní dědičnosti je duplicitní interakce. Jedná se o situaci, kdy dva nebo více genů mají stejný nebo velice podobný účel. Při dědičnosti může nastat několik variant.

Tou první je nekumulativní duplicita. Je to situace, kdy je jedna z alel dominantní a projeví fenotyp i navzdory druhému genu. Dochází tak ke vzniku velice silného fenotypu, jehož štěpný poměr je 15:16.

Druhou variantou je kumulativní duplicita s dominancí. Při této interakci se sčítá účinek dominantních alel na obou genech. Výsledkem mohou být tři fenotypy určené počtem genů s dominantní alelou. Štěpné poměry pro fenotyp k této interakci jsou 9:6:1.

Poslední variantou je kumulativní duplicita. Na rozdíl od předchozích variant zde záleží na počtu aktivních alel (aktivní alela by se dala nejlépe přirovnat k alele neúplně dominantní). Tato interakce vytváří až 5 různých fenotypů (pro dva geny) na základě počtu aktivních alel. Dobrym příkladem může být zbarvení obilek pšenice, kdy právě jeden fenotyp odpovídá jedné aktivní alele na třech genech. Štěpné poměry kumulativní duplicity pro dva geny jsou 1:4:6:4:1. Proto je možné rozložení fenotypů v potomstvu zobrazovat pomocí Gaussovy křivky.

Pro kvantitativní dědičnost je dobré upozornit, že fenotypy mohou být skresleny vlivem prostředí. obecně platí, že čím více genů se na daném fenotypu projevuje, tím je vliv prostředí vyšší. Tohle lze názorně ukázat na příkladu lidské výšky. Není pochyb o tom, že výška člověka má základ v dědičnosti, nicméně je zde třeba započíst významný faktor prostředí, který též může výrazně ovlivnit výšku člověka. (Jelínek, Zicháček and Dvorský, 2000)

2. 3. Příklady z přírody

Stejně geny obsažené v genomech živočichu mají mnohdy stejný nebo podobný vliv na fenotyp. Tento jev je označován homologií. Homologie souvisí s evoluční historií konkrétního genu. Tyto podobnosti v expresi jsou způsobeny společnými předky v průběhu fylogenezi. V podstatě to znamená, že pokud měl předek nějaký konkrétní gen s určitým fenotypovým projevem pak takový gen budou mít i jeho potomci. Tato část více přiblíží vybrané druhy savců a jejich vzájemné podobnosti ve fenotypech a genech, které je způsobují.

2. 3. 1. Vybrané geny savců

Gen [OCA1](#) – jedná se o velice důležitý gen, který je zodpovědný za tvorbu melaninu. Jedná se o konkrétní bílkovinu, která stojí na počátku kaskády, jež vede k tvorbě tmavého eumelaninu nebo červeného feomelaninu. Různé mutace tohoto genu mohou způsobovat různé potíže s tvorbou melaninových barviv. Nejznámější mutací je albinismus I. typu. Pokud tento gen neobsahuje funkční alelu, prakticky zborťí celou metabolickou kaskádu, která na něj navazuje a žádný pigment se tak netvoří. Krom albinismu existují ještě další mutace, které způsobí, že jsou pigmentovány pouze chladnější části těla. Tento jev lze nazvat částečným albinismem nebo tzv. akromelanickými odznaky. Jedná se o typické zbarvení například siamských koček, ale toto zbarvení můžeme pozorovat i u dalších druhů savců jako jsou myši, dokonce existuje i jeho méně patrná forma u člověka. Dominantní, a tedy funkční alela tohoto genu zajišťuje plnou pigmentaci melaninem. (Imes *et al.*, 2006)

Gen [TYRP1](#) – tento gen patří mezi savce a pravděpodobně i další skupiny obratlovců, mezi velice časté geny. Dominantní alela tohoto genu způsobuje černé zbarvení, tedy plnou pigmentaci. Tento gen je však známější pro svou recesivní alelu, která poměrně často způsobuje čokoládově hnědé či skořicové zbarvení. Mutace tohoto genu u jednotlivých druhů mají velice podobnost expresi a vytvářejí tak velice podobné fenotypy. Pro člověka se jedná na příklad o rozdíl mezi černými a hnědými vlasy. A pro ostatní druhy savců běžně způsobuje hnědé zbarvení srsti. (Lyons *et al.*, 2005)

Gen [MC1R](#) – tento gen je zodpovědný za speciální receptor, který na sebe váže eumelanin, a zajišťuje tak černé zbarvení. Tento gen rovněž spolupracuje s jiným genem ASIP, o kterém níže. Recesivní alela MC1R genu způsobuje špatnou funkci tohoto receptoru a eumelanin se tak neukládá správně, což uvolňuje místo pro červenohnědý feomelanin, což způsobuje červené zbarvení. Tento gen je tedy zodpovědný za červené zbarvení srsti u člověka vlasů. Nutno upozornit, že většina červených koček nemá své zbarvení způsobeno tímto genem. Obecně mezi druhy savců jsou různé způsoby, jak dosáhnout červeného zbarvení. (Schmutz, Berryere and Goldfinch, 2002)

Gen [OCA2](#) – rozhoduje o způsobu ukládání pigmentu. Jeho dominantní alela způsobuje nezměněné zbarvení, nicméně recesivní alely způsobují výrazné změny v ukládání pigmentu do kůže a chlupů (vlasů) a tím způsobuje výrazné zesvětlení. toto zesvětlení se týká i oční duhovky. U člověka tento gen způsobuje blond zesvětlení, které se týká očí i kůže. U jiných savců má velice podobnou vlastnost, což je zesvětlení v barvě holubí šedi a oči často bývají

červené. Tento gen může rovněž způsobovat albinismus II. typu. (*OCA2 gene - Genetics Home Reference - NIH*, no date)

Gen [ASIP](#) – je zodpovědný za různá ochranná zbarvení. U většiny savců způsobuje střídání feomelaninu a eumelaninu v chlupech čímž dodává srsti charakteristické hnědočerné zbarvení. Tento gen má časté různé varianty, které se svou expresí mohou výrazně lišit. Recessivní alela tohoto genu většinou způsobuje tzv. melanismus, což je zvýšená pigmentace eumelaninem, zvíře se tak jeví černé. Ostatní alely mívají různý vztah, většinou bývá kodominantní, některé dominantní. A také může být jedním ze způsobů, jak vynořit červené zbarvení. Pro člověka je tento gen méně významným, ačkoliv jej člověk má také je otázkou, zda jsou jeho fenotypové projevy tak výrazné, aby zásadnějším způsobem změnili vzhled člověka. Na základě jeho projevu u dalších druhů savců je možné, že by mohl způsobovat extrémní melanismus i u člověka (i takové případy byli mezi lidmi zaznamenány). (Schmutz *et al.*, 2007)

Gen [MLPH](#) – tento gen je zodpovědný za správné ukládání pigmentu do chlupů. U člověka tento gen nemá významný fenotypový projev. U dalších druhů savců však má recesivní alelu, která se obvykle projevuje podobným způsobem. Chyba tohoto genu způsobí změnu zbarvení do šeda až šedo-modra. Vzniká tak takzvané modré zbarvení. (O'Sullivan *et al.*, 2004)

Gen [KIT](#) – speciální gen zodpovědný za migraci melanocytů v prenatálním období. Gen je zodpovědný za správné rozložení pigmentu po těle. Jeho poruchy mohou vést k celé řadě problémů. Při těch mírnějších vznikají výrazné bílé skvrny po těle. Často je na jejich základě možné rozlišit kam se pigment dostal a kam už ne (břišní strana těla bývá bílá nejčastěji). V případě, že bílé skvrny zasáhnou oční nebo ušní oblasti, může docházet ke vzniku defektů jako heterochromie či vrozená hluchota. Mutační alely tohoto genu mohou být původcem leucitismu. Mutační alely mají ke svým funkčním alelám různý vztah velice častá bývá neúplná dominance nebo recesivita. U koček existuje dominantní alela, která způsobuje právě leucitismus a s tím spojené riziko vrozených problémů. (David *et al.*, 2014)

2. 3. 2. Porovnání zbarvení vybraných druhů savců

Geny, které byly předmětem přechodí části, jsou v té či oné podobě v genomech mnoha druhů savců. Zde se zaměříme na tři modelové organismy z třídy savců, které jsou nějakým způsobem spojeny s člověkem. Našimi modelovými organismy budou: kočka domácí (*Felis catus*), pes domácí (*Canis lupus familiaris*) a myš domácí (*Mus musculus*).

Tito savci se velice často vyskytují v chovatelských stanicích, či žijí synantropním způsobem života.

Pokud se podíváme na první gen [OCA1](#), který jak již bylo řečeno, zajišťuje tvorbu pigmentu melanin, a tak je klíčový pro celkovou pigmentaci živočicha, zjistíme, že má spoustu alel, které u vybraných druhů neustále opakují. U všech protagonistů se vyskytuje dominantní alela, která zajišťuje normální pigmentaci, a tak živočich netrpí žádnou formou hypomelanismu či albinismu. Značná variabilita však začíná u ostatních alel, které podmiňují různé formy hypopigmentace až albinismu. U koček a myši se vyskytuje recesivní alela, která způsobí pouze mírné zesvětlení, proti normální alele je zcela recesivní. Toto zbarvení je u koček známo jako barmské zbarvení, a je typickým znakem barmského plemene. U myši takové zbarvení též existuje. Další významná alela způsobuje velice ikonické zbarvení, a tím je siamské zbarvení. Fenotypový projev této alely se vyznačuje tím, že se pigment ukládá do míst, kde je nižší tělesná teplota. Z toho vyplývá, že výrazně jsou pigmentovány končetiny ocas uši a špička nosu. Myši jsou přeci jen variabilnější, a na tomto lokusu se vykytuje ještě jedna alela, která je výrazně hypomelanická (výrazněji než barmské zbarvení). Srst takové myši budí dojem béžového zbarvení. Tyto „recesivní“ alely mají mezi sebou kodominantní vtaž, takže v případě heterozygotů se variabilita zbarvení výrazně zvyšuje. Poslední alelou, kterou je třeba zmínit, je zcela nefunkční alela, která způsobuje albinismus I. typu. Fenotypový projev této alely je společný všem vybraným modelovým savcům. Při porovnání modelových savců zjistíme, že nejméně variabilní je v tomto genu pes domácí, u kterého se v genofondu vyskytuje pouze dominantní a funkční alela a recesivní nefunkční alela. U kočky domácí existují čtyři alely: dominantní funkční, dvě recesivní, avšak vzájemně kodominantní podmiňující barmské a siamské zbarvení a poslední recesivní nefunkční způsobující albinismus. U myši se vyskytují stejné alely jako u kočky a jedna navíc podmiňující béžové zbarvení.

Dalším genem, pomocí kterého můžeme porovnat vybrané druhy savců, je [TYRP1](#). Tento gen je běžně zodpovědný za hnědé zbarvení srsti místo černého. Gen má obvykle dvě alely, jednu dominantní a jednu recesivní, které mají oba vybrané druhy. Ve všech případech, ta recesivní alela způsobuje čokoládově hnědé zbarvení. Nicméně u kočky domácí se vyskytuje ještě jedna alela více recesivní, která podmiňuje skořicové zbarvení. V tomto ohledu jsou variabilnější kočky.

Gen [OCA2](#) má výrazný fenotypový projev zejména u myši domácí. Gen obsahuje dvě alely, jednu dominantní, která podmiňuje normální pigmentaci a druhou recesivní která mění pigmentaci kůže chlupů i očí. Fenotypový projev OCA2 u myši způsobuje šedou srst a červené oči. U koček a psů nemá tento gen výrazný fenotypový projev a v zásadě se dá předpokládat, že v genofondu koček a psů nejsou známy recesivní alely, které by měli podobný projev.

Gen [ASIP](#) vytváří velice výrazné fenotypy. Gen způsobuje, jak již bylo řečeno výše, střídání pigmentů ukládaných v chlupech, čímž zvířeti dodává kryptická zbarvení srsti. U koček jsou nejběžnější dvě alely, ta dominantní způsobuje právě typický projev aguti. Co se týče různých typů kreseb na to je zde samostatný gen. Krom klasické dominantní alely, způsobující hnědočerný vzhled zde existuje slabší alela charcoal, která způsobuje výrazné ztmavení. Kočka je potom skoro černá, avšak s výrazně patrnou kresbou. Tato alela je však běžná u hybridních bengálských koček. Možné další alely, které by měli své analogie u dalších vybraných živočichů, mohou způsobovat výrazné zesvětlení hnědých částí srsti a zvíře se tak jeví zlatavé s kresbou, nebo dokonce je kresba výrazně potlačena (zlaté stínové zbarvení) nicméně vlastnosti těchto hypotetických alel u koček nejsou zcela zřejmé. Dobrou analogii bychom mohli nalézt u myši domácí. Kde recesivní alela způsobuje hyperpigmentaci a zvíře má černou srst. A dominantních alel je několik druhů, které mezi sebou mají neúplně dominantní až kodominantní vztah. Nejslabší z nich způsobuje specifické zbarvení tan, kdy břišní strana zvířete je žlutá až červená. Silnější alela způsobuje typický projev aguti zbarvení a zvíře získává hnědočerné zbarvení. Heterozygotní kombinace předchozích alel vytváří zbarvení tan-aguti, které se od tan liší tím, že hřbetní strana je zbarvena právě aguti. Další dominantní alela způsobuje žíhání. Vytváří černé pruhy na žluto-červeném podkladu. Vzniká tak charakteristické zbarvení brindle. Toto zbarvení je k předchozím dominantním alelám kodominantní, i když jsou heterozygoti fenotypově těžko patrní. Poslední úplně dominantní alelou a zároveň letální v homozygotní podobě je červené zbarvení, které vytváří vzhled „rezavé“ myši. Co se týče psa domácího, i zde existují velice podobné fenotypové projevy jako u kočky nebo u myši domácí. První zásadní alelou je opět recesivní, která způsobuje melanismus. Dále je zde alela, která způsobuje tan zbarvení, které je běžně patrné například u dobrmanů. A nakonec klasická alela způsobující klasické divoké zbarvení, které dává vzhled například německému ovčákovi. Nejsilnější dominantní alela opět způsobuje žluto-červený vzhled. Opět se jedná o zbarvení charakteristické pro mnohá plemena jako například irský teriér. Když tedy porovnáme vybrané modelové organismy

podle genu ASIP, zjišťujeme, že variabilita zde je víceméně srovnatelná. Nicméně je možné pozorovat rozdíly mezi fenotypovými projevy alel u různých druhů.(Heidelberg, 2018)

Modré zbarvení je u mnoha chovatelů poměrně oblíbenou záležitostí. Je však zajímavé, že může být způsobováno různými geny. Nejčastějším genem, který se běžně vyskytuje u koček a psů je gen [MLPH](#) u myši je potom modré zbarvení (podobně jako u lidí – o tom později) způsobeno genem [MYO5A](#). V obou případech platí, že modré zbarvení má recesivní charakter, kdy nefunkční alela jednoho z genů způsobuje ono modré zbarvení (též dilute).(O'Sullivan *et al.*, 2004)

Posledním ze zkoumaných fenotypových vlastností vybraných druhů savců jsou bílé skvrny. Ty jsou způsobeny mutačními alelami na genech [KIT](#) nebo [KITlg](#). Projevy těchto zbarvení mohou být různé, avšak nejznámějšími bílými skvrnami je tak zvaný piebaldismus, který velice často mívá různě po těle rozmístěné ostrůvky bez pigmentace a vzniká tak dojem flekatého zvířete. Piebaldismus často mívá recesivní dědičnost, a je za něj odpovědný gen [KITlg](#). Druhou možností je částečný nebo úplný leucitismus, kdy dochází k problému při samotné migraci melanocytů v embryonálním období. Pro myši jsou patrné oba způsoby vad. Některé myši mohou být piebaldické, jiné mají poněkud odlišnější poruchy pigmentace (bílá zadní část těla, tmavý pruh na zádech táhnoucí se od uší k ocasu a bílý zbytek těla, bílý pruh uprostřed těla a podobně). Zároveň zde existuje letální kombinace, která způsobuje úhyn embryí. Pro kočky jsou také charakteristická zbarvení založená na základě leucitistických poruch. Zde je patrný problém při migraci melanocytů. U koček bývá velice časté, že záda většinou bývají pigmentovaná a zbytek těla má větší či menší plochu v bílé. U koček existuje alela způsobující dokonalý leucitismus a je dominantní oproti všem ostatním. U psů existuje také značná variabilita v bílých skvrnách. (David *et al.*, 2014) ([KITLG gene – Genetics Home Reference – NIH, no date](#))

2. 3. 3. Další příklady živočichů

V rámci přírody, se vyskytuje napříč živočišným spektrem velké množství různých variant genů. Pokud se zaměříme výhradně na fenotypový projev a nebudeme zkoumat genetické pozadí, zjistíme, že velice častou a dědičnou mutací je albinismus, leucitismus, melanismus a podobně.

Když se zaměříme na albinismus, zjistíme, že je mezi různými druhy výrazně rozšířen. Jak již bylo řečeno výše, albinismem je myšlena úplná ztráta tmavého pigmentu. To znamená, že albín nutně nemusí mít bílé zbarvení, jen chybí v barevném spektru daného druhu černý

pigment melanin. Má-li konkrétní živočišný druh i další barviva, jako žlutý xantorin, nebo oranžovo-červený erytrin, případně nějaké další pigmenty, absencí melaninu, který dělá zvíře tmavší, umožní více vyniknout těm ostatním pigmentům. Zajímavým příkladem je had užovka červená (*Pantheropsis Guttata*), která barví své tělo hned třemi pigmenty. Albinismus u užovky červené vytváří jasné červeno žluté zbarvení se světlými místy, kde v kresbě se měl ukládat melanin. Samozřejmě zde existují i mutace, které odstraní červený nebo žlutý pigment, takže až když dojde k tomu, že se vylíhne jedinec, který nemá žádný pigment (nahromadí-li se u takového jedince jednotlivé mutace) bude had čistě bílý. (Saenko *et al.*, 2015)

Abychom si zde nepředstavovali jen plazy, podobné věci se běžně dějí i u mnohých druhů ptáků. Mnohé druhy mají svá pera pigmentována několika různými pigmenty, což umožňuje zřetelnou rozmanitost mezi ptáky. Například u některých druhů papoušků, kteří jsou ve směs zelení, je jejich barva dána žlutým pigmentem na tukovém základě a modrým pigmentem, který je pravděpodobně na bázi melaninu. Mnohé chovatelské záměry okrasného ptactva jsou způsobeny mutacemi, způsobující absenci jednoho či obou pigmentů (zelení modří, žlutí a bílí papoušci vlnkování (andulky)).

2. 4. Dědičnost lidských znaků

Člověk podléhá genetickým zákonitostem stejně jako jiné druhy savců. A stejně jako u nich vše ovládají podobné geny. Fenotypické znaky člověka jsou velice podobné, jaké jsme si představili v přechodí kapitole, a tudíž geny za ně odpovědné jsou ty samé jako u ostatních vybraných druhů savců. Na člověku můžeme pozorovat zajímavé fenotypické znaky, kdy můžeme sledovat variabilitu zbarvení kůže, vlasů očí, a dalších znaků, které mohou upravovat stavbu a velikost těla a podobně.

V následujících kapitolách si představíme nejvýznamnější lidské geny odpovědné za viditelný fenotyp, tedy geny odpovědné za celkový vzhled člověka. Dále si představíme jednotlivé geny a jejich pravděpodobný fenotypový projev, jejich vzájemné mezialelické a mezigenové interakce.

2. 4. 1. Přehled genů zodpovědný za fenotypické znaky člověka

označení lokusu	Gen	umístění na chromozomu	alely + dominance	fenotyp
lokus C	OCA1	11. chromozom	C - dominantní 1 cp - recesivní 0 c - recesivní 0	normální pigmentace albinismus typu I A - částečná ztráta pigmentu albinismus typu I B - úplná ztráta pigmentu
Lokus P	OCA2	15. chromozom	P - dominantní 2 pb - recesivní 1 p - recesivní 0	normální pigmentace blond zesvětlení (světlé vlasy modré oči) albinismus typu II
Lokus R	RHC	4. chromozom	R - dominantní r - recesivní	červené vlasy podmíněno OCA2 nečervené vlasy (světlé) podmíněno OCA2
Lokus E	MC1R	16. chromozom	E - dominantní e - recesivní	normální pigmentace červené vlasy a pihy na kůži
lokus B	TYRP1	9. chromozom	B - dominantní bh - recesivní b	normální pigmentace hnědé vlasy modré oči (neznámý vliv na ostatní alely)
lokus G	GEY	19. chromozom	G - dominantní g - recesivní	zelené oči závislost na OCA2 a HERC nezelené oči
Lokus N	SCL45A		N - kodominantní n - kodominantní Nn heterozygot	tmavá pleť černé vlasy světlá pleť, variabilní vlasy středně pigmentovaná pleť černé vlasy
Lokus A	ASIP	20. chromozom	A - dominantní a recesivní	normální pigmentace tendence ke ztmavení
LOKUS W	KITLG	12. chromozom	Wp - kodominantní Wh - kodominantní w - recesivní	způsobuje piebaldismus, častá vrozená hluchota způsobuje hyperpigmentaci (tmavší skvrny na těle) normální pigmentace a rozložení barev
Lokus GR	SCL24A4		GR - dominantní gr - recesivní	hnědé oči zelené oči závislost na OCA2 a HERC
Lokus O	OC1	chromozom X	O - dominantní o - recesivní	normální pigmentace očí okulární albinismus
Lokus Rx	TCHH	1. chromozom	Rx - dominantní rx - recesivní	kudrnaté vlasy zvlněné vlasy
Lokus Ed	EDAR	2. chromozom	Ed - kodominantní Ed ed - heterozygot ed - kodominantní	silné rovné vlasy rovné vlasy se slabším průsvitem, mohou být mírně zvlněné zvlněné vlasy
Lokus Sh	?	chromozom X	Sh - dominantní sh - recesivní	normální stav plešatost
Lokus PL	?	?	Pl - dominantní/recesivní pl - recesivní/dominantní >záleží na přítomnosti chromozomu Y	normální stav plešatost
Lokus D	MYO5A	15. chromozom	D - dominantní d - recesivní	normální pigmentace modré ředění (součástí Griscelliho syndromu)
Lokus Ash	RAB27A	15. chromozom	Ash - dominantní ash - recesivní	normální pigmentace modré ředění typu ashen (součástí Griscelliho syndromu)

Obrázek 1 ukazuje celkový přehled o významných lokusech odpovědných viditelný fenotyp člověka. Značení lokusů je odvozeno od zvyklostí chovatelů různých savců (kočka, pes, myš) písmena tedy označují lokusy se stejným nebo podobným fenotypovým účinkem – jedná se tedy o ekvivalentní geny. (Heidelberg, 2018)

Geny zodpovědné za lidský fenotyp jsou dle tabulky vesměs podobné jako geny u jiných druhů. Označení jednotlivých lokusů vychází z obecného značení rozšířeného mezi chovateli malých savců, koček a psů. (Heidelberg, 2018)

2. 4. 2. Vliv jednotlivých genů na lidský fenotyp

Nyní si probereme jednotlivé geny, a jejich vliv na lidský fenotyp. Prvním genem, který stojí za zmínku je gen [SCL45A1](#). tento gen u člověka zodpovědný za míru pigmentace pokožky, jeho analogii, bychom mohli sledovat na akvarijní rybičce danio čtyřpruhé, která patří mezi relativně oblíbené chovance v akvaristice. Tento gen totiž mění míru pigmentace v kůži, což zapříčiňuje nejvýraznější rozdíl mezi africkou a evropskou populací. Gen má dvě výrazné alely, první alela je dominantní a zajišťuje tmavé zbarvení pokožky, jedná se tedy o původní alelu, která člověku dává schopnost díky vyšší koncentraci melaninu odolat tvrdším světelným podmínkám rovníkových oblastí. Pokud má jedinec disponuje touto alelou, je jeho pigmentace přímo závislá na ostatních genech schopných pigmentovat kůži. Neúplně recesivní alela, způsobuje světlé zbarvení pokožky, je to typická alela pro europoidní populaci (možná i pro mongoloidní, těch alel samozřejmě existuje více, ale projev mají víceméně podobný, takže budeme předpokládat, že se jedná o jednu alelu). mezi těmito alelami existuje neúplně dominantní/recesivní vztah, což vede k tomu, že heterozygoti se v pigmentaci nachází přibližně na půli cesty, na konkrétní odstín mají pochopitelně vliv další geny. (Saenko *et al.*, 2015)

Lidský gen [ASIP](#) má značně nejistý vliv. nicméně, vyjdeme-li z porovnání s ostatními savci, měly by některé alely genu ASIP významně ovlivňovat pigmentaci kůže i vlasů. Tento gen totiž určuje, zda a v jaké míře se bude ukládat feomelanin nebo eumelanin. Dá se předpokládat, že tento gen může stát za některými hyperpigmentacemi (tedy zbarvení mnohem tmavší, než je obvyklé) lidí. V takovém případě je vysoce pravděpodobné, že by taková alela byla recesivní. (ASIP gene – Genetics Home Reference – NIH, no date)

