

# **Fibra azzurra, acqua chiara**

rilanciamo insieme le fibre artificiali ed il nostro territorio

## **GLI SFIBRATI**

**Laura Butti, Paolo Balossino, Tommaso Casartelli  
Roberto Guadagnin, Elisa Micelli, Michael Zanotta**

classe 4C1, chimici tintori - ISIS di Setificio "Paolo Carcano", Como  
**tutor: prof. Sergio Palazzi**

Questo documento raccoglie:

- relazione tecnica
- estratto scheda sintetica
- presentazione ex audizione per giuria

**[www.setificio.com](http://www.setificio.com)**



# **Fibra azzurra, acqua chiara**

***rilanciamo insieme le fibre artificiali ed il nostro territorio***

*relazione tecnica*

## **GLI SFIBRATI**

**Laura Butti, Paolo Balossino, Tommaso Casartelli  
Roberto Guadagnin, Elisa Micelli, Michael Zanotta**

classe 4C1, chimici tintori - ISIS di Setificio "Paolo Carcano", Como  
tutor: prof. Sergio Palazzi

Idealimpresa 2012 Verso EXPO 2015

**SVILUPPO SOSTENIBILE – ECONOMICO, SOCIALE E AMBIENTALE**

Quando siamo venuti a conoscenza del bando e ci sono state presentate le tematiche, abbiamo impiegato un certo periodo a definire meglio lo scopo del nostro progetto e il tipo di "prodotto" da fornire.

Le parole chiave sono: **sostenibilità economica, sostenibilità sociale, sostenibilità ambientale.**

Ma, nel titolo, c'è anche un forte richiamo a Expo 2015. E i temi sono: **nutrire il pianeta, energia per la vita.**

Allora ci siamo detti: noi studiamo chimica tintoria, stiamo imparando le basi dei processi tecnologici industriali, analisi chimica e tecniche di controllo, in un settore tradizionale e sempre innovativo come la nobilitazione tessile; ma nella nostra classe sviluppiamo anche un modulo dedicato alla chimica alimentare ed ai suoi aspetti microbiologici.

Partendo dall'idea della "fibra" - che era già chiara nel momento in cui abbiamo scelto il nome da dare alla nostra squadra, "Gli Sfibrati" - per prima cosa abbiamo pensato a come produrre fibre in moto ambientalmente sostenibile: sappiamo infatti che le fibre naturali non possono continuare a sostenere le esigenze di una popolazione in continua crescita e che migliora il proprio stile di vita. Non è pensabile aumentare a dismisura i territori del pianeta destinati alle fibre, soprattutto se si tratta di coltivazioni relativamente onerose e impattanti, prima fra tutte quella del cotone.

D'altronde, le fibre man-made hanno molte criticità.

Le prestazioni non sempre rispondono alle esigenze del consumatore, poi vengono prodotte partendo dal petrolio (risorsa non rinnovabile e che presenta tante ovvie problematiche) oppure, con le tecniche più innovative, usando risorse agricole che però sono sottratte all'alimentazione umana e degli animali, come ad esempio il mais.

Già: ma in questo caso si tratta di fibre *sintetiche*. Ci stavamo dimenticando di quelle *artificiali*, cioè prodotte partendo da polimeri ricavati da fonti biologiche rinnovabili. Prima fra tutte, la cellulosa.

Allora il progetto ha preso rapidamente forma allargandosi sempre di più: dal momento che la cellulosa può essere ottenuta da colture che vengono trascurate perché economicamente non vantaggiose, ma che oggi vengono riscoperte per un uso non proprio ottimale come quello dei bio combustibili, perché non sfruttare queste esperienze per biomasse da cui ricavare cellulosa, cioè materia prima, e non solo energia?

Il quadro si è completato pensando a quelle coltivazioni che possono essere usate per la fitodepurazione e/o per il recupero di terreni abbandonati: quindi *migliorando*, anziché *peggiorando*, il bilancio ambientale.

Ed eccoci qui: **fibra azzurra, acqua chiara!**

Il nostro progetto è nato e si è sviluppato in poco più di tre mesi, dato che prima non avevamo concrete esperienze.

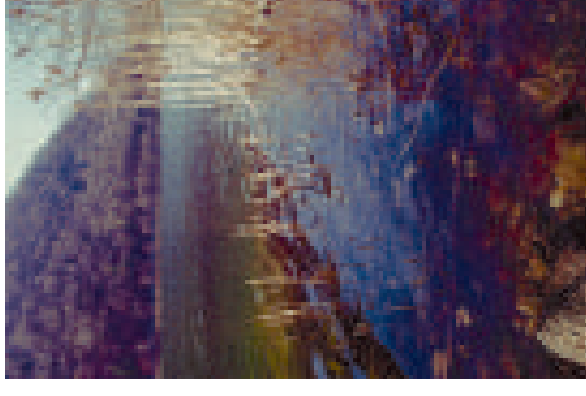
La fase di progettazione ha richiesto lo studio critico di materiali di provenienza molto diversa, scaricati dalla rete, reperiti in biblioteca o forniti dai nostri "consulenti". Abbiamo studiato non solo chimica e tecnologia, ma anche le relazioni con le persone, con gli enti territoriali, con il sistema economico che potrebbe mettere in pratica le nostre idee.

Il pomeriggio del 15.3 cinque di noi hanno compiuto un intensivo sopralluogo al lago del Segrino, insieme alla dott. Benedetta Ponti, biologa di UnInsubria, ed al nostro tutor. In quell'occasione abbiamo potuto capire la realtà di un piccolo ma significativo ecosistema, all'interno del quale esiste un bacino di fitodepurazione perfettamente integrato nell'ambiente e di pregio anche per il paesaggio: questo ci incoraggia nel credere che le soluzioni da noi proposte siano realmente praticabili e sostenibili.

Il lavoro sperimentale è durato circa due mesi; ci siamo alternati in laboratorio secondo le nostre disponibilità, per un impegno di circa 60 ore/uomo, più il tempo delle persone che ci hanno seguito.

Abbiamo studiato la fattibilità dell'estrazione della pasta di carta da biomasse appositamente studiate e promettenti per gli sviluppi del progetto, alla luce delle esperienze del passato. Analogamente abbiamo affrontato sperimentalmente la preparazione di fibra artificiale cellulosa partendo da tali materiali.

La caratterizzazione dei nostri prodotti è stata limitata ma ci ha permesso di capire come possa essere proposta e sviluppata in una reale linea di ricerca.



Al termine del nostro lavoro, siamo arrivati ad alcune conclusioni che ci fanno credere nella validità dell'idea iniziale.

Ci siamo dovuti scontrare con una serie di problemi pratici, tra i quali uno piuttosto difficile da gestire preventivamente: la difficoltà di svolgere sperimentazioni estese e continuative dovendole conciliare con i ritmi ordinari della scuola.

La disponibilità dei laboratori e del personale di supporto, primo fra tutti il nostro tutor, è stata veramente notevole ma con inevitabili limitazioni.

Abbiamo dovuto fronteggiare alcuni problemi banali ma che abbiamo scoperto strada facendo: per esempio, preparare una soluzione di cellulosa cuproammioniacale e poi filarla non è complesso, ma richiede un certo rigore: tempi e temperature vanno controllati accuratamente, la soluzione è instabile e deve essere lavorata appena completata la dissoluzione. A questo proposito, l'interruzione delle attività per le vacanze pasquali ci ha costretto a rifare tutto daccapo poiché i nostri materiali si erano completamente idrolizzati.

*Nessuna* delle apparecchiature che abbiamo impiegato è concepita per i nostri scopi: adattarle in modo anche imprevedibile è stata un'esperienza molto stimolante e ci ha dato la sensazione di essere dei veri "ricercatori".

D'altra parte, questo ha anche comportato l'impossibilità di ottenere i risultati che avremmo avuto disponendo di apparecchiature specificamente concepite per il settore cartario e delle fibre cellulosiche. Nonostante le nostre ricerche, non abbiamo trovato nessuna azienda facilmente raggiungibile che potesse supportarci con i suoi laboratori; ma ciò non vuol dire che la cosa non sia possibile e realizzabile in seguito!

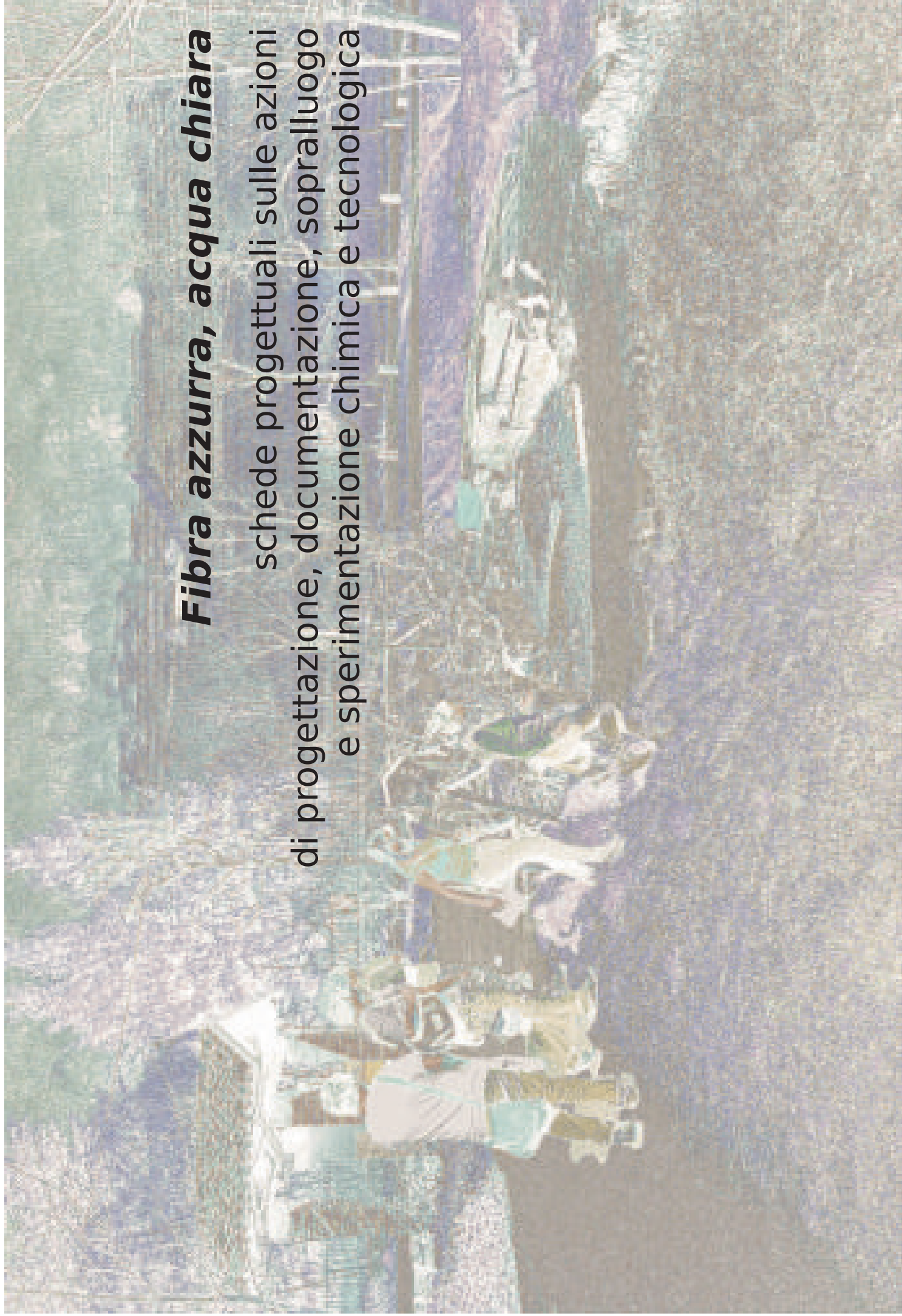
La criticità maggiore ci era nota fin dall'inizio: sviluppare un progetto così ambizioso e su molti fronti con la nostra attuale preparazione è stato veramente una scommessa, perché molto spesso parlando con i nostri consulenti o leggendo la letteratura ci siamo sentiti scoraggiati per la difficoltà di seguire discorsi completamente nuovi.

Ora che però tutto il materiale è stato riordinato ci rendiamo conto che abbiamo ottenuto molti risultati, non solo formativi per il nostro curriculum scolastico, ma anche (ci sembra) realmente trasferibili verso ricerche e applicazioni concrete. Crediamo perciò di avere soddisfatto le richieste del bando e di avere "prodotto" un progetto che integra competenze in settori molto differenti in vista di una reale attuazione pratica.

