

LYNGBY-TAARBÆK KOMMUNE

STIER I LYNGBY ÅMOSE

ADRESSE COWI A/S

Parallelvej 2

2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk



PROJEKTNR.

129743

DOKUMENTNR.

1

VERSION

0.1

UDGIVELSESDATO

01.02.2020

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

AATL, KIPR, KTBR, UVA
PFHE

KONTROLLERET

GODKENDT

AATL

INDHOLD

1	Indledning	3
2	Eksisterende sti-forhold	5
2.1	Eksisterende drift af stier	8
3	Natur	12
4	Hydrologi	14
4.1	Den digitale højdemodel	15
5	Geoteknik	15
5.1	Funderingsløsninger	17
6	Screening af stityper og jordbehandling	18
6.1	Boardwalks	18
6.2	Grusstier med stålkant	19
6.3	Grusstier med geonet	19
6.4	Forbelastning grusstier	19
6.5	Jordudskiftning	20
6.6	Trampestier	20
6.7	Stier med kalktilførsel	20
7	Besøgende	21
7.1	Georefererede bevægelsesmønstre	21
7.2	Brugeroptælling	22
8	Rekreative hotspots	25
9	Stiløsninger	26
9.1	Grusstier	27
9.2	Bred Boardwalk	28
9.3	Boardwalk	33
9.4	Simpel naturnær plankesti	37
9.5	Trampestier	39
9.6	Opsummering af anlægstekniske udfordringer	40
10	Skitseforslag	42
10.1	Den optimale løsning	42
10.2	Mellemløsningen	43
10.3	Budgetløsningen	43
10.4	Opfyldelse af succeskriterier	44

11	Begrundet plan for den fremadrettede brug af stierne	44
12	Anlægsoverslag og driftsoverslag	46
12.1	Stisystemet i dag	46
12.2	Den optimale løsning	47
12.3	Mellemløsningen	50
12.4	Budgetløsningen	52
13	Tidsplan for entreprenørarbejdet	54
14	Konklusion	55
15	Referencer	56
16	Bilag	57

1 Indledning

I Lyngby-Taarbæk Kommune nord for Lyngby Sø ligger Lyngby Åmose, som er et naturområde af meget høj naturkvalitet og samtidig et meget attraktivt rekreativt område. Lyngby Åmose (Figur 1-1) ligger bynært mellem Virum og Sorgenfri mod nord, Frederiksdal skovdistrikt mod vest, Lyngby Sø samt Mølleåen mod syd og jernbanen samt Lyngbyomfartsvej mod øst. Der er stiforbindelse videre rundt om Lyngby Sø. Stien langs Lyngby Sø giver flere steder de besøgende adgang under eller over jernbanen og Lyngby omfartsvej, hvilket gør, at Lyngby Åmose er nem at nå fra Kgs. Lyngby centrum. Lyngby Åmose har derfor rigtig mange brugere, der går, løber eller cykler m.m. på det anlagte stisystem.



Figur 1-1 Oversigtskort

Det eksisterende stisystem har altid været svært at vedligeholde, da det ligger på mosejord. Der er mange steder i Lyngby Åmose, hvor færdsel kræver gummistøvler i vinterhalvåret. Driftsafdelingen i Lyngby-Taarbæk Kommune bruger mange timer og ressourcer på at drifte stisystemet, og situationen er ikke holdbar.

Lyngby Åmose er et naturområde af meget høj kvalitet, som kræver særlig beskyttelse og opmærksomhed. Vandstanden må forventes øget med 8 cm i Lyngby Sø og dermed også i Lyngby Åmose. Vandstanden hæves, for at tilgode den værdifulde natur i Lyngby Åmose og med henblik på at opfylde vandløbsregulativets¹ ønskekote til flodemål. Endvidere vil rosporten og bådfarten begge gavn af, at vandstanden genhæves. Det lave vandspejl, der har været i søen i de senere år, medfører udtørring af ellesumpe og skovbevoksede tørve-moser samt øget tilgroning af åbne moseflader med birk. Når vandstanden hæves i Åmosen, vil stierne blive vådere, og stisystemet vil ikke kunne vedligeholdes pga. periodiske oversvømmelser.

Lyngby-Taarbæk Kommune ønsker at løse udfordringerne med det gamle stisystem. Denne rapport er en forundersøgelse der skitserer 3 forskellige løsninger på nye stisystemer:

- > Den optimale løsning
- > Mellemløsningen
- > Budgetløsning

COWI har identificeret 5 succeskriterier som der arbejdes med i stiløsningerne:

Løsningerne skal tage højde for, at det planlægges at hæve Lyngby Sø's vandspejl med 8 cm.

Løsningerne skal gøre færdsel mulig i Lyngby Åmose også i perioder med meget regn.

Løsningerne skal sikre borgerne en større rekreativ oplevelse i Lyngby Åmose end i dag.

Løsningerne skal tage hensyn til den sårbare og værdifulde natur.

Løsningerne skal mindske det fremtidige vedligeholdelsesbudget.

Løsningsforslagene tager udgangspunkt i stiernes nuværende tracé. Dog er det aftalt med kommunen, at løsningerne kan være bredere, end stierne er i dag. I løsningerne er der også tænkt over, hvordan de kan bidrage til at højne

¹ Københavns Amt – Miljøserie nr. 66. Regulativ for Mølleåen af 19. juni 1996 jf. Lovbekendtgørelse nr. 919 af 27. juni 2016 om regulativer for offentlige vandløb

oplevelse ved at færdes i Lyngby Åmose, herunder hvordan konflikter mellem cykler, løbere og gående kan imødekommes.

2 Eksisterende sti-forhold

Det nuværende stisystem er på ca. 6,3 km og består af et veludbygget net af grusstier af forskellig bredde. Stierne i den sydlige og østlige del af mosen er etableret ved opfyld med grus, slagge og andre materialer, og stierne er på lange strækninger funderet på nedrammede træpæle og træfaskiner. Grusstier er tunge og sætter sig i mosens våde tørv. Dette betyder, at der gennem mange år er udlagt ny grus ovenpå det eksisterende, som så synker igen. Kommunen har gennem tiden forsøgt at udlægge forskellige typer materialer, uden at det har afhjulpet problemet.

Når man går en tur i Lyngby Åmose i vinterhalvåret, skal man huske gummi-støvler, da mange af stierne ved Lyngby Sø og tværstierne mellem Prinsessestien og Lyngby Sø står under vand, se Figur 2-3. Problemet er ganske stort, særligt da det ikke er muligt at lave en attraktiv rundtur i mosen, der kan klares i almindeligt fodtøj. Visse strækninger af stierne nord for Lyngby Sø har i perioder været afspærret pga. oversvømmelser. P.t. er stien ved projektområdets østlige indgang lukket (strækningen P7 og P8 på bilag 8). Dette ses på Figur 2-1



Figur 2-1 Afspærring af en af stierne grundet delvis oversvømmelse d.13/12-2019, Foto Anna Tauby-Theill, COWI

Man møder mange frustrerede borgere, og problemet er så udtalt, at mange går uden for de anlagte stier. Dette slider på vegetationen udenfor stierne, og sætter den sårbare natur under unødigt pres. Samtidig kan det være decideret farligt at gå udenfor stierne, hvor mosens nogle steder er "bundløs", og mange steder er vandet meget dybt, eksempelvis på Figur 2-2.



Figur 2-2 Th for hovedstien (P8) og tv for den mindre sti (T9) findes et af de meget dybe og farlige huller. Foto Anna Tauby-Theill, COWI.

I perioder med meget regn er der strækninger, hvor stierne står under vand i flere måneder.



Figur 2-3 Eksempel på en stistrækning af Prinsessestien (P8) der ofte står under vand. Foto Anna Tauby-Theill, COWI.

COWI har i forbindelse med denne rapport gennemført feltarbejde i Lyngby Åmose. Feltarbejdet er udført i oktober, november og december 2019 på en meget våd årstid med rekordhøj nedbør.

Efteråret 2019 var ifølge Danmarks Meteorologiske Institut det vådeste efterår, siden de landsdækkende nedbørsmålinger i Danmark startede i 1874. Der faldt i gennemsnit 349 mm regn over landet, hvilket er 121 mm, eller 53%, over normalen for 1961-1990 eller 50% over det seneste tiårs gennemsnit fra 2006-2015 (Danmarks Meteorologiske Institut, 2019).

Feltarbejdet omfattede:

- > Kortlægning af våde stistrækninger (verificering af kortlægning ved højdemodel)
- > Opmåling af stibreder
- > Fotodokumentation
- > Kortlægning af rekreative hotspots

På bilag 1, 2 og 3 ses de fremtidige våde stistrækninger ud fra højdemodellen.

På bilag 4 ses de opmålte stibreder. Der er efter aftale med kommunen målt til stirabatten – typisk til indersiden af træsvellerne eller der, hvor der er en lille græskant, eller der hvor stien har en kurve nedad.

På bilag 8 har alle stistrækninger fået et ID. Strækningerne på Prinsessestien hedder P1-P8. Strækningerne langs Lyngby Sø og Mølleåen hedder S1-S11 (S for søsti). Strækningerne der går på tværs af mosen hedder T1-T11 (T for tværsti). Strækningerne A og B falder uden for disse tre kategorier.

Til analysen er der brugt GIS-laget GeoDanmarks vejmidte. GIS-laget er udarbejdet og vedligeholdt af Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering og KL.

2.1 Eksisterende drift af stier

Lyngby-Taarbæk Kommunens driftsafdeling står for al vedligeholdelse af stisystemet og har brug for fornuftige adgangsforhold i Åmosen. Ved opstartsmødet på stiprojektet fortalte Driftsafdelingen om de store udfordringer, de har med vedligeholdelsen. Driftsafdelingen har fast arbejde med at opfylde huller i grusstierne, da det tunge grus synker ned i mosens tørv. Denne proces er vedvarende, og ingen ved, hvor mange meters grus der efterhånden ligger under hver grussti.

Langs med nogle af stierne udføres forstærkninger i form af stammer (egesveler) som forankres ved brug af pæle og stålwire, se Figur 2-4.



Figur 2-4 Forstærkning af grussti med egestammer og thujapæle. Der bindes wire omkring stamme og pæl, Foto Anna Tauby-Theill, COWI.

Figur 2-5, Figur 2-6, Figur 2-7, Figur 2-8 og Figur 2-9 viser et lille udpluk problematiske stistrækninger i Lyngby Åmose i efteråret 2019.



Figur 2-5 Strækning langs Mølleåen (S2). På billedet ses hvordan besøgende har måttet lave deres egen sti grundet oversvømmelser. Foto Anna Tauby-Theill, COWI.



Figur 2-6 Strækning langs Mølleåen (S1). En grussti som er oversvømmet, Foto Anna Tauby-Theill, COWI.



Figur 2-7 Tværstien (T5). Besøgende går udenom stien, grundet oversvømmelse, og slider naturen. Foto Anna Tauby-Theill, COWI.



Figur 2-8 Oversvømmet sti (T9), Foto Anna Tauby-Theill, COWI.



Figur 2-9 Her er et længere stykke sti (P8) oversvømmet flere steder, Foto Anna Tauby-Theill.

Driftsafdelingen bruger også stierne i forbindelse med pleje af naturen, glatførebekæmpelse (på broerne) og tømning af skraldespandene i området. Der findes over 20 skraldespande spredt i Lyngby Åmose, hvilket er et meget højt serviceniveau. Driften fortæller at skraldespandene tømmes ca. en gang om ugen. Der køres i Lyngby Åmose med nogle mindre køretøjer (Farmere). De har en længde på 3,25 m og en bredde på 1 m. Maskinen vejer i sig selv 500 kg, og den kan laste 1000 kg, hvilket giver stierne der bruges til drift en maksimal belastning på 1500 kg (Lyngby-Taarbæk Kommune, Center for Arealer og Ejendomme, 2019).

3 Natur

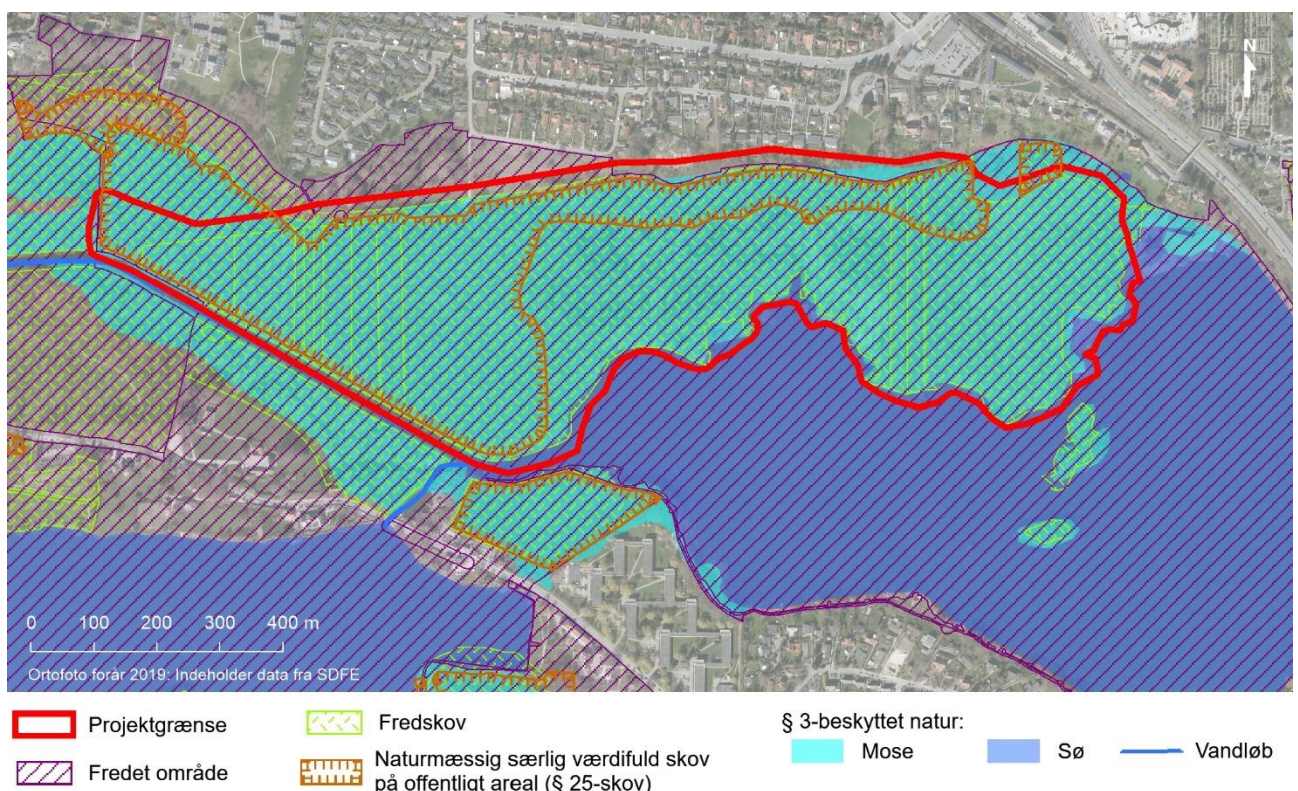
Lyngby Åmose er på ca. 50 ha og ligger ved den nordlige bred af Lyngby Sø. Mosen er dannet ved, at vegetationen efter istiden voksede ud over den nordlige lavvandede del af Lyngby Sø. Her opstod først næringsrige kær, der senere udviklede sig til højmoselignende fattigkær domineret af tørvemosser (Fredningsnævnet, 2010).

I forbindelse med anlæg af stier gennem mosen i 1930'erne blev den mere tør. Rødel, pil, birk, tørst og kvalkved bredte sig ud over mosefladen, der nu på store dele er dækket af træer. De mest værdifulde fattigkær er stadig bevaret og plejes af Danmarks Naturfredningsforening og Lyngby-Taarbæk Kommune for at hindre tilgroning med buske og træer, særligt opvækst af birk. Lyngby Åmose er et af de mest værdifulde og varierede naturområder i Hovedstadsområdet med

både fattigkær og ellesumpe. Der er fundet næsten 300 forskellige karplanter og ca. 450 forskellige svampe. Der findes desuden en stor bestand af bl.a. padder, snoge og sankthansorme (Fredningsnævnet, 2010).

