

LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

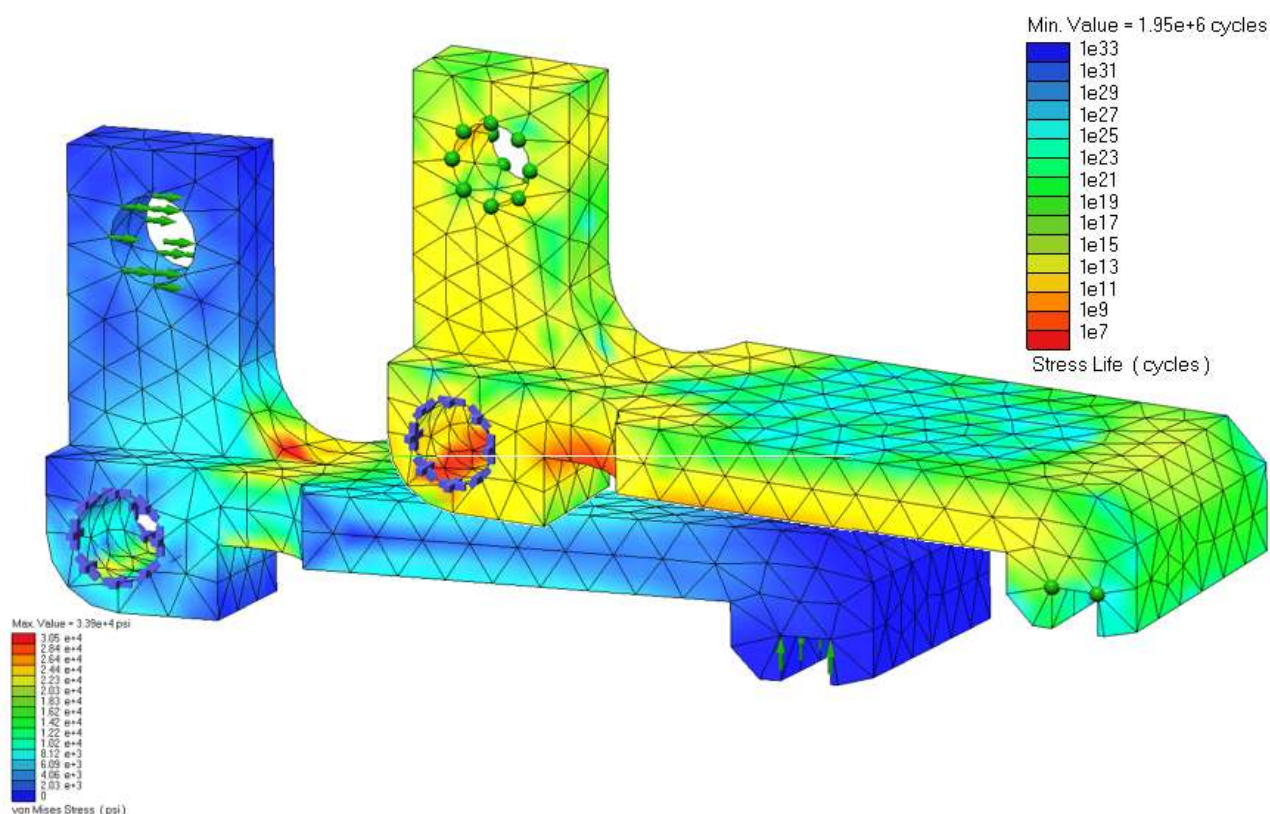
Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

www.lista.it



Breve esercizio calcolo a fatica

In questa presentazione si verificherà come i risultati di una analisi a fatica (qui sotto a destra), non possano essere desunti dal semplice esame delle sollecitazioni (a sinistra). Il cedimento a fatica può coinvolgere infatti parti non mostrate dalla analisi delle sollecitazioni come le più critiche.



Con questo breve esempio l'utente potrà verificare di persona come:

- impostare e risolvere un'analisi strutturale con una storia ciclica di carico
- sulla base di questa, impostare e risolvere una successive analisi a fatica

Il modello qui presentato è disponibile nel file **Pivot_Arm-Durability.wm3** che si trova nella cartella **SimWise 4D \ Tutorials \ Durability**.

LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

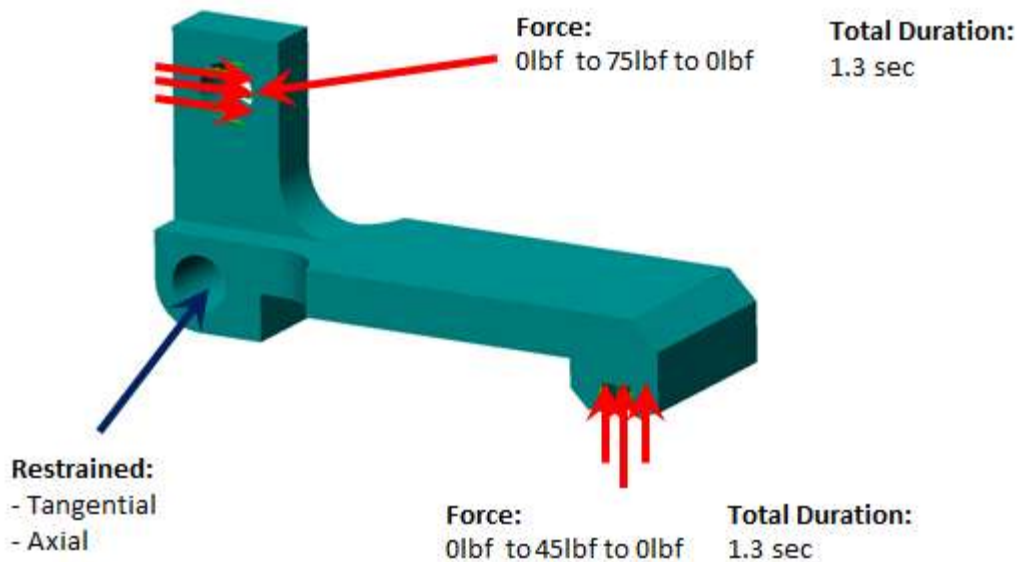
www.lista.it



Descrizione del problema

Il braccio di un meccanismo alternativo viene sottoposto ad un carico di tipo impulsivo per un numero ripetuto f cicli uguali. L'ampiezza e la durata del carico sono rappresentati in figura ed il braccio è vincolato nel foro indicato. Determinare il numero minimo di cicli di funzionamento del braccio prima della rottura a fatica.

Determinare quindi quanto tempo (in settimane) il braccio può rimanere in servizio prima che sia necessaria la sua sostituzione in manutenzione.



Definizione dei vincoli

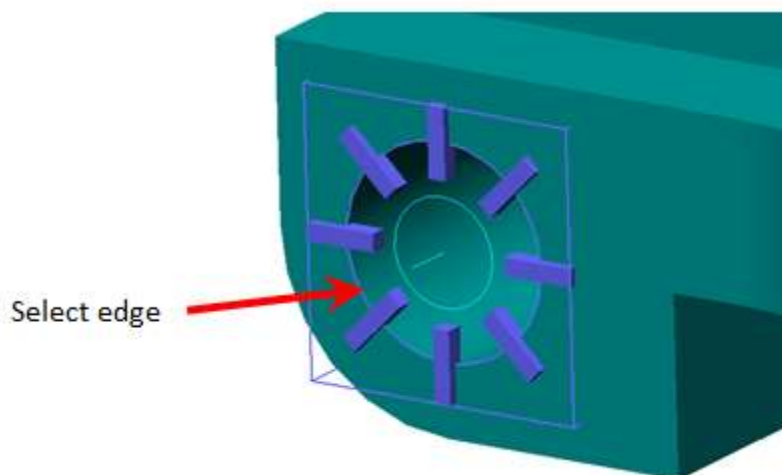
1. Definire la condizione di **Vincolo** sul bordo circolare del foro come mostrato in figura. Assicurarsi che la *Coord* creata per la definizione del vincolo sia posizionata al centro del foro, come mostrato qui sotto, usando il pulsante *Pick Filter*.

LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

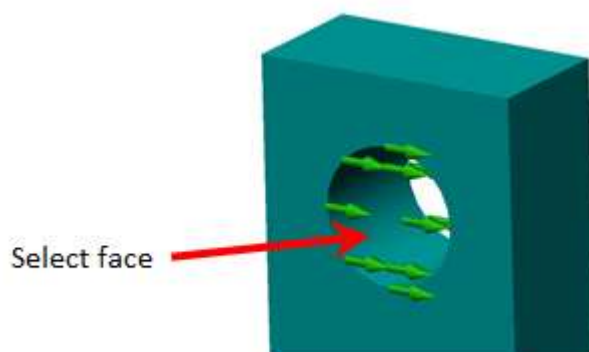
www.lista.it



2. Modificare le **Proprietà** del vincolo per impostare i gradi indicati di libertà di traslazione e rotazione.

Definizione dei carichi

1. Aggiungere un **Carico strutturale** nell'altro foro, come mostrato in figura. Usare il diametro interno della superficie del foro nel definire il carico.



LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454



www.lista.it

2. Modificare le **Proprietà** del carico come mostrato per definire una funzione **Pulse** (impulso) agente nella **Direzione X**, Utilizzare **World** come terna di riferimento e **Cartesian** come sistema di coordinate.

The image displays three overlapping software windows. The top window, 'Properties of constraint[22] (Structural Load)', shows the 'Structural Load' tab with 'Type' set to 'Total force'. The 'X' component is set to 'pulse(0 lbf, 0.1 ...)', while 'Y' and 'Z' are set to '0 ... lbf'. The 'Frame' is set to 'World' and 'Coordinates' to 'Cartesian'. The middle window, 'Edit Formula', shows a list of function types with 'Pulse...' selected and highlighted by a red box. The bottom window, 'Edit Function', shows the 'Pulse' function configuration. The 'Function type' is 'Pulse'. The 'Function Data' section has 'Initial value' set to '0 ... lbf', 'Initial time' to '0.1 ... sec', 'Amplitude' to '75 ... lbf', and 'Final time' to '1.4 ... sec'. A red box highlights these four input fields. To the left of this window is a text box with the following values: 'Initial Value=0', 'Initial Time=0.1', 'Amplitude=75', and 'Final Time=1.4'. A red arrow points from the 'Pulse...' option in the middle window to the 'Pulse' function type in the bottom window.

Initial Value=0
Initial Time=0.1
Amplitude=75
Final Time=1.4

LISTA STUDIO srl

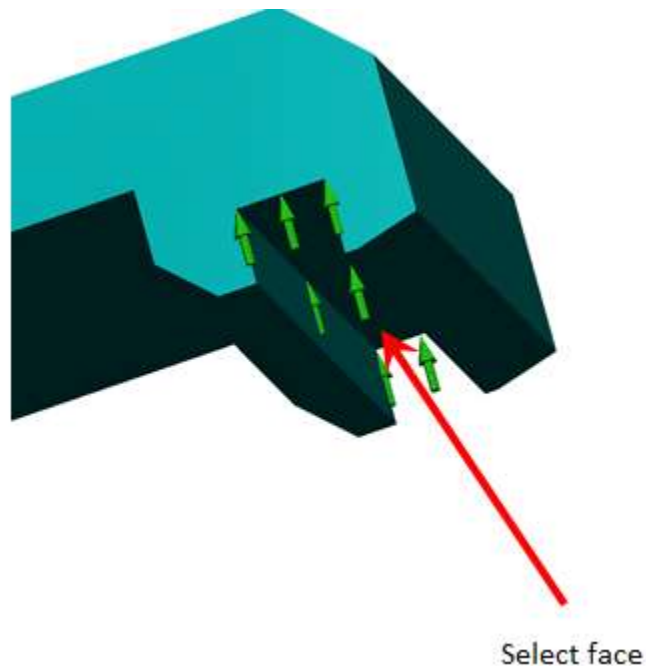
Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

www.lista.it



3. Aggiungere un **Carico strutturale** alla faccia mostrata in figura:



4. Modificare le **Proprietà** di quest'altro carico come mostrato in figura e definire una funzione **Pulse** (impulso) in direzione normale alla faccia selezionata.

LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454



www.lista.it

The image shows a sequence of software windows. The top window is "Properties of constraint[6] (Structural Load)" with "Type" set to "Total force". A red box highlights a value of "0.225" with a dropdown arrow. An arrow points from this box to the "Function" menu in the "Edit Formula" window. The "Function" menu is open, showing options like "Step...", "Ramp...", "Harmonic...", "Gaussian...", "Pulse...", "Saw Tooth...", "Square Wave...", and "Linear Step...". A red box highlights "Pulse...". An arrow points from "Pulse..." to the "Edit Function" window. In the "Edit Function" window, the "Function type" is "Pulse". The "Function Data" section has the following values: "Initial value: 0 ... lbf", "Initial time: 0.1 ... sec", "Amplitude: -45 ... lbf", and "Final time: 1.4 ... sec". A red box highlights these four input fields. To the left of the "Edit Function" window is a text box containing: "Initial Value=0", "Initial Time=0.1", "Amplitude=-45", and "Final Time=1.4". To the right of the "Edit Function" window is a graph showing a pulse function. The y-axis is "Value (lbf)" ranging from 0 to -40, and the x-axis is "Time (sec)" ranging from 0.0 to 2.2. The graph shows a pulse that starts at 0, drops to -45 between 0.1 and 1.4 seconds, and then returns to 0.