Per un futuro possibile e che sia sostenibile economicamente, socialmente e ambientalmente.

## ***Fibra azzurra, acqua chiara***

schede progettuali sulle azioni  
di progettazione, documentazione, sopralluogo  
e sperimentazione chimica e tecnologica



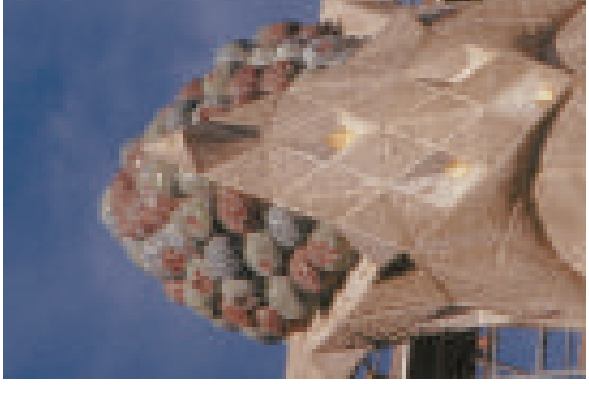
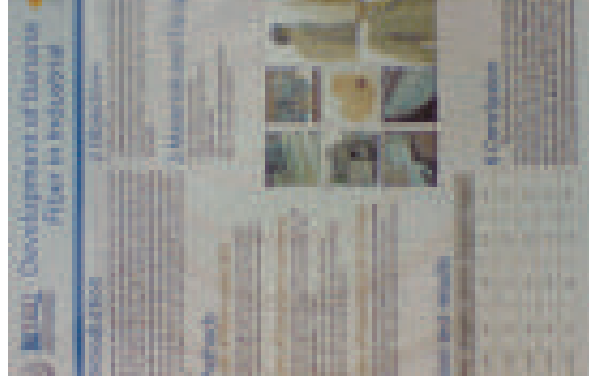
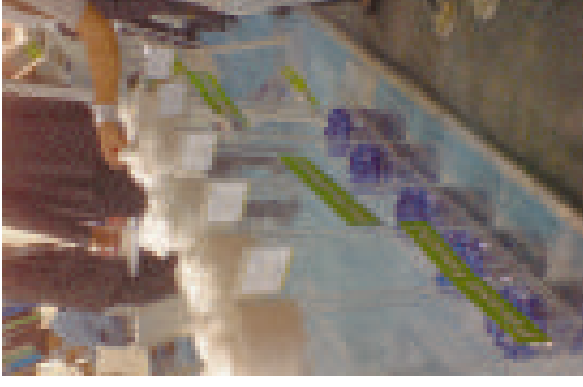
Quest'anno scolastico per noi è iniziato con una esperienza assolutamente fuori del comune: la visita all'ITMA, la fiera mondiale del tessile e della nobilitazione, a Barcellona.

Ripensando a questa esperienza abbiamo ricordato alcuni elementi su cui, con i nostri insegnanti, ci eravamo soffermati:

- le fibre provenienti da risorse agricole che a noi parevano inconsuete e che invece sono importanti per la valorizzazione di territori e climi differenti: palme, banane, ananas...
- il formidabile mercato dei materiali fibrosi di riciclo, da impiegare anche per usi non tessili che non conoscevamo: isolanti termici e acustici, la catena di riciclo del PET...
- il rinnovato interesse per le fibre cellulosiche artificiali, da quelle tradizionali al lyocell che ormai è una realtà e viene estratto da paste di eucalipto o di altre biomasse.

Avevamo potuto confrontare anche le proposte che rappresentano reali innovazioni vantaggiose, e quelle legate soprattutto a fattori di marketing, a volte addirittura ingannevole. Abbiamo così scoperto che quelle che vengono pubblicizzate come "fibre di bambù" sono in realtà fibre artificiali che usano il bambù come biomassa di partenza, cosa che ha portato a sanzioni negli USA da parte degli organismi federali di difesa del consumatore.

Ma ci eravamo anche confrontati con la fantasia di Gaudì, che proprio dalle forme e dalle strutture meccaniche della natura traeva la sua ispirazione: uno stimolo visionario e potente per il nostro progetto che stava nascendo!



Il metodo più comodo e più rapido per documentarci su qualsiasi argomento oggi è Internet. Per questo lavoro, però, abbiamo utilizzato un altro strumento molto potente e anche più affascinante: la Biblioteca del Setificio.

La nostra scuola dispone infatti di documentazione tecnica assolutamente eccezionale e, per quanto riguarda i decenni più lontani, davvero ricca e completa.

Uno degli scopi della nostra ricerca è riscoprire processi antichi per comprendere come possano essere recuperati.

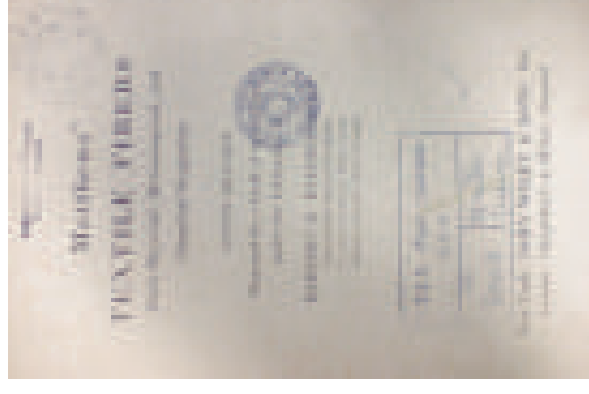
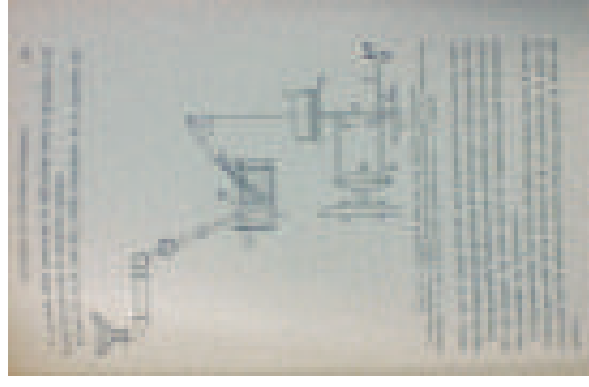
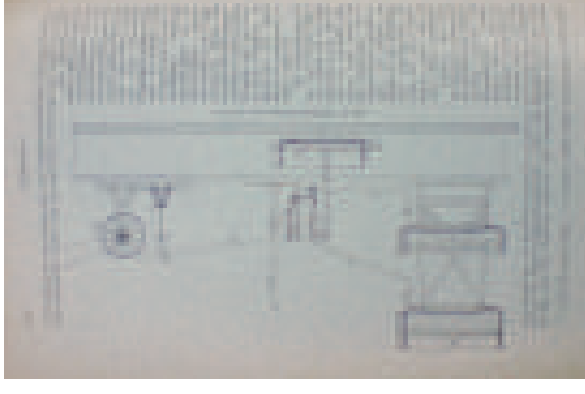
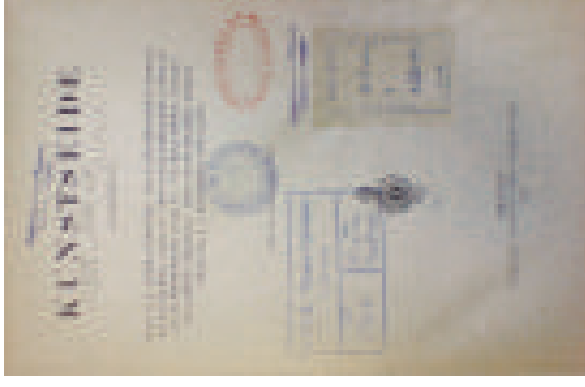
Accompagnati dal nostro tutor, che della biblioteca è un discreto esperto e in più ci ha potuto aiutare con i testi scritti in lingue diverse dall'italiano e dall'inglese, abbiamo avuto un'esperienza nuova per confrontarci con enciclopedie specializzate e manuali tecnici che risalgono fino ad un secolo fa: il periodo d'oro delle fibre artificiali cellulosiche.

A quel tempo l'agricoltura non disponeva ancora di fertilizzanti sintetici e della meccanizzazione, per cui valeva la regola fondamentale di "non buttare via niente" e di valorizzare qualsiasi forma di produzione agricola disponibile.

Da questi testi abbiamo ricavato molte indicazioni utili ma soprattutto il desiderio di ripensare al nostro passato in modo diverso da come siamo stati abituati.

Un'altra importante fonte di documentazione sono stati i materiali che abbiamo potuto vedere all'ITMA di Barcellona, da qui siamo partiti per andare a ricercare innanzitutto alcuni siti delle aziende che avevamo visitato.

Molte informazioni sono naturalmente venute da contatti diretti con persone dell'Università, di altri enti ma anche impegnate nelle attività agricole.





## La fitodepurazione: una realtà che funziona

Su molti libri di testo di tecnologia ambientale che abbiamo sfogliato, non si parla ancora di fitodepurazione.

Questo perché è una tecnica diventata "di moda" solo negli ultimi decenni e in Italia è relativamente poco usata, mentre per esempio nel Nord Europa è diffusissima.

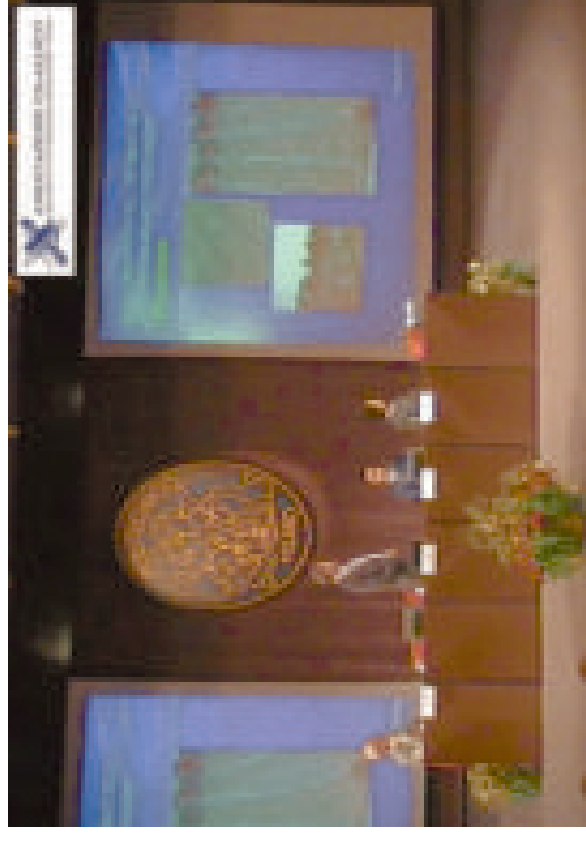
Essa consiste nell'utilizzare, come organismi depuratori delle acque, piante più o meno di alto fusto (erbacee ma anche piccoli alberi); le piante possono assorbire alcune delle sostanze pericolose, come per esempio i metalli pesanti, mentre i microorganismi che crescono sulle radici e sulla parte immersa del fusto possono svolgere la depurazione dalle sostanze organiche.

Non è altro che la riproduzione in zone umide artificiali di quanto già avviene in natura lungo il corso dei fiumi o dei laghi, dove ci sono canneti o aree parzialmente sommerse.

Al Setificio avevamo sentito parlare di un progetto molto interessante di questo tipo nell'ambito di ComOn 2010, durante la conferenza "**La fibra dell'acqua**".

Una delle relazioni, che si può vedere dal sito in streaming video, descriveva un impianto, costruito nella sua azienda in Friuli da un imprenditore ex allievo del Setificio, che permette di depurare con la fitodepurazione acque industriali fortemente inquinate: evidentemente funziona!

Ci aveva meravigliato scoprire che l'erba, una volta tagliata, va considerata rifiuto pericoloso, proprio perché si arricchisce delle sostanze rimosse dall'acqua.



## ***La fitodepurazione: doppio vantaggio?***

### ***ma allora...***

Cosa meglio di un impianto di fitodepurazione da cui raccogliere biomasse da trasformare in fibre? a questo punto, anziché un rifiuto si produrrebbe una materia prima preziosa, che assorbe anidride carbonica dall'aria e inquinanti dall'acqua e che può essere trasformata in qualcosa di utile, che ci fa risparmiare materie prime e che per di più, al termine del suo impiego, ritorna ad essere completamente biodegradabile.

