

Lydfrekvensers påvirkning på bakteriers vækst

Af Nanna Elizabeth Rosa Kalmar, 1.x Egaa Gymnasium

1. Introduktion

Dette projekt undersøger lydfrekvensers, herunder hvid støjs påvirkning på bakteriers vækst. Idéen er fra en dokumentar om planter, og hvordan planter kommunikerer. I den dokumentar fandt de ud af, at planter vækst kunne afhænge af musik. Det kunne derfor tænkes, at det også gjaldt for bakterier – at bakteriers vækst kunne blive påvirket af lydfrekvenser. Det er meget interessant, at noget så abstrakt som lydbølger, kan påvirke noget så konkret som bakterier.

Problemformuleringen der er undersøgt i dette projekt, er:
Kan enkelte lydfrekvenser og/eller hvid støj påvirke bakteriers vækst, og i så fald, hvordan?

3. Metode

En lydisolerende kasse blev bygget til forsøgene af en flyttekasse, og lydisolerende skum.

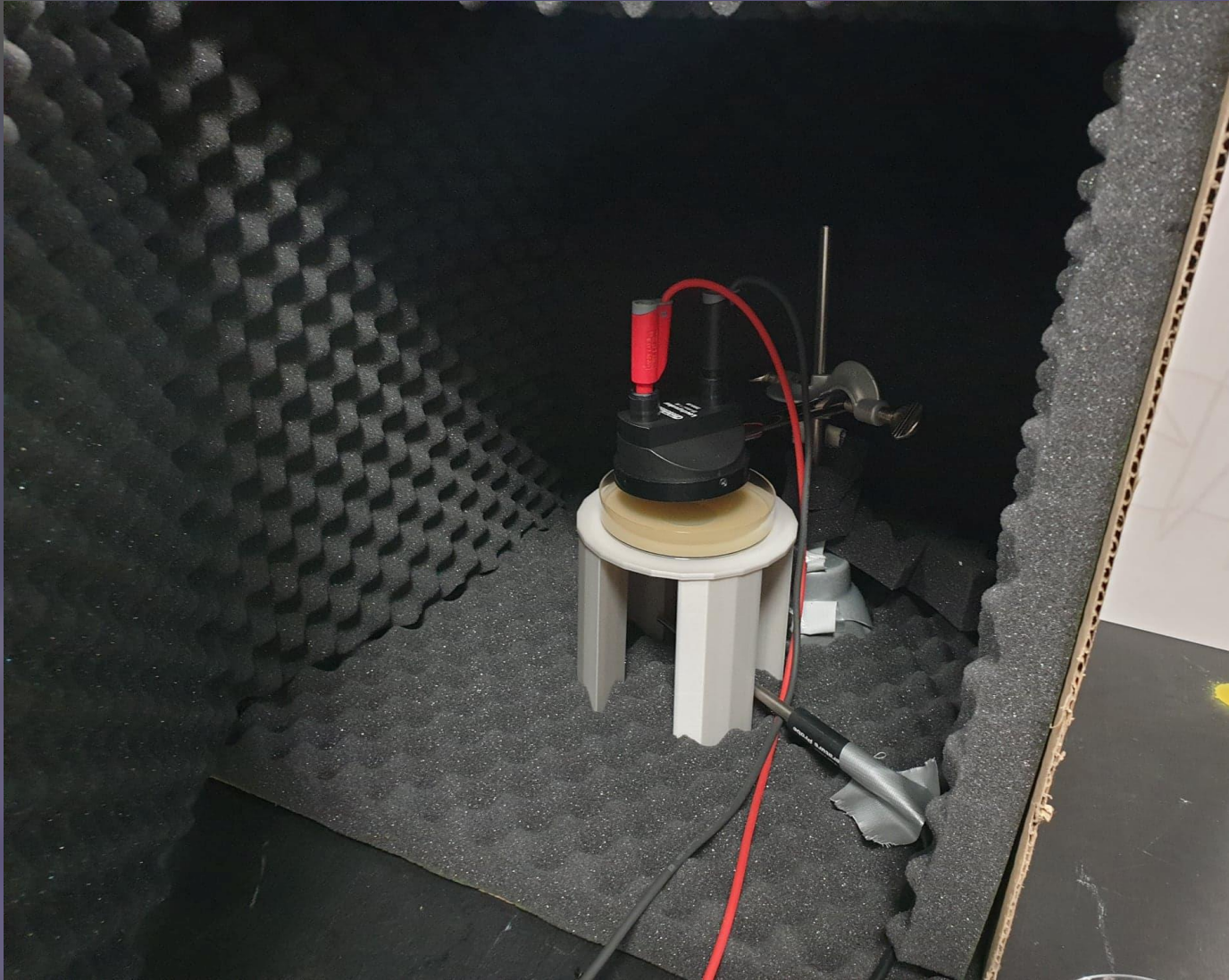


Fig. 1: Forsøgsopstillingen – højttaleren udsætter petriskålen for lydfrekvenser

Bakterien E. Coli blev brugt i forsøgene. Fortyndingsrækker er anvendt for at kvantificere forsøgene. Fortyndingsrækker foregår på den måde, at man har en bakteriekultur (i mit tilfælde, E. Coli), som man seriefortynder – først bliver bakteriekulturen fortyndet 1:10, så bliver den fortyndet 1:10², den tredje fortyndet 1:10³, osv.

20 µl af det fortyndede bakteriekultur blev pladet ud på to petriskåle (fortyndinger mellem 1:10⁴ og 1:10⁸ blev brugt). De to petriskåle blev sat ind i henholdsvis den lydisolerede kasse (og blev udsat for lydfrekvenser) og en ikke lydisoleret kasse (og blev ikke udsat for lydfrekvenser). Forsøgene varede i 48 timer.

Der er også udført forsøg, der undersøgte om antibiotikamodtageligheden i E. Coli ændrede sig, hvis den blev udsat for 17.800 Hz. Fremgangsmåden var den samme, med en fortynding 1:10². Derudover blev antibiotikatabletter også brugt.

