

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

***Relazione per la prova finale
«Controllo qualità di tubi in
polietilene e della materia prima»***

Tutor universitario: Prof.ssa Lorenzetti

Laureando: *Matteo Moretto 2011967*

Padova, 10/11/2023

TIROCINIO SVOLTO PRESSO DERILAST GROUP S.R.L.

Svolti *controlli* sulle caratteristiche di tubi in polietilene e dei compound utilizzati come materia prima al fine di valutarne la *qualità*.

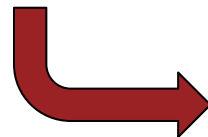
Argomenti trattati:

- Normative e Marchi
- Materie Prime: *compound di HDPE*
- Prodotti Finiti: *tubi di HDPE*
- Controlli svolti
- Conclusioni

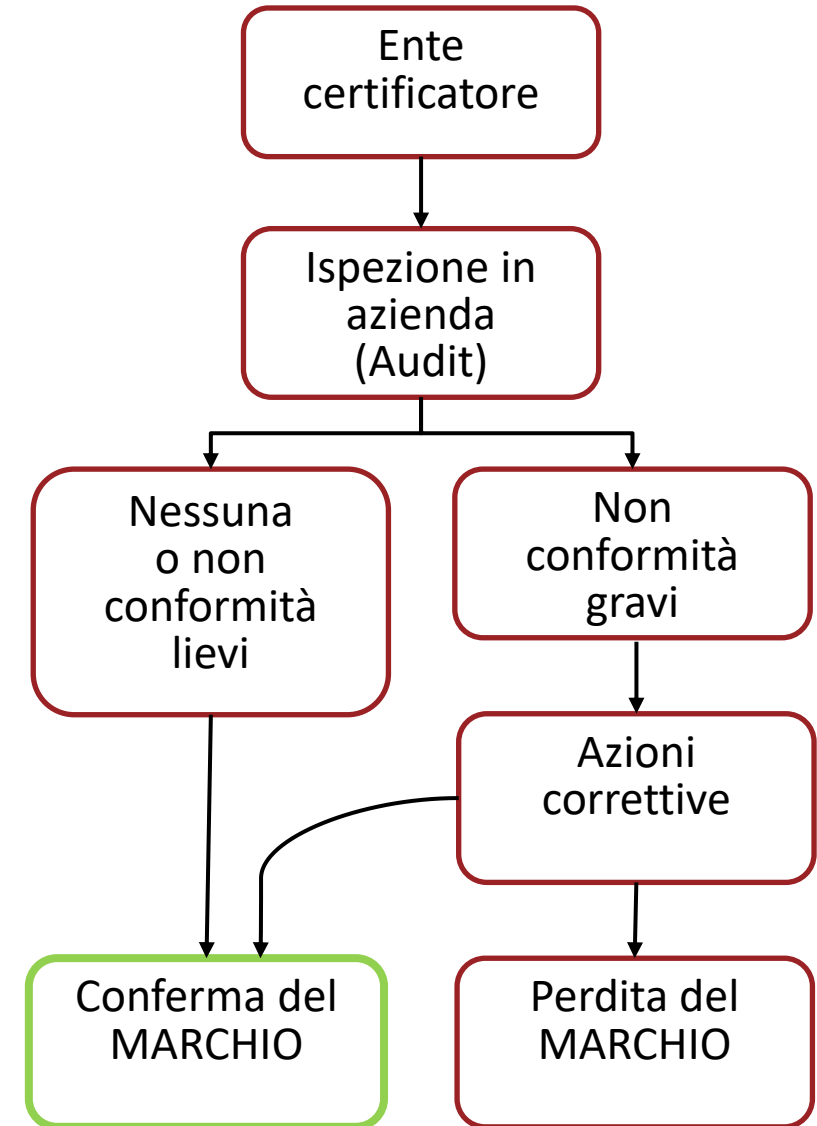


Al fine di garantire elevati standard qualitativi
L'azienda può adottare le seguenti normative volontarie:

- Standard di **Gestione di Sistema**
 - UNI EN ISO 9001: *gestione qualità*
- Standard di **prodotto**
 - UNI EN 12001: *Tubazioni in PE per il trasporto di acqua in pressione*
 - UNI EN 12666: *Tubazioni in PE per il trasporto di acque fognarie non in pressione*
 - UNI EN 1555: *Tubazioni in PE per il trasporto di gas combustibili*