### ***Cioè: le piante depurano l'acqua reflua dell'impianto che usa le piante stesse come materia prima!***

Questo potrebbe essere un incentivo per realizzare impianti sia di fitodepurazione, sia di trattamento e conversione di biomasse per ottenere fibre.

Supponiamo di usare un processo moderno di fabbricazione di fibra cellulosiche artificiali.

Potrebbe essere:

- Il "capostipite" cuproammoniacale, con le sue varianti in cui all'ammoniaca sono sostituite delle altre ammine, che degradano di meno la cellulosa, e al rame degli altri metalli che lo rendono meno costoso e ambientalmente invadente.

- Il processo Iyocell, che utilizza un solvente già ambientalmente compatibile e che quindi è meno impegnativo per la depurazione delle acque reflue.

- Uno dei tanti diversi processi che utilizzano "liquidi ionici", di cui la letteratura si occupa da nemmeno un decennio ma che hanno dato luogo a moltissimi brevetti: evidentemente sono molto promettenti e offrono spazi per crescere!

In tutti i casi la nostra idea di "chiudere il ciclo" si rivelerebbe vincente proprio perché ridurrebbe i costi e l'impatto ambientale del trattamento delle acque reflue, che in alcuni casi è il grande limite alla produzione di fibre artificiali cellulosiche: dal problema all'opportunità.

Destinatario della nostra proposta potrebbe essere non soltanto un'azienda, ma anche una pubblica amministrazione che stia pianificando il recupero e lo sviluppo di un territorio.

## Vasche di laminazione: pro o contro?

Quando si parla di terreni marginali oppure in pericolo, vengono subito in mente le cosiddette "vasche di laminazione", cioè quei terreni vicino ad un torrente che possono essere allagati in caso di piena per evitare l'allagamento delle zone abitate. I giornali locali e i siti di interesse ambientale riportano spesso delle discussioni sul fatto che queste vasche si debbano fare oppure no.

Proprio mentre completavamo questa relazione abbiamo saputo che partirà una di queste vasche lungo il Seveso.

Altre vasche ci sono in molte zone della Lombardia, per esempio sull'Olona in provincia di Varese.

Anche a Lomazzo, vicino a ComoNext, si discute da anni se realizzare una di queste vasche lungo il Lura.

Questa zone di solito si dividono in aree che possono essere allagate solo in caso di piena e altre in cui creare piccole vasche permanenti di fitodepurazione.

La zona di Expo 2015 è molto interessata perché pare sia a rischio di allagamento da parte di diversi torrenti.

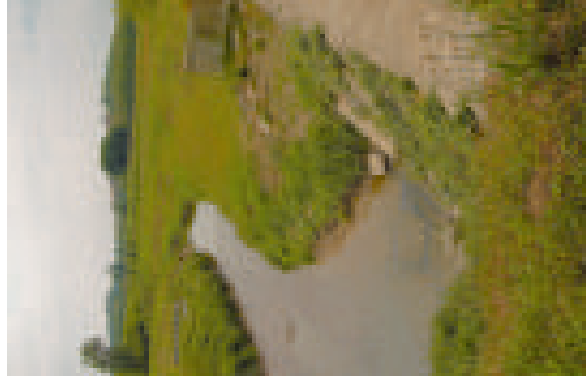
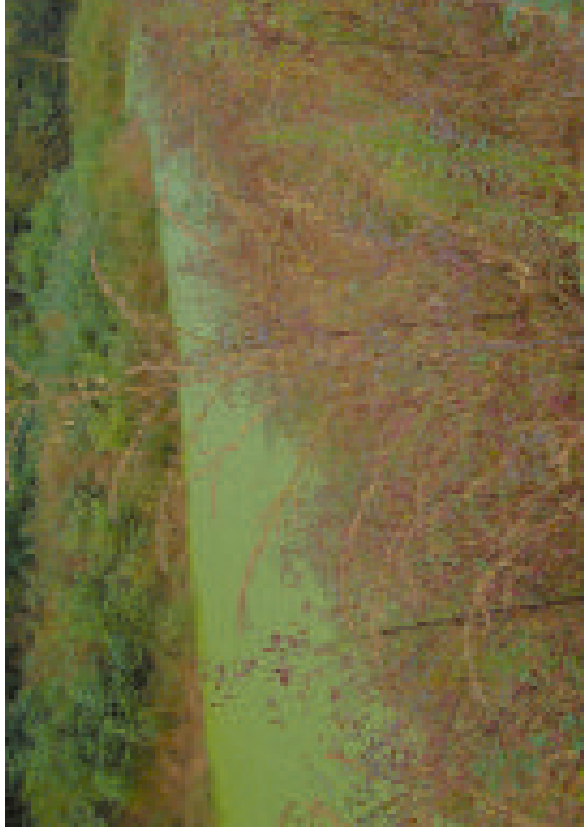
Nella foto sopra vediamo una vasca di fitodepurazione lungo il Lura a Cadorago, nella foto sotto uno sbarramento artificiale sul Bevera in provincia di Lecco.

Noi non siamo in grado di decidere tecnicamente se queste vasche portino più problemi, come sostiene una parte della popolazione interessata, o più benefici.

Crediamo però che se queste zone diventassero produttive per coltivazioni come quelle di cui ci occupiamo in questo lavoro, verrebbero maggiormente gradite e sarebbero più utili.

### **...e le zanzare?**

Chi si oppone alla realizzazione di aree umide artificiali spesso pensa al "rischio zanzare": anche qui ci sembra di colpire il bersaglio, perché è proprio l'anno europeo del pipistrello, *il miglior zanzaricida che esista!*



## Il Bemberg e "il lago più azzurro"

Per la nostra sperimentazione chimica abbiamo scelto di utilizzare il processo cuproammoniacale, detto anche "Bemberg". uno dei più antichi ad essere stato messo in pratica:

- permette di ottenere una fibra cellulosica molto bella e resistente, la più simile alla seta;
- usa materie prime facilmente reperibili e poco pericolose, quindi è più adatto a prove orientative;
- ha un grande valore simbolico se si pensa al caso del lago d'Orta, un esempio da manuale di inquinamento e risanamento ambientale, per di più molto vicino a noi.

Nel periodo della massima espansione delle fibre cellulosiche, la ditta tedesca Bemberg aveva avviato a Gozzano la produzione di questo raion che si basa sulla dissoluzione della cellulosa in un liquido ottenuto da sali di rame, alcali forti e ammoniacale, passando quindi alla coagulazione chimica a umido con bagni alternativamente di alcali e acidi.

Già negli anni '30 il lago era considerato "il più azzurro del mondo" ma non certo per la sua qualità, dato che biologicamente era praticamente morto!

Solo nel 1958 viene avviato il recupero dei costosi sali di rame (in quel periodo, le problematiche ambientali erano poco sentite e le leggi attuali nemmeno immaginabili). Ma ancora per vent'anni era proseguita l'immissione di composti azotati.

Con l'entrata in vigore della famosa "legge Merli", che regolava le immissioni nei corsi d'acqua, l'azienda si dotò di un potente depuratore, ma rimanevano i problemi del passato. Il CNR propose così un intervento semplice ma rivoluzionario: precipitare tutti i sali di rame sotto forma di carbonato insolubile, spargendo nel lago carbonato di calcio: ciò permetteva anche di riequilibrare il pH dell'acqua. Al termine di questo intervento, detto di "liming" e che aveva suscitato grande curiosità a livello internazionale, il lago rapidamente riprese vita: oggi la qualità della sua acqua è migliore rispetto a quella di molti altri laghi subalpini ed è addirittura scomparsa l'eutrofizzazione, nonostante la quantità di sostanze fertilizzanti che vi erano in precedenza.

Da queste esperienze che hanno avuto importanza scientifica, tecnologica e culturale, non è venuto però il rilancio economico dell'azienda, che alcuni anni fa ha chiuso i battenti. Oggi la produzione mondiale di raion cuproammoniacale è limitata a pochi impianti in estremo oriente, e la cosa è spiacevole anche perché, pur essendo una fibra di nicchia, trova ancora usi interessanti soprattutto nelle produzioni di abbigliamento di fascia alta.

Decidere di usare il processo cupro per la nostra *fibra azzurra* non è quindi solo una scelta operativa più semplice, ma è anche un segno di rispetto per questo caso così simbolico.

## Lago del Segrino, eccoci!

Il Segrino è un piccolo lago in una posizione relativamente curiosa: come sospeso su una terrazza morenica, sopra la pianura dove si trovano gli altri laghi brianzoli. Abbiamo avuto la fortuna di percorrere tutto il suo perimetro in una giornata di bel tempo e, visto il periodo, particolarmente luminosa.

La dott. Ponti, che conosce il lago molto bene per averlo studiato nell'ambito di un dottorato sulla condizione delle acque dolci, ce ne ha spiegato a fondo gli aspetti biologici ma ce ne ha illustrato anche quelli geologici e socioeconomici.

Il lago sostanzialmente non ha emissari, per cui è molto sensibile allo sversamento di inquinanti. Nei decenni scorsi gli scarichi di abitazioni e piccole aziende, tra cui un salumificio, avevano peggiorato la qualità delle acque creando le condizioni per l'eutrofizzazione.

All'estremità dove arriva un piccolo immissario è stato così creato un insieme di comparti che agisce da filtro meccanico preliminare, da cui poi l'acqua si sposta nelle zone a canneto, soprattutto di phragmites (i cui sistemi di radici perenni danno una notevole stabilità ai bacini parzialmente sommersi).

Tra le altre piante caratterizzate da alti steli ci sono le tife, facilmente riconoscibili. Esse però sono meno diffuse anche perché hanno una minore tendenza "colonizzatrice".

Dal punto di vista del nostro lavoro, si può notare come la massa cellulosica della tifa sia più abbondante e il fusto meno lignificato, quindi più promettente, anche se la redditività di una coltivazione dipende anche dalla rapidità di accrescimento. Questa la ragione per cui gli attuali progetti di coltivazione spesso si rivolgono al terzo più comune tipo di canna delle nostre regioni, cioè la *Arundo donax*, quella più



## Lago del Segrino, le nostre prime canne

simile al bambù, che però in questa zona non riesce a crescere sufficientemente.

Il lago è un'area tutelata in cui il prelievo di vegetazione è vietato, se non per motivi di studio. Con la dovuta cautela e secondo le indicazioni che ci hanno dato la dot. Ponti (e prima di lei la prof. Bettinetti nei contatti preliminari), abbiamo prelevato in diversi punti alcuni steli secchi delle due specie, da usare come materiali di riferimento.

Lo sfalcio stagionale non porta a materie prime riutilizzabili, ma viene usato per compostaggio e/o come combustibile. E' chiaro che l'area coltivata è troppo piccola per garantire una produzione sufficiente, ma ci aiuta a capire che tipo di interventi stiamo proponendo.

Perché avvenga una efficace fitodepurazione è necessario che i materiali più grossolani e quelli sedimentabili vengano trattenuti prima del bacino attivo. Questa è una delle ragioni per cui la fitodepurazione avviene molto meglio in acque relativamente ferme e con portate non troppo elevate.

D'altronde, uno dei possibili usi delle aree umide artificiali è a valle degli impianti di depurazione, dove la flora radicata e i microrganismi che vi si insediano formando delle colonie riescono a completare l'opera di depurazione su componenti difficilmente abbattute da un impianto.

Nel comasco, data la presenza di aziende della nobilitazione, c'è il tipico problema dei coloranti: dato che anche minimi residui non eliminati portano a colorazioni sgradevoli alla vista e dannose per l'irraggiamento luminoso dei fondali e quindi per la fotosintesi, l'idea di creare aree umide artificiali a valle dei depuratori presenta molti vantaggi.