Lynghby Åmose er beskyttet efter naturbeskyttelseslovens² § 3, hvilket vil sige at mosen er beskyttet mod enhver tilstandsændring. Stort set hele mosen er også udpeget som fredskov, hvilket betyder at skovens (skovmosens) areal skal opretholdes. Den nordlige og vestlige del af Åmosen er udpeget som 'Naturmæssigt særligt værdifuld skov', såkaldt §25 skov. Når vandspejlet hæves vil det have den positive konsekvens på mosens natur at tilgroning med uønskede træarter mindskes. Dette vil fremme den mere værdifulde og ønskede skovmosestruktur i området og gøre mosen mere lysåben til gavn for værdifulde plantearter.

Lynghby Åmose er fredet og indgår i den samlede fredning af Bagsværd og Lynghby Sø. Fredningens formål er at bevare og forbedre områdets landskabelige og naturmæssige kvaliteter. At bevare og forbedre levedmulighederne for plante- og dyreliv. At sikre de kulturhistoriske og geologiske kvaliteter. At sikre offentlighedens adgang. At sikre og udvikle områdets almene rekreative kvaliteter og friluftsliv, herunder rammerne for rosportsaktiviteter. Samt at skabe grundlag for naturpleje og naturgenopretning. Udpegningerne ses på Figur 3-1.



Figur 3-1 Fredning, fredskov og § 3 beskyttet natur

² Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse - LBK nr. 240 af 13/03/2019

Lyngby Åmose er for nylig udpeget som Natura 2000-område, hvilket vil sige at mosen også er beskyttet efter Europæisk lovgivning, nemlig habitatdirektivet³. Lyngby Åmose indgår som en del af Habitatområde nr. 123 'Øvre Mølleådal, Furresø og Frederiksdal Skov'. Ifølge habitatdirektivet skal naturtyper og arter, der er på udpegningsgrundlaget beskyttes. Mosen har en meget høj naturværdi med flere habitatnaturtyper, der kræver beskyttelse og forvaltning. På bilag 12 ses Natura 2000-områdets afgrænsning, og det ses at habitatnaturtyperne ligger side om side inden for Natura 2000-området. I mosen findes følgende habitatnaturtyper som er på udpegningsgrundlaget for Natura 2000-området:

- > 7140 Hængesæk
- > 91EO Elle- og Askeskov
- > 91DO Skovbevokset tørvemose

Naturtyperne 91EO Elle- og Askeskov og 91DO Skovbevokset tørvemose er prioriterede naturtyper, hvilket betyder at beskyttelsen er mere restriktiv end for de øvrige habitatnaturtyper. Beskyttelsen af habitatnaturtyper er dog en beskyttelse, der under alle omstændigheder er meget høj, hvilket vil sige at f.eks. ganske få anlægsprojekter kan tillades her.

4 Hydrologi

Mølleåen løber gennem Lyngby Sø, og søens vandspejl er styret af et stemmewærk ved Nodre- og Søndre Mølle i den østlige ende af søen. I regulativ for Mølleåen fra 1996 er Lyngby Sø's flodemål 18,57 m DNN G.I. med en ønskekote på 18,50 m DNN svarende til hhv. 18,50 og 18,43 m DVR90 (Københavns Amt, 1996). Årsmiddelvandstanden i søen (dvs. den kote vandspejlet reguleres til ved slusen ved Frederiksdal) er i dag 18,350 DNN. Naturrådgivningen har i april 2018 udarbejdet en rapport på vegne af Lyngby-Taarbæk Kommune, hvor de har vurderet at vandspejlet i Lyngby Sø i gennemsnittet ligger ca. 8 cm under ønskekoten på 18,43 m DVR90 (Natur Rådgivningen, 2018)

Det må forventes, at vandstanden i Lyngby Sø genhæves på sigt til ønskekoten på 18,43 m DVR90 (18,50 DNN G.I.) jf. regulativet for Mølleåen.

For at kortlægge, hvor der bør laves tiltag for at forbedre adgangsforholdene i Lyngby Åmose, er det kortlagt, hvor koten i stisystemet i mosen er lig med eller under 18,43 m DVR90. Dette er gjort ud fra den digitale højdemodel fra 2018. Bilag 1 og 3 viser, hvor der vil stå frit vandspejl ved kote 18,43 m DVR90. Bilag 2 viser koten på hele stisystemet i projektområdet ved 18,43 m DVR90.

³ Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter med senere ændringer

4.1 Den digitale højdemodel

Den digitale højdemodel er opmålt i 2014, men der er i 2018 brugt en ny algoritme til at omregne punktskyen til en terrænmodel. Da data fra modellen stammer fra 2014, kan der være en del usikkerhed med at bruge højdemodellen. Lyngby-Taarbæk Kommune vedligeholder stisystemet i Åmose, hvorfor nogle punkter kan ligge under kote 18,43 m DVR90 ud fra kortlægningen, selvom de i dag står tørt og ligger over kote 18,43 m DVR90.

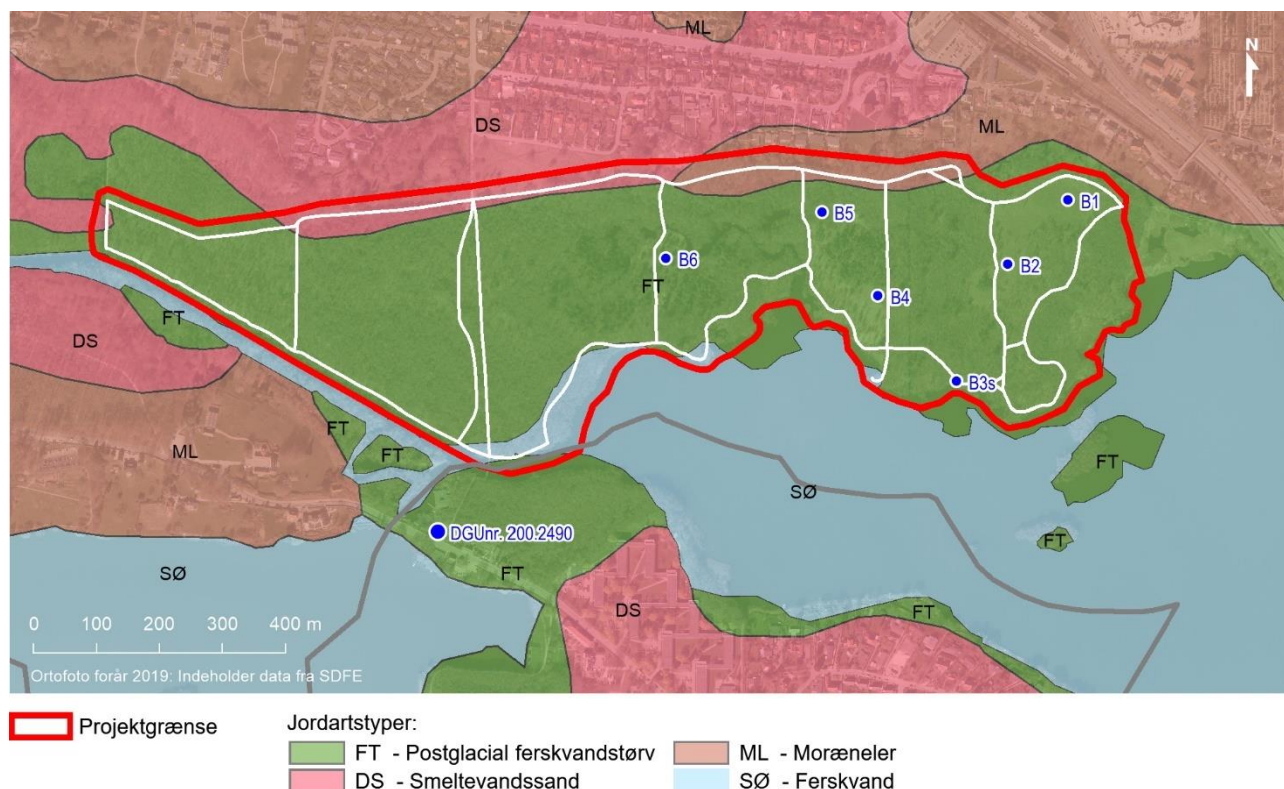
GeoDanmarks vejmidte er brugt til at kortlægge stisystemet i mosen. I en GIS-analyse er der for hver meter sti udtaget et punkt, og koten til dette punkt er fundet ud fra den digitale højdemodel. Da højdemodellen har en opløsning på 0,4 m, og der kun udtaget et punkt pr. meter, skaber dette også noget usikkerhed. Det vurderes dog, at metoden er detaljeret nok til et projekt som dette. Ved en senere detailprojektering anbefales det at bruge den digitale højdemodel, der opmåles i 2019 og 2020, hvis den er færdig til den tid.

Derudover er usikkerheden i den digitale højdemodel forholdsvis høj i områder med frit vandspejl og tæt bevoksning. Dette kan betyde, at usikkerheden er forholdsvis stor i Lyngby Åmose. I forbindelse med denne opgave er højdemodellen ikke blevet verificeret med feltopmålinger.

For at imødegå overstående usikkerhed har COWI gået stisystemet igennem og konstateret, hvor der på nuværende tidspunkt ligger vand på stierne. Der er god overensstemmelse mellem de områder, som vil stå under vand ved kote 18,43 m DVR90 ifølge modellen og områder, der allerede i dag er våde.

5 Geoteknik

Stierne i Lyngby Åmose ligger i et blødbundsområde, jf. Figur 5-1, som geoteknisk set er uegnet til at fundere på, idet der vil opstå sætninger ved belastning (som også registeret for de eksisterende stier), medmindre der udføres særlige tiltag.



Figur 5-1 Jordartskort der viser at projektområdet generelt er præget af ferskvandsdannelser (potentiel blødbund). Projektområdet er vist med rød markering.

Naturrådgivningen har i marts 2015 foretaget 6 håndboringer (Boring B1-B6 på Figur 5-1) til dybder mellem 2,5 – 7,0 meter under terræn. Boringerne er udført med henblik på undersøgelse af Lyngby Åmoses opbygning af sø- og moseaflejringer, og er udført med en borediameter på 5 cm. De er dermed ikke udført som egentlige geotekniske boringer, hvor der udtages prøver, der kan analyseres yderligere i laboratoriet med hensyn til de geotekniske egenskaber. I boringerne er der generelt truffet tørv fra terræn til 2,0 á 3,5 m u.t hvorefter der er truffet gytje.

En oversigt over de udførte boringer, herunder terrænkote, målt kote af grundvandsspejl (GVS) samt om boringen er afsluttet i forventelige bæredygtige aflejringer kan ses i Tabel 5-1.

Tabel 5-1. Oversigt over udførte borer i Lyngby Åmose

Boring	Dybde under terræn (m)	Terræn kote DVR90 (m)	GVS kote DVR90 (m)	Afsluttet i:	Afsluttet i bæredygtig lag
B1	4,75	+18,56	+18,41	Leret sand med humus	Nej
B2	5,0	+18,56	+18,35	Sandet gytje	Nej
B3	2,5	+18,70	+18,32	Sand med fingrus	(Ja)
B4	5,0	+18,57	+18,33	Gytjeholdig tørv	Nej
B5	6,0	+18,63	+18,34	Tørveholdig gytje	Nej
B6	7,0	+18,55	+18,34	Gytje	Nej

Som det fremgår af Tabel 5-1, er kun én af borerne (Boring B3) afsluttet i jordlag uden væsentligt organisk indhold. Sandlaget er dog ikke geologisk bedømt, og der er derfor ukendt, om der kan forventes blødbundsaflejringer under sandlaget. Der kan altså i området forventes sætningsgivende blødbundsaflejringer i mere end 7 m under terræn.

Indmåling af grundvandsspejlet fremgår ligeledes af Tabel 5-1, hvor det kan ses, at grundvandet er truffet mellem 0,15-0,38 m under terræn.

Udover borerne udført af Naturrådgivningen, er der i 1965 foretaget en geoteknisk boring (DGU nr. 200.2490) ved Nybrovej syd for projektområdet, jf. Figur 5-1. Her viser boringen, at der er truffet sætningsgivende aflejringer i form af fyld, tørvedynd og postglacialt dyndpræget silt til 2,8 m u. t., hvorefter der er truffet potentielt sætningsgivende lag i form af postglacial/senglaciel silt med moserester til 5,0 m u. t. Silten er underlejret af senlaciel ler og grus til 7,4 m u. t. hvor der er truffet glacialt moræneler til boringens afslutning i 10 meters dybde.

Blødbundsaflejringer i form af gytje og tørv har generelt et stort vandindhold, lave styrker og er stærkt sætningsgivende. For nærmere at kunne fastlægge dybden til oversiden af bæredygtigt lag samt at kunne projektere stier, så sætninger helt undgås, bør der udføres supplerende geotekniske borer med målinger af jordlagenes styrke og vandindhold. Det vurderes, at der er behov for 7-10 supplerende borer, som formodentlig vil skulle udføres til 10 meters dybde.

Til at belyse mægtigheden af blødbunden mere detaljeret kan det overvejes at udføre en screening af stierne med geofysiske undersøgelser. Ved en sådan undersøgelse måles jordens elektriske modstand fra terræn til ca. 5-10 m u. t. som derefter kan omsættes til geologiske lag. På denne måde kan de geologiske forhold kortlægges langs en flade i stedet for kun i enkelte punkter som det gør sig gældende ved geotekniske borer.

5.1 Funderingsløsninger

I dette afsnit beskrives de geotekniske muligheder for fundering af stierne i Lyngby Åmose. Funderingsmulighederne inddeles generelt i variationer af direkte funderingsløsninger samt pælefundering.

5.1.1 Direkte fundering

Stierne kan funderes ved at udlægge et bærelag, hvis større sætninger (10-20 cm) kan accepteres. For at sikre tørholdelse og tilstrækkelig hævnings over det forventede vandspejl bør gruslaget dog lægges ud med en overhøjde for at hæve terrænet. Dette giver en øget belastning på stierne, som dermed giver sætninger i de underliggende jordlag. Ved udlæggelse af et gruslag må det derfor forventes, at der kan komme store sætninger af stierne, samt at disse løbende skal justeres med yderligere udlæggelse af gruslag. Yderligere udlægning vil igangsætte sætningsprocessen igen, hvorfor sætningerne fortsat vil foregå – dog teoretisk med reduceret hastighed over tid. Det er dog ikke den situation driftsafdelingen oplever med grusstierne i dag.

5.1.2 Pælefundering

Generelt anbefales det at pælefundere i områder, hvor der findes store mængder blødbund. Ved en pælefundering nedbringes pæle (enten træ, stål eller beton) til bæredygtige aflejringer. Der er så muligt at fundere stierne ved enten et brodæk der understøttes af pæle, eller ved et såkaldt spredt pæledæk.

Ved et brodæk funderet på pæle etableres selve stien som en brokonstruktion, der understøttes af pæle. Ved denne løsning kan sætningsskader helt undgås, ligesom stien/broen kan hæves over terræn, så der ikke sker oversvømmelse af stien.

Ved et spredt pæledæk nedbringes et antal pæle, og på pæletoppene udlægges der fliser og geonet, hvorefter der fyldes op med sand/grus. I sandet over pælene dannes der et tryk, som fordeles til pælene. Sandet vil dermed ikke give anledning til sætninger i den bløde bund. Løsningen med spredt pæledæk vurderes dog at være omkostningsfuld, når der er tale om stier, idet pælene, der i dette tilfælde skal bruges, er jernbetonpæle, der skal nedbringes med stort materiel.

Hvis stien i stedet funderes på pæle, som ikke nedbringes til bæredygtige aflejringer, kan det ikke undgås, at der kommer sætninger, idet den overliggende sti/konstruktion giver anledning til en merbelastning. Det må således forventes, at der løbende vil skulle foretages justeringer.

6 Screening af stityper og jordbehandling

COWI har screenet mulighederne for alternative stivalg i Lyngby Åmose, da det er åbenlyst, at det bliver meget svært at vedligeholde den type grusstier der findes i dag i de våde dele af mosen. Som vist på bilag 1-3 drejer det sig om mange km sti.

6.1 Boardwalks

Boardwalks/stibroer er den mest oplagte løsning i områder med høj vandstand og vandmættet mosejord. Samtidig har boardwalks den store fordel, at de kan placeres, så de beskytter den omkringliggende sårbare natur. Da boardwalks er

hævet over terræn og kan etableres med en kant, vil de ikke invitere til at besøgende skal "hoppe" ned ad boardwalken og ud i naturen.