Standard di **metodo**
Valori conformità



Compound di polietilene:

HDPE (~95%)

Polietilene ad alta densità (0.940-965g/cm³)
polimero termoplastico semicristallino

ADITTIVI

Plasticizzanti, stabilizzanti e pigmenti

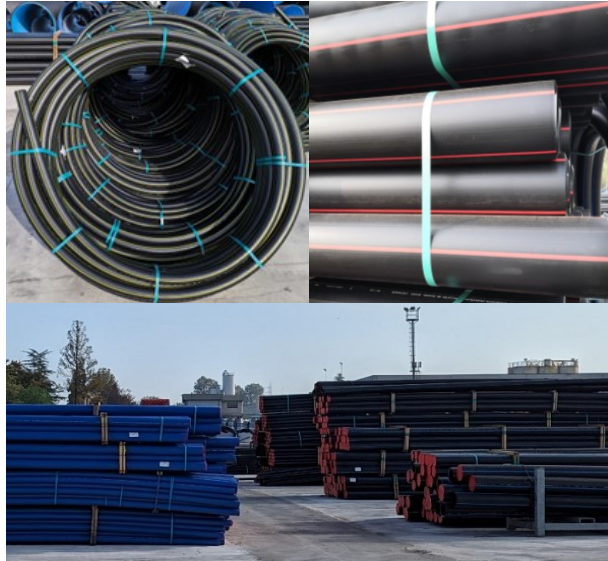


www.dii.unipd.it

Classe PE	MRS (MPa)	σ_{LPL} (MPa)
PE80	8	8.00 ÷ 9.99
PE100, PE100RC/RT/RCD	10	10.00 ÷ 12.24

Tipi di Polietilene:

- PE base, di colore nero per la struttura del tubo
- PE colorati per tubi bistrato
- PE colorati per bande di coestrusione



Sollecitazioni a cui devono resistere per almeno *50 anni*:

PRESSIONE

$$PN_{20^{\circ}C} \text{ (bar)} = \frac{10MRS \times 2e_n}{C(d_n - e_n)} = \frac{20 MRS}{C(SDR - 1)}$$

$$PN_T = f(T) \times PN_{20^{\circ}C}$$

Caratteristiche dimensionali:

- Diametro nominale d_n (mm)
- Spessore nominale e_n (mm)
- Rapporto dimensionale standard

$$SDR = \frac{d_n}{e_n} \text{ (-)}$$

SCHIACCIAMENTO

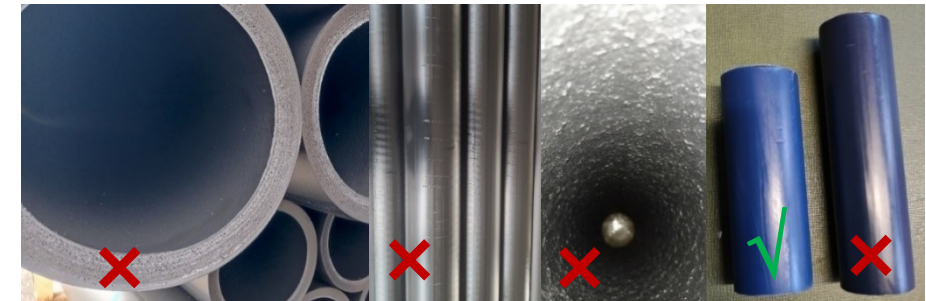
$$SN \left(\frac{kN}{m^2} \right) = \frac{E \times I}{(d_n - e_n)^3} = \frac{E \times \left(\frac{e_n^3}{12} \right)}{(d_n - e_n)^3}$$

Controlli	Standard di metodo	TUBI	GRANULO HDPE
Controlli visivi	-	✓	x
Controlli dimensionali	UNI EN ISO 3126	✓	x
Prove trazione	UNI EN ISO 6259	✓	x
Prove pressione	UNI EN ISO 1167-1/2	✓	x
Prove ritiro long.	UNI EN ISO 2505	✓	x
Prova MFR	UNI EN ISO 1133	✓	✓
Prova Densità	UNI EN ISO 1183	✓	✓
Prova dispersione CB	ISO 18553	✓	✓
Prova %CB (TGA)	ISO 6964	✓	✓
Prova OIT (DSC)	UNI EN ISO 11357-6	✓	✓
Prova %PP (DSC)	UNI EN ISO 11357-2	✓ (rigenerato)	✓ (rigenerato)