## Lago del Segrino, un miniecosistema

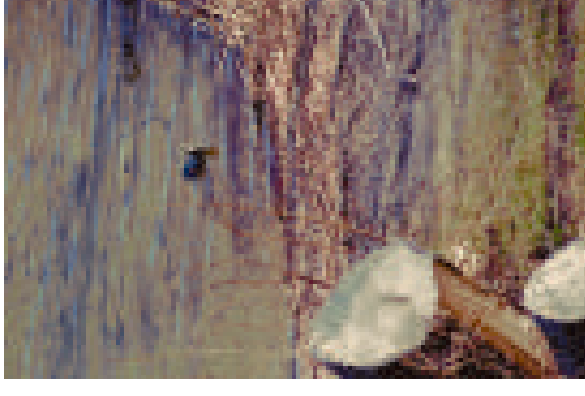
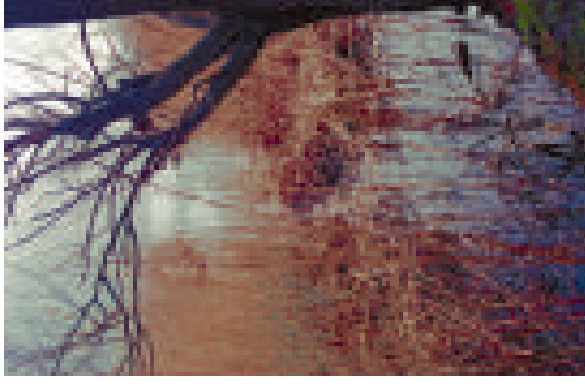
Lungo le rive del lago è possibile vedere molti aspetti di un ecosistema in miniatura. Le anse non troppo affollate di canne danno rifugio ai nidi degli uccelli acquatici ma anche di altri animali come le rane. Queste diventano addirittura un problema durante la fase riproduttiva, quando si spostano e attraversando la strada costituiscono un grave pericolo per sé oltre che per la circolazione. Infatti sono stati realizzati dei condotti per farle spostare in sicurezza.

In alcune zone vengono sommerse fascine di rami e di canne che servono a creare un rifugio per la riproduzione di pesci come persico e luccio/perca.

Come avevamo già considerato, la popolazione degli insetti le cui larve tipicamente si riproducono nelle zone umide, crea alcune difficoltà, anche se non eccessive e tali da non scoraggiare nemmeno i moltissimi visitatori che corrono o circolano in bicicletta lungo le sponde, più o meno in ogni stagione dell'anno. Ricordiamo che proprio il problema degli insetti viene usato come "bandiera" da chi si oppone alla realizzazione di aree umide artificiali; se però l'ecosistema è sufficientemente ricco di predatori (pesci, anfiabi, pipistrelli) il fastidio si riduce a occasionali "nuvole" di innocui chironomidi.

La sensazione di quanto il sistema acquatico sia complesso si ha osservando che, a pochi centimetri sotto quello che sembra un terreno compatto ed invece è un intrico di materia vegetale, si trova l'acqua. In questi ambienti si ha una transizione da organismi aerobici ed anaerobici, ognuno dei quali svolge un ruolo nella depurazione.

Solo occasionalmente capita di vedere un po' di schiuma data da mucillagini e forse residui di tensioattivi.



## *Sì, ma quali piante scegliere?*

Le specie vegetali in cui si dovrebbe puntare per i nostri scopi devono avere alcuni requisiti:

- avere un rapido accrescimento
- produrre cellulosa di buona qualità e priva di resina
- non avere bisogno di particolari cure né di uso elevato di fertilizzanti e fitofarmaci
- essere poco esigenti per quanto riguarda i terreni: meglio ancora essere adatte a terreni alluvionabili come quelli delle "vasche di laminazione" o permanentemente umidi come quelli dei bacini artificiali di fitodepurazione.
- essere compatibili con il nostro territorio, cioè non essere specie importate e invasive.

Abbiamo così incrociato le tabelle ricavate dalle pubblicazioni che parlano di latifoglie produttive e "rustiche" adatte a produrre biomasse, sia annuali sia perenni, con la tabella inserita nel "PTCP" della provincia di Como, dove si discutono le specie che dovrebbero essere impiegate e addirittura valorizzate e quelle che invece andrebbero eliminate o almeno non ulteriormente diffuse.

Tra queste, la più celebre è sicuramente la robinia: ma, dato che il suo legno è noto per la elevata resistenza all'acqua, non ci sembrava il massimo partire proprio da lì per ottenere un materiale facile da disperdere in acqua. Il faggio, tipico delle nostre Prealpi, andrebbe molto bene... pure troppo, visto che è proprio il legno utilizzato dal più importante produttore europeo di fibre cellulosiche! preferivamo qualcosa di più originale!

Considerando altre specie interessanti, tra cui pioppi, salici e ontani, abbiamo però preferito concentrarci sulle specie non arboree: sia perché la maggior parte delle esperienze più recenti, soprattutto in nord Italia, si concentra su di esse, sia perché... il loro fusto è molto più semplice e più rapido da attaccare, e noi non avevamo molto tempo per mettere a punto delle tecniche di laboratorio più complicate. Questo è un punto interessante: in effetti, la scelta di un processo industriale deve tener conto anche di simili fattori.

Ai nostri campioni simbolici e rappresentativi colti sulla riva del Segrino si sono così aggiunti materiali provenienti da manutenzione dei giardini, residui delle colture della scorsa stagione e altre canne provenienti da aree non tutelate (fossi del Lodigiano). Tutti questi materiali corrispondono a quelli in uso nell'agricoltura "povera" che abbiamo trovato descritto nei testi di inizio '900.

A questo punto eravamo a metà del mese di marzo, e anche questo è stato un limite con cui confrontarci: se fossimo stati in autunno, avremmo avuto molte più possibilità di scelta.



## Le nostre biomasse sperimentali

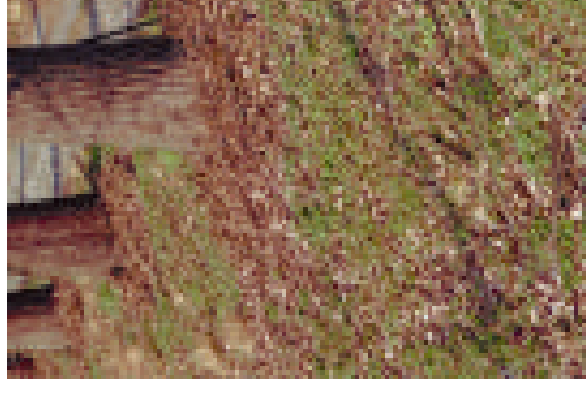
Il mais è un'altra pianta che produce grandi quantità di biomasse, talvolta sfruttate per ottenere zuccheri semplici, oltre ovviamente ai semi; coltivazioni per scopi industriali vanno tuttavia a detrimento della produzione di cibo e di foraggio. Da un campo che stava per essere arato abbiamo raccolto separatamente foglie, steli e tutoli.

I pioppi rappresentano la tipica coltivazione da legno della pianura padana. Nella nostra zona sono comuni come alberi decorativi nei viali, mentre nelle aree più fredde è più facile incontrare la betulla. Non abbiamo utilizzato il legno di queste due specie perché il suo uso è abbondantemente noto; ci incuriosiva però fare delle prove su delle foglie secche.

I numerosi tipi di salice sono caratteristici dei terreni abbastanza umidi, come le rive dei fiumi. Anche se hanno una buona produttività ed il legno è molto tenero e di facile trasformazione, sono facilmente soggetti all'attacco di larve di insetti, nelle cui gallerie crescono successivamente funghi che contribuiscono al degrado del legno. Da una pianta abbattuta per questa ragione abbiamo prelevato proprio una delle parti più deteriorate, ormai quasi incoerente.

Per inserire nella prima sperimentazione almeno un altro tipo di legno, ci siamo rivolti al sambuco, utilizzando un campione costituito in parte da schegge e in parte da segatura.

Ci sono stati forniti diversi altri tipi di legname, ma abbiamo ritenuto di non allargare ulteriormente il quadro.



## La produzione della pasta da carta

La materia prima tipica per la produzione dei raion, e in particolare di quello cuproammoniacale più fine e più resistente, erano tipicamente i linters di cotone, cioè i cascami troppo corti, ma comunque di elevata purezza, che restano nella capsula dopo la raccolta del fiocco.

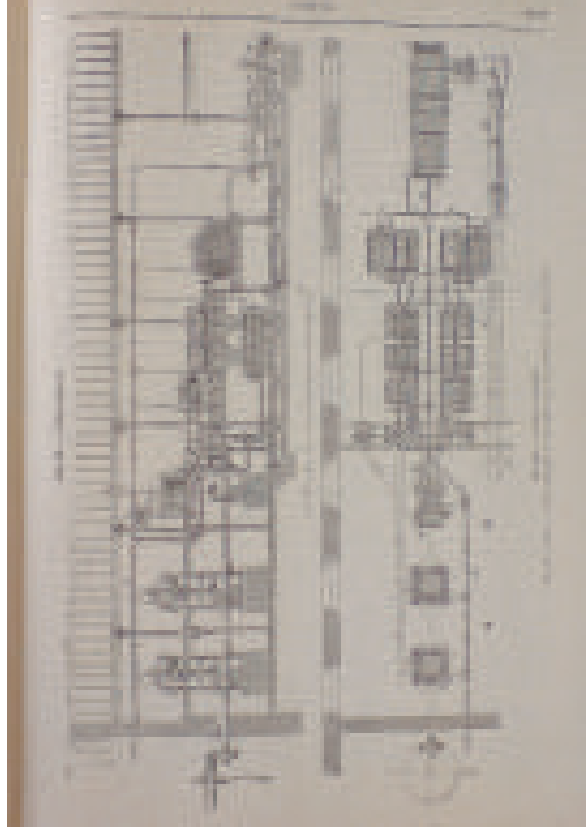
Tuttavia, nella documentazione storica che abbiamo esaminato abbiamo visto impiegate anche biomasse erbacee e legnose; in questo caso è necessario un trattamento molto spinto per eliminare il più possibile la lignina.

Prima che si affermasse il processo cosiddetto "al solfato" o Kraft, che produce una pasta più scura e con minore resa, ma con fibre più lunghe e resistenti e che si adatta bene ai legni resinosi, l'industria della carta utilizzò dapprima processi puramente meccanici, poi la bollitura con soda caustica e quindi quella con disolfito, spesso in eccesso di anidride solforosa.

Abbiamo esaminato molti tipi di ricette che indicano come, all'epoca, la tecnica fosse largamente empirica e condizionata dalle materie prime disponibili.

Oggi, per ottenere cellulosa di alta qualità, si diffondono sempre più i processi enzimatici a fianco dell'uso di solfiti alcalini o disolfiti acidi.

La cartiera tradizionale resta comunque un impianto di grandi dimensioni che sfrutta le economie di scala, generalmente all'interno di foreste per ridurre i costi di trasporto.



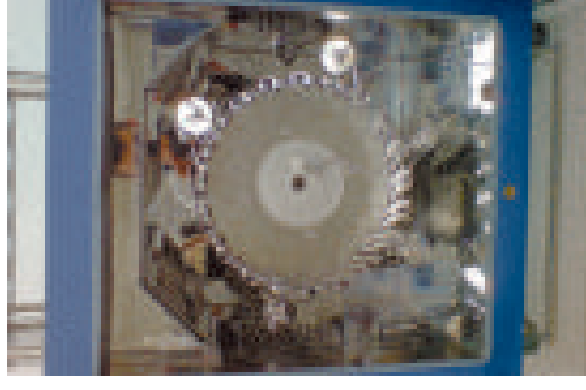
Per una prima caratterizzazione delle biomasse indicate, ci siamo avvalsi della più moderna "tingerina" per tessuti e disponibile in laboratorio, modello Ahiba Nuance. E' un apparecchio che può trattare contemporaneamente 19 campioni contenuti entro autoclavi pressurizzate da 220 ml, che vengono riscaldate a raggi infrarossi con un controllo molto accurato e programmabile della temperatura, sotto continua agitazione rotativa. La temperatura massima consentita è però solo di 140°C, cioè molto al di sotto dei 170-180°C usati per il trattamento del legno.

Non siamo in grado di fare studi cinetici precisi sulla variazione di velocità dei processi in funzione della temperatura. In base alla vecchia regola spannometrica "dei 10°C" che va abbastanza bene per molte reazioni organiche, la velocità di reazione dovrebbe raddoppiare ogni 10°C, per cui 8h a 180°C equivarrebbero a 256 h a 130°C!

A titolo orientativo, abbiamo comunque preparato due serie di sette campioni da 5 g ciascuno, di foglie di pioppo, steli e tutoli di mais, fragmiti, tifa, salice e sambuco.

La prima serie è stata trattata con 10 g di sodio bisolfito in 100 ml d'acqua; la seconda con 100 ml di NaOH a 140 g/l.

Dopo essere saliti alla massima velocità possibile a 130°C, i campioni sono stati lasciati sotto agitazione per 2 h. Dopo il raffreddamento spontaneo per tutta la notte, è stato ripetuto un ciclo come il precedente. I campioni sono stati quindi estratti, filtrati su una tela di poliestere a trama fitta e ripetutamente sciacquati. Successivamente sono stati posti in stufa ad asciugare a 90°C.



## Come caratterizzare i nostri materiali?

Nelle foto (in questa pagina e nella seguente) si vedono: i contenitori con i filtri lasciati a seccare; campioni indicativi dei sette materiali (la quantità in questo caso è diversa dai 5 g usati nelle autoclavi); le due serie di campioni trattati.