Definizione del materiale

Per questa analisi useremo fin dall'inizio un materiale dal database *Durability* dei materiali, in quanto dispone delle proprietà strutturali che sono necessarie per fare l'analisi a fatica.

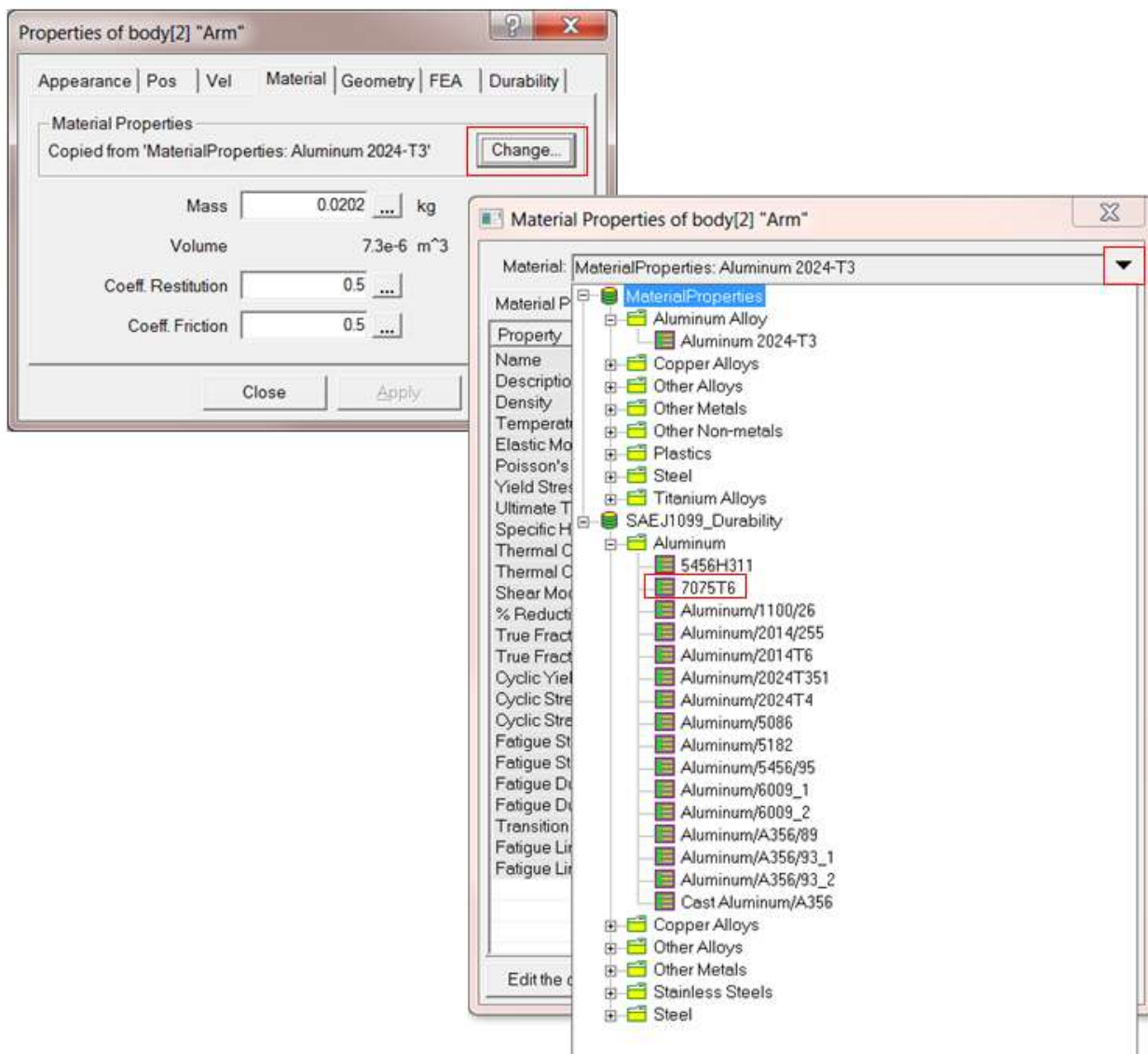
1. Selezionare come tipo di materiale l'**Alluminio 7075T6**.

LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

www.lista.it



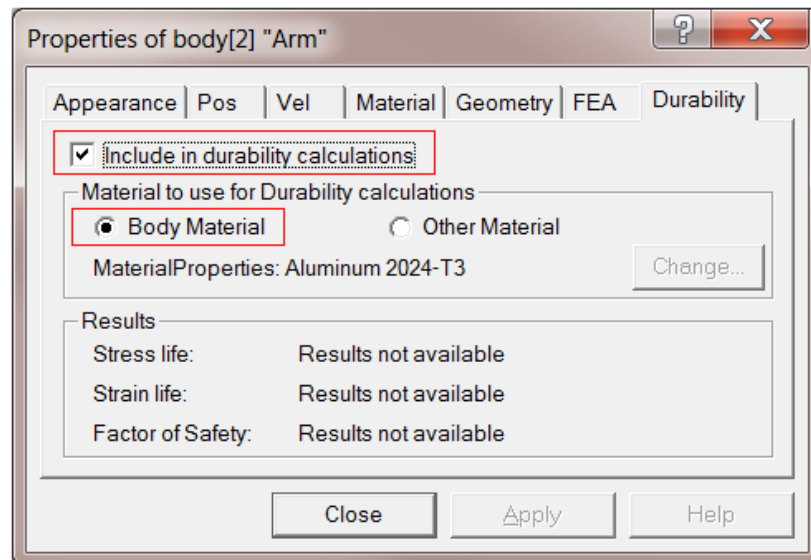
2. Scegliere di includere la parte nell'analisi a fatica e specificare l'utilizzo delle proprietà del materiale assegnate al corpo (l'opzione *Other Material* consentendo di provare altri materiali diversi da quelli assegnati in partenza al modello solido CAD).

LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

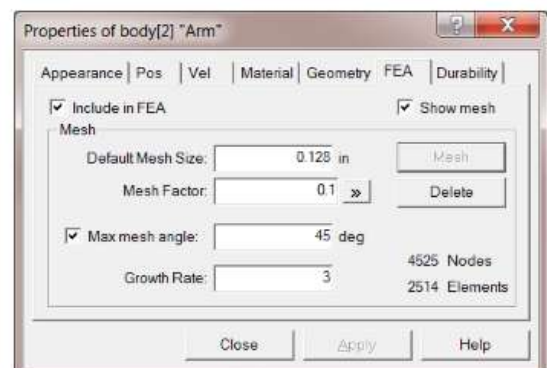
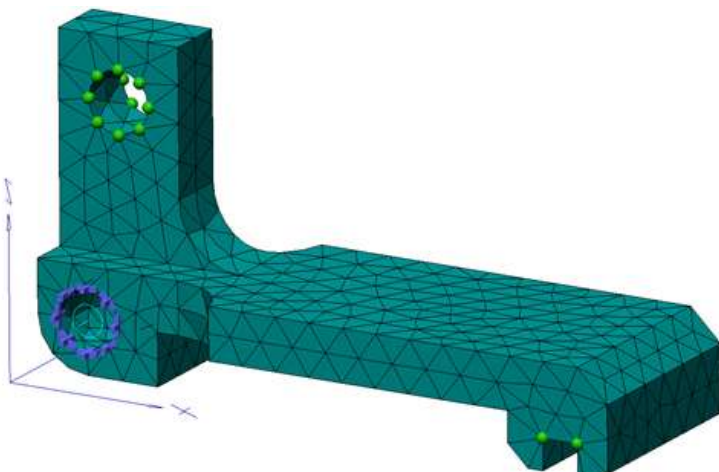
Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

www.lista.it



Definizione della mesh

Per le finalità di questa semplice presentazione è sufficiente un **Mesh Factor** di **0.1** (pari a Default Mesh Size = 0,128 in.). Altri tutorials espongono in dettaglio tutti gli strumenti per una meshatura più accurata.



LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

www.lista.it



Modifica Parametri di Simulazione

Sempre per le finalità di questa semplice presentazione è sufficiente fare click con il pulsante destro del mouse sullo sfondo dell'area grafica, selezionare **Display** e modificare in **Simulation Settings**, la voce **Integration** impostando **Time** pari a **0.1**.

Nota: La curva di carico definito nella procedura precedente sarà così applicata in incrementi di 0,1 secondi, per un totale di 15 fotogrammi dal momento che setteremo al paragrafo successivo una durata di simulazione di 1.5 secondi. Per impostazione predefinita, l'analisi a fatica usa TUTTI i fotogrammi della simulazione. L'utente ha quindi la possibilità di cambiare questa impostazione in modo che solo una specifica gamma di fotogrammi venga utilizzato per i calcoli di fatica.

A screenshot of a dialog box titled "Animation Frame Rate". It contains two input fields: "Time:" with the value "0.1" and the unit "sec", and "Rate:" with the value "10" and the unit "/sec".