CONTROLLI DIMENSIONALI

- *Lunghezza*
- D_{medio}
- e_{min}, e_{max}
- Ovalizzazione

CONTROLLI VISIVI



	Materiale vergine	Materiale rigenerato
Materia prima (granulo)	CAMPIONE A1 Granulo: PE100 vergine	CAMPIONE B1 Granulo: PE rigenerato
Prodotto finito (Tubo)	CAMPIONE A2 Tubo SDR11 PN16 d _n 90mm - e _n 8.2mm UNI EN 12201 Acqua potabile	CAMPIONE B2 Tubo SDR13.6 PN10 d _n 90mm - e _n 8.2mm Fuori norma Irrigazione

Prova RESISTENZA A PRESSIONE INTERNA

CAMPIONE A2

Preparati 3 provini e messi in pressione in una vasca termostata:
test *water-in-water*, T = 80°C, t=165h

$$P = \frac{20\sigma_{Hoop} \times e_n}{(d_n - e_n)} = 10.83 \text{ bar}$$



CAMPIONE B2

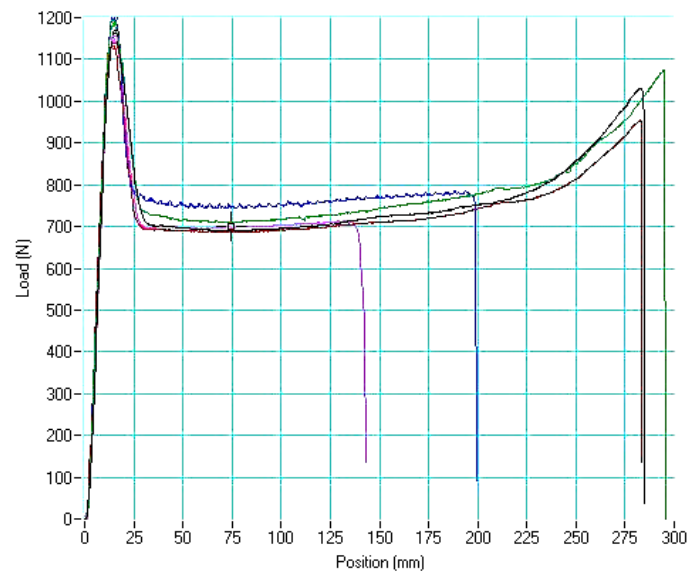
Preparati 2 provini:
test *water-in-water*, T = 80°C, t=165h

$$P = 7.24 \text{ bar} \rightarrow \text{x 48h x 56h}$$

Condizioni	σ_{Hoop} (MPa)		
	PE100	PE80	PE63
20°C – 100h	12	10.0	8.0
80°C – 165h	5.4	4.5	3.5
80°C – 1000h	5.0	4.0	3.2

Prova di TRAZIONE

Test	
Date	10-24-2023
Time	15:15:44
Pre-Load (N)	0.00
Load Cell f.s. (N)	9804.00
Speed (mm/min)	100.00
Run Length (mm)	900.00
Thickness (mm)	8.84
Width (mm)	5.31
Length (mm)	25.00

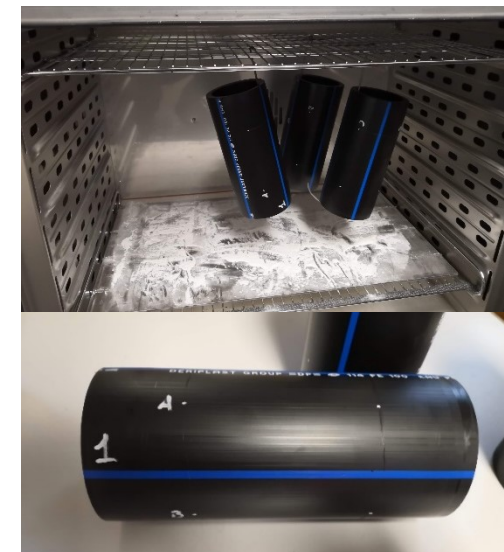


Average Results	
Modulus (N/mmq)	343.36
Max Load (N)	1165.86
(N/mmq)	24.84
Break Load (N)	828.67
(N/mmq)	17.72
Stretch (%)	633.76
Yield Load (N)	1165.86
(N/mmq)	24.84