Il confezionamento è in bustine di polietilene termosaldate e con etichetta in carta. Abbiamo scelto questa soluzione molto semplice ed efficace per poter successivamente esporre i campioni su un pannello o simili.

Il risultato dell'attacco è particolarmente visibile sulla segatura di sambuco e sul salice già degradato, gli steli di tifa, frammenti e mais sembrano invece aver resistito piuttosto bene. L'attacco con soda caustica sembra essere stato molto più pesante.

Ci siamo posti il problema di come caratterizzare le differenze tra i diversi materiali; abbiamo considerato che, vista la differenza, l'esame visivo fosse più che indicativo, come testimoniato dalle foto.

Logicamente, avremmo dovuto pesare con esattezza i campioni per vedere le possibili variazioni ponderali.

Ma abbiamo già ormai sufficiente esperienza con fibre e tessuti, oltre che con l'analisi gravimetrica, per sapere che una pesata sufficientemente attendibile richiederebbe un accurato condizionamento prima e dopo la prova, oltre che un lavaggio in condizioni controllate fino all'eliminazione delle sostanze disciolte.

La cosa va al di là delle nostre possibilità e, in questo caso, non avrebbe nemmeno molto senso.



## Come caratterizzare i nostri materiali?

Da un esame dei testi a nostra disposizione e in base a quanto ci è stato detto, le analisi di questi materiali possono essere svolte attraverso laboriose prove chimiche, oppure con tecniche analitiche come la spettrofotometria infrarossa o la termogravimetria, cioè lo studio accurato della perdita di peso durante il riscaldamento (la cellulosa dovrebbe decomporsi a temperatura più bassa e la lignina a temperatura più alta).

Noi studieremo queste tecniche il prossimo anno (al momento delle nostre prove, oltretutto, lo spettrofotometro infrarosso era in manutenzione e quindi non non avremmo nemmeno potuto usarlo).

Magari, in quel momento, ci verrà voglia di aprire queste bustine e di analizzare i materiali, ammesso che non cambino molto nel tempo!

Dato che tutte le prove di attacco richiedono del tempo, parallelamente a queste abbiamo avviato due prove molto generali per verificare la possibilità di ottenere una soluzione di cellulosa nel liquido cuproammoniacale, che viene descritta nella prossima scheda, ed abbiamo avviato due coppie di prove di degradazione in condizioni diverse, su tifa e su frammenti, descritte più avanti.



## Prima prova col reattivo di Schweitzer!

Anche per la preparazione del reattivo cuproammoniacale, detto anche reattivo di Schweitzer, abbiamo trovato molte possibili ricette.

La differenza crediamo dipenda dal fatto che, una volta, ogni azienda usava le materie prime che trovava a sua disposizione, senza avere ancora i prodotti dell'industria chimica inorganica che abbiamo oggi.

Quel poco di produzione di questo tipo di fibra che avviene ancora oggi non usa sicuramente più le ricette tradizionali, dato che si è visto come, se si sostituisce l'ammoniaca con ammine organiche, la cellulosa rimane più stabile e si idrolizza molto più lentamente.

Per la prima prova che abbiamo svolto su cellulosa pura di buona qualità, abbiamo usato ancora le autoclavi e l'apparecchio precedente: in questo caso non abbiamo riscaldato, ma abbiamo semplicemente usato la macchina come un agitatore a velocità controllata, e le autoclavi ci hanno dato il vantaggio di poter lavorare con l'ammoniaca concentrata senza restare sotto cappa.

Abbiamo preparato una quantità di reattivo che poi abbiamo diviso in due parti uguali: dopo aver sciolto 25 g di solfato di rame in 100 ml d'acqua, abbiamo aggiunto 20 ml di NaOH al 20% e 100 ml di ammoniaca al 30%.

Abbiamo inserito rispettivamente 4 g di cotone idrofilo e 15 g di carta da filtro, lasciato sotto agitazione a 25°C per un'ora e poi a sé per due giorni. All'apertura, il liquido era molto viscoso anche se in entrambi i campioni c'era ancora buona parte del materiale indisciolto.



## ... il filo si forma ma è troppo delicato.

Abbiamo ancora filtrato su tela fitta di poliestere.

PET teme l'attacco da parte degli alcali forti, ma a temperatura ambiente resiste abbastanza inalterato a lungo. Escludendo ovviamente la carta, una alternativa sarebbe stato un non tessuto in fibra poliolefinica, ma la tela che abbiamo usato presenta il vantaggio di essere meccanicamente molto resistente, per cui abbiamo potuto strizzare per far uscire il liquido viscoso senza pericolo che si strappasse il filtro.

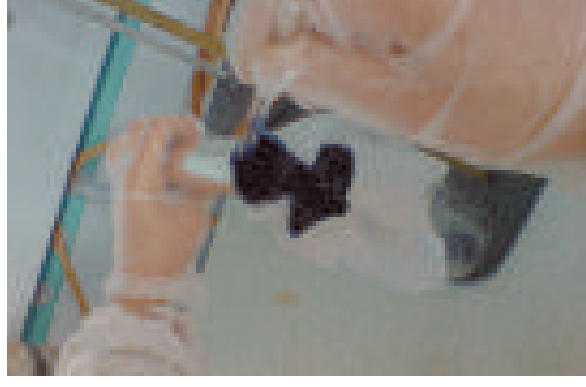
A questo punto, abbiamo provato a far coagulare il filo estrudendo dolcemente le due soluzioni da una pipetta di vetro, con due differenti modalità.

In un caso abbiamo usato un cilindro da 1000 ml contenente acido solforico all'1%, in modo da far scendere lentamente il filo e vederlo progressivamente scolorirsi a causa della reazione con l'acido.

Nel secondo caso lo abbiamo semplicemente deposto con la pipetta sul fondo di un becher contenente acqua.

Come si vede dalle foto, nel primo caso si formano e fibrille abbastanza sottili, poco legate tra loro; anche se mantenevano una certa consistenza, non è stato praticamente possibile estrarle dalle soluzioni.

Nel secondo caso, il "filo" è inizialmente molto grosso e abbastanza omogeneo, ma a mano che però la reazione procede e si scolora, rimane gelatinoso e anche in questo caso non estraibile. Non ci sono differenze apparenti tra le due soluzioni di cellulosa.



## Trattamento più energetico sulle due canne

Le prove successive di attacco sulle biomasse l'abbiamo riservata a campioni di tifa e di fragmite. In questo caso abbiamo lavorato campioni decisamente più voluminosi, approfittando della presenza nel nostro laboratorio di una vecchia "tingerina" a bagno di glicol, in grado di raggiungere 150°C tenendo in rotazione fino ad otto autoclavi da 500 ml ciascuna.

In questo caso abbiamo potuto non solo manipolare campioni sensibilmente più grossi, idonei a compiere più prove successive, ma abbiamo anche tenuto una temperatura maggiore. Data l'età della macchina, l'abbiamo fatta funzionare solo presidiata, a differenza della precedente per la quale abbiamo avuto solo la cautela di spegnerla la notte.

Il ciclo di lavoro è consistito questa volta in: riscaldamento alla massima velocità possibile fino a 150°C, permanenza sotto agitazione per 2 h, successivo arresto e raffreddamento libero, ripetendo poi il giorno successivo. Dato l'isolamento e la capacità termica del glicole, la temperatura non era mai scesa sotto gli 80°C.

Le due coppie di campioni contenevano rispettivamente:

- 35g di fragmite e 40 g di tifa, con 250 ml di NaOH 200 g/l.
- 50 g di fragmite e 40 g di tifa, con 50 g di bisolfito e 250 ml di acqua.

Al secondo giorno, le autoclavi sono state aperte e svuotate, raccogliendo il liquido (da smaltire a parte!).

Nelle immagini successive si osserva l'esito.





## Trattamento più energico sulle due canne

Nella foto in alto, si vedono i due bagni derivanti dal trattamento con soda caustica.

Le due soluzioni sono scurissime, scirognose, e anche le fibre hanno una colorazione molto marcata, sia pure differente (come si vede dalle fotografie in basso).

La fragmite mostra una colorazione molto più intensa e sembra ancora piuttosto rigida, mentre la tifa si è sensibilmente ammorbidita, iniziando a sfibrillare, ed è di un colore decisamente più chiaro.

L'interpretazione dovrebbe essere legata al contenuto di lignina e dal rapporto tra questa e la cellulosa: la lignina è infatti composta da poli fenoliche che, in ambiente fortemente alcalino, sono dissociati e di conseguenza assumono una intensa colorazione; al tempo stesso, sino a quando non è eliminata in buona quantità la lignina continua a svolgere il suo ruolo di collante verso le fibre di cellulosa.

il trattamento con bisolfito, prevedibilmente, ha lasciato sia le fibre molto più chiare sia il bagno meno sciroposso, dal momento che dovrebbero essere minori sia la quantità di estrattivi rimossa sia il contenuto in materiale idrolizzato.



## Trattamento più energico sulle due canne

Le due foto in alto mostrano tali bagni, di nuovo con una differenza analoga tra tifa e fragmite per quanto riguarda il colore.

Si nota però che i bagni sono molto più schiumosi: infatti l'azione del solfito è meno aggressiva sulle sostanze estratte, che vengono in parte convertite in acidi ligninolfonici. Si tratta di una delle primissime classi di tensioattivi sintetici prodotte industrialmente già a fine 800, proprio come derivato dall'industria della carta... anche in questo caso ci siamo accorti della dimensione storica del nostro lavoro.

Le quattro porzioni di biomasse così trattate sono state ripetutamente sciacquate (senza estrarle dall'autoclave) fino a sensibile riduzione del colore nel bagno di risciacquo. Dopo di che sono state trattate, a parti invertite, con gli stessi reagenti precedenti.

In questo modo abbiamo cercato di verificare se, invertendo l'ordine delle operazioni, il risultato cambi in maniera importante. Per ragioni organizzative, anziché utilizzare ancora il bagno a glicole, ci siamo limitati a chiudere con cura le autoclavi poggiandola sui ripiani della stufa termostatica ad aria calda (quindi agitando solo saltuariamente, a mano).

Abbiamo riscaldato la stufa a 150°C, lasciando in temperatura per circa 2 h, poi lasciando raffreddare a se; il giorno successivo abbiamo nuovamente acceso la stufa e l'abbiamo lasciata a 150° per alcune ore. Per ragioni organizzative abbiamo poi sospeso l'attività per circa una settimana, e in questo periodo le autoclavi sono rimaste chiuse ma a temperatura ambiente.



## Trattamento più energico sulle due canne

Al termine di questo periodo sono state scaldate ancora una volta, lasciate raffreddare e poi sciacquate abbondantemente. Nelle due foto in basso della pagina precedente e in quelle a fianco si vede l'aspetto delle due preparazioni: la prima preparazione trattata inizialmente con soda caustica è stata sufficientemente decolorata da parte del bisolfito, mentre per l'altra è successo l'opposto.

Sembra interessante, e conferma le nostre ipotesi iniziali, il fatto che entrambi i campioni di tifa si sono disgregati molto di più rispetto quelli di fragmite.

Dopo aver lasciato asciugare in stufa a 70°C, i campioni sono stati pesati, osservando una perdita intorno al 50% per la fragmite ed al 60% per la tifa, in entrambi i casi. Anche se per le ragioni già dette non ha molto senso dare dei valori più precisi, i dati sembrano concordare con quelli riportati dalla letteratura più "antica".

Abbiamo provato a verificare con quanta facilità il materiale fibroso così disgregato potesse essere completamente "aperto" sotto agitazione meccanica, come avviene appunto in una cartiera per la produzione della pasta di carta. Anche qui, abbiamo approfittato della presenza degli emulsionatori ad alta velocità della cucina a colori per stampa, anche se la geometria chiusa delle ceramiche e non è quella ottimale per disgregare un materiale a fibra relativamente lunga

In tutti i casi abbiamo usato 5 g di fibra secca con 400 ml di acqua. I campioni di tifa sono risultati molto più dispersi. Al termine abbiamo raccolto su filtro a vuoto e seccato in stufa le quattro masse fibrose.



## Non sempre seguire la ricetta aiuta...

Nel frattempo avevamo provato a preparare una quantità maggiore di reagente cuproammoniacale seguendo una ricetta pratica che abbiamo trovato in un sito di dimostrazioni chimiche.