6.2 Grusstier med stålkant

COWI har i. januar 2020 talt med Gladsaxe Kommune, som vedligeholder stierne på den anden side af Lyngby Sø. Indenfor de seneste par år har kommunen forstærket udvalgte partier af grusstien ud til søen med såkaldte H-jern, også kendt som I-jern, langs med siderne af stien. H-jernene er jern- eller stålprofiler, som bankes ned i jorden. I Gladsaxe Kommune er de banket ca. 40-50 cm ned, og støttes af træ mellem de enkelte jernprofiler, for at forhindre at de flytter sig efterhånden som gruset omkring eroderes af bølger fra søen. Træstykkerne kan udskiftes løbende efter behov.

Løsningen har den fordel at den gør stien mere modstandsdygtig overfor bølger fra søen, så stien ikke eroderer lige så hurtigt, som hvis kanten blot var af jord eller grus. Alligevel har Gladsaxe Kommune visse udfordringer med stierne, hvilket gør at de løbende må holde øje med standen og udskifte særligt træstykkerne mellem H-jernene, samt efterfylde med grus. Gladsaxe Kommunes Driftsafdeling vurderer at det ca. hvert fjerde år er nødvendigt at påfylde et nyt lag grus langs hele den mest problematiske strækning, fra broen over Mølleå og hen til Nybrogård Kollegiet. Strækningen udgør ca. 545 meter. Når de påfylder grus på strækningen, dækker de hele overfladen med et lag grus på ca. 5 centimeters tykkelse. Driftsafdelingen vurderer at denne påfyldning tager ca. 20-25 mandetimer. Derudover er det nødvendigt at udføre løbende vedligehold langs hele strækningen, herunder problemstrækningen, primært i form af hulopfyldning og udskiftning af træstykker mellem H-jernene. Kommunen oplyser dog at uden for problemstrækningen kræver stierne ikke meget vedligehold.

Kommunen fortalte at de generelt er meget glade for løsningen, men de fremhævede også at forholdene på deres side af søen ikke er nær så udfordrende som på Lyngby-Taarbæk Kommunes side. H-jernene hjælper kun på begrænsning af bølgeskader og bidrager herved ikke til at forhindre sætninger.

6.3 Grusstier med geonet

Ved at udlægge gruslaget på et forstærket lag af "geonet", kan sætningerne (som følge af merbelastningen fra gruslaget) udlignes, så differenssætninger i stien minimeres. Løsningen med udlæggelse af gruslag (med og uden geonet) er anlægsteknisk forholdsvis simpel og kan udføres uden større omkostninger, idet der dog vil følge større omkostninger over tid til løbende opretning. Det kan overvejes at bruge geonet i den fremtidige vedligeholdelse af strækninger med grussti.

6.4 Forbelastning grusstier

Ved anlægsarbejder i blødbundsområder kan man minimere sætninger ved at forbelaste blødbunden før det egentlige anlægsarbejde af stien. Forbelastningen består i, at man udlægger jord (eksempelvis fyldgrus) i en større vold op over det fremtidige terrænniveau, hvorved man fremskønner sætningerne, der ellers ville være opstået. Efter noget tid (ca. 1-2 år) fjernes forbelastningen igen og

sætninger herfra vil være minimale. En løsning med forbelastning er dog anlægsteknisk forholdsvis bekostelig og vil være besværlig, idet en forbelastning optager et stort areal og kræver lang tid. I tillæg hertil skal det bemærkes, at området omkring Lyngby Åmose er beskyttet natur og dermed er en forbelastning ikke hensigtsmæssig i området. Det vil endvidere kræve lukning af dele af stisystemet for de rekreative brugere i en længere periode.

6.5 Jordudskiftning

Det er anlægsteknisk muligt at bortgrave blødbund ned til en dybde på ca. 5 meter, og erstatte den bløde bund med sandfyld som komprimeres. Anlægsteknisk er det dog ikke muligt med bortgravning af blødbund og jordudskiftning, idet der, jf. afsnit 5, kan forventes blødbund i større dybde end 7 m. Området er beskyttet natur og en blødbundsudskiftning forventes at ødelægge den omkringliggende natur. Det vil endvidere kræve lukning af dele af stisystemet for de rekreative brugere i en længere periode.

6.6 Trampestier

Trampestier er stier, der ikke kræver det store vedligehold. Trampestier er normalt karakteriseret ved at være stiforløb der i høj grad der fremkommet at besøgenes bevægelsesmønstre og bevægelsesønsker. I Lyngby Åmose vil trampestierne være stier med et helt fastlagt tracé i det eksisterende stritracé. Trampestierne nedgraderes i vedligehold i Lyngby Åmose og til stier der kun vedligeholdes med grus mm. hvis der er særligt behov. Det vedligeholdes ikke blot fordi der opstår vandsamliger efter regn. Da det er naturnære stier, følger de naturens dynamik og er dermed tørre om sommeren og våde/oversvømmede om vinteren. De kan altså i udgangspunktet kun benyttes i sommerhalvåret, hvilket sparer naturen for de besøgendes slid om vinteren, og gør at naturen kan komme sig og gro mere til.

Stier af flis

I nogle våde naturområder etableres stier af flis i stedet for f.eks. grus, som synker ned i våd jord/mosebund. Ved Brobæk Mose i Gentofte bruges ege-vedflis i de fugtige områder. Dette sikrer, at stierne er farbare hele året og at de er sikre at færdes på. Stitypen kræver en del vedligeholdelse, da flisen hurtigt nedbrydes, og der skal løbende lægges ege-vedflis på stierne, så disse fremstår jævne. Der er desuden behov for løbende at udskifte de kanter, som holder på siderne af de flisbelagte stier (Gentofte Kommune, 2017). Stitypen er overvejet som en del af løsningsforslagene til Lyngby Åmose, men det vurderes, at det vil være problematisk, at den nedbrudte og næringsrige flis spredes til de næringsfattige hængesække (fattigkær).

6.7 Stier med kalktilførsel

Ved stabilisering af våd jord i forbindelse med stisystemer er det undersøgt at tilføre kalk til jorden. Denne metode bruges nogen steder i stedet for at udskifte våd og blød jord med stabile jordtyper. Metoden kan ofte være økonomisk fordelagtig i forhold til jordudskiftning, og benyttes derfor nogle steder for at få en mere bæredygtig jordhåndtering (Bygherreforeningen, Hovedstaden, &

Realdania, 2019). Tilførsel af kalk skaber stabil jord, og derfor har idéen været overvejet i forbindelse med de våde stier i Lyngby Åmose. Da tilførsel af kalk til det nærringsfattige og sure miljø i Lyngby Åmose vil skade den sårbare natur, vurderes metoden at være meget uegnet.

7 Besøgende

7.1 Georefererede bevægelsesmønstre

COWI har kigget på data for bevægelsesmønstre på STRAVAs hjemmeside, der samler og udstiller information fra sportsfolk og motionisters smart-ure bl.a. omkring rute og motionstype (STRAVA, 2019). STRAVA bruger bl.a. data til at vise de hyppigste bevægelsesmønstre for løbere, cyklister og sejlads/roning. Bevægelsesmønstrene for løb, cykling og sejlads/roning er vist på bilag 9-11. Bevægelsesmønstrene viser nogle kraftige tendenser for, hvor der er mest aktivitet på stierne i Lyngby Åmose. Det er dog vigtigt at være opmærksom på at ikke alle brugere af stierne har smart-ure, eller bruger servicen STRAVA, og særligt gående, f.eks. de mange pensionister der dagligt går med hunden, vil typisk ikke gå med GPS ure.

Stiernes beskaffenhed har naturligvis en betydning for valg af rute. På den våde årstid vil mange stier i Lyngby Åmose af denne årsag blive fravalgt. Samtidig har den enkelte besøgenes behov stor betydning for valg af rute. Hvor ruten fører hen? Er ruten en del af en længere rute? F.eks. er cykelstien (T4) en særdeles attraktiv mulighed for cyklister for at gøre turen mellem Lyngby/Bagsværd og Virum kortere. En del løbere løber både rundt om Bagsværd Sø og Lyngby Sø, og skal derfor passere Nybro. Derudover kan der være noget psykisk i at løbe en fast rute rundt om en sø, som man kender længden på og man tester måske sin tid og løber turen ofte.

7.1.1 Cykel

Bilag 9 viser, at de fleste cyklister vælger at tage Prinsessestien (P1 til P8) eller den tværgående cykelsti (T4). Cyklisterne benytter sig ikke særlig meget af de tværgående stier. Stien langs vandet (S1 til S11) er langt fra et ligeså populært valg blandt cyklister, som blandt løbere. Da det er langt fra alle brugere af Lyngby Åmose, der benytter STRAVA, viser figuren måske ikke børnefamilien på søndagsudflugt i mosen. Meget få cyklister bruger de tværgående stier (T2, T3, T5, T6, T7 og T9).

7.1.2 Løb

Bilag 10 viser, hvor intensiteten af løbere er højest i Lyngby Åmose. Kortet viser, at ruten langs vandet (S4 til S11) fra indgangen til projektområdet ved Prinsessestien i den østlige del af projektområdet til Nybro er meget populær. Fra Nybro løber mange ad T4, der i dag er anlagt som cykelsti. Meget få løber ad gangstien (T3), nok fordi den ofte er våd. En forholdsvis lille del af løberne benytter den vestlige side af Lyngby Åmose. Meget få løbere bruger de tværgående stier (T2, T3, T5, T6, T7 og T9).

7.1.3 Roning

Bilag 11 viser, hvor der er registreret flest roere. Det ses, at der er en del roere, der ror fra Mølleåen og Bagsværd Sø ind på Lyngby Sø, hvor mange ror langs den ene eller den anden søbred. Derudover ses det, at der er en del kanoer og kajaker der følger den nordlige søbred. Det tyder på at en del af disse motionister, lægger til ved de rekreative hotspot.

7.2 Brugeroptælling

I forbindelse med dette projekt har COWI lavet en mindre brugeroptælling i Lyngby Åmose. Der er optalt brugere i 3 sammenhængende timer på 6 forskellige dage. Brugere er optalt fra 3 punkter, der er udvalgt i samarbejde med Lyngby-Taarbæk Kommune. Punkterne er valgt, da det vurderes, at det er de mest interessante knudepunkter, Figur 7-1



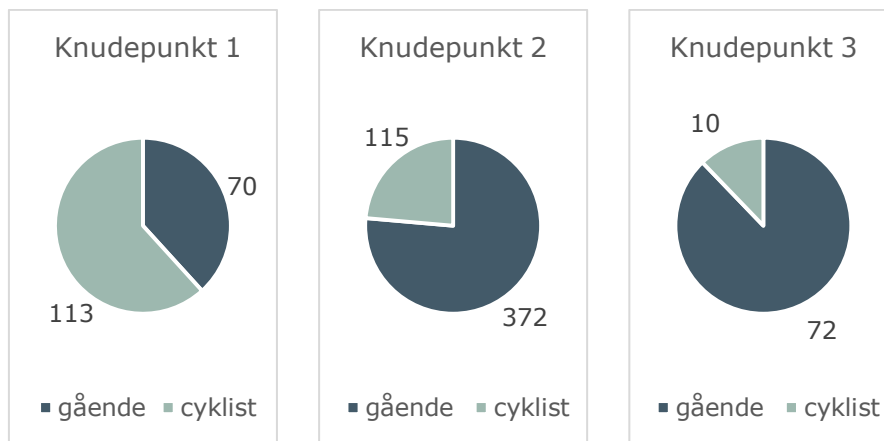
Figur 7-1 Knudepunkterne benyttet ved optælling af besøgende

Nedenstående skema er en opsummering af brugeroptællingen, Tabel 7-1.

Tabel 7-1 Skemaet viser antal besøgende ved de tre knudepunkter på de bestemte tidspunkter

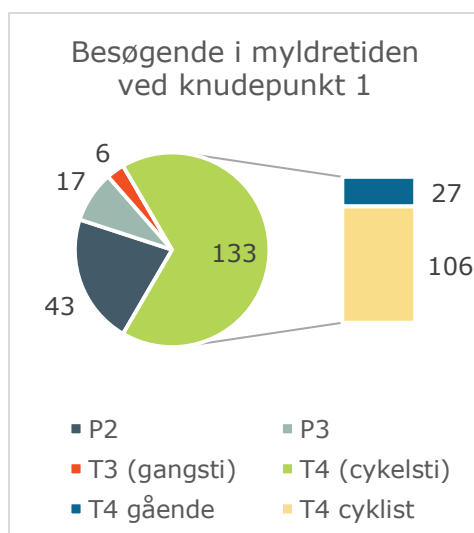
Dag	Tids- punkt	Knodepunkt	Antal besøgende		
			gående	cyklist	total
25/11 man- dag	08:45 – 11:45	Knodepunkt 3	44	7	51
27/11 ons- dag	07:30 – 10:30	Knodepunkt 2	46	67	113
28/11 tors- dag	14:00 – 17:00	Knodepunkt 1	30	57	87
31/11 lørdag	12:00 – 15:00	Knodepunkt 2	326	48	374
02/12 man- dag	14:00 – 17:00	Knodepunkt 3	28	3	31
03/12 tirsdag	07:30 – 10:30	Knodepunkt 1	40	56	96
total			514	238	752

Nedenstående figurer viser antal gående og cyklister om optalt fra de forskellige knudepunkter. Data for hver figur strækker sig over 6 timer (3 timer på 2 forskellige dage for hvert knudepunkt).

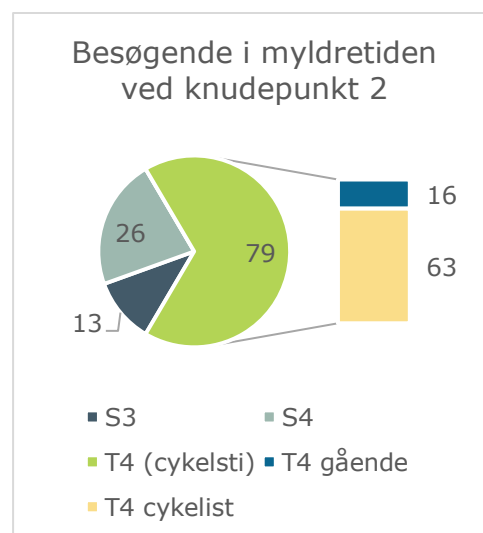


Figur 7-2 antal gående og cyklende ved de tre forskellige knudepunkter over 6 timer

Brugertællingen dækker både morgen- samt eftermiddagstimer for at indsamle data fra myldretid. Morgenmyldretiden vurderes at være fra 07:30 til 10:30 og eftermiddagsmyldretiden vurderes at være fra 14:00 til 17:00. Brugertællingen viser, at stierne i Lyngby Åmose, hovedsageligt de stier forbundet med knudepunkt 1 og knudepunkt 2, bliver væsentligt benyttet til primært cykelpendlertrafik. Den mest trafikerede sti i forhold til myldretiden viser sig ikke overraskende at være T4 (cykelstien som forbinder prinsessestien og Nybro). Nedenstående figurer giver overblik over besøgende, både gående og cyklister, som benytter stierne til at pendle fra disse knudepunkter. Det vises, at T4 ved begge knudepunkter er den mest benyttede sti af pendlere. Figureerne giver også overblik over antallet af gående og cyklister på T4 (cykelstien).



Figur 7-3 Besøgende i myldretiden på stier P2, P3, T3 og T4 (ved knudepunkt 1) med overblik over antal gående og cyklende på T4 (cykelstien). Brugertælling fra 28/11 og 03/12.



Figur 7-4 Besøgende i myldretiden på stier S3, S4, og T4 (ved knudepunkt 2) med overblik over antal gående og cyklende på T4 (cykelstien). Brugertælling fra 27/11.

Besøg i løbet af weekenden bestod hovedsageligt af gående og familier. Søstien blev også benyttet af en pensionist motionsgruppe.

Brugertællingen viser blandt andet, at T4 (cykelstien) også bliver brugt som gangsti. I løbet af alle 6 dage var der 127 gående på cykelstien, som kunne tælles ud fra knudepunkt P2 P3 T3 T4 og knudepunkt S3 S4 T4. Der er dermed begrænset brug af T3 (gangstien). Dette er helt i tråd med formodningen om at få vælger T3 (gangstien), som er meget svært fremkommelig på den våde årstid. Det er højst sandsynligt at T3 ville være mere attraktiv hvis den var i god stand. Undersøgelsen understreger at besøgende har svært ved at benytte de vådeste stistrækninger og må gå ad andre stier. I forbindelse med COWI's feltarbejde har der været en del møder med frustrerede borgere som spurgte om vejvalg i forhold til oversvømmede stier.