Prova di RITIRO LONGITUDINALE

3 provini 1h, 110°C

$$R_L = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100$$



Provino	1	2	3	4	5	Risultato
$\sigma_{yield}(MPa)$	25.7	24.4	26.0	24.4	23.8	25±1
$e (%)$	611.6	729.6	695.6	662.0	470.0	634±102

UNI EN 12201
 $e \geq 350 \%$

Provino	1	2	3	Risultato
$R_L (%)$	0.5	0.6	0.8	0.6±0.3

UNI EN 12201
 $R_L < 3\%$

Prova INDICE di FLUIDITÀ (MFR)

Misura reologica ad una certa T e F

- T=190 ± 0.2 °C
- M=5 ± 0.0025 kg
- t= 120 s

$$MFR_{190^{\circ}C,5kg}(g/10\text{ min}) = \frac{600 \times \bar{m}}{t}$$

	Campione A1 Granulo PE100	Campione A2 Tubo acqua potabile
Media masse	0.0469±0.0014 g	0.0470±0.0013 g
MFR(190/5) calcolato	0.235±0.007 g/10min	0.235±0.007 g/10min
MFR(190/5) produttore	0.25 g/10min	

UNI EN 12201
MFR ∈ [0.1 ; 1.4] g/10min
MFR pf = MFR mp ± 20%

Prova DENSITÀ

Metodo ad IMMERSIONE

$\rho_L = 0.789\text{ g/cm}^3 @ 23^{\circ}C$, etanolo assoluto

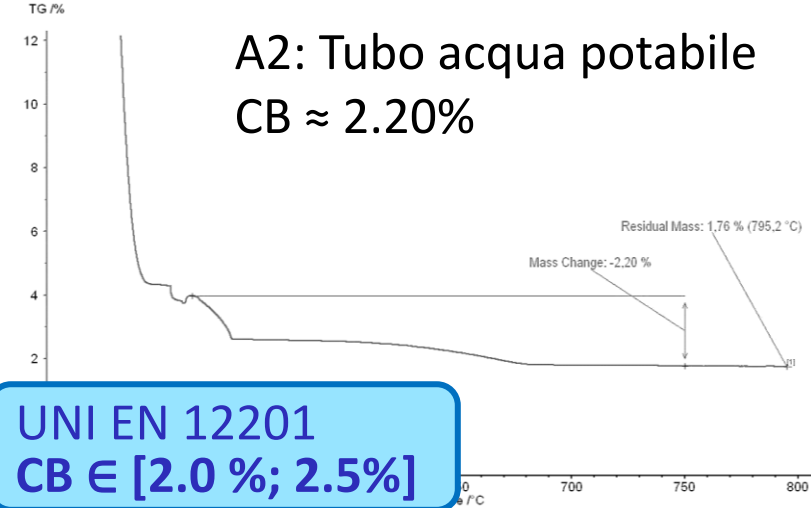
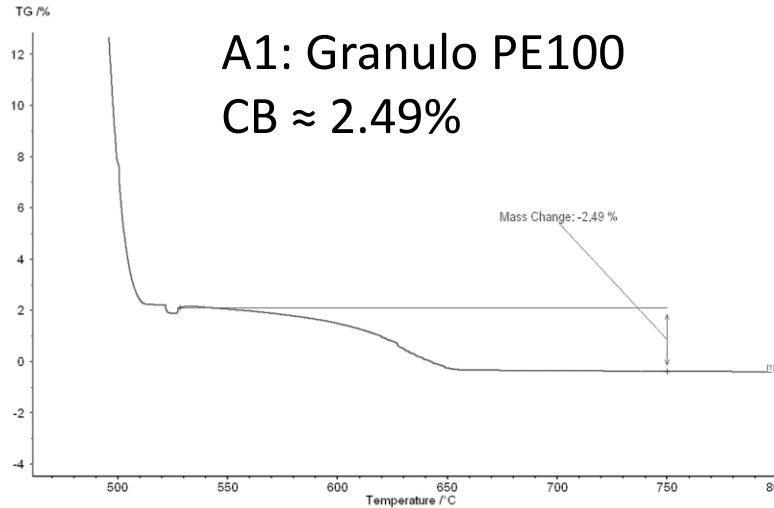
$$\rho\left(\frac{g}{cm^3}\right) = \rho_{etanolo} \times \frac{P_{aria}}{P_{aria} - P_{etanolo}}$$