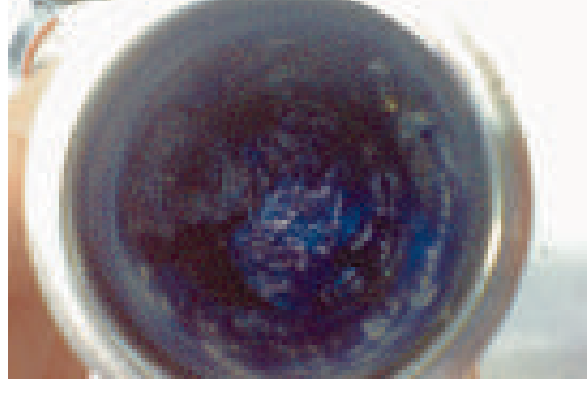
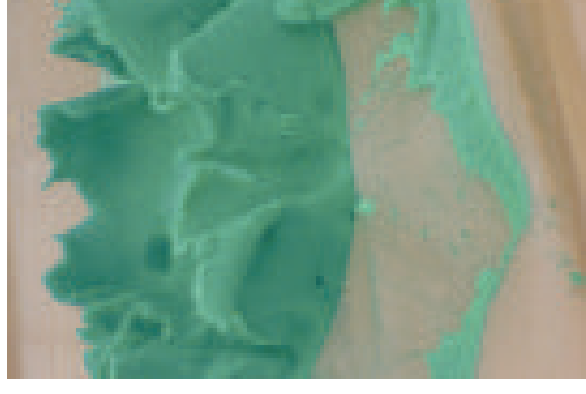
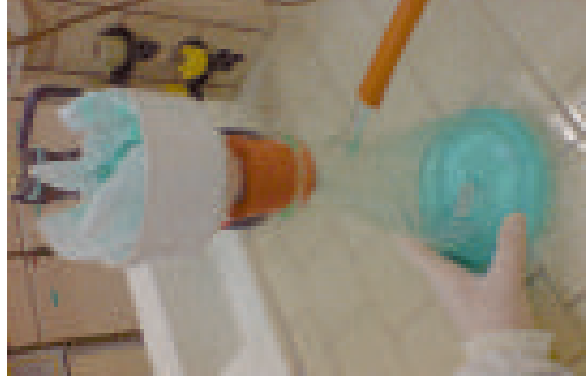
La ricetta indicava

- di precipitare tutto rame da una soluzione di solfato 1 mol/l con un volume doppio di NaOH alla stessa concentrazione,
- di filtrare sottovuoto il gel di idrossido, sciacquandolo poi più volte con acqua
- di aggiungere ammoniaca concentrata fino a completa dissoluzione.

Abbiamo fatto quanto sopra, usando come filtro la solita tela di poliestere fitta ma nonostante la forte aggiunta di ammoniaca il gel non si è sciolto completamente. Una possibile ipotesi è che l'idrossido formatosi abbia portato a qualche forma di composto polimerico, ma al momento non siamo riusciti a dire altro.

Dopo aver diviso in quattro aliquote uguali il reattivo, escludendo però il precipitato e tenendo solo la fase limpida, lo abbiamo inserito nelle solite autoclavi da 220 ml mettendo in ciascuna una delle aliquote di fibra ottenute al punto precedente. Abbiamo lasciato come al solito agitare energicamente a temperatura ambiente per 2 h, lasciato riposare una notte, agitato nuovamente per 2 h.

Dopo aver aperto le autoclavi, il liquido risultava decisamente fluido e tentativi di prova per ottenere la coagulazione in bagno acquoso hanno dato risultati negativi: evidentemente, al di là della difficoltà di estrarre la cellulosa da un materiale parzialmente lignificato, il reattivo non aveva la composizione desiderata.



Questa ricerca per noi non si concluderà con la presentazione della relazione al concorso, ma proseguirà per fornire materiali, indicazioni e idee ai nostri compagni delle classi di chimica tintoria ed a quelli delle classi di tessitura, che pure studiano le fibre e le loro proprietà.

Siamo infatti intenzionati a capire cosa possa essere andato storto e come migliorare le prove che ci hanno già dato buoni risultati. Quando sarà possibile, cercheremo di ottenere delle paste di cellulosa ulteriormente sbiancate partendo dalle biomasse "povere" il cui sviluppo ci sembra così promettente.

Cercheremo inoltre di preparare dei sistemi solventi per la cellulosa di tipo innovativo o ancora non completamente commerciale, da scegliere tra i molti che abbiamo incontrato esaminando la letteratura scientifica.

Le prove che descriviamo di seguito possiamo quindi intenderle non tanto come le ultime di questo lavoro, ma come "le prime del prossimo".

Dal momento che abbiamo ancora dei campioni di tifa e che questa si è rivelata così promettente per la produzione di pasta di cellulosa, abbiamo deciso di preparare due autoclavi da 500 ml con bagni combinati di NaOH e solfito, usando un rapporto 2:1 di sodio bisolfito rispetto alla massa della fibra e aggiungendo 250 ml, rispettivamente, di NaOH a 30° Bé e a 36° Bé (i gradi Baumé sono una antica misura di densità che a volte si incontra ancora nei preparati industriali: li abbiamo riportati per ricordare che abbiamo studiato la storia della nostra tecnologia!).

Abbiamo trattato le due autoclavi in stufa ad aria calda a 150 °C come indicato per l'ultima delle preparazioni precedenti.

Dopo quattro giorni in cui la stufa veniva accesa, portata a temperatura per un paio d'ore e poi lasciata raffreddare, abbiamo accuratamente sciacquato le due aliquote.

Prima di raccogliere la massa del materiale fibroso, abbiamo filtrato su Buchner usando come filtro un disco di buratto di poliestere per fotoincisione a maglia larga: in questo modo, per ciascuna delle due soluzioni abbiamo raccolto un dischetto che a tutti gli effetti è costituito da carta, che abbiamo conservato per prove di caratterizzazione.

Dal momento che durante quest'anno scolastico abbiamo iniziato a padroneggiare almeno le tecniche spettrofotometriche, in attesa di imparare quelle del laboratorio di chimica strumentale, ci sembrava giusto concludere questa fase del lavoro con delle prove di questo genere, che sono descritte nelle schede successive.

## Caratterizzazione colorimetrica

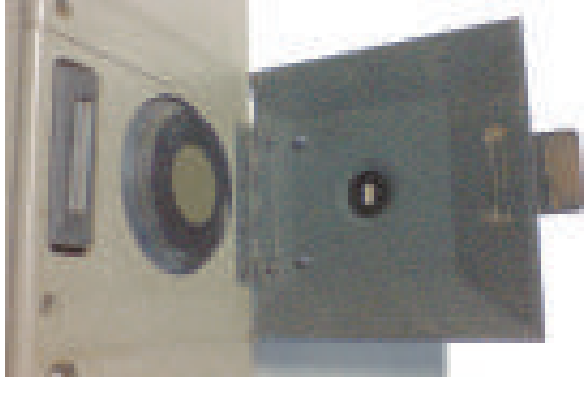
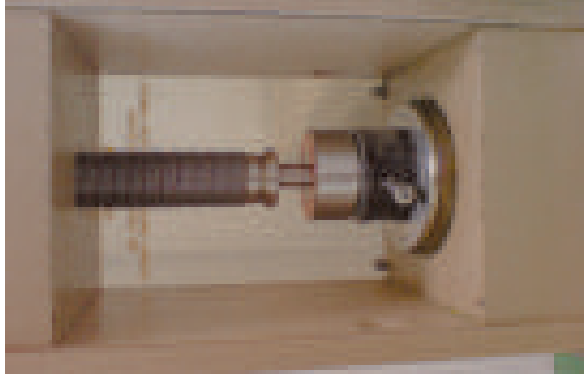
Anche in questo caso abbiamo cercato un sistema per superare le difficoltà tecniche legate alla nostra strumentazione, che adatta ai materiali tessili ma non a quelli fibrosi disagregati. Per compiere una misurazione di colore ci serve una superficie abbastanza piana e senza corpi sporgenti dal nostro materiale, da collocare di fronte alla porta dello spettrofotocolorimetro. Abbiamo scartato l'ipotesi di creare un sandwich fra lastre di vetro, perché ciò comporta un errore non riproducibile da campione a campione.

A questo punto ci è stata mostrata la pressa idraulica che si usa per realizzare le pastiglie di sali da analizzare all'infrarosso.

Per comprimere il materiale avevamo la scelta tra uno stampo del diametro di 30 mm e la normale pastigliatrice del diametro di 12.5 mm. Nel primo caso avremmo avuto un materiale meno compresso e coeso ma di dimensioni sufficienti per una misurazione "ad area grande"; nel secondo, la pastiglia è appena in grado di coprire la "area piccola" del nostro apparecchio, ma si presenta assai più compatta e lucida potendo raggiungere pressioni superiori ai 100 bar.

Abbiamo così prelevato dei campioni delle ultime aliquote di materiale fibroso che abbiamo realizzato nonché dei due dischi di carta ottenuti dalle preparazioni che non abbiamo ancora utilizzato.

Le fotografie a fianco e nella pagina seguente indicano i risultati delle nostre misurazioni.



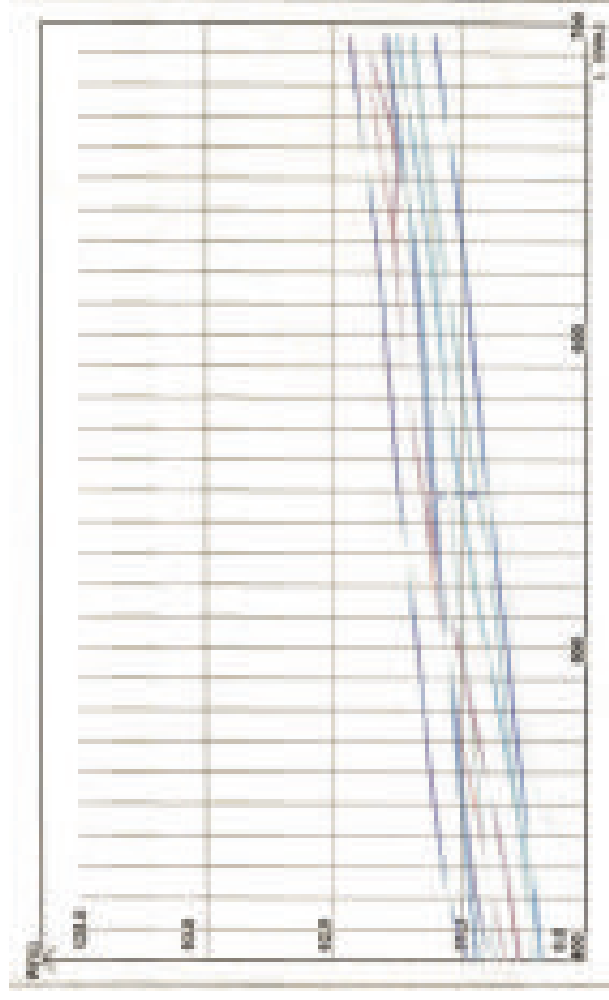
## Caratterizzazione colorimetrica

Le misurazioni sono state effettuate con uno spettrofotocolorimetro Macbeth 2020, specularità esclusa (tenendo conto delle caratteristiche superficiali delle pastiglie), area piccola di misura, filtro UV inserito.

Nella foto si vedono le pastiglie ordinate nello stesso modo dei campioni fibrose da cui sono state realizzate, vedi pagina precedente.

L'ultima fotografia in basso riproduce i materiali fibrosi ottenuti da tifa, inclusi i dischi di carta.

La figura sotto riporta una panoramica degli spettri dei campioni, su cui probabilmente lavoreremo nel seguito dell'anno scolastico elaborando gli indici di bianco e di giallo.



Vogliamo ringraziare, in ordine sparso, le persone delle quali abbiamo ricevuto spunti per questo lavoro, sia come suggerimenti sia come critiche costruttive, dedicandoci qualche ora del loro tempo o almeno qualche telefonata o e-mail.

Università dell'Insubria:

- la prof. Roberta Bettinetti e la dott. Benedetta Ponti, biologhe, che ci hanno documentato, preparato e accompagnato nella visita al lago Segrino ed al suo bacino di fitodepurazione.
- il prof. Andrea Pozzi e il dott. Gabriele Carugati, chimici ambientali, ci sono serviti da guide per entrare negli aspetti chimici della fitodepurazione.

Provincia di Como: la dott. Anna Danielon ed il dott. Franco Binaghi ci hanno dato informazioni sulle esperienze presenti sul nostro territorio

L'ing. Isidoro Ronzoni ci ha messo a disposizione la sua impareggiabile esperienza, che cercheremo di sfruttare in seguito.