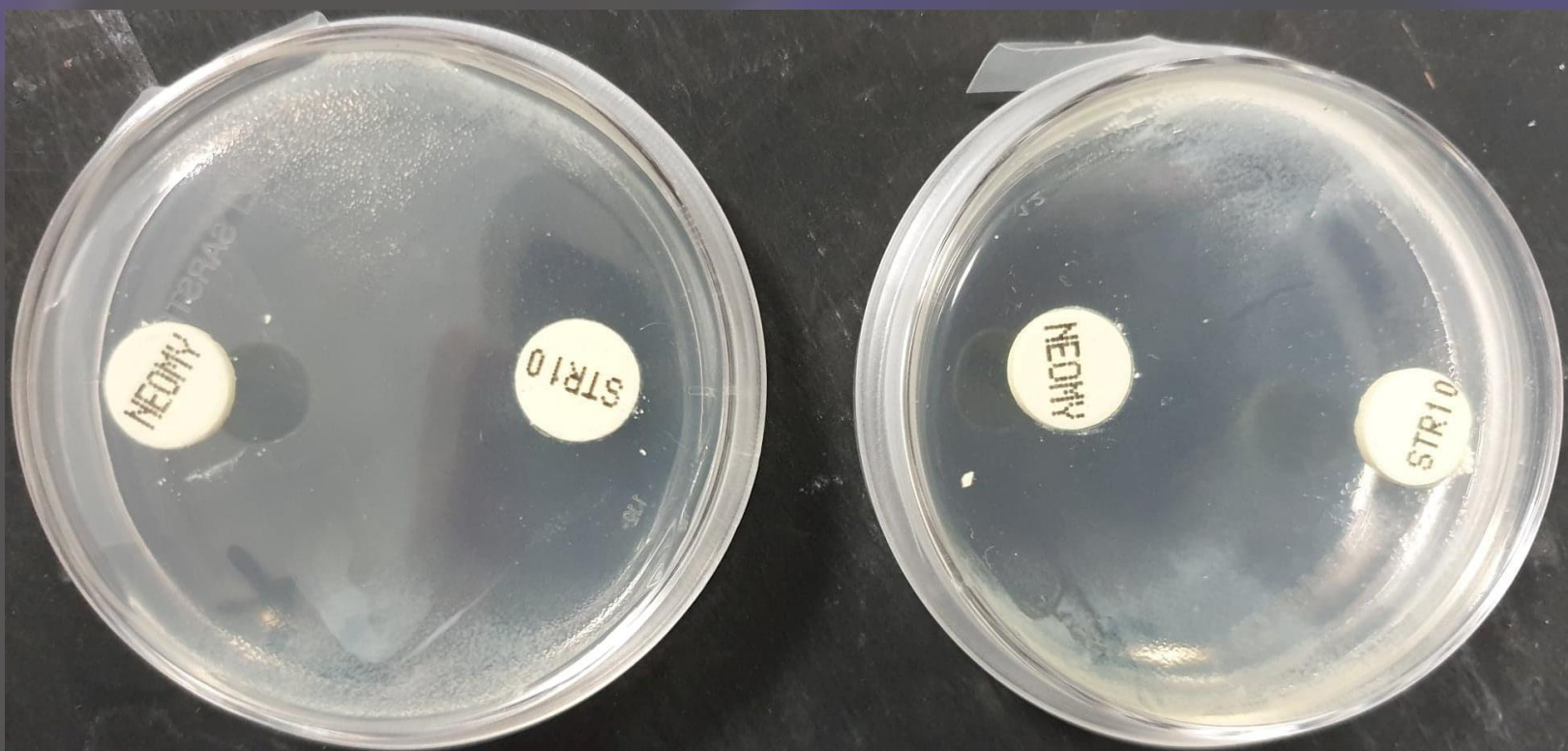


Fig. 2: Forsøg 15 – antibiotika (E. Coli blev udsat for 17.800 Hz – bemærk antibiotikatabletterne)

7. Hvorfor påvirker lydfrekvenser bakterier?

Hvorfor påvirker lydfrekvenser bakteriers vækst? Ud fra videnskabelige artikler og baggrundsviden omkring dette forskningsområde, har jeg fundet nogle hypoteser for, hvorfor der sker denne vækstpåvirkning. Læs om hypoteserne i tabellen nedenunder.

Hypotese om	Vigtigste resultater
Kavitation (3, 6-7, 11-13)	Kavitation er, når små bobler skabes under stort tryk, og derefter eksploderer. Bestemte lydfrekvenser kan måske fremprovokere kavitation og derved ødelægge og dræbe bakterien
Ca ²⁺ (8, 14, 17, 20)	Ultralyd kan øge mængden af Ca ²⁺ intracellulært i E. Coli. Ca ²⁺ kan føre til celledød i bakterier
Flagella (5, 17)	Støj kan gøre flagella mere kaotisk – flagella er en form for ”ben” bakterier bruger til bl.a. at bevæge sig frem med. Kaotisk flagella kan både føre til en kaotisk spredning af bakterier, eller gøre så bakterien har sværere ved at formere sig i et større område.
Egenfrekvens (21)	Hvis man rammer E. Colis egenfrekvens, som er den frekvens der sætter E. Coli mest i svingninger, vil den deformere så meget, at den vil blive ødelagt og dø.
”Signallyde” (10)	B. Subtilis udsender forskellige lydfrekvenser, der kan fungere som et slags ”grosignal” for andre bakterier. Hvis man rammer en af disse frekvenser, kan man måske få bakterier til at gro mere
”Dødsfrekvens(er)”	En bakterie kan have en eller flere ”dødsfrekvenser”, som måske indeholder frekvenser der er særligt bakteriehæmmende.
Forøgelse af næringsstoffer (11)	Nogle ultralydsfrekvenser kan øge transporten af oxygen og næringsstoffer til cellerne, så derfor kan det måske virke vækststimulerende