	Campione A1 Granulo PE100	Campione A2 Tubo acqua potabile
Densità calcolata	0.953±0.003 g/cm3	0.954±0.005 g/cm3

UNI EN 12201
 $\rho > 0.93\text{ g/cm}^3$

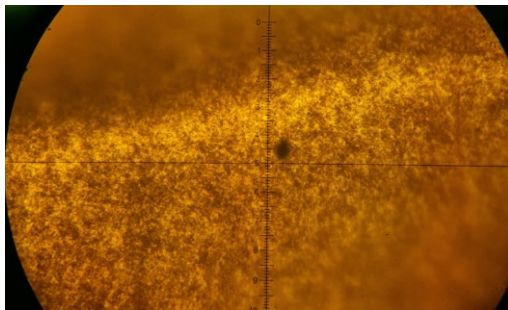
Prova CONTENUTO NEROFUMO (TGA)

$$C_{CB \%} = \frac{m_i - m_f}{m_s} \times 100$$



UNI EN 12201
CB ∈ [2.0 %; 2.5%]

Prova DISPERSIONE NEROFUMO



M132 - R01 - DETERMINAZIONE DEL GRADO DI DISPERSIONE

CAMPIONE	0A	5	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151	161	171	181	191	201	PUNTEGGIO		
	A	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	MAX		
1																								1,5	
2																									1
3																									1
4																									1
5																									1
6																									1

GRADO DI DISPERSIONE MEDIO: 1,1
ARROTONDARE AL DECIMALE PER ECCESSO
VALORE LIMITE: 3



UNI EN 12201
GD < 3

M132 - R01 - DETERMINAZIONE DEL GRADO DI DISPERSIONE

CAMPIONE	0A	5	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151	161	171	181	191	201	PUNTEGGIO		
	A	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	MAX		
1																								1	
2																									1,5
3																									1
4																									1
5																									2
6																									1,5

GRADO DI DISPERSIONE MEDIO: 1,6
ARROTONDARE AL DECIMALE PER ECCESSO
VALORE LIMITE: 3

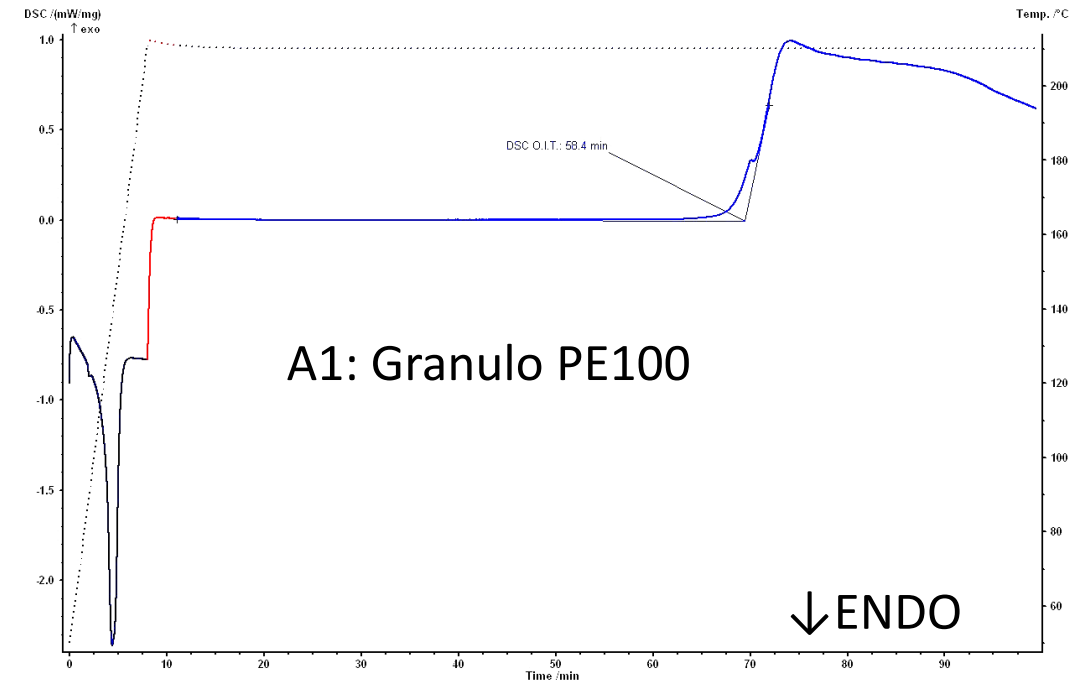
DATA: 23/10/2023
CAMPIONE: DN90
CLIENTE: []