Gen [OCA1](#) u člověka zajišťuje samotnou tvorbu melaninu, proto se z tohoto hlediska jedná o nejdůležitější gen. U člověka zde existují minimálně tři alely, které se mají významný vliv na pigmentaci. První alela je dominantní a zajišťuje normální tvorbu pigmentu, z tohoto hlediska dělá právě to, co má. Další dvě alely jsou recesivní, jedna z nich zajišťuje částečný albinismus, tvorba pigmentu je narušena, nicméně se přeci jen nějaký vytváří. Nejlepší analogie této alely by se dala nalézt u běžového zbarvení myši domácí, které je též způsobeno částečným albinismem, byť u lidí má odlišnější projev. A druhá recesivní alela způsobuje úplný albinismus, tedy neschopnost tvořit pigment, tato alela uplatňuje vliv recesivní epistáze na ostatní geny zabývající se pigmentací. (*Gene: TYR (ENSG00000077498) - Summary - Homo_sapiens - Ensembl genome browser 108*, no date)

Gen [OCA2](#) je zodpovědný za blond zesvětlení. Tento gen obsahuje tři alely, dominantní alela zajišťuje normální pigmentaci a je zodpovědná za správné ukládání pigmentu. Prostřední alela je vůči té první recesivní, a způsobuje blond zesvětlení, to se vyznačuje snížením množství pigmentu v kůži vlasech a očích. Její projev způsobuje znatelné zesvětlení kůže zejména v populacích typických tmavší pletí, zesvětlení pigmentace vlasů, do medového zbarvení, konkrétní tón záleží na dalších genech a také sníží pigmentaci oční duhovky, takže umožňuje pouze zelené nebo modré zbarvení. Alela tedy svými projevy působí recesivní epistází vůči [SCL45A1](#) genu. S geny zabývající se primárně pigmentací vlasů, a barvou melaninu má reciprokou interakci. Poslední alela, zcela znemožňuje ukládání pigmentu a způsobuje tak albinismus druhého typu. (*Gene: OCA2 (ENSG00000104044) - Summary - Homo_sapiens - Ensembl genome browser 108, no date*)

Gen [TYRP1](#) řídí odstín správnou barvu melaninu. Tento gen obsahuje minimálně dvě alely. Dominantní alela zapříčiňuje normální barvu (eu)melaninu, tedy černou. Alela je předpokladem pro černé zbarvení vlasů. svůj vliv má alela i na zbarvení pokožky, pokud tento její projev není potlačen předchozími geny. druhá recesivní alela, podobně jako u další druhů savců zapříčiňuje hnědé zbarvení vlasů. existuje zde vysoká pravděpodobnost, že tento gen, může ovlivnit i pigmentaci oční duhovky, pravděpodobně při spolupráci s dalšími geny. (*Gene: TYRP1 (ENSG00000107165) - Summary - Homo_sapiens - Ensembl genome browser 108, no date*)

Gen [SCL45A1](#) je gen, který způsobuje změnu barvy pokožky, jedná se o gen, kdy jeho homologie byla pozorována na akvarijní rybičce danio pruhované. Na tomto lokusu se nachází minimálně dvě alely s poměrně výrazným efektem, jsou vzájemně v neúplně dominantním vztahu, takže u heterozygotů dochází k ředění. Dominantní alela podmiňuje tmavé zbarvení kůže, které však podléhá dalším interakcím od jiných genů. Druhá alela svým projevem značně redukuje množství kožního pigmentu, což způsobuje světlé zbarvení bez ohledu na barvu vlasu či očí. Tento jev není projev albinismu, spíše hypomelanismu. (Heidelberg, 2018)

2. 4. 3. Vybrané dědičné patologie fenotypických znaků

Některé projevy určitých genů, mohou mít za následek některé patologické jevy. Mnohé z těchto aberací mají i svůj patrný fenotyp. Výrazný fenotypický projev nemusí mít jen genomové aberace, kdy nám mohou chybět nebo přebývat chromozomy nebo jejich části, ale i patologické mutace klíčových genů. Takovou významnou patologickou mutací je albinismus (viz výše) který způsobuje ztrátu pigmentu melaninu, který je zodpovědný za ochranu těla před UV zářením. Cest, jak k albinismu může dojít je více. Geny [OCA1](#) a [OCA2](#) mají na svých lokusech alely, které způsobí částečnou nebo úplnou ztrátu pigmentu. Závažnost tohoto onemocnění výrazně ovlivní fakt, v jakém klimatickém pásu postižený žije. Existuje několik forem albinismu, které se liší genem a alelou. Podle toho se dělí na albinismus Ia, Ib, 2. Nicméně zajímavý typ albinismu je takzvaný okulární albinismus. ten je způsoben genem OC1 který je vázaný na pohlavní chromozom X čímž podléhá dědičnosti vázané na pohlaví. Recesivní a vadná mutace způsobuje ztrátu pigmentu v oku, což může vést k problémům se zrakem. Způsobuje to depigmentaci oční duhovky, která tak může nabývat odstínů od růžové do modré. Vzhledem k podstatě dědičnosti jsou mnohem častěji postiženi muži. (*Typy albinismu - www.albini.cz, no date*)

Další poruchou pigmentace člověka, která je spíše kosmetickým problémem, je piebaldismus. Jedná se o poruchu migrace chromatocytů v embryonální fázi prenatálního vývoje. A vzhledem k migračním cestám bývá nejčastěji postižena břišní strana jedince. Pro jedince postiženého piebaldismem jsou charakteristické nápadné bílé skvrny na břišní straně těla (mohou být pochopitelně i jinde). Za Piebaldismus je odpovědná vadná alela na genu [KITlg](#), který je spolu s genem [KIT](#) odpovědný právě za migraci chromatocytů. Dědičnost piebaldismu je autozomálně dominantní. Krom bílých skvrn může teoreticky dojít k heterochromii očních duhovek, nebo k částečné či úplné hluchotě, jelikož se chromatocyty podílejí na správném fungování těchto orgánů. (*KITLG gene - Genetics Home Reference - NIH, no date*), (Oiso *et al.*, 2013)

Gen [MYO5A](#) u vybraných savců způsobuje modré zesvětlení. (viz výše) Nicméně lidský homolog genu MYO5A svou recesivní alelou způsobuje Griscelliho syndrom. Pro nemoc je typický nedostatek pigmentu, což způsobuje ono modré až stříbrné zesvětlení v pigmentaci chlupů. Problémem je, že se pro člověka nejedná pouze o kosmetickou vadu, a mutace sebou nese další patologie mezi které patří poruchy imunity, poruchy hybnosti (křeče, epilepsie) existují i další formy tohoto syndromu způsobené i jinými geny. (*Griscelliho syndróm / Genetické syndrómy, no date*)

Dalším, patologickým jevem, který představuje pouze kosmetický problém je plešatost. Plešatost má genetický základ, a nevyhýbá mužům ani ženám. Dědičnost plešatosti totiž podléhá vlivu pohlaví, což určuje, zda se alela projeví či nikoliv. Existují dvě formy plešatosti, první je vázána na pohlavní chromozom X a má recesivní dědičnost. Z těchto důvodů jsou muži postiženi častěji než ženy. Druhý typ plešatosti vykazuje autozomální dědičnost, nicméně projev samotného genu ovlivňuje přítomnost chromozomu Y. Zde se totiž nachází dvě alely, jejichž dominance/recesivita je ovlivněna právě pohlavím, dochází tak k tomu, že pokud je Muž heterozygot, tak se u něj projeví plešatost, v případě ženy heterozygotky nikoliv. Pokud je muž či žena na plešatost homozygotní, plešatost se objeví vždy. (Heidelberg, 2018)

2. 5. Genetika při výuce

V této části se zaměříme na zasazení genetiky ve výuce na gymnáziích, s přihlédnutím k aktuálnímu rámcovému vzdělávacímu programu pro gymnázia. Zároveň se zaměříme na možné metody a pomůcky relevantní pro výuku genetiky.

2. 5. 1 Zavedení genetiky do výuky biologie dle RVP

Biologie je v rámci RVP zasazena do vzdělávací oblasti člověk a příroda spolu s chemií, fyzikou, geografii a geologií. Základní prioritou vzdělávací oblasti je rozkrývání přírodních zákonitostí, a principů, které můžeme v přírodě pozorovat. V rámci gymnázia by se mělo vzdělávací oblasti věnovat důsledněji než ve stejnojmenné oblasti na základních školách. Takový přístup v žácích podněcuje touhu a potřebu pozorovat, zkoumat a zjišťovat nové informace. Žáci by měli postupně zjišťovat, že bariéry mezi vyššími klasifikacemi přírodních zákonitostí se rozplývají a vše na sebe navazuje. Dochází tak postupnému bourání bariér mezi těmito disciplínami v rámci oblasti. Například, čistě chemické procesy mohou významně osvětlit, fungování biologických zákonitostí a my tak zjišťujeme, že hranice mezi chemickým a biologickým se rozpadají. Tedy ostrá hranice neexistuje a hranice se záleží čistě na našem pohledu na věc dle našich stanovených definicí.

Významné na vzdělávací oblasti je, že ke zjišťování svých poznatků využívá empirických metod, jako je pozorování, experimenty a měření. Případná výuka tak může být obohacena o veliké množství různých experimentů a pozorování, na základě čehož si žáci mohou udělat lepší obrázek o fungování přírody a jejích zákonitostí. Přírodovědný výzkum, má svůj význam i z hlediska morálních a hodnotových aspektů, které kladou důraz na pravdivost a ověřování hypotéz. Na gymnáziích je proto nutné udělat místo pro různé diskuse o palčivých přírodovědných tématech.

Cílové zaměření vzdělávací oblasti dle rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia:

- formulaci přírodovědného problému, hledání odpovědi na něj a případnému zpřesňování či opravě řešení tohoto problému;
- provádění soustavných a objektivních pozorování, měření a experimentů (především laboratorního rázu) podle vlastního či týmového plánu nebo projektu, k zpracování a interpretaci získaných dat a hledání souvislostí mezi nimi;
- tvorbě modelu přírodního objektu či procesu umožňujícího pro daný poznávací účel vhodně reprezentovat jejich podstatné rysy či zákonitosti;
- používání adekvátních matematických a grafických prostředků k vyjadřování přírodovědných vztahů a zákonů;
- předvídání průběhu studovaných přírodních procesů na základě znalosti obecných přírodovědných zákonů a specifických podmínek;

S genetikou se na gymnáziu setkáváme ve dvou případech. V prvním případě se jedná o součást biochemie, kde se seznámíme s chemickou strukturou nukleových kyselin a různými procesy, interakcí s dalšími proteiny a enzymy, které se podílejí na replikaci DNA, transkripci z DNA do RNA nebo translaci z RNA do jednotlivých proteinů. Tyto poznatky mají žáci gymnázií možnost získat na chemii obvykle ve třetím ročníku, vazby s paralelními tématy v biologii jsou nesporné a na první pohled patrné. Druhý případ, kdy se žáci gymnázií mohou setkat s genetikou, se objevuje na hodinách biologie, už v prvním ročníku se mají možnost se dovědět něco o ribozomech a nukleových kyselinách. V průběhu následujících let se potom tyto informace prohlubují. Ve čtvrtém ročníku se však žáci dozvídají o samotné podstatě genetiky a o jednotlivých zákonitostech. Součástí genetiky je téma, které se přímo zaměřuje na genetiku člověka. Samozřejmě, každá škola, může provádět různé úpravy v tom, jakým způsobem žákům informace poskytne, a v takovém případě může docházet k odlišnostem na základě školního vzdělávacího programu konkrétní školy. ('Rámcový vzdělávací program pro gymnázia RVP G', 2007)

2. 5. 2. Metody užitečné při výuce genetiky

V následující části si probereme několik možných metod, které usnadní výuku genetiky. Je třeba počítat s tím, že některé metody mají své výhody a nevýhody. Je dobré tedy vybírat s rozmyslem, které metody se pro danou látku hodí více či méně.

První metodou, kterou lze docela dobře využívat při výuce genetiky je vytváření modelu DNA. Pro výrobu takového modelu potřebujeme provázek a barevné korálky. Cílem je demonstrovat žákům, jak vypadá DNA stočená do Chromozomu. Postup je následující: na provázek se nevléknou korálky (každý korálek představuje jeden gen). Je nutné střídat barvy těchto korálků, aby později vynikla složitost chromozomu. Je důležité celý provázek zakrýt jednotlivými „geny“. Následně se korálky skrotí několikrát po sobě, vznikne něco jako chuchvalec, který bude připomínat chromatidu chromozomu. Pro větší názornost je možné vyrobit chromatidy v páru, aby po spojení vynikl tvar chromozomu.

Takový model, který lze použít jako výukovou metodu je dobrou analogií skutečného chromozomu, kde jsou jednotlivé geny pospojované podobným způsobem jako korále na šňůrce. Tím, že žáci si budou vyrábět vlastní model, mohou získat nadhled nad složitými strukturami složitých chromozomů.

Nevýhodou tohoto modelu je čas na výrobu. Navlékání korálků je časově náročná a precizní práce, která nemusí všem žákům sednout. U těch to pak může fungovat kontraproduktivně. (Jančaříková 2017)

Další metodou může být metoda praktického pozorování. Díky takové metodě, můžeme přímo pozorovat zákony dědičnosti v praxi. Jediné, co potřebujeme, je jen modelový organismus, který lze využít v rámci praktických cvičení. Ideální jsou například octomilky, které se díky svému krátkému životnímu cyklu stávají ideálním kandidátem na pozorování změn ve fenotypu. Jejich nevýhodou je, že jsou poměrně malých rozměrů, a k jejich pohodlnému pozorování je třeba minimálně lupa. Pokud však vyžadujeme organismus, který má delší životní cyklus, můžeme zvolit z celé řady malých savců, které se dají chovat ve školách v rámci chovatelských koutků. Například křeček, dosahuje celé řady různých barevných rázů, které mají jednoduchou genetiku, a je proto snadné vybírat rodiče správným způsobem. Délka březosti tři týdny, a vysoký počet rychle se vyvíjejících mláďat, umožňuje názorné pozorování štěpných poměrů dle druhého a třetího Mendelova zákona.

Nevýhodou chovu různých živočichů, mohou být nároky na místo, ne každá škola si může dovolit vlastnit zookoutek ať už z prostorových nebo jiných důvodů. Dalším možným úskalím by mohly být všemožné fobie a alergie žáků, v takovém případě není vhodné využívat zvířata plná alergenů. Je však možné sáhnout například po plazech, kteří se obecně považují za hypoalergenní, nicméně zde je nevýhoda dlouhého vývoje vajec a mláďat, a pro

pozorování genetických zákonitostí nejsou vhodným organismem. (Kalhous, Obst a kol. 2002)

Další metodou, která názorně ukazuje něco z genetiky je i obyčejné mikroskopování. Pro tento pokus, je třeba si opatřit buňky právě se dělící tkáně nebo pletiva, které můžeme nalézt například na vzrostných vrcholcích rostlin. Pokud obarvíme preparát, můžeme v mikroskopu pozorovat buňky v různých fázích mitózy. Zajímají nás zejména buňky nacházející se v metafázi nebo anafázi. V těchto fázích je možno pozorovat kondenzující nebo seřazené chromozomy, které mohou žákům názorně ukázat přímou existenci DNA, a v ten okamžik se bavíme o něčem konkrétním.

Pro žáky oblíbenou metodou je didaktická hra, která pomůže lépe pochopit jednotlivé způsoby dědičnosti jednotlivých genotypů. Smyslem hry je naučit, jak dochází k rozdělení genů do jednotlivých gamet a jejich přenos na případné potomky. K této hře, potřebujeme barevné obálky – každá barva představuje jeden gen. Do každé obálky se dají kartičky v odpovídající barvě. Kartičky představují jednotlivé alely, takže v každé obálce musí být vždy dvě stejné nebo různé kartičky. Každá kartička obsahuje popis fenotypu, který představuje, a i informaci o tom, zda je dominantní, recesivní, kodominantní a tak dále. Žákům rozdám obálky, nejprve o jedné barvě, v každé obálce bude libovolná kombinace kritiček. Klidně mohu mít i více než dva typy kartiček, pokud chci simulovat polymorfismus alel. Každý žák se tedy podívá, jaké kartičky má, na základě toho si odvodí „svůj“ fenotyp. Tím fenotypem se bude ostatním prezentovat. Další fáze hry spočívá v tom, že se budou vytvářet potomci, dva žáci „rodiče“ dají nějakému třetímu žákovi s prázdnou obálku libovolně každý jednu kartičku – „rodiče“ se nesmí dívat, kterou kartičku mu dávají. Poté se „potomek“ podívá, jaké kartičky obdržel, odvodí si svůj fenotyp a představí se. V tu chvíli žáci uvidí, že předávání genů je čistě náhodné. Hru pochopitelně můžeme rozšířit, na více obálek a demonstrovat tak interakce více genů, princip je však stejný. Hra lze hrát na mnoho kol, aby žáci viděli, že pravidla jsou pořád stejná a jednotlivé fenotypy se opakují a nemusí vždy záviset na genotypu. (Kovaříková a Marádová, 2020)

2. 5. 3. Motivace při výuce genetiky

Výuka genetiky se pro žáky může jevit jako velice abstraktní záležitost. Při genetice se pracuje v běžném školním prostředí s velkým množstvím pojmů popisující skutečnosti, které bez kvalitního laboratorního vybavení nejdou demonstrovat. Proto názornosti

Lze dosáhnout pomocí experimentů s biologickým materiálem, popsaným ve předchozí kapitole. Bohužel možnosti, jak dokázat žákům existenci DNA a chromozomů jsou omezené.

Možným problémem může být matematická podstata některých genetických zákonitostí, jako jsou druhý a třetí Mendelův zákon. Pro některé žáky může být problém, pakliže mají problémy v matematice. Při předpovídání možných potomků, se využívá kombinatorických metod. V takovém případě je dobré hrát na selský rozum, nenutit žáky nezbytně počítat ale ukázat jim to názorným způsobem. Je možné využít didaktickou hru, která jim lépe pomůže pochopit způsob, jak se předávají jednotlivé alely do další generace. (Petty 2013)

Cílem je u žáků vzbudit zájem o další vzdělávání v genetice, je zajímavé pozorovat, jak spolu alely v různých genech interagují. K tomuto účelu může být možné nastínění toho, co lze se znalostmi Mendelových zákonů předpovídat, a lze toho využít například i u běžných druhů domácích mazlíčků, až po předpovídání fenotypických znaků u lidí. Pomocí tohoto lze i dokazovat otcovství a eliminovat dědičné choroby.

Jako dobrý motivační nástroj můžeme využít asociace. Jedná se o metodu, při které necháme volně plynout myšlenkové pochody. V praxi to může fungovat tak, že zadáme žákům klíčové slovo, a ti k němu dopíší slova, která se jim vybaví, takových klíčových slov může být celá řada, nicméně je však nutné pracovat s prekoncepty. Prekoncepty nám umožní navázat na již probranou látku v dřívějších obdobích. Potom můžeme vyhodnotit, na které věci žáci přišli. (Vacínová, Langrová 2007)

To nás přivádí k dalšímu postupu, jak motivovat žáky k výuce genetiky. Můžeme pracovat právě s prekoncepty, je dobré se zaměřit na věci, které žáci mohou znát z běžného života, v případě genetiky můžeme upozorňovat na zřejmé přírodní projevy genetiky. Jako například podobnost žáků s jejich rodiči, prarodiči a tak dále. Na základě toho, můžeme žákům ukázat, co budeme zkoumat, navnadit je na další informace, které mohou být složité na pochopení.

Rovněž můžeme využít vyprávění. Můžeme žákům vyprávět příběh, s genetickou tematikou. Takových příběhů je mnoho, a některé jsou zajímavější než jiné. (Kovaříková a Marádová, 2020)

2. 5. 4. Organizační formy ve výuce genetiky

Nyní se zaměřím na jednotlivé organizační formy výuky, které se dají využít při výuce genetiky. To, jakým způsobem zorganizujeme výuku genetiky, má zásadní vliv na možné použité metody. Vliv jednotlivých form výuky se liší na základě prostředí, které má učitel k dispozici, může ovlivnit proces předávání informací směrem k žákům. Pochopitelně, každá z forem výuky má své klady a zápory. Proto bych v této kapitole rád rozebral možné formy výuky, a pokusil se zdůraznit jejich klady a zápory.

Výuka s přednáškou odborníků z praxe

Výuka organizovaná jako přednáška nemá nejčastější využití. Při vstupu externích odborných pracovníků se stává nedílnou součástí výuky. Některá genetická témata, vyžadují komplexnější pohled na věc, který dokáže nabídnout právě přednáška, obzvláště z úst odborníka, který se tímto oborem zabývá. Taková intervence zvenčí může přinést aktuální informace a prohloubit danou problematiku. V takových přednáškách je vhodné využívat technologie, jako jsou například různé prezentace a jiné demonstrativní metody. Nicméně, přednášky mají své nevýhody, z žáků se vlastně stávají posluchači, kteří musí udržet pozornost po delší dobu, a to není vždy jednoduché. Někteří žáci se mohou velice snadno začít nudit. Využití přednášek má určitě své nezastupitelné místo, ale neměly by tvořit většinu vyučovacích hodin.

Příkladem takové přednášky odborníků může být spolupráce s některým vědeckým ústavem, kde se genetikou zabývají. Dobrým případem by mohla být spolupráce s lékařskými výzkumnými ústavami jako je IKEM nebo s akademií věd.

Exkurze

Výuka pomocí exkurze může žákům umožnit jedinečný vhled do problematiky. Například návštěva různých vědeckých veletrhů, nebo výzkumných pracovišť zaměřených na výuku genetiky. Možnost si prohlédnout náročné výzkumné postupy z blízka může mít nedožrtný dopad na případnou další volbu studia. To pochopitelně umožní propojení teoretických informací, které žáci nabyli v průběhu standardní výuky. Exkurze však v žádném případě nemůže nahradit klasickou výuku, pokud žáci problematice dostatečně nerozumí, návštěva výzkumného pracoviště nemusí mít požadovaný efekt. Pokud žáci problematice rozumí, přílišné množství exkurzí může způsobit nedostatek času na další výuku, proto je potřeba exkurze jako formu výuky volit s rozmyslem u témat, u kterých to opravdu

má smysl, případně zaměřit exkurzi na širší téma genetiku jen zahrnující. (Kovaříková a Marádová, 2020)

S žáky je možno navštěvovat různé akce, jako je například veletrh vědy, který se každý rok odehrává na výstavišti v Letňanech případně je možno opět navštívit nějaká specializovaná pracoviště, kde mohou mít možnost vidět skutečné vědce při práci s genetickými materiály.