8 Rekreative hotspots

Lynby Åmose rummer mulighed for at udfolde rekreative interesser af flere typer. De typiske interesser er:

- > Gåture
- > Løbeture
- > Cykling
- > Naturoplevelser
- > Picnic eller anden form for ophold
- > Kano/kajak/robåd langs Lynby Åmose
- > Lystfiskeri

COWI har lavet en kortlægning af mulige rekreative hotspots. indenfor projektområdet. Der registreret rekreative hotspots, dvs. punkter i Lynby Åmose med særlig høj rekreativ interesse. Det kan være:

- > Udsigtspunkter (f.eks. Figur 8-1)
- > Mindre småstier ved søkanten
- > Knudepunkter i forhold til stisystemet
- > Velplacerede eksisterende bænke
- > Landgangssted fra båd

De rekreative hotspots er vist med en grøn cirkel på bilag 13. De er ikke inddelt efter type. Størstedelen af de udpegede hotspots er udsigtspunkter hvor der i

dag står en bænk. Det vil være oplagt i det videre arbejde med indpasning af rekreative hotspots at slå nogle af de udpegede hotspots sammen, da der ved søkanten/Mølleåen står mange bænke i Lyngby Åmose. Ved etablering af boardwalks vil det være en ekstraudgift at anlægge rekreative hotspots på stien med f.eks. en udposning på boardwalken med bænk. Af denne grund skal der også tænkes over at begrænse antallet af punkter.



Figur 8-1 *Rekreativt hotspot ved Lyngby Sø, her kan evt. etableres en udposning på boardwalken med plads til ophold.*

9 Stiløsninger

COWI foreslår, at det nye stisystem i Lyngby Åmose kommer til at bestå af en kombination af boardwalks, grusstier og trampestier. Dette afsnit beskriver de foreslåede anlægsløsninger og præsenterer billeder fra producenter og skitser fra COWI's landskabsarkitekter. De 3 foreslag til nye stisystemer består af forskellige kombinationer af følgende undertyper der defineres uddybende i de følgende underafsnit. De 3 skitseforslag beskrives i afsnit 10.

- > Grusstier
- > Bred boardwalk
- > Boardwalk
- > Simpel naturnær stibro
- > Trampestier

9.1 Grusstier

Nogle grusstier bevares som de er i dag med samme vedligehold og med træsveller, der hvor naturen er våd. Det anbefales dog, at lægge geonet på særligt våde strækninger.



Figur 9-1 Foto fra besigtigelse i Lyngby Åmose d. 21/11-2019, Foto Anna Tauby-Theill, COWI.



Figur 9-2 Foto fra besigtigelse i Lyngby Åmose d. 5/11-2019, læg mærke til forstærkende stammer, wire og pæle langs med stien, Foto Anna Tauby-Theill, COWI.

9.2 Bred Boardwalk

Den brede boardwalk er 2,9 m i hele bredden inklusiv en snublekant i hver side på 15 cm. En lignende boardwalk med samme mål, kan ses ved Furesøen, Figur 9-3.



Figur 9-3 Christian Winthers sti ved Furesøen, foto: Anna Tauby-Theill, COWI.

Den brede boardwalk er solidt funderet ved brug af pæle, som rammes ned i underlaget, indtil de rammer fast bund. Hele konstruktionen hviler således direkte på fast underlag, og herved undgås risiko for sætningsskader. Den solide fundering gør, at boardwalken føles meget fast og stabil at gå på. Hele konstruktionen kan udføres i både træ og stål. Det mest fordelagtige vil være en kombination af begge. I de mindst dybe dele af mosen kan der anvendes massive træpæle, i f.eks. cypres eller thuja. Kommer man ned på dybder over ca. 15 meter, bliver det både svært og dyrt at opdrive egnede massive træpæle. I stedet kan her anvendes stålrør, som kan produceres i alle længder. Disse stålrør kan eventuelt efterfyldes med sand for at forebygge indvendig rust og tæring. Fra entreprenøren bag Christian Winthers sti angives en forventet levetid på en bærende konstruktion i træ på 20 år (Kystsikring Aps, 2019). Levetiden kan ifølge leverandøren forbedres betragteligt ved øget brug af stålrør i den bærende konstruktion. Leverandøren har dog ingen konkret erfaring med faktisk levetid endnu, men giver et bud på op til 40 år, såfremt der udelukkende anvendes stål i den bærende konstruktion. De 40 år forudsætter dog at rørene fyldes med sand, for at forebygge indvendig rust og tæring.

Stålrør bliver som udgangspunkt billigere end massive træpæle når man kommer op på længder over 7-10 meter. Det optimale forhold mellem pris og levetid opnås således ved at anvende en kombination af stål og træ i den bærende konstruktion. En sådan kombinationsløsning vil ikke være dyrere end at udføre det hele i træ. Skal hele den bærende konstruktion, inkl. de korteste pæle, udføres i stål vil det dog som udgangspunkt blive dyrere (Kystsikring Aps, 2020). Selve brodækket hviler på et træskelet, som er monteret på pælene ved brug af gennemgående bolte. På nedenstående billede (Figur 9-4) ses pælene med

træskelettet omkring dem som brodækket monteres på. Brodækket skrues direkte ned i de på langsgående lægter, som hviler oven på de planker, der løber på tværs af gangbroen, boltet direkte på pælene. Brodækket kan udformes i mange forskellige materialer. Til Chr. Winthers sti (Figur 9-5) er der anvendt eksotisk hårdttræ, azobé, men det kan også udføres i både kompositmaterialer eller hjemmehørende vejrbestandige træsorter som eg eller lærk.



Figur 9-4 Anlæg af Christian Winthers sti ved Furesøen, Foto Kystsikring Aps.

Levetiden for brodækket vil afhænge af valg af materiale. Generelt er der ikke publiceret meget om træsorters levetid i det fri, uden jordkontakt. Én af de få som sætter konkrete tal på er Franz Kollmann i udgivelsen *Technologie des Holze und der Holzwerkstoffe* fra 1951 (Kollmann, 1951). Kollmann angiver heri en forventet levetid for ubehandlet egetræ på mindst 50 år og helt op til 120 år, med andre ord mindst lige så lang tid som den bærende konstruktions levetid. Azobé træ vil have en sammenlignelig levetid på mindst 40 år. Prismæssigt er Azobé noget billigere end egetræ, og samtidig nemmere at få fat i for producenten (Kystsikring Aps, 2020). Endnu billigere er lærketræ, som koster ca. halvt så meget som azobé. Kystsikring Aps angiver en forventet levetid på 25-30 år, mens Kollmanns forsøg viste en holdbarhed på mindst 40 år (Kollmann, 1951).

Alle tre træsorter vil formentlig skulle importeres fra udlandet, så bæredygtigheden af de enkelte træsorter vil afhænge af oprindelseslandet.

Bæreevnen er ikke den samme for de forskellige træsorter og både eg og azobé er stærkere end lærk. Der kan dog nemt kompenseres for manglende bæreevne

ved at anvende tykkere planker. Derudover er plankerne støttet 5 steder, hvilket mindsker spændet og derved kravene til bæreevne. For at gøre boardwalken skridsikker, kan der laves riller i plankerne. Rillerne kan dog få betydning for træets levetid, hvis de ikke holdes fri for blade og jord.

COWI A/S anbefaler at anlægge brodækket med lærketræ, da det repræsenterer en god balance mellem levetid og pris, samt kan købes bæredygtigt i Danmark. Samtidig er lærketræet en hjemmehørende art, hvilket gør at veddets farver passer bedre ind i landskabet end for eksempel eksotisk hårdttræ som Azobé, som har et rødt skær.

Boardwalken kan etableres ovenpå de eksisterende grusstier og derved mindske behovet for at inddrage naturen omkring stierne.

Boardwalken foreslåes anlagt med et brodække i lærketræ primært af bæredygtigheds årsager. Samtidig er lærketræ en relativt billig træsort. For at boardwalken er skridsikker, laves der riller i plankerne.

Boardwalken kan udføres med bløde organiske sving (Figur 9-5) og der kan laves udposninger på boardwalken til f.eks. bænke (Figur 9-6) eller anlægsplads til både.



Figur 9-5 Boardwalk, Christians Winthers sti, foto Anna Tauby-Theill, COWI.

Bæreevnen understøtter fortsat anvendelse af kommunens nuværende køretøjer, herunder driftsafdelingens Farmer med en tilladt totalvægt på 1500 kg. Producenten anfører at konstruktionen kan bære en mindre personbil. For at kunne lave en beregning af konstruktionens bæreevne kræves geotekniske undersøgelser i Lyngby Åmose. I en senere projektfase når undersøgelserne er foretaget

kan der regnes på bæreevnen på hele det konstruktive system med bjælker, tykkelse på træplanker og antallet af pæle og pæledybde.

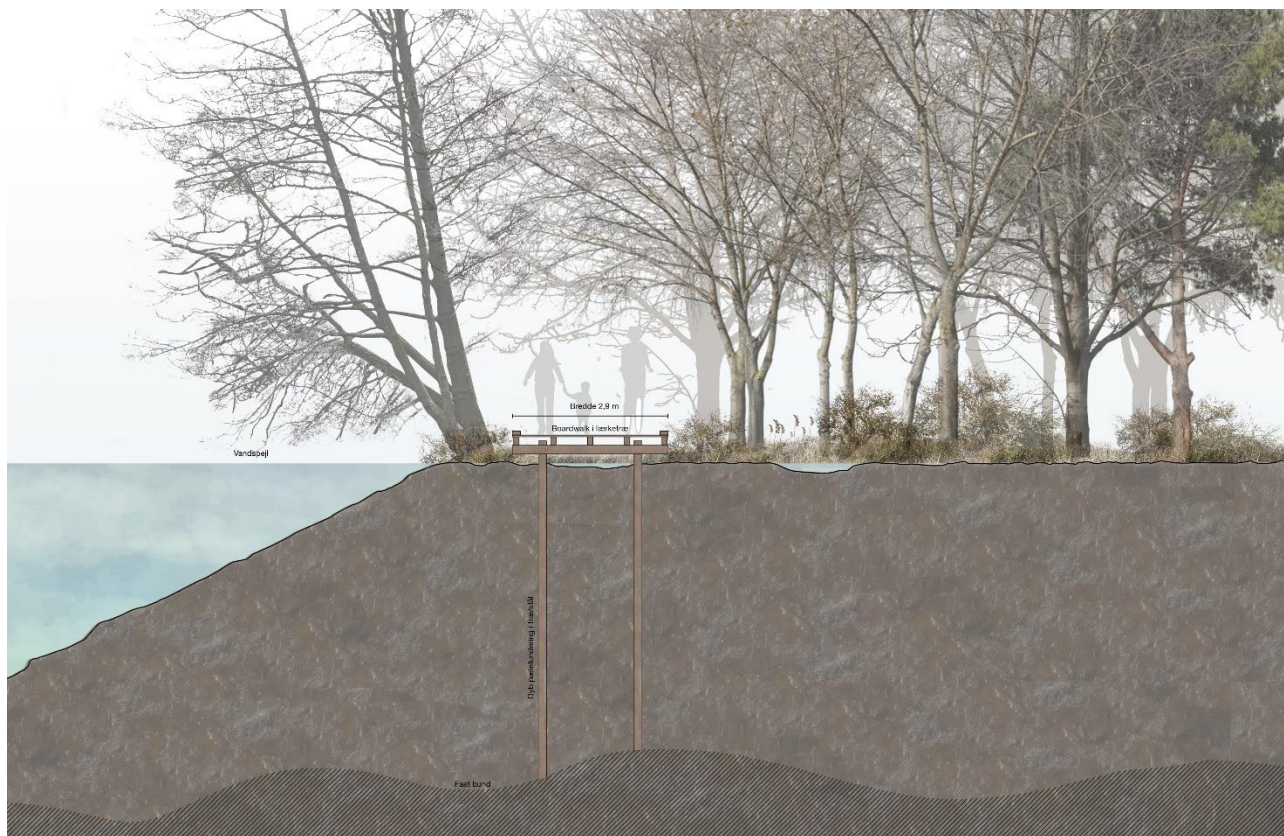
Boardwalkens højde over jordniveau har primært æstetisk betydning. Det ser flot ud når boardwalken er hævet markant over eksisterende terræn (gerne 80-100 cm) og det giver de besøgende bedre udsyn til naturen. De fleste større boardwalks i naturen anlægges så de er hævet mindst 30-50 cm. Anlægges boardwalken tættere på eksisterende beplantning, kan der opstå det problem at græsser og siv vokser op igennem boardwalkens brødække. Særligt i Lyngby Åmose foreslåes boardwalken anlagt i en højde hvor den ikke indbyder til at besøgende træder ned af boardwalken og ud i den sårbare natur, gerne 80-100 cm over eksisterende stiniveau. I projekteringsfasen skal den konkrete højde fastslås.



Figur 9-6 Boardwalk, Christian Winthers sti, Furesøen. Udposningen her gør broen i alt 4.30 m bred. Foto Anna Tauby-Theill, COWI.

Den brede boardwalk er egnet til både gående og cyklister. Bredden på 2,9 m gør, at man ikke føler sig klemte og utryk, når man møder andre besøgende. Der er plads til alle, både familieturen med barnevogn og en gruppe af cyklister. Laves boardwalken med udposninger, som på Figur 9-6, giver det endnu bedre rum for mødet med andre besøgende, såvel som plads til at nyde naturen.

Figur 9-7 viser en skitsering af, hvordan den brede boardwalk vil opleves i Lyngby Åmose. Samme skitse findes på bilag 14.



Figur 9-7 Skitse af hvordan den brede boardwalk vil opleves i Lyngby Åmose.

9.3 Boardwalk

Boardwalken er 1,84 m bred inklusiv en kant i hver side på 12 cm. En lignende boardwalk kan bl.a. ses ved Sjælsø.



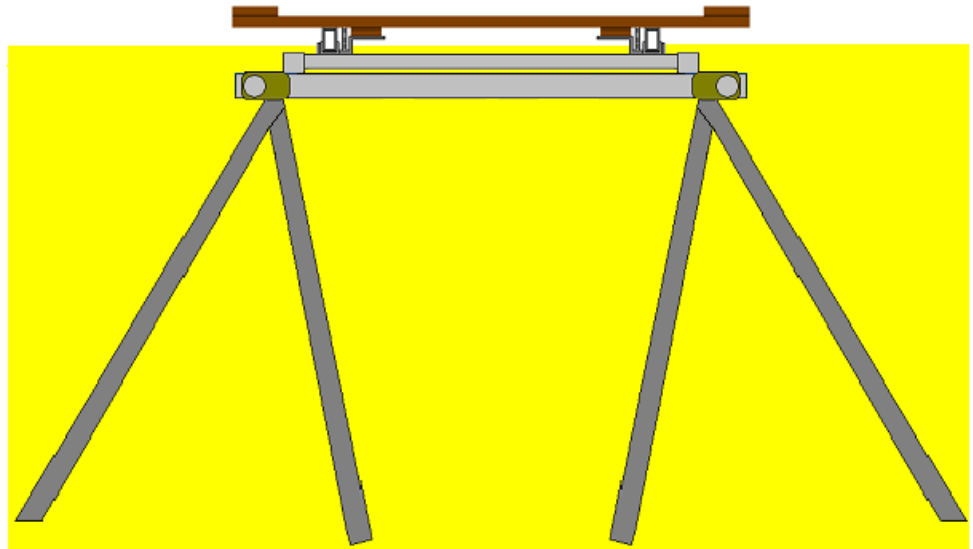
Figur 9-8 Boardwalk ved Sjælsø, foto Anna Tauby-Theill, COWI.

Boardwalken er et modul opbygget gangbro-system, som er designet uden behov for fundering på fast bund. Systemet er oprindeligt udarbejdet til marine konstruktioner, særligt bådebroer og lignende. Konstruktionen funderes i stedet med pløkke, som bankes i jorden i vinkel, indtil den ønskede modstand opnås og konstruktionen bliver stabil. Denne metode giver stor frihed for udformning af brodæk, inklusivt valg af materiale og forløb. Systemet kaldes EB Broen.