I nostri familiari ci hanno supportato e sopportato e, in alcuni casi, hanno fornito esperienze e materiali sperimentali.

I tecnici dei laboratori del Setificio hanno dovuto fare qualche pulizia supplementare a causa della nostra presenza.

---

Riportiamo di seguito i testi che abbiamo esaminato con maggiore attenzione e/o da cui abbiamo ricavato spunti maggiormente utili. Abbiamo lasciato in chiaro i link onde consentire un più sicuro reperimento. Evidenziamo dapprima i principali testi storici consultati nella biblioteca del Setificio.

I. Guareschi, Nuova Enciclopedia di Chimica, Torino, 1909 - 1925, specie le voci: *Carta* e *Tessili (Materie)*

R. O. Herzog, *Technologie der Textilfasern* - VI. Band: *Kunstseide*, Berlin 1927

M. Matignon, *Matières plastiques* - Soies artificielles, Paris, 1924

H. R. Mauersberg, *Matthew's Textile Fibres*, 5th ed. , New York 1947

Conferenza "La fibra dell'acqua" per ComOn 2010, di Palazzi, Crovato e Taborelli, <http://blip.tv/exallievisetificiocomo/la-fibra-dell-acqua-l-acqua-nel-tessile-storia-e-nuove-applicazioni-eco-sostenibili-4313942>



- H. Michel, The Nonsense of Biofuels, *Angewandte Chemie*, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201200218/pdf>
- John, To Develop Biofuels or Not?, <http://www.rheothing.com/2012/02/to-develop-biofuels-or-not.html>
- N. Armaroli, V. Balzani, *Energia per l'astronave terra*, Bologna 2011
- RenLab, Il sistema industriale lombardo nel business delle biomasse, [http://www.mi.camcom.it/c/document\\_library/get\\_file?uuid=40add59f-8167-49b3-b744-f07cfab5af84&groupId=10157](http://www.mi.camcom.it/c/document_library/get_file?uuid=40add59f-8167-49b3-b744-f07cfab5af84&groupId=10157)
- C. Santulli, Utilizzo delle fibre naturali per la produzione di materiali sostenibili, [http://www.carlosantulli.net/gatr1\\_fibre\\_naturali.pdf](http://www.carlosantulli.net/gatr1_fibre_naturali.pdf)
- F. Tammaro, Le piante derivate da coltivazioni, dalla vegetazione forestale, da ambienti umidi e da aree marginali (...), <http://www.regione.abruzzo.it/xAraen/docs/biogasProgramma/seminario/TAMMARO-BiomasseNellaRegioneAbruzzo.pdf>
- C. Tartaglione, Innovare per crescere, [http://www.filctem.lombardia.it/Portals/2/documenti/Seminari\\_Convegni/Convegno%2027%20ottobre%202011%20Sistema%20Moda/Innovare%20per%20crescere%20-%20Clemente%20Tartaglione.pdf](http://www.filctem.lombardia.it/Portals/2/documenti/Seminari_Convegni/Convegno%2027%20ottobre%202011%20Sistema%20Moda/Innovare%20per%20crescere%20-%20Clemente%20Tartaglione.pdf)
- Atti del Convegno: Biomasse forestali ad uso energetico in ambiente alpino: potenzialità e limiti, <http://www.tesaf.unipd.it/Sanvito/dati/ATTI%2043mo.pdf>
- Classificazione delle fibre tessili, <http://ctf.frm.uniroma1.it/didattica/att/c20d.file.pdf>
- R. Giovanardi, Aspetti agronomici, ambientali ed energetici delle culture agro-forestali da biomassa combustibile, <http://www.myrmekos.com/controlpanel/files/convegnobiomasseprof.giovanardi.pdf>
- S. Amaducci, Le coltivazioni erbacee a destinazione energetica, [http://www.populus.it/pdf/Forlener\\_2011\\_Amaducci.pdf](http://www.populus.it/pdf/Forlener_2011_Amaducci.pdf)
- P. Noé, H. Chanzy: Swelling of Valonia cellulose microfibrils in amine oxide systems, [http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/25/91/49/PDF/RHM\\_txt19-2.pdf](http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/25/91/49/PDF/RHM_txt19-2.pdf)
- Documentazione tecnica Lenzing, <http://www.lenzing.com/fasern/lenzing-modal/applikationen/fasern.html>
- G. Nebbia, Cupro quo, <http://www.nuovoconsumo.it/cupro-quo>
- M. Lackman, Bamboo Sprouting Green Myths [http://organicclothing.blogs.com/my\\_weblog/2008/08/bamboo-sprouting-green-myths.html](http://organicclothing.blogs.com/my_weblog/2008/08/bamboo-sprouting-green-myths.html)
- FTC USA, FTC Warns 78 Retailers, Including Wal-Mart, Target, and Kmart, to Stop Labeling Rayon Textile Products as

"Bamboo", <http://www.ftc.gov/opa/2010/02/bamboo.shtml>

FTC USA, How to Avoid Bamboozling Your Customers, <http://business.ftc.gov/sites/default/files/pdf/alt172-how-a-void-bamboozling-your-customers.pdf>

F. Hermanutz, New developmnets in the manufacture of cellulose fibers with ionic liquids, [http://www.basf.de/basf2/img/produnkte/intermed/news/interchange/dezember06/Hermanutz\\_Meister\\_Uerding.pdf](http://www.basf.de/basf2/img/produnkte/intermed/news/interchange/dezember06/Hermanutz_Meister_Uerding.pdf)

Maase et al., Solubility of cellulose in ionic liquids with addition of amino bases United States Patent 7,754,002 / 2010,

L. Yarris, Turning Sunlight into Fuel: Ionic Liquid Diet Key to Unlocking Biomass Sugars, <http://newscenter.lbl.gov/features/stories/2009/04/13/ionic-liquid-diet/>

H. Sixta, Chemical pulping, [http://www.wiley-vch.de/books/sample/3527309993\\_c01.pdf](http://www.wiley-vch.de/books/sample/3527309993_c01.pdf)

A. Diener, W. Zhao, LIST Lyocell dissolving system, [http://www.list.ch/fileadmin/user\\_upload/download/publications/102\\_e.pdf](http://www.list.ch/fileadmin/user_upload/download/publications/102_e.pdf)

L.Yun et al., Effects of sulfite pretreatment to overcome the recalcitrance of lignin on enzymatic saccharification of corn stalk, [http://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes\\_06/BioRes\\_06\\_4\\_5001\\_Liu\\_ZWXY\\_SPORL\\_Enzy\\_Saccharif\\_Corn\\_Stalk\\_2139.pdf](http://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_06/BioRes_06_4_5001_Liu_ZWXY_SPORL_Enzy_Saccharif_Corn_Stalk_2139.pdf)

M. Khamil et al., Pulping of Wheat Straw using Sulfite Process: An Experimental Study, [http://pu.edu.pk/images/journal/jfet/Current-issue/JFET\\_01\\_2009\\_Pulping%20of%20wheat%20straw\\_Mahe%20kamil.pdf](http://pu.edu.pk/images/journal/jfet/Current-issue/JFET_01_2009_Pulping%20of%20wheat%20straw_Mahe%20kamil.pdf)

Wikipedia: varie voci in italiano, inglese e per riferimento e confronto in francese, tedesco e spagnolo

Alcuni testi scritti dal nostro tutor prof. Palazzi e relativi a questi argomenti sono reperibili su <http://www.kemia.it/biblio.htm> e su [www.setificio.com](http://www.setificio.com).

---

Per sviluppare questo progetto in modo che tutti potessero disporre di software compatibile, abbiamo privilegiato l'open source: tutte le foto sono state elaborate con IrfanView, per testi e fogli di calcolo abbiamo usato OpenOffice, la presente relazione è stata redatta con Scribus, di uso non semplice ma che con un po' di pratica ci ha permesso di fare esperienza con un potente strumento grafico professionale.

Foto e testi sono stati interamente prodotti da noi (le foto in pellicola dal nostro tutor).

## RESTITUITI DEL PROGETTO

NOME PROGETTO FIBRA AZZURRA, ACQUA CHIARA

### 1. Sintesi

*Descrizione sintetica del progetto presentato*

Il progetto propone una innovazione di contesto: produrre fibre cellulosiche artificiali per tessuti di qualità, con il principio della filiera corta, utilizzando in modo innovativo biomasse idonee al recupero di sottoprodotti agricoli, terreni marginali o bacini di fitodepurazione, integrando i temi di questo concorso e quelli di Expo 2015.

### 2. Il prodotto/servizio

La produzione di fibre cellulosiche artificiali, per usi di abbigliamento, arredamento e tecnici, dopo decenni di declino trova un sempre più forte interesse perché permette di unire i vantaggi del cotone (che però ha un forte impatto ambientale sia per la produzione sia per il trasporto intercontinentale) a quelli delle fibre man-made (che però in massima parte dipendono dal petrolio, con tutte le ricadute negative in termini di sostenibilità, rinnovabilità ed immagine).

Tutti gli studi e le nuove produzioni si orientano su ricerche iniziate oltre un secolo fa, che erano state abbandonate per l'economicità di scala e relativa semplicità della petrolchimica, ma che oggi vengono riscoperte, rinnovando con la chimica e le biotecnologie attuali i processi più antichi ed applicando processi del tutto nuovi che usano le più recenti scoperte chimiche.

In tal modo risulta possibile usare biomasse cellulosiche da coltivazioni che erano state abbandonate durante il XX secolo perché marginali e poco redditizie rispetto a produzioni di larga scala. Esse potrebbero essere riprese: sfruttando i vantaggi di impianti su scala ridotta, meglio inseribili nel territorio, a breve distanza dalle aziende tessili in settori di largo consumo e/o di fascia alta, a basso impatto ambientale anche perché inseriti nel ciclo della fitodepurazione. Nell'impostazione del lavoro si sono considerate diverse esperienze innovative internazionali.

Le fibre cellulosiche, nel nostro progetto, risulterebbero così il prodotto finale (da inserire sul mercato con un ritorno economico) di un completo ciclo di recupero e valorizzazione dell'ambiente e delle risorse del nostro territorio, senza sottrarre terreni a produzioni agricole per uso alimentare ma anzi recuperando terreni poco utilizzabili e sottoprodotti agricoli.

Abbiamo quindi studiato prove orientative di fattibilità di pasta di cellulosa e quindi di fibra artificiale, partendo da tecniche e materie prime "antiche" legate al nostro contesto.

Il materiale illustrativo è stato organizzato nella relazione tecnica allegata.

Un lato non trascurabile è la possibilità di rendere fattibili e graditi al territorio interventi ambientali come la depurazione delle acque reflue e il contenimento delle piene dei torrenti.

### 3. Innovazione

Le prime tecnologie per la produzione di fibre cellulosiche avevano un forte impatto ambientale (processi viscosa e cupro) e/o portavano a prodotti ormai meno interessanti rispetto alle fibre sintetiche (processo all'acetato).

L'Italia era all'avanguardia mondiale fino al dopoguerra, ma oggi queste produzioni sono state quasi completamente abbandonate. Eppure... esiste la possibilità di riprenderle?

Si nota che non soltanto Cina ed altri paesi a basso costo e a più rapido sviluppo stanno lanciando produzioni su larga scala con tecnologie innovative (lyocell e derivate) ma addirittura nei paesi europei al di là delle Alpi si continua la produzione con i processi più antichi grazie all'uso di filiere corte e di innovazioni tecnologiche.

Nell'ultimo decennio è cresciuto lo studio di tecniche di produzione della cellulosa da biomasse di scarso valore (usando per esempio biotecnologie enzimatiche), collegate agli studi per la produzione di biocarburanti; inoltre è "esploso" lo studio di sistemi solventi prima sconosciuti come quelli a *liquidi ionici*, che in parte riprendono i principi chimici del processo cupro.

Le nuove tecnologie possono rendere compatibili e redditizi piccoli impianti delocalizzati, se questi utilizzano biomasse di produzione locale, che possano migliorare l'uso del territorio.

Le aziende comasche (tessiture, tintostamperie e finissaggi) hanno una esperienza di altissimo livello nell'utilizzo dei filati continui, analoghi o derivati dalle produzioni seriche. L'ambito ideale per rinnovare la produzione di quelle che erano chiamate "sete artificiali".

L'idea di un ciclo integrato tra agricoltura, produzione e nobilitazione delle fibre tessili, oggi del tutto inesistente ma con possibilità di rapida crescita, ci fa pensare al caso del poliestere PET, che dal nulla ha saputo creare una enorme catena del riutilizzo e riciclo, ed alle esperienze per biocombustibili e intermedi chimici di derivazione biotecnologica.