Individuální výuka

Jedná se o jednu z nejstarších forem výuky. Smyslem je přizpůsobit výuku individuálním potřebám jednoho žáka, což umožňuje efektivněji vysvětlovat látku tak aby ji žák snáze porozuměl a pochopil. Takovouto výuku je možno praktikovat například u žáků se zvláštním zájmem o problematiku, kteří se chtějí dozvědět více. V žádném případě není možné individuálně přistupovat ke všem žákům ve třídě. Možným řešením je využít takzvaného vrstevnického vyučování neboli tutoring, kdy téma zpracuje jeden z žáků a pokusí se předat informace ostatním spolužákům. Takový způsob výuky má výhodu v tom, že když žák se pokouší něco učit své spolužáky, tak si látku zapamatuje lépe, než kdyby sám byl učen. Nehledě na to, že pro ostatní žáky může být příjemnější poslouchat svého vrstevníka než učitele. Ovšem i toto je třeba využívat s rozmyslem, ne každý žák má ve třídě příznivé sociální postavení, a v takovém případě by to mohlo žákovi, který se pokouší své znalosti předat způsobit potíže. (Kalhous, Obst a kol. 2002)

Frontální výuka

Jedná se o v současnosti nejrozšířenější formu vzdělávání žáků. Smyslem je vytvořit skupinu žáků přibližně na stejné věkové a mentální úrovni a umístit je do školní třídy. Učitel řídí učební činnost žáků. Žáci tak postupují stejným tempem, které je řízeno stejnými úlohami pro každého, a zároveň s tím je spojeno i společné hodnocení, které je zaměřeno na míru toho, jak žáci splňují vzdělávací cíle. V genetice je frontální výuka rozhodně možným způsobem vyučování a jistě má své nezastupitelné místo. Pokud bude učitel potřebovat žákům vysvětlit, základy genetiky, je vhodné to řešit právě frontálním způsobem, který všem žákům poskytne stejné informace, prezentovaná na stejných úlohách a za stejných podmínek. Pochopitelně je možné na frontální výuku navázat dalšími formami vzdělávání. Nicméně, zde existují i jistá úskalí, která mohou frontální výuku zkomplikovat. Může se stát, že předkládané učivo, může být pro některé pomalejší žáky těžko pochopitelné a uchopitelné, nebo naopak příliš snadné

pro chytřejší žáky. Takové problémy mohou u oněch žáků způsobovat nudu, a to může vést k dalším nepříznivým jevům. S tímto problémem může souvise další úskalí, které se týká věkové a mentální rozdílnosti žáků. Jedná se o velice individuální záležitost, protože každý žák se vyvíjí individuálním způsobem. V každém případě je vhodné, frontální výuku vést způsobem, který žákům umožní co nejlépe pochopit konkrétní látku. (Kovaříková a Maradová, 2020)

Projektová výuka

Projektová výuka umožňuje žákům přešit problém komplexním způsobem, který pomůže rozvinout jejich znalosti. v zásadě umožníme žákům propojení do jiných oborů, které se ať už okrajově či konkrétně genetikou také zabývají. Dobrým příkladem, který se zabývá genetikou významněji je například chemie, kde je genetika řešena z chemického pohledu na věc. Můžeme si na základě toho uvědomit různé reakce mezi DNA, RNA, aminokyselinami a dalšími látkami běžně se vyskytující v buňkách. Další příklad, se kterým lze výuku genetiky integrovat a propojit je výchova ke zdraví. Zde se objevuje velké množství témat zaměřené na různé dědičné choroby. Kde se řeší především jejich příznaky a důsledky pro zdravotní stav jednotlivce a v neposlední řadě jejich genetický přenos. Projektová výuka může být řešena například v takzvaných projektových dnech, kdy každá třída dostane za úkol, zpracovat konkrétní tematiku, v našem případě může jít například o téma lidské dědičnosti. Žáci se mohou v rámci třídy rozdělit do týmů, kdy si každý tým vezme na starosti konkrétní část tématu. Každý tým tak může zpracovat poměrně velké množství informací, pospojovat, vytvořit přehledný vizuál (k tomu může pomoci integrace s výtvarnou výchovou). Jelikož se žáci obvykle sami snaží vyhledávat informace a sami je zpracovávají, a nakonec i prezentují, lépe si věci na toto téma zapamatují. Jedná se tedy o velice efektivní způsob výuky. Nicméně problémem projektové výuky je časové omezení. Pokud není škola zaměřena na projektovou výuku, ve které integruje různé předměty do projektových bloků, je těžké najít správný časový rámec celé problematiky. (Pavlasová 2014)

Využití různých výukových metod může být libovolným způsobem kombinováno, tak abychom dostáli co nejlepšího výsledku při plnění vzdělávacích cílů. To jde důležité pro zdárný průběh výuky. Genetika je velice složitá na pochopení, ať už z důvodů komplikovaných mezipředmětových vztahů s biologií a chemií nebo z důvodu vysokého počtu abstraktních pojmů. Úkolem učitele je snaha o co možná největší konkretizaci

abstraktních pojmů, aby bylo snazší jim porozumět. Nejrozšířenější frontální výuku tak lze kombinovat dalšími formami. Můžeme se v průběhu frontální výuky zaměřit na individuální potřeby žáků stejně, jako můžeme do hodiny pozvat odborníka v oboru, který umožní obohacení běžných znalostí získaných ve škole.

2. 5. 5. Vliv klimatu ve třídě

Klima ve třídě je nedílnou součástí vyučovací hodiny. A má na její průběh a osvojování znalostí nezanedbatelný vliv. Klima ve třídě se dá sledovat pomocí následujících 4 hierarchických úrovní

1. ekologie

Jedná se o charakteristiku budovy, ve které se výuka odehrává.

2. Prostředí

Charakteristika učitelů, kteří aktuálně vyučují žáky, jejich osobnost a odbornost. Charakteristika žáků ve třídě, jejich temperament, charakter, osobnosti jednotlivých jedinců.

3. Sociální systém

Jedná se o vztahy mezi jednotlivými účastníky vzdělávání, mezi žákem a učitelem a mezi žáky navzájem. Tato úroveň ukazuje na určité fungování kolektivu a jeho interakci s osobností učitele.

4. kultura

Hodnotové systémy, jež účastníci považují za významné, učitelova angažovanost, důraz na spolupráci v rámci třídního kolektivu, očekávání účastníků a podobně. (Čáp and Mareš, 2001)

Správné klima ve třídě při hodinách biologie na gymnáziích je důležitá věc. Významným aspektem je rozhodně osobnost učitele. Každý učitel učí trochu jiným způsobem, což naznačuje rozdíly v nárocích na žáky. Způsob, jakým vyučující vede hodinu může ukazovat na Kulturu třídy, kdy může existovat konflikt mezi představami učitele a představami třídy, případně mohou být představy třídy a učitele v souladu. Pokud zde existuje nějaký konflikt pak to může narušit úspěšné proces učení. Druhou rovinou jsou vztahy mezi žáky ve třídě. Záleží na tom, jak je uspořádaný kolektiv. Pokud existují nějaké škodlivé jevy v kolektivu, ve kterém například vznikají frakce, může to vést k přehnanému soupeření mezi těmito frakcemi, a to se může projevat nejruznějším způsobem. Tyto

nesoulady mohou vést k narušení vyučovací hodiny a tím k znesnadnění předávání znalostí. (Kalhous, Obst a kol. 2002)

Důležitým aspektem jsou samozřejmě osobnosti jednotlivých žáků, každý žák má jiné preference, co se jeho výuky týče. Může se stát, že hodiny biologie nespádají do oblasti jeho zájmu, nebo se snaží vyhovět preferencím celého třídního kolektivu. Z toho vyplývá, že je velice důležité, jaké postavení v tomto kolektivu žák zastává. Záleží na tom, jaké preference má konkrétní žák, zda se snaží vyčnívat z kolektivu, nebo se naopak snaží být nevýrazný.

S těmito vlivy by učitel měl být schopen pracovat a řádně zvolit vhodnou metodu, podle které bude žáky vyučovat a na základě toho lze odvodit, jak si třída při výuce biologie vede. (Čáp and Mareš, 2001)

3. Výzkumná část

V následující části se budeme zabývat samotným výzkumem, který byl proveden jako podklad k této práci. Na základě dat se pokusíme odpovědět na jednotlivé výzkumné otázky, na které se právě zaměříme.

3. 1. Výzkumné otázky

Pro účely této práce byly zvoleny následující výzkumné otázky, o které se později bude opírat výzkumná část

- 1) Jaká je míra znalostí genetiky na vybraných gymnáziích napříč ročníky?
- 2) Jaký vliv má osobnost učitele na oblíbenost předmětu?
- 3) Jaký vliv mají osobní sympatie žáka k biologii na znalosti genetiky?
- 4) Naplňují znalosti genetiky na vybraných gymnáziích výstupy rámcového vzdělávacího programu?

3. 2. Cíle praktické části

Hlavním cílem průzkumné části je zjistit, znalosti žáků gymnázií zaměřené na zákonitosti dědičnosti a odhalit tak situaci na vybraných školách. Zároveň je zjišťován názor na samotné klima při výuce biologie, což může mít vliv na míru znalostí, které žáci mají. V rámci šetření je třeba zjistit, vývoj znalostí v průběhu celého studia na gymnáziu a porovnat tak výsledky jednotlivých ročníků.

Jednotlivé cíle kopírují výzkumné otázky, které jsme si položili v rámci této práce. To znamená, že nás budou zajímat dva okruhy:

1. Okruh zkoumání klimatu ve třídě, který zjistí názory a postoje žáků, kteří budou vyplňovat dotazník.
2. Okruh zkoumající obecné znalosti v oblasti genetiky se zaměřením na dědičnost fenotypických znaků člověka.

3. 3. Použité metody

Průzkumné šetření bylo zpracováno kvantitativní metodou pomocí online dotazníku. Metoda pomocí dotazníku byla zvolena z důvodů anonymizace odpovědí. Žáci tak budou mít možnost svobodně odpovídat na otázky, aniž by se vědělo, jak kdo odpovídal. To bude důležité zejména při zjišťování názorů na klima ve třídě, co se týče znalostní části, žáci

se nemusí obávat nesprávných odpovědí. Anonymita je důležitá zejména z důvodů možného čtení případných učitelů biologie. Online dotazník na platformě Google forms byl zvolen z důvodu snazšího šíření mezi respondenty. Funguje to tak, že každý žák obdrží odkaz s dotazníkem, přes který se může připojit a rovnou odpovídat. Další výhodou spočívá v tom, že respondent nutně nemusí odpovídat ve školní lavici a dotazník tak nutně nemusí narušovat průběh výuky.

Dotazník (viz příloha) je koncipován na dvě části. První část tvoří otázka, zabývající se informacemi o klimatu třídy a příslušnosti k ročníkům. Odpověď na tuto otázku umožní lépe zpracovávat následující otázky, které patří ke druhé části. Druhou část tvoří otázky, zjišťující míru znalostí respondentů ohledně genetiky. Otázky jsou zaměřeny jak na obecné genetické termíny, tak na změřenější problematiku, která se týká dědičnosti fenotypických znaků. První část se zabývá škálou o čtyřech stupních – souhlasím, spíše souhlasím, spíše nesouhlasím, nesouhlasím, na konkrétní výroky týkající se klimatu ve třídě při výuce genetiky. Tato část tedy obsahuje celkem 9 otázek týkajících se různých okruhů klimatu ve třídě a osobnosti učitele. Druhá část obsahuje 18 otázek pouze s jednou správnou odpovědí a třemi nesprávnými, úkolem respondenta je tak vybrat odpověď, o které si myslí/ví že je správná.

Výstupem bude analýza dotazníkového šetření, a zjištění vlivu znalostí v kontextu ročníku a klimatu ve třídě. Což znamená, že grafy budou vyjadřovány pomocí procentuálních hodnot na základě jednotlivých odpovědí následně budou porovnány s teorií vyjádřenou v teoretické části této práce.

Vzhledem k tomu, že se na většině gymnázií učí genetika podrobněji až ve čtvrtém ročníku, můžeme tak pozorovat postupný vývoj znalostí genetiky v průběhu biologie. Je třeba si uvědomit, že jednotlivá témata blízká genetice se probírají už v prvním ročníku, jde-li například pouze o samostatný buněčný cyklus.

Na základě první otázky v dotazníku, která se zabývala ročníkem respondentů, byli respondenti rozděleni do dvou skupin. Vzhledem k zásadnímu nepoměru mezi příslušníky prvního ročníku a ostatních ročníků byli respondenti rozděleni následujícím způsobem:

1. skupina – první ročníky
2. skupina – druhé, třetí a čtvrté ročníky

Toto rozdělení umožňuje vytvořit srovnatelně velké skupiny respondentů, což zlepšuje validitu výsledků jednotlivých otázek.

Pro zpracování dotazníku byla vybrána metoda skórování odpovědí. Každé odpovědi z první části dotazníku byla přiřazena hodnota:

Souhlasím	2
Spíše souhlasím	1
Spíše nesouhlasím	-1
Nesouhlasím	-2

na základě součtu těchto hodnot odpovědí od jednotlivých respondentů bylo vypočítáno skóre pro každého jednoho respondenta. Každý respondent měl stanoveny dvě hodnoty skóre. První hodnota byla stanovena pro oblíbenost hodin biologie a druhá hodnota byla stanovena pro osobnost učitele.

Na základě celkového skóre byli respondenti rozděleni do dvou skupin. Ti, kteří měli kladné skóre, byly považováni za ty, kteří mají spíše kladný vztah k předmětu či k osobnosti učitele. Na základě tohoto rozdělení se následně zpracovávali jednotlivé otázky.

3. 4. Charakteristika výzkumného souboru

V rámci výzkumného šetření bylo osloveno dvanáct gymnázií z Prahy a Středočeského kraje a byl jim poskytnut online dotazník. Z velkého potenciálu respondentů nakonec na dotazník odpovědělo celkem 49 z nich napříč všemi ročníky. Všichni odpověděli na většinu otázek v dotazníku. Jednotlivé školy i žáci byli informováni o anonymitě dotazníku, což mělo za cíl zajistit co nejpřesnější odpovědi.

Šetření se zúčastnilo celkem 49 žáků napříč všemi ročníky. V prvním ročníku se zúčastnil nejvyšší počet respondentů celkem 27, ve třetím ročníku 11 respondentů, ve čtvrtém 6 respondentů a ve druhém to bylo nejméně 5 respondentů. Dále bude následovat přehled a interpretace jednotlivých výsledků otázek. Dotazník nalezneme v příloze.

Dle dat vyplývající z dotazníku, se šetření většinou účastnili první ročníky, třetí a čtvrté ročníky, což zahrnuje širokou škálu možných odpovědí a umožňuje to zjišťovat postupný vývoj znalostí.

Věkově se tedy jedná o žáky mezi věkem 15–19 let, kteří navštěvují různá česká gymnázia a nabízí tak širokou škálu variability v odpovědích. Na základě předpokladů bychom měli zjišťovat různé znalosti, což by se mělo jistým způsobem promítat do odpovědí.

Navzdory vysokému množství oslovených škol, se na dotazník rozhodlo reagovat poměrně malé množství žáků. To může mít různé důvody, nicméně tím nejpravděpodobnějším důvodem je zřejmě nedostatek času, ať už při výuce nebo volného času jednotlivých žáků. Zde totiž narážíme na jisté limity online dotazníků, které se na základě tohoto šetření zdají být méně populární než fyzické dotazníky poskytnuté studentům přímo v hodině.

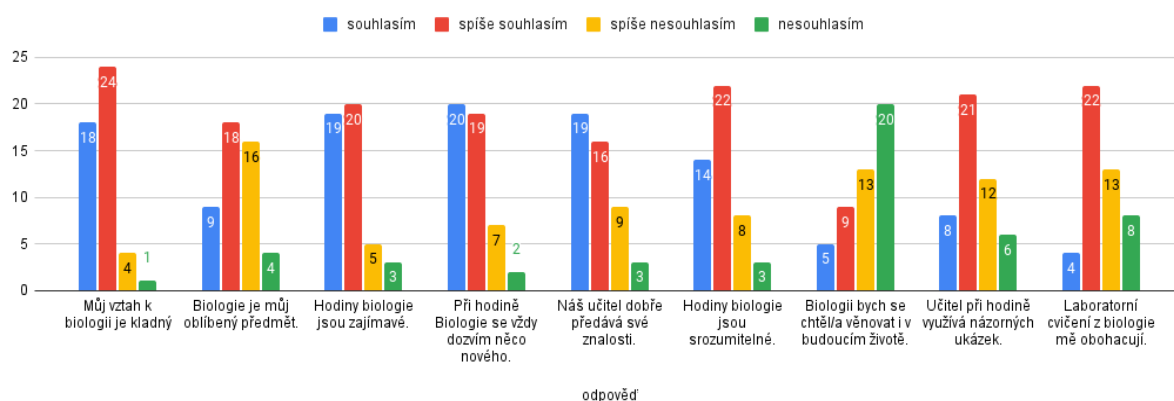
Nicméně navzdory menšímu počtu odpovědí, než bylo očekáváno, máme dostatečný vzorek k vyvození závěrů.

3. 5. Výsledky a interpretace výzkumného šetření

První otázka se věnovala šetření klimatu ve třídě, respondenti měli za úkol rozhodnout, které z výroků nejlépe vykreslují z jejich pohledu realitu. Pro odpovědi byla zvolena škála odpovědí s následujícím zněním: souhlasím, spíše souhlasím, spíše nesouhlasím, nesouhlasím.

Následující graf popisuje odpovědi všech respondentů prvních 9 otázek.

šetření klimatu ve třídě pro všechny respondenty



Graf 1 – odpovědělo 49 respondentů

Na základě grafu můžeme pozorovat důležité informace o možném klimatu ve třídě. Rozebereme-li si jednotlivé výroky, a tak jak jak respondenti odpovídali, vychází nám určitá

informace o podmínkách pro výuku genetiky, neboť výuka genetiky je součástí výuky biologie. Celkově lze říci, že většina žáků odpovídala na jednotlivé otázky spíše kladným způsobem, což by mohlo naznačovat spíše pozitivní výsledek.

Na první výrok „Můj vztah k biologii je kladný“ nejvíce žáků odpovědělo „spíše souhlasím“ (24) nebo „souhlasím“ (18) oproti negativním odpovědím „spíše nesouhlasím“ (4) a „nesouhlasím“ (1). Nicméně druhý výrok „biologie je můj oblíbený předmět“ už tak jednoznačný není. Můžeme pozorovat, že nejvyšší počet odpovědí je v oblasti „spíše souhlasím“ (18) a „spíše nesouhlasím“ (16). Z toho vyplývá, že hodiny biologie jsou brány nejednoznačným spíše průměrným způsobem. Což se dostává do jistého kontrastu s prvním výrokem.

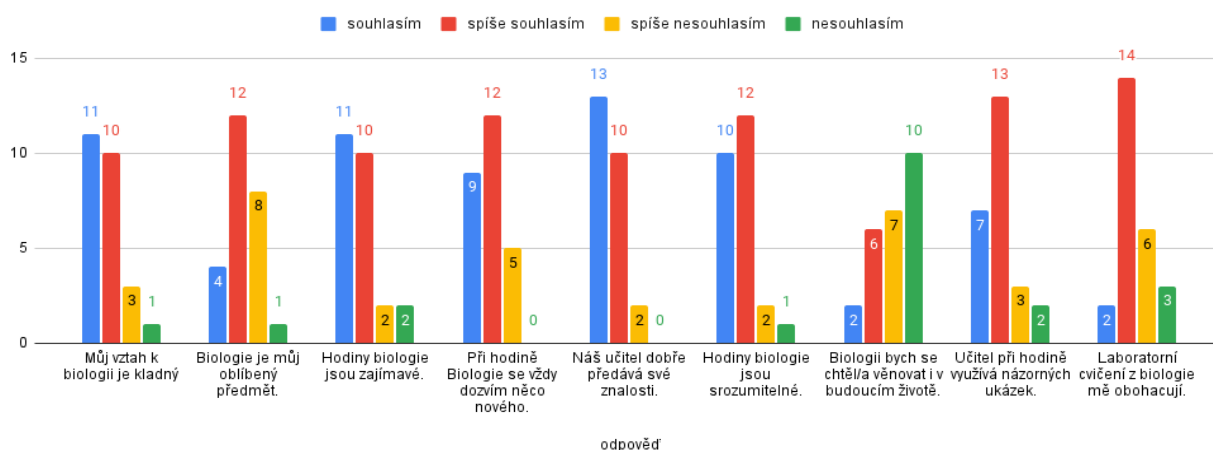
Na základě výzkumu lze říci, že hodiny biologie jsou zajímavé, což je také třetím výrokem naší první otázky opět můžeme pozorovat vyrovnanou tendenci mezi kladnými odpověďmi oproti výraznému kontrastu oproti negativním odpovědím. Na základě dalších výroků, které tento výrok doplňují, lze vyvodit, že výuka biologie něco studentům dává, a umožňuje jim se rozvíjet. Výrok „Při hodině biologie se vždy dozvím něco nového“ toto tvrzení velmi dobře reprezentuje. Zde dokonce převažuje odpověď „souhlasím“ (20). Rovněž lze říci, že učitelé předávají dobře své znalosti. To trochu, i když malý vytváří kontrast s dalším výrokem „hodiny biologie jsou srozumitelné“, zde totiž nevíce respondentů odpovědělo „spíše souhlasím“ (22). Což by mohlo naznačovat, že jsou sice srozumitelné, nicméně některé pasáže mohou být náročné, což by se mohlo týkat třeba právě výuky genetiky. Zároveň z grafu lze vyčíst, že laboratorní cvičení jsou velice důležitou součástí hodin biologie, které žákům hodně dají. Většina respondentů ale odpovídá „spíše souhlasím“ jelikož některé laboratorní činnosti mohou být složité na přípravu, a ne každý je schopen je správně zopakovat. Totéž lze říci o názorných ukázkách, zdá se, že většina učitelů názorné ukázky využívá, ale jen v omezené míře.

Nejzajímavější odpovědí je odpověď na výrok, zda se žáci chtějí věnovat biologii i v budoucím životě. Na základě odpovědí se zdá, že drtivá většina žáků se nechce, nebo neplánuje v budoucnu biologii dále věnovat. To může být způsobeno několika důvody, a jedním z nich je, že žáci mají na své škole předměty, které je zkrátka zajímají více. To může naznačovat odpověď s výrokem „biologie je můj oblíbený předmět“. Dalším důvodem může být náročnost a komplexnost biologie jako takové, je zde velké množství různých informací,

kteří je třeba si zapamatovat a se kterými je třeba dále pracovat a brát je na zřetel. Jiné předměty tak mohou nabízet jednodušší strukturu informací.

Nyní si rozebereme stejný graf v jednotlivých ročnících. Nejvíce komplexním je však graf týkající se prvního ročníku, kde máme k dispozici nejvíce odpovědí. Ostatní ročníky bohužel tvoří menšinu odpovědí, a tak je propojíme do jednoho grafu a následně si probereme, jak na tom vlastně jsou.

šetření klimatu ve třídě pro první ročník



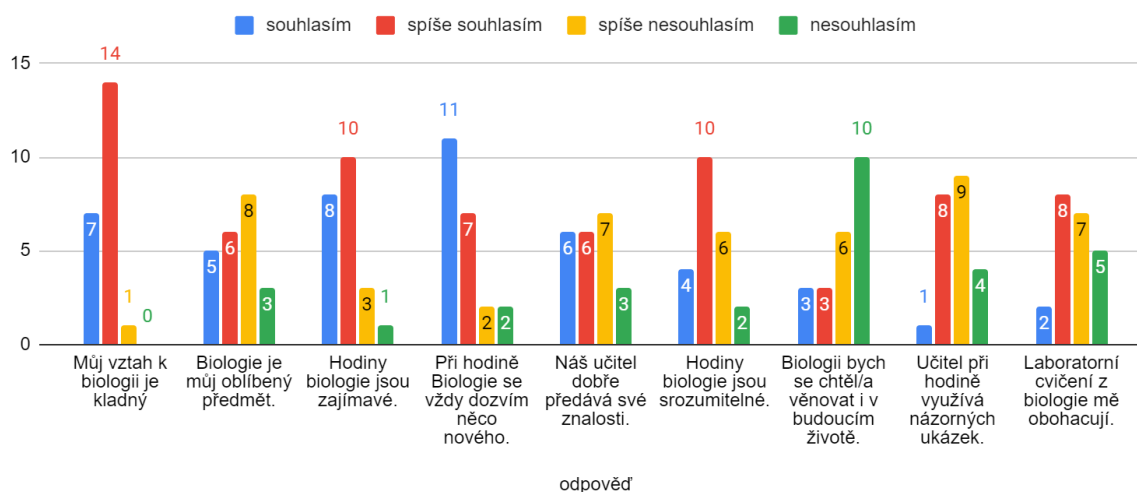
Graf 2 se zabývá stavem v prvním ročníku. Reagovalo 27 respondentů

Systém odpovědí je stejný jako v prvním případě, nicméně nyní zde můžeme oproti celku pozorovat několik rozdílů. Data pro tento graf byla vybrána výhradně z respondentů, kteří uvedli, že patří do prvního ročníku. Jak již bylo řečeno výše, respondentů z prvního ročníku bylo 27.

Můžeme zde vidět, že kladný vztah k biologii má většina žáků, a ten jeden má k biologii negativní vztah pochází právě z tohoto ročníku. Když porovnáme data s předchozím dotazníkem, lze vidět, že hodnoty kvality výuky dosahují kladných hodnot. U některých odpovědí dokonce zcela chybí odpověď „nesouhlasím“. To naznačuje vysokou motivaci k výuce biologie. Nicméně trend otázky, zda se žáci budou chtít věnovat biologii v budoucím životě, ukazuje na možnou nezkušenost dotazovaných. Také to ukazuje, že vzhledem k počtu respondentů v prvním ročníku mají rozhodující vliv na celkový výstup.

Z respondentů, kteří se vyjadřovali k plánům do budoucího života, většina odpověděla, že se nechtějí biologii v budoucnu věnovat. Což jak se zdá není v rozporu s oblibou biologie a klimatem ve třídě.