8. Tak til:

Pia Møller Jensen, for at være min vejleder og hjulpet med forsøg
Jesper Melchjorsen og Trine Elkjær Larsen Crovato, for at have hjulpet mig med alt der har med bakterier at gøre.
Forskerne Uffe B. Skov Sørensen og Malene Bek-Thomsen, for at svare på mine spørgsmål, og give sparring til mit projekt.

Referencer

Videnskabelig litteraur

(1) Banerjee, et al. (2018), (2) Carmen, et al. (2005), (3) Dehghani (2005), (4) Erriu, et al. (2013), (5) He, et al. (2016), (6) Joyce, et al. (2003), (7) Kordowska-Wiater & Stasiak (2011), (8) Li, et al. (2018), (9) Martirosyan, et al. (2012), (10) Matsuhashi, et al. (1998), (11) Pitt & Ross (2003), (12) Rediske, et al. (1999), (13) Rediske, et al. (1999), (14) Sarvaiya & Kothari (2015), (15) Schultz, et al. (2011), (16) Shaobin, et al. (2010), (17) Shemarova & Nesterov (2014), (18) Su, et al. (2010), (19) Ying, et al. (2009), (20) Zhivotovsky, et al. (2011), (21) Zinin & Allen (2009)

Websteder og litteratur

Vestergaard, E. (2019) *Fysik og matematik*. Jørgensen, F. (2017) *Biologi i udvikling B-niveau - Mikrobiologi* (1. udg.) Nucleus Forlag ApS

2. Videnskabelige artikler

Før forsøgene blev udført, fandt jeg 19 videnskabelige artikler, der havde forsket i dette forskningsområde. Selvom 19 videnskabelige artikler lyder som meget, er det ikke ret meget for et forskningsområde – derfor er dette forskningsområde meget nyt. De videnskabelige artikler, havde konkluderet, at nogle frekvenser så ud til at være vækststimulerende for bakterierne, mens andre frekvenser så ud til at være væksthæmmende for de bakterier de havde testet.

4. Resultater

Lydfrekvensers vækstpåvirkning af E. Coli undersøges i et frekvensområde fra 17.400 Hz til 18.400 Hz med 100 Hz-intervaller. Nedenunder vises resultatet af ”kortlægningen”. x-aksen viser antal Hz, og y-aksen viser hvor meget procent forsøgsbakterierne er flere end kontrolbakterierne (hvis procenten er positiv er der flere bakterier på forsøgspetriskålen og omvendt)