Calcolo

1. Definire un intervallo temporale di simulazione pari a 1.5 secondi grazie al comando **Run Control** per fermare la simulazione quando appunto **time> 1.5**.

A screenshot of a dialog box titled "Run Control". It has four radio button options: "Keep running", "Stop when:", "Reset when:", and "Loop when:". The "Stop when:" option is selected. Below these options is a text input field containing "time>1.5" and a button with three dots "...". At the bottom, there is a checkbox labeled "On playback skip every" followed by an input field containing "1" and the word "frames".

LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

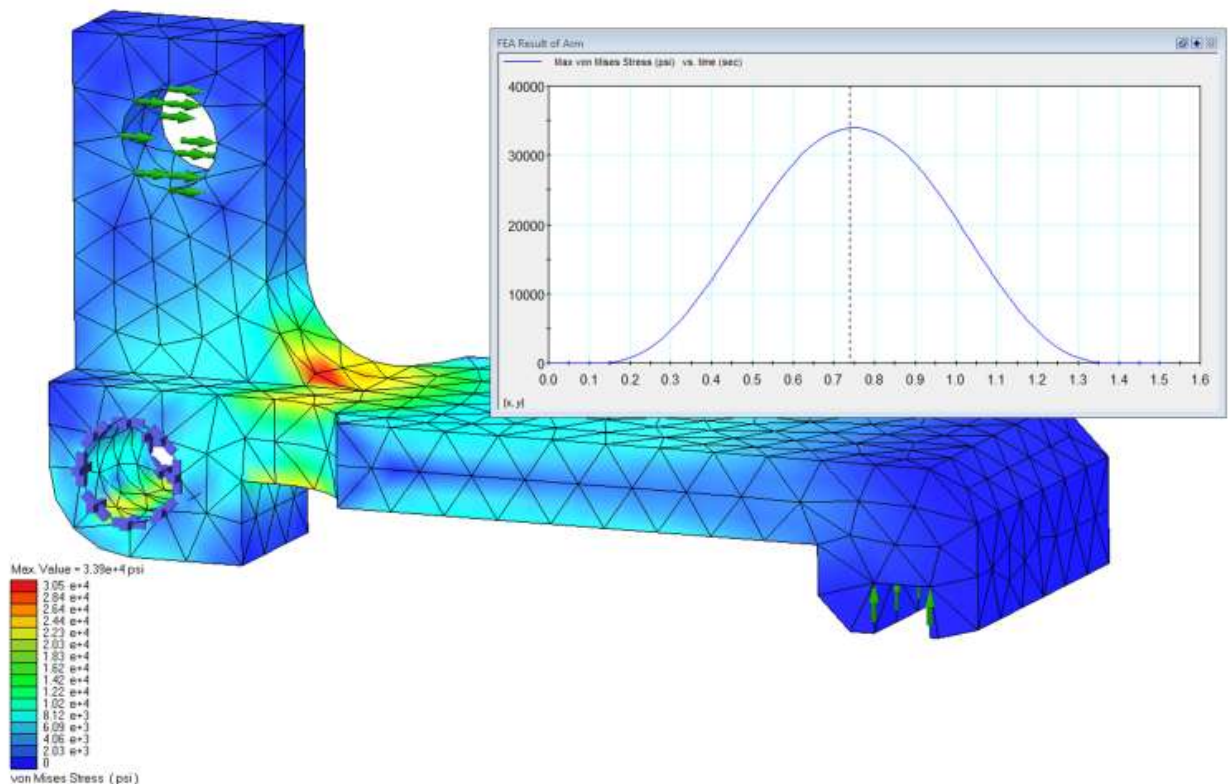


www.lista.it

2. Risolvere cinetodinamica + analisi delle sollecitazioni (Motion + FEA) tramite l'apposito pulsante:

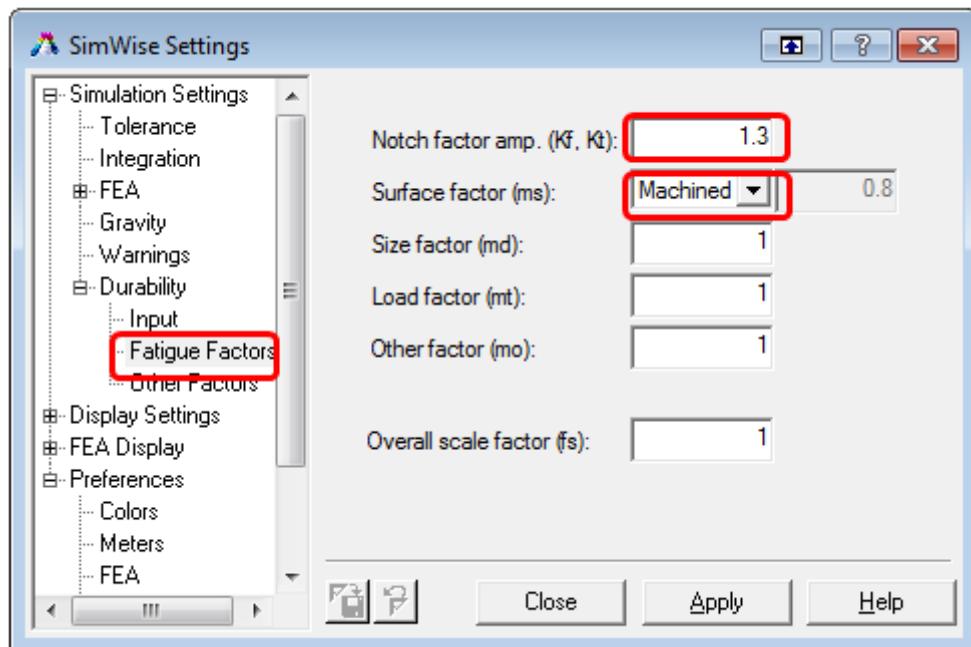


3. Tasto destro del mouse sul braccio (vuoi nell'albero della struttura oppure nella finestra grafica), selezionare **Insert Meters->FEA Results** per visualizzare la tensione di Von Mises come in figura.



Definire i parametri per l'analisi a fatica

1. Pulsante destro del mouse sullo sfondo dell'area grafica, scegliete **Display, Simulation Settings, Durability, Fatigue Factors..**