šetření klimatu ve třídě pro ostatní ročníky



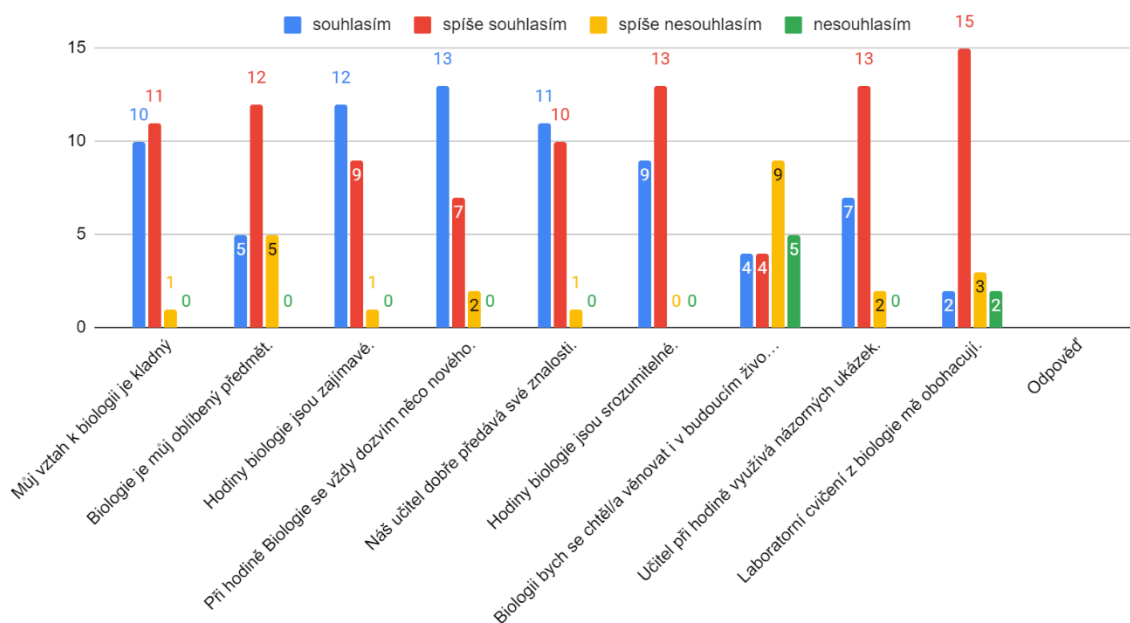
Graf 3 se zabývá stavem ostatních ročníků. Reagovalo 22 respondentů

Z grafu šetření ostatních ročníků si můžeme povšimnout několika změn. Žáci jsou v hodnocení klimatu ve třídě mnohem kritičtější. Dochází ke vzniku odlišných poměrů a lze vyčíst určité tendence a možné změny v pohledu na hodiny biologie. Na otázky, týkající se vyšších ročníků, odpovědělo menšinové množství respondentů. Proto bylo přistoupeno k sloučení výstupů jednotlivých ročníků. Takže můžeme snáze porovnat výstupy druhého, třetího a čtvrtého ročníku oproti prvním ročníkům. Z grafu se však dá vyčíst, že vztah žáků ke klimatu ve třídě se příliš nemění. Dokonce můžeme pozorovat docela vyrovnanou škálu odpovědí, lze tedy usuzovat, že zde již vyprchává počáteční euforie žáků z „nového“ předmětu, a naopak se objevuje střízlivější pohled na hodiny biologie. Vyšší ročníky se také vymykají z trendu zejména v následujících výrocích:

- 1) biologie je můj oblíbený předmět.
- 2) učitel dobře předává své znalosti
- 3) učitel využívá názorných ukázek.
- 4) laboratorní cvičení mě obohacují.

Ty byly studenty ze třetího ročníku hodnoceny spíše negativně. To je pravděpodobně způsobeno původem většiny respondentu z jedné konkrétní školy, kde má výuka biologie nižší kvalitu a je tak žákům méně srozumitelná. Druhou méně pravděpodobnou možností by mohl být nezáměr o předmět napříč všemi školami.

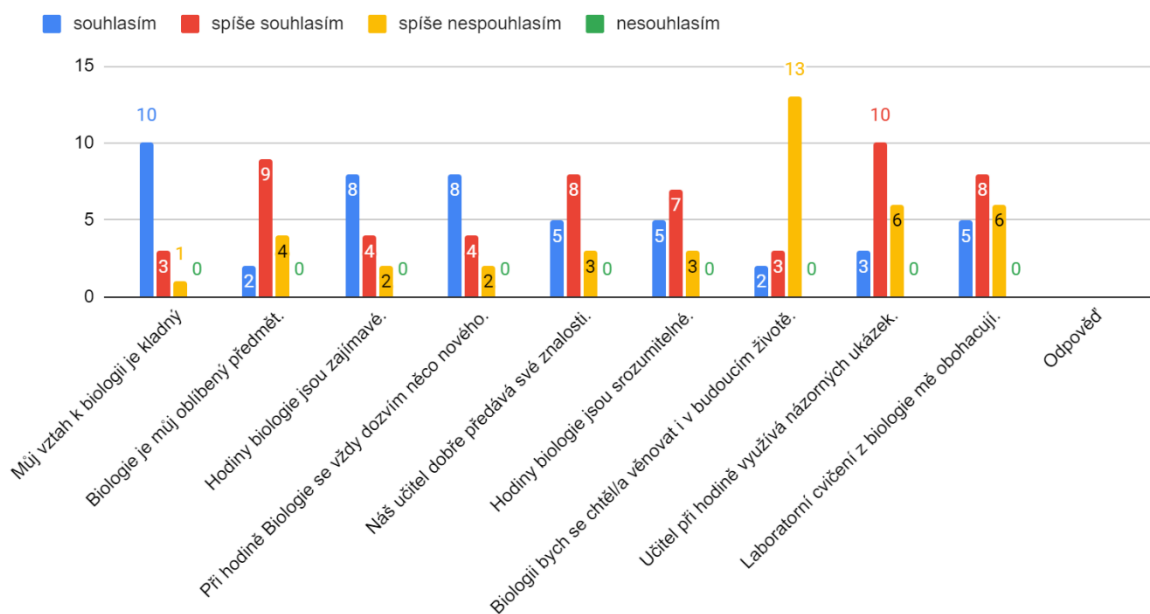
vliv osobnosti učitele na klima ve třídě - pozitivní odpovědi



Graf 4 ukazuje vztah žáků k biologii s kladným hodnocením osobnosti učitele reagovalo 28 respondentů

Na základě grafu 4, který ukazuje vliv osobnosti učitele na oblíbenost biologie jako předmětu, lze říci, že žáci, kteří osobnost učitele hodnotili spíše kladně, což lze vidět na otázkách týkající se osobnosti učitele, mají tendenci biologii hodnotit spíše kladně. To naznačuje vyváženost mezi učitelem a jeho předmětem.

vliv učitele s negativním hodnocením osobnosti na klima třídy



Graf 5 ukazuje vztah žáků k biologii se záporným hodnocením osobnosti učitele. Reagovalo 21 respondentů

Na grafu 5 můžeme pozorovat jisté proměny, co se týče vztahu k biologii, s učitelem, který v hodnocení osobnosti dosahuje záporného skóre, můžeme vidět větší kontrast mezi kladnými a zápornými odpověďmi v dotazníku. Většina respondentů měla sice odpovědi kladné nicméně na otázky byly méně ochotni odpovídat. Můžeme vidět, že většina volila odpovědi spíše na pomezí spíše souhlasím a spíše nesouhlasím, i když je pravdou, že většina žáků stále odpovídá spíše kladným způsobem.

Pokud můžeme oba grafy porovnat, pak lze říci, že žáci, kteří svého učitele hodnotili spíše kladně, nakonec hodnotili svůj vztah k předmětu lépe a dosahovali odpovědi většinou souhlasím nebo spíše souhlasím. Zatímco ostatní dosahovali mnohem vyrovnanějších odpovědí. Což naznačuje, že osobnost učitele má rozhodně vliv na vztah žáků k předmětu.

Na základě získaných informací ohledně klimatu ve třídě, se dá říci, že si české školy, jejichž studenti se přihlásili do šetření, si nevedou špatně. Nyní se přesuneme k vědomostní části, ve které byla zjišťována skutečná míra znalostí v genetice. Výsledky dáme do kontrastu s výsledky zjištěnými v první části dotazníku. Vědomostní dotazník obsahuje 18 otázek, v nichž je třeba vybrat vždy jednu správnou odpověď ze čtyř možností. Otázky jsou

koncipovány v různých stupních obtížnosti, což by mělo změřit skutečné znalosti respondentů.

Nyní si probereme jednotlivé otázky, a provedeme interpretaci výsledků a porovnáme s výsledky klimatu ve třídě. aby bylo možné snáze interpretovat výsledky na základě klimatu ve třídě, je nutné vytvořit bodový systém ve kterém sečteme výsledky na základě oblíbenosti předmětů. Na škále souhlasím – nesouhlasím byly vytvořeny body. Záporné pro negativní odpovědi, kladné pro kladné odpovědi: 2, 1, -1, -2. na základě součtu těchto odpovědí bylo vypočítáno skóre na základě, kterého se vytvářejí grafy výsledků v dané otázce na základě oblíbenosti předmětu. Na základě záporného nebo nulového skóre, lze uvažovat o negativním vztahu k předmětu a kladné skóre znamená pozitivní vztah k předmětu.

Při rozboru příštích 18 otázek, budeme sledovat následující:

- 1) celkový výsledek v dané otázce
- 2) výsledek v prvním ročníku a ostatních ročnících
- 3) výsledek dle oblíbenosti k předmětu

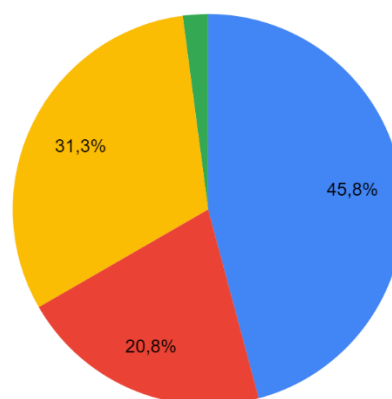
zaměříme-li se na jednotlivé otázky, můžeme vyvodit, zda mají žáci českých gymnázií dobrý přehled o problematice.

1. DNA je
 - a. ribonukleová kyselina
 - b. deoxyribonukleová kyselina
 - c. součást biomembrán
 - d. důležitý protein

správná odpověď na otázku je varianta B.

Otázka 1

- deoxyribonukleová kyselina
- ribonukleová kyselina
- součást biomembrán
- důležitý protein

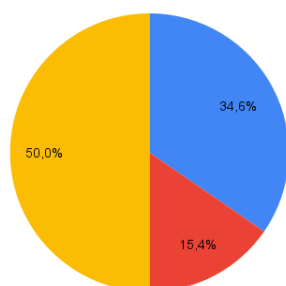


Graf 6 ukazuje celkové odpovědi na první otázku. Reagovalo 49 respondentů

Na základě celkových odpovědí můžeme pozorovat, že nejvíce respondentů odpovědělo správně na otázku, že DNA je deoxyribonukleová kyselina. Nicméně, máme zde také chybné odpovědi. Nejčastější chybnou odpovědí byla odpověď C, a sice, že DNA je součástí biomembrán. Druhou nejčastější chybnou odpovědí bylo, že DNA je ribonukleová kyselina (odpověď A) vzhledem k podobným názvům obou kyselin se to může snadno zaměnit. Nejméně častá odpověď byla, že DNA je důležitý protein (odpověď D). To ukazuje na skutečnost, že respondenti vědí, že DNA není protein.

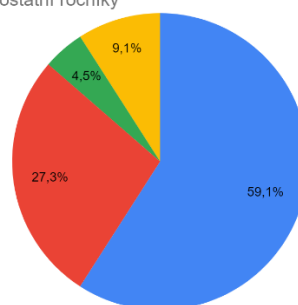
otázka 1

- deoxyribonukleová kyselina
- ribonukleová kyselina
- součást biomembrán



otázka 1. ostatní ročníky

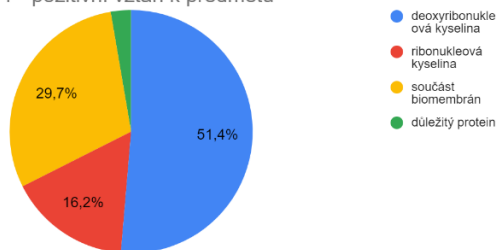
- deoxyribonukleová kyselina
- ribonukleová kyselina
- důležitý protein
- součást biomembrán



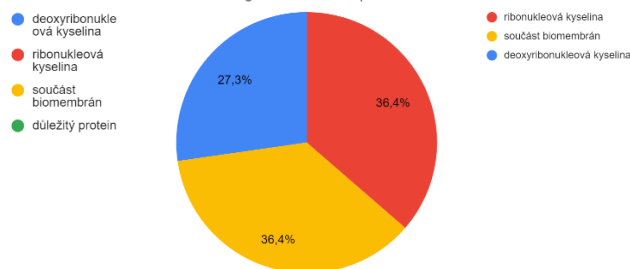
Grafy 7 a 8 ukazují stav v prvním ročníku (27 respondentů) (vlevo) a ostatních ročnících (22 respondentů) (vpravo)

Při porovnání odpovědí mezi prvním ročníkem a ostatními ročníky, můžeme vidět výrazný nárůst správných odpovědí. Správnou odpověď tedy variantu B si v ostatních ročnících vybrala většina respondentů, zatímco v prvním ročníku správnou odpověď vybralo jen 34 % respondentů. To naznačuje zřetelný nárůst znalostí.

otázka 1 - pozitivní vztah k předmětu



otázka 1 - negativní vztah k předmětu



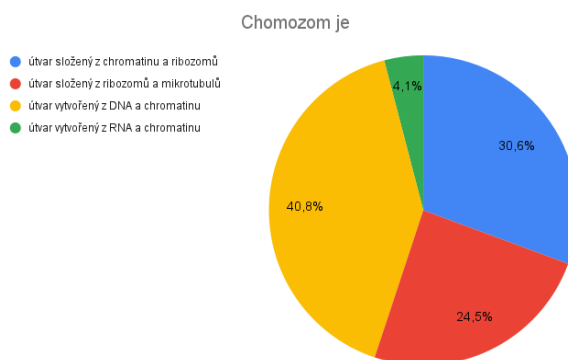
Graf 9 (vlevo) ukazuje pozitivní vztah žáků k předmětu a graf 10 (vpravo) ukazuje negativní vztah žáků k předmětu

Poslední dva grafy k této otázce vyplývají z hodnocení klimatu ve třídě, můžeme vidět velice výrazný kontrast v odpovědích mezi žáky, které biologie baví a které nebaví. Je možné pozorovat, že, ti, kteří mají kladný vztah k biologii, většinou dosahují správných odpovědí oproti těm, které biologie nebaví.

2. Chromozom je

- útvár složený z chromatinu a ribozomů.
- útvár složený z ribozomů a mikrotubulů.
- útvár vytvořený z DNA a chromatinu.
- útvár vytvořený z RNA a chromatinu.

Tato otázka se zaměřuje na základní informace o chromozomech. Správnou odpovědí je odpověď c, tedy chromozom je útvár vytvořený z chromatinu a DNA.



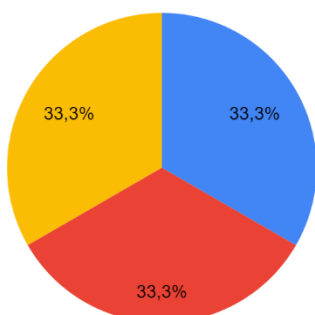
Graf 11 – otázka 2. reagovalo 49 respondentů

Na základě grafu můžeme pozorovat, že nejvíce respondentů odpovědělo správně odpověď C, kdy právě určili, že chromozom je složen z DNA a chromatinu. Nejčastější chybnou

odpovědí byla varianta A a druhou nejčastější varianta B, jen 4,1 % respondentů odpověděli variantu D. Na základě toho můžeme usuzovat, že studenti vědí, co je to chromozom a vědí, že do něho určitě nepatří RNA.

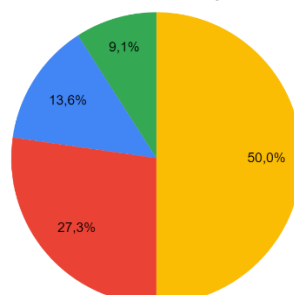
otázka 2 - první ročníky

- útvar složený z chromatinu a ribozomů
- útvar složený z ribozomů a mikrotubulů
- útvar vytvořený z DNA a chromatinu



Otázka 2 - ostatní ročníky

- útvar vytvořený z DNA a chromatinu
- útvar složený z chromatinu a ribozomů
- útvar složený z ribozomů a mikrotubulů
- útvar vytvořený z RNA a chromatinu

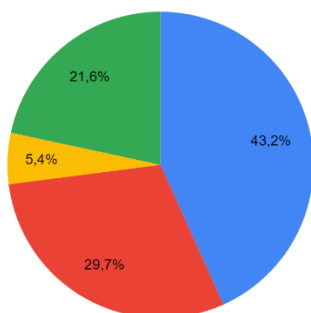


Graf 12 (vlevo) ukazuje stav v prvních ročnících. (27 respondentů) Graf 13 (v pravo) ukazuje stav v ostatních ročnících.

Tyto dva grafy ukazují stav ke druhé otázce v jednotlivých ročnících. Můžeme si všimnout zajímavého fenoménu v prvním ročníku, kdy je graf rozdělen rovným dílem na třetiny. Zajímavé je, že odpověď D zcela chybí, takže respondenti nespojují RNA s chromozomem. ostatní ročníky, jak můžeme vidět, volili z 50% správnou odpověď. Nicméně můžeme usoudit, že chybná odpověď B je stále poměrně častou odpovědí. A na rozdíl od prvních ročníků se nám tu objevuje chybná odpověď D.

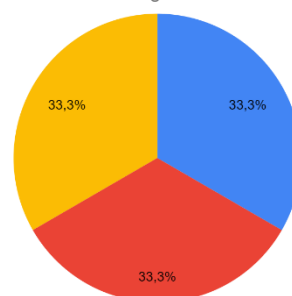
Otázka 2 - žáci s kladným vztahem k biologii

- útvar vytvořený z DNA a chromatinu
- útvar složený z chromatinu a ribozomů
- útvar vytvořený z RNA a chromatinu
- útvar složený z ribozomů a mikrotubulů



Otázka 2 - žáci se záporným vztahem k biologii

- útvar vytvořený z DNA a chromatinu
- útvar složený z ribozomů a mikrotubulů
- útvar složený z chromatinu a ribozomů



Graf 14 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 14 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

Podíváme-li se na řešení otázky 2 z pohledu oblíbenosti biologie, můžeme odvodit, že ti žáci, kteří mají k biologii kladný vztah, dosahují lepších výsledků ve správných odpovědích. Nicméně je zajímavé, že navzdory popularitě biologie, je přesto většina odpovědí

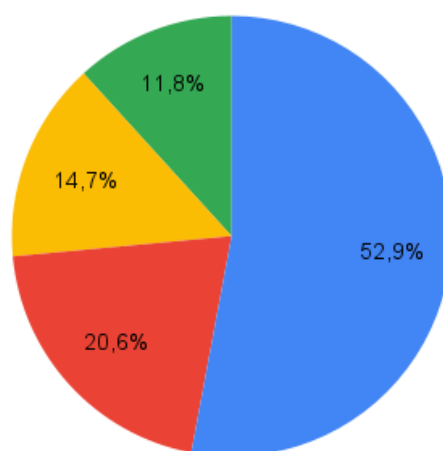
chybná. Odpověď B sice kombinuje slova chromatin a ribozom, což může působit jako správná odpověď při hádání, se však v buňce nevyskytují pospolu.

3. Které z následujících tvrzení je nepravdivé?

- V každé molekule DNA vždy párují báze následujícím způsobem: A-C, T-G.
- DNA využívá komplementarity bází ke své replikaci.
- DNA obsahuje geny.
- DNA se nachází v jádře eukaryotické buňky.

Které z následujících tvrzení je nepravdivé?

- DNA využívá komplementarity bází ke své replikaci.
- V každé molekule DNA vždy párují báze následujícím způsobem: A-C, T-G.
- DNA se nachází v jádře eukaryotické buňky.
- DNA obsahuje geny.



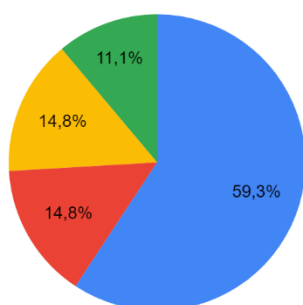
Graf 15 reagovalo 49 respondentů

Třetí otázka, dává respondentům za úkol vybrat právě jedno nesprávné tvrzení ze čtyř. Na základě grafu můžeme vidět, že většina respondentů zvolila tvrzení B (52,9 %), které je nesprávnou odpovědí, protože výrok „DNA využívá komplementarity bází ke své replikaci,“ je pravdivý. Správnou odpovědí v této otázce byla možnost A pro kterou se rozhodlo pouze 20,6 % respondentů. To může naznačovat, že tak velký podíl nesprávné odpovědi, byl zvolen z důvodu velkého množství žáků z prvního ročníku, kteří s problematikou nemusí být zcela seznámeni.

Dále se můžeme zaměřit na rozdíly ve znalostech problematiky v jednotlivých ročnících. Opět se zaměříme na změny v podílu jednotlivých odpovědí mezi ročníky.

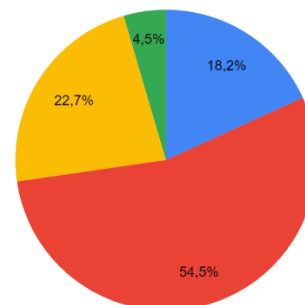
Otázka 3 - první ročníky

- DNA využívá komplementarity bází ke své replikaci.
- V každé molekule DNA vždy párují báze následujícím způsobem: A-C, T-G.
- DNA se nachází v jádře eukaryotické buňky.
- DNA obsahuje geny.



Otázka 3 - ostatní ročníky

- DNA využívá komplementarity bází ke své replikaci.
- V každé molekule DNA vždy párují báze následujícím způsobem: A-C, T-G.
- DNA se nachází v jádře eukaryotické buňky.
- DNA obsahuje geny.

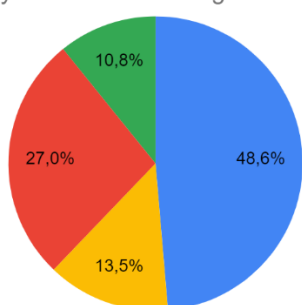


Graf 16 (vlevo) ukazuje výsledky v prvních ročnících. Graf 17 (vpravo) ukazuje výsledky v ostatních ročnících.

Po zaměření na stav v jednotlivých ročnících můžeme vidět nárůst znalostí. Zatímco první ročníky odpovídali spíše nesprávně. Druhé, třetí a čtvrté ročníky dokázali správně identifikovat, že ve výroku A je popsáno chybné párování bází. Nárůst správných odpovědí, už ve třetím ročníku, může naznačovat fakt, že jsou studenti již obeznámeni se strukturou DNA, která se probírá i v rámci chemie. Co se týče chybných odpovědí, nejvyšší variabilitu můžeme vidět v prvním ročníku, kde většina žáků volila variantu B, která je však pravdivým výrokiem, a tudíž chybnou odpovědí.

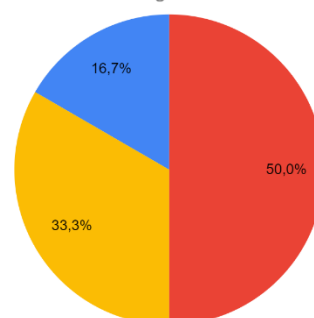
Otázka 3 - žáci s kladným vztahem k biologii

- DNA využívá komplementarity bází ke své replikaci.
- DNA se nachází v jádře eukaryotické buňky.
- V každé molekule DNA vždy párují báze následujícím způsobem: A-C, T-G.
- DNA obsahuje geny.



Otázka 3 - žáci se záporným vztahem k biologii

- V každé molekule DNA vždy párují báze následujícím způsobem: A-C, T-G.
- DNA se nachází v jádře eukaryotické buňky.
- DNA využívá komplementarity bází ke své replikaci.



Graf 18 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 19 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

Zde máme zajímavý trend. Můžeme si povšimnout, že tentokrát žáci, kteří se o biologii nezajímají, byly v odpovědích lehce úspěšnější. To může být způsobenou relativně úzkým okruhem respondentů volící negativní možnosti v části dotazníku o klimatu třídy. Co se týče opačného pólu respondentů, tedy těch, kteří mají k biologii pozitivní vztah, tak byli méně úspěšní, ačkoliv správná odpověď byla druhou nejčastější volenou možností. Můžeme vidět, že v obou případech se studenti zaměřili na odpovědi týkající se umístění

DNA v rámci eukaryotické buňky nebo otázce komplementarity v DNA. Faktem je, že oba výroky jsou pravdivé, i když bychom mohli polemizovat o DNA v jádře eukaryotické buňky. Zde by mohlo možné zmýlení se způsobit fakt, že DNA se nutně nemusí, nacházet jen v jádře buňky ale i v semiautonomních organelách například v mitochondriích. Nicméně takto konkrétně výrok položen nebyl.

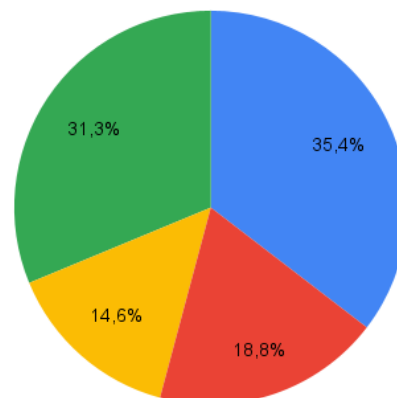
4. Fáze buněčného dělení jdou v následujícím pořadí.