Den bærende konstruktion udføres i galvaniseret stål og består af ankre og pløkker, Figur 9-9. For hver 5 meter gangbro bruges et stålanker, som hviler oven på op til 4 nedadgående stålpløkke, som bankes skråt ned i jorden ved brug af en hydraulisk hammer. De enkelte pløkke kan forlænges i samme retning med 1,5 m ad gangen, indtil der opnås den ønskede stabilitet. Fordi pløkkene bankes i skråt, og fordi der kan anbringes 2 pløkke på hver side af ankeret, er det ikke nødvendigt at ramme fast bund. Dette betyder dog, at det er svært at forudsige det præcise antal pløkke og forlængere, der er nødvendige, da det vil variere med forholdene ved de enkelte funderingspunkter. I områder hvor der er behov for det, kan systemet også anlægges med forankringsskruer, som skrues ned i underlaget frem for at blive banket i. Boardwalken kan etableres ovenpå eksisterende stier. Bæreevnen understøtter fortsat anvendelse af kommunens nuværende køretøjer, herunder driftsafdelingens Farmer med en tilladt totalvægt på 1500 kg. Producenten anfører at det er brodækkets dimensioner, herunder særligt planketykkelsen, som begrænser bæreevnen. Producenten har ikke nogen præcise tal, da det afhænger af plankernes spænd, tykkelse og træsort, men vælger man lærketræ til brodækket bør man anvende mindst 34 mm tykke planker (NBC Marine, 2020).

For at kunne lave en beregning af konstruktionens bærevne kræves geotekniske undersøgelser i Lyngby Åmose. I en senere projektfase når undersøgelserne er foretaget kan der regnes på bæreevnen på hele det konstruktive system med bjælker, tykkelse på træplanker og antallet af pæle og pæledybde.

Det vurderes, at en funderingsløsning hvor der nedbringes pæle, som ikke rammer fast bund (producenten påpeger at de kan anvendes i bundløse området), vil medføre sætninger, så der løbende bliver behov for justering. Producenten angiver dog at funderingsløsningen har garanti mod sætningsskader. Til afdækning af dette, må det anbefales, at der tages en uddybende dialog med producenten i en senere fase, for afdækning af hvordan dette er muligt.



Figur 9-9 Boardwalk (EB Bro-systemet) med 4 pløkke á 1,5 m (Billede er lånt efter aftale med NBC Marine, som er leverandør af EB Bro-systemet)

Anlægsarbejdet kræver ingen store maskiner, da det består af prækonstruerede moduler, og er således fordelagtigt i svært tilgængelige eller i områder med særlig sårbar natur som Lyngby Åmose.

Da brodækket prækonstrueres i moduler, er der ingen synlige skruer i oversiden da alt er skruet fra bagsiden. Dette forøger også levetiden af skruerne. Den bærende konstruktion i galvaniseret stål kan ses fra siden, men ikke når man opholder sig på brodækket. Fra producenten bag EB Bro eksemplet angives en forventet levetid for den bærende konstruktion på 30 – 40 år (NBC Marine, 2019; NBC Marine, 2020).

Ligesom ved den brede boardwalk vil boardwalkens højde over jordniveau primært have æstetisk betydning. Med denne mindre boardwalk på skrå stålpæle vil det dog ikke være æstetisk flot hvis boardwalken er hævet op til 80-100 cm. Ved Sjælsø er boardwalken anlagt tæt på terræn og her ses det problem at græsser og siv vokser op igennem boardwalkens brodække. I Lyngby Åmose vil det være vigtigt at boardwalken bliver anlagt i en højde hvor den ikke indbyder

til at besøgende træder ned af boardwalken og ud i den sårbare natur. Æstetik og beskyttelse af naturen må dermed afvejes.

Boardwalken opleves mere blød og bevægelig end den brede boardwalk. Den er dog meget glat om vinteren. Producenten oplyser, at der kan laves riller, så boardwalken bliver mindre glat. Producenten mener dog, at rillerne vil skabe et behov for at boardwalken fejles.

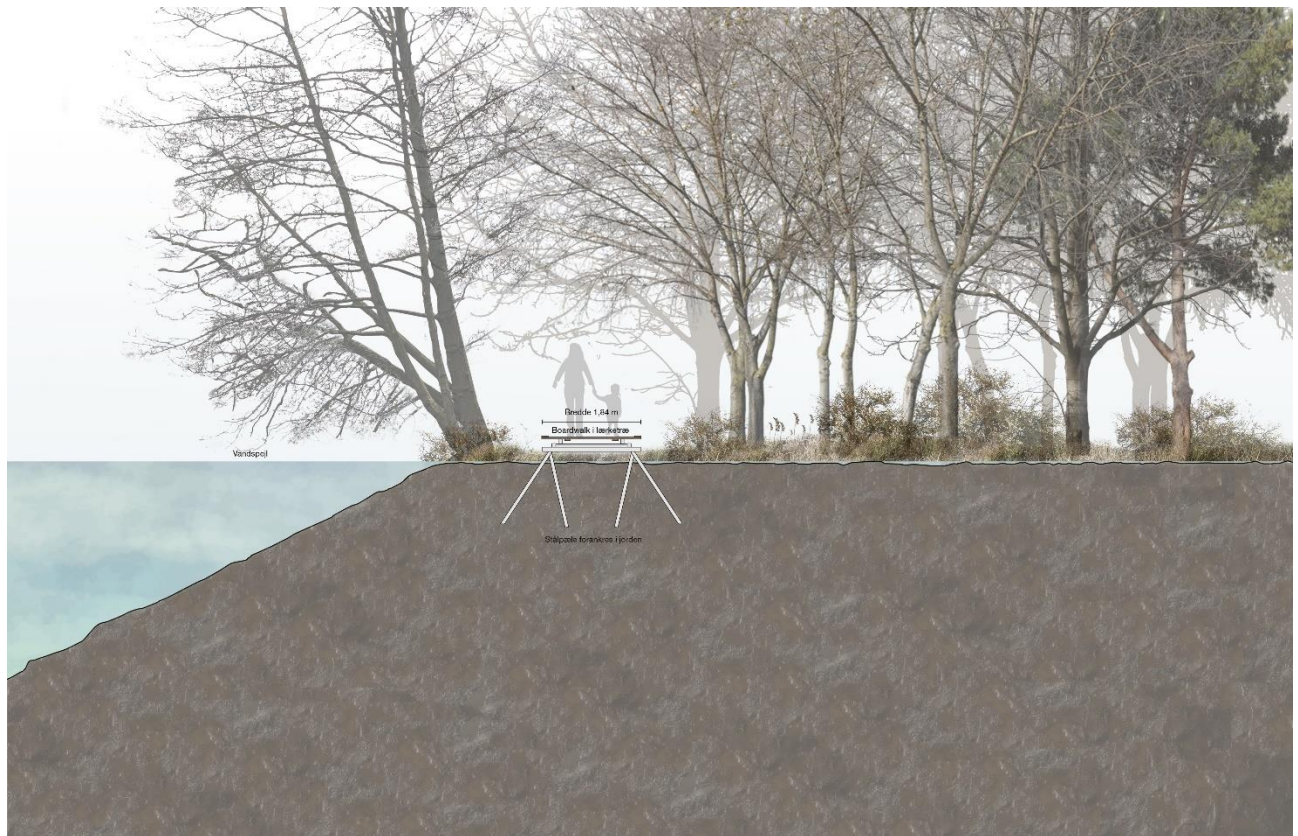
Da boardwalken har en max brede på 1,84 m (1,6 m bærende) er der ikke plads til både cyklister og gående. Det vil være problematisk at krydse hinanden og skabe utryghed. Ønskes en bredere boardwalk er det muligt at konstruere to bærende konstruktioner side om side, men med et samlet brodække ovenpå. Det vil således ikke være muligt for besøgende at se at der er to bærende konstruktioner under brodækket. Da ankrene er 1,6 m lange, vil en sådan løsning give et brodække med en bredde på mindst 3,2 m, med fuld bærende kapacitet i hele brodækkets bredde.

Boardwalken kan etableres med udposninger og andre rekreative elementer som eksempelvis en hytte til at kigge på fugle, Figur 9-10. Disse etableres ved at anvende flere af de førnævnte stålankre i forlængelse af hinanden eller ved siden af hinanden. Derved muliggøres andre dimensioner end de normale 5 x 1,84 m.



Figur 9-10 Sjælsø-boardwalken med hytte ud til Sjælsø.

Figur 9-11 viser en skitsering af hvordan boardwalken vil opleves i Lyngby Åmose. Samme skitse findes på bilag 15.



Figur 9-11 Skitse af hvordan boardwalken vil opleves i Lyngby Åmose

9.4 Simpel naturnær plankesti

Den simple naturnære plankesti er ikke ret bred (mellem 60-80 cm). Stien egner sig bedst til, at der er få personer på den ad gangen, men der er mulighed for at besøgende kan passere hinanden. For yderligere at undgå at der opstår behov for at træde ned af plankestien og ud i vegetationen vil stien kunne udbygges med en eller flere mødepladser. Stien er en oplevelsessti, som er attraktiv for dem, der gerne vil tæt på naturen. Samtidig kan den være sjov for børn, da den kan opleves lidt som at gå på line.



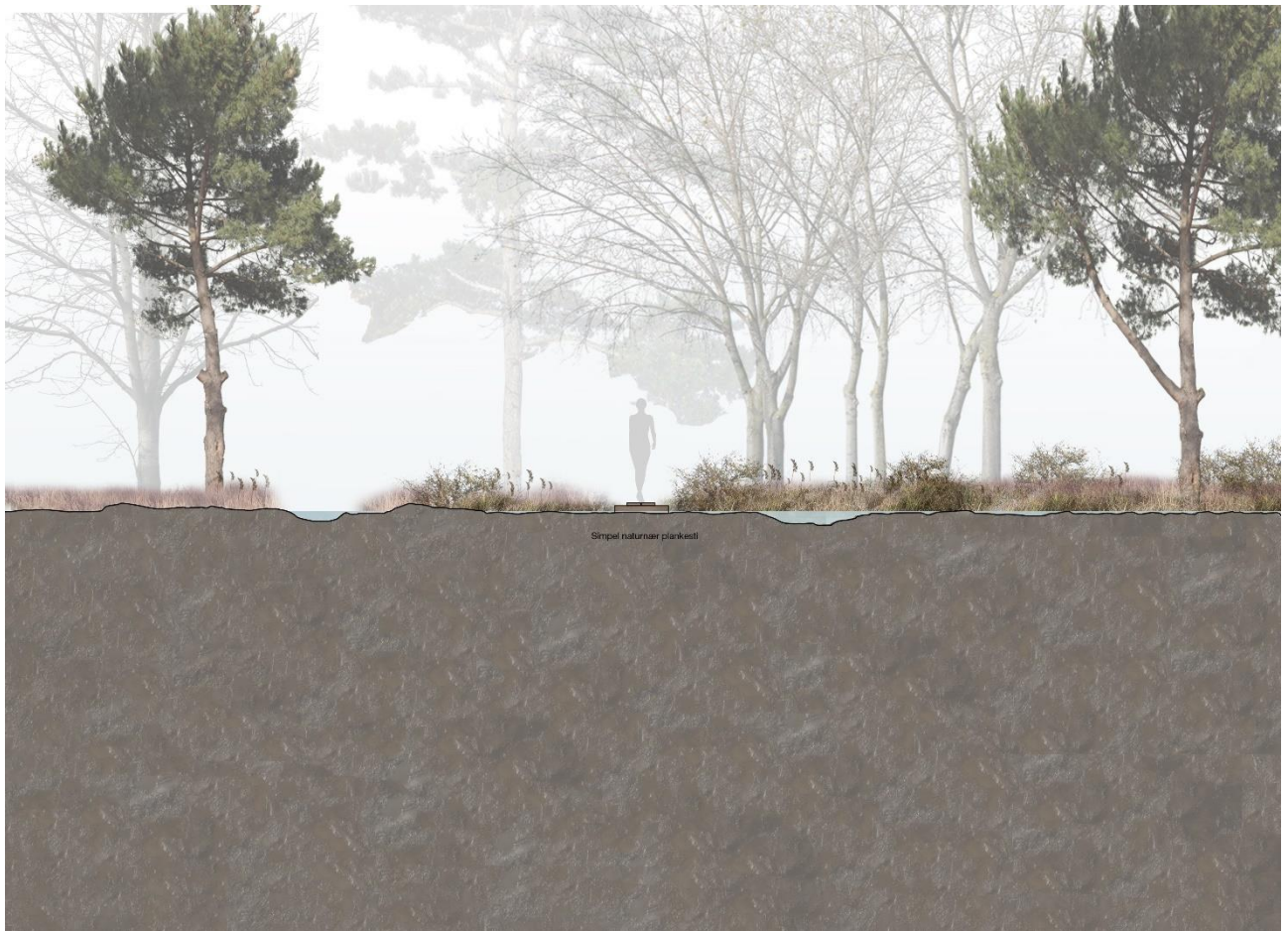
Figur 9-12 Eksempel på simpel boardwalk i udkant af en højmose i Sverige, Foto Anna Tauby-Theill, COWI

Løsningen er uegnet for cykler og barnevogne, og i vinterhalvåret vil den være våd og mere eller mindre glat. Den kan dog skridsikres f.eks. ved brug af hønse-
net.

Den naturnære plankesti er et eksempel på at boardwalks kan udføres meget simpelt og uden fundering. Der anvendes planker hvilende på sveller af vejrbe-
standigt træ, som lægges direkte på jordoverfladen. Plankestien kan således nemt etableres ovenpå eksisterende grusstier. Hvis man ønsker at forlænge le-
vetiden, kan man anvende fliser eller beton til punktstøtte under plankerne. I
Lyngby Åmose vil en let træløsning egne sig bedst.

Løsningen er simpel, hurtig og billig, men kan selvfølgelig ikke bære nær så me-
get, som de øvrige typer af gangbroer. Fordelen ved denne type stibro er, at
den er relativt let, hvilket gør at gangbroen vil have mindre tendens til at synke
i. Hvis man anvender denne løsning skal det sikres, at belastningen fordeles ud-
over et stort funderingsareal hvorved fladelasten og dermed sætninger reduce-
res til et minimum, idet det dog bemærkes, at løsningen stadig vil kunne give
anledning til sætninger. Der skal derfor påregnes en løbende vedligeholdelse af
gangbroen, for at forhindre, at den synker og brædderne kommer i direkte jord-
kontakt, hvilket vil mindske levetiden betragteligt (Borsholt, 1997).

Figur 9-11 viser en skitsering af hvordan den naturnære plankesti vil opleves i
Lyngby Åmose. Samme skitse findes på bilag 16.



Figur 9-13 Skitse af hvordan den simple naturnære plankesti vil opleves i Lyngby Åmose.

9.5 Trampestier

Trampestierne er dynamiske naturstier. Trampestierne er defineret ved at være eksisterende grusstier, der forbliver, men ikke vedligeholdes på særlig højt niveau. Det forventes at stierne over år vil gro lidt til og give naturen mere plads og dermed snævre ind til mere egentlige trampestier. Det forventes at etablering af boardwalks vil sænke publikumspresset på trampestierne. Ophør af det høje vedligeholdelsesniveau vil gøre, at stierne ikke vil være farbare hele året. Stierne kan benyttes på naturens præmisser og vil derfor primært være "sommerstier". Trampestierne skal ses som et supplement til de andre stier. De ligger alle sammen på tværstier, som i dag ikke benyttes meget. Alle 3 løsningsforslag rummer mulighed for at gå andre veje hele året. Trampestier som en del af stisystemet i Lyngby Åmose vil skulle evalueres efter en mindre årrække. Herefter er det muligt at erfaringen viser at stierne enten skal opgraderes i vedligehold eller nedlægges hvis stierne er sunket for meget i forhold til vedligeholdelsesbudgettet. Trampestierne er med i projektløsningen af flere årsager. Trampestierne kræver en begrænset økonomi. Trampestierne tager hensyn til naturen i den forstand at der ikke skal maskiner ud og anlægge boardwalks her og

publikumstrykket forventes samtidig at falde på strækninger med trampestier. En vigtig pointe med udlægning af trampestier er at trampestier er et andet tilbud til de besøgende. Ved anlæg af de nye stier i Lyngby Åmose vil størstedelen af stistrækningerne bortset fra Prinsessestien være med boardwalks af den ene eller anden type og det giver en anden naturoplevelse end den man får på trampestien hvor man er mere tæt på naturen.