2. Cambiare il **Notch Factor** a **1.3** ed il **Surface factor** a **Machined**, quindi selezionare **Apply**. Parametri come la finitura superficiale sono di notevole importanza nell'analisi a fatica.



Per questo esempio, si suppone un'applicazione ad alto numero di cicli e quindi si utilizza il criterio **Stress life** secondo il metodo di **Morrow**, che si basa sulla seguente equazione

$$\frac{\Delta\sigma}{2} = (\sigma_f' - \sigma_m) \cdot (2N_f)^b$$

dove σ_f' e b sono costanti del materiale definiti dal database prima citato.

LISTA STUDIO srl

Prototipazione virtuale, software e consulenze

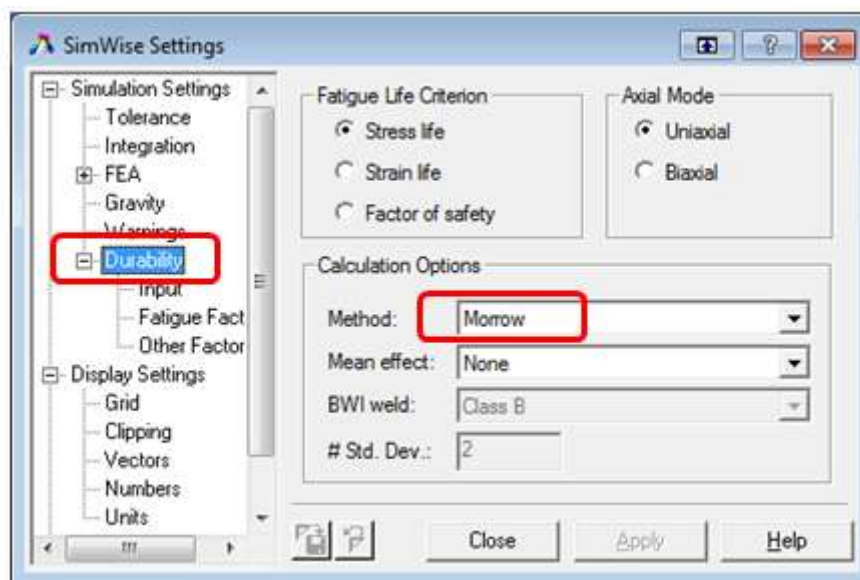
Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454



www.lista.it

Il modulo Durability di SimWise offre tre diversi criteri per l'analisi a fatica (**Stress, Strain e Factor of Safety**) e due modi assiali (**Uniaxial e Biaxial**), ne derivano molte opzioni di calcolo (**Manson-Coffin, Morrow, Basquin, ASME, NDI Weld, Goodman, Soderberg, Gerber, Dang Van**, ecc.) che non possono essere esposte in questo primo esercizio ma che sono ampiamente spiegate nella documentazione a corredo del software.