- a. anafáze, telofáze, profáze, prometafáze, metafáze
- b. metafáze, prometafáze, profáze, anafáze, telofáze
- c. telofáze, profáze, metafáze, prometafáze, anafáze
- d. profáze, prometafáze, metafáze, anafáze, telofáze

Čtvrtá otázka se zaměřuje na znalost fází buněčného dělení, které v genetice mají bezpochyby své místo. V tomto případě je správnou odpovědí varianta D a v následujícím grafu můžeme pozorovat, jaké odpovědi padaly.

Otázka 4

- metafáze, prometafáze, profáze, anafáze, telofáze
- anafáze, telofáze, profáze, prometafáze, metafáze
- telofáze, profáze, metafáze, prometafáze, anafáze
- profáze, prometafáze, metafáze, anafáze, telofáze

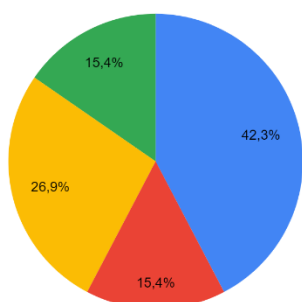


Graf 20 reagovalo 49 respondentů

Graf k otázce 4 ukazuje celkový poměr odpovědí od všech respondentů. Vzhledem k tomu, že správnou odpovědí byla odpověď D, se ukazuje, že většina respondentů v této otázce odpovídala chybně. Tato otázka je postavena na znalosti pořadí fází buněčného dělení, což ji řadí mezi poměrně náročné otázky. Z grafu lze však vyčíst, že správná odpověď byla volena, jako druhá nejčastější hned po variantě B. Toto téma se probírá již v prvním ročníku, a tak je výsledek v sěži uspokojivý.

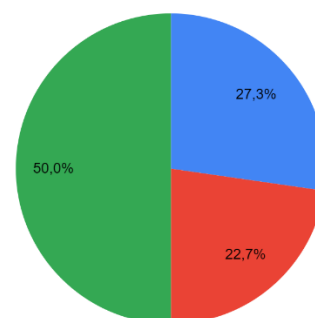
Otázka 4

- metafáze, prometafáze, profáze, anafáze, telofáze
- anafáze, telofáze, profáze, prometafáze, metafáze
- telofáze, profáze, metafáze, prometafáze, anafáze
- profáze, prometafáze, metafáze, anafáze, telofáze



Otázka 4 - ostatní ročníky

- metafáze, prometafáze, profáze, anafáze, telofáze
- anafáze, telofáze, profáze, prometafáze, metafáze
- profáze, prometafáze, metafáze, anafáze, telofáze

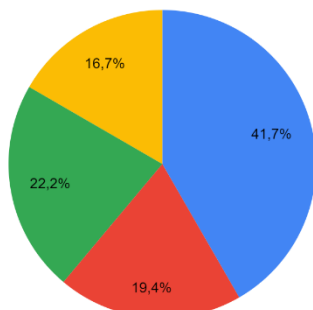


Graf 21 (vlevo) žáci prvního ročníku. Graf 22 (vpravo) žáci ostatních ročníků.

Z výsledků jednotlivých ročníků lze opět pozorovat postupný nárůst znalostí v oblasti fází buněčného dělení. Ačkoliv je toto tématem prvního ročníku, většina respondentů odpovídala chybně. Přesuneme-li se ke grafu 22, který se zabývá ostatními ročníky, můžeme si povšimnout, že polovina respondentů volí správnou odpověď. To jasně dokazuje postupný nárůst znalostí po absolvování prvního ročníku. Žáci stále volili odpovědi podobné jako v prvním ročníku, nicméně můžeme pozorovat, že jedna z odpovědí v ostatních ročnících zcela vymizela a sice ta, která začínala telofází tedy odpověď C.

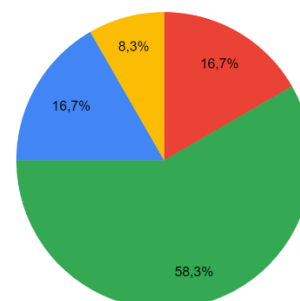
otázka 4 - žáci s kladným vztahem k biologii

- metafáze, prometafáze, profáze, anafáze, telofáze
- anafáze, telofáze, profáze, prometafáze, metafáze
- profáze, prometafáze, metafáze, anafáze, telofáze
- telofáze, profáze, metafáze, prometafáze, anafáze



otázka 4 - žáci se záporným vztahem k biologii

- anafáze, telofáze, profáze, prometafáze, metafáze
- profáze, prometafáze, metafáze, anafáze, telofáze
- metafáze, prometafáze, profáze, anafáze, telofáze
- telofáze, profáze, metafáze, prometafáze, anafáze



Graf 23 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 24 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

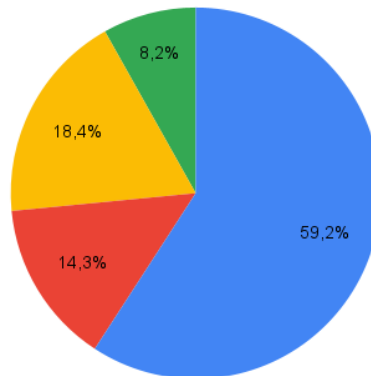
Pokud odpovědi na 4. Otázku dáme do kontextu se žáky, kteří se o biologii zajímají můžeme vidět, že se odpovědi příliš neliší od obecného hodnocení. I zde totiž platí, že většina respondentů odpovídá nesprávně ačkoliv mají k biologii kladný vztah. Zajímavé však je, že většina studentů, kteří mají k biologii negativní vztah, vykazuje 58% úspěšnost v plnění této otázky. Důvodem může být zvýšené učení, aby tito žáci v jejich neoblíbeném předmětu uspěli a oni se tam mohli věnovat oblíbenějším předmětům na které se tolik nemusí učit.

5. Dělení buněk, při němž zůstává zachován počet chromozomů se nazývá

- a. meióza.
- b. mitóza.
- c. apoptóza.
- d. nekróza.

Otázka 5

- mitóza.
- meióza.
- apoptóza.
- nekróza.

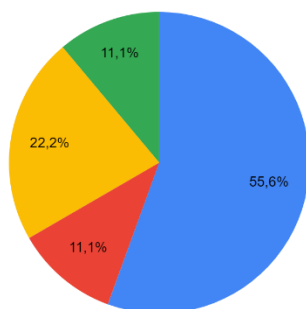


Graf 25 reagovalo 49 respondentů

Pátá otázka se zabývá způsoby dělení buněk. V tomto případě nás zajímá, název procesu buněčného dělení, při kterém zůstává zachován počet chromozomů. Správnou odpovědí je v tomto případě odpověď B tedy mitóza. Z grafu lze vyčíst, že většina respondentů je s tímto pojmem obeznámena, neboť správně odpovědělo 59% respondentů. Nicméně se zde ukazuje i docela velká část studentů, kteří odpovídali z nějakého důvodu chybně. Druhou nejčastější odpovědí byla apoptóza, což nijak nesouvisí s dělením buněk, naopak se jedná o řízenou smrt buňky. Relativně častou odpovědí rovněž byla varianta A tedy meióza, což opravdu souvisí s dělením buněk, nicméně nezůstává zde zachován stejný počet chromozomů. Část těch, kteří volili tuto možnost, buď zaměnili mitózu za meiozu, nebo byli nepozorní při čtení zadání.

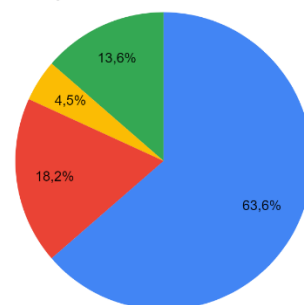
Otázka 5

- mitóza.
- meióza.
- apoptóza.
- nekróza.



Otázka 5 - ostatní ročníky

- mitóza.
- meióza.
- nekróza.
- apoptóza.

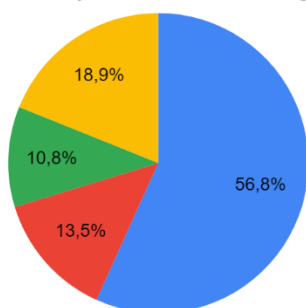


Graf 26 (vlevo) – první ročníky Graf 27 (vpravo) – ostatní ročníky

Nyní opět porovnáme jednotlivé odpovědi jednotlivých ročníků. Můžeme si povšimnout, že většina žáků ve všech ročnících odpovídala správně tedy variantou B. Na základě výsledků je možné pozorovat, že se tato otázka stává jakousi základní znalostí. Podíl správných odpovědí se napříč ročníky moc neliší. Na základě grafů lze tedy usoudit, že studenti českých (pražských) gymnázií jsou velmi dobře obeznámeni s pojmem Mitóza.

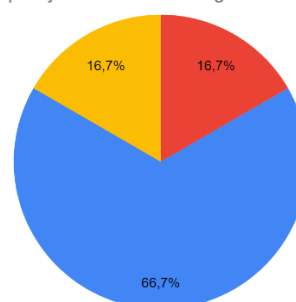
Otázka 5 - žáci s kladným vztahem k biologii

● mitóza.
● meióza.
● nekróza.
● apoptóza.



otázka 5 - žáci s záporným vztahem k biologii

● meióza.
● mitóza.
● apoptóza.



Graf 28 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 29 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

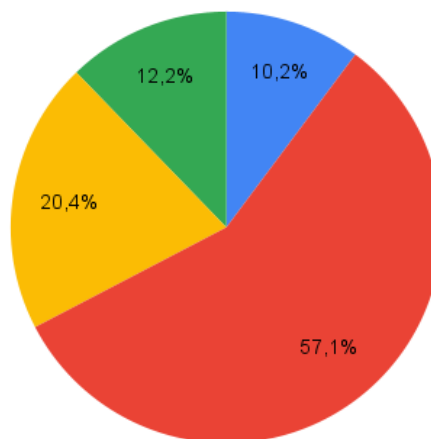
Podíváme-li se na výsledky v oblasti motivace k biologii, můžeme vidět, že ani zde se odpovědi příliš nevymykají. To naznačuje, že se jedná o opravdový základ znalostí buněčné biologie.

6. Při Crossing-overu dochází

- k překřížení a výměně části nehomologických chromozomů.
- k překřížení a výměně části homologických chromozomů.
- ke spojení dvou nehomologických chromozomů.
- ke spojení dvou homologických chromozomů.

otázka 6

- k překřížení a výměně části nehomologických chromozomů.
- k překřížení a výměně části homologických chromozomů.
- ke spojení dvou nehomologických chromozomů.
- ke spojení dvou homologických chromozomů.

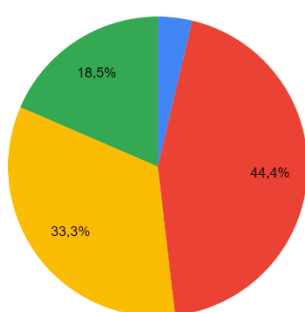


Graf 29 reagovalo 49 respondentů

Otázka číslo 6 se zabývá Crossing-overem což je proces při kterém se překříží chromatidy dvou sesterských (homologických) chromozomů a dojde k jejich rekombinaci. To znamená, že odpověď B je správnou odpovědí. Na základě výsledků z grafu můžeme pozorovat, že většina respondentů odpovídala správně. V tomto případě se jedná o otázku na téma, o kterém by se měli žáci dozvědět již v prvním ročníku, ale až později by měli pochopit skutečný význam tohoto procesu. Druhou nejčastější odpovědí byla varianta C, která je samozřejmě chybná. Důvod, proč někteří studenti tuto variantu volili může spočívat buď v nepozornosti, nebo nepochopení toho k čemu u crossing-oveu dochází.

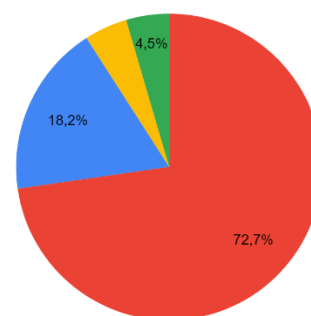
otázka 6

- k překřížení a výměně části nehomologických chromozomů.
- k překřížení a výměně části homologických chromozomů.
- ke spojení dvou nehomologických chromozomů.
- ke spojení dvou homologických chromozomů.



Otázka 6 - ostatní ročníky

- k překřížení a výměně části homologických chromozomů.
- k překřížení a výměně části nehomologických chromozomů.
- ke spojení dvou nehomologických chromozomů.
- ke spojení dvou homologických chromozomů.



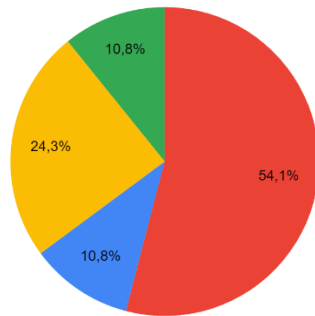
Graf 30 (vlevo) – první ročníky, Graf 31 (vpravo) – ostatní ročníky

Na grafech z jednotlivých ročníků můžeme pozorovat postupný nárůst znalostí. Ve čtvrtém ročníku dokonce nebyl nikdo, kdo by odpověděl chybně. Nejčastěji chybná

odpověď C se nejvíce vyskytuje v prvním ročníku a posléze se objevuje v malé míře v ostatních ročnících.

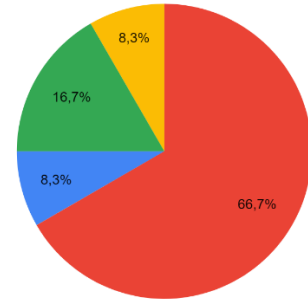
Otázka 6 - žáci s kladným vztahem k biologii

- k překřížení a výměně části homologických chromozomů.
- k překřížení a výměně části nehomologických chromozomů.
- ke spojení dvou nehomologických chromozomů.
- ke spojení dvou homologických chromozomů.



Otázka 6 - žáci se záporným vztahem k biologii

- k překřížení a výměně části homologických chromozomů.
- k překřížení a výměně části nehomologických chromozomů.
- ke spojení dvou homologických chromozomů.
- ke spojení dvou nehomologických chromozomů.



Graf 32 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 33 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

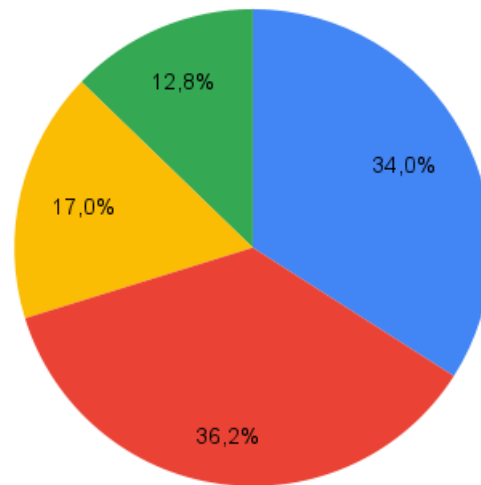
Když porovnáme otázku, s klimatem ve třídě, lze si povšimnout, že výsledky odpovědí nejsou ani v jednom případě špatné. Dokonce můžeme pozotovat vyšší úspěšnost u méně motivovatných studentů můžeme vidět, že jednotlivé odpovědi se v této otázce příliš neliší. Dá se tedy říci, že odpovědi byli úspěšné a studenti jsou z větší míry s touto otázkou obeznámeni.

7. Ke crossing-overu dochází

- a. při profázi.
- b. při metafázi.
- c. při anafázi.
- d. při telofázi.

otázka 7

- při profázi.
- při metafázi.
- při anafázi.
- při telofázi.

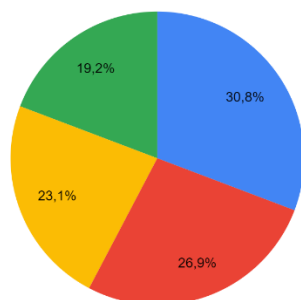


Graf 34 reagovalo 49 respondentů

Otázka číslo 7 se zaměřuje na konkrétní fázi buněčného cyklu, a zkoumá, zda studenti dokáží správně zařadit událost crossing-overu. Správnou odpovědí je v tomto případě odpověď A, avšak na základě grafu si můžeme povšimnout, že nejčastější odpovědí je odpověď B, která je nesprávná. Jelikož se jedná o na sebe navazující fáze, může to studenty splést. Co se týče ostatních fází, je vidět, že jsou oproti dvěma velice pozadu. Otázka se nezaměřuje na to, zda crossing-over probíhá při mitóze nebo meióze. Zaměřuje se, zda žáci dokáží zasadit událost do konkrétní fáze buňky při prvním meiotickém dělení.

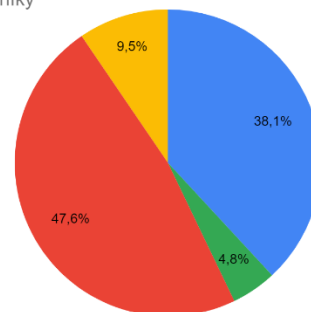
otázka 7

- při profázi.
- při metafázi.
- při anafázi.
- při telofázi.



otázka 7 - ostatní ročníky

- při profázi.
- při telofázi.
- při metafázi.
- při anafázi.

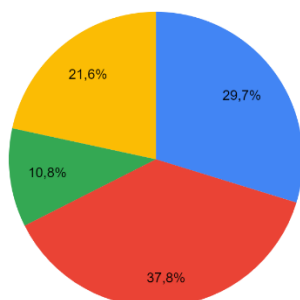


Graf 35 (vlevo) – první ročníky, Graf 36 (vpravo) – ostatní ročníky

Z jednotlivých ročníků se nejvíce mýlili žáci prvních ročníků. Ve druhém a čtvrtém ročníku volí správnou odpověď nejvíce lidí. V prvním ročníku si můžeme povšimnout relativní vyrovnanosti jednotlivých odpovědí, s toho lze usuzovat, že žáci prvního ročníku spíše hádali než, že by věděli. To je poněkud nešťastné, vzhledem k tomu, že by toto téma měli probírat. I přes to si můžeme povšimnout, že nejčastější odpovědí byla právě ta správná. V ostatních ročnících můžeme pozorovat nárůst nesprávné odpovědi B, která tak tvoří nejčastěji vybranou odpověď. Jako druhou nejčastější studenti volili odpověď A, která je správnou odpovědí. Při porovnání výsledků s prvním ročníkem, lze vidět, že odpovědi již nejsou tak vyrovnané a spíše to ukazuje přesvědčení o nesprávné odpovědi. Správná odpověď však vykazuje nárůst o proti stavu v prvním ročníku, tak i zde je vidět jisté zlepšení.

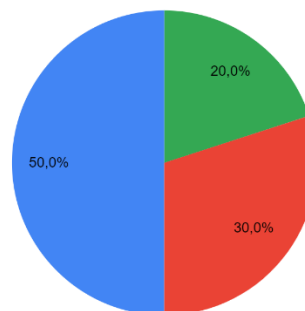
otázka 7 - žáci s kladným vztahem k biologii

● při profázi.
● při metafázi.
● při telofázi.
● při anafázi.



Otázka 7 - žáci s negativním vztahem k biologii

● při telofázi.
● při metafázi.
● při profázi.



Graf 37 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 38 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

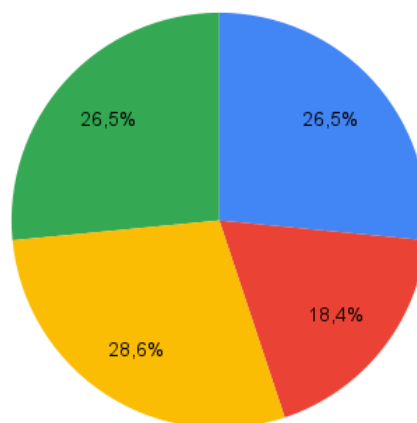
Pokud porovnáme výsledky žáku s kladným vztahem k biologii s celkovým výsledkem, zjistíme, že to příliš velký rozdíl není. Ti, kteří mají spíše negativní vztah k biologii, byly navzdory předpokladům v celku úspěšní. Opět to může mít důvody, v usilovné přípravě na tento neoblíbený předmět.

8. Které z následujících tvrzení je nepravdivé?

- Gen je varianta DNA, která kóduje konkrétní protein.
- Gen je základní jednotka dědičnosti.
- Gen má strukturní a regulační funkce.
- Geny nemusí být uloženy jen v buněčném jádře.

otázka 8

- Gen je varianta DNA, která kóduje konkrétní protein.
- Gen je základní jednotka dědičnosti.
- Gen má strukturní a regulační funkce.
- Geny nemusí být uloženy jen v buněčném jádře.

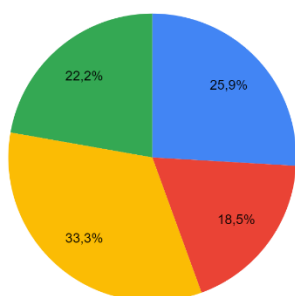


Graf 49 reagovalo 49 respondentů

Otázka číslo 8 se zabývá prvním čistě genetickým pojmem, a sice znalosti definice genu. Úkolem je vybrat nepravdivé tvrzení. V našem případě je nepravdivé tvrzení varianta A, tedy „Gen je varianta DNA, která kóduje konkrétní protein.“ Toto tvrzení je nepravdivé, protože gen není variantou DNA, nýbrž jejím úsekem. Pokud se zaměříme na výsledek grafu, můžeme zjistit, poměrně výraznou vyrovnanost odpovědí. Nejméně častou, a tedy se vymykající nesprávnou odpovědí byla varianta B. Správná odpověď se dělí o stejný podíl s odpovědí D a nejčastější odpovědí byla odpověď C. vzhledem k tomu, že správnou odpovědí byla varianta A, lze na základě grafu říci, že většina studentů odpovídala chybně. To může být způsobeno obecnou neznalostí respondentů, jelikož nejvyšší čísla patří prvním ročníkům, kde se tato témata neprobírají.

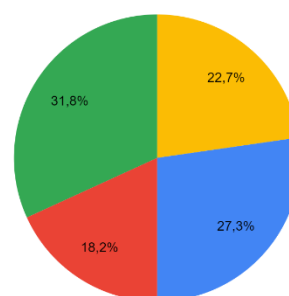
otázka 8 - první ročníky

- Gen je varianta DNA, která kóduje konkrétní protein.
- Gen je základní jednotka dědičnosti.
- Gen má strukturní a regulační funkce.
- Geny nemusí být uloženy jen v buněčném jádře.



Otázka 8 - ostatní ročníky

- Gen má strukturní a regulační funkce.
- Gen je varianta DNA, která kóduje konkrétní protein.
- Gen je základní jednotka dědičnosti.
- Geny nemusí být uloženy jen v buněčném jádře.



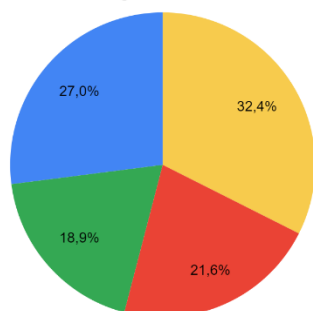
Graf 40 (vlevo) – první ročníky. Graf 41 (vpravo) – ostatní ročníky

Na základě porovnání grafu 40 a 41 můžeme vidět, že žáci jak v prvních, tak v ostatních ročnících odpovídali na tuto otázku nepravdě. V prvním ročníku správně odpovědělo 25,9 % respondentů a v ostatních ročnících správně odpovědělo 27,3 %

respondentů. Můžeme tedy pozorovat drobný, avšak ne moc významný nárůst znalostí v této oblasti. Ostatní odpovědi měli mnohem více prostoru a byly vybírány častěji než ta správná.

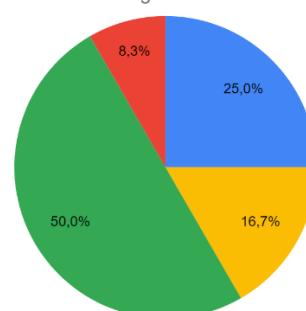
otázka 8 - žáci s kladným vztahem k biologii

- Gen má strukturální a regulační funkce.
- Gen je základní jednotka dědičnosti.
- Geny nemusí být uloženy jen v buněčném jádře.
- Gen je varianta DNA, která kóduje konkrétní protein.



Otázka 8 - žáci s záporným vztahem k biologii

- Gen je varianta DNA, která kóduje konkrétní protein.
- Gen má strukturální a regulační funkce.
- Geny nemusí být uloženy jen v buněčném jádře.
- Gen je základní jednotka dědičnosti.