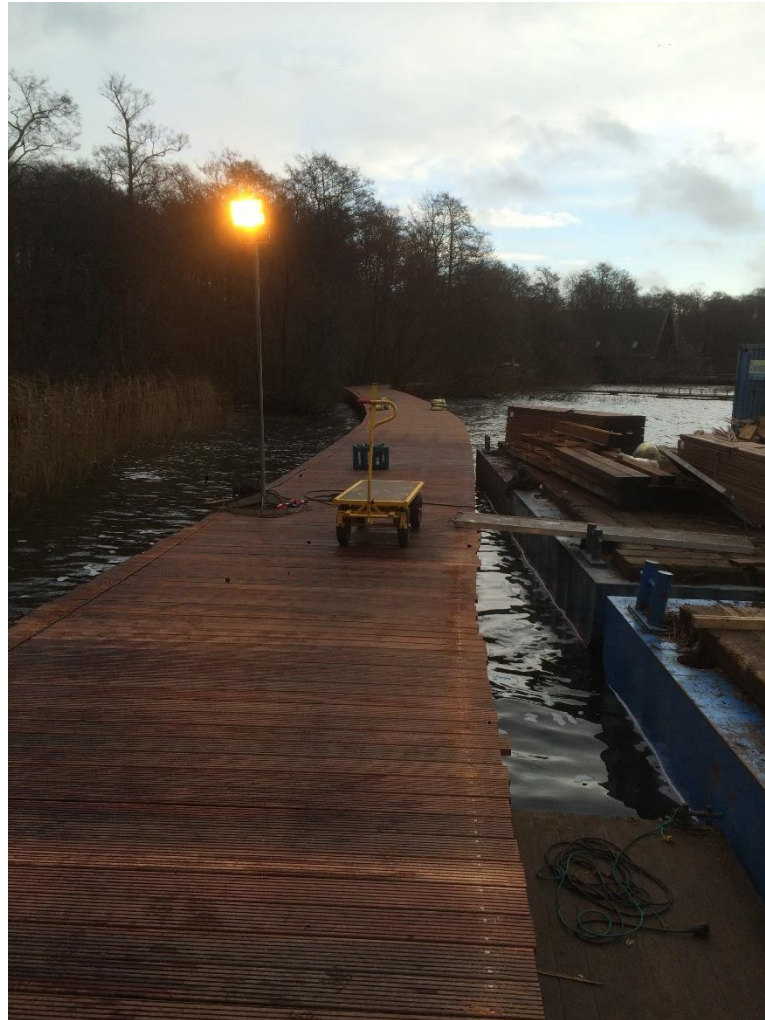
9.6 Opsummering af anlægstekniske udfordringer

9.6.1 Bred boardwalk

Det vurderes at der vil være flere udfordringer forbundet med anlægsarbejdet af den brede boardwalk hvilket hovedsageligt skyldes at anlægget af boardwalken kræver et arbejdsbælte og brug af tungt maskineri. Brug af tungt maskineri i Lyngby Åmose vil kunne komprimere jorden, der hvor der køres og den naturlige vegetation vil uanset køreplader og andre hensyn blive udsat for en midlertidig forstyrrelse. Derfor vil det være væsentligt nøje at planlægge hvor arbejdsbæltet placeres bedst. Nogle steder er der så meget publikumsslid langs stisystemet, at der er plads til et arbejdsbælte, andre steder vil der blive behov for at rydde plads til arbejdsbæltet. Det vil være hensigtsmæssigt med et biologisk tilsyn der fastlægger den bedste arbejdsvej i mosen. Det vil blive nødvendigt at bruge køreplader og/eller køremadrasser, eller at anvende amfibie køretøjer, som er beregnet til de særlige arbejdsforhold.

De formodede varierende fastbundsforhold i mosen, kan betyde at man nogle steder må supplere træpælene med stålpile for overhovedet at kunne nå fast bund. Derudover skal pælene rammes ned i jorden hvilket nødvendiggør stort tungt maskineri, særligt når man anvender pile over 10 meter. Som alternativ til lange pile kan man benytte koblede stålpile, hvilket medfører, at der kan anvendes mindre materiel.

Ved søkanten kan den brede boardwalk anlægges fra søen med pram således belastes åmosens natur mindre, se Figur 9-14



Figur 9-14 Anlæg af Christian Winthers Sti ved Furesøen, prammen kan ses til højre på billedet, Foto Kystsikring Aps.

9.6.2 Boardwalk

For den anden type boardwalk gælder ikke de samme udfordringer i forhold til arbejdsforhold, dog må det forventes at der skal anlægges et mindre arbejdsbælte. Grunden til at arbejdsbæltet ved den mindre boardwalk er mindre skyldes at de pløkke der skal rammes i jorden kun måler 1,5 m stykket og således kan rammes uden brug af store maskiner. Samtidig forlænges de også kun med 1,5 m ad gangen. Denne type anlægsarbejde bringer dog andre udfordringer. Først og fremmest afhænger funderingen af boardwalken af, om der kan opnås en tilstrækkelig modstand ved ramning af pløkke, uden at de skal ramme fast bund. Hvor langt ned man skal, vil variere fra punkt til punkt, og det er ikke muligt at fastslå på forhånd. Dette kan både fordyre og forsinke processen betragteligt, hvis der opstår mange problemområder. Da pløkkene skal rammes i jorden i vinkel, for at opnå tilstrækkelig modstand og styrke, vil de skulle igennem rodzonen på træer langs med stiforløbene. Dette kan betyde at det nogle steder vil være nødvendigt at ændre stederne for ramning af pløkke indtil de ønskede forhold opnås. Anlægsarbejdet er dog hurtigt og relativt nemt, så det vil ofte være muligt for entreprenøren at omgå problemerne uden store

forsinkelser. For at afdække jordbundsforholdene yderligere kan man foretage en kortlægning af det forventede niveau til overside af de bæredygtige aflejringer ved brug af geofysik, hvor man måler den elektriske modstand i jorden. På baggrund af denne tolkning kan man vurdere på det forventede funderingsniveau.

10 Skitseforslag

De 3 skitseforslag er vist på bilag 5, 6 og 7.

Fælles for alle skitseforslag er, at tre stistrækninger sløjfes, nemlig T3, T10 og B. Tværstien T4 bliver opgraderet i alle skitseforslag og foreslås anlagt i den brede boardwalk på 2,9 m. Denne solide boardwalk kan benyttes af både gående og cyklister, og der er plads til cykelpendlere i begge retninger. Tværstien T3, der går fra Nybro til driftsbygningen ved Prinsessestien og Åmosebakken, sløjfes, da den bliver overflødig med den solide fællessti. Vigtigt er også, at ved nedlæggelsen af gangstien får den sårbare natur mere plads, og stien ligger overen i en prioriteret naturtype. Samtidig bygger denne beslutning på, at resultatet af brugerundersøgelsen viser, at der er flere gående, der benytter cykelstien end gangstien. Resultaterne fra STRAVA viser også, at der er en høj intensitet af løbere på cykelstien, mens der er en lav aktivitet på gangstien. Sløjfning af småstierne T10 og B skyldes også en prioritering af naturværdierne, og at de vurderes at være overflødige.

10.1 Den optimale løsning

På bilag 7 ses den optimale løsning. Ved den optimale løsning vil de besøgende opleve en høj grad af sammenhæng, når de bevæger sig på de nye stier i Lyngby Åmose. Fra projektområdets sydvestlige hjørne langs Mølleåen, langs kanten af Lyngby Sø, omkring projektområdets nordøstlige hjørne, forbi det største af de tre fattigkær og op til den tørre del af Prinsessestien forløber den 2,9 m brede boardwalk af meget høj kvalitet. Herfra bevares den tørre del af Prinsessestien som grussti, da denne løsning fungerer fint i dag og også vil fungere med vandstandshævningen. Tværstierne T5, T6 og T7 bliver anlagt som boardwalks på 1,84 m og sikrer brugere bortset fra cyklister mange muligheder for forskellige rundture året rundt. T2 bliver trampesti der primært er en "sommerstier", som giver en naturnær oplevelse på naturens præmisser. Benyttes de om vinteren, kan gummistøvler være nødvendige. T2 er dog ikke ret våd. Strækningen T8 får en naturnær plankesti, der sætter prikken over i'et på den optimale løsning. Her er en ekstra oplevelsesmulighed, når børn og voksne bevæger sig ud i naturen på denne smalle plankesti langs med det store fattigkær.

Samlet set sikrer løsningen, at der i meget høj grad tages højde for vandstandsstigningen, så borgerne kan komme tørskoede rundt i Lyngby Åmose på alle årstider og med mange forskellige muligheder for rundture og oplevelser. Langt størstedelen af stisystemet kan benyttes i vinterhalvåret, og de stier der ikke kan, er lukket af naturhensyn. Borgerne får en løsning, der i meget høj grad byder på stor rekreativ oplevelse i naturen. Se den opsummerende Tabel 10-1 der viser, at alle succeskriterier er opfyldt i meget høj grad med den optimale løsning.

10.2 Mellemløsningen

På bilag 6 ses mellemløsningen. Mellemløsningen giver, som i den optimale løsning, de besøgende en høj grad af sammenhæng, når de bevæger sig på de nye stier i Lyngby Åmose. Lige som i det optimale forslag vil der være en lang sammenhængende strækning med boardwalk – blot med en smallere og mindre vel-funderet type. Fra projektområdets sydvestlige hjørne langs Mølleåen, langs kanten af Lyngby Sø og til projektområdets nordøstlige hjørne. Herfra fortsætter en strækning med bred boardwalk ad P8 og P7, forbi det største af de tre fattigkær og op til den tørre del af Prinsessestien. Herfra bevares den tørre del af Prinsessestien som grussti, da denne løsning fungerer fint i dag, og også vil fungere efter vandstandsstigningen. T2 og T5 bliver trampestier, der primært er "sommerstier", som giver en naturnær oplevelse på naturens præmisser. Benyttes de om vinteren, kan gummistøvler være nødvendige. T2 er dog ikke ret våd. T6 og T7 anlægges i samme boardwalk som strækningen langs søen. Strækningen T8 får en naturnær plankesti ligesom i den optimale løsning. Her er en ekstra oplevelsesmulighed, når børn og voksne bevæger sig ud i naturen på denne smalle plankesti langs med det store fattigkær.

Samlet set sikrer løsningen, der i meget høj grad tages højde for vandstandsstigningen, at borgerne kan komme tørskoede rundt i Lyngby Åmose på alle årstider og med mange forskellige muligheder for rundture og oplevelser. Der er dog en enkelt sti (T5), der i mellemløsningen ikke er boardwalk, som i den optimale løsning, men udlagt til trampesti. Langt størstedelen af stisystemet kan benyttes i vinterhalvåret, og de stier der ikke kan benyttes, er lukket for at skåne naturen samt af økonomi-prioriterings hensyn. Valget af den mindre brede boardwalk skyldes en økonomisk prioritering. Borgerne får en løsningen, der i høj grad byder på stor rekreativ oplevelse i naturen. Se den opsummerende Tabel 10-1, der viser at to af succeskriterierne er opfyldt i meget høj grad mens tre er opfyldt i høj grad.

10.3 Budgetløsningen

Bilag 5 viser budgetløsningen. Løsningen er noget mere fragmenteret idet der Udelukkende anlægges boardwalk på de vådeste strækninger i mosen. Der anlægges 4 strækninger af den smalle boardwalk på 1.84 m. Ind imellem disse strækninger er grussti som skal vedligeholdes som i dag med gentagende hulopfyldning. Prinsessestien bevares som i de andre foreslag og P7 og P8 etableres som bred boardwalk. T4 bliver også bred boardwalk. Strækningen vurderes at være så vigtig for pendlercyklister, at en mindre boardwalk ikke vil være tilstrækkelig, da den er for smal og kan blive for glat, hvis den anlægges som ved Sjælsø. Samtidig vurderes det at være fordelagtigt, at slå gang og cykelstien sammen fra Nybro til Åmosebakken, da T3 vil kræve meget vedligehold med vandstandsstigningen. Ydermere virker det voldsomt at have to stier, der belaster den sårbare natur så tæt på hinanden.

Samlet set sikrer løsningen, at der tages højde for vandstandsstigningen så borgerne kan benytte Lyngby Åmose på alle årstider, dog med en begrænset mulighed for tørskoede rundture i forhold til den optimale løsning og mellemløsningen. Budgetløsningen sikrer borgerne en bedre rekreativ oplevelse end i dag. Løsningen vil dog ikke være på niveau med de andre løsninger, da lange strækninger af boardwalks er sparet væk, og løsningen fremstår mere fragmenteret.

Den naturnære plankesti er ikke en del af løsningen, og den brede boardwalk er kun planlagt til den vigtige pendlersti fra Nybro til Åmosebakken. Budgetløsningen tager hensyn til den sårbare natur, men kun i mindre grad da der stadig vil være en del strækninger, hvor de besøgende vil gå uden for stierne særligt i vinterhalvåret. Se den opsummerende Tabel 10-1, der viser at alle succeskriterier er opfyldt.

10.4 Opfyldelse af succeskriterier

I indledningen blev opsat 5 succeskriterier for stiløsningerne. I Tabel 10-1 ses en vurdering af, i hvor høj grad de 3 stiløsninger lever op til disse succeskriterier når stisystemet er etableret. Ved V er succeskriteriet netop opfyldt. Ved VV Er succeskriteriet opfyldt på middelniveau. Ved VVV er succeskriteriet opfyldt på højt niveau.

Tabel 10-1 Opfyldelse af succeskriterier

Succeskriterium	Optimale løsning	Mellemløsning	Budgetløsning
Tager højde for øget vandstand	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓
Gør færdsel mulig hele året	✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓
Større rekreativ oplevelse end i dag	✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓
Tager hensyn til den sårbare og værdifulde natur	✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓
Mindske fremtidige vedligeholdelsesbudget	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓

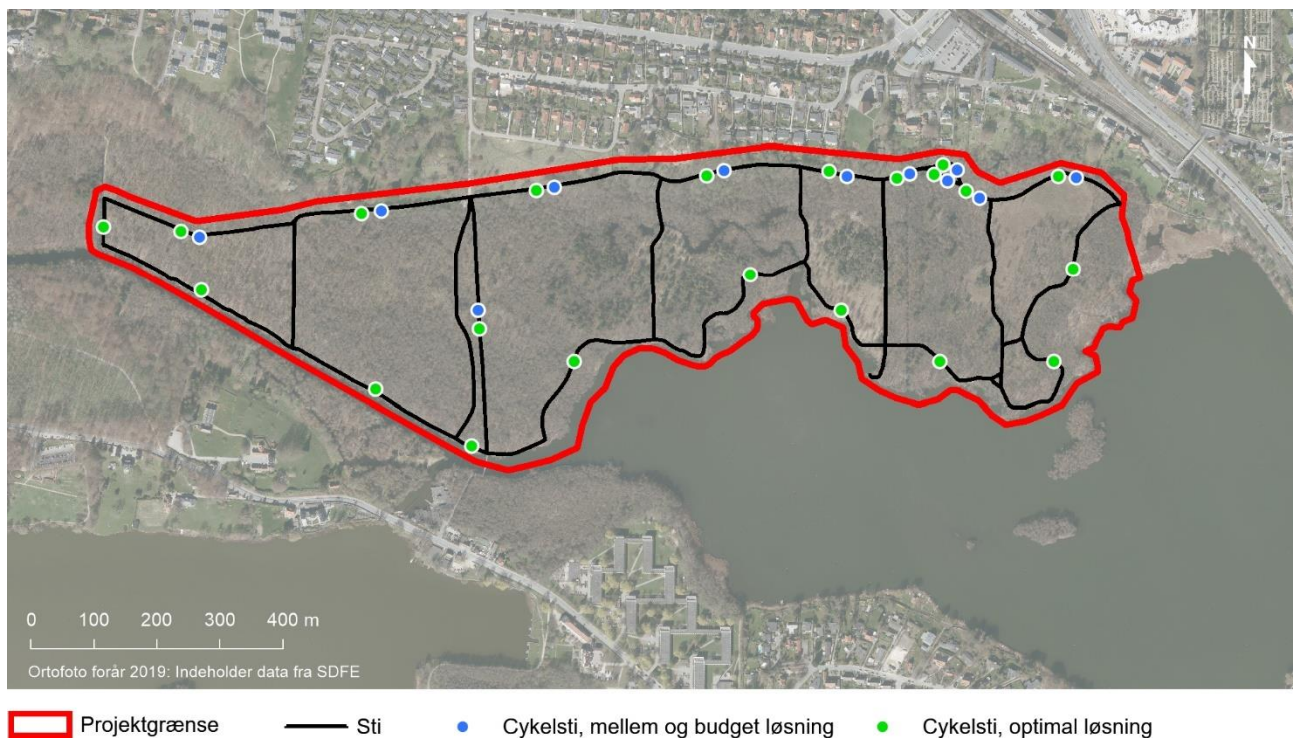
11 Begrundet plan for den fremadrettede brug af stierne

De tre løsningsforslag rummer ikke samme muligheder for den fremtidige brug af stisystemet i Lyngby Åmose.