### 4. Finalità e risultati attesi

*Gli obiettivi principali che ci proponiamo di raggiungere*

- Riportare sul nostro territorio la produzione di fibre tessili artificiali gradite dal mercato e ambientalmente sostenibili.
- Rilanciare la grande tradizione delle tecnologie agricole ed industriali comasche, lombarde ed italiane a cavallo tra '800 e '900
- Trovare nuove linee di ricerca per scuole, università e centri tecnologici del nostro territorio.
- Sbloccare molti progetti di recupero di aree trascurate o abbandonate dall'agricoltura.
- Creare nuovi posti di lavoro in aziende locali con ricadute sul distretto tessile comasco.
- Mostrare che "poca chimica può far male, ma molta chimica può far bene".

## 5. Realizzazione

### Descrizione del processo di realizzazione

Lo studio da noi proposto, per essere realizzato operativamente, richiede tecnologie ed apparecchiature che non potevamo realisticamente sviluppare nei tempi di questa ricerca fino alla fase di un reale prototipo.

Abbiamo quindi voluto indicare non delle "vere" realizzazioni, quanto la possibilità di avviarle con ricerche non particolarmente complesse e che trovano un terreno ideale nell'ambito di Expo 2015 e del rinnovato interesse per tecnologie compatibili e sostenibili.

Una parte essenziale del progetto è lo studio per la presa di coscienza delle possibilità del territorio e dell'evoluzione della tecnologia delle fibre artificiali da fine '800 fino al 2012.... e oltre.

Abbiamo usato in modo non convenzionale molte apparecchiature disponibili nei laboratori del Setificio, cercando di essere flessibili, creativi e raccogliendo spunti per ulteriori sperimentazioni. La scelta del processo cupro nella sua variante più tradizionale è non solo semplice ed economica ma ha un significato simbolico relativo al caso Bemberg - Lago d'Orta: non sarà però questo il processo da usare realmente su scala pilota ed in impianto!

Al tempo stesso, queste ricerche serviranno alla nostra scuola per rilanciare i corsi ad indirizzo chimico e tessile mostrando agli studenti importanti linee di innovazione, che noi stessi abbiamo visto all'ITMA di Barcellona all'inizio di questo anno scolastico: sia pure a livello sperimentale continueremo quindi a studiare questi materiali per proporre eventuali sviluppi.

Sul nostro territorio oggi non abbiamo trovato aziende né nella produzione di cellulosa per carta, né in quella delle fibre artificiali, per cui non abbiamo nemmeno potuto appoggiarci sulla loro esperienza per aiutarci nella studio della fattibilità economica, visto che l'insieme di quanto proponiamo richiede competenze anche al di fuori del settore chimico-tessile.

Crediamo però possibile che l'idea venga accolta con interesse, se pensiamo per analogia a dei casi molto noti e apparentemente in "controtendenza", tra cui ci limitiamo a:

- L'attività di aziende come p. es. i gruppi Radici o Mapei, che in Italia riescono a produrre e/o impiegare fibre sintetiche per settori specializzati (dall'abbigliamento ai compositi) ottimizzando la produzione sulle richieste del cliente, e quindi muovendosi anche su piccolissima scala rispetto alle produzioni di fibre made "di massa" negli anni '50-'70.

- Gli impianti per biocarburanti, come lo stabilimento che il gruppo Mossi e Ghisolfi sta completando a Crescenino per usare canne e paglia: se tale progetto può essere competitivo con il petrolio per un prodotto con limitati margini economici, non sembra irrealistico che quel che proponiamo sia vantaggioso per un prodotto di maggiore valore aggiunto, tenendo conto delle sinergie con i distretti tessili lombardi e con molti progetti per agricoltura e difesa del territorio.

## 6. Materiale integrativo

La descrizione e la documentazione fotografica degli studi preliminari e delle esperienze che abbiamo svolte sono nella relazione tecnica allegata.

## Fibra azzurra, acqua chiara

rilanciamo insieme le fibre artificiali ed il nostro territorio

**presentazione ex audizione presso  
giuria**

### GLI SFIRZATI

Laura Butti, Paolo Balossino, Tommaso Casartelli  
Roberto Guadagnin, Elisa Micelli, Michael Zanotta

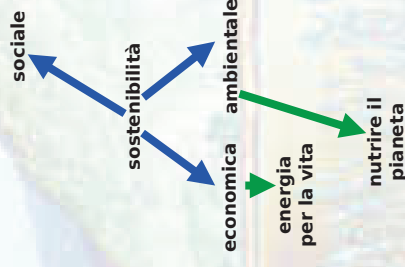
classe 4CI, chimici tintori - ISIS di Setificio "Paolo Carcano", Como  
tutor: prof. Sergio Palazzi

**abbiamo cercato  
di integrare  
i temi**

**di questo concorso  
e quelli**

**di Expo 2015**

**ricercando  
un percorso logico ...**



**... e così  
il nostro disegno  
ha preso  
una forma  
che ci sembra  
interessante!**



**TERRITORIO**  
terreni marginali  
fitodepurazione  
zone allagabili

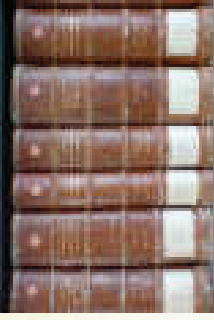
**MATERIE PRIME**  
sostenibilità  
economicità  
filiera corta

***l'unione fa la forza?  
proviamoci!***

**INDUSTRIA TESSILE**  
le nostre origini  
un marchio sicuro  
una incognita

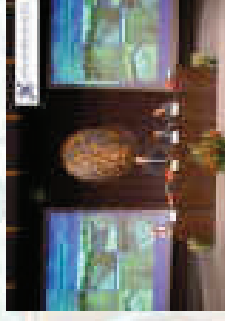
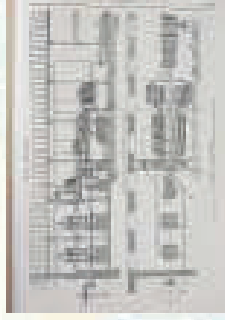
**FIBRE ARTIFICIALI**  
passato glorioso  
presente difficile  
necessità del futuro

**Il nostro anno scolastico è iniziato a Barcellona**  
e di roba strana ne abbiamo vista tanta!



**... ci siamo documentati su tutte queste fibre antiche ed innovative ...**

sulla storia  
sui problemi  
sulle nuove realizzazioni



**come facevano una volta?**

impianti molto grossi  
poca flessibilità  
impatto ambientale

**come si fa oggi?**

si fanno ancora fibre in Italia?  
possono essere economiche?  
possiamo renderle vincenti?

**dove va la ricerca?**

chimica e biotecnologie  
ricerche per biocombustibili  
integrazione nel territorio



**BIOMASSA**

non per alimentazione  
non invasiva  
"rustica"



**PASTA DA CARTA**

processi antichi  
possibili innovazioni  
compatibilità ambientale



**chiudiamo il circolo!**

**CHIMICA E TERRITORIO**

fitodepurazione  
risanamento  
valorizzazione



**FIBRE ARTIFICIALI**

processo cupro  
importanza storica  
il caso del Cusio

preparare la pasta da carta  
caratterizzarla  
trasformarla in fibra...

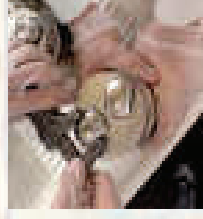
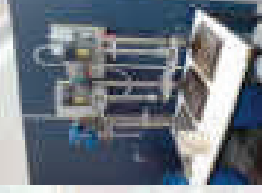
... con le nostre materie prime  
sappiamo che si può fare:  
**abbiamo voluto vedere come!**



non abbiamo apparecchi per industria cartaria  
non abbiamo apparecchi per filatura ad umido  
non abbiamo trovato aziende di supporto

... MA ...

abbiamo un laboratorio di chimica tintoria  
abbiamo molte tecniche analitiche  
abbiamo voglia di sperimentare



... difficile essere realistici  
con i nostri tempi e partendo da zero

QUINDI

**la parte sperimentale  
deve essere solo dimostrativa !**



... mettiamoci al lavoro ...



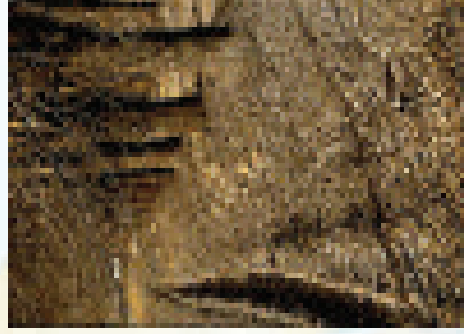
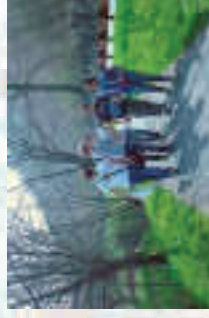
## il Segrino

studiato da esperti che conosciamo vicino a noi  
flora del nostro territorio  
un bacino di fitodepurazione  
un ambiente turistico  
... piace e funziona!



## sopralluogo

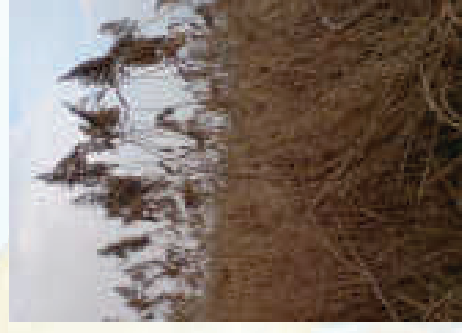
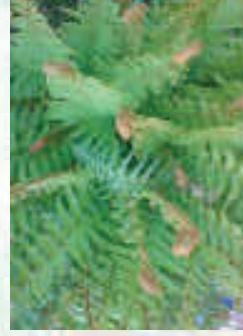
esame dal vivo di una realtà  
problemi e vantaggi  
fattibilità di un progetto  
prelievo di campioni "doc"



## ...un brutto momento!

abbiamo iniziato a **febbraio**  
ad **aprile** doveva essere finito:

... dove prendiamo le biomasse?  
... come studiamo la depurazione?



## che abbiamo utilizzato le biomasse

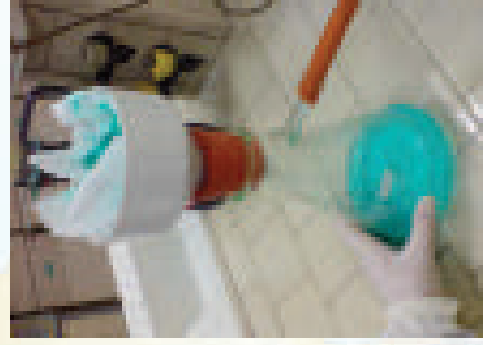
Phragmite (steli)  
Tifa (steli)  
Mais (steli e tutoli)  
Sambuco (legno e segatura)  
Salice (già biodegradato)  
Pioppo (foglie secche)





### dalle piante alla pasta da carta

i processi a soda caustica  
e al solfito  
sono da sempre i preferiti  
per cellulosa destinata a fibre  
più pregiata della kraft al solfito  
Oggi si usano combinati  
con i processi enzimatici



### dalla pasta di cellulosa alle fibre

Viscosa o acetato? ma anche no!  
Cuproammoniacale? fattibile!  
Lyocell? è già il presente!  
Liquidi ionici? ci piacerebbe!



### ma allora esiste davvero!



**Diamo i numeri**  
(un progetto tecnologico deve avere una contabilità accurata!)

oltre 1000 foto tra analogiche e digitali  
oltre 60 h in laboratorio  
e chi conta le ore tra biblioteca ed internet?  
... circa 200 tra libri, articoli e siti sfogliati!  
un sopralluogo naturalistico guidato  
13 diverse biomasse reperite fuori stagione  
7 biomasse testate  
approfondimenti sperimentali sulle 2 canne  
oltre 40 reperti preparati per esibizione  
6 tentativi di filatura del cupro  
(almeno 2 dignitosi)  
nella relazione ci siamo fermati a 33 pagine...



E quindi, la nostra idea era questa:

**“Il progetto propone una innovazione di contesto:  
produrre fibre cellulosiche artificiali  
per tessuti di qualità,  
con il principio della filiera corta,  
utilizzando in modo innovativo  
biomasse idonee al recupero  
di sottoprodotti agricoli, terreni marginali  
o bacini di fitodepurazione,  
integrando i temi  
di questo concorso e quelli di Expo 2015”.**  
**... sì - può - fare!!!**