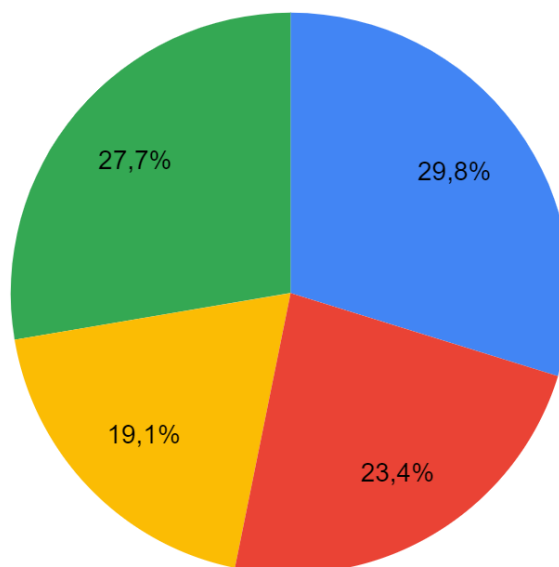
Graf 42 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 43 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

Ani v tomto případě, kdy jsou žáci rozděleni podle vztahu k předmětu, se ukazuje, že ani jedna ze skupin neodpovídá správně. V obou případech je přibližně jedna čtvrtina odpovědí správná. Co však stojí za zmínku je extrémní nárůst odpovědi D v grafu 34. vyvstává otázka, proč vlastně tito respondenti volili právě takto? Je možné, že zde hráli roli nedostatky v práci s textem a zadání bylo chybně pochopeno.

9. Které z následujících tvrzení je nepravdivé?
- a. Alela je variantou genu.
 - b. Na každém lokusu mohou být pouze dvě alely.
 - c. V genotypu organismu mohou být maximálně dvě různé alely.
 - d. Alely zajišťují v genofondu variabilitu.

Otázka 9

- V genotypu organismu mohou být pro daný gen maximálně dvě různé alely.
- Alely zajišťují v genofondu variabilitu.
- Alela je variantou genu.
- Na každém lokusu mohou být pouze dvě alely.

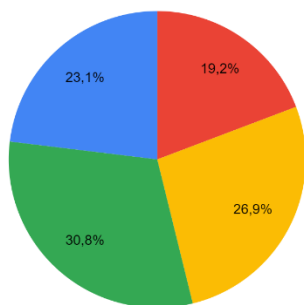


Graf 44 reagovalo 49 respondentů

Tato otázka je svým zadáním podobná té předchozí. Změna spočívá v odlišných tvrzeních, které je třeba respondenty posoudit. Správnou odpovědí je varianta B „na každém lokusu mohou být pouze dvě alely.“ Toto tvrzení je skutečně nepravdivé, jelikož lokus jako takový může obsahovat více různých alel, které mají mezi sebou různý vztah. Ostatní odpovědi jsou pravdivé a tudíž nesprávné. Podíváme-li se na graf 44 můžeme pozorovat podobně jako v předchozím případě relativně vyrovnané odpovědi. Správná odpověď je druhou nejčastější odpovědí v tomto případě. Nejčastější odpovědí je varianta C, která je správným tvrzením, protože v genotypu jednoho organismu (eukaryotického) se opravdu mohou setkat maximálně dvě různé alely jednoho genu.

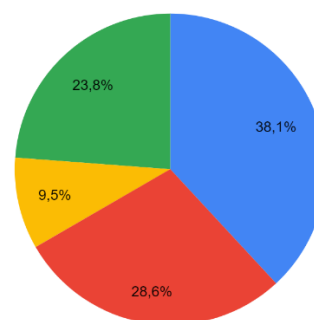
otázka 9 - první ročníky

- Alely zajišťují v genofondu variabilitu.
- Alela je variantou genu.
- Na každém lokusu mohou být pouze dvě alely.
- V genotypu organismu mohou být pro daný gen maximálně dvě různé alely.



Otázka 9 - ostatní ročníky

- V genotypu organismu mohou být pro daný gen maximálně dvě různé alely.
- Alely zajišťují v genofondu variabilitu.
- Alela je variantou genu.
- Na každém lokusu mohou být pouze dvě alely.

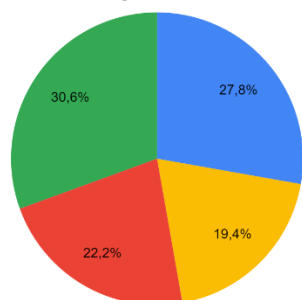


Graf 45 (vlevo) – první ročníky. Graf 46 (vpravo) – ostatní ročníky

Porovnáme-li úspěšnost prvních a ostatních ročníků, můžeme vypočítat, že první ročníky byly úspěšnější než zbylé ročníky při řešení této otázky. Správná odpověď v prvních ročnících zabírá 30,8 % zatímco v ostatních ročnících 23,8 %. Tento pokles je zajímavý, protože by se dalo čekat, že ostatní ročníky budou při řešení této otázky úspěšnější. Nesmíme však zapomenout, že studentů 4 ročníku, kteří by tuto látku měli probírat je z celkového počtu respondentů poměrně málo.

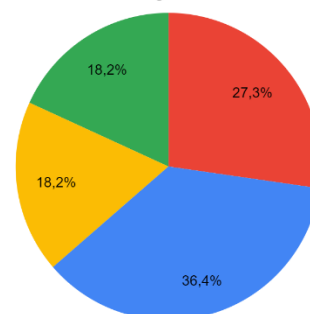
Otázka 9 - žáci s kladným vztahem k biologii

- V genotypu organismu mohou být pro daný gen maximálně dvě různé alely.
- Alela je variantou genu.
- Alely zajišťují v genomu variabilitu.
- Na každém lokusu mohou být pouze dvě alely.



Otázka 9 - žáci se záporným vztahem k biologii

- Alely zajišťují v genomu variabilitu.
- V genotypu organismu mohou být pro daný gen maximálně dvě různé alely.
- Alela je variantou genu.
- Na každém lokusu mohou být pouze dvě alely.



Graf 47 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 48 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

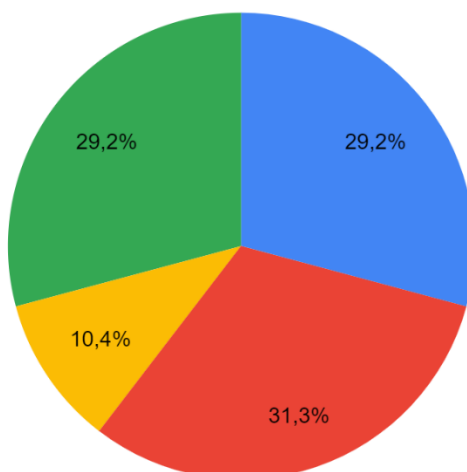
Žáci, kteří mají kladný vztah k předmětu dle grafu 47, dosahovali lepších výsledků oproti žákům se záporným vztahem k předmětu (graf 48). Zde můžeme pozorovat patrný rozdíl. Žáci spokojeni s předmětem dosahovali úspěšnosti 30,6 % oproti ostatním.

10. Kdo je to Homozygot?

- a. Jedinec, který nemá ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- b. Jedinec, který má ve svém genotypu dvě různé alely pro daný gen.
- c. Jedinec, který má ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- d. Jedinec, který nemá žádnou alelu ve svém genotypu pro daný gen.

Otázka 10

- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který nemá ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který nemá žádnou alelu ve svém genotypu pro daný gen.
- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě různé alely pro daný gen.

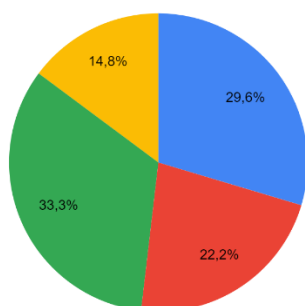


Graf 49 reagovalo 49 respondentů

Desátá otázka zkoumá znalost genetické terminologie. Úkolem je správně zodpovědět kdo je to homozygot. V případě této otázky je správnou odpovědí varianta C, tedy jedinec, který má ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen. Když se nyní zaměříme na výsledky vyznačené v grafu 49, můžeme pozorovat, že správnou odpověď zvolilo pouze 29,2 % respondentů. Stejný podíl měla i odpověď B, která však popisuje heterozygota. Nejčastější odpověď byla odpověď D, která je rovněž nesprávná.

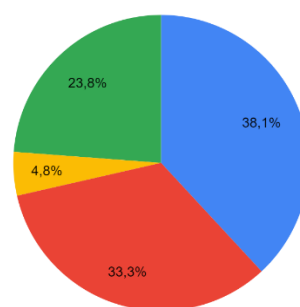
Otázka 10 - První ročníky

- Jedinec, který nemá ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě různé alely pro daný gen.
- Jedinec, který nemá žádnou alelu ve svém genotypu pro daný gen.



Otázka 10 - ostatní ročníky

- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který nemá ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který nemá žádnou alelu ve svém genotypu pro daný gen.
- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě různé alely pro daný gen.

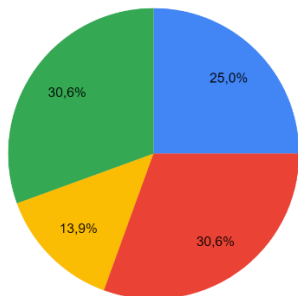


Graf 50 (vlevo) – první ročníky. Graf 51 (vpravo) – ostatní ročníky

Pokud se nyní zaměříme na grafy 50 a 51, které se zabývají stavem v prvním a ostatních ročnících, zjistíme, že se podíl správné odpovědi liší. U prvních ročníků se jedná o druhou nejčastější odpověď a v ostatních ročnících o nejčastější odpověď. Nárůst znalostí je i zde patrný, byť nelze říci, že by většina respondentů odpovídala správně.

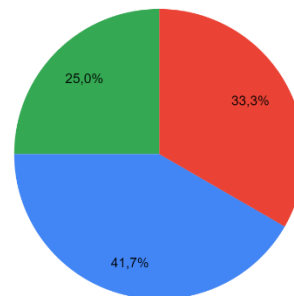
Otázka 10 - Žáci s kladným vztahem k biologii

- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který nemá ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který nemá žádnou alelu ve svém genotypu pro daný gen.
- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě různé alely pro daný gen.



Otázka 10 - Žáci s negativním vztahem k biologii

- Jedinec, který nemá ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
- Jedinec, který má ve svém genotypu dvě různé alely pro daný gen.



Graf 52 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 53 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

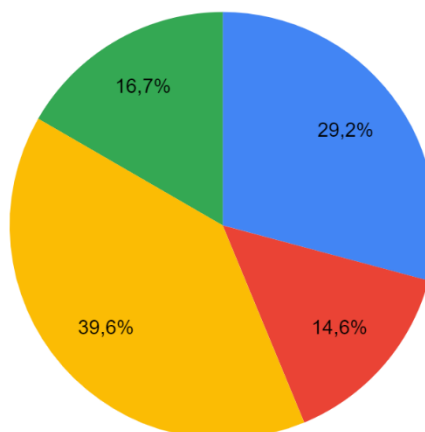
Porovnáme-li žáky s kladným vztahem k biologii se žáky se záporným vztahem k biologii, zjistíme, že žáci s negativním vztahem k biologii byli v odpovědi na tuto otázku úspěšnější, dokonce zcela vypustili odpověď D. Takový nárůst znalostí u žáků, pro které je biologie spíše zbytečným předmětem je pozoruhodný. Opět toto může mít původ ve zvýšené přípravě na hodiny biologie, nebo vyšší množství demotivovaných studentů 4. ročníku.

11. Dle prvního Mendelova zákona platí.

- a. Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- b. Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít různé genotypy v poměru 1:2:1.
- c. Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo nebude mít stejný genotyp.
- d. Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.

Otázka 11

- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít různé genotypy v poměru 1:2:1.
- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo nebude mít stejný genotyp.

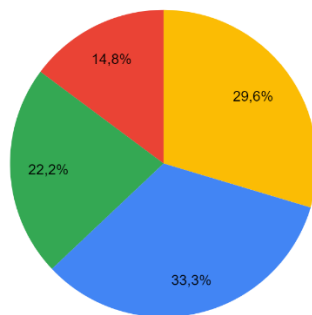


Graf 54 reagovalo 49 respondentů

Tato otázka se zabývá prvním Mendelovým zákonem. A z tohoto důvodu je v tomto případě správnou odpovědí odpověď A – „Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.“ Odpověď B byl byla správně, pokud by se otázka dotazovala na druhý Mendelův zákon. Na základě grafu 54 můžeme vidět, že 39,6 % respondentů si vybralo správnou odpověď. Oproti ostatním odpovědím je tato nejčastější. Druhou nejčastější odpovědí byla již zmíněná odpověď B, která by byla správnou, pokud by se otázka ptala na druhý Mendelův zákon. Ostatní dvě odpovědi tvoří minoritní část celku. Na základě celkových výsledků v této otázce lze říci, že výsledek není špatný, je zřejmé, že významná část studentů je obeznána s Mendelovými zákony.

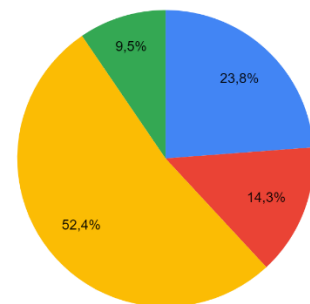
Otázka 11 - první ročníky

- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít různé genotypy v poměru 1:2:1.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo nebude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.



Otázka 11 - ostatní ročníky

- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít různé genotypy v poměru 1:2:1.
- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo nebude mít stejný genotyp.

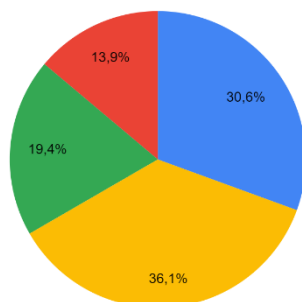


Graf 55 (vlevo) – první ročníky. Graf 56 (vpravo) – ostatní ročníky

Na grafu 55 a grafu 56 můžete vidět obrovský nárůst znalostí ve správné odpovědi. Oba grafy se tak jako v předchozích případech zabývají stavem v prvních a ostatních ročnících. Z grafů je patrné, že žáci vyšších ročníků jsou obeznámeni s Mendelovými zákony, a tak jich většina odpověděla správně oproti žákům z prvního ročníku. Kde jsou odpovědi spíše vyrovnané. Můžete si povšimnout, že odpověď B je oblíbenou zejména u prvních ročníků.

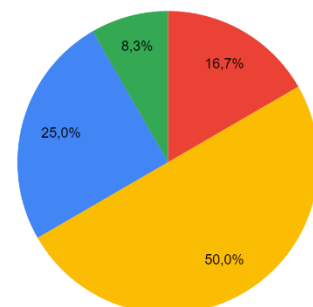
Otázka 11 - žáci s kladným vztahem k biologii

- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít různé genotypy v poměru 1:2:1.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo nebude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.



Otázka 11 - žáci s negativním vztahem k biologii

- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
- Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít různé genotypy v poměru 1:2:1.
- Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo nebude mít stejný genotyp.



Graf 57 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 58 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

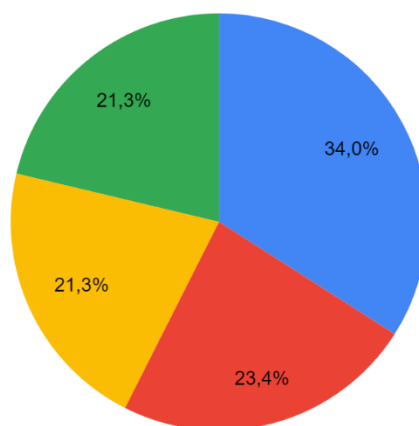
Nyní porovnáme, jak odpovídali žáci s odlišným vztahem k biologii na otázku 11. Na grafech 57 a 58 si můžete povšimnout jistého rozdílu mezi žáky s kladným vztahem k biologii a žáky se záporným vztahem k biologii. Na Otázku týkající se I. Mendelova zákona, měli větší úspěšnost méně motivovaní žáci kdy jich polovina odpověděla dobře (graf 58) proti žákům s kladným vztahem k předmětu (graf 58).

12. Dominantní alela

- je rovnocenná recesivní alele.
- je vždy potlačena projevem recesivní alely.
- je ovlivňována projevem recesivní alely, a dochází tak k jejímu částečnému projevu.
- vždy potlačuje projev recesivní alely.

Otázka 12

- vždy potlačuje projev recesivní alely.
- je ovlivňována projevem recesivní alely, a dochází tak k jejímu částečnému projevu.
- je vždy potlačena projevem recesivní alely.
- je rovnocenná recesivní alele.

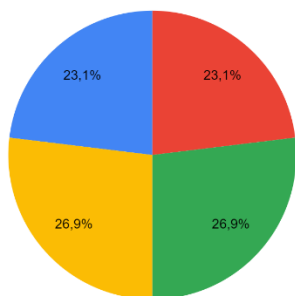


Graf 59 reagovalo 49 respondentů

Otázka 12 se zabývá genetickou terminologií a testuje, zda respondenti správně určí, jaké vlastnosti má dominantní alela. Když se zaměříme na graf 59, můžeme zjistit, že nejčastější odpovědí byla volena odpověď D, která je zároveň správnou odpovědí. 34 % všech respondentů tedy volilo správnou odpověď. Ostatní odpovědi jsou celkem vyrovnané.

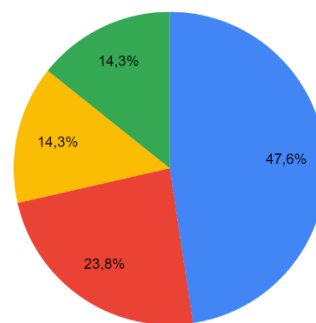
Otázka 12 - první ročníky

- je ovlivňována projevem recesivní alely, a dochází tak k jejímu částečnému projevu.
- je rovnocenná recesivní alele.
- je vždy potlačena projevem recesivní alely.
- vždy potlačuje projev recesivní alely.



Otázka 12 - ostatní ročníky

- vždy potlačuje projev recesivní alely.
- je ovlivňována projevem recesivní alely, a dochází tak k jejímu částečnému projevu.
- je vždy potlačena projevem recesivní alely.
- je rovnocenná recesivní alele.

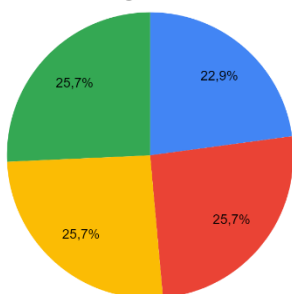


Graf 60 (vlevo) – první ročníky. Graf 61 (vpravo) – ostatní ročníky

U prvních ročníků je jasně vidět, že odpověď na tuto otázku zatím neznají. Jednotlivé odpovědi jsou vyrovnané a správná odpověď se dělí o menšinu s odpovědí C. ačkoliv by zde měli být jisté prekoncepty ze základní školy, je zřejmé, že informace o genetice si pamatuje jen menší část studentů prvních ročníků (graf 60). V ostatních ročnících je vidět výrazný nárůst znalostí, tady už správně odpověděla necelá polovina respondentů. Je to pravděpodobně dáno tím, že látku již probrali.

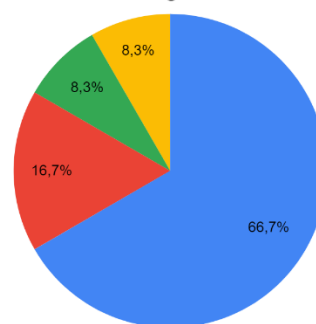
Otázka 12 - žáci s kladným vztahem k biologii

- vždy potlačuje projev recesivní alely.
- je ovlivňována projevem recesivní alely, a dochází tak k jejímu částečnému projevu.
- je vždy potlačena projevem recesivní alely.
- je rovnocenná recesivní alele.



Otázka 12 - žáci s negativním vztahem k biologii

- vždy potlačuje projev recesivní alely.
- je ovlivňována projevem recesivní alely, a dochází tak k jejímu částečnému projevu.
- je rovnocenná recesivní alele.
- je vždy potlačena projevem recesivní alely.



Graf 62 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 63 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

Velice zajímavé jsou však výsledky v této otázce týkající se oblíbenosti předmětu. Je zde patrný nepoměr mezi žáky, kdy je biologie oblíbená a žáky kteří k biologii nemají kladný vztah. Graf 62 ukazuje poměrně vyrovnané výsledky, a dokonce správná odpověď byla tou nejméně častou volenou. Zatímco Graf 63 ukazuje extrémní nepoměr kdy většina respondentů odpovídala správně, ačkoliv biologie není jejich oblíbený předmět.

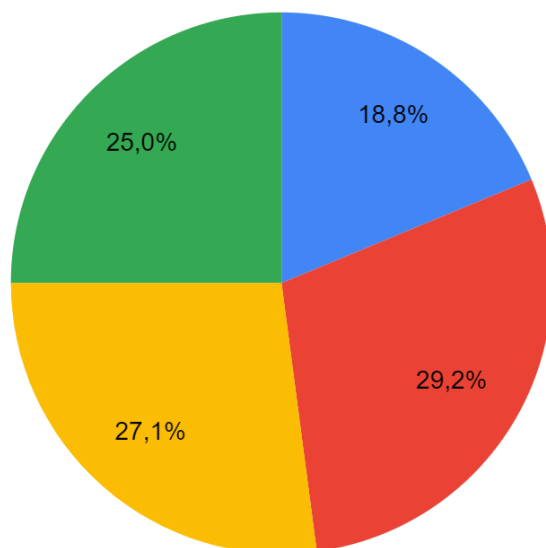
13. Jev, při němž alela na jednom genu potlačí projev druhého genu, se nazývá:

- a. kodominance.

- b. epistáze.
- c. komplementarita.
- d. neúplná dominance.

Otázka 13

- neúplná dominance.
- epistáze.
- komplementarita.
- kodominance.

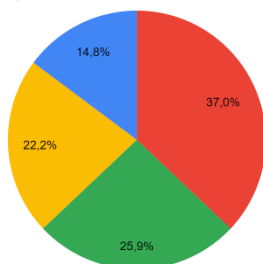


Graf 64 reagovalo 49 respondentů

Otázka 13 se dotazuje na mezigenové interakce, které jsou nedílnou součástí genetiky. Otázka se ptá na konkrétní jev, při němž alela jednoho genu ovlivní jiný gen, konkrétně jej potlačí. Tento jev se nazývá epistáze, tedy správnou odpovědí je odpověď B. z grafu 64 lze vyčíst, že Odpověď B je nejčastěji volenou odpovědí, nicméně většina respondentů odpovídala nesprávně. Další poměrně častou odpovědí byla odpověď C, což je komplementarita. Komplementarita je rovněž mezigenová interakce, nicméně v tomto případě se dva geny podílí společně na jednom fenotypu, a to není správná odpověď na otázku. Ostatní pojmy v otázkách A a D se týkají pouze mezialelických interakcí.

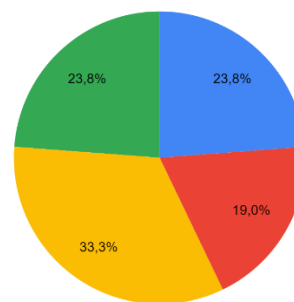
Otázka 13 - první ročníky

- epistáze.
- kodominance.
- komplementarita.
- neúplná dominance.



Otázka 13 - ostatní ročníky

- neúplná dominance.
- epistáze.
- komplementarita.
- kodominance.

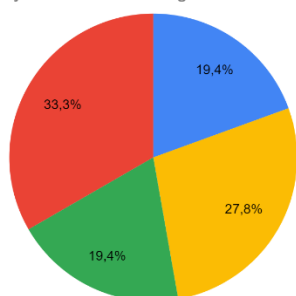


Graf 65(vlevo) – první ročníky. Graf 66 (vpravo) – ostatní ročníky

Podíváme-li se na stav v rámci ročníků, můžeme vidět, že si první ročník vedl překvapivě lépe než ostatní ročníky. Na základě grafu 65 můžeme vidět, že správná odpověď tvoří 37 % což oproti 19 % na grafu 66 je podstatný rozdíl, je zde oproti ostatním otázkám patrný výrazný úbytek znalostí. Z nějakého důvodu žáci vyšších ročníků považují za správnou odpověď C na místo odpovědi B.

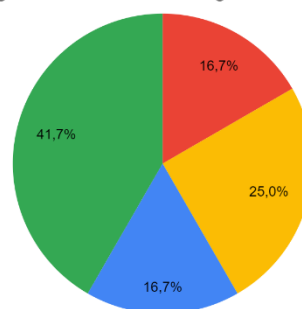
otázka 13 - žáci s kladným vztahem k biologii

● neúplná dominance.
● komplementarita.
● kodominance.
● epistáze.



Otázka 13 - žáci s negativním vztahem k biologii

● epistáze.
● komplementarita.
● neúplná dominance.
● kodominance.



Graf 67 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 68 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

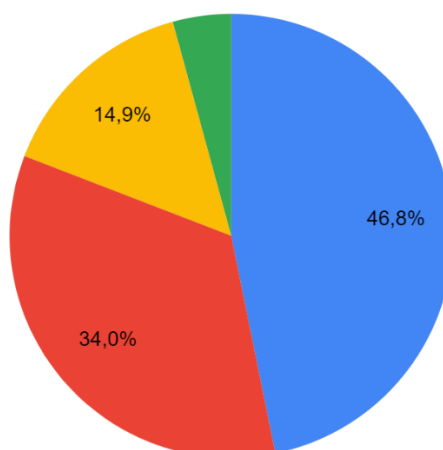
Žáci s kladným vztahem k biologii dle grafu 67 si počínali v otázce 13 lépe než žáci s negativním postojem k předmětu (graf 68). můžeme vidět, že v prvním případě výsledky pro správnou odpověď dosahují 33,3 %, zatímco u žáků s negativním postojem pouze 16,7 %. Je zde tedy vidět značný rozdíl v odpovědích.