I den optimale løsning vil de mange kilometer med den brede boardwalk sikre, at der er god mulighed for både at cykle og gå i Lyngby Åmose året rundt. Der vil kunne cykles på den brede boardwalk og Prinsessestien og tværsti T1 samt tværsti T4. Dette giver mulighed for en lang rundtur i hele Lyngby Åmose og mulighed for at komme på tværs af Åmosen ved Nybro.

Mellemløsningen og den simple løsning vil begrænse cyklisternes muligheder i Lyngby Åmose, idet der ikke vil være mulighed for at cykle langs Mølleåen og langs Lyngby Sø, da den smalle boardwalk ikke er egnet til både cyklister og gående. Det vurderes at det bliver for farligt og for utrygt at have både cykler og gående i to retninger på 1.84 m.

Alle løsninger sikrer, at den mest benyttede cykelsti, tværsti T4, mellem Nybro og Åmosebakken har en løsning med en bred sti af høj kvalitet. Denne strækning er højt prioriteret, da brugerundersøgelsen samt feltundersøgelserne viste, at rigtig mange cykler over Mølleåen og gennem mosen ad denne tværsti på vej til og fra f.eks. arbejde.



Figur 11-1 Fremtidige muligheder for at benytte stisystemerne som cyklist

Lyngby Taarbæk Kommunes driftsafdeling vil kunne køre med deres Farmer hele vejen rundt om Lyngby Åmose på Prinsessestien, Langs Mølleåen og Langs Lyngby Sø. Desuden kan der køres på tværstien fra driftsbygningen ved Åmosebakken og Prinsessestien og ned til Nybro. Alle boardwalks kan klare de 1500 kg som Farmeren trykker med. De 3 stiløsninger giver forskellige mere eller mindre begrænsede muligheder for hvor Farmeren kan køre idet den ikke kan køre på trampestierne og de naturære plankestier. Skal serviceniveauet mht. tømning af skraldespande opretholdes vil det nogen steder skulle foregå manuelt. Det bør dog overvejes at skære ned på antallet af skraldespande i Lyngby Åmose, da der er virkelig mange og dermed et stort forbrug af driftstimer. Samtidig skæmmes de mange skraldespande. Det burde blot være nødvendigt med skraldespande ved de vigtigste indgangspunkter til mosen.

12 Anlægsoverslag og driftsoverslag

Alle anlægsoverslag indeholder udelukkende anlægsudgifter. Overslagene inkluderer således ikke udgifter til uforudsete udgifter, geotekniske/geofysiske undersøgelser, projektering, tilsyn, projektledelse eller andre rådgivningsydelser.

Det er COWI's vurdering at den smalleste type af boardwalk, EB Broen, medfører risiko for sætningsskader. Dette er der ikke taget højde for i nedenstående overslag over driftsomkostningerne for de forskellige løsninger. Driftsudgifterne dækker således udelukkende almindeligt vedligehold, såsom at holde brodækket fri for blade og mudder, og ikke udbedring af eventuelle sætningsskader.

12.1 Stisystemet i dag

I dag vedligeholdes de enkelte stier løbende ved bl.a. påfyldning af grus og udskiftning af træsveller langs med stierne. I nedenstående tabel ses et overslag over de fremtidige årlige driftsudgifter med den eksisterende stiløsning baseret på de seneste 6 års årlige driftsomkostninger. Beregningen omfatter det gennemsnitlige forbrug af mandetimer og materialer, samt maskiner og øvrige udgifter.

Tabel 12-1 Overslag over årlige driftsomkostninger for stisystemet som det ser ud i dag.

Post	Identifikation	Mængde		Enhedspris		Pris	
1	Mandetimer						
1.1	Lønomkostninger	506	ti-mer	381	kr./t	192.786	kr.
2	Årlige udgifter til materialer						
2.2	Stabilgrus	17,935	m³	272,25	kr./ m³	4.883,08	kr.
2.3	Fingrus	4,583	m³	381,6	kr./ m³	1.748,88	kr.
3	Øvrige udgifter						
3.1	Maskinudgifter	n/a	n/a	n/a	n/a	10.760,40	kr.
3.2	Øvrige udgifter	n/a	n/a	n/a	n/a	17.539,14	kr.
Sum						227.718,50	kr.
Afrundet						228.000,00	kr.

Som det kan ses, er langt den største udgift lønomkostningerne. Det er værd at nævne, at timeprisen for driftsmedarbejderne steg fra 316 kr./t til 381 kr./t pr.

1. februar 2018. Udover stabilgrus og fingrus bruges der også årligt et antal træsveller og mindre træstammer til at udskifte faskiner langs med stierne. Det har ikke været muligt at prissætte det årlige behov for sveller/stammer.

Vedligeholdelsesudgifterne svinger fra år til år og afhænger kraftigt af vejrforholdene for det pågældende år. For år med særligt meget nedbør må det forventes, at driftsudgifterne vil være væsentligt højere, mens de i tørre år vil være noget lavere. Fælles for alle år er dog, at stierne kræver en del vedligeholdelse. I løbet af de seneste 6 år er der anvendt alt fra 233 mandetimer i 2013 til 878,25 mandetimer i 2014 (Lyngby-Taarbæk Kommune, 2019). Dvs. at hvis der kommer endnu et år med lige så stort behov for mandetimer, vil driftsudgifterne komme op på ca. 370.000 kr.

12.2 Den optimale løsning

I den optimale løsning kombineres alle tre forskellige typer af boardwalks, samt udvalgte grusstier, i en løsning som optimerer oplevelsen af Lyngby Åmose stisystem. Der bliver omkring 4 km boardwalk samt 300 m simpel plankesti. Samtidig sløjfes i alt 496 m grussti, ved bl.a. at lave en kombineret gang- og cykelsti fra broen over Mølleå og op til Prinsessestien, i stedet for at bibeholde de to adskilte stier, der findes i dag. Derudover sløjfes tre mindre stistykker, da de vurderes at være unødvendige i et naturområde med så omfangsrigt et stisystem. Med de sløjfede stier får den sårbare natur dermed bedre plads til at udvikle sig.

Tabel 12-2 viser et samlet anlægsoverslag for løsningsmodellen.

Tabel 12-2 Overslag anlægsgudgifter for optimal løsning

Post	Identifikation	Længde		Pris pr. m	Pris		
1	Boardwalks						
1.1	Bred boardwalk	3068	m	8.000 ⁴	kr./m	25.544.000,00	kr.
1.2	Boardwalk	681	m	3.500	kr./m	2.383.500,00	kr.
1.3	Simpel plankesti	301	m	600	kr./m	180.600,00 kr.	kr.

⁴ Entreprenøren bag prisen, Kystsikring Aps, angav prisen som 6.000 kr./m. COWI vurderer dog denne pris for lav grundet forholdene i mosen, og erfaring fra tidligere projekter. Prisen er derfor sat til 8.000 kr./m for at være godt dækket ind.

Delsum		4050	m	27.108.100,00			kr.
2	Klargøring af eksisterende stier						
2.1	Våd sti	0	m	42,74	kr./m	0,00	kr.
2.2	Tør sti	1510	m	21,37	kr./m	32.268,70	kr.
2.3	Tram-pesti	276	m	4,27	kr./m	1.178,52	kr.
Delsum		1786	m	33.447,22			kr.
3	Sløjfes						
3.1	Sløjfes	496	m	0,00	kr./m	0,00	kr.
Delsum		496	m	0,00			kr.
Sum		5836	m	27.141.547,22			kr.
Afrundet			27.100.000,00			kr.	

Priser på boardwalks er baseret på telefoniske samtaler med Preben Winther, indehaver af Kystsikring Aps, og Claus Andreasen, direktør i NBC Marine. Kystsikring Aps udførte entreprenør arbejdet for Chr. Winthers Sti omkring Furesøen og blev bedt om at give et forsigtigt bud på en tilsvarende løsning i Lyngby Åmose, dog med lærketræ som brodække frem for azobé, et eksotisk hårdttræ. NBC Marine leverer EB Bro-systemet, som er beskrevet i afsnit 9.3, og blev bedt om det samme.

Da det kræver geotekniske forundersøgelser at give endelige overslag over nødvendige materialer, herunder pæle og længden på disse, har vi bedt entreprenører om at komme med et samlet overslag pr. løbende meter boardwalk. De ovenstående tal inkluderer således alle anlægsudgifter, herunder materialeomkostninger og montering, samt udgifter til rydning af arbejdsbælter. For den brede boardwalk gælder der en vis usikkerhed angående den konkrete arbejds-gang, da de vanskelige forhold i mosen besværliggør den almindelige arbejds-gang med anvendelse af store tunge maskiner. Ifølge Kystsikring Aps er dette medregnet i overslaget, men prisen vil i sidste ende afhænge af, hvordan den brede boardwalk tænkes anlagt. Entreprenøren nævner køreplader, køremadras-ser eller amfibiemaskine som mulige løsningsforslag. Såfremt der ønskes udpos-ninger på den brede boardwalk, som beskrevet i afsnit 8, kan disse etableres for ca. 2.800 kr/m² (Kystsikring Aps, 2020). Ønskes der udposninger på den anden type boardwalk, kan disse etableres for ca. 1.900 kr/m² (NBC Marine, 2020).

Priserne for klargøring af de eksisterende stier i Lyngby Åmose er baseret på de gennemsnitlige årlige driftsomkostninger pr. meter sti i løbet af de seneste 6 år. Klargøringspriserne afspejler, at aflønning pr. mandetime for kommunens drift af stierne i mosen steg med ca. 17 % fra 316 kr./t til 381 kr./t pr. 1. februar 2018. Beregningerne bygger på et gennemsnitligt årligt forbrug af mandetimer på 506, som oplyst af kommunens driftsafdeling. Priserne er efterfølgende vægtet, da der er stor forskel på, hvor vedligeholdelseskærvende de enkelte stier i mosen er. Stierne er således inddelt i "våde" og "tørre" stier. De tørre stier er det meste af Prinsessestien i nord, samt stierne i det sydvestlige hjørne af projektområdet. De våde stier er alle de øvrige grusstier. Vægtingen er gjort sådan, at tørre stier koster halvt så meget som de våde stier i vedligeholdelse pr. meter sti. Derudover er enkelte stier udvalgt som såkaldte trampestier. Trampestierne har fået et overslag til vedligeholdelse på 10 % af de våde stiers pris pr. meter.

For at sikre at de nye stier forbliver i god stand, og for at forhindre at brodækkene bliver dækket af blade mv. må der påregnes en drift af stierne. Ved samtalerne med de to entreprenører har COWI spurgt ind til deres erfaring hermed, og begge mener ikke at der er behov for vedligehold. Rudersdal Kommune er også adspurgt, og Christian Winthers sti kræver p.t. ikke vedligeholdelse i form af fejning af blade. Dog kan de to lokaliteter ikke sammenlignes, da der ofte er kraftig blæst ved Christian Winthers sti ved Furesøen. Vejrforholdene er anderledes i Lyngby Åmose, hvor en del af stistrækningerne ligger i fuldstændig læ. Tabel 12-3 viser et overslag over årlige driftsomkostninger for løsningsforslaget.

Tabel 12-3 Overslag driftsomkostninger for optimalløsning

Post	Identifikation	Mængde	Enhedspris	Pris
1	Drift af boardwalks (4.050 meter)			
1.1	Mandetimer	65 t	381 kr./t	24.765,00 kr.
2	Drift af grusstier (1.786 meter)			
2.1	Våd sti	0 m	42,74 kr./m	0,00 kr.
2.2	Tør sti	1510 m	21,37 kr./m	32.268,70 kr.
2.3	Trampesti	276 m	4,27 kr./m	1.178,52 kr.
3	Sløjfes			
3.1	Sløjfes	496 m	0,00 kr./m	0,00 kr.
Sum		5836 m		58.212,22 kr.
Afrundet				58.000,00 kr.

De 65 timer årligt er baseret på et driftsbehov i mandetimer på lidt mere end 5 timer månedligt til almindeligt vedligehold af stierne. Dette dækker over fejning af blade og rydning af mudder. Udover almindeligt vedligehold vil det på et tidspunkt blive nødvendigt at foretage løbende udskiftninger af planker i brodækket grundet naturligt slid fra de våde forhold. De første mange år vil dette kun være i tilfælde af skader på brodækket, og altså ikke almindeligt slid. Hvor lang tid brodækket holder vil afhænge af hvilken træsort der vælges.

Det er vigtigt at fremhæve, at udbyttet af mandetimer anvendt til drift og vedligehold af boardwalks er betydeligt større end udbytte af vedligehold af de nuværende grusstier, da adgangsforholdene og oplevelsen for brugere af Lyngby Åmose vil være en hel anden end den er i dag.

Anlægsoverslagene for drift af grusstier er baseret på de gennemsnitlige samlede driftsomkostninger årligt pr. meter sti og inkluderer både mandetimer og materialeomkostninger, samt udgifter til maskiner mv.

12.3 Mellemløsningen

I mellemløsningen kombineres alle tre typer af boardwalks ligeledes, men den dyrere brede boardwalk nedprioriteres til fordel for den billigere almindelige boardwalk. Derudover udpeges endnu en grussti som trampesti, hvilket sænker driftsomkostningerne. I alt bliver der 3.7 km boardwalk fordelt på ca. 700 meter bred boardwalk, 300 meter simpel plankesti og resten som almindelig boardwalk. De 408 meter af den brede boardwalk skal løbe fra Mølleå og op til Prinsessestien, da dette stistykke er meget anvendt af både gående og cyklende. Den brede boardwalk vil muliggøre helt at sløjfe den nuværende grussti til gående, som forløber langs med cykelstien. Dette vil også bidrage til at mindske drifts- og anlægsomkostningerne. Der foreslås også anlagt den brede boardwalk på Prinsessestiens to strækninger P7 og P8 da dette giver mulighed for at der kan cykles på denne strækning og dermed cykles på tværs af området. Som i det optimale løsningsforslag foreslås to mindre stistykker sløjfet, da de vurderes at være unødvendige for adgangsforholdene i mosen, samt den nuværende gåsti langs med cykelstien fra broen over Mølleå til Prinsessestien.

Tabel 12-4 Overslag anlægsudgifter for mellemløsning

Post	Identifikation	Længde		Pris pr. m		Pris	
1	Boardwalks						
1.1	Bred boardwalk	693	m	8.000	kr./m	5.544.000,00	kr.
1.2	Boardwalk	2.794	m	3.500	kr./m	9.779.000,00	kr.
1.3	Simpel planke-sti	301	m	600	kr./m	180.600,00	kr.
Delsum		3.788	m			15.503.600,00	kr.

Post	Identifikation	Længde		Pris pr. m		Pris	
2	Klargøring af eksisterende stier						
2.1	Våd sti	0	m	42,74	kr./m	0,00	kr.
2.2	Tør sti	1.510	m	21,37	kr./m	32.268,70	kr.
2.3	Trampesti	538	m	4,27	kr./m	2.297,26	kr.
Delsum		2048	m			34.565,96	kr.
3	Sløjfes						
3.1	Sløjfes	496	m	0,00	kr./m	0,00	kr.
Delsum		496	m			0,00	kr.
Sum		5836	m			15.538.165,96	kr.
Afrundet						15.500.000,00	kr.

Anlægsoverslaget er beregnet på samme måde som for den optimale løsning, og inkluderer således både mandetimer og materialeomkostninger, samt andre nødvendige anlægsudgifter. Klargøringen af eksisterende stier er anført som det samme som et helt års drift af grusstierne, se Tabel 12-5. Dette er gjort for at sikre, at stierne kan bringes op på et niveau, som matcher de nyanlagte boardwalks for derved at sikre den samlede oplevelse af løsningsforslaget.