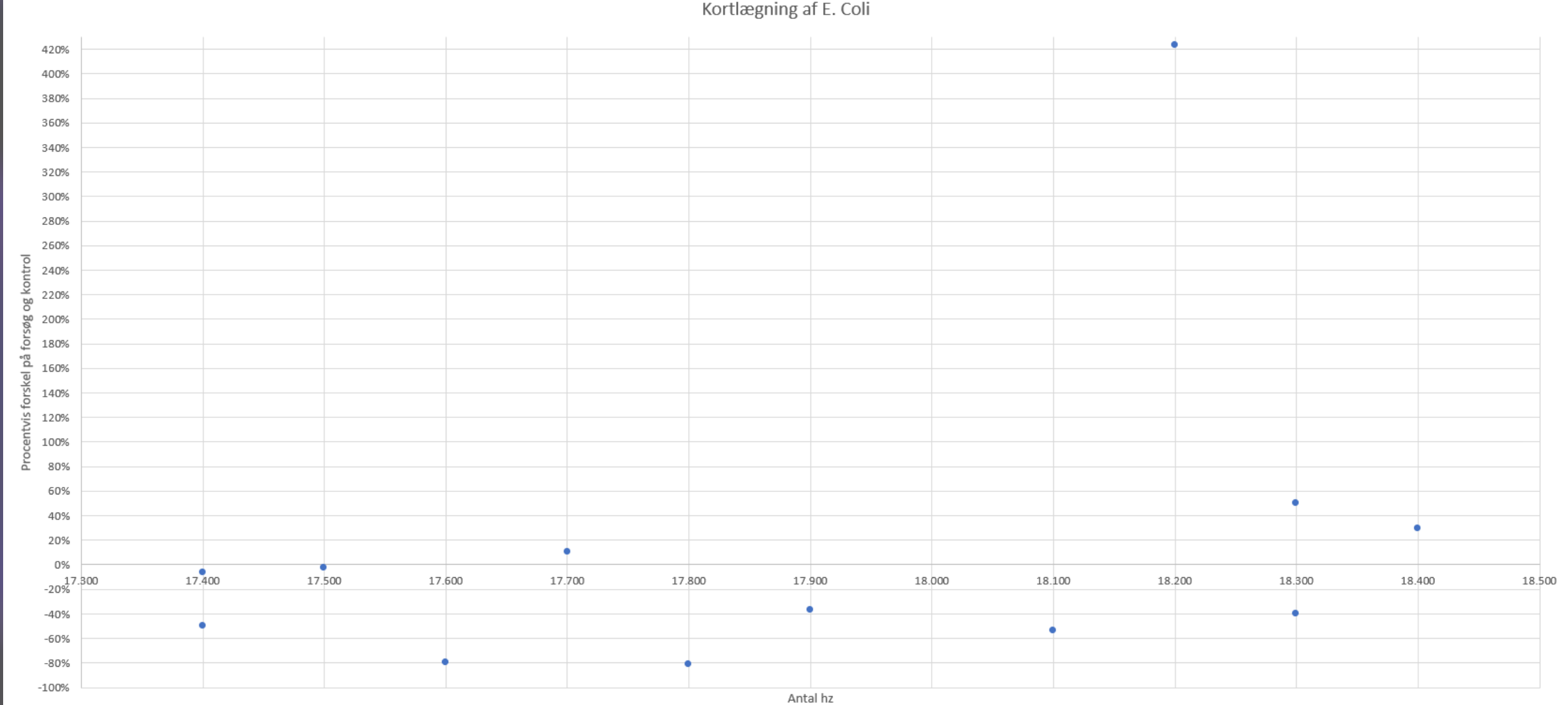


Fig. 3: De forskellige lydfrekvensers vækstpåvirkning på E. Coli i et frekvensområde mellem 17.400 Hz og 18.400 Hz

5. Diskussion og perspektivering

Lydfrekvensers påvirkning på bakterier, er et meget nyt forskningsområde. Undersøgelserne i dette projekt, er helt unikke – et helt frekvensområde med 100 Hz intervaller og hvid støjs påvirkning på E. Coli er undersøgt i dette projekt. Der er også taget kontakt til forsker Uffe B. Skov Sørensen og Malene Bek-Thomsen, for ekstra sparring.

Resultaterne i projektet kan måske blive påvirket, hvis E. Coli blev udsat for lydfrekvenser under vand – da lyd har forskellige hastigheder, afhængigt af hvilket medie lyd bevæger sig igennem. Der kan derfor være forskel på, hvor mange enkelte bakterier ”toppen” af lydbølgen rammer.

Forskningsområdet er meget interessant og vigtigt, da det f.eks. kan afhjælpe antibiotikaresistens, som er et stort problem i samfundet. Denne viden kan også hjælpe med at bekæmpe biofilmsbakterier, der kan inficere indopererede implantater, og kræver op til 5.000 gange mere antibiotika for at nedkæmpe.