14. Sledujeme-li vzájemný projev alel dvou genů zároveň, využíváme kombinačního čtverce se čtyřmi sloupci a čtyřmi řádky. Jaký fenotypový poměr bude výsledkem zpětného křížení dvou dvojnásobných heterozygotů? (Počítejte s tím, že na každém genu je právě jedna alela dominantní a jedna recesivní.)

- 15:1
- 1:2:1:2:4:2:1:2:1
- 9:3:3:1
- 12:4

Otázka 14

- 1:2:1:2:4:2:1:2:1
- 9:3:3:1
- 15:1
- 12:4

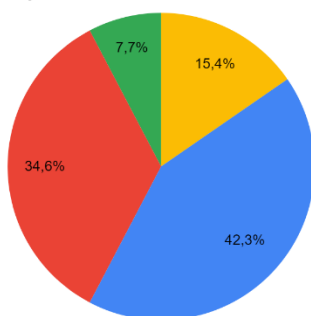


Graf 69 reagovalo 49 respondentů

Otázka 14 se zabývá znalostí 3. Mendelova zákona o volné kombinovatelnosti genů. Otázka se ptá na štěpení fenotypu. A proto je správnou odpovědí C. Fenotypový štěpný poměr je 9:3:3:1. Z grafu 69 můžeme vyčíst, že nejčastější odpovědí byla odpověď B, která neodpovídá znění otázky. Tato odpověď vytváří genotypový štěpný poměr – tedy jedná se o informaci o rozložení jednotlivých alel v potomstvu. Druhou nejčastější odpovědí byla odpověď C, která je tou správnou. Na základě grafu lze předpokládat, že studenti si pletou pojmy genotyp a fenotyp.

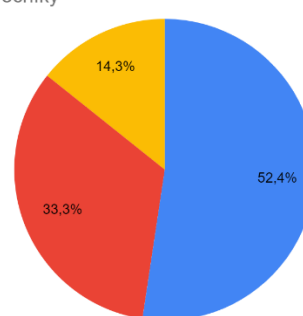
Otázka 14 - první ročníky

- 15:1
- 1:2:1:2:4:2:1:2:1
- 9:3:3:1
- 12:4



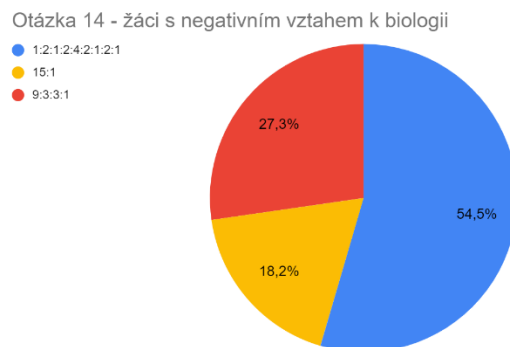
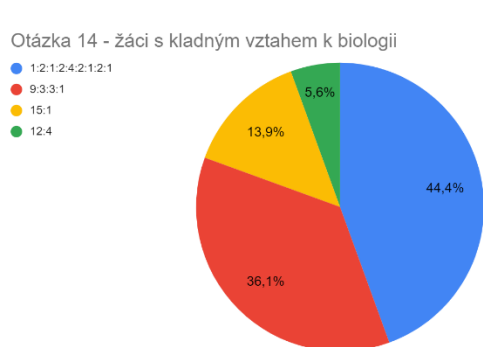
Otázka 14 - ostatní ročníky

- 1:2:1:2:4:2:1:2:1
- 9:3:3:1
- 15:1



Graf 70(vlevo) – první ročníky. Graf 71 (vpravo) – ostatní ročníky

Tento problém jde napříč všemi ročníky, i když se dá říci, že si první ročníky vedly nepatrně lépe. Můžeme vidět, že se výseče týkající se stejných odpovědí, které byly studenty považovány za správné příliš nemění. V ostatních ročnících dokonce volila odpověď B většina respondentů.



Graf 72 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 73 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

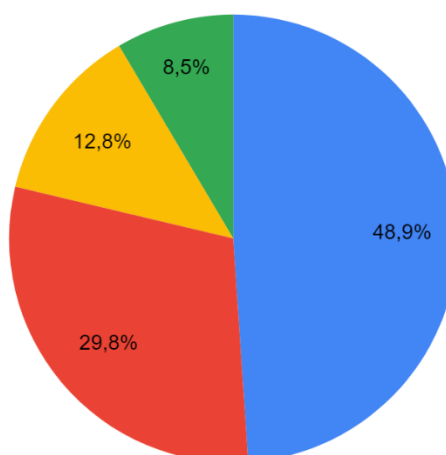
Grafy 72 a 73 tradičně zobrazují stav podle oblíbenosti biologie. Žáci hodnotící biologii negativně si vedli hůře než žáci hodnotící biologii pozitivně.

Tato otázka je zajímavá tím, že odhaluje nejen znalost štěpných, poměrů pro určitou situaci, ve které si žáci vedli bezpochyby výborně, ale i znalost termínů jako Genotyp a Fenotyp. Na jednotlivých grafech (69–73) je vidět, že většina žáků zaměňuje genotyp za fenotyp a z toho důvodu většina odpověděla na otázku nesprávně.

15. Nemoc hemofilie podmíněna recesivní alelou, která je vázaná na pohlavní chromozom X. předpokládejme, že otec matky trpěl hemofilií, nicméně, matka je zdravá. Bude mít matka zdravé děti, pokud bude otec dětí zdravý?
- Ano, všechny potenciální děti budou zdravé.
 - ne, postižení budou někteří mužští potomci.
 - ne, postiženy budou pouze dcery.
 - ne, polovina dětí bez ohledu na pohlaví bude postižena.

Otázka 15

- ne, postižení budou někteří mužští potomci.
- Ano, všechny potencionální děti budou zdravé.
- ne, polovina dětí bez ohledu na pohlaví bude postižena.
- ne, postiženy budou pouze dcery.

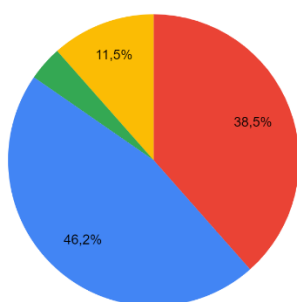


Graf 74 reagovalo 49 respondentů

Tato otázka se zabývá konkrétním genetickým příkladem. Smyslem otázky je dědičné onemocnění krve hemofilie. Jedná se o neobvyklý příklad dědičnosti, která je vázána na pohlaví, a tudíž se při předpovídání potomků nedá spoléhat na Punetův čtverec. Otázka 15 tak zkoumá znalosti ohledně dědičnosti vázané na pohlaví. Zaměříme-li se na graf 74, můžeme vidět, že nejčastější odpovědí byla odpověď B, která je v tomto případě správnou odpovědí – jelikož mají ženy dva chromozomy X a jelikož je matka heterozygot, tak své chromozomy předá mužským potomkům a přibližně polovině z nich (některých) předá i vadnou alelu. Další poměrně častou odpovědí je odpověď A, která tvrdí, že všichni potomci budou zdraví, což je chybný předpoklad, který platí pouze pro dcery. Odpověď D a C vůbec nebere ohled na Mendelovy zákony, ani na vlastnosti dědičnosti pohlaví.

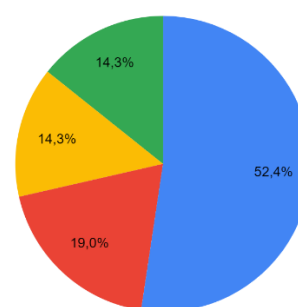
Otázka 15 - první ročníky

- Ano, všechny potencionální děti budou zdravé.
- ne, postižení budou někteří mužští potomci.
- ne, postiženy budou pouze dcery.
- ne, polovina dětí bez ohledu na pohlaví bude postižena.



Otázka 15 - ostatní ročníky

- ne, postižení budou někteří mužští potomci.
- Ano, všechny potencionální děti budou zdravé.
- ne, polovina dětí bez ohledu na pohlaví bude postižena.
- ne, postiženy budou pouze dcery.

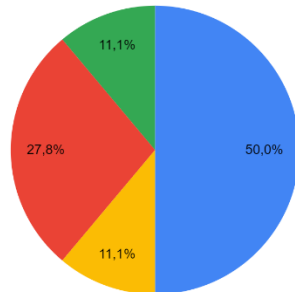


Graf 75(vlevo) – první ročníky. Graf 76 (vpravo) – ostatní ročníky

Jak můžeme vidět na grafech 75 a 76, ve vyhodnocování této otázky si žáci nevedli vůbec špatně, v obou případech nejčastější odpovědí je správná odpověď B. zároveň můžeme vidět jistý progres ve vyšších ročnících, kde již většina respondentů odpověděla správně.

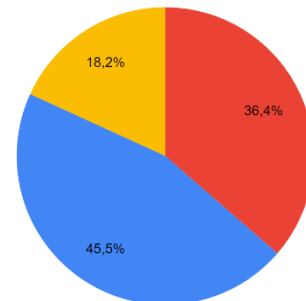
Otázka 15 - žáci s kladným vztahem k biologii

- ne, postižení budou někteří mužští potomci.
- ne, polovina dětí bez ohledu na pohlaví bude postižena.
- Ano, všechny potencionální děti budou zdravé.
- ne, postiženy budou pouze dcery.



Otázka 15 - žáci s negativním vztahem k biologii

- Ano, všechny potencionální děti budou zdravé.
- ne, postižení budou někteří mužští potomci.
- ne, polovina dětí bez ohledu na pohlaví bude postižena.



Graf 77 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 78 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

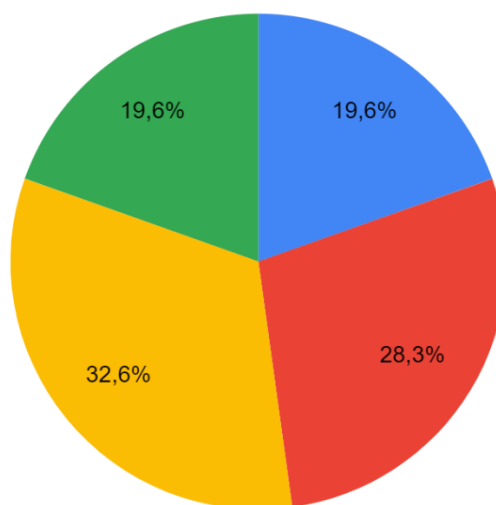
Pokud se podíváme na výsledky dle sympatií žáků k předmětu, můžeme pozorovat, že dle grafu 77 si lépe vedli žáci s pozitivním vztahem k biologii. Můžeme zde vidět, že přibližně polovina respondentů z této skupiny odpovídá správně, zatímco žáci s negativním postojem dosahovali lehce horších výsledků.

16. Albinismus, je porucha tvorby pigmentu, která je podmíněna recesivní alelou umístěnou na jednom z autozomů. jaké potomky bude mít otec trpící albinismem za předpokladu, že matka nemá albinistickou alelu?

- a. Všichni potomci budou trpět albinismem.
- b. Jen polovina potomků bude trpět albinismem.
- c. Jen čtvrtina potomků bude trpět albinismem.
- d. všichni potomci budou heterozygoti, a tak budou zdraví.

Otázka 16

- všichni potomci budou heterozygoti a tak budou zdraví.
- Jen čtvrtina potomků bude trpět albinismem.
- Všichni potomci budou trpět albinismem.
- Jen polovina potomků bude trpět albinismem.

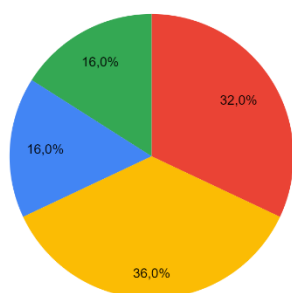


Graf 79 reagovalo 49 respondentů

Další otázka, která se zabývá prvním Mendelovým zákonem o uniformitě hybridů. Otázka 16 se ptá na dědičnost albinismu v případě, že máme otce albína a zdravou matku bez albinistické vloh. Správnou odpovědí na otázku je odpověď D – všichni potomci budou heterozygoti... z grafu 79 lze vyčíst, že zde respondenti nebyli příliš úspěšní správně odpovědělo pouze 19.6 % respondentů. Nejčastější odpovědí bylo, že všichni potomci budou trpět albinismem tedy odpověď A.

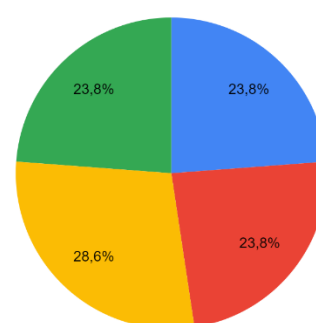
Otázka 16 - první ročníky

- Jen čtvrtina potomků bude trpět albinismem.
- Všichni potomci budou trpět albinismem.
- všichni potomci budou heterozygoti a tak budou zdraví.
- Jen polovina potomků bude trpět albinismem.



otázka 16 - ostatní ročníky

- všichni potomci budou heterozygoti a tak budou zdraví.
- Jen čtvrtina potomků bude trpět albinismem.
- Všichni potomci budou trpět albinismem.
- Jen polovina potomků bude trpět albinismem.

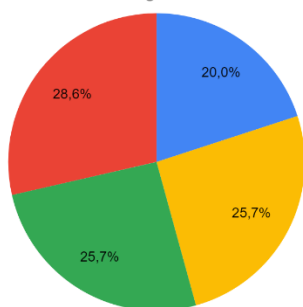


Graf 80 (vlevo) – první ročníky. Graf 81 (vpravo) – ostatní ročníky

Slabý výkon v této otázce platí jak pro první ročníky, tak pro ty vyšší. Nicméně je možné vidět, že zde dochází k nárůstu znalostí bohužel v obou případech je nejčastější odpovědí odpověď A.

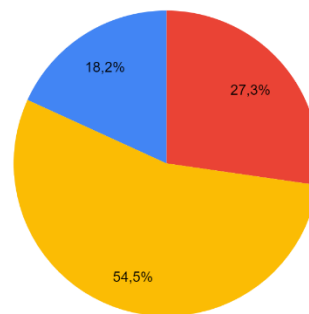
Otázka 16 - žáci s pozitivním vztahem k biologii

- všichni potomci budou heterozygoti a tak budou zdraví.
- Všichni potomci budou trpět albinismem.
- Jen polovina potomků bude trpět albinismem.
- Jen čtvrtina potomků bude trpět albinismem.



Otázka 16 - žáci s negativním vztahem k biologii

- Jen čtvrtina potomků bude trpět albinismem.
- Všichni potomci budou trpět albinismem.
- všichni potomci budou heterozygoti a tak budou zdraví.



Graf 82 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 83 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

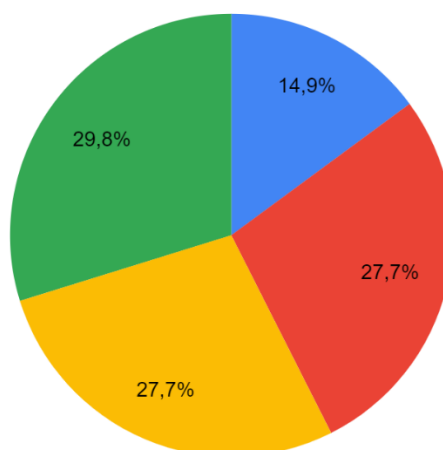
Dle grafu 82 správně odpovědělo pouze 20 % respondentů. To jsou žáci s kladným vztahem k biologii. A dle grafu 83 odpovědělo správně pouze 18,2 % respondentů. Můžeme zde vidět nepříliš významný úbytek znalostí na škále oblíbenosti předmětu. Mezi žáky, kteří nemají dobrý vztah k předmětu, zásadně dominuje odpověď A, zatímco u žáků s kladným vztahem k předmětu dominuje odpověď B.

17. Papoušek vlnkovaný neboli andulka, je barevně velice variabilní pták. Jeho zbarvení je podmíněno dvěma geny. První svou dominantní alelou podmiňuje tvorbu modrého pigmentu. A druhý gen svou dominantní alelou podmiňuje tvorbu žlutého pigmentu. Andulka tak může nabývat čtyř barev: zelené v případě, že na obou genech je alespoň jedna dominantní alela (A-; B-), žluté, když je recesivní homozygot na „modrém“ genu (A-; bb), modré, když je recesivní homozygot na „žlutém“ genu (aa; B-) a nakonec bílé, v případě, že je recesivní homozygot na obou genech (aa; bb). Vyberte správnou možnost, při které se může vylíhnout bílá andulka.

- a. žlutá andulka (Aa;bb) x modrá andulka (aa;Bb)
- b. zelená andulka (AA;Bb) x bílá andulka (aa;bb)
- c. žlutá andulka (AA;bb) x bílá andulka (aa;bb)
- d. modrá andulka (aa;Bb) x zelená andulka (AA;Bb)

Otázka 17

- modrá andulka (aa;Bb) x zelená andulka (AA;Bb)
- žlutá andulka (Aa;bb) x modrá andulka (aa;Bb)
- zelená andulka (AA;Bb) x bílá andulka (aa;bb)
- žlutá andulka (AA;bb) x bílá andulka (aa;bb)

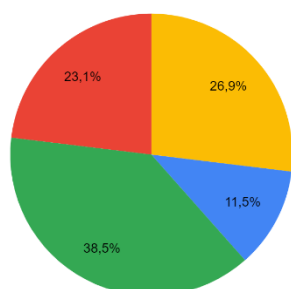


Graf 84 reagovalo 49 respondentů

Otázka 17 se zabývá znalostmi zejména třetího Mendelova zákona. Máme zde dva geny, které se významným způsobem podílí na konkrétním fenotypu Papouška vlnkovaného. Vzhledem k tomu, jak je položena otázka i s popisem funkce jednotlivých alel, je správnou odpovědí B. To je jediná možnost, kdy rodiče s těmito konkrétními genotypy mohou dát život bílé andulce. Jak můžeme vidět, odpověď B se dělí o druhé místo s odpovědí C. A nejčastěji volenou odpovědí je odpověď D. Je vysoce pravděpodobné, že respondenty mate skutečnost, že jedním z rodičů je bílá andulka.

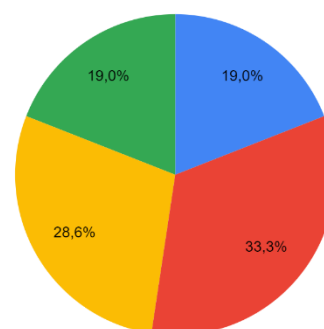
Otázka 17 - první ročníky

- zelená andulka (AA;Bb) x bílá andulka (aa;bb)
- modrá andulka (aa;Bb) x zelená andulka (AA;Bb)
- žlutá andulka (AA;bb) x bílá andulka (aa;bb)
- žlutá andulka (Aa;bb) x modrá andulka (aa;Bb)



Otázka 17 - ostatní ročníky

- modrá andulka (aa;Bb) x zelená andulka (AA;Bb)
- žlutá andulka (Aa;bb) x modrá andulka (aa;Bb)
- zelená andulka (AA;Bb) x bílá andulka (aa;bb)
- žlutá andulka (AA;bb) x bílá andulka (aa;bb)

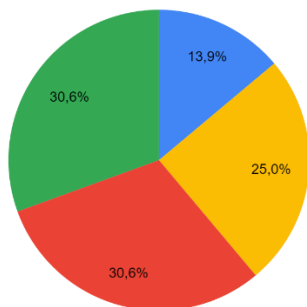


Graf 85 (vlevo) – první ročníky. Graf 86 (vpravo) – ostatní ročníky

Při porovnání schopností prvních ročníků s ostatními ročníky, můžeme opět vidět nárůst znalostí. Dle grafu 85 správně odpovědělo pouze 23,1 % respondentů, zatímco dle grafu 86 už správně odpovědělo 33,3 % respondentů. Je tedy možno pozorovat jistý nárůst znalostí, nicméně odpovědi C a D stále vedou.

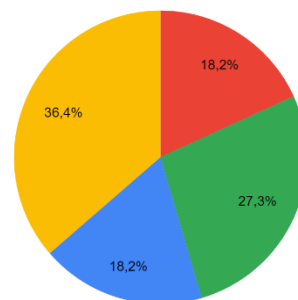
Otázka 17 - Žáci s pozitivním vztahem k biologii

- modrá andulka (aa:Bb) x zelená andulka (AA:Bb)
- zelená andulka (AA:Bb) x bílá andulka (aa:bb)
- žlutá andulka (Aa:bb) x modrá andulka (aa:Bb)
- žlutá andulka (AA:bb) x bílá andulka (aa:bb)



Otázka 17 - Žáci s negativním vztahem k biologii

- žlutá andulka (Aa:bb) x modrá andulka (aa:Bb)
- žlutá andulka (AA:bb) x bílá andulka (aa:bb)
- modrá andulka (aa:Bb) x zelená andulka (AA:Bb)
- zelená andulka (AA:Bb) x bílá andulka (aa:bb)



Graf 87 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 88 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

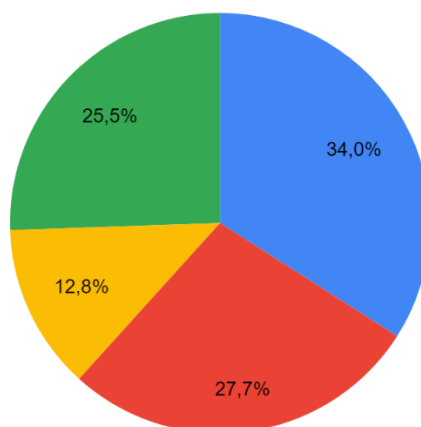
Při porovnání grafů 87 a 88, můžeme pozorovat, že Motivovaní žáci mají v tomto ohledu lepší výsledky než ti nemotivovaní. Z motivovaných žáků správně na otázku odpovědělo 30,6 % a z nemotivovaných žáků správně odpovědělo pouze 18, 2 %. Můžeme tak vidět docela velký rozdíl ve výsledcích.

18. Při meióze

- a. zůstává zachován počet chromozomů.
- b. počet chromozomů se sníží vždy o jeden.
- c. počet chromozomů se zvýší vždy o jeden.
- d. dochází k redukci chromozomů na polovinu původního stavu.

Otázka 18

- dochází k redukci chromozomů na polovinu původního stavu.
- počet chromozomů se zvýší vždy o jeden.
- zůstává zachován počet chromozomů.
- počet chromozomů se sníží vždy o jeden.



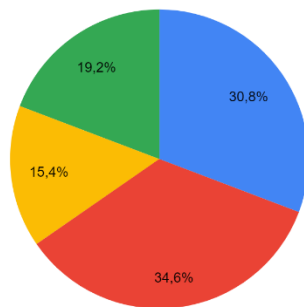
Graf 89 reagovalo 49 respondentů

Poslední otázka se zabývá opět základními vlastnosti buněčného cyklu. Tématem je meióza, která je nedílnou součástí dědičnosti. Otázka je položena tak, aby student dokončil

větu a na výběr má ze 4 možností. Správnou odpovědí je varianta D: „Při meióze dochází k redukci počtu chromozomu na polovinu původního stavu.“ Pokud se podíváme na výsledky obsažené v grafu 89, zjistíme, že nejčastěji volenou odpovědí byla ta správná, byť většina respondentů odpovídala nesprávně. Zajímavé je, že žáci se rozhodovali často mezi odpověďmi A a C, protože ty jsou chybné.

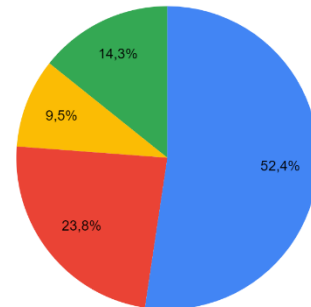
Otázka 18 - První ročníky

- počet chromozomů se zvýší vždy o jeden.
- počet chromozomů se sníží vždy o jeden.
- zůstává zachován počet chromozomů.
- dochází k redukci chromozomů na polovinu původního stavu.



Otázka 18 - ostatní ročníky

- dochází k redukci chromozomů na polovinu původního stavu.
- počet chromozomů se zvýší vždy o jeden.
- zůstává zachován počet chromozomů.
- počet chromozomů se sníží vždy o jeden.

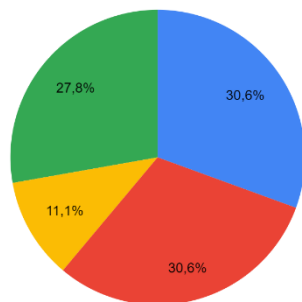


Graf 90 (vlevo) – první ročníky. Graf 91 (vpravo) – ostatní ročníky

Na grafech 90 a 91 můžeme vidět zásadní nesoulad mezi prvními a ostatními ročníky. V prvním ročníku správně odpovědělo pouze 19,2 % respondentů, zatímco v ostatních ročnících odpověděla nadpoloviční většina. To naznačuje zásadní nárůst znalostí. Přesto je zajímavé, že odpověď B je rovněž velice často volenou odpovědí i u ostatních ročníků.