Som i den optimale løsning vil de nye boardwalks kræve en vis løbende drift, for at sikre optimale adgangsforhold i Lyngby Åmose. Den samlede længde boardwalk, som skal driftes er lidt kortere dvs. 3.788 meter frem for 4.050 meter. I Tabel 12-5 findes et overslag over årlige driftsomkostninger for mellemløsningen.

Tabel 12-5 Overslag driftsomkostninger for mellemløsning

Post	Identifikation	Mængde		Enhedspris		Pris	
1	Drift af boardwalks (3.788 meter)						
1.1	Mandetimer	61	t	381	kr./t	23.241,00	kr.
2	Drift af grusstier (2.048 meter)						

2.1	Våd sti	0	m	42,74	kr./m	0,00	kr.
2.2	Tør sti	1510	m	21,37	kr./m	32.268,70	kr.
2.3	Trampesti	538	m	4,27	kr./m	2.297,26	kr.
3	Sløjfes						
3.1	Sløjfes	496	m	0,00	kr./m	0	kr.
Sum		5836	m	-		57.806,96	kr.
Afrundet						58.000,00	kr.

For at sikre forsvarlige adgangsforhold er driftsomkostninger for boardwalks beregnet ud fra samme forhold mellem antal meter boardwalk og antal mandetimer nødvendige for rydning af smat og mudder m.v. Dette giver årligt 61 mandetimer, som således kun er en mindre besparelse end i den optimale løsning. Dette skyldes at der kun er ca. 260 meters boardwalk til forskel på de to løsningsforslag.

Udover drift af boardwalks skal grusstierne naturligvis fortsat vedligeholdes. Overslagene over denne vedligeholdelse er baseret på de sidste 6 års samlede årlige driftsomkostninger til drift og pleje af grusstierne i Lyngby Åmose. Priserne angivet pr. meter inkluderer således alle udgifter forbundet med driften, herunder lønomkostninger og materialeomkostninger, samt udgifter til maskiner.

12.4 Budgetløsningen

I budgetløsningen prioriteres adgang frem for oplevelse. Der er derfor udvalgt i alt 2.192 meter sti, som ønskes anlagt som boardwalk for at sikre adgangen til og igennem Lyngby Åmose. De ca. 2.2 kilometer boardwalk vil blive udført som en kombination af bred og almindelig boardwalk, ligesom i de øvrige forslag. Igen foreslås der anlagt den brede boardwalk, som en kombineret gå- og cykelsti på T4. Denne sti vil udgøre en trafikal hovedåre fra broen over Mølleåen og op til Prinsessestien. Der foreslås også anlagt den brede boardwalk på Prinsessestiens to strækninger P7 og P8 da dette giver mulighed for at der kan cykles på denne strækning og dermed cykles på tværs af området. Derudover foreslås der anlagt almindelig boardwalk på de vigtigste af de grusstier, der benævnes som "våde stier". Dette er de stier, der er mest drifts- og vedligeholdelseskrævende i dag, og de stier som oftest volder problemer for besøgende. Der sløjfes ydermere de samme grusstier, i alt 496 m, som i de øvrige forslag. I Tabel 12-6 fremgår et overslag over de samlede anlægsudgifter for løsningsforslaget.

Tabel 12-6 Overslag anlægsudgifter for budgetløsning

Post	Identifikation	Længde		Pris pr. m		Pris	
1	Boardwalks						
1.1	Bred boardwalk	693	m	8.000	kr./m	5.544.000,00	kr.
1.2	Boardwalk	1497	m	3.500	kr./m	5.239.500,00	kr.
Delsum		2190	m			10.783.500,00	kr.
2	Klargøring af eksisterende stier						
2.1	Våd sti	673	m	42,74	kr./m	28.764,02	kr.
2.2	Tør sti	1981	m	21,37	kr./m	42.333,97	kr.
2.3	Trampesti	992	m	4,27	kr./m	4.235,84	kr.
Delsum		3646	m			75.333,83	kr.
3	Sløjfes						
3.1	Sløjfes	496	m	0,00	kr./m	0	kr.
Delsum		496	m			0	kr.
Sum		5836	m			10.858.833,83	kr.
Afrundet						10.900.000,00	kr.

Anlægsoverslaget er beregnet på samme måde som for de øvrige løsningsforslag, og giver således et overblik over de enkelte stisystemers samlede anlægsudgifter pr. løbende meter, inklusive materialeomkostninger, samt et samlet anlægsoverslag for hele løsningsforslaget.

Klargøringsudgifterne for de bibeholdte grusstier er noget højere end i de øvrige forslag, fordi der i dette forslag beholdes i alt 673 m af de såkaldte "våde stier", som kræver flere midler at vedligeholde. Klargøringsudgifterne er anført som de samme som et helt års drift af grusstierne, se Tabel 12-7. Dette er gjort for at sikre, at stierne kan bringes op på et niveau som matcher de nyanlagte stier for at sikre den samlede oplevelse af løsningsforslaget.

Udover anlægsudgifter vil der også være løbende driftsudgifter forbundet med løsningsforslaget. Et overslag over disse kan ses i Tabel 12-7.

Tabel 12-7 Overslag driftsomkostninger for budgetløsningen

Post	Identifikation	Mængde		Enhedspris		Pris	
1	Drift af boardwalks (2.190 meter)						
1.1	Mandetimer	39	t	381	kr./t	14.859,00	kr.
2	Drift af grusstier (3.646 meter)						
2.1	Våd sti	673	m	42,74	kr./m	28.764,02	kr.
2.2	Tør sti	1981	m	21,37	kr./m	42.333,97	kr.
2.3	Trampesti	992	m	4,27	kr./m	4.235,84	kr.
3	Sløjfes						
3.1	Sløjfes	496	m	0,00	kr./m	0	kr.
Sum		5836	m			90.193,01	kr.
Afrundet						90.000,00	kr.

Fordi der bibeholdes 673 meter af de våde stier, og fordi der i alt vil være 3.646 meter grussti, frem for hhv. 2.048 m og 1.786 m som i de to øvrige løsningsforslag, vil driftsomkostningerne være væsentligt højere. I alt knap 90.000,- mod ca. 58.000,- om året i de øvrige forslag. Selvom dette ikke nødvendigvis lyder af meget, er det vigtigt at fremhæve, at driftsudgifter til grusstier er baseret på de nuværende gennemsnitlige driftsudgifter, og repræsenterer således ikke et driftsbudget som sikrer de samme adgangsforhold som i de øvrige løsningsforslag. Som beskrevet i kapitel 2, er der i dag betydelige problemer med stående vand på særligt de våde stier. Ligesom for de øvrige forslag inkluder driftsudgifter til grusstier både lønomkostninger, materialer og maskinudgifter i en samlet gennemsnitspris pr. løbende meter grussti, inddelt i våde og tørre stier.

Løsningsforslaget muliggør adgang til og igennem mosen, men det må forventes at enkelte, mindre nødvendige stier kan stå under vand i perioder med meget nedbør. I disse situationer sikrer de planlagte boardwalks og de tørre stier, at man fortsat kan bevæge sig igennem mosen.

13 Tidsplan for entreprenørarbejdet

En groft anslået tidsplan for hvor lang tid det vil tage at udføre de 3 løsninger ses nedenfor. Den brede boardwalk kan etableres med ca. 10 m bro pr. dag, den og den smallere boardwalk med ca. 20 m bro pr. dag. Den simple naturnære stibro kan anlægges med omkring 40 m pr. dag. Klargøring af grusstier er ikke

medtaget, da det forventes at kommunens egen driftsafdeling vil skulle stå for denne del.

- > Den optimale løsning kan etableres på ca. 349 arbejdsdage, hvilket svarer til næsten 17 måneder, med gennemsnitligt 21 arbejdsdage pr. måned.
- > Mellemløsningen kan etableres på ca. 217 arbejdsdage, hvilket svarer til lidt over 10 måneder.
- > Budgetløsningen kan etableres på ca. 144 arbejdsdage, hvilket svarer til næsten 7 måneder.

Hertil kommer anstilling af arbejdsplads.

14 Konklusion

Stierne i Lyngby Åmose er i dag så våde mange steder, at de ikke er farbare, og mange borgere er frustrerede over ikke at kunne få en bedre oplevelse i naturområdet. Når vandstanden på sigt hæves med 8 cm, vil dette problem blive langt større, og den nuværende stiløsning har derfor ingen fremtid. Samtidig vil det være umuligt at drifte alle stierne som grusstier, når vandstanden hæves. De 3 nye stiløsninger imødeser på forskelligt niveau de fem succeskriterier:

- > Løsningerne tager højde for, at det planlægges at hæve Lyngby Sø's vand-spejl med 8 cm.
- > Løsningerne gør færdsel mulig i Lyngby Åmose også i perioder med meget regn.
- > Løsningerne sikrer borgerne en større rekreativ oplevelse i Lyngby Åmose end i dag.
- > Løsningerne tager hensyn til den sårbare og værdifulde natur.
- > Løsningerne mindsker det fremtidige vedligeholdelsesbudget.

Denne rapport skitserer 3 fremtidige stiløsninger, der vil sikre at naturoplevelserne i Lyngby Åmose kan ske uden våde fødder. Løsningerne bygger på 3 forskellige kombinationer af 5 stityper, nemlig "bred boardwalk", "boardwalk", "grussti", "simpel naturnær plankesti" og "trampesti". De 3 løsninger adskiller sig ved at ligge i 3 forskellige prislejer og ved at være mere eller mindre optimale løsninger.

De 3 løsninger:

- > Den optimale løsning er estimeret til at koste omkring 27.100.000 kr. at etablere, og 58.000 kr./år at drifte (i dag bruges 228.000 kr./år). Den optimale løsning er en dyr løsning, men en løsning af høj kvalitet der kan give stor glæde for borgerne i mange år. Løsningen indeholder over 3 km af den brede og velfunderede boardwalk, som slynger sig gennem naturen langs hele Lyngby Sø's kant og langs Mølleåen. Dette giver en høj grad af

sammenhæng i naturområdet. Mod vest fortsætter stisystemet ad grussti op til Prinsessestien, der også er i grus, da den ligger højt og ikke oversvømmes. Prinsessestien sammenkobles i øst med den nye brede boardwalk. Der findes endvidere tre tværgående boardwalks i mosen, og dermed rig mulighed for forskellige rundture på alle årstider. Den naturnære plankesti giver en ekstra oplevelse, når vejret ikke er for vådt og de to trampestier giver besøgende mulighed for at komme tæt på naturen på to udvalgte strækninger. Den sårbare natur bliver i høj grad skånet, når besøgende guides rundt primært på boardwalks.

- > Mellemløsningen er estimeret til at koste 15.500.000 kr. at etablere og 58.000 kr./år at drifte. Den mellemste løsning koster derved lidt over halvdelen af den optimale løsning. Borgerne får samme sammenhængende oplevelse i Lyngby Åmose, men på en smallere boardwalk af lavere kvalitet. De to typer af boardwalks giver to meget forskellige oplevelser særligt pga. breddeforskellen, men også pga. funderingsløsningen. I mellemløsningen kan der ikke cykles langs Mølleåen og Lyngby Sø. Cyklisterne må holde sig til Prinsessestien.
- > Budgetløsningen koster 10.900.000 kr. at etablere og 90.000 kr./år at drifte. Løsningen bibeholder en hel del af den eksisterende grussti også på lettere udfordrede strækninger, hvilket er grunden til at løsningen er dyr i drift. Budgetløsningen har den store fordel at den er relativt billig at etablere og at den imødeser alle de 5 succeskriterier dog på lavt niveau.

COWI anbefaler den optimale løsning da den opfylder alle succeskriterier i meget høj grad. Stikombinationen med en lang strækning med den velfunderede boardwalk giver borgerne en rekreativ oplevelse som Lyngby-Taarbæk Kommune kan være stolte af. Det er vigtigt at fremhæve, at det også er den løsning der beskytter den sårbare natur i Lyngby Åmose bedst. Da Lyngby Åmose netop er blevet udpeget som Natura 2000-område er det vigtigt at begrænse det publikumsslid der i dag findes i mosen udenfor stisystemet. COWI anbefaler at Lyngby-Taarbæk Kommune opsætter nye formidlingsskilte der gør publikum opmærksom på hvor værdifuld naturen er og forklarer at naturen ikke tåler at blive slidt uden for stisystemet. Formidlingen kan samtidig fremhæve særlige naturoplevelser i mosen. COWI anbefaler også at Lyngby-Taarbæk Kommune tænker bæredygtighed ind i projektet og f.eks. vælger bæredygtigt træ til boardwalks.

15 Referencer

- Borsholt, E. (1997). *Træ i udemiljøet. Arbejdsrapport nr. 11*. Teknologisk Institut, Træteknik. Miljøstyrelsen.
- Bygherreforeningen, Hovedstaden, R., & Realdania. (19. 12 2019). <http://jordhåndtering.dk/bygherre/jord-som-ressource/forædlingsmuligheder>.
- Danmarks Meteorologiske Institut. (1. november 2019). *Månedens vejr: Oktober 2019*. Hentet fra dmi.dk:

- https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Afrapportering/Maanedssammendrag/Sammendrag_2019_oktober.pdf
- Danmarks Meteorologiske Institut. (1. december 2019). *Sæsonens vejr: Efterår 2019*. Hentet fra dmi.dk:
https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Afrapportering/Seasonssammendrag/Sammendrag_2019_efteraar.pdf
- Danmarks Meteorologiske Institut. (1. december 2019a). *Månedens vejr: November 2019*. Hentet fra dmi.dk:
https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Afrapportering/Maanedssammendrag/Sammendrag_november_2019.pdf
- Fredningsnævnet. (2010). *Bagsværd og Lyngby Søer 8103*. Fredningsnævnet for København.
- Gentofte Kommune. (2017). *Udviklingsplan 2017 - Gentofte Sø, Gentofte Park og Brobæk Mose*. Gentofte Kommune.
- Gladsaxe Kommune. (23. Januar 2020). Udtalelse fra Gladsaxe Kommunes Driftsafdeling.
- GrusDirekte.dk. (2020). *Vægtfylde / densitet / massefylde for sand, grus, sten og jord*. Hentet 24. Januar 2020 fra GrusDirekte.dk:
<https://www.grusdirekte.dk/information/vaegtfylde.asp>
- Kollmann, F. (1951). *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe* (1 udg.). Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kystsikring Aps. (december 2019). Telefonisk samtale med Preben Winther, Indehaver af Kystsikring Aps.
- Kystsikring Aps. (januar 2020). Telefonisk samtale med Preben Winther, Indehaver af Kystsikring Aps.
- Københavns Amt. (1996). *Regulativ for Mølleåen*. Københavns Amt, Amtscentralen.
- Lyngby-Taarbæk Kommune. (2019). Udtalelse fra Driftsafdelingen.
- Lyngby-Taarbæk Kommune, Center for Arealer og Ejendomme. (21. november 2019). E-mail korrespondance med Linda Vollbehr, Souschef - Grøn drift. [Subject: VS: Farmer som bruges i mosen].
- Natur Rådgivningen. (2018). *Lyngby Sø og Bagsværd Sø, Fastlæggelse af vandspejlskote*.
- NBC Marine. (december 2019). Telefonisk samtale med Claus K. Andreasen, Direktør i NBC Marine.
- NBC Marine. (januar 2020). Telefonisk samtale med Claus K. Andreasen, Direktør i NBC Marine.
- STRAVA. (13. 12 2019). *STRAVA heatmap*. Hentet fra STRAVA:
<https://www.strava.com/heatmap>

16 Bilag

Bilag 1 Vand på terræn ved kote 18,43 m DVR90

Bilag 2 Kote på stier – Fremtidig vandspejl, kote 18,43 m DVR90

Bilag 3 Stier under kote 18,43 m DVR90

Bilag 4 Opmålt stibredde

Bilag 5 Budget løsning

Bilag 6 Mellem løsning

Bilag 7 Optimal løsning

Bilag 8 Sti

Bilag 9 Intensitet af cykeltrafik

Bilag 10 Intensitet af løbere

Bilag 11 Intensitet af sejlads

Bilag 12 Udkast til Habitatnatur

Bilag 13 Rekreative hotspots

Bilag 14 Snit 1 – Bred boardwalk

Bilag 15 Snit 2 – Boardwalk

Bilag 16 Snit 3 – Simpel naturnær boardwalk