To videnskabelige artikler har fundet ud af, at lydfrekvenser måske også kan påvirke bestemte viras vækst. Det er spændende, da det derfor kan tænke, at lydpåvirkning måske er universel.

Fejlkilder i forsøgene kunne være at der ikke var låg på petriskålene i forsøgene, at det er svært at tælle bakteriekolonierne nøjagtigt, fejl i podningen og kontamination.

Lynrunde – vigtig viden omkring lyd

- Lyd er svingninger i luften som man kalder lydbølger
- Frekvensen på en lydbølge måles i hertz (Hz) – udtryk for hvor mange svingninger der er pr. sekund – en lydbølge på 15.000 Hz svinger 15.000 gange pr. sekund.
- Lyd under 20 Hz kaldes infralyd
- Lyd over 20.000 Hz kaldes ultralyd
- **Hvid støj er en masse tilfældige frekvenser over et helt spektrum, der spiller med ens intensiteter.**

6. Konklusion

Ud fra forsøgene og review af videnskabelige artikler, kan jeg konkludere, at bestemte enkeltlydsfrekvenser kan påvirke bestemte bakteriers vækst – enten med en stimulerende eller hæmmende effekt.

Disse frekvenser havde en signifikant vækstpåvirkning på E. Coli:

- 17.600 Hz (-80%)
- 17.800 Hz (-82%)
- 18.000 Hz (kvalitativ afgørelse)
- 18.100 Hz (-54%)
- 18.200 Hz (+423%)

I forhold til den videnskabelige litteratur og egne forsøg, er der noget der tyder på, at en bakterie har en eller flere ”dødsfrekvenser” – en frekvens der hæmmer en bakteries vækst mest muligt.

Ud fra review af videnskabelige artikler, kan jeg konkludere, at der er noget der tyder på, at bestemte enkeltlydsfrekvenser også kan ændre antibiotikamodtageligheden i bestemte bakterier.