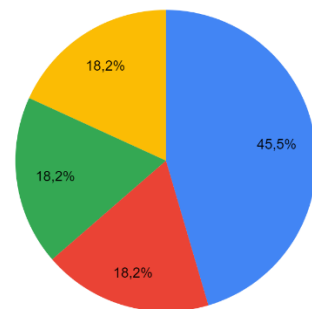
Otázka 18 - žáci s pozitivním vztahem k biologii.

- dochází k redukci chromozomů na polovinu původního stavu.
- počet chromozomů se zvýší vždy o jeden.
- zůstává zachován počet chromozomů.
- počet chromozomů se sníží vždy o jeden.



Otázka 18 - žáci s negativním vztahem k biologii

- dochází k redukci chromozomů na polovinu původního stavu.
- počet chromozomů se zvýší vždy o jeden.
- počet chromozomů se sníží vždy o jeden.
- zůstává zachován počet chromozomů.



Graf 92 ukazující stav pro žáky, kterým hodiny biologie připadají zajímavé (vlevo). Graf 93 pro žáky kterým hodiny biologie nepřipadají zajímavé (vpravo).

Zajímavý je rovněž nárůst grafu 93 oproti grafu 92. Znamená to, že méně motivovaní žáci odpovídali lépe než žáci s kladným vztahem k biologii.

3. 6. Zhodnocení výsledků výzkumného šetření

Na základě výsledků šetření je patrné, že většina respondentů má zájem o hodiny biologie, které patří mezi oblíbené předměty. Je však zřejmé, že se většina respondentů nehodlá biologii nadále věnovat. Dle vyplněného dotazníku lze usuzovat, že u většiny odpovědí tykajících se znalostí z genetiky dochází k postupnému nárůstu znalostí. Oblíbenost předmětu má vliv na tyto znalosti. Ať už se jedná o pozitivní nebo negativní motivaci, je patrné, že skupina žáků, kteří mají kladný vztah k předmětu odlišuje od žáků, kteří mají negativní vztah k předmětu.

Na základě jednotlivých odpovědí byly výsledky testu rozděleny do 2 skupin – první ročníky, ostatní ročníky a kladný vztah k předmětu, záporný vztah k předmětu a poslední skupina tvoří odpovědi všech respondentů. z procentuálního zastoupení správných odpovědí pro každou otázku, byl vypočítán aritmetický průměr, který poslouží jako podklad pro hodnocení. Přehled je možno vidět v tabulce 2 níže.

Průměry správných odpovědí v procentech					
otázka	první ročníky	ostatní ročníky	kladný vztah k předmětu	záporný vztah k předmětu	všechny odpovědi
1.	34,6	59,1	51,4	27,3	45,8
2.	33,3	50	34,2	33,3	40,8
3.	59,3	18,2	48,6	16,7	52,2
4.	15,4	50	22,2	58,3	31,3
5.	55,6	63,6	56,8	66,7	59,2
6.	44,4	72,7	54,1	66,7	57,1
7.	30,8	38,1	29,7	50	34
8.	25,9	27,3	27	25	26,5
9.	30,8	23,8	30,6	18,2	27,7
10.	29,6	38,1	25	41,7	29,2
11.	29,6	52,4	36,1	50	39,6
12.	23,1	47,6	22,9	66,7	34
13.	37	19	33,3	16,7	29,2
14.	34,6	33,3	36,1	27,3	34
15.	46,2	52,4	50	45,5	48,9
16.	16	23,8	20	18,2	19,6
17.	26,9	28,6	25	36,4	27,7
18.	30,8	52,4	30,6	45,5	34
průměr	33,55	41,68888889	35,2	39,45555556	37,26666667

Tabulka 2

Nyní pokusíme odpovědět na výzkumné otázky, které jsme si na počátku výzkumné části položili, na základě dat získaných v dotazníku.

1) Jaká je míra znalostí genetiky na vybraných gymnáziích napříč ročníky?

Na základě tabulky 2 je patrné, že procentuální průměr správných odpovědí všech respondentů činí 37,2 %. Pokud jde o první ročníky, ty jsou oproti celkové skupině lehce podprůměrní. Průměr prvních ročníků činí 33,55 %. Naopak výsledky ostatních ročníků činí 41,7 % z čehož vyplývá, že výsledky jsou nadprůměrné oproti výsledkům všech respondentů. Zaměříme-li se na rozdíl mezi prvními ročníky a ostatními, můžeme vidět, že si ostatní ročníky vedli v průměru lépe než první ročníky. Je tedy patrný nárůst znalostí.

2) Jaký vliv má osobnost učitele na klima ve třídě?

Pokud se zaměříme na graf 4 a graf 5 z předchozí kapitoly, můžeme si povšimnout, že odpovědi „souhlasím“ a „spíše souhlasím“ jsou výrazně častější u grafu 4 než u grafu 5. V osmi případech převyšují hranici 10 respondentů. A zajímavá je také skutečnost, že dle grafu 5 odpovídali na otázku zda se chtějí biologii věnovat v budoucnu přesahuje hranici 10 respondentů odpověď „spíše nesouhlasím“, což se u grafu 4 neděje. Jen na základě grafu je jasné, že osobnost učitele hraje v klimatu třídy zásadní roli a ovlivňuje odpovědi respondentů.

3) Jaký vliv mají osobní sympatie žáka k biologii na znalosti genetiky?

Na základě tabulky 2 můžeme říci, že si lépe vedli respondenti s negativním vztahem k předmětu. Pokud se podíváme na průměr žáků s kladným vztahem k předmětu, zjistíme. Že činí 35,2 % a průměr žáku s negativním vztahem k předmětu činí 39,46 %. Oproti celkovému průměru všech respondentů si méně motivovaní žáci vedli lehce nadprůměrně.

4) Naplňují znalosti genetiky na vybraných gymnáziích výstupy rámcového vzdělávacího programu?

Na základě dat získaných v dotazníku můžeme říci, že celkový průměr všech respondentů činí pouze 37,3 %. To ukazuje, že v průměru žáci volili spíše nesprávné odpovědi. Dle RVP by žáci gymnázií měli být schopni na tyto otázky odpovědět správně. Aby výsledky šetření mohli být považovány za úspěšné, musel by se celkový průměr pohybovat minimálně kolem 50 %. Nicméně, pokud se podíváme na rozdíl průměrů mezi prvními a ostatními ročníky, můžeme vidět jasný nárůst. To znamená, že si žáci v průběhu vzdělávání osvojili nové znalosti.

4. Diskuse

Znalosti genetiky osvojené už na školách (gymnáziích) jsou důležité pro zvýšení povědomí genetických zákonitostí mezi lidmi. Pokud by se měla zvýšit popularita lidské genetiky z hlediska dědičnosti fenotypických znaků a s tím spojenou zájmovou rekreační genetikou, případně možnou prevencí dědičných onemocnění, je třeba si osvojit základní znalosti z oboru genetiky. Tyto základy jako jsou Mendelovy zákony, mezigenové a mezialelické interakce dávají ucelený pohled na genetiku člověka která se z velké části těmito zákonitostmi řídí. Různé lidské dědičné znaky jsou mezi lidmi poměrně málo známým fenoménem, ačkoliv dle genetických databází je funkce většiny genů známa. Pokud se podaří mezi lidmi více rozšířit genetické znalosti, je pravděpodobné, že se zvýší zájem i o genetiku člověka. Tato práce tedy zkoumá, jaké jsou znalosti základů genetiky na vybraných českých gymnáziích, kde je genetice věnována větší pozornost. Na základě výsledků se však ukazuje, že je před námi ještě mnoho práce a je co dohánět.

V této práci jsem došel k závěru, že znalosti genetiky na základě výzkumného dotazníku dosahují průměrného výsledku 37,3 %. Jelikož dle článku Malcové a Janštové v časopise *Biologie-Chemie-Zeměpis* patří genetika mezi tři nejoblíbenější biologické obory, dal by se očekávat lepší výsledek. I když se autorky nezabývali znalostmi, ale oblíbeností jednotlivých biologických oborů, na základě jejich práce lze zjistit, že mezi žactvem ze základních škol a gymnázií je genetika populární obor. Nicméně výsledky znalostí zjištěných touto prací tomu neodpovídají. (Malcová and Janštová, 2018)

Dle dalších článků je možno zjistit, jak vnímají výuku genetiky sami učitelé. Dle výzkumu Havelkové a Kachlíka se ukazuje, že na mnoha školách ani není genetika vyučována z nejrůznějších důvodů – buď na to nezbyvá čas a učitel se tak spoléhá na střední školy případně je problém na straně učitelů co se porozumění a znalostí genetiky týče. Na základě toho lze i odvodit poměrně špatné výsledky zejména v prvních ročnících. To jsou však učitelé, kteří na výzkum výše zmíněných autorů nereagovali. Co se týče těch, kteří reagovali, lze říci, že výsledky výzkumu dopadli celkem dobře. I tak ale je výuka genetiky zajištěna na 40 % školách. (Havelková and Kachlík, 2008)

Jako způsob získávání dat byl pro mou práci vybrán online dotazník Google forms. V rámci výzkumu bylo osloveno 12 pražských a středočeských gymnázií. Z tohoto potenciálního souboru se vrátilo pouze 49 odpovědí. Možné důvody se dají nalézt v problémech, kterým čelili výše jmenovaní autoři. Je tedy pravděpodobné, že velká část

studentů neměla, co k dotazníku napsat. Případným problémem mohou být samotné online dotazníky a z různých důvodů nebyli potencionálními respondenty vyplněny.

Dle výsledků výzkumného šetření, mělo klima ve třídě vliv na znalosti genetiky navzdory předpokladu, si vedli lépe žáci, kteří hodnotili hodiny biologie negativně. Podobně jako u Machové, se i v mé práci objevil tento trend lepších výsledků u méně motivovaných žáků. Machová se však zaměřovala na osobnost učitele, která dle výsledků mé práce má vliv na celkové klima ve třídě. Podobnosti naznačují podobné jevy. (Machová, 2022)

5. Závěr

V této práci jsem se zabýval Výukou genetiky na vybraných gymnáziích v návaznosti na teoretickou část zaměřenou na genetiku lidských fenotypických znaků. Důvodem je, že lidská genetika ani genetika obecně není mezi lidmi příliš známa, spoustu lidí nerozumí základním zákonům dědičnosti. Tato neinformovanost potom může vést k snazšímu šíření genetických onemocnění. Mezi různými chovateli jsou přitom dědičnost genetických znaků docela dobře známa, tyto různé geny, jsou docela dobře prozkoumány. Vztahy mezi obyčejnou rekreační genetikou, ke které nepochybně patří právě dědičnost lidských fenotypických znaků a důležitou genetikou, která může předcházet vzniku různých dědičných ať už kosmetických nebo fatálních vad a onemocnění, jsou velice provázané. A je potřeba tyto informace předávat lidem už ve školních lavicích, nakonec tyto znalosti mohou být důležité pro celý život.

Předmětem této práce bylo zjistit, jaké jsou vlastně znalosti genetiky žáků vybraných českých gymnázií. Proto se dotazník spíše věnoval základním a obecným genetickým zákonitostem, protože bez pochopení základů je velice obtížné zkoumat složitější a komplexnější lidskou genetiku.

Během dotazníkového šetření jsem se zaměřil jak na samotné znalosti, tak na klima a osobnost učitele během vyučovacích hodin biologie. Na základě posbíraných dat jsem se snažil zjistit, jak tyto věci spolu souvisejí. Tedy jaký vliv má osobnost učitele na klima ve třídě a jaký vliv má klima ve třídě u samotných žáků na znalosti genetiky.

Zároveň se podařilo zjistit věc, která nebyla předmětem výzkumného šetření. Protože byl ke sběru dat využit online dotazník, bylo zjištěno, že to není nejefektivnější metoda sběru dat, jelikož z celkového počtu potencionálních respondentů se jich vrátila jen malá část.

Touto prací jsem se snažil ukázat, jaké znalosti genetiky jsou potřeba pro pochopení složitých vztahů mezi geny, které se účastní dědičnosti fenotypických znaků u člověka (a případně i u dalších živočišných druhů jejichž příklady jsem ve své práci rovněž uvedl) v kontrastu se skutečnými znalostmi genetiky samotných žáků.

Seznam literatury a dalších zdrojů

1. Jelínek, J., Zicháček, V. and Dvorský, P. (2000) *Biologie pro gymnázia:(teoretická a praktická část)*. Nakladatelství Olomouc.
2. Kočárek, E. (2004) *Genetika: obecná genetika a cytogenetika, molekulární biologie, biotechnologie, genomika*. Scientia.
3. Imes, D. L. *et al.* (2006) ‘Albinism in the domestic cat (*Felis catus*) is associated with a tyrosinase (TYR) mutation.’, *Animal genetics*. Wiley-Blackwell, 37(2), pp. 175–8. doi: 10.1111/j.1365-2052.2005.01409.x.
4. Lyons, L. A. *et al.* (2005) ‘Chocolate coated cats: TYRP1 mutations for brown color in domestic cats.’, *Mammalian genome: official journal of the International Mammalian Genome Society*, 16(5), pp. 356–66. Available at:
5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16104383> (Accessed: 30 November 2018).
6. Schmutz, S. M., Berryere, T. G. and Goldfinch, A. D. (2002) ‘TYRP1 and MC1R genotypes and their effects on coat color in dogs’, *Mammalian Genome*, 13(7), pp. 380–387. doi: 10.1007/s00335-001-2147-2.
7. *OCA2 gene - Genetics Home Reference - NIH* (no date). Available at: <https://ghr.nlm.nih.gov/gene/OCA2#conditions> (Accessed: 30 November 2018).
8. Schmutz, S. M. *et al.* (2007) ‘Agouti Sequence Polymorphisms in Coyotes, Wolves and Dogs Suggest Hybridization’, *Journal of Heredity*, 98(4), pp. 351–355. doi: 10.1093/jhered/esm036.
9. Bauer, A. *et al.* (2018) ‘A novel MLPH variant in dogs with coat colour dilution.’, *Animal genetics*, 49(1), pp. 94–97. doi: 10.1111/age.12632.
10. David, V. A. *et al.* (2014) ‘Endogenous Retrovirus Insertion in the *KIT* Oncogene Determines *White* and *White spotting* in Domestic Cats’, *Genes & Genomes | Genetics*, 4(10), pp. 1881–1891. doi: 10.1534/g3.114.013425.
11. Práce, B. and Heidelberg, J. (2018) ‘Univerzita Karlova Pedagogická fakulta Katedra biologie a environmentálních studií The inheritance of phenotypic traits in human’.
12. Saenko, S. V. *et al.* (2015) ‘Amelanism in the corn snake is associated with the insertion of an LTR-retrotransposon in the *OCA2* gene’, *Scientific Reports 2015 5:1*. Nature Publishing Group, 5(1), pp. 1–9. doi: 10.1038/srep17118.

13. Kayser, M. (2015) 'Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes', *Forensic Science International: Genetics*. Elsevier Ireland Ltd, 18, pp. 33–48. doi: 10.1016/j.fsigen.2015.02.003.
14. *ASIP gene - Genetics Home Reference - NIH* (no date). Available at: <https://ghr.nlm.nih.gov/gene/ASIP#location> (Accessed: 28 November 2018).
15. *Gene: TYRP1 (ENSG00000107165) - Summary - Homo_sapiens - Ensembl genome browser 108* (no date). Available at: https://www.ensembl.org/Homo_sapiens/Gene/Summary?db=core;g=ENSG00000107165;r=9:12685439-12710285 (Accessed: 11 January 2023).
16. Oiso, N. *et al.* (2013) 'Piebaldism', *Journal of Dermatology*, 40(5), pp. 330–335. doi: 10.1111/J.1346-8138.2012.01583.X.
17. *Griscelliho syndróm / Genetické syndrómy* (no date). Available at: <https://www.genetickesyndromy.sk/syndromy/griscelliho-syndrom> (Accessed: 30 November 2018).
18. Mark Selikoeitz (2011) *Downův syndrom: Definice, příčiny, vývoj dítěte, výchova a vzdělávání, dospělost - Selikowitz, Mark - Knihy Google*. Available at: <https://books.google.cz/books?id=Mys4EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false> (Accessed: 24 January 2023).
19. 'Rámcový vzdělávací program pro gymnázia RVP G' (2007).
20. Miroslava Kovaříková a Eva Marádová (2020) *Didaktika výchovy ke zdraví a bezpečí v kontextu kurikulární reformy a učitelského vzdělávání*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
21. Čáp, & Mareš. (2001). *Psychologie pro učitele* (vydání první, Vol. 1). Portál s.r.o.
22. Pavlasová, L. (2014). *Přehled didaktiky biologie*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
23. Vacínová, M., & Langová, M. (2005). *Kapitoly z psychologie učení a výchovy*. Vysoká škola Jana Amose Komenského.
24. Geoff, Petty. (2013). *Moderní vyučování*. Vyd. 6. Praha: Portál.
25. KALHOUS, Zdeněk; OBST, O. A KOL. *Školní didaktika*, 2002, 1.
26. Malcová, K., & Janštová, V. (2018). Jak jsou hodnoceny jednotlivé obory biologie žáky 2. stupně ZŠ a nižšího gymnázia?. *Biology-Chemistry-Geography/Biologie-Chemie-Zeměpis*, 27(1).

27. Havelková, M., Kachlík, P., Strnadová, Š., & Weisová, A. (2008). Výchova ke zdraví a výuka genetiky na základních školách. *ŠKOLA A ZDRAVÍ 21, 3/2008 Praxe současné školy a výchova ke zdraví*, 47.
28. Machová, M. (2022). Úroveň porozumění základům genetiky a molekulární biologie u žáků gymnázií a druhého stupně základních škol. Dizertační práce. Univerzita Karlova Oddělení pro vědeckou činnost 18.02.2022
29. Jančaříková, K. (2017). Modely v didaktice biologie. *Biologie-Chemie-Zeměpis*, 26 (1).

Příloha – Výzkumný dotazník

Test genetika – porovnání znalostí

Uveďte, ve kterém ročníku se nacházíte.

- 1) První
- 2) Druhý
- 3) Třetí
- 4) Čtvrtý

První část

Rozhodněte, která z odpovědí nejlépe reprezentuje váš postoj k následujícím tvrzením.

	Souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Nesouhlasím
Můj vztah k biologii je kladný.				
Biologie je můj oblíbený předmět.				
Hodiny biologie jsou zajímavé.				
Při hodině Biologie se vždy dozvím něco nového.				
Náš učitel dobře předává své znalosti.				
Hodiny biologie jsou srozumitelné.				
Biologii bych se chtěl/a věnovat i v budoucím životě.				
Učitel při hodině využívá názorných ukázek.				

Laboratorní cvičení z biologie mě obohacují. Laboratorní cvičení je obohacující				
--	--	--	--	--

Druhá část

Pouze 1 správná odpověď

1) DNA je

- a) ribonukleová kyselina
- b) deoxyribonukleová kyselina
- c) součást biomembrán
- d) důležitý protein

2) Chromozom je

- a) útvar složený z chromatinu a ribozomů
- b) útvar složený z ribozomů a mikrotubulů
- c) útvar vytvořený z DNA a chromatinu
- d) útvar vytvořený z RNA a chromatinu

3) Které z následujících tvrzení je nepravdivé?

- a) V každé molekule DNA vždy párují báze následujícím způsobem: A-C, T-G.
- b) DNA využívá komplementarity bází ke své replikaci.
- c) DNA obsahuje geny.
- d) DNA se nachází v jádře eukaryotické buňky.

4) Fáze buněčného dělení jdou po sobě v následujícím pořadí.

- a) anafáze, telofáze, profáze, prometafáze, metafáze
- b) metafáze, prometafáze, profáze, anafáze, telofáze
- c) telofáze, profáze, metafáze, prometafáze, anafáze
- d) profáze, prometafáze, metafáze, anafáze, telofáze

5) Dělení buněk, při němž zůstává zachován počet chromozomů se nazývá

- a) meióza.
- b) mitóza.
- c) apoptóza.
- d) nekróza.

- 6) Při crossing-overu dochází
- a) k překřížení a výměně části nehomologických chromozomů.
 - b) k překřížení a výměně části homologických chromozomů.
 - c) ke spojení dvou nehomologických chromozomů.
 - d) ke spojení dvou homologických chromozomů.
- 7) Ke crossing-overu dochází
- a) při profázi.
 - b) při metafázi.
 - c) při anafázi.
 - d) při telofázi.
- 8) Které z následujících tvrzení je nepravdivé?
- a) Gen je varianta DNA, která kóduje konkrétní protein.
 - b) Gen je základní jednotka dědičnosti.
 - c) Gen má strukturní a regulační funkce.
 - d) Geny nemusí být uloženy jen v buněčném jádře.
- 9) Které z následujících tvrzení je nepravdivé?
- a) Alela je variantou genu.
 - b) Na každém lokusu mohou být pouze dvě alely.
 - c) V genotypu organismu mohu být pro daný gen maximálně dvě různé alely.
 - d) Alely zajišťují v genofondu variabilitu.
- 10) kdo je to homozygot?
- a) Jedinec, který nemá ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
 - b) Jedinec, který má ve svém genotypu dvě různé alely pro daný gen.
 - c) Jedinec, který má ve svém genotypu dvě stejné alely pro daný gen.
 - d) Jedinec, který nemá žádnou alelu ve svém genotypu pro daný gen.
- 11) Dle prvního Mendelova zákona platí.
- a) Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.
 - b) Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít různé genotypy v poměru 1:2:1.
 - c) Křížíme-li dva homozygoty, potomstvo nebude mít stejný genotyp.
 - d) Křížíme-li dva heterozygoty, potomstvo bude mít stejný genotyp.

12) Dominantní alela.

- a) je rovnocenná recesivní alele.
- b) je vždy potlačena projevem recesivní alely.
- c) je ovlivňována projevem recesivní alely, a dochází tak k jejímu částečnému projevu.
- d) vždy potlačuje projev recesivní alely.

13) Jev, při němž alela na jednom genu potlačí projev druhého genu, se nazývá

- a) kodominance.
- b) epistáze.
- c) komplementarita.
- d) neúplná dominance.

14) Sledujeme-li vzájemný projev alel dvou genů zároveň, využíváme kombinačního čtverce se čtyřmi sloupci a čtyřmi řádky. Jaký fenotypový poměr bude výsledkem zpětného křížení dvou dvojnásobných heterozygotů? (počítejte s tím, že na každém genu je právě jedna alela dominantní a jedna recesivní)

- a) 15:1
- b) 1:2:1:2:4:2:1:2:1
- c) 9:3:3:1
- d) 12:4

15) Nemoc hemofilie podmíněna recesivní alelou, která je vázaná na pohlavní chromozom X. předpokládejme, že otec matky trpěl hemofilií, nicméně, matka je zdravá. Bude mít matka zdravé děti, pokud bude otec dětí zdravý?

- a) Ano, všechny potenciaální děti budou zdravé.
- b) ne, postižení budou někteří mužští potomci.
- c) ne, postiženy budou pouze dcery.
- d) ne, polovina dětí bez ohledu na pohlaví bude postižena.

16) Albinismus, je porucha tvorby pigmentu, která je podmíněna recesivní alelou umístěnou na jednom z autozomů. Jaké potomky bude mít otec trpící albinismem za předpokladu, že matka nemá albinistickou alelu?

- a) Všichni potomci budou trpět albinismem.
- b) Jen polovina potomků bude trpět albinismem.
- c) Jen čtvrtina potomků bude trpět albinismem.
- d) všichni potomci budou heterozygoti, a tak budou zdraví.

17) Papoušek vlnkovaný neboli andulka, je barevně velice variabilní pták. Jeho zbarvení je podmíněno dvěma geny. První svou dominantní alelou podmiňuje tvorbu modrého pigmentu. A druhý gen svou dominantní alelou podmiňuje tvorbu žlutého pigmentu. Andulka tak může nabývat čtyř barev: zelené v případě, že na obou genech je alespoň jedna dominantní alela (A-;B-), žluté, když je recesivní homozygot na „modrém“ genu (A-;bb), modré, když je recesivní homozygot na „žlutém“ genu (aa;B-) a nakonec bílé, v případě, že je recesivní homozygot na obou genech (aa;bb). Vyberte správnou možnost, při které se může vylíhnout bílá andulka.

- a) žlutá andulka (Aa;bb) x modrá andulka (aa;Bb)
- b) zelená andulka (AA;Bb) x bílá andulka (aa;bb)
- c) žlutá andulka (AA;bb) x bílá andulka (aa;bb)
- d) modrá andulka (aa;Bb) x zelená andulka (AA;Bb)

18) Při meióze

- a) zůstává zachován počet chromozomů.
- b) počet chromozomů se sníží vždy o jeden.
- c) počet chromozomů se zvýší vždy o jeden.
- d) dochází k redukci chromozomů na polovinu původního stavu.