3. Cliccare su **Durability** sotto il menu Impostazioni SimWise (come mostrato nel passo precedente) e cambiare il metodo in **Morrow**. Utilizzare le impostazioni predefinite per tutti i parametri restanti. Selezionare **Chiudere**.



Calcolo a fatica

1. Sul **Player Control**, selezionate il **Pulsante Analisi a Fatica**  per lanciare il calcolo.

LISTA STUDIO srl

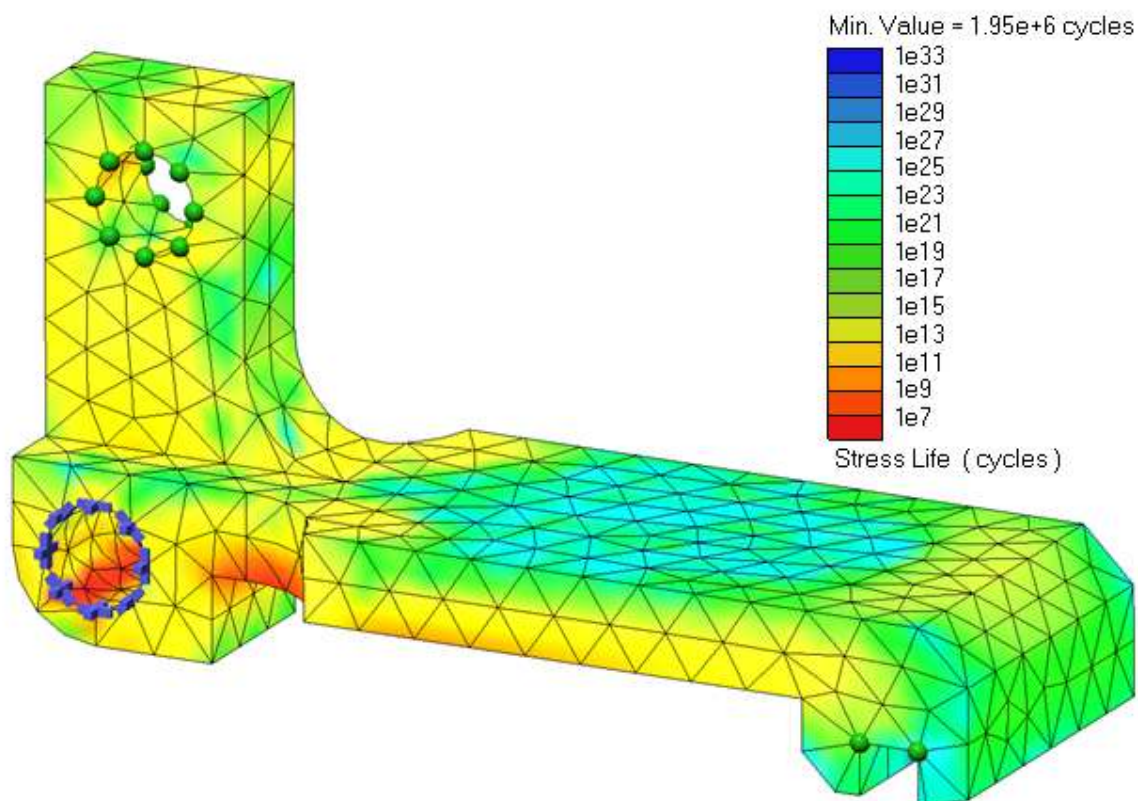
Prototipazione virtuale, software e consulenze

Borgo Belvigo 33 36016 Thiene Vi
tel/fax 0445,382056 cell. 335,7572454

www.lista.it



- Viene visualizzata il risultato tramite una legenda a colori della vita a fatica prevista nelle varie parti del modello, mostrando in questo caso che la rottura avviene prima nelle parti segnate in rosso a circa 1,9 milioni di cicli come in figura seguente.



Poiché la durata di un ciclo di carico è di 1,4 secondi, e il braccio può subire circa $1.95e6$ cicli, la durata approssimativa (in settimane) fino a quando deve essere prescritta la sostituzione è pari a:

$$1.95e6 \text{ ciclo} * 1,3 \text{ sec} / 1 \text{ ciclo} = 2.53e6 \text{ sec} = 4.2 \text{ settimane}$$

Il confronto con il risultato della semplice analisi delle sollecitazioni secondo Von Mises prima condotta mostra che la rottura avviene in una parte insospettata del braccio, diversa da quella che in tale analisi veniva giustamente calcolata come la più sollecitata.