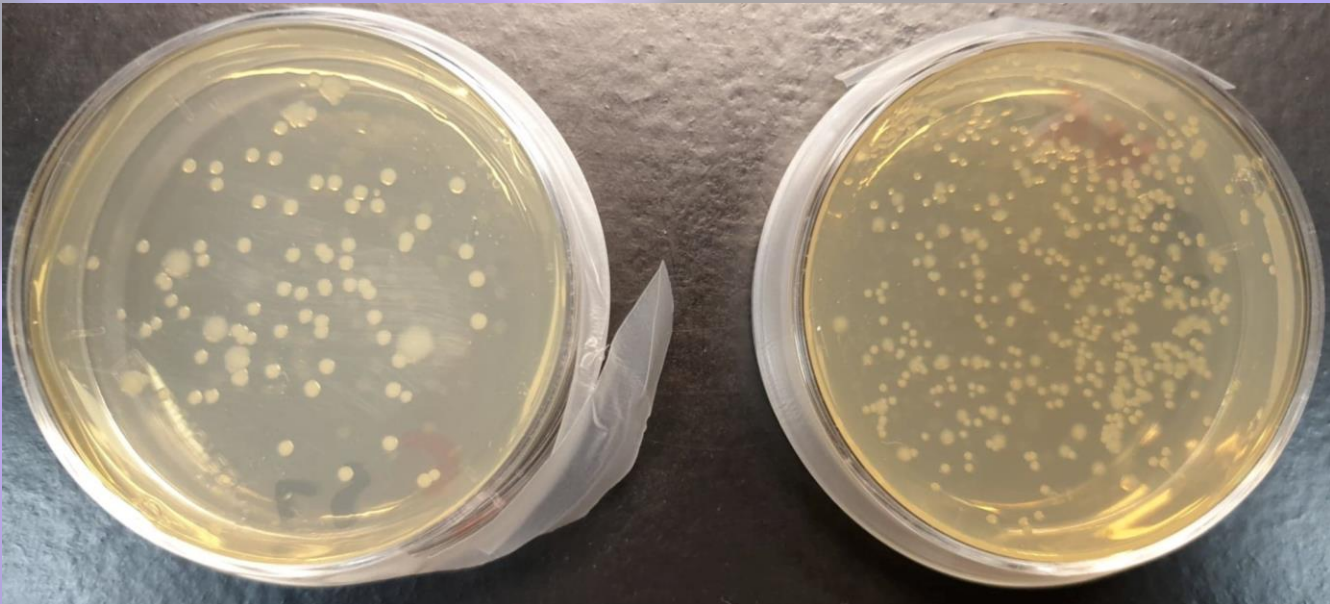


Fig. 4: E. Coli udsat for 17.800 Hz, reduceret med 82%, kontrol th.

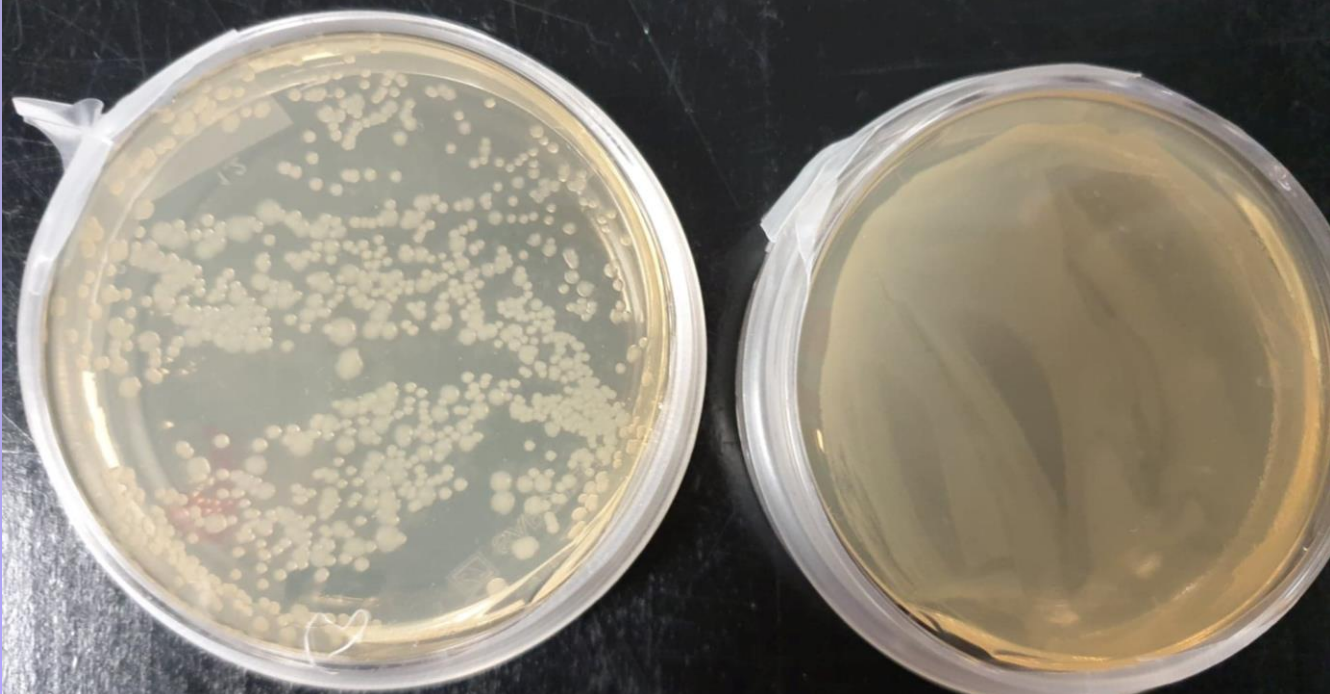


Fig. 5: E. Coli udsat for 18.000 Hz, kontrol th.