Prova TEMPO DI INDUZIONE ALL'OSSIDAZIONE (OIT statico)

Analisi DSC che misura il tempo di resistenza all'ossidazione di un compound di HDPE

→ Azione degli ANTIOSSIDANTI

	Campione A1 Granulo PE100	Campione A2 Tubo acqua potabile
OIT statico	58.4 min	Interno: 43.9 min Medio: 52.0 min Esterno : 51.3 min



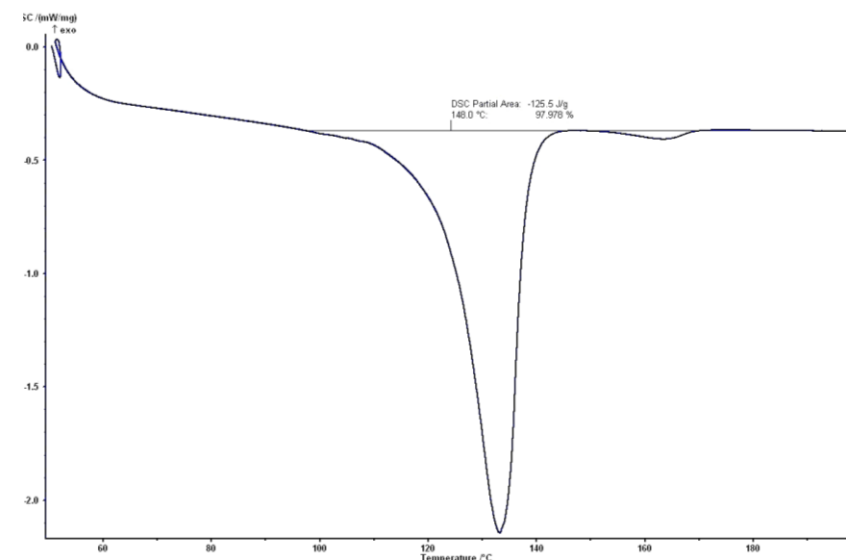
- Riscaldamento fino a 210°C, flusso di N2
- Step isoterma a 210°C, flusso di N2
- Step isoterma a 210°C, 120min, flusso di O2

UNI EN 12201
OIT > 10 min @210°C

	Campione B1 Granulo rigenerato	Campione B2 Tubo fuori norma
Trazione	-	$\sigma_Y = 21 \pm 2$ Mpa e > 613 %
Ritiro	-	1.0 \pm 0.4 %
MFR	0.49 \pm 0.02 g/10min	0.52 \pm 0.02 g/10min
Densità	0.955 \pm 0.003 g/cm ³	0.960 \pm 0.001 g/cm ³
CB	2.41%	2.47%
PP	2.14%	3.11%
OIT statico	49.6 min	<i>Interno:</i> 42.3 min <i>Medio:</i> 44.8 min <i>Esterno:</i> 44.3 min

Prova CONTENUTO DI POLIPROPILENE (plastiche inquinanti)

$$C_{PP\%} = A_{PP\%} \div \left(\frac{\Delta H_{m,PP}}{\Delta H_{m,HDPE}} \right)$$



Gli obiettivi dell'attività:

Verificare la **conformità** dei compound di polietilene utilizzati e dei tubi prodotti

- Il tubo non presenta difetti
- I valori rilevati sono conformi

Tubo per il trasporto di acqua potabile (UNI EN 12201-1/2)

Prova di pressione	✓
Indice di fluidità	MFR $\in [0.1 ; 1.4]$ g/10min e MFR tubo \in MFR mp $\pm 20\%$
Densità	>0.93 g/cm ³
CB	$\in [2.0 \% ; 2.5\%]$
Dispersione CB	< 3
OIT (210°C)	>10 min